

案例解说

PLC、触摸屏及变频器 综合应用

陈浩 编著



中国电力出版社
www.infopower.com.cn

B

案例解说 **PLC**、触摸屏 及变频器综合应用

中国电力出版社

内 容 简 介

本书以通俗易懂的方式讲述 PLC、触摸屏及变频器的基本原理，并以西门子 S7-200 系列 PLC、TP170B 触摸屏及 MM440、MM430 变频器作为实际案例来讲述 PLC、触摸屏及变频器的具体应用。

本书可作为从事工业自动化、机电一体化及相关专业的工程技术人员、管理人员的工作参考书，同时也可作为高等院校自动化、机电一体化、机械设计制造及自动化以及其他相关专业的学习参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

案例解说 PLC、触摸屏及变频器综合应用/陈浩编著.
—北京: 中国电力出版社, 2007.7
ISBN 978-7-5083-5395-1

I. 案... II. 陈... III. ①可编程序控制器—基本知识 ②触摸屏—基本知识 ③变频器—基本知识
IV. TP332.3 TP334.1 TN773
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 036426 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2007 年 7 月第一版 2007 年 7 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 23 印张 648 千字
印数 0001—4000 册 定价 38.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前言

随着科学技术的不断进步，PLC、触摸屏及变频器以其优异的性能被越来越多地应用于各个行业。

PLC是针对工业自动化控制领域开发设计的，它适用于工业现场工作，并以现代微处理器技术为核心可根据所编辑的应用软件来实现多种功能，它有多种形式，是目前自动化领域的中坚设备。

触摸屏是一种无需通过专业学习，只需根据人性化的思维方式就能操作使用的电脑输入设备，它是目前最简单、方便、自然的一种人机交互方式，应用范围非常广阔。

变频器是随着电力电子技术、微电子技术和现代控制理论的发展而发展起来的一种先进的智能型调速设备，在很多场合已逐渐取代了过去的内反馈串级调速、变极调速，甚至可取代液力耦合、滑差、直流调速。变频器不仅可以调速，而且对于水泵风机这类设备还可以通过调速实现节能，目前已成为最有发展前途的一种调速设备。

本书共分八章。第一~四章是基础篇，讲述了PLC、触摸屏、变频器的原理及应用基础，对传统电气设备及控制也进行了一定的介绍，并与PLC、触摸屏控制进行了比较。第五~八章是案例应用篇，主要根据编者的经验，从适合初学者应用的角度出发，用实际案例讲述了PLC、触摸屏及变频器的综合应用。

编者

2007年2月

目录

前 言

上篇 基 础 篇

第一章 PLC 的原理及应用	1
第一节 概述	1
第二节 PLC 的发展	1
第三节 PLC 的应用范围	2
第四节 快速使用 PLC	2
第五节 PLC 的主要组成部分及其作用	5
第六节 PLC 内部的软件组成	12
第七节 PLC 的工作过程及使用	15
第八节 PLC 控制系统的应用设计	19
第九节 S7-200 系列 PLC 介绍	21
第十节 STEP 7—Micro/WIN 编程软件	29
第二章 触摸屏的原理及应用	38
第一节 概述	38
第二节 触摸屏的应用形式及其基本特征	38
第三节 触摸屏的主要类型	40
第四节 认识工业自动控制用的触摸屏	49
第五节 触摸屏结合 PLC 的控制系统的设计应用	51
第六节 ProTool 软件	53
第三章 变频器的原理及应用	89
第一节 概述	89
第二节 电动机基础	89
第三节 电动机的调速	98
第四节 变频器的原理	102
第五节 变频器应用系统的设计	116
第六节 变频器的使用及应注意的一些问题	119
第七节 服务	128
第四章 触摸屏、PLC 与传统的电气控制	131
第一节 概述	131
第二节 电气基础	131
第三节 低压电器	137
第四节 常用低压电器设备	140

第五节	电气控制系统的设计	163
第六节	PLC 与继电器的控制比较	167

下篇 案例应用篇

第五章	案例解说 PLC 的应用	174
第一节	概述	174
第二节	PS 板打孔机的 PLC 控制系统	174
第三节	水处理系统中的过滤器的 PLC 控制系统	185
第六章	案例解说触摸屏结合 PLC 的控制应用系统	203
第一节	概述	203
第二节	锅炉自动加药系统的触摸屏结合 PLC 控制	203
第七章	案例解说变频器应用系统	256
第一节	变频器分段速控制的应用系统	256
第二节	变频器连续调速控制的应用系统	277
第三节	变频器的应用服务	293
第八章	案例解说触摸屏与 PLC 控制变频器应用系统	296
第一节	概述	296
第二节	触摸屏与 PLC 控制的变频供水系统	296
参考文献	359

上篇 基础篇

1

第一章 PLC 的原理及应用

第一节 概 述

PLC即可编程控制器 (Programmable Controller), 是针对工业自动化控制领域开发设计的、适用于工业现场工作的、以现代微处理器技术为核心的控制器。PLC的控制功能可以根据使用者所编辑的软件的不同而不同, 且可实现多种功能。

PLC源于继电控制装置, 但它不像继电器控制系统那样通过电路的硬件实现控制, 而主要靠运行存储于PLC内存中的程序进行入出信息变换, 来实现控制。早期的PLC称为可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller), 主要用来代替工业控制中由继电器、数字电路等所组成的逻辑控制电路。随着微电脑技术应用范围的不断扩展, PLC的功能已经远远超过了逻辑控制的范围, 因此, 今天的可编程控制器本应简称PC, 但是为了避免与个人计算机 (Personal Computer, PC) 及监控管理计算机等的简称混淆, 故仍将可编程控制器简称为PLC。

PLC是基于计算机而发展的, 广义上应属计算机家族中的一员, 但并不等同于普通计算机。普通计算机一般不直接用于驱动控制, 故也无需I/O端口; 而PLC在完成程序编辑、下载和上传后, 则主要依赖其I/O端口采集信息并发出驱动信号来完成驱动控制。

没有使用过PLC或只具备电气控制基础的人对PLC会有种神秘感, 看到PLC实物会感到其内部的构造很复杂, 不知怎样动手使用它。本章将用直观的方法概括出PLC的原理及其应用。

第二节 PLC 的 发 展

在PLC出现以前, 多数号称电气自动化控制的控制系统都是由继电器控制来实现的, 这种自动化系统在自动化控制领域主导了相当长的一段时间, 这种硬件自动化系统使得所生产产品的每一次改型都需重新设计和安装继电器自动控制装置。随着生产的发展, 各种产品更新的周期愈来愈短, 这样, 就需要经常地重新设计和安装继电器自动控制装置, 十分费事, 为此很多生产型企业都寻求改变这一现状的方法。美国通用汽车公司根据当时微电脑技术发展的情况, 于1969年公开招标, 要求用新的自动化控制装置取代继电器控制装置, 并提出了相应的招标指标, 如编程维修方便、现场可修改程序、结构模块化、可靠性高于继电器控制、外型尺寸小于继电器控制而装置成本可与其相当、可与管理计算机交换数据、有与继电器相当的驱动能力及4KB程序存储器容量等。美国数字设备公司 (DEC) 于1969年研制出第一台PLC, 并在美国通用汽车自动装配线上试用, 获得了成功。这种新型的自动控制装置以其简单可靠、操作方便、通用灵活、体积小及使用寿命长等一系列优点, 很快地在美

2 上篇 基础篇

国其他工业领域推广应用，到 20 世纪 70 年代初，已经成功地应用于食品、饮料、冶金、造纸等工业领域。

PLC 的出现，受到了世界各国的高度重视。20 世纪 70 年代初，日本从美国引进了这项新技术，很快研制出了其第一台 PLC，西欧国家也紧跟其后很快研制出欧洲品牌的 PLC。如今，我国也出现了多种品牌的国产化 PLC。

第三节 PLC 的应用范围

PLC 目前在国内外已广泛应用于冶金、石油、化工、建材、机械制造、电力、汽车、轻工、环保及文化娱乐等多个行业，随着 PLC 性能价格比的不断提高，其应用领域仍在不断扩大。从应用类型看，PLC 的应用大致可归纳为以下几个方面：

一、开关量（位逻辑）控制

利用 PLC 最基本的逻辑运算、定时、计数等功能实现逻辑控制，可以取代传统的继电器控制，用于单机控制、多机群控制、生产自动线控制等，例如，机床、注塑机、印刷机械、装配生产线、电镀流水线及电梯的控制等。这是对 PLC 最基本，也是最广泛的应用。

二、运动控制

大多数 PLC 都有拖动步进电机或伺服电机的单轴或多轴位置控制模块。这一功能广泛用于各种机械设备，如对各种机床、装配机械、机器人等进行运动控制。

三、过程控制

大、中型 PLC 都具有多路模拟量 I/O 模块和 PID 控制功能，有的小型 PLC 也具有模拟量输入输出。所以 PLC 可实现模拟量控制，而且具有 PID 控制功能的 PLC 可构成闭环控制，用于过程控制。这一功能已广泛用于锅炉、反应堆、水处理、酿酒以及闭环位置控制和速度控制等方面。

四、数据处理

现代的 PLC 都具有数学运算、数据传送、转换、排序和查表等功能，可进行数据的采集、分析和处理，同时可通过通信接口将这些数据传送给其他智能装置 [如计算机数值控制 (CNC) 设备] 进行处理。

五、通信联网

PLC 的通信包括 PLC 与 PLC、PLC 与上位计算机、PLC 与其他智能设备之间的通信。PLC 系统与通用计算机可直接或通过通信处理单元、通信转换单元相连构成网络，以实现信息的交换，并可构成“集中管理、分散控制”的多级分布式控制系统，以满足工厂自动化 (FA) 系统发展的需要。

第四节 快速使用 PLC

一、快速学习使用 PLC

PLC 的定义，PLC 的寻址方式，PLC 指令的操作数，PLC 经常用的高级指令、特殊指令

……, 这些概念有利于深入学习 PLC 及其各种应用系统, 但对于一些初学者 (特别是对 PLC 还不很了解又想用 PLC 做些自动控制系统的电气工作人员) 来说则常常会被这些概念弄得满头雾水, 不知如何下手, 而考试却是有这些内容。要想短时间内使用 PLC 也是很多人在摸索的一条路, 在此也根据作者使用 PLC 所积累的一些经验, 介绍一些快速使用 PLC 的方法, 主要是针对初学者 (最好有些电气控制基础), 仅供参考。

二、简单理解 PLC

对于电气工作者, 特别是对于从事电气控制系统设计、开发及维护的人而言, 若仅从逻辑控制的角度来说, 可以把 PLC 想象成不含操作 (按钮、选择开关等) 元件和动力元件 (如接触器、热继电器等) 的、缩小了的电气控制箱 (当然 PLC 的功能很强大, 还有其他如过程控制调节、通信等功能), 只不过其内部控制功能是由软件来完成的。对逻辑控制而言, PLC 的用户软件就相当于继电器组成的逻辑控制电路, 它代替了传统的中间继电器、时间继电器、记数器等电气元件, 而且有多种多样的软件编辑方法。

对于从事过程控制 (智能仪表控制调节) 的人员而言, 若仅从过程控制的角度来说, 又可以把 PLC 想象成一块可通过编程改变其功能的智能仪表, 只不过其内部控制功能是由 PLC 应用软件来完成的, 它取代了仪表内部的各种电子元件及单片机软件等, 同样有多种多样的软件编辑方法。

三、PLC 的分类

(一) 按规模分类

(1) 小型机、微型机: SIEMENS S7-200 系列、LOGO! 系列, Panasonic FP0、FP1、FP-e 系列等。

(2) 中型机: SIEMENS S7-300 系列, Panasonic FP2 系列等。

(3) 大型机: SIEMENS S7-400 系列, Panasonic FP10 系列等。

(二) 按结构分类

(1) 整体式结构: 把 PLC 各组成部分组装在一起, 即把 PLC 主控制系统的印刷电路板、连同电源及 I/O 端口元器件一起装在机壳内形成一个整体, 称之为主机或 CPU 单元, 同时多数可带一定数量的扩展 I/O 单元。一般地, 小型、微型 PLC 基本采用这种结构, 便于在小系统、机械设备上使用, 如 SIEMENS S7-200 系列, LOGO! 系列, Panasonic FP1 系列等。

(2) 模块式结构 (含插件式结构): 把 PLC 各基本组成 CPU 单元、I/O 单元及通信单元等做成独立的模块, 有的需要使用专用的底板。通常, 中型、大型 PLC 采用这种结构, 便于大规模扩展, 组成集散控制系统、现场总线系统等, 如, SIEMENS S7-300、S7-400 系列, Panasonic FP2、FP10 系列等。

四、从感观上了解 PLC

初学者大多从小型或微型 PLC 入手, 本书因主要面对初学者, 故会更多地以一些常见的小型 PLC 为例。

下面我们从外观上感性认识 PLC。

(1) 德国西门子公司 (SIEMENS) 的 PLC 系列。其中 S7-200 为小型系列 PLC, S7-300 为中型系列 PLC, S7-400 为大型系列 PLC, LOGO! 为微型系列的 PLC 如图 1-1 和图 1-2 所示。

(2) 日本松下公司 (Panasonic) 的 PLC 系列。其中 FP0、FP1 为小型系列 PLC (如图

4 上篇 基础篇



图 1-1 西门子公司的小型及微型 PLC 系列

(a) SIEMENS S7-200 系列 PLC; (b) SIEMENS LOGO! 系列程控器

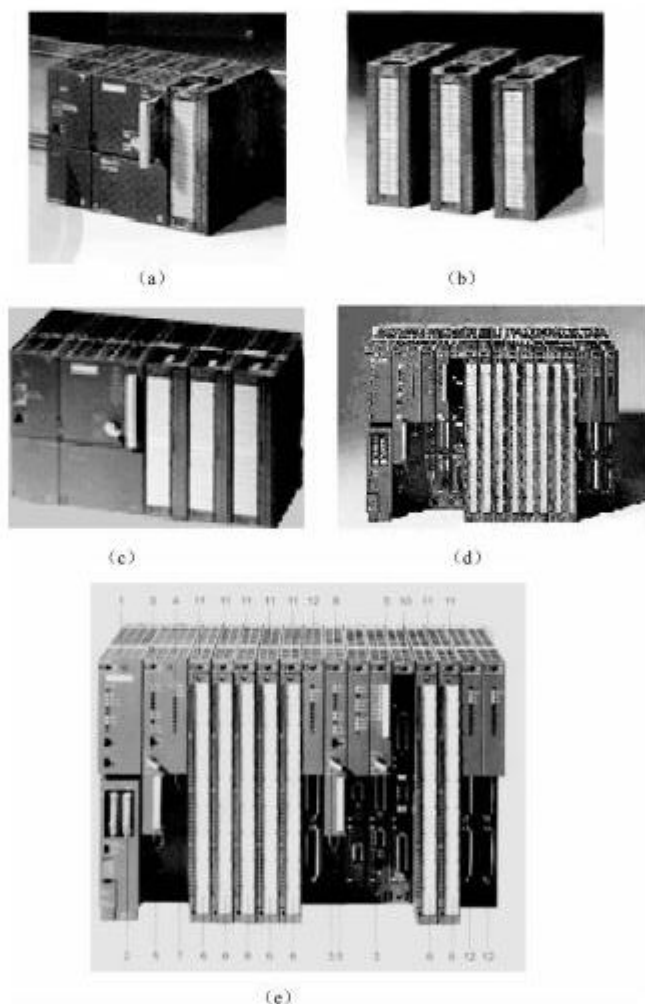


图 1-2 西门子公司の中、大型 PLC 系列

(a) SIEMENS S7-300 系列 PLC (CPU 单元); (b) SIEMENS S7-300 系列 PLC (扩展单元);
(c) SIEMENS S7-300 系列 PLC; (d) SIEMENS S7-400 系列 PLC; (e) SIEMENS S7-400 系列 PLC

1-3所示), FP2 为中型系列 PLC (如图 1-4 所示), FP-e 系列为微型 PLC, FP10 为大型系列 PLC。

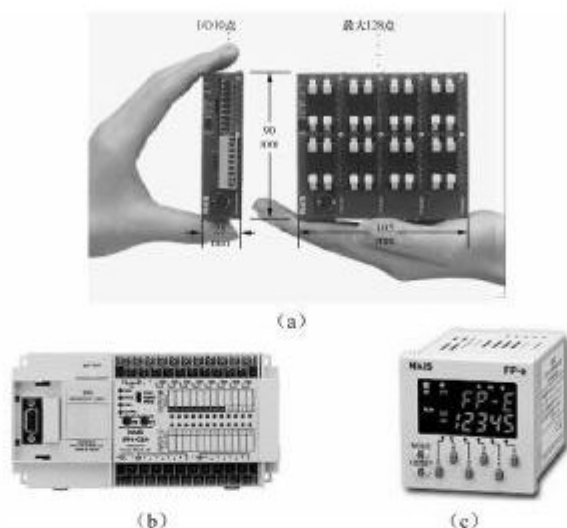


图 1-3 松下公司的小型及微型 PLC 系列
(a) 松下 FP0 系列 PLC; (b) 松下 FP1 系列 PLC; (c) 松下 FP-e 系列 PLC

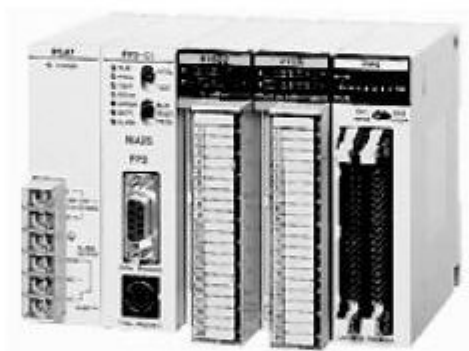


图 1-4 松下公司的中型 PLC 系列

第五节 PLC 的主要组成部分及其作用

一、PLC 工作系统概述

完整的具有控制功能的 PLC 控制系统是由 PLC 的硬件和软件组成的。PLC 的硬件主要由中央处理器 (CPU)、存储器、输入单元、输出单元、通信接口、扩展接口、电源等部分组成。其中, CPU 是 PLC 的核心, 输入单元与输出单元是连接现场输入/输出设备与 CPU 之间的接口电路, 通信接口用于连接编程器、上位计算机等外部设备。

对于整体式 PLC, 其所有部件都装在同一机壳内, 其组成框图如图 1-5 所示; 对于模块式 PLC, 其各部件独立封装成模块, 各模块通过总线连接, 安装在机架或导轨上, 其组成框图如图 1-6 所示。无论是哪种结构类型的 PLC, 都可根据用户需要进行配置与组合。

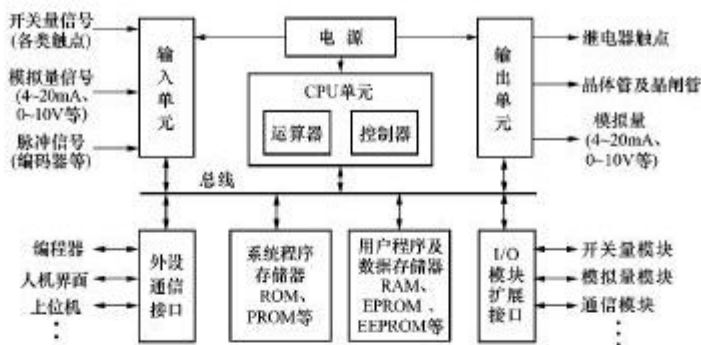


图 1-5 整体式 PLC 的结构示意图

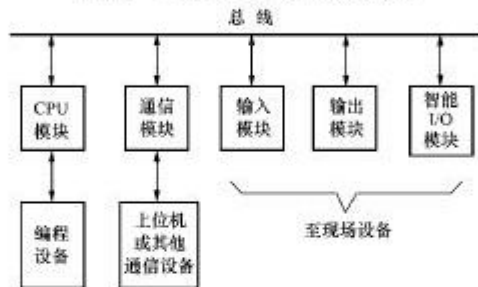


图 1-6 模块式 PLC 的结构示意图

尽管整体式 PLC 与模块式 PLC 的结构不太一样，但各部分的功能作用是相同的，下面对 PLC 的主要组成部分及其作用进行详细介绍。

二、PLC 的主要组成部分及其作用

（一）中央处理单元（CPU）

PLC 的控制核心是 CPU，同一般的微机一样。PLC 中所配置的 CPU 随机型不同而不同，根据有关统计常用的有三类：通用微处理器（如 Z80、8086、80286 等）、单片微处理器（如 8031、8096 等）和位片式微处理器（如 AMD29W 等）。小型 PLC 大多采用 8 位通用微处理器和单片微处理器，中型 PLC 大多采用 16 位通用微处理器或单片微处理器，大型 PLC 大多采用高速位片式微处理器。

目前，小型或微型的 PLC 一般为单 CPU 系统，而中、大型 PLC 则大多为双 CPU 系统，甚至有些 PLC 中多达 8 个 CPU。对于双 CPU 系统，一般一个为字处理器，采用 8 位或 16 位处理器；另一个为位处理器，采用由各厂家设计制造的专用芯片。字处理器为主处理器，用于执行编程器接口功能、监视内部定时器、监视扫描时间、处理字节指令以及对系统总线和位处理器进行控制等。位处理器为从处理器，主要用于处理位操作指令和实现 PLC 编程语言向机器语言的转换。位处理器的采用，提高了 PLC 的速度，使 PLC 更好地满足实时控制的要求。

PLC 的运算控制核心是 CPU，CPU 由控制器、运算器和寄存器组成。这些电路集成在一个芯片上。CPU 通过地址总线、数据总线与 I/O 接口电路相连接。

在 PLC 中 CPU 按系统程序赋予的功能，指挥 PLC 有条不紊地进行工作，归纳起来主要有以下几个方面。

- （1）接收从编程器输入的用户程序和数据，并存储到用户存储器。

(2) 诊断电源、PLC 内部电路的工作故障和编程中的语法错误等。

(3) 通过输入接口用扫描方式接收现场的状态或数据，并存入输入映像寄存器或数据寄存器中。

(4) 在 PC 进入运行状态后（该过程与 PLC 的工作过程为同一过程）执行以下操作：

1) 读入输入状态——读入输入映像寄存器或数据寄存器的内容。外部系统设备的状态或信号通过输入端子输入，PLC 内部的 CPU 的外围电路先根据输入的信号进行转换，并将转换后的信号数据存入工作数据存储区或映像寄存器（也称暂存器）中。

2) 执行用户程序——从存储器逐条读取用户程序，经过解释后执行，即 CPU 再根据用户程序所赋予的功能，自动地根据被控系统（外部系统设备的状态或信号）的变化来进行运算。

3) 进行数据处理——分时、分渠道地执行数据存取、传送、组合、比较、变换等工作，完成用户程序中规定的逻辑或算术运算任务。

4) 更新输出状态——根据用户程序执行运算结果，更新有关标志位的状态和输出映像寄存器的内容，通过输出单元实现输出控制，即把结果存入输出映像寄存器或工作数据存储区中，最后对输出单元进行刷新并输出到输出接口，驱动控制外部设备，完成对用户被控系统的控制。

（二）存储器

存储器是具有记忆功能的半导体 IC 电路，主要有两种：一种是可读/写操作的随机存储器 RAM；另一种是只读存储器 ROM、PROM、EPROM 和可电擦除的 EEPROM。

存储器根据其所存储的内容又可分为系统程序存储器和用户程序存储器。

通常，系统程序存储器是指 ROM、PROM，用户程序存储器是指 RAM、EEPROM。对于控制功能确定的标准化系统，也有用 EPROM 作为用户程序存储器。

由于系统程序及工作数据与用户无直接联系，所以在 PLC 产品样本或使用手册中所列存储器的形式及容量是指用户程序存储器。当 PLC 提供的用户存储器容量不够用时，许多 PLC 还具有存储器扩展的功能。

用户存储器分为用户程序存储区和工作数据存储区，一般由随机存取存储器 RAM 等组成。如 PLC 内部电池断电时间过长其内容（用户控制程序）会丢失，通常用高效的锂电池作为 PLC 内部存储体用电源，寿命一般为 3~5 年或更长，另设有电容作为锂电池的后备电源，以保证更换电池时不丢失用户程序。

PLC 的用户存储器通常以字（16 位/字）为单位来表示存储容量。

注意：系统程序直接关系到 PC 的性能，不能由用户直接存取，所以，通常 PC 产品资料中所指的存储器形式或存储方式及容量，是指用户程序存储器而言。

PLC 中的存储器主要用于存放系统程序、用户程序及工作数据。

(1) 系统程序存储器：用以存放系统程序，包括管理程序（解释、功能子程序的调用管理程序和系统参数）、监控程序（工作程序）、模块化应用功能子程序、命令以及对用户程序做编译处理的解释编译程序。

系统程序关系到 PLC 的性能，而且在 PLC 使用过程中不会变动，所以是由制造厂家直接固化在只读存储器 ROM、PROM 或 EPROM 中的，用户不能访问和修改，断电不丢失。系统程序和 PLC 的硬件组成有关，完成系统诊断、命令解释、功能子程序调用管理、逻辑运算、通信及各种参数设定等功能，提供 PLC 运行的平台。

(2) 用户存储器可分为用户程序存储区和工作数据存储区，其中，用户程序存储区是供用户编辑控制程序所使用的，用户程序由用户根据对象生产工艺的控制要求而编制的应用程序，是随 PLC 的控制对象而定的。为了便于读出、检查和修改，用户程序一般存于用户存储器（CMOS 静态 RAM）中，用锂电池作为后备电源，以保证掉电时不会丢失信息。为了防止干扰对 RAM 中程

序的破坏,当用户程序经过运行,各方面均正常,不需要改变,已成标准化程序时,可将其固化在只读存储器 EPROM 中。现在有许多 PLC 直接采用 EEPROM 作为用户存储器。

PLC 的工作数据存储区用于存放用户数据,设有存放输入输出继电器、辅助继电器、定时器、计数器等逻辑器件的存储区,这些器件的状态都是由用户程序的初始设置和运行情况而确定的。根据需要,部分数据在掉电时用后备电池维持其现有的状态,这部分在掉电时可保存数据的存储区域称为保持数据区。工作数据是 PLC 运行过程中经常变化、经常存取的一些数据,存放在 RAM 中,以适应随机存取的要求。

(三) 输入/输出单元

1. 输入/输出单元概述

输入/输出单元通常也称 I/O 单元或 I/O 接口,包括接线端子、接口转换电路等。

I/O 单元(或称 I/O 接口)是 PLC 的 CPU 与工业生产现场系统及设备之间的连接部件。由于外部输入设备和输出设备所需的信号电平是多种多样的,而 PLC 内部 CPU 的处理的信息只能是标准电平,所以 I/O 接口要实现各种转换。I/O 接口一般都具有光电隔离和滤波功能,以提高 PLC 的抗干扰能力。另外,PLC 的 I/O 接口上通常还有状态指示和接线端子排,工作状态直观,便于维护。

概括起来,PLC 提供的各种用途的 I/O 组件的功能有:输入/输出电平转换、电气隔离、串/并行转换、数据传送、A/D 转换、D/A 转换、误码校验等。PLC 通过输入接口可以检测被控对象的各种数据,以这些数据作为 PLC 对被控制对象进行控制的依据;同时 PLC 又通过输出接口将处理结果送给被控制对象,以实现控制目的。

实际应用中,大规模的 PLC 系统的 I/O 模块可与 CPU 放在一起,也可远程放置(特别是大型的 PLC 系统或 PCS 系统)。

PLC 提供了多种操作电平和驱动能力的 I/O 接口,有各种各样功能的 I/O 接口供用户选用。I/O 接口的主要类型有:数字量(开关量)输入、数字量(开关量)输出、模拟量输入、模拟量输出等。

常用的开关量输入接口按其使用的电源不同可分为三种类型:直流输入接口、交流输入接口和交/直流输入接口,其基本原理电路如图 1-7~图 1-9 所示。

常用的开关量输出接口按输出开关器件不同可分为三种类型:继电器输出、晶体管输出和双向晶闸管输出,其基本原理电路如图 1-10~图 1-12 所示。继电器输出接口可驱动交流或直流负载,但其响应时间长、动作频率低;而晶体管输出和双向晶闸管输出接口的响应速度快,动作频率高,但前者只能用于驱动直流负载,后者只能用于驱动交流负载。

PLC 的 I/O 接口电路都是按照各种控制系统的特点专门设计的,并且都是由高度集成化电路组成,所占体积并不大。PLC 的可靠物理实现主要依靠输入(INPUT)及输出(OUTPUT)电路。输入电路要对输入信号进行转换和滤波处理,以去掉干扰,转变成 CPU 能接收处理的信号。而且输入信号在物理上是与 PLC 内部的 CPU 隔离的,由光耦元件建立联系。输出电路与 CPU 也是进行过电隔离的,输出电路还要进行功率放大,使其足以带动一般的工业控制元器件(如电磁阀、接触器等)。CPU 也是靠光耦元件与输出继电器建立联系,并控制驱动外部被控系统或设备。

2. 光电耦合器的组成

(1) 光电耦合器内部由两个发光二极管和光电三极管组成。

(2) 发光二极管:在光电耦合器的输入端加上变化的电信号,发光二极管就产生与输入信号变化规律相同的光信号。

(3) 光电三极管:在光信号的照射下导通,导通程度与光信号的强弱有关。在光电耦合器的

线性工作区内，输出信号与输入信号有线性关系。

3. I/O 接口的结构

PLC 的 I/O 接口电路是很多的，通常在配置 PLC 控制系统时，每一输入点或输出点都要有一个输入或输出接口电路，即一套完整的 PLC 控制系统有多少个采样点及控制点，也就需要配置的 PLC 控制系统有多少个 I/O 接口电路。当然，在 PLC 的应用技巧上也有节省使用 PLC 的 I/O 点的方法，这将在以后的提高过程中去讨论。

注意：下列 I/O 端口电路中的指示灯就是指发光二极管。

(1) 输入接口（端口）的结构。

1) 输入接口：通常有直流输入、交流输入及交直流输入几种情况，这几种输入的接口电路主要由光电耦合器、电阻、电容、发光二极管等组成。如图 1-7~图 1-9 所示。

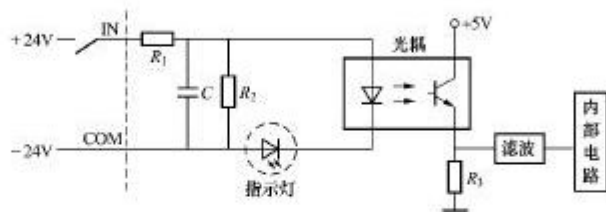


图 1-7 PLC 直流输入端口示意图

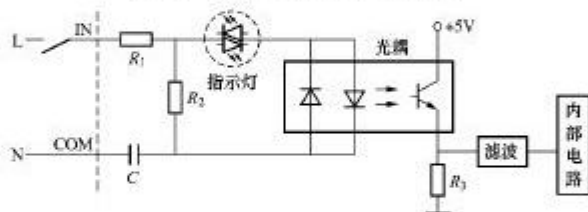


图 1-8 PLC 交流输入端口示意图

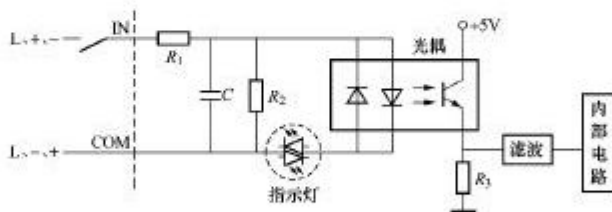


图 1-9 PLC 交直流输入端口示意图

2) 光电隔离的输入接口电路工作过程。当有外部信号时，输入口闭合有电流输入，发光二极管通电发光，光电三极管在发光二极管的照射下导通，向内部电路输入信号。当输入口断开，无电流输入时，发光二极管不发光，光电三极管不导通，内部电路无信号输入。这种输入方式有着很好的隔离作用，抗干扰能力强，确保 PLC 内部的 CPU 等部件在良好的工作环境下工作。

(2) 输出接口（端口）的结构。

1) 输出接口的输出方式主要有继电器或晶体管、晶闸管几种输出方式，输出接口根据其不同形式通常由光电耦合器、继电器或晶体管、晶闸管等组成，如图 1-10~图 1-12 所示。

2) PLC 的输出接口（端口）电路的工作过程。当 CPU 用运算结果刷新输出元件寄存器，使其对应的锁存器位为“1”时，对于晶体管输出的 PLC 而言，此刻光耦被驱动，对应的晶体管被

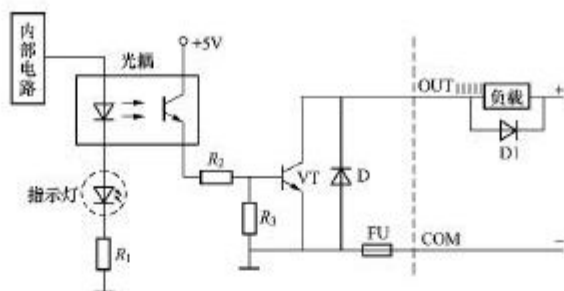


图 1-10 PLC 晶体管输出端口示意图

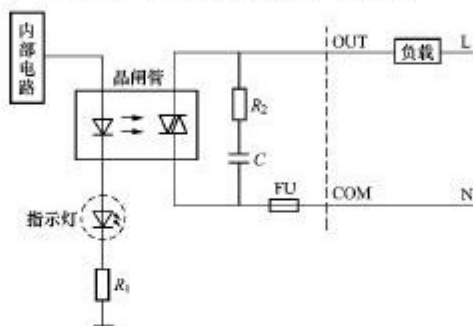


图 1-11 PLC 晶闸管输出端口示意图

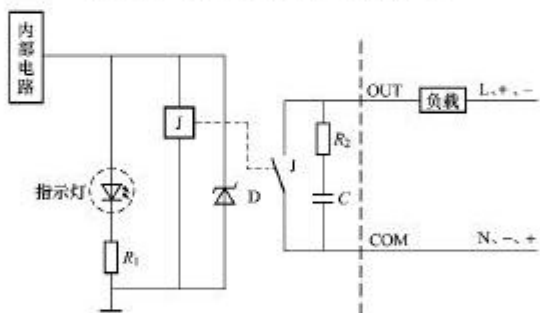


图 1-12 PLC 继电器输出端口示意图

导通，完成“通”输出；对于晶闸管输出的 PLC 而言，此刻光电感应的晶闸管被驱动导通，完成“通”输出；对继电器输出的 PLC 而言，继电器线圈有电流流过，然后驱动常开触点闭合，导通负载导通所需的电流和电压，完成“通”输出。

当 CPU 用运算结果刷新输出元件寄存器，使其对应的锁存器位为“0”时，对于晶体管输出的 PLC 而言，此刻光耦被停止驱动，对应的晶体管被断开，完成“断”输出；对于晶闸管输出的 PLC 而言，此刻光电感应的晶闸管被断开，完成“断”输出；对继电器输出的 PLC 而言，继电器线圈流过的电流断开，然后驱动停止，常开触点断开，完成“断”输出。

3) 三种输出方式的比较。

- ① 晶体管输出：无触点、寿命长、直流负载。
- ② 晶闸管输出：无触点、寿命长、频率高、交直流负载。
- ③ 继电器输出：有触点、寿命较短、频率低、交直流负载。

实际应用时需根据被控系统的具体情况进行选择。

(四) 通信接口

PLC 配有各种通信接口, 这些通信接口一般都带有通信处理器。PLC 通过这些通信接口与人机界面、打印机、其他 PLC、计算机等设备实现通信。PLC 与打印机连接, 可将过程信息、系统参数等输出打印; 与人机界面连接, 可将控制过程的图像显示出来, 实现人机交互控制; 与其他 PLC 连接, 可组成多机系统或连成网络, 相互交换数据, 实现更大规模控制。与计算机连接, 可组成多级分布式控制系统 (如现场总线、PCS 等), 实现控制与管理相结合。

对于距离近、规模小的 PLC 系统通信, 可使用 RS-232、RS-485 等通信方式; 而对于远程或规模较大的 I/O 系统, 为了保证其通信质量, 还须配备相应的通信接口模块。

(五) 智能接口模块

智能接口模块是一个独立的计算机系统, 它有自己的 CPU、系统程序、存储器以及与 PLC 系统总线相连的接口。它作为 PLC 系统的一个模块, 通过总线与 PLC 相连, 进行数据交换, 并在 PLC 的协调管理下独立地进行工作。

PLC 的智能接口模块种类很多, 如高速计数模块、闭环控制模块、运动控制模块、中断控制模块等。

(六) PLC 的编程装置

1. 概述

编程装置是开发、应用、监测运行、检查维护 PLC 不可缺少的工具。它的编程装置可以是专用编程器, 也可以是配有专用编程软件包的通用计算机 (个人 PC)。专用编程器是由 PLC 厂家生产的, 专供该厂家生产的某些 PLC 产品使用, 它主要由键盘、显示器和外存储器接插口等部件组成。

PLC 编程装置的主要作用是编辑、调试、下载及上传 PLC 的用户程序, 还可在在线监控、检测 PLC 的用户程序、内部状态和参数, 再可通过通信端口和人机交互设备与 CPU 联系, 实现与 PLC 进行人机对话。

2. 专用编程器的分类

专用编程器分为简易编程器和智能编程器两类。

(1) 简易型编程器只能联机编程, 不能直接输入和编辑梯形图程序, 需将梯形图程序转化为指令表程序才能输入。简易编程器体积小、价格便宜, 它可以直接插在 PLC 的编程插座上, 或者用专用电缆与 PLC 相连, 以方便编程和调试。有些简易编程器带有存储盒, 可用来储存用户程序, 如三菱的 FX-20P-E 简易编程器。

(2) 智能编程器又称图形编程器, 本质上它是一台专用便携式计算机, 如三菱的 GP-80FX-E 智能型编程器。它既可联机 (Online) 编程, 又可脱机 (Offline) 编程。同时, 它可以采用指令清单 (语句表) 又可直接输入和编辑梯形图程序, 使用更加直观、方便, 但价格较高, 操作也比较复杂。大多数智能编程器带有磁盘驱动器, 提供录音机接口和打印机接口。

专用编程器只能对指定厂家的几种 PLC 进行编程, 使用范围有限, 价格较高。同时, 由于 PLC 产品不断更新换代, 所以专用编程器的生命周期也十分有限。因此, 现在的发展趋势是使用以 PC 为基础的编程装置, 用户只要购买 PLC 厂家提供的编程软件和相应的硬件接口装置即可。这样, 用户只用较少的投资即可得到高性能的 PLC 程序开发系统。

3. 个人计算机编程

随着 PLC 的不断更新换代及笔记本式个人计算机的不断增多, 个人计算机的程序开发系统功能也越来越强大, 它既可以编制、修改 PLC 的梯形图程序, 又可以监视系统运行、打印文件和进行系统仿真。PLC 换代更新时只需安装新软件即可, 无需更换硬件。故常可直接以个人 PC

作为编程器，安装相关的编程软件编程。配上相应的软件还可实现数据采集和分析等许多功能。

注意：编程装置不直接加入现场控制运行，但可监视 PLC 程序的运行状态。一台编程装置可开发、监护多台 PLC 的工作。

（七）电源

PLC 配有开关电源，以供内部电路使用。与普通电源相比，PLC 电源的稳定性好、抗干扰能力强。它对电网提供的电源稳定度要求不高，一般允许电源电压在其额定值 $\pm 15\%$ 的范围内波动。许多 PLC 还向外提供直流 24V 稳压电源，用于对外部传感器供电。

（八）其他外部设备

除了上述的部件和设备外，PLC 还有许多外部设备，如 EPROM 写入器、外存储器、人/机接口装置等。

EPROM 写入器是用来将用户程序固化到 EPROM 存储器中的一种 PLC 外部设备。为了使调试好用户程序不易丢失，经常用 EPROM 写入器将 PLC 内的 RAM 保存到 EPROM 中。

PLC 内部的半导体存储器称为内存存储器。有时可用外部的磁带、磁盘和用半导体存储器做成的存储盒等来存储 PLC 的用户程序，这些存储器件称为外存储器。外存储器一般是通过编程器或其他智能模块提供的接口，实现与内存存储器之间相互传送用户程序。

人/机接口装置是用来实现操作人员与 PLC 控制系统的对话的。最简单、最普遍的人/机接口装置由安装在控制台上的按钮、转换开关、拨码开关、指示灯、LED 显示器、声光报警器等器件构成。对于 PLC 系统，还可采用半智能型 CRT 人/机接口装置和智能型终端人/机接口装置。半智能型 CRT 人/机接口装置可长期安装在控制台上，通过通信接口接收来自 PLC 的信息并在 CRT 上显示出来；而智能型终端人/机接口装置则有自己的微处理器和存储器，能够与操作人员快速交换信息，并通过通信接口与 PLC 相连，也可作为独立的节点接入 PLC 网络。

第六节 PLC 内部的软件组成

一、PLC 内部的软件组成及其工作区概况

PLC 内部的程序分为两部分：系统程序和用户程序。系统程序是由 PLC 生产厂家设计编写的，并存入 PLC 的系统程序存储器中，用户不可读写与更改。系统程序一般包括系统诊断程序、输入处理程序、编译程序、信息传送程序、监控程序等。系统程序提供运行平台（可以简单地理解成一个桌面，也相当于个人 PC 用的 DOS 系统），同时，还为 PLC 程序可靠运行及信号与信息转换进行必要的公共处理。

PLC 中用来控制现场系统和设备的程序称用户程序，由 PLC 应用编程人员（电气自控工程师等）自行开发设计，并存入 PLC 的用户程序存储器中。在应用 PLC 进行控制时所说的对 PLC 编程就是指编辑用户程序。PLC 的用户程序由应用软件的编辑者根据被控系统的控制要求设计，被控系统有什么样的工艺控制要求，就要编辑什么样的用户程序。

二、用户程序的工作区

（一）I/O 接口与寄存器

PLC 在运行时，输入转换电路时刻监视着输入状况，并将其暂存于输入暂存器（寄存器）中，每一个输入点都有一个对应的存储其信息的寄存器（即输入寄存器与输入点是一一对应的）。CPU 的运算结果是通过输出元件寄存器、输出锁存器及输出电路传送给输出点的，输出寄存器与输出点也是一一对应的。

（二）寄存器与映射区

PLC 的输入暂存器也称 PLC 的输入寄存器，输入暂存器与 PLC 内部总线交换信息是通过运行 PLC 的系统程序实现的。把输入暂存器的信息读到 PLC 的内存中，称输入刷新，PLC 内存中有专门开辟的存放输入信息的映射区，这个区的每一对应位（bit）也可被形象地称为输入继电器，或称软接点。这些位置成 1 时，表示接点通；置成 0 时，表示接点断。由于它的状态是由输入刷新得到的，所以它反映的就是输入状态。

PLC 的输出元件寄存器与 PLC 内存中的输出映射区也是对应的。一个输出元件寄存器也有一个内存位与其对应，这个位也可形象地称为输出继电器，或称输出线圈，其状态映射到输出元件寄存器也是靠运行系统程序来实现的，这个映射也称刷新输出。

（三）用户程序的工作区

通过前面的描述我们知道，PLC 在工作时，处理输入信息变化和刷新输出均靠运行存储于 PLC 内存中的用户程序来实现。用户程序只是内存中输入映射区到输出映射区这部分的变换，怎么按输入的时序变换成输出的时序则是一个数据及逻辑处理的问题，换句话说就是编程人员要做的程序编辑工作。

PLC 的用户程序是用户利用 PLC 的编程语言，根据控制要求编制的程序。在 PLC 的应用中，最重要的是用 PLC 的编程语言来编写用户程序，以实现控制目的。由于 PLC 是专门为工业控制而开发的装置，其主要使用者是广大电气自动化技术人员，为了满足他们的传统习惯和掌握能力，PLC 的主要编程语言采用比计算机语言相对简单、易懂、形象的专用语言。

PLC 编程语言是多种多样的，对于不同生产厂家、不同系列的 PLC 产品采用的编程语言的表达方式也不同，但基本上可归纳为两种类型：一是采用字符表达方式的编程语言，如语句表等；二是采用图形符号表达方式的编程语言，如梯形图等。

PLC 有很强大、很丰富的指令系统，通过深入学习与应用，从事自动化系统设计的人员的水平会有大幅度的提高。

三、几种常见的 PLC 编程语言

（一）梯形图

梯形图是在传统电气控制系统中常用的中间继电器、时间继电器、计数器等触点和线圈及仪表等图形表达符号的基础上演变而来的。在位逻辑控制方面，它与电气控制线路图的表达方式很相似，继承了传统电气控制逻辑中使用的框架结构、逻辑运算方式和输入输出的表达方式，具有形象、直观、实用的特点。因此，这种编程语言为广大电气及自动化工程技术人员所熟知，是应用最广泛的 PLC 的编程语言，可谓 PLC 的第一编程语言。以下简单介绍梯形图语言的特点。

（1）梯形图由多个梯级组成，与电气控制电路很相似。

（2）梯形图中左右两边的竖线表示假想的逻辑电源，一般的梯形图是将右边的竖线去掉了。当某一梯级的逻辑运算结果为“1”时，就假想为“通”，并有电流通过。

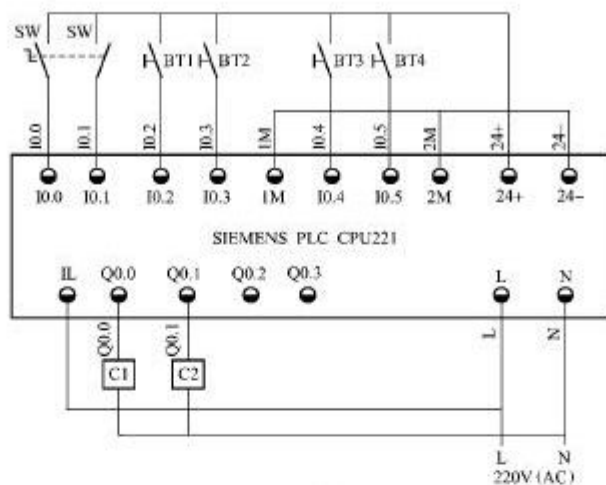
（3）软继电器线圈只能出现一次，而它的软常开、软常闭触点可以出现无数次。

（4）每一梯级的运算结果，立即被后面的梯级所利用。

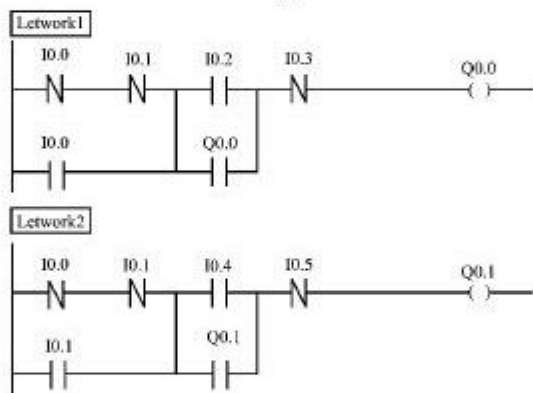
（5）输入软继电器（如 I0.0 等）受外部信号控制，而输出软继电器线圈（如 Q0.0 等）则是用来驱动外部设备的。

如图 1-13 所示的是选择控制 2 台设备启停的 PLC（电气控制）电路图和 PLC 梯形图。PLC 选用 SIEMENS CPU 221 主机。

上述 PLC 的电路图及梯形图的功能描述：当 SW 在 I0.0 位时，1#设备（Q0.0）可启动，2#设备（Q0.1）不可启动；当 SW 在 I0.1 位时，2#设备（Q0.1）可启动，1#设备（Q0.0）不可



(a)



(b)

图 1-13 PLC (电气) 电路图与梯形图

(a) 电器控制线路图; (b) PLC 梯形图

SW—设备选择开关, 可 3 位选择 (2 工位, 1 停位); BT1—1# 设备启动按钮; BT2—1# 设备停止按钮; BT3—2# 设备启动按钮; BT4—2# 设备停止按钮; C1—1# 设备驱动接触器; C2—2# 设备驱动接触器

1	LDN	I0.0
2	AN	I0.1
3	O	Q0.0
4	LD	I0.2
5	O	Q0.0
6	AN	I0.3
7	=	Q0.0
8	LDN	I0.0
9	AN	I0.1
10	O	I0.1
11	LD	I0.4
12	O	Q0.1
13	AN	I0.5
14	=	Q0.1

图 1-14 PLC 语句表程序

启动: 当 SW 在停位时, 两台设备可分开也可同时启动。BT1 用来启动 1# 设备。BT2 用来停止 1# 设备。BT3 用来启动 2# 设备。BT4 用来停止 2# 设备。

(二) 语句表语言

这种编程语言是一种与计算机汇编语言类似的助记符编程表达方式。在 PLC 应用中, 有时采用手持式 (简易) 编程器编辑、修改和下载程序, 而这种编程器通常没有 CRT 屏幕或较大的液晶显示屏, 一般不能显示梯形图。因此, 手持式 (简易) 编程器通常用语句表将梯形图描述出来, 再下载到 PLC 中。虽然各个 PLC 生产厂家的语句表形式不尽相同, 但基本功能相差无几。图 1-14 是与图 1-13 中梯形图对应的 SIEMENS S7-200 系列 PLC 语句表程序。

可以看出，语句是语句表程序的基本单元，每个语句由地址（步序号）、操作码（指令）和操作数（数据）三部分组成。

（三）逻辑图语言

逻辑图是一种类似于数字逻辑电路结构的编程语言，由与门、或门、非门、定时器、计数器、触发器等逻辑符号组成。有数字电路基础的电气技术人员较容易掌握，图 1-15 所示的是西门子的 LOGO! 程控器（一种简易型 PLC）的一段程序。

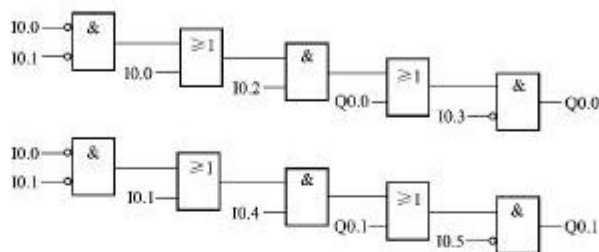


图 1-15 PLC (LOGO!) 逻辑图程序

（四）功能表图语言

功能表图语言（SFC 语言）是一种较新的编程方法，又称状态转移图语言。它将一个完整的控制过程分为若干阶段，各阶段具有不同的动作，各阶段间有一定的转换条件，转换条件满足就实现阶段转移，上一阶段动作结束，下一阶段动作就开始。用功能表图的方式来表达一个控制过程，对于顺序控制系统特别适用。

（五）高级语言

为了增强 PLC 的运算、数据处理及通信等功能，近年来，一些公司推出的 PLC，尤其是大型 PLC，可以使用高级语言，如 BASIC 语言、C 语言、PASCAL 语言等进行编程。采用高级语言后，用户可以像使用普通微型计算机一样操作 PLC，使 PLC 的各种功能得到更好的发挥。

第七节 PLC 的工作过程及使用

一、简述 PLC 实现控制的过程

当用计算机或编程器等把编辑好的用户程序下载（存入）到 PLC 的用户程序存储器时，就使 PLC 由空机转变为具有对用户系统进行控制功能的控制器。

PLC 实现控制的方式有两种：扫描方式和中断方式，本书主要讲述扫描方式。

这种不断地重复运行程序实现控制的方式称为扫描方式，它是 PLC 进行实时控制的一种方式。首先，将被控系统的变化由输入转换电路输入并转换，对输入锁存器进行输入刷新，存入 PLC 的输入映射区；然后，经运行用户程序，其运行的结果将使输出映射区得到变换后的信息；最后，刷新输出，输出锁存器将反映输出映射区的状态，并通过输出转换电路产生相应的输出。这个过程是不停止地反复地进行循环，所以输出总是根据输入的变化做出相应的变化（详细描述见“PLC 的扫描周期及响应时间”）。虽说 PLC 的输出在响应的时间上略滞后于输入，但因 PLC 的工作速度很快，执行用户程序及刷新的时间相对于继电器来说是短很多的。一般地，PLC 执行一条指令的时间多则几微秒、几十微秒，少则零点几微秒或零点零几微秒，而且这个速度还在不断提高中，故不用担心这点滞后时间会影响到 PLC 的控制。

在中断方式下，需处理的控制先申请中断，被响应后正运行的程序停止运行，转而去处理中

断工作（运行有关中断服务程序），待处理完中断，又返回运行原来的程序。哪个控制需要处理，哪个就去申请中断；哪个不需处理，将不被理睬。显然，中断方式与扫描方式是不同的。在中断方式下，计算机资源能得到充分利用，紧急的任务也能得到及时处理。如果同时来了几个都要处理的任务则按优先级高低排序分先后进行处理。中断方式一般不大适合于工作现场的日常工艺控制，故不单独使用。

PLC在以扫描方式为主的情况下，插入中断方式，即大多数控制都用扫描方式，但对个别急需的处理，允许中断这个扫描运行的程序，转而去处理它。这样，可做到所有的控制都能照顾到，个别应急的也能进行处理。

二、简述 PLC 工作的公共处理过程

PLC工作的公共处理过程主要包含循环时间监控、外设服务及通信处理等。

监控循环时间的目的是避免“死循环”，避免程序不能反复不断地重复执行。主要办法是使用“看门狗”（Watchingdog）。只要循环超时，它就报警或做相应处理。

外设服务是允许 PLC 接受编程设备对它的操作，或通过接口向输出设备（如打印机）输出数据。

通信处理是实现 PLC 与 PLC 之间、PLC 与上位计算机之间或 PLC 与其他具有通信能力的工业控制装置或智能部件之间的信息交换。通信处理也是新型 PLC，特别是中大规模的 PLC 系统为增强其综合控制能力所确定的发展趋势。

实际的 PLC 工作过程总是在反复不停地进行着公共处理→I/O 刷新→运行用户程序→刷新 I/O→再公共处理……

三、PLC 的扫描周期及响应时间

（一）PLC 的扫描周期及其三个阶段

一般来说，PLC 的扫描工作包括自诊断、远程通信、输入采样、用户程序执行、输出刷新等，如图 1-16 所示。

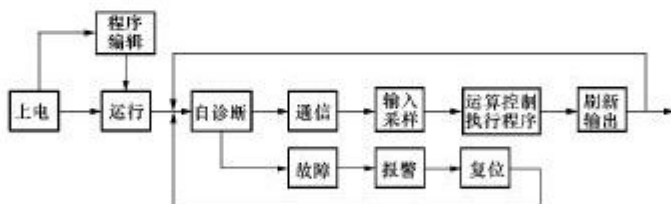


图 1-16 PLC 扫描过程示意图

PLC 的扫描是采用“顺序扫描，不断循环”的工作方式。每个扫描过程，均是集中对输入信号进行采样及集中对输出信号进行刷新的。

程序在进行执行阶段时输入端口关闭，输入端有新状态，且新状态不能被读入，只有程序进行下一次扫描时，新状态才被读入。

元件映像寄存器（输出）的内容是随着程序的执行变化而变化的。

由于采用集中采样、集中输出的方式，故存在输入/输出滞后的现象，即输入/输出响应延迟。

扫描周期的长短由三条决定：CPU 执行指令的速度、指令本身所占有的时间、指令条数的多少。

对于初学者来说，就 PLC 本机的控制功能而言扫描过程为：PLC 上电运行后，如不考虑自

诊、远程通信等，其工作扫描过程一般要经过输入采样、用户程序执行和输出刷新三个阶段，如图 1-17 所示。



图 1-17 PLC 扫描的三个阶段示意图

完成上述三个阶段一次称作一个扫描周期，PLC 在运行期间，其 CPU 总是以一定的扫描速度不断地重复执行上述三个阶段的。

1. 输入采样阶段

在输入采样阶段，PLC 以扫描方式依次地读入所有输入状态和数据，并将它们存入 I/O 映像区中的相应单元内（映像寄存器）。

输入采样结束后，PLC 即可转入用户程序执行和输出刷新阶段，在这两个阶段中，即使输入状态和数据发生变化，I/O 映像区中的相应单元（映像寄存器）的状态和数据也不会改变。因此，如果输入是脉冲信号，则该脉冲信号的脉宽必须大于 PLC 的一个扫描周期，才能保证在任何情况下，该输入脉冲均能被读入。

2. 用户程序执行阶段

在运算过程中（即用户程序执行阶段），PLC 的 CPU 在执行用户程序（梯形图）时，总是按由上而下、先左后右的顺序依次地进行扫描，进行逻辑或其他算法的运算。然后根据逻辑运算的结果，刷新开关量输出（梯形图中的逻辑线圈）在系统 RAM 存储区中对应位的状态，或者在 I/O 映像区中对应位的状态，或者确定是否要执行该梯形图所规定的特殊功能指令。

在用户程序执行过程中，只有输入点在 I/O 映像区内的状态和数据不会发生变化，而其他输出点和软设备在 I/O 映像区或系统 RAM 存储区内的状态和数据都有可能根据运算结果发生变化。通常，排在上面或前面的梯形图，其程序执行结果会对排在下面或后面的凡是用到这些运算结果的梯形图起作用；而排在下面或后面的梯形图，其被刷新的运算结果只能到下一个扫描周期才能对排在其上面或前面的梯形图起作用。

3. 输出刷新阶段

当运算（扫描执行用户程序）结束后，PLC 就进入输出刷新阶段。在此期间，CPU 按照运算结果（I/O 映像区内对应的状态和数据）刷新所有的元件寄存器、输出锁存器，再经输出电路或驱动元件等到输出端子排。这时，PLC 才完成一个工作扫描周期。

PLC 的梯形图排列次序不同，执行的结果也不同。PLC 采用扫描用户程序（梯形图）的运行过程与继电器控制装置的硬逻辑电路的运行过程是有所区别的，一般地，如果扫描周期所占用的时间对整个运行来说可以忽略，那么二者运行的结果就没有什么区别了。

（二）PLC 的 I/O 响应时间

PLC 的 I/O 响应时间是指从某一输入信号变化开始到 PLC 的运算刷新与其对应的输出信号的变化所需的时间。

PLC 的 I/O 响应时间存在一个最短 I/O 响应时间和最长 I/O 响应时间的概念，PLC 正常工作时的所有的 I/O 响应时间均在最短 I/O 响应时间和最长 I/O 响应时间之间，这是因为被控系统或设备的状态在运行时所发生的变化是随机的。PLC 的最短 I/O 响应时间一般是指被控系统或设备的状态发生变化时正处在 PLC 的输入采样阶段，且这种变化正好被读入并及时处理；PLC 的

最长 I/O 响应时间是指被控系统或设备的状态发生变化时正处在 PLC 的用户程序执行阶段,且这种变化不能马上被读入,只能在下一个扫描周期的输入采样阶段被读入再进行处理(见图 1-18)。

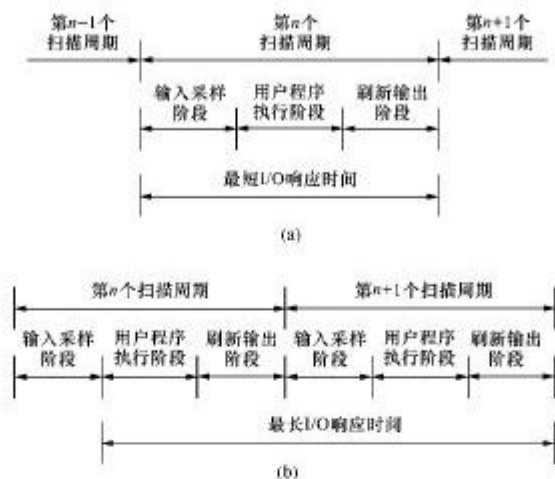


图 1-18 PLC 响应时间示意图

(a) 最短 I/O 响应时间示意; (b) 最长 I/O 响应时间示意

影响 PLC 的 I/O 响应时间的因素有:

(1) 光电隔离。为了增强 PLC 的抗干扰能力,改善 CPU 的工作环境,提高其可靠性,PLC 的每个开关量输入端及输出端都采用光电隔离技术。

(2) 扫描技术。为了能够实现与继电器控制线路的硬逻辑相同的控制功能,PLC 采用了不同于一般微型计算机的运行方式(扫描技术)。

以上两个主要原因使得 PLC 的 I/O 响应比一般微型计算机构成的工业控制系统慢,其响应时间至少等于一个扫描周期,一般均大于一个扫描周期,但正常时一般最大不会超过两个扫描周期。但这比继电器控制线路的硬逻辑响应时间则要快得多。

上述情况只是一般性的 PLC 的最短 I/O 响应时间和最长 I/O 响应时间的概念,特殊情况下 PLC 的最短 I/O 响应时间只略大于用户程序执行的时间,而 PLC 的最长 I/O 响应时间则会因其他因素的干扰而大于两个扫描周期。

PLC 的实际工作过程比这里讲的还要复杂一些,分析其基本原理,也还有一些理论问题。初学者要对上面介绍的 PLC 的输入/输出变换、信息处理、I/O 电路的基本形式、扫描方式及中断方式作初步的了解,以便理解 PLC 是怎样去实现控制的,并把握住 PLC 基本原理的要点。至于更深入的问题,在进一步学习中,将再作具体介绍。

四、PLC 与继电器、微机的区别

(一) PLC 的扫描过程与继电器控制系统、微机的区别

(1) PLC 与继电器的区别: PLC 可以简单理解为“串行”方式,而继电器控制系统则可以简单理解为“并行”方式。PLC 用“软件”控制,而继电器控制系统用“硬件”控制。

(2) PLC 与微机(PC)的区别: PLC 工作方式是“循环扫描”,PC 工作方式是“待命或中断”方式。

(二) PLC 的控制方式与继电器的控制方式的差别

PLC 在逻辑控制方面是使用“软件逻辑”,继电器使用的则是“硬件逻辑”,也可以简单理

解为 PLC 是在使用“软继电器”进行逻辑控制的。

五、PLC 的主要技术性能

配置 PLC 控制系统时常需考虑 PLC 的技术性能（一些技术指标），以下针对主要从事位逻辑控制的初学者需考虑的 PLC 技术指标提几点注意事项。

（一）PLC 的用户程序存储容量（此项在程序量较少的简单编程中不用考虑）

衡量可存储用户应用程序多少的指标称为用户程序存储容量。通常以字或字节为单位。每 16 位二进制数为一个字，每 1024 个字称为 1KB。PLC 以字为单位存储指令和数据。一般地，逻辑操作指令每条占 1 个字，定时/计数、移位指令占 2 个字，数据操作指令占 2~4 个字。

（二）PLC 的点数

PLC 的 I/O 接口所能接受的输入信号个数和输出信号个数称为 PLC 输入/输出（I/O）点数。I/O 点数是选择 PLC 的重要依据之一。当 PLC 主机 CPU 单元的 I/O 点数不够时，可通过 PLC 的 I/O 扩展接口增加 I/O 扩展单元，对系统进行扩展。

（三）I/O 点的性质

输入包括：开关量输入、模拟量输入、编码器输入等，而输出包括开关量输出（分交流、直流、高频低频等）、模拟量输出、PMW 输出等。

六、使用 PLC 的注意事项

（1）PLC 的供电电源：通常有 220V（AC）、24V（DC）等几种，实际应用时要注意，不可弄错。

（2）PLC 自带的直流电源：一般在 PLC 的主机 CPU 模块上且输入端是 24V 直流输入的都带有一 24V 直流电源，该电源容量小，一般只可供 CPU 输入端、少量的扩展块的输入端及容量小的传感器等使用，实际应用时可估算一下，对于扩展模块较多的情况则须另配 24V（DC）性能稳定的开关电源。

（3）输入端电压：通常有 24V（DC）、110V（AC）、220V（AC），使用时要看准，不可弄错，否则会驱动不了或烧坏 PLC。

（4）输出端形式：其形式为继电器输出，端子容量一般在 2~5A，选用时要注意，不可超载，否则会烧坏 PLC 输出端的继电器触点。

第八节 PLC 控制系统的应用设计

一、PLC 系统设计的一般性原则

设计任何一种自动控制系统都是为了实现被控对象（生产设备或生产系统）的工艺要求，提高生产效率和产品质量，同时降低劳动强度，PLC 也不例外。再有，PLC 自动控制的设计在很多时候都是带有开发性质的设计——没有固定的模式。在此，特提几点关于设计 PLC 自动控制系统时的一般性原则。

（1）在保证安全可靠的前提下，最大限度地满足被控对象（系统或设备）的控制及其自动化要求。在设计前应仔细了解被控系统或设备的工艺过程特点，深入现场进行调查研究，广泛地搜集资料，与工艺部分的设计人员要密切配合，同时要多向实际操作人员咨询，共同拟定可行性方案，充分考虑各种不利因素，协同解决设计中出现的各种问题。

（2）在满足生产工艺控制要求的前提下，力求使控制系统简单、经济，便于使用及维修

方便。

(3) 适当考虑到未来生产的发展和工艺的改进等因素,对 PLC 的配置应按相关规范留有一定的裕量。

二、PLC 控制系统设计的基本内容

PLC 控制系统是由 PLC 与用户输入、输出设备连接而成的。因此,PLC 控制系统设计的基本内容应包括以下三条。

(一) 外围电路的设计及其设备的选型

(1) 输入设备:操作元件、限位开关、各种感应式开关及传感器等。

(2) 输出设备:继电器、接触器、指示灯、控制电动机、电磁阀等执行驱动及显示元件。

(3) 控制台或控制柜(箱):最基本的就是能保证按规范要求摆放,在其内部固定安装所有电气元件。

关于上述这些电气元器件、柜(箱)体性能的详细内容可参考有关的电气设备手册。

(二) PLC 的硬件配置及软件设计

PLC 是整个控制系统的核心部件,正确选择 PLC 对于保证整个控制系统的技术经济性能指标起着重要的作用。选择 PLC,应包括机型的选择、容量的选择、I/O 模块的选择、电源模块的选择等。

(1) PLC 的选型:要了解 PLC 的功能及输入输出形式是否适合于控制系统及被控对象。

(2) PLC 的配置:根据被控系统或设备的实际情况确定控制规模,即 I/O 点的配置数量及其裕量。

(3) 综合评估 PLC 控制系统的性能价格比。

(4) PLC 的售后服务是否有保障。

PLC 的用户程序设计包括设计梯形图、语句表及控制系统流程图。用户程序是控制整个控制系统能否达到控制要求并保证被控系统工作安全、可靠的关键所在。用户程序在设计时必须仔细分析被控系统的工艺特点,反复推敲、调试、修改,不断完善。

(三) 编制 PLC 控制系统的技术文件

(1) 文字文件:包括操作使用说明书、安全注意事项、一般性维护说明、电气元件明细表等。

(2) 硬件图纸:在 PLC 控制系统中,在传统电气图的基础上增加了 PLC 部分,一般包括 PLC 的 I/O 配置图、PLC 模块接线图、电气原理图、电气设备平面布置图及电气设备安装接线图等。

(3) 软件:在 PLC 控制系统中,应将 PLC 的梯形图打印出来并用光盘刻录存档,以便维护时查询。

对于一些工艺经常变更的生产系统,需向用户提供可由用户自行更改的非技术保密的 PLC 程序(梯形图),以便于用户生产发展或工艺改进时修改程序,也有利于用户在维修时分析和排除故障。

三、PLC 控制系统的设计、调试、试运行等步骤

以下是 PLC 控制系统的设计及调试步骤。

(1) 了解分析被控系统或设备的工艺,确定控制方案及主要设备的初步选型。

1) 仔细分析所控制的设备或系统的工艺流程及其特点:顺序控制、分程控制、过程控制、串级调节控制、多冲量调节控制等。

2) PLC 最主要的目的是控制外部对象, 这个对象可能是单台机器、机群、一个生产线或生产系统, 根据所要控制的设备或系统的输入输出点数的要求, 对 PLC 进行初步选型并初步配置 PLC 的 I/O 点数及类型。

3) 根据所要控制的设备或系统的复杂程度及将编辑的程序数量, 初步确定 PLC 的内存容量。

(2) 具体配置 PLC 的输入输出。

1) 根据所控制的设备或系统需进行的采样(输入)信号, 列出 PLC 的输入编号对应表。

2) 根据所要控制的设备或系统需驱动的设备(输出)信号, 列出 PLC 的输出编号对应表。

(3) 进行 PLC 控制系统有关的设计。

1) 设计出完整的 PLC 配置图(很简单的系统可免此步骤)。

2) 设计出完整的 PLC 外围电路(电气控制原理)图。

3) 编写用户(控制)程序, 如是用 PC 编程可先进行一些模拟调试, 在能满足工艺控制要求的前提下尽量简化程序。

4) 编写用户(控制)程序及整个被控系统进行联动调试的调试说明书及使用操作规程等。

(4) 下载、调试、修改 PLC 程序。

1) 用编程设备(PC或手持编程器等)将编辑好的用户程序下载到 PLC 中。

2) 为了安全, 可先离线调试修改 PLC 的用户程序。

3) 完成前两步并确定被控系统的采样和驱动设备都正常后, 对 PLC 进行在线调试及对整个被控系统进行联动调试。

(5) 被控系统 & PLC 控制系统试运行。

1) 通过被控系统的联动调试确认无误后, 可开始整个被控系统的试运行。

2) 在整个被控系统的试运行期间, 可以根据工艺的特点进一步优化 PLC 的用户程序。

3) 根据使用操作规程对现场的操作人员进行培训。

(6) 备份 PLC 程序, 编制竣工资料等。

第九节 S7-200 系列 PLC 介绍

一、S7-200 系列 PLC 的基本硬件组成

S7-200 系列 PLC 可提供 4 种不同的基本单元和 6 种型号的扩展单元, 其系统构成包括基本单元、扩展单元、编程器、程序存储卡、写入器、文本显示器等。

(一) 基本单元

S7-200 系列 PLC 中可提供 4 种不同的基本型号的 8 种 CPU 供选择使用, 其输入输出点数的分配如表 1-1 所示。

表 1-1 S7-200 系列 PLC 中 CPU22X 的基本单元

型号	输入点	输出点	可带扩展模块数
S7-200 CPU221	6	4	—
S7-200 CPU222	8	6	2 个扩展模块 78 路数字量 I/O 点或 10 路模拟量 I/O 点
S7-200 CPU224	14	10	7 个扩展模块 168 路数字量 I/O 点或 35 路模拟量 I/O 点
S7-200 CPU224XP	14	10	7 个扩展模块 168 路数字量 I/O 点或 38 路模拟量 I/O 点
S7-200CPU226	24	16	7 个扩展模块 248 路数字量 I/O 点或 35 路模拟量 I/O 点

(二) 扩展单元

S7-200 系列 PLC 主要有 6 种扩展单元，它本身没有 CPU，只能与基本单元相连接使用，用于扩展 I/O 点数，S7-200 系列 PLC 扩展单元型号及输入输出点数的分配如表 1-2 所示。

表 1-2 S7-200 系列 PLC 扩展单元型号及输入输出点数

类 型	型 号	输 入 点	输 出 点
数字量扩展模块	EM221	8	无
	EM222	无	8
	EM223	4/8/16	4/8/16
模拟量扩展模块	EM231	3	无
	EM232	无	2
	EM235	3	1

(三) 编程器

PLC 在正式运行时，不需要编程器。编程器主要用来进行用户程序的编制、存储和管理等，并将用户程序送入 PLC 中，在调试过程中进行监控和故障检测。S7-200 系列 PLC 可采用多种编程器，一般可分为简易型和智能型。

简易型编程器是袖珍型的，简单实用，价格低廉，是一种很好的现场编程及监测工具，但显示功能较差，只能用指令表方式输入，使用不够方便。智能型编程器采用计算机进行编程操作，将专用的编程软件装入计算机内，可直接采用梯形图语言编程，实现在线监测，非常直观，且功能强大，S7-200 系列 PLC 的专用编程软件为 STEP7-Micro/WIN。

(四) 程序存储卡

为了保证程序及重要参数的安全，一般小型 PLC 设有外接 EEPROM 卡盒接口，通过该接口可以将卡盒的内容写入 PLC，也可将 PLC 内的程序及重要参数传到外接 EEPROM 卡盒内作为备份。程序存储卡 EEPROM 有 6ES 7291-8GC00-0XA0 和 6ES 7291-8GD00-0XA0 两种，程序容量分别为 8KB 和 16KB。

(五) 写入器

写入器的功能是实现 PLC 和 EPROM 之间的程序传送，是将 PLC 中 RAM 区的程序通过写入器固化到程序存储卡中，或将 PLC 中程序存储卡中的程序通过写入器传送到 RAM 区。

(六) 文本显示器

文本显示器 TD200 不仅是一个用于显示系统信息的显示设备，还可以作为控制单元对某个量的数值进行修改，或直接设置输入/输出量。文本信息的显示用选择/确认的方法，最多可显示 80 条信息，每条信息最多 4 个变量的状态。过程参数可在显示器上显示，并可以随时修改。TD200 面板上的 8 个可编程序的功能键，每个都分配了一个存储器位，这些功能键在启动和测试系统时，可以进行参数设置和诊断。

二、S7-200 系列 PLC 的主要技术性能

下面以 S7-200 CPU224 为例说明 S7 系列 PLC 的主要技术性能。

(一) 一般性能

S7-200 CPU224 的一般性能如表 1-3 所示。

(二) 输入特性

S7-200 CPU224 的输入特性如表 1-4 所示。

表 1-3 S7-200 CPU224CN 一般性能

类 型	参 考 数 据
电源电压	24V (DC), 100~230V (AC)
电源电压波动	20.4~28.8V (DC), 84~264V (AC) (47~63Hz)
环境温度、湿度	水平安装 0~55℃, 垂直安装 0~45℃, 5%~95%RH
大气压	860~1080hPa
保护等级	IP20 到 IEC529
输出给传感器的电压	24V (DC) (20.4~28.8V)
输出给传感器的电流	280mA, 电子式短路保护 (600mA)
为扩展模块提供的输出电流	660mA
程序存储器	8KB/典型值为 2.6k 条指令
数据存储器	2.5KB
存储器子模块	1 个可插入的存储器子模块
数据后备	整个 BDI 在 EEPROM 中无需维护在 RAM 中当前的 DBI 标志位, 定时器、计数器通过高能电容或电池维持, 后备时间 190h (400℃时 120h), 插入电池后备 200 天
编程语言	LAD, FBD, STL
程序结构	一个主程序块 (可以包括子程序)
程序执行	自由循环、中断控制、定时控制 (1~255ms)
子程序级	8 级
用户程序保护	3 级口令保护
指令集	逻辑运算、应用功能
位操作执行时间	0.37μs
扫描时间监控	300ms (可重新启动)
内部标志位	256, 可保持; EEPROM 中 0~112
计数器	0~256, 可保持; 256, 6 个高速计数器
定时器	可保持; 256 4 个定时器, 1ms~30s 16 个定时器, 10ms~5min 236 个定时器, 100ms~54min
接口	一个 RS485 通信接口
可连接的编程器/PC	PG740P = 2 \ * ROMAN II, PG760P = 2 \ * ROMAN II, PC (AT)
本机 I/O	数字量输入: 14, 其中 4 个可用作硬件中断, 14 个用于高速功能; 数字量输出: 10, 其中 2 个可用作本机功能; 模拟电位器: 2 个
可连接的 I/O	数字量输入/输出: 最多 94/74 模拟量输入/输出: 最多 28/7 (或 14) AS 接口 输入/输出: 496
最多可接扩展模块	7 个

表 1-4 S7-200 CPU224CN 输入特性

类 型	参 考 数 据
输入电压	24V (DC), 4mA 典型值时
最大持续允许电压	30V (DC)
隔离	光电隔离
浪涌电压	35V (DC), 0.5s
输入延迟 (额定输入电压)	所有标准输入: 全部 0.2~12.8ms (可调节)
允许漏电流最大	1mA

(三) 输出特性

S7-200 CPU224 输出特性如表 1-5 所示。

表 1-5 S7-200 CPU224CN 的输出特性

类 型	晶体管输出型	继电器输出型
额定负载电压	24V (DC) (20.4~28.8V)	24VDC (4~30V) 24~230V (AC) (20~250V)
输出电压	"1 信号": 最小 20V (DC)	L+/L-
隔离	光电隔离	光电隔离和继电器隔离
最大输出电流	"1 信号": 0.75A	"1 信号": 2A
每个公共端的额定电流 (最大)	6A	10A
输出开关容量	阻性负载: 0.75A; 灯负载: 5W	阻性负载: 2A 灯 负载: 30W (DC), 200W (AC)

(四) 扩展单元的主要技术特性

S7-200 系列 PLC 是模块化结构, 可以通过配接各种扩展模块来达到扩展功能、扩大控制能力的目的。目前 S7-200 主要有三大类扩展模块。

1. 输入/输出扩展模块

S7-200 CPU 上已经集成了一定数量的数字量 I/O 点, 但当用户需要多于 CPU 单元 I/O 点时, 必须对系统做必要的扩展。CPU221 无 I/O 扩展能力, CPU222 最多可连接两个扩展模块(数字量或模拟量), 而 CPU224 和 CPU226 最多可连接 7 个扩展模块。

S7-200 PLC 系列目前共提供 5 大类扩展模块: 数字量输入扩展板 EM221 (8 路扩展输入); 数字量输出扩展板 EM222 (8 路扩展输出); 数字量输入和输出混合扩展板 EM223 (8I/O、16I/O、32I/O); 模拟量输入扩展板 EM231, 每个 EM231 可扩展 3 路模拟量输入通道, A/D 转换时间为 25 μ s, 12 位; 模拟量输入和输出混合扩展板 EM235, 每个 EM235 可同时扩展 3 路模拟输入和 1 路模拟量输出通道, 其中 A/D 转换时间为 25 μ s, D/A 转换时间为 100 μ s, 位数均为 12 位。

基本单元通过其右侧的扩展接口用总线连接器(插件)与扩展单元左侧的扩展接口相连接。扩展单元正常工作需要 +5V (DC) 工作电源, 此电源由基本单元通过总线连接器提供, 扩展单元的 24V (DC) 输入点和输出点电源, 可由基本单元的 24V (DC) 电源供电, 但要注意基本单元所提供的最大电流能力。

2. 热电偶/热电阻扩展模块

热电偶、热电阻模块 (EM231) 是为 CPU222、CPU224、CPU226 设计的, S7-200 与多种热电偶、热电阻的连接备有隔离接口。用户通过模块上的 DIP 开关来选择热电偶或热电阻的类型、接线方式、测量单位和开路故障的方向。

3. 通信扩展模块

除了 CPU 集成通信口外, S7-200 还可以通过通信扩展模块连接成更大的网络。S7-200 系列目前有两种通信扩展模块: PROFIBUS-DP 扩展从站模块 (EM277) 和 AS-i 接口扩展模块 (CP243-2)。

S7-200 系列 PLC 输入/输出扩展模块的主要技术性能如表 1-6 所示。

表 1-6 S7-200 系列 PLC 输入/输出扩展模块的主要技术性能

类型	数字量扩展模块			模拟量扩展模块		
	型号	EM221	EM222	EM223	EM231	EM232
输入点	8	无	4/8/16	3	无	3
输出点	无	8	4/8/16	无	2	1
隔离组点数	8	2	4	无	无	无
输入电压	24V (DC)		24V (DC)			
输出电压		24V (DC) 或 24~230V (AC)	24V (DC) 或 24~230V (AC)			
A/D 转换时间				<250 μ s		<250 μ s
分辨率				12bit A/D 转换	电压: 12bit 电流: 11bit	12bit A/D 转换

三、S7-200 PLC 的外形结构

(1) 状态指示灯 (LED)。显示 CPU 所处的工作状态。各指示灯的含义如下: SF——系统错误 (System Fault); RUN——运行; STOP——停止。

(2) 存储卡接口。可以插入存储卡。

(3) 通信接口。可以连接 RS-485 总线的通信电缆。

(4) 顶部端子盖下边为输出端子和 PLC 供电电源端子。输出端子的运行状态可以由顶部端子盖下方一排指示灯显示, ON 状态对应指示灯亮。

(5) 底部端子盖下边为输入端子和传感器电源端子。输入端子的运行状态可以由底部端子盖上方一排指示灯显示, ON 状态对应指示灯亮。

(6) 前盖下面有运行、停止开关和接口模块插座。将开关拨向停止位置时, PLC 处于停止状态, 此时可以对其编写程序。将开关拨向运行位置时, PLC 处于运行状态, 此时不能对其编写程序。将开关拨向监控 (Term) 状态, 可以运行程序, 同时还可以监视程序运行的状态。接口插座用于连接扩展模块, 实现 I/O 扩展。

四、S7-200 的接口模块

S7-200 的接口模块主要有数字量 I/O 模块、模拟量 I/O 模块和通信模块。下面分别介绍这些模块。

(一) 数字量 I/O 模块

数字量 I/O 模块是为了解决本机集成的数字量输入/输出点不能满足需要而使用的扩展模块。S7-200 PLC 目前共可以提供 3 大类, 共 9 种数字量 I/O 模块。

(1) EM221 数字量输入扩展模块: 8DI, 24V (DC) (直流输入)。

(2) EM222 数字量输出扩展模块: 8DO, 24V (DC) (直流输出); 8DO, Relay [24V (DC) / 24~230V (AC)] (继电器输出)。

(3) EM223 数字量混合模块: 4DI [24V (DC)], 4DO [24V (DC) / 2A]; 4DI [24V (DC)], 4DO (Relay 2A); 8DI [24V (DC)], 8DO [24V (DC) / 2A]; 8DI [24V (DC)], 8DO (Relay 2A); 16DI [24V (DC)], 16DO (Relay 2A); 16DI [24V (DC)], 16DO [24V (DC) / 2A]。

（二）模拟量 I/O 模块

模拟量 I/O 模块提供了模拟量输入和模拟量输出的扩展功能。S7-200 的模拟量扩展模块具有较大的适应性，可以直接与传感器相连，并有很大的灵活性，且安装方便。

（1）EM231 模拟量输入模块。4AI（电压或电流）输入信号的范围由 SW1、SW2 和 SW3 设定。

（2）EM232 模拟量输出模块。2AO（电压或电流）。

（3）EM235 模拟量混合模块。4AI（电压或电流），量程由 SW1~SW6 设定；1AO（电压或电流）。

（三）通信模块

S7-200 系列 PLC 除了 CPU226 本机集成了两个通信口以外，其他均在其内部集成了一个通信口，通信口采用了 RS-485 总线。此外，各 PLC 还可以接入通信模块，以扩大其接口的数量和联网能力。

（1）EM277 模块。EM277 模块是 PROFIBUS-DP 从站模块，同时也支持 MPI 从站通信。

（2）EM241：调制解调器（Modem）通信模块。

（3）CP243-1：工业以太网通信模块。

（4）CP243-1 IT：工业以太网通信模块，同时提供 Web/E-mail 等 IT 应用。

（5）CP243-2：AS-I 主站模块，可连接最多 62 个 AS-I 从站。

S7-200 PLC 的配置就是由 S7-200CPU 和这些扩展模块构成的。

五、S7-200 的编址方法

编址就是对输入/输出模块上的 I/O 点进行编码，以便程序执行时可以唯一地识别每个 I/O 点。

（1）数字量 I/O 点的编址是以字长为单位，采用标志域（I 或 Q）、字节号和位号三部分的组成形式，在字节号和位号之间以点分隔，习惯上称作字节·位编址。每个 I/O 点就有了唯一的识别地址，如 I0.5、Q2.1 等。数字量输入输出的字节和位编址都是从 0 开始的，每个位都是 0~7，共 8 位。

（2）模拟量 I/O 编址是以字长（16 位）为单位。在读写模拟量信息时，模拟输入输出按字单位读写。模拟输入只能进行读操作，而模拟输出只能进行写操作，每个模拟输入输出都是一个模拟端口。一个模拟端口的地址由标志域（AI/AQ）、数据长度标志（W）以及字节地址（0~30 的十进制偶数）组成。模拟端口的地址从 0 开始，以 2 递增（如：AIW0、AIW2、AIW4 等），对模拟端口奇数编址是不允许的，如 AIW4、AQW2 等。

（3）扩展模块的编址，由扩展模块 I/O 端口的类型及其在扩展 I/O 链中的位置决定。扩展模块的编址按照由左至右，地址编码依次排序。扩展模块的数字量 I/O 点编址以字节·位编址形式，扩展模块的模拟量 I/O 编址仍以字长（16 位）为单位。

六、S7-200PLC 功能指令概述

一般的逻辑控制系统用软继电器、定时器和计数器及基本指令就可以实现。利用功能指令可以开发出更复杂的控制系统，构成网络控制系统。这些功能指令实际上是厂商为满足各种客户的特殊需要而开发的通用子程序。功能指令的丰富程度及其合用的方便程度是衡量 PLC 性能的一个重要指标。

S7-200 的功能指令很丰富，大致包括算术与逻辑运算、传送、移位与循环移位、程序流控制、数据表处理、PID 指令、数据格式变换、高速处理、通信以及实时时钟等方面。

功能指令的助记符与汇编语言相似，略具计算机知识的人学习起来就不会有太大困难。但 S7-200 系列 PLC 功能指令毕竟太多，一般读者不必准确记忆其详尽用法，需要时可查阅相关产品手册。

七、S7-200 系列的基本逻辑指令

S7-200 系列的基本逻辑指令与 FX 系列和 CPM1A 系列基本逻辑指令大体相似，编程和梯形图表达方式也相差不多，这里列表表示 S7-200 系列的基本逻辑指令（见表 1-7）。

表 1-7 S7-200 系列的基本逻辑指令

指令名称	指令符	功 能	操 作 数
取	LD bit	读入逻辑行或电路块的第一个常开接点	Bit; I, Q, M, SM, T, C, V, S
取反	LDN bit	读入逻辑行或电路块的第一个常闭接点	
与	A bit	串联一个常开接点	
与非	AN bit	串联一个常闭接点	
或	O bit	并联一个常开接点	
或非	ON bit	并联一个常闭接点	
电路块与	ALD	串联一个电路块	无
电路块或	OLD	并联一个电路块	
输出	= bit	输出逻辑行的运算结果	Bit; Q, M, SM, T, C, V, S
置位	S bit, N	置继电器状态为接通	Bit; Q, M, SM, V, S
复位	R bit, N	使继电器复位为断开	

八、S7-200 系列 PLC 的定时器指令

S7-200 的定时器指令包括接通延时定时器（TON）、有记忆接通延时定时器（TONR）及断开延时定时器（TOF）。

(1) 接通延时定时器（TON）：当使能输入接通时开始计时，并且定时器（TON）的当前值大于或等于设定值时，定时器（TON）被置位。定时器（TON）在计时过程中当使能输入断开时，会清除当前值。

(2) 有记忆接通延时定时器（TONR）：当使能输入接通时开始计时，并且定时器（TONR）的当前值大于或等于设定值时，定时器（TONR）被置位。定时器（TONR）在计时过程中当使能输入断开时，会保留当前值，如要清除当前值就可利用复位指令（R）。可利用有记忆接通延时定时器（TONR）累积输入信号的接通时间。

(3) 断开延时定时器（TOR）：当使能输入接通时将当前值设为“0”，当使能输入断开时开始计时，当定时器（TOR）的当前值大于或等于设定值时，定时器（TON）被置位。定时器（TOR）在计时过程中当使能输入接通时，会清除当前值。

九、STEP 7 软件的特点

S7-200 PLC 是使用 STEP 7 软件编程，其程序有三种：主程序、子程序和中断程序。其中，主程序只有一个，名称为 OB1。对于初学者主要是在主程序中编程。另外，子程序可以达到 64 个，名称分别为 SBR0~SBR63。子程序可以由子程序或中断程序调用。中断程序可以达到 128

个，名称分别为 INT0~INT127。中断方式有输入中断、定时中断、高速计数中断、通信中断等中断事件引发，当 CPU 响应中断时，可以执行中断程序。

由这三种程序可以组成线性程序和分块程序两种结构。

(一) 线性程序结构

线性程序是指一个工程的全部控制任务都按照工程控制的顺序写在一个程序中，比如写在 OBI 中。程序执行过程中，CPU 不断地扫描 OBI，按照事先准备好的顺序去执行工作。

虽然线性程序的结构简单，一目了然，但是，当控制工程大到一定程度之后，仅仅采用线性程序就会使整个程序变得庞大而难于编制，难于调试了。

(二) 分块程序结构

分块程序是指一个工程的全部控制任务被分成多个小的任务块，每个任务块的控制任务根据具体情况分别放到子程序中，或者放到中断程序中。程序执行过程中，CPU 不断地调用这些子程序或者被中断程序中断。

分块程序虽然结构复杂一些，但是可以把一个复杂的过程分解成多个简单的过程。对于具体的程序块容易编写和调试。从总体上看，分块程序的优势是十分明显的。

(三) PLC 编程的注意事项

(1) 梯形图每一行都是从左母线开始的，线圈接在最右边，接点不能放在线圈的右边，如图 1-19 所示。

(2) 线圈不能直接与左母线相连。如果需要，就可以通过一个没有使用的内部继电器的常闭接点来连接，参看图 1-20。

(3) 同一编号的线圈在一个程序中使用两次称为双线圈输出。双线圈输出容易引起误操作，应尽量避免线圈重复使用。

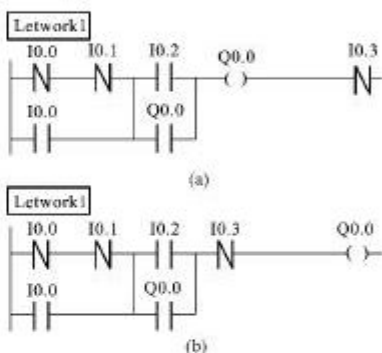


图 1-19 PLC 程序梯形图 (a) 错误电路；(b) 正确电路

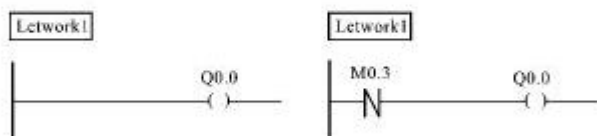


图 1-20 PLC 程序梯形图 (a) 错误的梯形图；(b) 正确的梯形图 注意：M0.3 不能使用。

(4) 梯形图程序必须符合顺序执行的原则，即从左到右、从上到下地执行，如不符合顺序执行的电路就不能直接编程，例如，图 1-21 所示的桥式电路就不能直接编程。

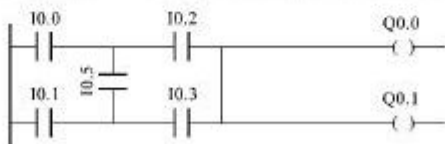


图 1-21 桥式电路

(5) 在 PLC 的梯形图中软件触点的使用次数没有限制，可无限次地使用。其他外部输入、输出继电器、内部继电器、定时器、计数器等器件的软触点均可不受限制地重复使用，一般情况

下，只要不超出 PLC 的内存容量，无需用改变程序结构的方法来减少接点的使用次数，如图 1-22 所示。

(6) PLC 的多个线圈可以并联输出，如图 1-23 所示。

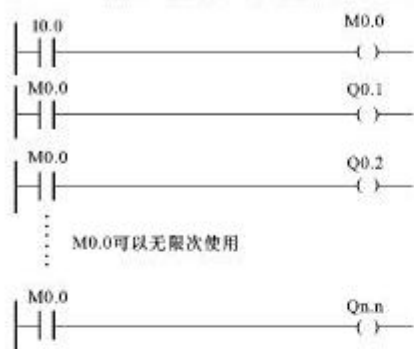


图 1-22 PLC 软触点不限使用次数



图 1-23 PLC 多个软线圈可并联输出

第十节 STEP 7- Micro/WIN 编程软件

一、概述

STEP 7—Micro/WIN 软件是西门子公司 S7—200 系列 PLC 的编程软件，该软件编辑操作简单，适合于初学者使用。

二、STEP 7—Micro/WIN 软件安装

将光盘插入光驱后打开，如图 1-24 所示。鼠标左键双击“Setup”图标开始安装。选择界面语言如图 1-25 所示。进入自动安装如图 1-26 所示。



图 1-24 STEP 7—Micro/WIN 软件安装（打开光盘）



图 1-25 STEP 7-Micro/WIN 软件安装 (选择介面语言)



图 1-26 STEP 7-Micro/WIN 软件安装 (自动进入安装)

跳出图 1-27 界面时，左键单击“Next”按钮继续安装。



图 1-27 STEP 7-Micro/WIN 软件安装 (安装)

跳出图 1-28 协议界面时，左键单击“Yes”按钮继续安装。



图 1-28 STEP 7-Micro/WIN 软件安装 (协议)

跳出图 1-29 安装位置选择介面时，左键单击“Browse”按钮进行选择。

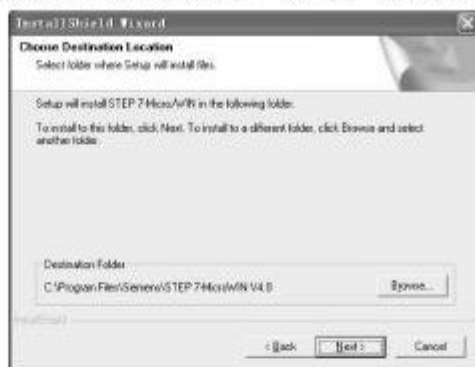


图 1-29 STEP 7—Micro/WIN 软件安装（安装位置）

跳出图 1-30 安装位置选择介面时，可在“Path”中进行选择。



图 1-30 STEP 7—Micro/WIN 软件安装（默认安装位置）

可选择在“D”盘（或其他盘）的程序文件（或自建文件夹）中安装，如图 1-31 所示。左键单击“确定”按钮继续安装。



图 1-31 STEP 7—Micro/WIN 软件安装（选定安装位置）

跳出图 1-32 安装位置确定介面时，左键单击“Next”按钮进入自动安装。

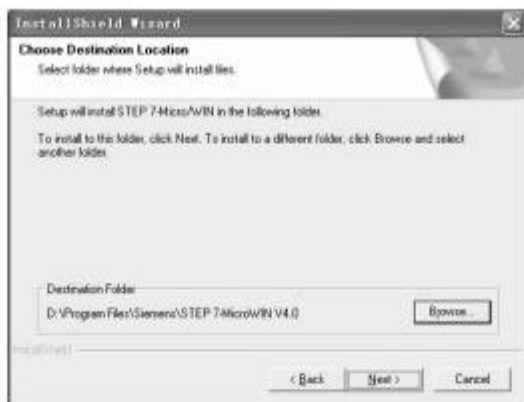


图 1-32 STEP 7-Micro/WIN 软件安装（安装位置确定）

进入自动安装后（见图 1-33）可不用操作，由软件自行安装（如要停止自动安装可用鼠标左键单击“Next”按钮——正常安装时，这步不能用）。

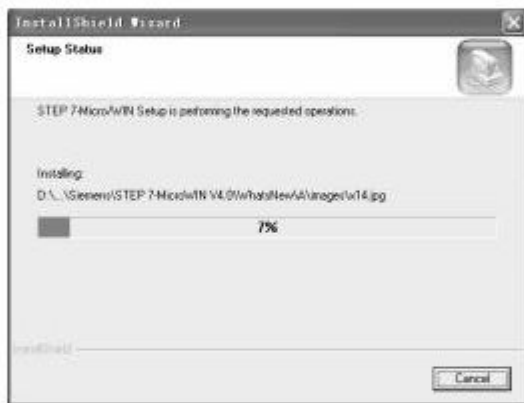


图 1-33 STEP 7-Micro/WIN 软件安装（自动安装 1）

自动安装时还会出现如图 1-34～图 1-36 所示的界面，对这些界面均不用进行操作。



图 1-34 STEP 7-Micro/WIN 软件安装（自动安装 2）



图 1-35 STEP 7—Micro/WIN 软件安装（自动安装 3）



图 1-36 STEP 7—Micro/WIN 软件安装（自动安装 4）

在安装跳出图 1-37 所示的界面时，要选择编程电缆，用个人计算机为 S7—200 PLC 编辑和下载程序时，一般为“PC/PPI cable (PPI)”电缆。



图 1-37 STEP 7—Micro/WIN 软件安装（选择编程电缆）

在图 1-37 中选定编程电缆后，左键单击“OK”按钮进入最后的自动安装。在跳出完成安装的界面中，左键单击“完成”按钮完成安装（见图 1-38）。



图 1-38 STEP 7—Micro/WIN 软件安装（完成安装）

三、启动

(1) 双击桌面“STEP 7—Micro/WIN”图标，可以启动 STEP 7—Micro/WIN 软件，如图 1-39 所示。



图 1-39 STEP 7—Micro/WIN 软件启动（桌面启动）

(2) 单击“开始”→“所有程序”→“SIMATIC”→“STEP 7—Micro/WIN 4.0”→“STEP 7—Micro/WIN”，也可以启动 STEP 7—Micro/WIN 软件，如图 1-40 所示。



图 1-40 STEP 7—Micro/WIN 软件启动（“开始”菜单中启动）

STEP 7—Micro/WIN 软件启动后可见图 1-41 所示启动过程界面。



图 1-41 STEP 7—Micro/WIN 软件启动（启动过程）

选择需保存的用户控制程序的保存位置，可根据需要自行建立文件夹，如图 1-44 所示。

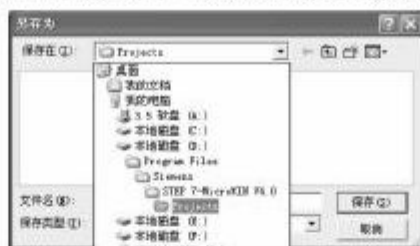


图 1-44 对 STEP 7-Micro/WIN 的用户控制程序进行保存选择

五、下载

将编辑并离线调试好的用户控制程序输送到 PLC 中称为“下载”。

用鼠标左键单击“File”（文件），选择“Download”（下载），如图 1-45 所示。

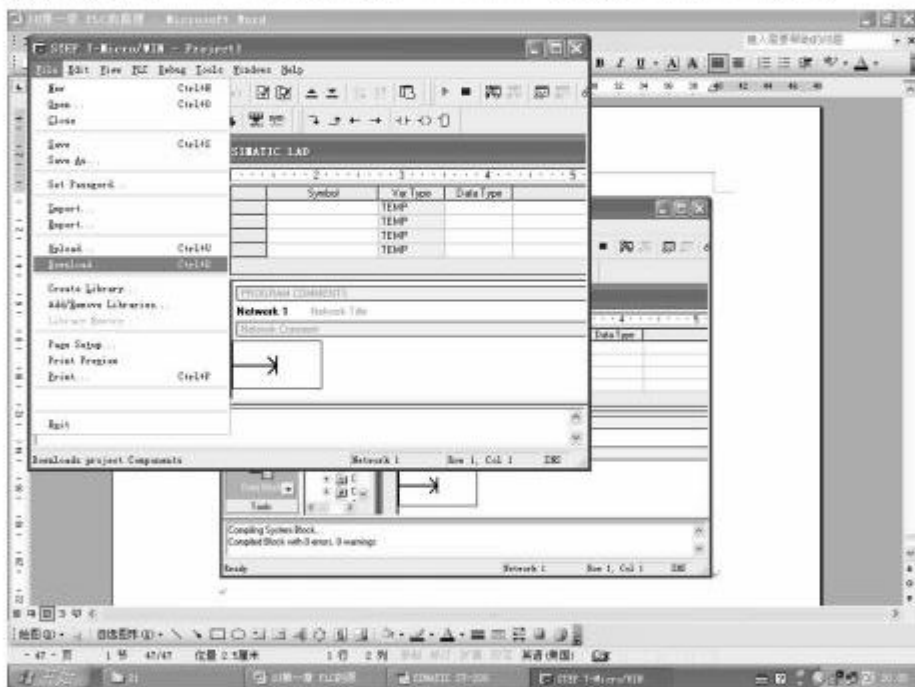


图 1-45 对 STEP 7-Micro/WIN 的用户控制程序进行下载

首次下载需在跳出的“Download”（下载）对话框中，用鼠标单击“Communications…”按钮进行选择设置，如图 1-46 所示。

在跳出的“Communications…”对话框中，根据具体情况对 STEP 7-Micro/WIN 的用户控制程序下载的通信端口进行选择，如图 1-47 所示。

六、上传

将 PLC 的程序（用户控制程序）输送到个人 PC 中称为“上传”。上传时，用鼠标左键单击“File”（文件），选择“Upload”（上传），其过程与下载相同。



图 1-46 对 STEP 7-Micro/WIN 的用户控制程序进行下载选择



图 1-47 对 STEP 7-Micro/WIN 的用户控制程序下载的通信端口进行选择

上面已经介绍了 STEP 7-Micro/WIN 软件的安装、启动、程序保存、下载及上传。对于 STEP 7-Micro/WIN 使用的重点是具体的用户控制程序的编辑。要想使编辑的用户控制程序能应用到实际控制系统中，还要学习好逻辑数学、电气控制原理、控制逻辑思维及 PID 等过程控制原理，并能灵活应用。

2

第二章 触摸屏的原理及应用

第一节 概 述

随着微型计算机技术及网络技术的发展,触摸屏在生产生活中的应用与日俱增。触摸屏是一种全新的、多媒体人机交互设备。触摸屏的应用使生产生活中的各种系统及设备的操作控制发生了质的飞跃。触摸屏软件的编辑方式适用于很多场合,利用触摸屏这种技术特点,用户只要用手指轻轻地触摸计算机显示屏上的图符或文字就能实现对主机操作,从而使人机交互更为直截了当,这种技术大大方便了那些不懂计算机操作的用户,同时也使得其成为各种应用领域必不可少的设备,并且在各行业的系统及设备的控制中被越来越多地使用。

从广义上讲,触摸屏就是一种简单易学的计算机输入设备,或者说是人人都会使用的与计算机沟通的设备。触摸屏最大的魅力是可根据人性化的思维方式来进行操作使用,即使是对计算机操作很陌生的人,也能在触摸屏上进行操作,这一点无论是键盘还是鼠标,都无法与其相比。人人都能使用,也就标志着计算机应用普及时代的真正到来。触摸屏以其易于使用、反应速度快、抗干扰性能强、持久耐用、节省空间、易于交流等优点,极大地简化了计算机在工业、民用、军工等方面的使用,是目前最简单、方便、自然的一种人机交互方式。

从专业角度讲,触摸屏是一套透明的绝对定位系统。首先它必须保证是透明的,因此它必须通过材料来解决透明问题;其次它是绝对坐标,手指摸哪就定位在哪,不需要第二个动作(鼠标就不同,它是一套相对定位的系统)。触摸屏软件都不需要光标,因为当光标被使用在相对定位的设备中时,有时光标反倒会影响操作者的注意力。相对定位的设备在移动前首先要知道此时在何处,往哪个方向去,每时每刻还需要不停地给用户反馈当前的位置才不致于出现偏差(如鼠标)。绝对坐标定位的触摸屏不需要考虑这类偏差,它能立即检测出手指(或触摸笔等)的触摸并进行定位。

触摸屏的应用范围非常广阔,主要的公共信息查询都使用触摸屏,如电信局、税务局、银行、电力等部门的业务查询及城市街头的信息查询。此外它还应用于领导办公、工业控制、军事指挥、电子游戏、点歌点菜、多媒体教学、房地产预售等领域。

触摸屏有很多的优点,在系统和设备的控制中使用触摸屏的确具有相当大的优越性。触摸屏出现在中国市场上的时间还不算很长,这种设备还未被更多人接触和了解(包括一些正打算使用触摸屏进行控制的自控系统设计师),还都把触摸屏当作可有可无的设备。从发达国家触摸屏的普及历程和我国多媒体信息业所处的发展阶段来看,这种观念还具有一定的普遍性。事实上,从各个行业的自动化程度发展来看,触摸屏在各种应用领域的自动控制系统中已经不再是可有可无的设备,而是向着必不可少的方向发展。

本章将介绍触摸屏的原理及其在工业控制领域的应用。

第二节 触摸屏的应用形式及其基本特征

一、触摸屏的应用形式

(1) 触摸屏成套设备。即集成了触摸屏的专业设备,如各种公共信息的触摸屏查询设备、工

业人机界面中的触摸屏控制面板（或 PC）及触摸屏手机等。

（2）加装触摸屏。属改造项目类。在现有的一些个人计算机、监控计算机及信息查询屏幕上加装触摸屏，使其具有触摸操作的功能。

二、透明、反光性及清晰度

专业的触摸屏本身是由多层的复合薄膜构成的，透明性能的好坏直接影响到触摸屏的视觉效果。衡量触摸屏透明性能不仅要从它的视觉效果来衡量，还应该包括透明度、色彩失真度、反光性和清晰度四个特性。如果细分还能再分，如反光程度包括镜面反光程度和衍射反光程度，通常，以上四个指标来描述触摸屏的透明程度已经基本够了。

1. 透明度和色彩失真度

触摸屏的透明程度会直接影响到触摸屏的视觉效果。一个在触摸屏的生产行业里，透明是非常重要的概念，下面要讲到的红外线技术触摸屏和表面声波触摸屏只隔一层纯玻璃，透明程度较好，其他形式的触摸屏则不然。

各种形式的触摸屏的技术都是在前进中发展的，最理想的触摸屏也是随着触摸屏生产开发技术的发展而在不断地变换，在不同的时期各显神通。这里提到的触摸屏是用于工业自动化控制的，对触摸屏的制造技术本身而言，使用者只能根据自动控制系统的要求去选择不同品牌的触摸屏，进一步了解触摸屏的形式，能更好地设计使用触摸屏控制系统。

平常看到的彩色世界包含了可见光波段中的各种波长色，在当今的材料科技还没有完全解决好透明材料之前，或者说在没有质量好且成本低的透明材料问世之前，多层复合薄膜的触摸屏在各波长下的透光性还不能达到理想的一致状态，如图 2-1 所示。

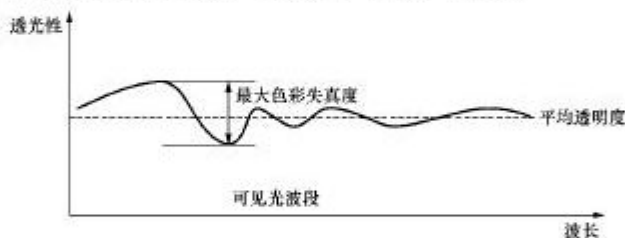


图 2-1 触摸屏的透光度示意图

由于触摸屏的多层复合薄膜的透光性与波长曲线的存在，通过触摸屏看到的图像不可避免地与原图像产生了色彩失真，静态的图像感觉还只是色彩的失真，动态的多媒体图像则会让人视觉感到不舒服了。触摸屏的色彩失真度（也就是图中的最大色彩失真度）越小越好，平常所说的透明度（也就是图中的平均透明度）越高越好。

2. 反光性

触摸屏的反光性主要是指由于触摸屏的镜面反射造成图像上重叠的光影，如人影。反光只能对触摸屏带来负面效果，当然是越小越好。它影响用户的浏览速度，严重时甚至无法辨认图像字符，反光性强的触摸屏会受到使用环境限制，有时需要调整现场的灯光布置。

磨砂面触摸屏是处理反光问题的一种方式，这种经过表面处理的触摸屏也叫防眩型触摸屏，价格会略高一些。防眩型触摸屏的反光性明显下降，适用于采光非常充足的大厅或展览场所。不足之处是，防眩型触摸屏的透光性和清晰度也随之有较大幅度的下降。

3. 清晰度

清晰度的问题一方面出现在多层薄膜结构的触摸屏上，多是由于薄膜层之间光反复反射和折射而造成的；另一方面，防眩型触摸屏因表面磨砂也会造成清晰度下降。有些计算机在加装了

触摸屏之后，出现字迹模糊、图像细节模糊，甚至整个屏幕显得模模糊糊、看不太清楚，这就是清晰度太差。

加装了触摸屏之后的计算机屏幕清晰度不好或工控用的触摸屏的清晰度不好，容易导致使用者的眼睛疲劳，且对眼睛也有一定伤害，这是在选择工控触摸屏及对计算机加装触摸屏时要注意的问题。

三、绝对坐标定位系统

常用的鼠标是一种相对定位系统，只和前一次鼠标的位置坐标有关。而触摸屏所使用的是绝对坐标定位系统，要选什么位置就直接单击什么位置，这与鼠标这类相对定位系统不同，其本质区别是一次到位的直观性。绝对坐标系的特点是每一次定位坐标与上一次定位的坐标没有关系，触摸屏在物理上是一套独立的坐标定位系统，每次触摸的数据通过校准数据转为屏幕上的坐标。

实际使用触摸屏时，要求这套绝对坐标定位系统不管在什么情况下，同一点的输出数据必须是稳定的，如果不稳定，触摸屏就不能保证绝对坐标的定位，会出现点不准，这也是触摸屏所出现的最糟糕的问题——漂移。严重的漂移会使触摸屏无法保证在同一触摸点的每次采样数据都相同，也无法保证绝对坐标的定位，因此，对漂移问题处理的好坏也是触摸屏性能质量好坏的一个标准。

四、检测触摸并定位

各种形式的触摸屏都是依靠各自的传感器来检测触摸并定位的，也有的触摸屏本身就是一套传感器。不同的定位原理及不同的传感器决定了触摸屏不同的反应速度、可靠性、稳定性和寿命。

多点触摸的问题：触摸屏在实际使用时会出现被多点触摸的情况，这也是触摸屏使用过程中经常出现的问题。处理多点触摸问题的观点很多，最关键的是触摸屏的传感器应能对多点触摸进行有效可靠的识别及定位。

第三节 触摸屏的主要类型

本节主要从专业生产及配套触摸屏的角度来描述触摸屏的类型。

根据触摸屏的工作原理和传输信息的介质不同，通常把触摸屏（膜）分为电阻式触摸屏、电容感应式触摸屏、红外线式触摸屏以及表面声波式触摸屏，每一类触摸屏都具有各自的特点，并由此决定该触摸屏适用于何种场合。工业自动化控制用的触摸屏也采用上述的分类方式，如SIEMENS公司的TP170、TP270等系列的工业自动化控制用的触摸屏属电阻式触摸方式。

下面对上述的各种类型的触摸屏分别进行介绍。

一、电阻式触摸屏

（一）电阻式触摸屏的主体结构

电阻触摸屏（膜）主要是有一块与显示器表面相匹配的多层复合薄膜——电阻薄膜。该薄膜以一层强化玻璃或硬塑料平板作为基层，表面涂有一层OTI涂层作为透明的导电层（透明氧化金属，如ITO氧化铜，透明的导电电阻），上面再盖有一层外表面硬化处理、光滑防刮塑料层，它的内表面也涂有一层透明导电层（ITO涂层），第二层OTI则是经过精密的网络附上横竖两个方向的 $+5\sim 0V$ 的电压场，在两层导电层之间有许多细小的（小于 $1/1000inch$ ）的透明隔离点把

两层导电层隔开绝缘（见图 2-2）。

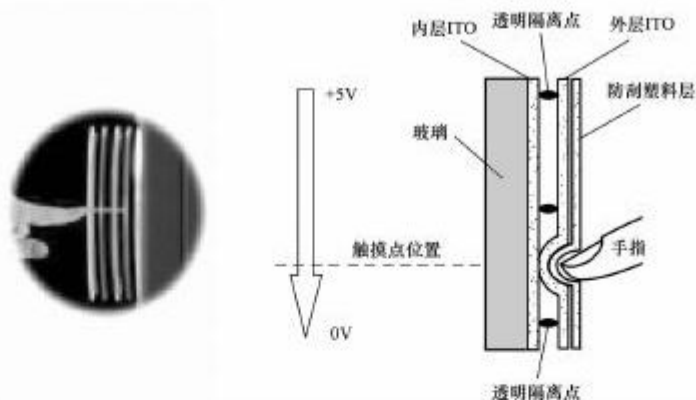


图 2-2 电阻式触摸屏主体结构示意图

（二）电阻式触摸屏的工作过程

电阻式触摸屏利用压力感应进行控制，当触摸屏（膜）被触摸时，平常相互绝缘的两层 ITO 导电层在触摸点位置就有了接触，其中一面导电层接通 Y 轴方向的 5V 均匀电压场，使得侦测层的电压由零变为非零，控制器根据检测部件侦测到这一接触（接通状态），进行 A/D 转换，并将得到的电压值与 5V 相比即可得到触摸点的 Y 轴坐标，同样地，也同时得出 X 轴的坐标，再根据类似于鼠标的方式运作，这就是所有电阻类触摸屏共同的工作过程（也是最基本原理，见图 2-3）。

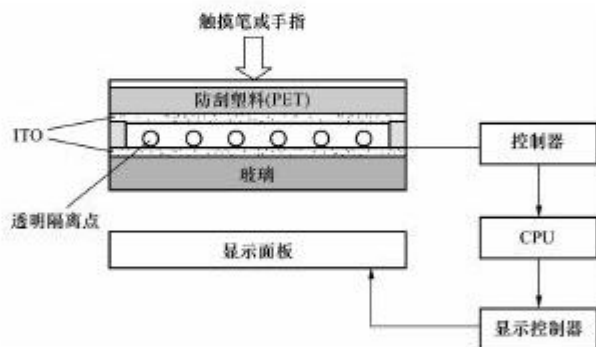


图 2-3 电阻式触摸屏工作过程示意图

（三）电阻式触摸屏的涂层材料及分类

电阻式电阻屏根据引出线数多少，分为四线、五线、六线等多线电阻触摸屏。电阻式触摸屏的关键技术在涂层材料，以下为常见的几种涂层材料。

（1）ITO——氧化锡，为弱导体，其特性是当厚度降到 1800\AA 时会突然变得透明，透光率可达 80%，如此时再薄下去透光率反而下降，到 300\AA 厚度时又上升到 80%。ITO 是所有电阻式触摸屏及电容式触摸屏都使用的主要材料之一，目前常见的电阻式和电容式触摸屏的工作面就是 ITO 涂层。

（2）镍金涂层——一般地，五线电阻式触摸屏的外层导电层所使用的是延展性好的镍金涂层材料。外导电层由于频繁触摸，使用延展性好的镍金涂层可延长触摸屏的使用寿命，但也使得触摸屏的制作成本变得较为昂贵。另外，镍金导电层虽然延展性好，但因其导电率高，不适合作为

电阻式触摸屏的工作面，只能作透明导体；再因镍金涂层材料不易加工成厚度非常均匀的涂层，故不宜作电压分布层，只能作为探层。

1. 四线电阻式触摸屏

四线电阻式触摸屏在表面保护涂层和基层之间覆着两层透明电导层 ITO，两层分别对应 X、Y 轴，它们之间用细微透明绝缘颗粒绝缘。两层透明电导层工作时每层均在竖直和水平方向增加 5V 恒定电压，总共需四根电线。当触摸时产生的压力使两导电层接通时，由于电阻值的变化而得到触摸的 X、Y 坐标。

四线电阻类触摸屏的特点：解析度高，传输反应速度快，同点接触 3000 万次尚可使用。导电玻璃为基材的介质，经过表面硬度处理，减少擦伤、刮伤，防化学处理和光面及雾面处理。一次校正，稳定性高，永不漂移。

2. 五线电阻式触摸屏

(1) 工作原理。五线电阻类触摸屏则是把两个方向的电压通过电阻网络加在里面的金属层上，采用既检测电压又检测电流的方法，以测得触摸点的位置。可以简单地理解为两个方向的电压场分时工作时加在同一工作面上，而外层镍金导电层（前面讲过，这层镍金导电层是为了延长触摸屏的使用寿命）只用来当作纯导体，共需五根电线。当发生触摸时，用分时检测接触点 X 轴和 Y 轴电压值的方法测得触摸点的位置。内层 ITO 需四条引线，外层一条引线，共 5 根引线。五线电阻触摸屏有高价位和对环境要求高的缺点。

(2) 五线电阻触摸屏的结构。在触摸屏的四个端点 RT、RB、LT、LB，均加入一个均匀电场，使其下层（氧化锡）ITO GLASS 上布满一个均匀电压，上层为接收信号装置，当笔或手指按压外表上任一点时，在手指按压处，控制器侦测到电阻产生变化，进而改变坐标。

由于靠压力感应，所以对于触控媒介没有限制（如手、铅笔、信用卡等），即使戴上手套亦可操作。

触摸屏技术都是依靠控制器来工作的，甚至有的触摸屏本身就是一套控制器，各自的定位原理和各自所用的控制器决定了触摸屏的反应速度、可靠性、稳定性和寿命。

(3) 五线电阻技术触摸屏的特点是解析度高、传输反应速度快。导电玻璃为基材的介质，表面硬度高，经过减少擦伤、刮伤及防化学处理，同点触摸 3000 万次尚可使用。一次校正，稳定性高，永不漂移。

3. 几种电阻式触摸屏的比较

上述的四线电阻式触摸屏及五线电阻式触摸屏，它们的工作环境都对外界完全隔离，不怕灰尘和水气，可以用手写笔等来触摸，可以用来写字画画，比较适合工业控制领域及办公室内有限人的使用。

因为电阻式触摸屏复合薄膜的外层是采用塑胶材料，太用力触摸或使用锐器触摸可能划伤触摸屏而导致整个触摸屏报废。一般情况下，划伤只会伤及外导电层，外导电层的划伤对于五线电阻触摸屏来说没有关系，而对四线电阻触摸屏来说影响则是致命的。

电阻式触摸屏自进入市场以来，就以其稳定的质量、可靠的品质及环境的高度适应性占据了广大的市场。尤其在工业控制领域，触摸屏对所处环境和条件的高要求，更显示出电阻屏的独特性，使其在同类触摸产品中占有 90% 的市场份额，已成为市场上的主流产品。它最大的特点是不怕油污、灰尘、水。

最新的第四代电阻技术触摸屏 G-Touch 与其他电阻屏的不同之处在于：它以玻璃为基层板，透光率更高，反射折射率更适用于使用者。同时，均匀涂布玻璃板底层的导电层把吸附在触摸屏上的静电粒子通过地线卸载掉，保证了触摸定位更准确、更灵敏，彻底解除因带电粒子过多引起的漂移现象、定位不准、反应速度缓慢，使它寿命更长（物理测定单点连续使用可



图 2-4 五线电阻式触摸屏工作过程示意图

- ①— 在多元脂表层的传导层及玻璃底层感应器是被很多微水的隔层（透明隔离点）所分隔开；
- ②— 电流通过表层；③— 手指轻触触摸屏表层压下时接触到底层（即外层 ITO 接触到内层 ITO）；
- ④— 装在计算机显示器后的控制器控制器同时从四角读出相应的电流并计算出触摸点位置

达 15 年以上），并具备了免维护的能力，防刮伤度也得到极大提高，是一种品质卓越而价格合理的产品。

二、电容式触摸屏

（一）电容式触摸屏的主体结构

电容式触摸屏的构造主要是在玻璃屏幕上镀一层透明的薄膜导体层，再在导体层外加上一块保护玻璃，双玻璃设计能彻底保护导体层及感应器。这种触摸屏实际上是一块复合玻璃屏，共有五层组成。第一层为玻璃底层，第二层为传导层，第三层为玻璃感应层，第四层为防反射雾面或亮面表层，第五层为防噪声保护层。玻璃屏的内表面和夹层各涂有一层 ITO，最外层是一薄层硅土玻璃保护层，夹层 ITO 涂层作为工作面，四个角上引出四个电极，电压连接到四角，微小直流电散布在屏表面，形成均匀的电场，内层 ITO 为屏蔽层以保证良好的工作环境。

电容触摸屏的双玻璃不但能保护导体及感应器，更能有效地防止外在环境因素对触摸屏造成影响，就算屏幕粘有污秽、尘埃或油渍，电容式触摸屏依然能准确算出触摸位置。

（二）电容类触摸屏的工作过程

电容类触摸屏是利用人体的电流感应进行工作的，在触摸屏四边均镀上狭长的电极，感应方式为电压连接到玻璃层的四个角，通过电极将电压散布在玻璃层，并建立一无变化的电压电场。用户触摸屏幕时，由于人体电场，手指与导体层间会形成一个耦合电容，人体作为耦合电容一极，电流从屏四角汇集形成耦合电容另一极，对于高频电流来说，电容是直接导体，于是手指从接触点吸走一个很小的电流。这个电流分别从触控屏的四角上的电极中流出，并且流经这四个电极的电流与手指到四角的距离成正比，位于计算机显示器（触摸屏）后的控制器通过对这四个电流比例的精确计算，得出触摸点的准确位置，如图 2-5 所示。

（三）电容式触控屏的特点

电容触摸屏的透光率和清晰度优于四线电阻屏，但不能和表面声波屏和五线电阻屏相比。电容屏反光较为严重，电容技术的四层复合触摸屏对各波长光的透光率不均匀，存在色彩失真



图 2-5 电容式触摸屏工作过程示意图

- ①—在装在计算机显示器上的触摸屏四角接上电压；②—触摸屏边的电极将电压散布在玻璃层并建立一个无变化的电压电场；③—手指触摸屏令电流由四边的电极流到触摸点；④—装在计算机显示器后的控制器计算触摸点位置

的问题，而且光线在各层间的反射还造成图像字符的模糊。电容式触摸屏对大多数的环境污染物有抵抗力。因为人体成为线路的一部分，所以漂移现象比较严重，带手套不起作用，需经常校准，不适用于金属机柜。当外界有电感和磁感的时候，会使触摸屏失灵。

电容触摸屏实际上是一套精密的漏电传感器，带手套的手不能触摸。电容方式的使用，导致有漂移现象。

（四）电容式触摸屏的局限性

电容式触摸屏在原理上把人体当作一个电容器元件的一个电极使用，当有导体靠近与夹层ITO工作面之间耦合出足够量值的电容时，流走的电流就足够引起电容屏的误动作。

电容值虽然与极间距离成反比，却与相对面积成正比，并且还与介质的绝缘系数有关。因此，当较大面积的手掌或手持的导体物靠近电容屏而不是触摸时就能引起电容屏的误动作，在潮湿的天气中，这种情况尤为严重，手扶住显示器、手掌靠近显示器7cm以内或身体靠近显示器15cm以内就能引起电容屏的误动作。

电容屏只接受人手指的触摸，对其他物品接触无法反应，所以无法用笔或戴手套触摸，因为这样增加了更为绝缘的介质。

电容感应触摸屏不宜使用在强大磁场的工业控制环境和大电机等设备的工厂等环境。在这种环境下，应使用五线电阻触摸屏。

电容式触摸屏更主要的缺点是漂移。当环境温度、湿度或环境电场发生改变时，都会引起电容式触摸屏的漂移，造成不准确。例如，开机后显示器温度上升会造成漂移；用户触摸屏的同时另一只手或身体一侧靠近显示器会漂移；电容触摸屏附近较大的物体搬移后会漂移，触摸时如果有人围过来观看也会引起漂移。电容式触摸屏的漂移原因属于技术上的先天不足，环境电势面（包括用户的身体）虽然与电容触摸屏离得较远，却比手指头面积大得多，它们直接影响了触摸位置的测定。此外，理论上许多应该线性的关系实际上却是非线性的，如体重不同或者手指湿润程度不同的人吸走的总电流流量是不同的，而总电流流量的变化和四个分电流量的变化是非线性的关系，电容触摸屏采用的这种四个角的自定义极坐标系还没有坐标上的原点，漂移后控制器不能察觉和恢复，而且，四个A/D完成后，由四个分流量的值到触摸点在直角坐标系上的X、

Y 坐标值的计算过程复杂。由于没有原点，电容式触摸屏的漂移是累积的，在工作现场也经常需要校准。

电容触摸屏最外面的保护玻璃防刮擦性很好，但是怕指甲或硬物的敲击，敲出一个小洞就会伤及夹层 ITO，不管是伤及夹层 ITO 还是安装运输过程中伤及内表面 ITO 层，电容式触摸屏都不能正常工作。

（五）关于第三代电容式触摸屏

第三代电容感应触摸屏具有免维护性能，能够抵抗各种恶劣环境，任何操作都不会受到水滴、流水、油脂、气温、污泥、灰尘的影响。触摸屏表面具有大于 7H 的耐久度，可以抵御任何的刮伤与磨损。它具有 4096×4096 的高分辨率和每点 5000 万次的触摸寿命。双层玻璃设计，确保产品防碎和耐用性。

第三代电容感应触摸屏，提供 98% 的高透光率，彻底解决第二代产品存在的漂移问题，触摸精确度大于 99%，使屏幕一次校准，永不漂移。

由于第三代电容感应触摸屏抵御各种环境影响和破坏的能力，它是公众信息查询系统的最佳选择。客户不需要擦拭玻璃，不需要拆外壳清扫灰尘，是全球各大商家提供公众查询服务的必选产品，如 IBM、COMPAQ、PHILIPS、NCR、西门子等设备全部选择第三代电容感应触摸屏作为其 OEM 产品的触控部分。

三、红外线式触摸屏

（一）红外线式触摸屏的主体结构

红外线式触摸屏的结构比较简单，只是在显示器上加上光点距架框，无需在屏幕表面加上涂层或接驳控制器。光点距架框的四边排列了红外线发射管及接收管，在屏幕表面形成一个红外线网（红外线矩阵），矩阵上多点的 X、Y 坐标能组合出平方倍的触摸点，如图 2-6 所示。

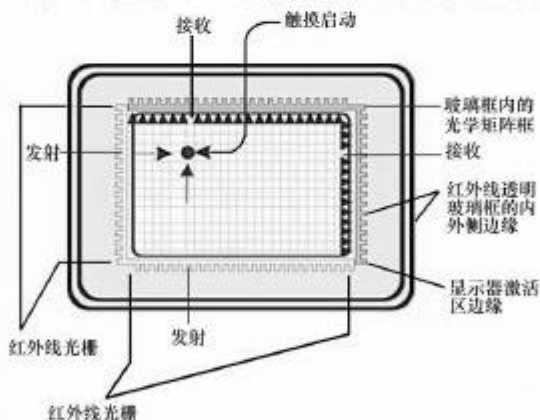


图 2-6 红外式触摸屏主体结构示意图

红外对管性能和寿命都比较可靠，任何阻挡光线的物体都可用来做触摸物。红外触摸屏使用将近 100 对的传感器，并且共用外围电路，这些传感器的本身性能很好，将近 100 对的红外二极管（红外对管）“光—电阻特性”和“结电容”均保持一致。实际使用中，如有个别的红外对管出现故障，可以在上电自检过程中发现并在此后加以忽略，由靠邻近的红外线对管代替。每一对红外线只“监管”6mm 左右的窄带，用户是察觉不到的，而手指粗细通常为 15mm 左右。一般地，生产过程中要对红外发射管进行老化测试，以保证红外对管的总体寿命。

（二）红外线式触摸屏的工作过程

红外线式触摸屏靠 X、Y 轴方向上密布了多对红外发射和接收对管（红外线矩阵）来检测并定位用户的触摸。当用手指触摸屏幕时，手指就会挡住经过该位置的横竖两个方向的红外线，计算机、人机界面等就可依此判断出触摸点在屏幕的位置（见图 2-7）。

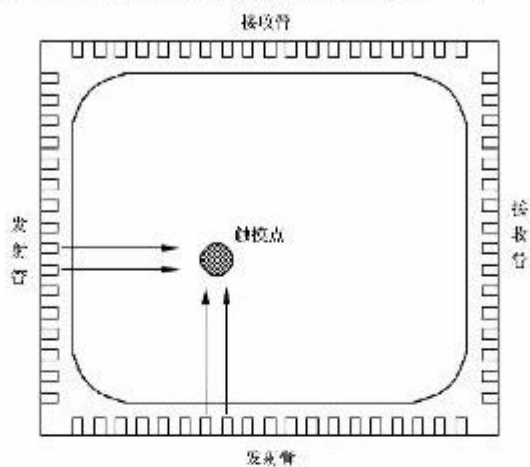


图 2-7 红外式触摸屏工作过程示意图

（三）红外线式触摸屏的缺点及其发展

早期的红外线式触摸屏的分辨率由框架中的红外对管数目决定，存在着分辨率较低的问题；因红外线类触摸屏依靠红外线感应动作，对光照环境因素比较敏感，外界光线变化（如阳光、室内射灯等）会影响其准确度，在光照变化较大时还可能出现误判甚至死机；再因红外线式触摸屏不防水和怕污垢，任何细小的外来物都会引起误差，影响其性能。另外，红外线式触摸屏还有抗暴性差问题，不适宜置于户外和公共场所使用，因而曾一度淡出过市场。

通过触摸屏制造行业的开发人员深入的研发，从第二代红外触摸屏开始，就已经较好地克服了红外线式触摸屏在光照条件下不稳定（即抗光干扰）这个弱点；第三代和第四代产品在提升分辨率和稳定性上亦有所改进；而采用最新技术的第五代红外线触摸屏是全新一代的智能技术产品，其分辨率由红外对管数目、扫描频率以及差值算法几方面决定，不仅实现了 1000×720 的高分辨率，还实现了多层次自调节和自恢复的硬件适应能力和高度智能化的判别识别等功能，可长时间在各种恶劣环境下任意使用。并且可针对用户定制扩充功能，如网络控制、声感应、人体接近感应、用户软件加密保护、红外数据传输等。

红外触摸屏抗暴性差问题的解决：红外线触摸屏可以选用不会增加太多成本和影响使用性能的防暴玻璃，这是其他类触摸屏所无法效仿的。

（四）红外线式触摸屏优点

任何触摸物体都可改变触点上的红外线而实现对红外线式触摸屏的操作。红外线式触控屏不受电流、电压和静电干扰，能适应恶劣的环境条件。采用声学和其他材料学技术的触摸屏都有其难以逾越的屏障，如单一传感器的受损、老化，触摸界面受污染、破坏性使用，维护繁杂等问题。红外线触控屏只要能进一步实现高稳定性和高分辨率，必将成为触控屏市场的主流。

红外线式类触摸屏一般为外挂式，价格便宜，配套安装容易，不需要卡或其他任何控制器，可以用在各种档次的计算机及人机界面上。能较好地感应轻微触摸与快速触摸。同主机的通信方式有通过键盘口与主机通信和通过 RS-232 与主机通信两种方式。因此，有人说：红外线技术的触摸屏是触控屏产品的发展趋势。

四、表面声波式触摸屏

超声波式触摸屏分为表面声波触摸屏和体波声波触摸屏，利用的都是电—声压电换能器作传感器，接收传感器和发射传感器所用的压电晶体不是一种型号，制造时掺杂的材料略有不同，发射换能器的功率大，接收换能器灵敏。压电换能器的寿命长，工作稳定，正常工作可以保证10年不出问题。以下重点介绍表面声波式触摸屏。

(一) 表面声波式触摸屏的主体结构

表面声波（超声波的一种）是在介质（如玻璃或金属等刚性材料）表面浅层传播的机械能量波。通过楔形三角基座（根据表面波的波长严格设计），可以做到定向、小角度的表面声波能量发射。表面声波性能稳定、易于分析，并且在横波传递过程中具有非常尖锐的频率特性，近年来在无损探伤、造影和退波器方向上应用发展很快，表面声波相关的理论研究、半导体材料、声导材料、检测等技术也已经相当成熟。

表面声波触摸屏的触摸屏（膜）部分可以是一块平面、球面或是柱面的玻璃平板，安装在CRT、LED、LCD或是等离子显示器屏幕的前面（见图2-8）。这块玻璃平板只是一块纯粹的强化玻璃，区别于其他类别触摸屏技术后是没有任何贴膜和覆盖层。玻璃屏的左上角和右下角各固定了竖直和水平方向的超声波发射换能器，右上角则固定了两个相应的超声波接收换能器。在玻璃屏的四个周边呈45°由疏到密间隔非常精密地刻有反射条纹（见图2-9）。

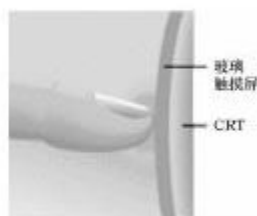


图2-8 表面声波触摸屏示意图

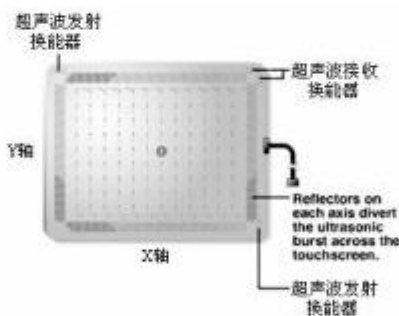


图2-9 表面声波触摸屏结构示意图

表面声波触摸屏有X、Y轴两对传感器，利用屏幕表面的声表面波来检测手指触摸。

(二) 表面声波触摸屏的工作过程

表面声波技术是利用声波在物体的表面进行传输的，当有物体触摸到表面时，阻碍声波的传输，换能器侦测到这个变化，反映给计算机，进而进行鼠标的模拟。

工作原理以右下角的X轴发射换能器为例：发射换能器把控制器通过触摸屏电缆送来的电信号转化为声波能量向左方表面传递，然后由玻璃板下边的一组精密反射条纹把声波能量反射成向上的均匀面传递，声波能量经过屏体表面，再由上边的反射条纹聚成向右的线传播给X轴接收换能器，接收换能器将返回的表面声波能量变为电信号。

当发射换能器发射一个窄脉冲后，声波能量历经不同途径到达接收换能器，走最右边的最早到达，走最左边的最晚到达，早到达的和晚到达的这些声波能量叠加成一个较宽的波形信号。不难看出，接收信号集合了所有在X轴方向历经长短不同路径回归的声波能量，它们在Y轴走过的路程是相同的，但在X轴上，最远的比最近的多走了两倍X轴最大距离。因此这个波形信

号的时间轴反映各原始波形叠加前的位置，也就是 X 轴坐标。

发射信号与接收信号波形在没有触摸的时候，接收信号的波形与参照波形完全一样。当手指或其他能够吸收或阻挡声波能量的物体触摸屏幕时，X 轴途经手指部位向上走的声波能量被部分吸收，反应在接收波形上即某一时刻位置上波形有一个衰减缺口。

接收波形对应手指挡住部位信号衰减了一个缺口，计算缺口位置即得触摸坐标控制器分析到接收信号的衰减，并由缺口的位置判定 X 坐标。之后 Y 轴以同样的过程判定出触摸点的 Y 坐标。除了一般触摸屏都能响应的 X、Y 坐标外，表面声波触摸屏还响应第三轴 Z 轴坐标，也就是能感知用户触摸压力大小值。其原理是由接收信号衰减处的衰减量计算得到。三轴一旦确定，控制器就把它们传给主机。

(三) 表面声波触摸屏的性能及其特点

1. 表面声波触摸屏性能

(1) 抗暴。因为表面声波触摸屏的工作面是一层看不见、打不坏的声波能量，触摸屏的基层玻璃没有任何夹层和结构应力（表面声波触摸屏可以发展到直接做在 CRT 表面从而没有任何“屏幕”），因此抗暴力性非常强，适用于公共场所。

(2) 反应速度快。表面声波触摸屏是所有触摸屏中反应速度最快的，使用时感觉很顺畅。

(3) 性能稳定。因为表面声波技术原理稳定，而表面声波触摸屏的控制器靠测量衰减时刻在时间轴上的位置来计算触摸位置，所以表面声波触摸屏非常稳定，精度也非常高，目前表面声波技术触摸屏的精度通常是 $4096 \times 4096 \times 256$ 级力度。

(4) 识别假操作。表面声波触摸屏的控制卡在一般情况下能识别出尘土、水滴、手指有多少在触摸。手指触摸在 $4096 \times 4096 \times 256$ 级力度的精度下，每秒 48 次的触摸数据不可能是纹丝不变的，而尘土或水滴就一点都不变，控制器发现一个“触摸”出现后纹丝不变超过 3s 即自动识别为干扰物。

(5) 能响应压力。表面声波触摸屏具有第三轴“Z”轴，也就是压力轴响应，这是因为用户触摸屏幕的力量越大，接收信号波形上的衰减缺口也就越宽越深。目前在所有触摸屏中只有声波触摸屏具有能感知触摸压力这个性能，有了这个功能，每个触摸点就不仅仅是有触摸和无触摸的两个简单状态，而是成为共有感知力的一个模拟量值的开关了。这个功能非常有用，比如在多媒体信息查询软件中，一个按钮就能控制动画或者影像的播放速度。

2. 表面声波触摸屏的优点

表面声波触摸屏不受温度、湿度等环境因素影响，清晰度较高（分辨率极高），透光率好（透光率高达 92%）；高度耐久，抗刮伤性良好，反应灵敏，寿命长（维护良好情况下 5000 万次）；能保持清晰透亮的图像质量，没有漂移，只需安装时一次校正；有第三轴（即压力轴）响应。表面声波触摸屏的工作面是一层看不见、打不坏的声能，抗暴力性能好，最适合公共信息查询及办公室、机关单位及环境比较清洁的公共场所使用，是目前市场上最受欢迎的触摸屏产品之一。

3. 表面声波触摸屏的不足

表面声波触摸屏的缺点是触摸屏表面的灰尘、水滴、油污甚至饮料的液体粘污在屏的表面，都会阻塞触摸屏表面的导波槽，阻挡表面声波的传递，使波不能正常发射，或使波形改变而控制器无法正常识别，从而影响触摸屏的正常使用，故表面声波式触摸屏需要经常维护。虽然聪明的控制卡能在一定的成度分辨出来，但尘土积累到一定程度，信号也就衰减得非常厉害，此时表面声波触摸屏变得迟钝甚至不工作，因此，表面声波触摸屏的生产商一方面推出防尘型触摸屏；另一方面建议用户按年定期对触摸屏做一次全面彻底的清洁。

另外，表面感应系统的感应转换器在长时间运作下，会因声能所产生的压力而受到损坏。一

般羊毛或皮革手套都会吸收部分声波，对感应的准确度也受一定的影响。

（四）表面声波触摸屏的使用及其发展

表面声波触摸屏安装后，其换能器是隐藏起来的，但是在运输和安装过程中需要小心谨慎，裸露的换能器晶体不能碰撞挤压。

五、几种触摸屏的对比

触摸屏性能对比和技术参考见表 2-1 和表 2-2。

表 2-1 触摸屏性能对比

产品类别	优点	触摸屏最佳应用领域
四线电阻式	价格便宜，可以戴手套等操作	医疗系统、工业控制场所、办公用系统
五线电阻式	耐刮、耐火、反应快、透光率高，可以戴手套等操作	公共查询系统、工业控制系统、自助点餐、自助银行等
红外扫描式	防火、防刮	办公用系统、银行等
表面声波式	透光率高，防火、防刮	公共场所
电容感应式	防水、防火	公共查询系统、导购导览系统、银行 ATM 机、商业交易系统、电子游戏系统等

表 2-2 触控屏幕技术参考

	电容感应	表面声波	红外线	四线电阻	五线电阻
NEMA 指数	NEMA3	NEMA 4	NEMA 4	NEMA1	NEMA 3
防水性	OK	DEAD	DEAD	OK	OK
耐刮性	莫氏硬度 $\gg 7$	莫氏硬度 $\gg 7$	OK	莫氏硬度 $\gg 4$	莫氏硬度 $\gg 4$
防火性	OK	OK	OK	耐度 $\ll 5$ s	耐度 $\ll 8$ s
防反光	OK	OK	NG	OK	OK
防油污	OK	DEAD	OK	OK	OK
透光率	98%	95%	90%	95%	90%
操作系统	完全兼容	部分兼容	部分兼容	全部兼容	完全兼容

第四节 认识工业自动控制用的触摸屏

没有使用过触摸屏或只具备电气控制基础的人会对触摸屏感到很复杂，不知怎样使用触摸屏。本节将用直观的方法讲述触摸屏的原理及其应用。

一、感性认识工业自动控制所使用的触摸屏

现列举以下几种常见的工业自动控制所使用的触摸屏，如图 2-10 和图 2-11 所示。

二、触摸屏的结构简述

一般来说，触摸屏包括触摸屏控制器（卡）和触摸检测装置两个部分。其中，触控屏控制器

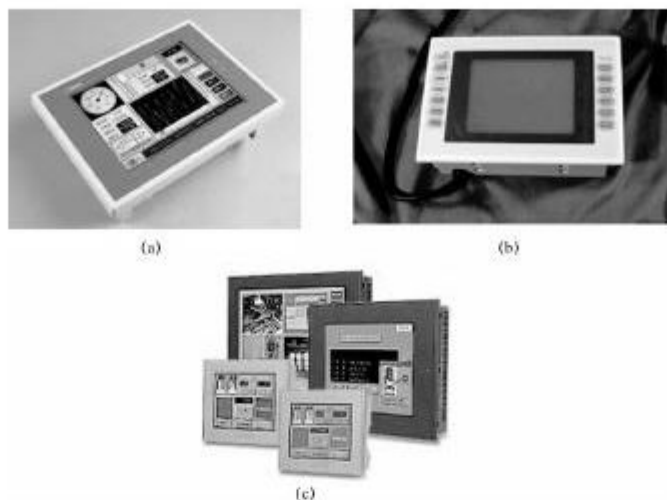


图 2-10 一些常见的工业自动控制所使用的触摸屏



图 2-11 SIEMENS 的 TP170B 系列触摸屏

(卡)的主要作用是从触摸点检测装置上接收触摸信息,并将它转换成触点坐标,再送给 CPU,它同时能接收 CPU 发来的命令并加以执行。触摸检测装置一般安装在显示器的前端,主要作用是检测用户的触摸位置,并传送给触屏控制卡。

触摸屏的传送方法是:当用手指或其他物体触摸安装在显示器前端的触摸屏时,由触屏屏控制器检测到所触摸的位置(以坐标形式),并通过接口(如 RS-232 串行口等)送到控制触摸屏的 CPU,从而确定输入的信息。

三、工业自动控制用的触摸屏

通常,工业自动化控制用的触摸屏是指带控制功能显示器、触摸检测部件及触摸控制器,可与 PLC 配套使用,并进行通信及控制的可触摸式显示控制器,属工业自动化控制中的人机界面的一个大系列。而在专业生产及为常规显示器配套触摸屏(膜)的行业中,只是将触摸检测部件及触摸控制器(卡)称之为触摸屏,两者所指的范围有所不同。专业生产及为常规显示器配套触摸屏(膜)的行业中所说的触摸屏只相当于工业自动控制用的触摸屏的一部分——触摸屏膜及控制器(卡)。

触摸屏的画面功能可以根据使用者所编辑的用户软件功能的不同而不同,可实现多种功能

的人机交互，完成工业生产系统或设备控制中的操作、显示和记录等。

使用触摸屏来代替鼠标或键盘使得操作非常方便。与很多微计算机控制设备相同的是，触摸屏的控制核心也是 CPU。触摸屏（膜）由触摸检测部件和触摸屏控制器组成，其中，触摸检测部件用于检测用户触摸位置，触摸屏控制器则是从触摸点检测装置上接收触摸信息，进行转换处理，并传送到 CPU，同时能接收 CPU 发来的命令并加以执行。

操作时，用手指或手写笔等触摸触摸屏，安装在显示器屏幕前端的触摸检测部件即刻检测到触摸信息，并传送到触摸屏控制器，触摸屏控制器根据手指触摸的图标或菜单位置来确定输入的信息，并具体地转换成触点坐标，再传送给 CPU。

四、简单理解工业自动控制用的触摸屏

与 PLC 相同的是，对于从事电气控制系统设计、开发及维护的电气工作者来说，且仅从逻辑控制的角度来说，可以把触摸屏想像成电气控制箱的操作显示元件，当然触摸屏的功能更强大，还有其他的如实时趋势、数据记录、通信等功能，其操作控制功能是由专用的可视化编程软件来完成的，代替了如按钮、选择开关及指示灯等电气操作元件，而且软件画面有多种编辑方法。

同样的，对于从事过程控制（智能仪表）的工作者来说，仅从过程控制的角度来说，又可以把触摸屏想像成一块智能仪表显示及操作面板，而其内部控制功能一般是由 PLC 来完成的，代替了仪表的显示操作器件等，其软件画面也有多种编辑方法。

第五节 触摸屏结合 PLC 的控制系统的的设计应用

一、使用触摸屏需要注意的事项

使用触摸屏需注意以下事项：

(1) 触摸屏的供电电源。通常有 220V (AC)、24V (DC) 等几种，实际应用时要小心，不可弄错。

(2) 触摸屏自带存储器的容量。为控制系统设计的控制画面所占用的容量应当在触摸屏存储器允许的容量范围内，超过触摸屏自带存储器的容量就应考虑增加存储卡。

(3) 触摸屏在控制柜（箱）中的摆放位置应充分考虑到抗干扰及规范化等因素。

(4) 在选用触摸屏时，特别是当触摸屏与 PLC 不是同一种品牌时，一定要注意触摸屏能否与 PLC 兼容匹配，触摸屏能否下挂已选定的 PLC；因为现在的 PLC 的新产品层出不穷，旧的触摸屏不一定能与新出的 PLC 通信（匹配）。

二、触摸屏及 PLC 自动控制系统的一般性设计原则

一套优良的触摸屏及 PLC 控制系统要能最大限度的满足工艺控制地要求，具有足够的稳定性、可靠性以及实现高标准的控制；其中设计思想和控制方案是前提，也是最关键的环节。

关于触摸屏及 PLC 控制系统中的 PLC 控制的设计原则可参照第一章中的“PLC 控制系统的设计原则”进行。

通常，触摸屏控制画面的设计要遵守控制功能完整（各种功能画面齐全）、要考虑整个触摸屏及 PLC 控制系统的性能价格比、可靠性做到最佳，所以一般按以下原则来设计：

(1) 根据被控对象（系统或设备）的规模、使用性质和被控对象本身的自动化程度以及运行管理水平等多种因素选取控制方案及触摸屏、PLC 的配置。成功的触摸屏及 PLC 控制系统应在

满足工艺要求的前提下,做到简单、可靠、便于管理、易于操作和维修。

(2) 触摸屏连同 PLC 控制可设在现场的电气控制柜中。当被控系统的设备较多,而且布局分散时,触摸屏宜连同 PLC 一起设集中控制室,并实现遥测、遥控、故障报警、实时记录等功能。

(3) 为了增强被控系统运行的安全可靠,特别是规模较大的、生产连续性要求较高的被控系统,整个控制系统应能实现手动常规电气控制和触摸屏、PLC 自动控制两种控制方式。其中手动常规电气控制方式最好能抛开触摸屏、PLC 自动方式单独运行。这样,即便触摸屏及 PLC 控制系统出现故障,被控系统仍然能在常规电气控制的方式下运行,且可使两种控制方式互为备用。

(4) 对于生产连续性要求较高的,并存在过程控制调节的被控系统,最好再设置由先进的过程控制器或智能仪表所组成的控制调节系统,作为触摸屏及 PLC 控制系统的补偿及备用。

三、触摸屏及 PLC 自动控制系统设计及调试步骤

关于触摸屏及 PLC 控制系统中的 PLC 控制的设计要求可参照第一章中的“PLC 控制系统的设计步骤”进行。

(1) 根据被控对象(系统或设备)的工艺要求,广泛收集相关的技术资料,并听取现场技术人员、操作人员的意见,选择自控方案。

(2) 根据被控对象(系统或设备)的控制特性,确定被控参数及需控制的点数,初步配置 PLC。

(3) 根据被控对象(系统或设备)的工艺对控制、显示、实时记录等画面的要求及初步配置的 PLC,初步配置触摸屏。

(4) 对(1)、(2)、(3)条仔细推敲,反复论证,确定具体实施的触摸屏及 PLC 自动控制系统方案。

(5) 绘制控制系统电气控制原理图,选择相关的电气设备。

(6) 绘制已选择 PLC 的配置图。

(7) 绘制 PLC 外围电路图。

(8) 对于大型系统还需绘制自动控制的逻辑图及过程控制的 Sama 图。对于小系统设备,此步可免。

(9) 根据被控系统或设备的控制要求或逻辑图、Sama 图,编辑 PLC 控制软件,要为触摸屏留出软件上的驱动点、数据接收单元、数据取样单元(点)等。

(10) 根据被控系统或设备的控制画面的要求,设计触摸屏的控制画面,设定编辑与 PLC 联系相关的参数等。

(11) 先后进行单 PLC 离线调试、触摸屏与 PLC 联动的离线调试,并修改优化 PLC 程序、触摸屏控制、显示、记录等画面,处理好所存在的问题等。

(12) 在确定触摸屏与 PLC 联动的离线调试、被控制系统中被驱动设备的动作调试准确无误后,进行触摸屏、PLC 与整个被控系统的联动调试。

(13) 在确定触摸屏、PLC 与整个被控系统的联动调试准确无误后,开始试运行。同时编辑相关的操作规程(说明)、培训使用方的操作人员,最后编辑竣工资料交工。

四、触摸屏与 PLC 的选择

(一) 选择的原则

(1) 选择触摸屏与 PLC 的目的是为了实现对被控系统的控制,要充分考虑到触摸屏与 PLC 构成的系统能够满足被控系统的控制要求。选择调节器的调节规律时,主要的依据是广义对象

(包括制冷等装置)的特性和负荷变化的状况。

(2) 按照用户及被控系统工艺的要求等先选择 PLC。再按不同情况作具体分析,同时应考虑控制系统的经济性、运行和维护工作方便量因素。一定要考虑触摸屏与 PLC 是否匹配。

(二) PLC 指令功能及触摸屏画面功能的选择

多数情况下,特别是对普通的逻辑控制而言,只需对触摸屏和 PLC 的性能价格比、控制规模选择性即可。但牵扯到高速采样、高精度控制、伺服步进控制、过程精确调节控制及实时趋势的显示等,还需对 PLC 的指令功能及触摸屏的画面功能多下功夫研究,如是否有相应的功能指令和功能画面,该指令的控制调节功能及画面功能是否能满足被控系统的控制要求等。这不仅仅影响 PLC、触摸屏的编程,也影响到对 PLC、触摸屏的选择。在此不深入地探讨,但读者在深入应用 PLC 及触摸屏进行控制时应当注意这个问题。

第六节 ProTool 软件

一、ProTool 软件应用的简介

ProTool 软件是人机界面中具有代表性的组态软件之一,其功能强大,是西门子公司 SIMATIC HMI 系列人机界面(含触摸屏)通用型的组态软件。ProTool 软件最大的优点是使用同样的组态软件来组态该系列中的所有人机界面(含触摸屏),无论为哪个人机界面(含触摸屏)创建项目,ProTool 总是提供相同的、类似的用户界面,以便于控制画面的编辑。

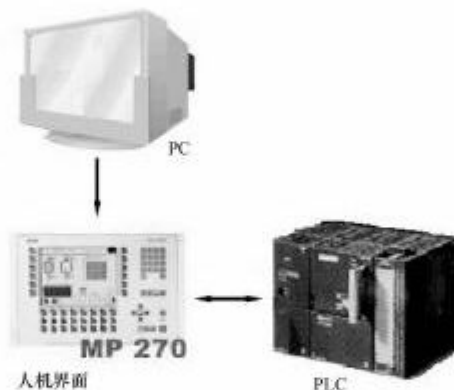


图 2-12 人机界面(触摸屏)与 PLC

(一) ProTool 软件的安装平台与使用环境

1. ProTool 软件的安装平台

ProTool 软件可在 Windows 95、Windows 98、Windows 2000 和 Windows NT 的环境下安装使用,其图形用户界面允许编辑者使用鼠标键来创建面向对象的、基于符号的项目,对于编程者来说,不需要很高的编程知识就能完成 ProTool 软件的编辑。

2. ProTool/Pro CS V6.0 软件光盘的内容

组态软件 ProTool/Pro CS V6.0 光盘的内容包括:ProTool CS、ProTool/Pro Runtime (ProTool RT)、选项 ProAgent、服务工具 ProSave、驱动程序。

3. ProTool CS 硬件要求

ProTool CS 可在标准 PC、Panel PC 和 PG 上运行(见表 2-3)。

表 2-3 ProToolLCS 的硬件要求

硬 件	最低要求	建 议
操作系统	Windows 98 SE、Windows ME	Windows NT 4.0 SP 6a Windows 2000 SP 2 对于多语言组态 Windows 2000 SP 2 MUI
处理器	Pentium II, 233 MHz	≥ Pentium III, 500 MHz
RAM	64 MB	≥128 MB
图形	SVGA	带有硬件加速的 SVGA
分辨率	800×600	800×600
硬盘	≥300 MB 用于 ProTool, 每种附加语言另加 40 MB	≥300 MB 用于 ProTool, 每种附加语言另加 40 MB
软驱	3.5" /1.44 MB	3.5" /1.44 MB
光驱	用于软件安装	用于软件安装

4. ProTool/Pro Runtime 硬件要求

ProTool RT 可在标准 PC、Panel PC 和 PG 上运行。支持现有的设备，无需对硬件进行变动（见表 2-4）。

表 2-4 ProTool/Pro Runtime 硬件要求

硬 件	最低要求	建 议
操作系统	Windows 98 SE、Windows ME	Windows NT 4.0 SP 6a Windows 2000 SP 2 对于多语言组态：Windows 2000 SP 2 MUI
处理器	Pentium II, 233 MHz	≥ Pentium III, 500 MHz
RAM	64 MB	≥128 MB
图形	VGA	带有硬件加速的 SVGA
分辨率	640×480	800×600
硬盘	≥100 MB	≥100 MB
软驱	3.5" /1.44 MB	3.5" /1.44 MB
光驱	用于软件安装	用于软件安装

5. 其他

(1) ProTool/Lite 要求具有 640 × 480 的分辨率。

(2) 用 ProSave 传送授权至多功能面板。

(3) 所需的 RAM 存储空间主要由组态大小确定，主要由所使用的图形对象的大小确定。

(4) 不用考虑归档。除了 ProTool，Windows 还要求有足够的空闲的硬盘容量。例如，应允许足够的空间用于交换文件。有一个已经证明的公式：交换文件的大小 = 3 × RAM 存储器的大小。请参考 Windows 文档以获取附加的信息。

(5) 用于运行系统软件的授权。

6. ProTool 软件的使用特点

ProTool 软件提供可以同时调用的编辑器，可以同时打开不同的项目，甚至是不同设备的项目，并通过剪贴板将数据从一个项目传送到另一个项目。

ProTool 软件也可以集成在 SIMATIC STEP 7 组态软件中，这样可以选择 SIMATIC STEP 7

符号和数据块作为 ProTool 中的变量。这样不仅节省时间和金钱，也消除了当多次输入同样数据时发生错误的可能性。关于用集成在 SIMATIC STEP 7 中的 ProTool 进行组态的更多信息参见“用集成在 SIMATIC STEP 7 中的 ProTool 进行组态”。

(二) ProTool 软件使用过程及其适应的设备简介

1. 创建和编辑项目

使用 ProTool 软件离线创建和编辑项目（这也是最常用的组态方法）：可以在未连接人机界面（含触摸屏）设备的情况下先用组态计算机或个人计算机等组态和编辑的应用项目，并进行像人机界面（含触摸屏）设备上那样模拟显示等。在完成组态编辑后，再将可执行的项目文件从组态计算机下载到人机界面（含触摸屏）设备上。

2. SIMATIC HMI 系列人机界面（含触摸屏）设备

SIMATIC HMI 系列人机界面（含触摸屏）设备有文本显示、操作面板控制和触摸面板控制等多种形式，可方便有效地用于系统或机器设备的操作、监控，其性能适合于多种系统设备的控制需求。常见的 SIMATIC HMI 系列人机界面（含触摸屏）如图 2-13 所示。

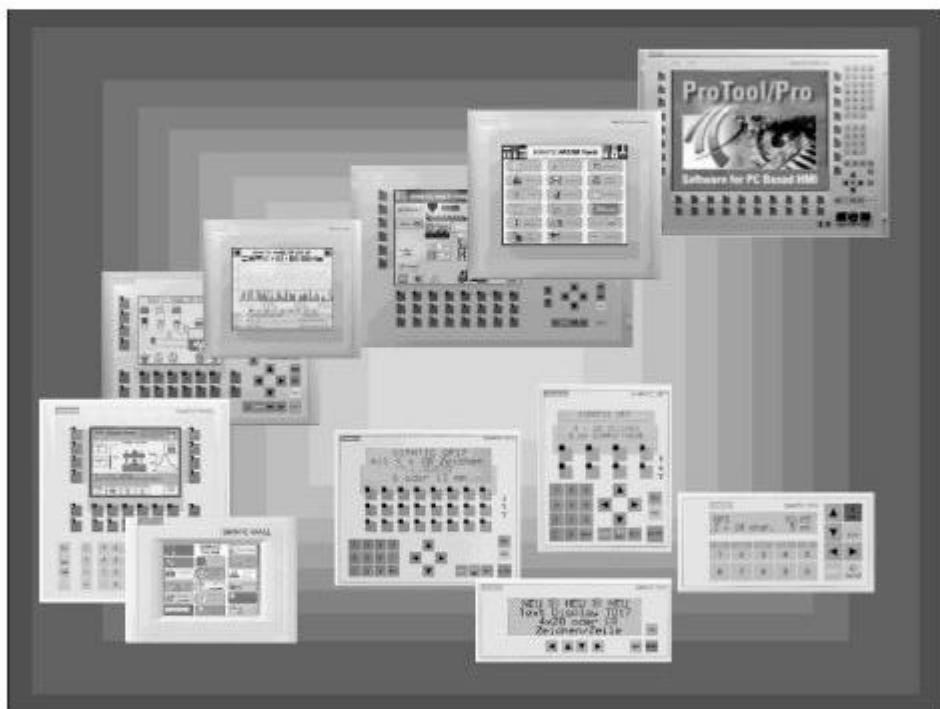


图 2-13 SIMATIC HMI 系列的一些人机界面（含触摸屏）

3. 基于 Windows 系统的 ProTool 软件可组态下列设备

(1) 面板：TP 170A、TP 170B、TP 170B Color、TP 270（6" 和 10"）、OP 170B、OP 270（6" 和 10"）。

(2) 多功能面板：MP 270B、MP 270B TOUCH、MP 270、MP 370、MP 370 TOUCH。

(3) 面板 PC：PI 25、PI 45、PC 670 10"、PC 670 12"、PC 670 15"、PC 670 12" TOUCH、PC 670 15" TOUCH、PC 870 12"、PC 870 15"、PC 870 15" TOUCH、PC IL 70 12" TOUCH、PC IL 70 15" TOUCH。

(4) SINUMERIK 面板：OP 010、OP 012、OP 015。

(5) SIMOTION 面板。

(6) PC。

(三) ProTool CS V6.0 的安装

1. 采用统一的 SIMATIC 安装标准来安装 ProTool CS V6.0

注意：在安装 ProTool CS 前，应卸载以前的所有版本。只能使用相同版本的 ProTool CS 和 ProTool/Pro Runtime。

(1) 将 ProTool 光盘插入光盘驱动器。如果已允许驱动器的“自动运行”功能，则弹出浏览器的图形用户界面。如果禁止“自动运行”，选择光盘上的目录“ProTool.CS”并执行“Setup.exe”。

跳出对话框（见图 2-14）后，选择“Chinese (simplified)”（即简体中文版）。

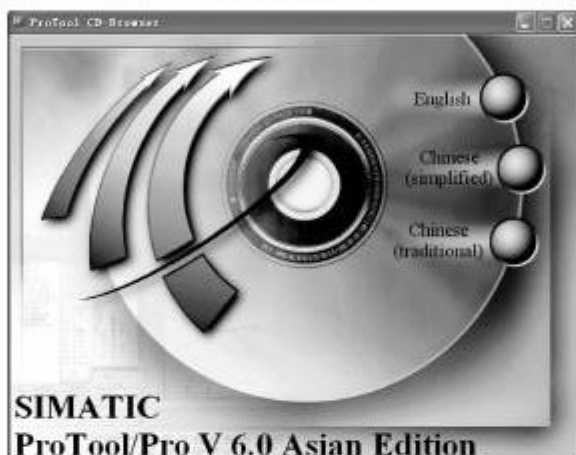


图 2-14 ProTool CS V6.0 的安装

(2) 在跳出的对话框（见图 2-15）中单击“Language”（语言）按钮选择安装语言。

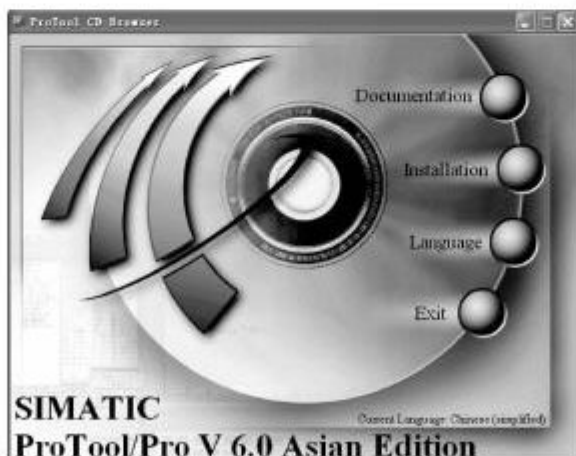
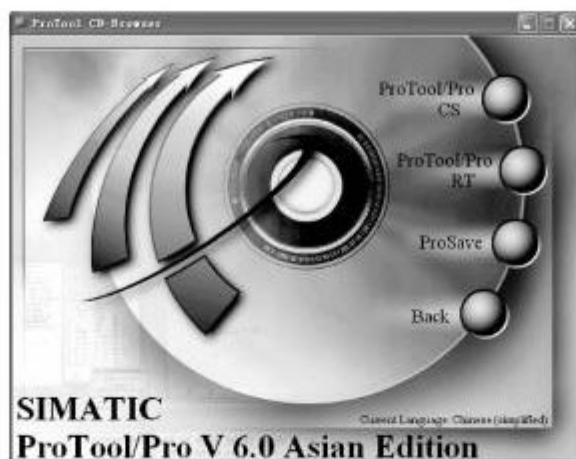


图 2-15 ProTool CS V6.0 的安装

(3) 单击对话框 [图 2-16 (a)] 中的“ProTool CS”开始安装。

(4) 在弹出“欢迎”对话框 [见图 2-17 (a)、(b)] 中单击“下一步 (N)”按钮。



(a)



(b)

图 2-16 开始安装“ProTool CS”



(a)



(b)

图 2-17 安装“ProTool CS”（欢迎）

(5) 在“软件许可证协议”的对话框中单击“是 (Y)”接受条款以继续安装（见图 2-18）。

(6) 在弹出“选择目标位置”的对话框(见图 2-19)中,可默认安装目标文件夹,直接单击“下一步(N)”按钮。也可单击“浏览(R)”按钮,对安装路径进行选择。

(7) 在弹出“选择文件夹”的对话框(见图 2-20)中,对安装路径进行选择。

(8) 在“选择目标位置”的对话框(见图 2-21,已选定目标位置)中,单击“下一步(N)”按钮。

(9) 在弹出“选择组件”的对话框(见图 2-22)中,先单击“标准”按钮,选择标准安装方式,再单击“下一步(N)”按钮。

1) 标准安装:安装 ProTool CS、ProSave、图像文件和 SIMATIC STEP 7 集成(如果安装了 SIMATIC STEP 7)。默认的对话语言是操作系统的语言。

2) 自定义安装:可选择安装 ProSave、图像文件和 SIMATIC STEP 7 集成。还可安装多种对话语言,以便将来在 ProTool 中使用。如果安装多种对话语言,可选择在安装后要显示的語言。

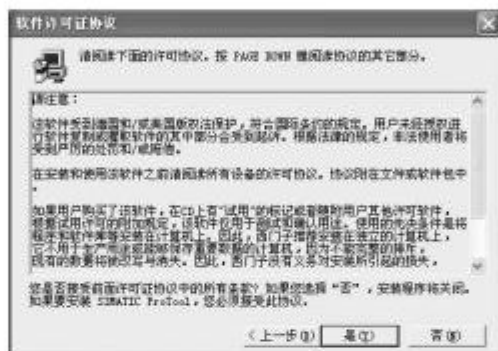


图 2-18 安装“ProTool CS”（许可证）



图 2-19 安装“ProTool CS”（选择目标位置）

(10) 在弹出“开始复制”对话框(见图 2-23)中,单击“下一步(N)”按钮。

(11) 进入自动安装 ProTool CS 后依次出现如图 2-24 所示的对话框。在这些对话框出现时不要进行任何操作,由其自动运行。

(12) 在弹出“安装完成”对话框(见图 2-25)中,单击“完成”按钮,完成“ProTool CS”的安装。



图 2-20 安装“ProTool CS”（选择目标位置步骤）



图 2-21 安装“ProTool CS”（选定目标位置）



图 2-22 安装“ProTool CS”（选择组件）

2. 集成在 STEP 7 中的 ProTool

如果要对集成在 SIMATIC STEP 7 中的 ProTool 进行操作，必须在安装 ProTool CS 前先安装 SIMATIC STEP 7 软件。有关 SIMATIC STEP 7 安装的信息请参见西门子 SIMATIC STEP 7 的有关资料。

不必随 SIMATIC STEP 7 安装 STEP 7 Lite，因为 ProTool 在集成模式下不支持 STEP 7 Lite。ProTool CS V6.0 支持 STEP 7 版本 5.0~5.1 SP3。

（四）ProTool/Pro Runtime V6.0（ProTool/Pro RT V6.0）的安装

（1）如果要使用 ProTool 模拟器来测试组态，必须在计算机上安装 ProTool/Pro Runtime。



图 2-23 安装“ProTool CS”（复制文件）



(a)



(b)



(c)

图 2-24 自动安装



图 2-25 安装“ProTool CS”（完成）

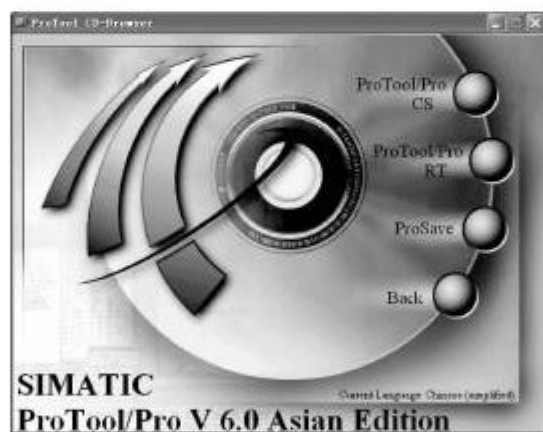
注意：仅在操作 ProTool/Pro Runtime 时需要许可证，模拟器不需要。

注意：在安装 ProTool/Pro Runtime 前，先卸载以前的所有版本。只能使用相同版本的 ProTool CS 和 ProTool/Pro Runtime。如果要将该组态软件和运行系统软件安装在 PC 上，首先安装 ProTool CS。

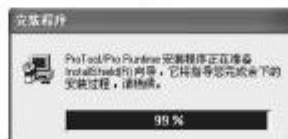
(2) 采用统一的 SIMATIC 安装标准来安装 ProTool/Pro Runtime。

1) 将 ProTool 光盘插入光盘驱动器。如果已允许驱动器的“自动运行”功能，则弹出浏览器的图形用户界面。如果禁止“自动运行”，执行光盘上的“Install.exe”。

单击对话框 [图 2-26 (a)] 中的“ProTool/Pro RT”开始安装。



(a)



(b)

图 2-26 安装“ProTool/Pro RT”

2) 在弹出“欢迎”对话框中（见图 2-27），单击“下一步 (N)”按钮。

3) 在“软件许可证协议”的对话框中单击“是 (Y)”接受条款以继续安装（见图 2-28）。

4) 弹出对话框“选择组件”选择“简体中文”，单击“下一步 (N)”按钮（见图 2-29）。



图 2-27 安装“ProTool/Pro RT”（欢迎）

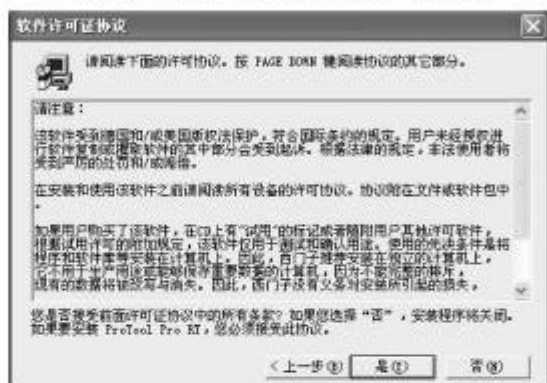


图 2-28 安装“ProTool/Pro RT”（软件许可证）



图 2-29 安装“ProTool/Pro RT”（选择组件）

5) 在弹出“用户信息”对话框中填写有关信息（也可默认），单击“下一步 (N)”按钮（见图 2-30）。

6) 在弹出“授权”对话框（见图 2-31）中可选择授权或不授权。为了安装快捷，在此先选择不授权模式安装（如读者实际需要则可选择授权模式安装）。单击“Next”按钮继续安装。

如果要在 PLC 上使用运行系统进行机械设备控制，在软盘驱动器中插入许可盘，然后单击“继续”。也可在以后安装许可证。在软件获得许可前，ProTool/Pro RT 在演示模式下运行。如



图 2-30 安装“ProTool/Pro RT”（用户信息）

果仅要使用模拟器，选中复选标记“不，在以后安装许可授权”。



图 2-31 安装“ProTool/Pro RT”（授权）



图 2-32 安装“ProTool/Pro RT”（选择目标位置）

7) 在弹出“选择目标位置”的对话框（见图 2-32）中，可默认安装目标文件夹，直接单击“下一步 (N)”按钮。也可单击“浏览 (R)”按钮，对安装路径进行性选择。

8) 在“选择目标位置”的对话框（见图 2-33，已选定目标位置）中，单击“下一步 (N)”按钮，进入自动安装。

9) 进入自动安装 ProTool/Pro Runtime (ProTool/Pro RT) 后，依次出现，如图 2-34 (a)、(b) 的对话框。在这些对话框出现时不要进行任何操作，由其自动进行。

10) 在弹出“安装完毕”[见图 2-35 (a)]对话框中，单击“完成”按钮，会出现“安装完



图 2-33 安装“ProTool/Pro RT”（选定目标位置）



(a)



(b)

图 2-34 安装“ProTool/Pro RT”（安装过程）

毕”[见图 2-35 (b)]对话框，在选择是否重新启动计算机后，单击“完成”按钮，完成“ProTool RT”的安装，并重新启动 PC。

二、ProTool 的使用

(一) 启动 ProTool

在“开始”菜单的“所有程序”中可以找到一个名为“Simatic”的文件夹，其中包含“ProTool Pro CS V6.0”和“ProTool Pro RT V6.0”等图标。



(a)



(b)

图 2-35 安装“ProTool/Pro RT”(安装完毕)

(1) ProTool Pro CS V6.0 图标在打开后又包含以下图标：

● 调用在线帮助。

● 启动组态软件：要进入编辑状态用鼠标左键单击该图标。

● 显示有关组态软件的最新信息。

● 启动安装，如为了改变 ProTool 语言或添加组件。

(2) ProTool Pro RT V6.0 图标在打开后又包含以下图标：

● 以压缩的形式复制已编译的项目文件。

● 启动运行系统软件：首次启动会跳出下列“运行系统”对话框，如图 2-36 所示。

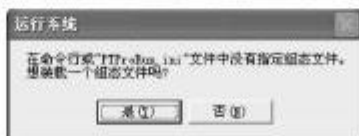


图 2-36 启动 ProTool Pro RT V6.0 运行系统（装载）

在“运行系统”对话框中用鼠标左键单击“是（Y）”按钮，会跳出 ProTool Pro RT V6.0 打开组态（选择）对话框，如图 2-37 所示。在“查找范围”中选择要打开的文件即可。

● 显示有关运行系统软件的最新更改过的信息。



图 2-37 启动 ProTool Pro RT V6.0 打开组态 (选择)

启动模拟软件。

启动加载程序。

(3) 如果将 Step 7 软件安装在 Simatic 的文件夹中, 还会出现 Step 7—Micro/WiN 图标。

(二) 使用组态计算机时应注意的事项

为了组态时尽可能高效地工作, 在组态计算机上要考虑下列几点:

(1) 关闭应用程序。关闭所有其他程序。这样, 将有更多的主存储器空间可以用于 ProTool 软件的编辑。

(2) 在本地驱动器上组态。正常启动要从本地驱动器启动项目, 不要从网络启动项目, 网络访问时间经常会很长。

(3) 可用的磁盘存储空间。为了使 ProTool 软件可靠的编辑使用, 驱动器应有空闲的磁盘存储空间。留意参考 Microsoft 对于 Windows 系统在这方面的建议。

(4) 工作存储空间。所需要的存储空间是随所用画面对象的数量和大小增加而增加的。可用的主存储器空间的增加会明显地减少处理时间。

(5) 系统资源。使用 ProTool 工作时, 确保有 20~40MB 主存储器空间可用, 并且至少有 65% 的空闲系统资源。选择“帮助”→“关于”, 可以在资源管理器中找到关于该主题的信息。如果必要, 利用附加 RAM 或虚拟内存增加主存储器的容量。通过关闭其他应用软件来释放附加的系统资源。

(6) 环境变量 TEMP。在 Windows 中打开或处理文件时, 会为这些文件创建临时文件。可通过 TEMP 环境变量决定该临时文件存储在何处。TEMP 环境变量的路径通常在 autoexec.bat 文件中设置。如果没有在 autoexec.bat 系统文件中设置 TEMP 环境变量, 则临时文件存储在本地 Windows 目录下。如果 ProTool 发出错误消息指示写访问时出现错误, 则驱动器上的存储空间对临时文件来讲可能太小。在 Windows 2000 中, 环境变量“TEMP”通过“开始”→“设置”→“控制面板”→“系统”→“高级”标签中的“环境变量”按钮进行设置。在 Windows NT 4.0 中, 通过“开始”→“设置”→“控制面板”→“系统”的“环境”标签进行设置。

(三) 创建 ProTool 应用项目

(1) 打开编辑界面直接在窗口下启动 ProTool, 会打开 ProTool Pro CS V6.0 的编辑界面。

(2) 创建项目时所采取的基本步骤。

使用“项目向导”指导完成创建新项目。

(1) 创建新项目: 从 ProTool Pro CS V6.0 的编辑界面的菜单中选择“文件”→“新建”来

打开“项目向导”的“设备选择”对话框，根据实际情况先在此对话框里选择所需的 HMI 设备后再单击“下一步 (N)”按钮。



图 2-38 新建选择 HMI

(2) 选择 PLC 及其驱动程序：从跳出的“PLC 选择”对话框中选择 PLC 设备及驱动程序（如果在项目窗口中选择 PLC “属性”，也可定义或稍后编辑参数）。最后单击“完成”按钮创建 ProTool 项目。



图 2-39 新建选择 PLC

PLC 驱动程序：在主题“过程通信”的“开始”→“SIMATIC”→“ProTool V6.0”→“ProTool 信息系统”中，可找到有关各种 PLC 驱动程序的信息。

常用的可选择的 PLC 驱动程序有：SIMATIC S5-AS511、SIMATIC S5-DP、SIMATIC S7-300/400、SIMATIC S7-200、SIMATIC S7-NC、SIMATIC 500/505、Allen-Bradley DF1、Allen-Bradley DH485、GE Fanuc、FREE SERIAL、MITSUBISHI FX、Modicon Modbus、OMRON Hostlink/Multilink 和 Telemecanique Uni-Telway 等。

(3) 创建项目的两种方法：

1) 可以先创建所有单个部分，然后连接成有意义的结构（由下往上的方法）。

2) 先设计结构, 然后用单个元素填充 (由上往下的方法)。

通常的做法是进行下列步骤: 使用显示元素和控件创建用户界面, 组态变量并允许其与 PLC 进行数据交换, 组态消息以接收关于机器状态或过程的信息, 对操作单元上的显示进行分区。

此外, 可以根据操作单元来组态附加的对象, 如配方。

3. 新建或打开 ProTool 项目

新建项目或打开已存在的项目时, 可以看见项目窗口。

(1) 项目窗口的结构如图 2-40 所示, 项目窗口类似于 Windows 资源管理器。项目窗口在左边显示可组态的对象类型, 在右边显示不同的对象。可以组态的对象取决于操作单元的类型。



图 2-40 显示画面情况

在 ProTool 中各种对象可直接编辑与它们所需的工具链接。ProTool 项目的项目数据以对象形式存储, 项目中的对象以树形结构排列。如果将项目窗口最大化, 则在打开的窗口下部边框会显示标签, 可以很方便地在窗口之间切换。

(2) 创建项目时的基本注意事项:

1) 创建项目的是要操作和监控机械设备或过程。为此, 要根据需要尽量精确地把设备或过程映射在操作单元 (画面) 上。

2) 操作单元 (画面) 是通过 PLC 以“变量”方式与系统、机械设备或过程之间进行通信, 变量值写入 PLC 上的存储区域 (地址), 由操作单元 (画面) 从该区域读取。

4. 设计 ProTool 项目

(1) 显示及设计画面: 单击左侧的“画面”图标可以显示画面情况, 如图 2-41 所示。

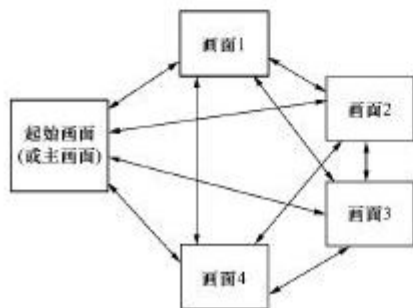


图 2-41 用户画面间的关系示意图

(2) 设计控制画面需考虑的基本内容。

1) 考虑要在操作单元上显示或处理机械设备的哪些过程值或状态, 以及为此必须组态哪些对象类型。

2) 用户界面: 用户界面是项目的中央组件, 可以用来将系统、机械设备或过程的状态可视化, 并为操作系统、机械设备或过程创建先决条件。实际应用时可以在用户界面上创建许多带有显示元素和控件的画面, 各画面之间可以进行自由切换 (见图 2-41)。现场的操作人员通过操作单元的控件 (一般是用按钮) 来切换选择控制画面。

3) 过程数据输入和传送: 通过在画面上组态输入/输出域可输入设置新的数值或显示过程数据, 也可以显示符号。

4) 报告过程状态: 通过在画面上组态消息, 可获得和记录操作单元(控制画面)上的过程和操作状态, 并将它们归档。

5) 定义通信区: PLC上用于与操作单元(控制画面)进行数据交换而定义的地址区域是通过区域指针进行寻址, 可用的区域指针数目是根据所设计选择的操作单元(控制画面)的不同而不同。

(3) 画面分区。根据操作单元实际功用, 可以将画面显示细分为多个不同的区域。这些区域可分别用于显示画面、消息和功能键图标。

1) 设置各个区域: 选择“系统”→“画面/键”会跳出“画面/键”对话框, 根据实际需要, 在“画面/键”对话框来设置各个区域。此处所作的设置应用于整个项目, 因此在开始组态以前就应设置各区域(见图2-42)。

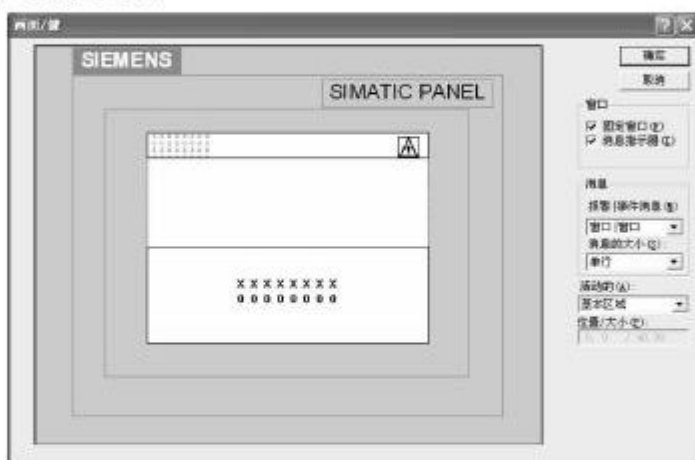


图 2-42 设置画面的各个区域

2) 画面分区基础:

① 开始设置触摸屏板控件之前, 应先考虑画面的基本分区。考虑在何处打开消息和输入窗口, 以避免不小心覆盖按钮和输入域。

② 将控件(如按钮)调整到足够大, 以便进行正确操作。对于显示元素(如输出域), 使用足以方便阅读的字大小。

③ 触摸网格的显示。使用图示符号或从菜单中选择“视图”→“用户界面”, 激活“显示触摸网格”复选框, 以激活触摸网格的显示。

当触摸画面时, 触摸屏板将它们作为单个点来检测。触摸网格指定两点之间可能的最小间距。显示网格使控件的定位更方便, 可以将控件定位在触摸网格内的任何部分, 但在操作单元上网格不可见。

④ 不可见按钮。如果在项目中使用不可见按钮, 则在组态时应该允许不可见按钮显示。选择图示符号或从菜单中选择“视图”→“界面”。在打开的对话框中选择“显示不可见按钮”复选框。

⑤ 全局按钮及其分配的功能只在局部画面上的全局画面区可用。

⑥ 控件不允许互相重叠。控件重叠可能会导致无法预见的操作状态, 所以当编译项目文件时, 将其报告为错误。

3) 画面各区域的功能如图 2-43 所示。



图 2-43 画面各区域的功能

①基本区域覆盖整个画面。所有其他区域叠加在基本区域上面，基本区域的位置和大小不能改变。画面在基本区域中组态，因此基本区域的内容随调用的画面而改变。

②固定窗口是始终显示的窗口，它使用基本区域的上部，可以在“画面/键”处允许或禁止固定窗口。如果窗口是打开的，则它会在画面组态时显示，并因此减小了可用于画面的区域大小。固定窗口的大小可以改变，但是它的位置总是位于画面的顶部，固定窗口可通过“画面”编辑器进行组态。

③消息指示器是一个符号，指示操作单元上仍然可用的报警消息。可以通过选择“系统”→“画面/键”启用和禁止消息指示器。不能改变其大小，但可以改变位置。消息指示器可用于触摸设备。

④消息区是操作单元上消息显示在其中的区域。通过选择“系统”→“画面/键”，可以分别为报警和事件消息设置显示在消息行上还是消息窗口中。

报警消息窗口：报警消息窗口是显示报警消息的窗口，此窗口只有在有报警消息时才打开。确认报警消息时，窗口再次关闭，报警消息显示时不能关闭，必须组态报警消息窗口或消息行。报警消息窗口的位置和大小不能组态。

事件消息窗口：事件消息窗口是显示事件消息的窗口。此窗口只有在调用时才显示。通过从菜单选择“系统”→“画面/键”可以启用和禁止事件消息窗口。根据设备类型，可将窗口的高度设置为一行或两行。也可以改变其位置。

消息行：消息行是显示报警消息和事件消息的区域。如果是触摸面板，则只在消息行中显示事件消息。通过从菜单选择“系统”→“画面/键”可以启用和禁止消息行。根据设备类型，可将消息行的高度设置为一行或两行。也可以改变其位置。

消息和帮助文本窗口根据光标位置动态定位，这样可以不覆盖当前正在编辑的输入域。通过从菜单选择“系统”→“画面/键”可以启用和禁止该功能。

(4) 变量是操作单元和 PLC 之间用于数据交换的最重要的通信手段，在此给出关于变量的详细解释以及在 ProTool 中如何使用变量类型。

1) 显示变量：单击左侧的“变量”图标可以显示变量情况，如图 2-44 所示。



图 2-44 显示变量情况

2) PLC 对变量的影响：

① PLC 的地址取决于所使用的 PLC。

② 带 PLC 连接的变量地址的显示方式取决于所选择的 PLC。

③ 在“变量”对话框的“类型”或“格式”处选择可用的数据类型和数据格式。

④ 在“通信”用户手册中可以找到可选择用于相关 PLC 驱动程序的可用数据类型和数据格式的总览。

3) 全局变量与局部变量。

全局变量：带有 PLC 链接的变量称为全局变量。带有 PLC 链接的变量在 PLC 上占据一个定义的内存地址，从操作单元和 PLC 上都可以对之进行读和写访问。

局部变量：不带 PLC 链接的变量称为局部变量。局部变量不连到 PLC 上，它们仅在操作单元上可用。

4) 变量设置：用鼠标右键单击变量选择属性可跳出“变量”对话框（见图 2-45），在“变量”对话框中可对变量属性进行设置。



图 2-45 “变量”对话框

5) 设置变量。

①变量类型：每个变量都有符号名和定义的数据类型。变量的值随 PLC 程序的执行而改变。可用的数据类型和数据格式依赖于所选择的 PLC。

ProTool 支持表 2-5 中内部变量类型（但这些类型并不是在每个 PLC 上都可用）。

表 2-5 内部变量类型

序号	数据类型	位系统	取值范围
1	INT	16 位	-32768~32767
2	UINT	16 位	0~65535
3	LONG	16 位	-2147483648~2147483647
4	ULONG	32 位	0~4294967295
5	FLOAT	32 位	上限：± 3.402823 e+38 下限：± 1.175495 e-38
6	BOOL		true (1), false (0)
7	STRING		1~80 个字节
8	数组变量	该变量类型将随机数目的同类型变量组合成一个总体，它可以作为一个整体被处理	

②采集周期确定了变量值在操作单元上被更新的时间间隔。如果为采集周期输入 0，则仅在打开画面时更新变量，以后直到再次打开画面时才再次更新；如果为变量的采集周期所输入的值大于 0，则变量在指定的时间内定期更新，而且当打开画面时也会更新。

采集周期是“标准时钟脉冲”的倍数，可以在“PLC”对话框中为每个 PLC 进行组态。可以通过设置标准时钟脉冲对项目中的所有变量的采集周期进行全局修改。

③变量地址：变量地址取决于所使用的 PLC。变量地址确定了全局变量在 PLC 上的存储位置。“变量”对话框中的“范围 (R)”将根据根据所选的编程地址区（如 I、Q、V、M 等）对设定范围（字地址、位地址）进行自动调整。

如果已安装了集成在 SIMATIC STEP 7 中的 ProTool，则可直接在“变量”对话框中访问“STEP 7”符号表。如果选择“带符号”复选框，则符号表在“符号”浮标中显示。

④更新变量选项：在“变量”对话框中的“选项”标签上，可以设置在操作单元和 PLC 之间传送和更新变量值的时间间隔。直接写入（系统缺省设置）。当变量值在操作单元上输入之后，它将被直接写入 PLC 地址。间接写入（只适用于 SIMATIC S5 和 SIMATIC S7）：间接写入，则变量值将被写入到称作“数据信箱”的 PLC 地址区中。为了确保传送的协调执行，并且保护数据信箱中的变量值不被意外覆盖，在接口区中置位。PLC 程序在合适的时间从数据信箱获取数值。通过选择“间接写入”，可以为每个变量至多组态三个“标识”，它们同样也被写入数据信箱。更多的信息请参见“通信用户指南”。连续读：变量被连续更新，即使它不在打开的画面上。例如，即使没有选择画面，由于通常还是要求绘制趋势，所以这点对于趋势很重要。

注意：只对那些要连续更新的变量使用“连续读”选项，否则会不必要地降低系统的性能。

5. 首次创建项目应注意的事项

首次创建项目应注意以下事项：

- (1) 使用标准项目中的标准画面。
- (2) 创建新项目时，可以从“项目助理”中为系统（操作单元和 PLC）选择“标准项目”。
- (3) 在 ProTool Pro CS V6.0 安装的目录中的 \ProTool \Samples 下，还可找到实例项目“Quickmix”，它适用于各种操作单元和 PLC。
- (4) 还要考虑是否可以部分使用现有项目。例如，消息文本和图形。

(5) 如果操作单元属于同一系列的设备，还可以通过剪贴板复制整个项目部分。

(6) 在源项目和目标项目中的固定窗口应大小相同。

(四) 区域指针

1. 区域指针的用途

通过区域指针对 PLC 上用于与操作单元进行数据交换的定义的地址区域进行寻址。

在项目窗口的“区域指针”处创建区域指针。可以用快捷菜单中所有可用的命令来编辑区域指针，例如，复制然后粘贴到另一个项目中。

2. 区域指针的种类

可用的区域指针数目根据所选择的操作单元而不同。创建区域指针时，有关区域指针应该多大以及必须具备的结构的信息请参考“通信”用户手册。

表 2-6 中总览列出了各种区域指针及其用途。

表 2-6 区域指针及其用途

序号	区域指针	解 释
1	用户版本	用户版本识别项目的版本。在 PLC 上利用该区域指针进行版本检查
2	事件消息	可以为该数据区中的每个位组态事件消息。位按升序分配给消息号一旦 PLC 设置了此数据区中的位，操作单元就识别所分配的事件消息为“已到达”。反之，当位在 PLC 上复位之后，操作单元就认为消息“已离开”
3	画面号	在这个数据区中，操作单元将信息存储在当前画面上。例如，可在 PLC 程序中判断该信息，来调用另一个画面
4	数据信箱	数据信箱是 PLC 上的数据区。它被用作中间存储器，用于将数据记录从操作单元下载到 PLC。数据信箱只包含变量的值。地址不被传送
5	功能键盘	操作单元通过此数据区传送功能键的击键。例如，可以在 PLC 程序中判断此信息，以便通过消息来指示不正确的操作
6	趋势请求	PLC 可以使用此区域指针来确定当前操作单元上正在显示哪个趋势
7	趋势传送区 1	这个数据区用于触发趋势。一旦 PLC 程序在趋势传送区中设置了分配给趋势的位和趋势通信位，则操作单元检测触发器，并根据组态读取数值或整个缓冲区
8	趋势传送区 2	组态带有开关缓冲区的趋势时，需要这个数据区。该数据区的结构与“趋势传送区 1”数据区的结构相同
9	LED 分配	PLC 可使用此区域指针来驱动操作单元功能键上的发光二极管
10	OP 确认	操作单元使用此区域指针来向 PLC 指出哪些报警消息已经在操作单元上被确认
11	PLC 确认	使用此区域可以从 PLC 确认消息
12	接口区	接口区是 PLC 程序和操作单元之间的接口。它包含 PLC 和操作单元之间交换数据时所需区域的数据和指针
13	报警消息	可以为该数据区中的每个位组态一条报警消息。位按升序分配给消息号一旦 PLC 设置了此数据区中的位，操作单元就识别所分配的报警消息为“已到达”。反之，当在 PLC 上对位进行复位之后，操作单元就认为消息“已离开”
14	系统键盘	操作单元通过此数据区传送系统键的击键。例如，可以在 PLC 程序中判断此信息，以便通过消息来指示不正确的操作

(五) 触摸面板的组态

1. 项目的编辑

(1) ProTool中的转换选项：可以将为OP×5操作面板创建的ProTool项目转换为用于OP×7的项目，这中转换也适用于用于相应的“C7设备”的项目。

例如，将OP 25项目转换成OP 27项目，步骤可按如下进行：

- 1) 打开现有的OP 25项目。
- 2) 从菜单中选择“文件”→“转换”。
- 3) 输入新项目的名称。
- 4) 设备类型选择OP 27 (OP 25项目只能转换成OP 27项目，不能进行其他的转换)。
- 5) 单击“保存”。如果确认有关于此的提示，则对项目进行转换并打开OP 27项目窗口。

注意：使用ProTool 6.0可以将用于图形显示的项目转换为用于基于Windows的系统的项。在“升级的组态支持—移植到基于Windows的设备”的文档中可以找到关于转换项目的更多信息。

(2) 复制与粘贴对象。

1) 复制对象。在项目内和项目之间可以进行所选部分或项目的剪切、复制和粘贴。例如，可以从报警消息编辑器中将文本和域复制到事件消息编辑器，或将图形元素从一个画面复制到另一个画面。在项目之间进行的复制是不能超过目标项目的系统限制。

复制对象可以在不同的分辨率项目之间进行；如果目标系统使用比源系统更低的分辨率，则软键图标通过反混叠机制可将粘贴件调整到新的分辨率。

复制到新项目的准备：在从现有的项目中复制对象之前，应该在新项目中进行下列正确无误地全局设置。这将确保在复制期间不会由于设置不同而导致数据丢失。

2) 将对象粘贴到目标项目中。将对象从剪贴板粘贴到目标项目。如果在目标项目中已存在同一名称的对象，则对象以一个新的名称粘贴。例如，如果在目标项目中已经存在变量VAR_1到VAR_10，则变量VAR_4将被重命名为VAR_11。

注意：使用“粘贴”，ProTool总是检查低一级的对象（如已复制变量的限制值变量），以保证现有对象可再次使用。

3) 可以通过剪贴板复制的内容：

- ①项目窗口中列出的所有对象。如画面、文本或图形列表、变量等。
- ②画面中的对象。如趋势、域、图形等。
- ③消息中的消息和对象。如消息文本、域、帮助文本等。
- ④区域指针。
- ⑤全局和局部功能键分配。

4) 对象随其属性和所有交叉索引对象而复制。在复制过程中遇到的特殊情况将在“剪贴板”的“系统消息窗口”中显示。

5) 变量的特性。将具有PLC连接的变量从一个项目复制到另一个项目时，需执行以下列出的步骤，以便可以将其完全插入目标项目中。

①在源项目中为PLC分配一个有意义的符号名，不要使用系统缺省设置（如PLC_1）。

②首先将PLC对象复制到目标项目，以便它以相同的参数出现在两个项目中。复制属于该PLC的变量。

6) 配方的特性。对于基于Windows的系统，也可以通过剪贴板复制配方。可在“配方兼容性”中找到有关这方面的更多信息。

7) 不能复制的对象。

- ①目标项目中的未知对象：如从TP 170复制到OP 17时的功能或命令按钮。

② 字符集。

③ 在多语言项目的情况下，只复制目标项目中的可用语言，不创建任何新的语言。如果需要，在复制前先创建它们。

④ “系统”处的设置，如语言分配或全屏模式。

(3) 替换项目和项目部件。如果想在项目中引进一个项目的新的或更新的标准组件（如从 ProAgent），可以用 ProTool 的替换功能来进行。

(4) 撤消和重做动作。在“编辑”菜单中设置了“撤消”和“重做”两个命令，可以在组态期间取消已完成的动作，或恢复已撤消的动作。

(5) 检索项目信息。

1) 交叉索引。在必须添加或修改项目、需要检查某个特定的对象如何使用以及在项目中使用的位时，打开“交叉索引”窗口，在该窗口中选择一个对象，则该项目中有关该对象的所有参考都会显示出来。

通过从菜单中选择“视图”→“交叉索引”选项可打开“交叉索引”窗口。激活的对象周围带红色边框显示。所选择的对象在最上层，使用所选择对象的对象都显示在下面（见图 2-46）。

交叉索引列表也包含在当前撤消历史记录中的对象（撤消和恢复动作）。这些对象的状态在每个对象后的括号中指明。

注意：可使用“交叉索引”窗口进行有效的故障检测。

2) 项目信息。在对项目进行改变或修改时，要获得有关项目的信息，打开“项目信息”对话框。从菜单中选择“文件”→“项目信息”。“项目信息”对话框显示常规的“项目数据”和项目“所需的存储空间”。根据“常规”、“描述”、“统计”三个标签控件的主题发布项目信息（见图 2-47）。



图 2-46 交叉索引



图 2-47 项目信息

常规：“常规”标签显示有关设备类型、项目名称、存储项目文件的路径名和项目创建者的信息。填写“创建者”域，保存项目时，所有其他域均由 ProTool 自动更新。

描述：“描述”标签包含项目描述的输入域。用户可以在此处输入任何对项目重要的信息。

统计：“统计”标签显示何时创建、修改、生成和下载项目、最后用于编辑项目的 ProTool 版本以及项目下载到操作单元上闪存后所需要的存储空间。所需的存储空间在每一次下载操作后确定并显示。

2. 组态技术

(1) 画面。

1) 画面组件由静态和动态组件组成。静态组件包括文本和图形。动态组件与 PLC 链接, 并且使 PLC 内存上的当前值可视化。可视化可以通过字母数字显示、趋势和棒图形式实现。动态组件也可以在操作单元上由操作员输入, 通过变量建立与 PLC 的连接, 并写入 PLC 内存。

2) 画面编辑器: 在 ProTool 中画面由独立的编辑器创建。当调用画面编辑器时, 显示操作单元。可以通过下列方法:

① 双击位于项目窗口左半部分的“画面”来创建新的画面。

② 双击位于项目窗口右半部分的已存在的组态画面来打开画面进行编辑。

③ 通过从菜单中选择“视图”→“缩放”, 可以逐级缩放此显示。例如, 如果想编辑细节, 只需将其放大, 就可方便地完成。

④ 画面以符号名进行保存。通过从菜单上选择“编辑”→“属性”即可输入名称。当编辑、引用或删除画面时, 必须指定画面名称。此外, 画面被自动编号。

3) 启动画面: 在每个项目中声明一个画面作为“启动画面”。启动画面是操作单元启动后首先显示的画面。

4) 固定窗口是始终与操作单元屏幕的上边框齐平的窗口。从菜单中选择“系统”→“画面/键”, 可以打开和关闭固定窗口并拖动鼠标来调整其高度。由于固定窗口的内容不依赖于当前画面, 所以可将诸如重要的过程变量或日期和时间等输出到其中。在画面编辑器中组态固定窗口的内容。要访问固定窗口, 用鼠标单击即可。

5) 软键/按钮是依赖于画面分配的功能键。按钮是触摸面板的触摸敏感屏幕上的虚拟键, 可以指定画面同时组态软键和按钮。组态时, 将功能分配给这些控件, 可以用图形或文本来说明控件的任务。例如, 可以使用软键和按钮来打开其他画面、打开和关闭电机或显示消息缓冲区。

6) 选择画面。每个已组态的画面必须集成到控制过程中, 以便运行时可以在操作单元上打开。为此, 可使用“选择画面”功能。例如, 可以将该功能分配给输入域、功能键或按钮。将画面名称指定为参数。也就是说, 可以通过输入域、功能键或按钮将画面显示出来。对于输入域、软键和按钮, 该功能只可在此画面中局部使用。如果希望该功能可以全局使用, 则必须在操作单元的 Kx 功能键或位于 TP 固定窗口中的按钮上组态该功能。

7) ProTool 中的画面对象。组态画面时, 可“随意”使用不同类型的对象。“随意”意味着可由用户确定对象的数目和类型及其位置和大小。

8) ProTool 中自定义项目的用户界面。为了用户以更好方式组态显示元素和控件, 可在 ProTool 中创建组态用户界面以满足要求。在打开画面时从菜单中选择“视图”→“用户界面”。可以在“界面”对话框中进行下列设置:

① 在“缩放”上用百分比设置当前画面的“缩放因子”。

② 在“域网格”上设置当前画面的网格密度。

③ 在“显示”处选择是否以及想要如何显示网格。

④ 在“颜色设置”处设置画面对象的亮度和对比度。

⑤ 使用“显示改变”按钮对设置进行检查。如果设置与要求相符, 单击“确定”按钮, 退出对话框。

注意: 使用 Ctrl 和数字键盘的组合也可完成缩放功能: Ctrl + “+”: 放大, Ctrl + “-”: 缩小, Ctrl + “*”: 仅对于触摸面板。

⑥ 在“按钮”处, 选择是否要显示触摸网格或不可见按钮。

(六) 显示元素

可以使用显示元素在操作单元上监控机器或系统。可在操作单元上将当前信息, 如来自

PLC的实际值、过程和操作模式以及故障等显示为数字值、简单语言或图形。

1. 概述

基本上有两种类型的显示元素可以用于不同的任务。

(1) 静态显示元素：静态显示元素是没有链接到 PLC 的文本块和图形。它们对用户输入不作出反应，并且在运行时不能在操作单元上被修改。例如，将静态显示元素用于系统画面，或者控件和动态显示元素的文本或图形解释。静态显示元素就是静态文本、图形、字符图形。

(2) 动态显示元素：动态显示元素可以通过变量链接到 PLC。它们将来自 PLC 的当前值以字母数字或图形形式显示。动态显示元素在运行时可以在操作单元上自动改变它们的显示，而不需要操作员的干预。可以将动态显示元素用于与监控过程、机器或系统相关的所有任务。动态显示元素是输出域、趋势视图、棒图、指示灯。

2. 静态文本

静态文本属静态显示元素，是没有链接到 PLC 的文本。运行时它不能在操作单元上修改。静态文本（一行或两行）可用于解释组态画面的各部分，例如，为控件和动态显示元素设定标签。可以用操作单元上任何可用的语言分别组态静态文本。

配置静态文本可通过选择图示的按钮或从菜单中选择“插入”→“文本”。

3. 字符图形

字符图形属静态显示元素，是没有链接到 PLC 的静态显示元素，运行时它不能在操作单元上修改。使用字符图形，用户可以根据符号字体中包含的各字符组成图形。

使用字符图形代替图形，可使项目文件所需要的存储空间将显著减少。通过选择图示的按钮或从菜单中选择“插入”→“字符图形”来组态字符图形。

线段字符提供有完整的符号包便于以用户友好的方式画折线。符号包包含用于所有路径表达式的符号，诸如水平和垂直线、转角、交叉和分叉。提供的范围包括三个固定的符号包，即线段字符单线、粗体和双线。它可以自定义 4 个其他符号包（USER1 到 USER4）以满足需要。

4. 图形

图形属静态显示元素，是没有链接到 PLC 的静态显示元素。运行时它们不能在操作单元上修改。例如，图形可用于显示用户的系统，或作为动态显示和控件的说明符号。

ProTool 有一个重要的选项，那就是通过 OLE 界面嵌入外部图形编辑器。这样，可以使用通常使用的应用软件创建图形，而不必去熟悉新的图形程序。

ProTool 以位图显示每个图形，不管创建图形时是利用面向像素的图形程序（如 Paint），还是利用面向向量的图形程序，其中，向量图形在显示在 ProTool 中之前转换为像素图形。

通过选择图示的符号或从菜单中选择“插入”→“图形”来组态图形。


5. 操作单元上的颜色显示

执行以下操作可以设置操作单元上像素图形中显示的颜色：在组态计算机上，从“开始”菜单中选择“设置”→“控制面板”→“显示”，并在“设置”标签上的“颜色”处选择“真彩色”设置。为组态和编译项目而保留此设置。

平滑显示：如果“平滑”设置启用，则在增加或减小图形尺寸时，使用图形保真滤波器来替换由于插值而丢失的像素。该设置使转化更柔和，照片真实显示。因为完整的画面信息仍得以保持，所以在画图的情况下，显示质量会提高，尤其是在图形缩小时。


6. 输出域

输出域属动态显示元素，在操作单元上显示来自 PLC 的当前值。可以选择以数字、字母数字或符号的形式输出数值。

(1) 数字和字母数字输出 。用于数字或字母数字值的输出域可以将数值显示为数字或文

本。例如，数字值 80 作为温度的实际值，字母数字值为文本字符串 Valve_12。

在打开画面的“画面对象”工具栏上，通过选择图示的按钮或“插入”→“输入/输出域”组态数字和字母数字值输出域。

(2) 符号输出。符号值输出域并不显示真实的数值，而是选择显示来自文本或图形列表的文本字符串或图形。例如，可以将阀的两种状态存储在文本列表或图形列表中。当阀打开时，输出域将指向文本字符串“打开”或指向相应的图形。

通过使用符号值的输出域，在很大程度上排除了操作员的误解，因为符号值经常能比抽象的数字值更为清晰地显示状态。

在打开画面的“画面对象”工具栏上，通过选择图示的按钮或在“插入”→“文本或图形列表”处组态符号值输出域。

7. 趋势视图

趋势视图是一种动态显示元素。趋势视图以特别清楚的形式连续显示操作单元上的过程数据。在操作单元上的一个趋势视图中同时显示多个不同的趋势。

通过选择图示的按钮或从菜单中选择“插入”→“趋势视图”来组态趋势视图（见图2-48）。

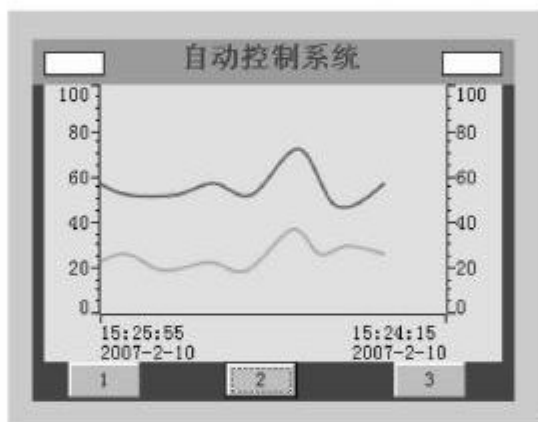


图 2-48 实时趋势示意图

8. 棒图

棒图是一种动态显示元素，通过变量链接到 PLC。棒图以矩形区域显示来自 PLC 的数值，用户可以自由定义方向、标尺、棒图和背景颜色，以及 Y 轴的标签。为指示限制值，也可以显示上限值和下限值线。用户在操作单元上可以一眼就看出当前数值与限制值相差多远，或指定的设定值是否已到达。例如，棒图可用于显示填充液位或液量。通过选择图示的符号或从菜单中选择“插入”→“棒图”来组态棒图。

9. 指示灯

指示灯是触摸面板上的动态显示元素。指示灯指示已定义位的状态，例如，通过颜色的改变或文本的闪烁。为明显地区别可以按动的按钮，指示灯显示为单边框。

通过选择图示的符号或从菜单中选择“插入”→“指示灯”来组态指示灯。


(七) 控件

在操作单元上使用控件来直接干预过程，控件常用于指定设定值、触发功能、打开画面和确认消息。控件一般指：输入域、输入/输出域、功能键和软键、按钮。


1. 输入域

输入域在操作单元上是用来将数值输入传送到 PLC。可以选择以数字、字母数字或符号形

式输入数值。如果为输入域变量定义了限制值，则可以在操作单元上拒绝超出指定范围数值的输入。

(1) 数字和字母数字输入 。在数值和字母数字值输入域中，可以在操作单元上一次一个字符地输入数值。

在打开画面的“画面对象”工具栏上，通过选择图示的按钮或在“插入”→“输入/输出域”处创建数字和字母数字值输出域。

(2) 符号输入 。在符号值输入域中，不必一次一个字符地输入数值，而可以在操作单元上从文本列表中选择该数值。在组态时，可将文本列表中的符号文本分配给每个变量值。例如，用此方法可以通过两个条目“开”和“关”来开关电机。


通过使用符号值的输入域，在很大程度上可以防止错误判断，因为操作单元只接受文本列表中已组态的数值。


在打开画面的“画面对象”工具栏上，通过选择图示的按钮或在“插入”→“文本或图形列表”处创建符号值输入域。

2. 组合的输入/输出域

组合的输入/输出域在操作单元上显示 PLC 的当前值，同时也可以输入要传送到 PLC 的数值。数值可以用数字、字母数字或符号形式来输入和输出。输入时，要输出的数值在操作单元上并没有更新。

如果为输入/输出域变量定义了限制值，则超出指定范围的数值会被拒绝输入或以不同的颜色显示（如当读取时）。


在打开画面的“画面对象”工具栏上，通过选择图示的按钮或在“插入”→“输入/输出域”处创建组合的输入域。

在打开画面的“画面对象”工具栏上，通过选择图示的按钮或在“插入”→“文本或图形列表”处创建用于符号值的输入域。

3. 功能键


功能键是操作单元上用于组态功能分配的键。在 ProTool 中，可以给任意的功能键分配一个或几个功能。一旦按下键，功能立即被触发。功能键分配可以是局部有效，也可以是全局有效。可以为功能键分配口令级，以防被未经授权人员操作。

全局分配：不论当前为何种控制状态，全局分配的功能键总是触发相同的功能。例如，可以利用它们打开指定的画面、显示排队的消息或打印画面内容。通过使用全局分配的功能键，由于不必在每个画面上为全局键分配单个功能，所以可以为组态节省不少精力。

通过从菜单中选择“系统”→“画面/键”来全局分配功能键。为此，单击“画面/键”对话框内的“K1”至“Kx”或“F1”至“Fx”中的一个键。可以通过标签条在操作单元上指定已经分配给指定键的功能。

注意：通过选择“系统”→“画面/键”，可以为应用于所有画面的键指定全局设置。图标会在每个组态画面上显示，只要随后设置没有被单个画面改写。假如设置被改写，则改变只应用于特定的画面。

局部分配：局部分配的功能键将根据画面在操作单元上触发不同的动作。其分配随画面的不同而改变的功能键称为“软键”。

在画面编辑器中一般为局部分配软键。为此，单击画面上“F1”至“Fx”中的一个键，这些键直接沿操作单元画面排列，可以为任何软键分配通过文本或图形来说明软键功能的图标。

可以全局分配软键。全局分配在所有画面上都是激活的，不需要分配画面指定的功能。例如，使用全局分配的软键从任何画面切换到相同的系统画面。

注意：不要将操作单元上必须永久有效的功能分配给软键。

显示分配：在“画面/键”对话框和画面编辑器中可以看见所组态的软键是如何分配的。

■ 禁止。

■ 局部分配。

■ 全局分配。

■ 局部和全局分配。

根据它是功能键、软键还是带 LED 的软键，显示的表达方式可以略微有所变化。

4. 按钮

按钮是触摸面板屏幕上的虚拟键，可以给它分配一个或多个功能，只能为触摸面板所组态。在开始组态按钮之前，应该考虑触摸面板屏幕的基本分区。

实际操作时通过触摸触摸敏感屏幕来操作按钮，通过按钮可以自定义用户界面。可以给按钮分配一个口令级，以防被未经授权的用户操作。

5. 标签

可以用文本或图形静态或动态地标记按钮。

(1) 静态设定标签。当组态按钮时，输入文本或选择图形。这种标签的类型为静态，也就是说不能在触摸面板上改变它。

(2) 设定动态标签。当组态按钮时，选择文本或图形列表以及相关的“索引变量”。索引变量的值确定在运行时哪个列表元素被显示在按钮上。

6. 操作

按下或释放按钮会触发为这些事件设置的功能。为了避免由于不小心按错按钮而触发按钮的功能，在保持按钮为按下的情况下，将手指从按钮上移开。此过程不会被认为是单击事件。

操作中的回查指示：当按钮被按下和释放时，如同在 Windows 中一样，按钮边框的颜色会改变。不可见的按钮对于操作不提供视觉上的回查指示。

7. 不可见按钮

不可见按钮是在操作单元上不显示的透明按钮。如果将不可见按钮放在图形上，则通过触摸触摸面板可以操作图形的一部分，如电机或阀门。

8. 带有自由定义功能的按钮

使用带有自由定义功能的按钮，可以独立创建操作 TP 所需的所有按钮。通过选择图示的符号或从菜单中选择“插入”→“按钮”来创建按钮。

通过选择图示的符号或从菜单中选择“插入”→“按钮”来创建按钮。

9. 具有固定功能的按钮

ProTool 具有可以被操作的预定义按钮，并且它们带有下列功能，可用于触摸面板标准功能的快速和有效组态：“置位/复位”按钮，“选择画面”按钮。

10. “置位/复位”按钮

利用“置位/复位”按钮，可以对变量中的位进行置位或复位。一旦触摸该按钮，位功能就触发。例如，按下按钮变量中的位被置位。第二次按下按钮进行复位。

通过选择图示的符号或从菜单中选择“插入”→“置位/复位”来创建按钮。

11. “选择画面”按钮

利用“选择画面”按钮，可以在触摸面板上选择不同的画面。一旦单击按钮，选择画面功能即被触发，并且显示相应的画面。通过选择图示的符号或从菜单中选择“插入”→“按钮”来创建按钮。

注意：不要将操作单元上必须永久有效的功能分配给软键。

12. 将按钮用作直接键

也可以将 TP 上的按钮组态为直接键, 以便允许键盘的快捷方式不受通信延迟的影响。

(1) 直接键类型: 有 PROFIBUS 直接键和用于控制直接键模块的直接键。PROFIBUS 直接键和用于控制直接键模块的直接键不能在同一个项目中同时使用。

(2) PROFIBUS 直接键: 使用 PROFIBUS 直接键, 直接在 SIMATIC S7 的输入/输出区域内对 TP 上的位进行置位。该位区域在 STEP 7 中进行设置。此位在触摸直接键时被置位, 并且在释放直接键或离开画面时被复位。

直接键要求:

- 1) 在生成项目时, 已安装并集成了 ProTool。
- 2) 在操作期间, 触摸面板通过 PROFIBUS-DP 与 SIMATIC S7 相连接。
- 3) 在 SIMATIC STEP 7 中已经为直接键定义了位区域。

如果还未满足所有这些要求, 则 ProTool 将所组态的按钮解释为驱动直接键模块的直接键。可以通过直接键来操作的 PROFIBUS 位数取决于触摸面板。

① TP37 面板位的数为: 40 (0~39);

② TP27 面板位的数为: 24 (0~23)。

(3) 直接键模块的直接键。可以使用这些直接键来驱动 TP 背部的可选直接键模块的输出(端口)。触摸直接键时设置端口, 释放键或离开画面时重新设置端口。

直接键要求 TP 装有直接键模块, 但不满足 PROFIBUS 直接键的要求。可组态的端口数取决于触摸面板。

① TP37 面板的端口数为: 16 (1~16);

② TP27 面板的端口数为: 8 (1~8)。

(八) 变量的地址、类型及应用

变量的地址和数据类型(数据格式)取决于 PLC。

可以在“开始”→“SIMATIC”→“ProTool V6.0”→“ProTool 信息系统”的主题“过程通信”中找到有关各种 PLC 的信息。可用的 PLC 类型如下:

SIMATIC S5 - AS511

SIMATIC S5 - DP

SIMATIC S7-300/400

SIMATIC WinAC

SIMATIC S7-200

SIMATIC 500/505

SIMATIC 500/505-DP

SIMOTION

OPC (客户机/服务器)

Allen-Bradley DF1

Allen-Bradley DH485

LG GLOFA-GM

MITSUBISHI FX

MITSUBISHI Protocol 4

Modicon Modbus

Telemecanique Uni-Telway

GE Fanuc SNP/SNPX

Omron Host-Link

1. 指针化

指针化是将多个（而不是一个）变量分配给趋势、棒图或输入/输出域等，其目的就是省去相似应用组态。分配取决于索引变量的值，将运行时选择的变量分配给各索引变量值。

可以进行指针化的对象有：棒图、趋势、趋势变量及输入/输出域。

(1) 指针化棒图。在组态棒图前需要先定义可从中读取数值并显示在操作单元上的变量。指针化棒图是取决于索引变量的值，故棒图到变量的分配不是静态的（是动态的）。这允许用户确定若干个变量，其数值根据运行情况显示为实时棒图。

变量的选择通过索引变量控制。每个索引变量值都分配一个变量并读取和显示其数值。

(2) 指针化趋势。在组态趋势视图前要预先确定需显示在操作单元上的趋势。指针化趋势的选择是取决于索引变量的值，故不是静态的（是动态的）。这样可以根据不同的运行情况确定不同的趋势显示。

趋势的选择通过索引变量控制。将趋势分配给各索引变量值。使用这种指针化类型，所有趋势在后台得到更新。


(3) 指针化趋势变量。标准指针化趋势变量是为操作单元上显示的每个趋势建立一个单独的趋势缓冲区。当趋势变量被指针化时，根据索引变量的值，不同的趋势变量写入共享的趋势缓冲区（即趋势视图显示趋势缓冲区中由不同变量读取的趋势）。通过使用一个公共的趋势缓冲区，节省了操作单元上的存储空间。

索引变量的每个数值被分配了一个趋势变量，该趋势变量被写入到趋势缓冲区中。使用这种指针化的类型，由于没有为每个趋势创建独立的趋势缓冲区，所以可以将更多的过程值作为趋势显示。


(4) 指针化输入/输出域。在组态输入或输出域前，首先定义可进行输入或从中可读取输出的数值的变量。指针化输入和输出域的变量的分配不是静态的（是动态的），是取决于索引变量的值的。这将允许用户确定若干个变量，根据运行情况其数值可以在输出域中显示，或输入到输入域中并被修改。

2. 文本或图形列表

文本或图形通常比抽象的数值更易于理解。在这些文本或图形列表中，将列表中的各元素对应于各变量值。使用文本或图形列表，可以动态地为按钮设定标签、在输出域中显示文本或图形以及在输入域中选择输入文本。在很大程度上，这消除了显示中的误解和操作员的输入错误。

(1) 文本列表。文本列表为变量的每个数值分配文本。在运行时，由变量值确定从列表中选择显示文本（如在操作单元上的输入/输出域中）。为了创建新的文本列表，可在工具栏上选择  图示按钮。

注意：文本列表中可组态的取值范围是从 0~32767。

(2) 图形列表。图形列表为变量的每个数值分配一个图形。在运行时，由变量值确定从列表中选择显示图形（如在操作单元上的输出域中）。为了创建新的图形列表，在工具栏上选择  图示按钮。

3. 创建图形

图形是没有链接到 PLC 的静态显示元素。运行时图形不能在操作单元上修改，但可用于显示用户的系统或作为动态显示和控件的说明符号。

创建图形是通过 ProTool 的 OLE 界面选择嵌入式外部图形，可以使用通常使用的应用软件创建图形，而不必去熟悉新的图形程序。

ProTool 可以显示位图的图形，向量图形要在 ProTool 中显示也会被转换为像素（位图）图

形。■是选择图示的符号，也可从菜单中选择“插入”→“图形”来组态图形。

操作单元上像素图形中显示的颜色如与 ProTool 中组态的颜色不一样，则执行以下操作：在组态计算机上，从“开始”菜单中选择“设置”→“控制面板”→“显示”，并在“设置”标签上的“颜色”处选择“真彩色”设置，为组态和编译项目而保留此设置。

4. 趋势

(1) 实时趋势。实时趋势对于每个时间单元（时间脉冲）每次只从 PLC 中读取一个趋势值，并添加到操作单元上显示的趋势中。实时趋势适用于显示较慢而连续的趋势图。

(2) 模板趋势。模板趋势可以通过设置一个触发位，从 PLC 同时读取所有趋势值并在操作单元上将其显示为趋势。模板趋势适合于显示快速变化的趋势图。模板趋势的变化从其总体上来看要比单个数值（实时趋势）的效果好。

(3) 触发器。

1) 时钟触发器（作为时间的函数）。趋势中要获取的数据按固定的可调时间间隔从 PLC 读取。当组态变量时，选择“选项”标签上的“连续读”。如果已达到组态的采样数，则每个新值将最旧的数值覆盖掉。通过指定设置时间间隔、要显示的采样点数及由趋势数据覆盖的时间段来显示趋势。这种触发器类型适用于“实时趋势”。

2) 位触发器（事件触发）。一旦被事件触发，就将读取在趋势上所必须获得的数据。通过置位一个已定义的位，由 PLC 触发该事件。对于读入趋势数据有以下两种选项。

① 单数值采集：每置一位只从 PLC 读取一个数值。单值采集适用于显示“实时趋势”。

② 缓冲数据采集：每置一位，缓冲数据就作为一个完整的块从 PLC 中读出。缓冲数据采集适用于显示“历史趋势”。

3) 位触发趋势的通信区。为了能够组态位触发趋势，必须在项目窗口的“区域指针”处设置通信区，并在 PLC 上创建它们。操作单元和 PLC 通过这些区域相互通信。

① 趋势请求区：该区域可由 PLC 用来判断当前在操作单元上显示哪个趋势。

② 趋势传送区 1：该区域用来触发趋势。

③ 趋势传送区 2：只有组态有开关缓冲区的趋势需要此区域。

在所有位区域中为每个趋势分配一个指定的触发位。例如，如果已经给趋势分配了触发位 4，那么在所有位区域中此趋势都将由位 4 来识别。

4) 开关缓冲区。开关缓冲区可为模板趋势创建第二个缓冲区，便于同时读写趋势数值。当操作单元从缓冲区 1 中读取趋势值时，PLC 可能已经将新的数值写入了缓冲区 2；当操作单元从缓冲区 2 中读取数据时，PLC 正将数据写入缓冲区 1。开关缓冲区避免了在操作单元读取趋势时 PLC 重写数值。

5. 消息

消息由 PLC 产生并可以在操作单元上显示。

(1) 消息类型。

1) 事件消息：显示日常操作和过程状态以及过程本身。

2) 报警消息：显示紧急或有危险的操作和过程状态，并要求操作人员通过发出“确认”来作出反应。

3) 系统消息：显示操作单元、PLC 或它们之间通信的状态和错误。它们由操作单元或 PLC 发出。

(2) 使用消息的目的。

1) 报告系统上或过程中可能发生的事件或状态：状态产生时会立即报告。消息根据其重要性（优先级）的先后向操作人员显示。

2) 在故障检测条件下提供支持: 消息提供有关故障起因的详细信息(诊断)。消息可能对该过程产生影响。

3) 报表: 将消息事件输出到打印机。

(3) 消息的组成。一条消息组成包括消息编号、消息文本、消息变量和帮助文本。

1) 消息号: 用于引用消息。在 ProTool 中 0~2000 的范围内, 可自由选择消息号和消息文本。

2) 消息文本: 对消息的描述。消息文本的长度取决于操作单元。在组态期间, 每一行的字符数由窗口上边框处的字符(A)来标记。

3) 消息变量: 激发消息的变量。消息可以包含带变量的输出域, 它们也称作“消息变量”。

4) 帮助文本: 可以使每个消息组态包含更多的详细文本资料等。在操作单元上, 通过按“帮助”键, 帮助文本就会为操作员显示在单独的窗口内。

(4) 可以在操作单元上显示, 但不能在 ProTool 中编辑的消息。

1) 系统消息、标准诊断结果(S7 系统消息)和 NC 报警(仅适用于 OP 7 和 OP 17)中的消息号不能修改。

2) 自定义诊断结果的消息号可在 SIMATIC STEP 7 中在一定限制内自由定义。

3) 在 SIMATIC STEP 7 中将消息号分配给 Alarm_US 消息。

(5) 消息属性。

1) 优先级: 在操作单元上要对所显示消息根据其重要程度进行排队, 分出优先级, 高优先级消息在低优先级消息之前显示。

①如果几个具有相同优先级的消息都在等待显示, 则最近(最后)的消息先显示。

②如果几个具有相同优先级的未确认的报警消息等待显示, 则可以通过设定来选择最先显示是最近(最后)还是最旧(最先)的消息。

在“属性”对话框中为所有单个消息组态优先级。通过从菜单中选择“系统”→“消息”→“设置”来设置排序方法。

2) 确认组: 报警消息可以被分配到确认组。

3) 打印: 从菜单中选择“系统”→“消息”→“设置”之后, 再选择“一有消息事件就进行打印”, 则消息事件(激活、已清除、已确认)就会被自动记录在打印机上。在“属性”对话框中为所有单个消息组态打印。

4) 端口/继电器。

①选择“继电器”, 那么“激活的”消息事件将自动驱动操作单元上的继电器。

②选择“端口”, 那么“激活的”消息事件就自动驱动操作单元上的端口。为此, 必须将“直接键模块”(DKM)连接到该操作单元上。

(6) 确认消息。报警消息可以由操作员在操作单元上确认或者由 PLC 程序来确认。通过确认报警消息, 可确认操作员已注意到该消息。在组态消息时, 可设置操作员是单个地确认每条消息, 还是对一组消息一起进行确认。

(7) 系统消息。系统消息由“消息号”和“消息文本”组成。消息文本包含内部系统变量, 这些变量提供关于出错消息的原因的更详细内容。

系统消息提供关于操作单元操作状态的信息。可能的系统消息的范围很大, 包括从提示消息到严重的出错消息。

在“系统”→“消息”→“系统消息”处, 用户可设置希望哪个系统消息显示在操作单元上以及显示多长时间(见图 2-49)。

注意: 设置为 0, 意味着显示为静态。过程显示窗口直到按下 Esc 键才关闭。



图 2-49 系统消息设置

(8) 在操作单元上显示消息。消息显示在特定的过程窗口中。从菜单上选择“系统”→“画面/键”来设置下列对象的属性：

1) 消息窗口/消息行。消息在此处输出。

2) 消息指示器。消息指示器指示报警消息正在等待或需要确认。消息指示器可用于触摸面板上消息的确认。

(9) 消息设置（见图 2-50）。



图 2-50 消息设置

1) 报警消息的排序：对多个同优先级的未确认报警消息进行排队。

2) 消息缓冲区的：消息缓冲区是操作单元 RAM 中带缓冲的内存区域，消息事件按时间顺序存储在它其中。它具有指定大小的先进先出缓冲区形式，并且不需要组态。

消息缓冲区的大小为 512 个消息事件。每个消息事件存储有下列信息：

- ① 消息编号。
- ② 事件标识（“K”表示激活，“G”表示已清除，“Q”表示已确认）。
- ③ 由日期和时间组成的时间标志。
- ④ 确认组“QGR”（仅适用于报警消息）。
- ⑤ 消息文本。
- ⑥ 在到达或离开时消息变量的值。

如果消息包含过程值，则那些在消息事件到达或离开时有效的数值保存在消息缓冲区内。对于“已确认”消息状态，操作单元不会采集任何当前的过程值，而是用字符###代替该数值。

(10) 消息视图类型（消息窗口或消息行）。通过从菜单中选择“系统”→“画面/键”，可设

置操作单元上消息的显示（见图 2-51）。可在下列组合中选择。

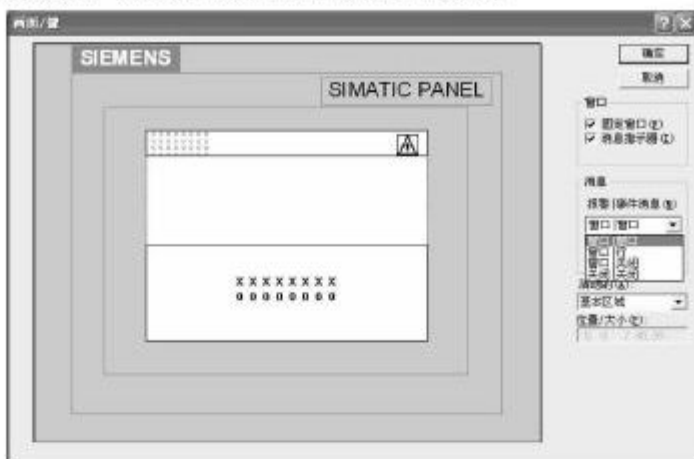


图 2-51 消息视图设置

1) 窗口—窗口：事件消息和报警消息显示在独立的消息窗口中。一旦有报警消息到达，报警消息窗口就会自动打开；可以通过选择功能“事件窗口”来允许和禁止事件消息窗口。

2) 窗口—行：报警消息在消息窗口中显示，而事件消息在消息行中显示。消息行始终可见。当有报警消息到达时报警消息窗口就会自动打开。

3) 窗口—关：报警消息在消息窗口中显示。事件消息不显示。

4) 行—行：除了触摸面板消息行始终可见。发出的任何报警消息或事件消息都按其优先级显示在消息行上。

(11) 消息指示器的显示。通过从菜单中选择“系统”→“画面/键”可对操作单元上的消息指示器显示进行设置。消息指示器显示报警消息正在等待。

1) 一旦有新的报警消息处于等待状态，则报警消息窗口和消息指示器就会显示出来。

2) 只要至少有一个未确认的报警信息还在排队，消息指示器就会闪烁。

■触摸面板上的消息指示器：在触摸面板上，消息指示器是“可操作的按钮”，用于确认报警消息。因此，它不能隐藏。

3) 消息指示器的两种状态：

① 闪烁。一旦至少有一个未确认的报警消息在排队。

② 静态。当所有排队的报警消息已被确认，但其中至少还有一个仍未清除时。直到所有已确认的消息均已离开，消息指示器才变成隐藏。这样，就不会让用户忘记队列中等待着的报警消息。

如果报警消息窗口显示在画面的上部，报警消息页面可以通过触摸消息指示器来打开。每次触摸时，均可在报警消息缓冲区和报警消息页面之间进行切换。

(12) 组态消息记录。

1) 组态事件或报警消息：先插入新的区域指针（见图 2-52）。

2) 选择事件或报警消息，单击“确定”按钮。

3) 在“项目”对话框中单击左边的消息。

4) 在“项目”对话框的右边双击事件或报警消息，对事件或报警消息进行编辑（见图 2-53）。

先设置报警消息区，然后组态事件或报警消息（组态方法见第六章和第八章）。



图 2-52 插入新的区域指针

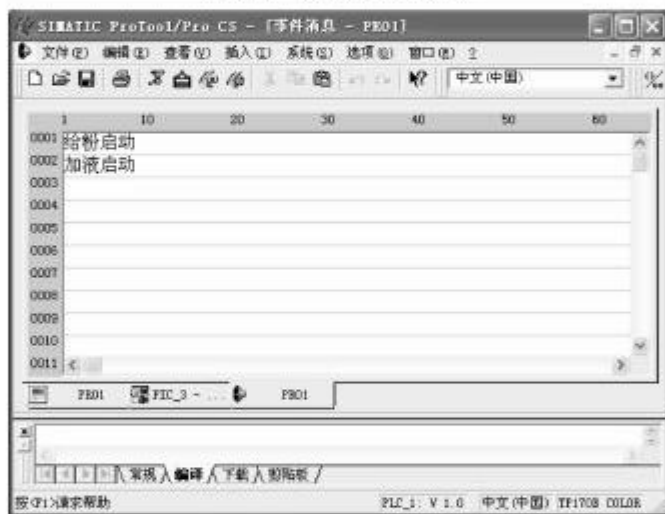


图 2-53 事件消息

6. 触发功能

在 ProTool 中，可以将“事件”（如“按下键”）与预定义的功能进行链接。如果在操作期间此事件发生，则相关的功能将在操作单元或 PLC 上执行指定的动作。

(1) 触发功能的应用。

1) 为指定过程建立项目（如从一个画面切换到另一个画面）操作单元上的“选择画面”功能可打开特定的项目画面。

2) 控制过程（如进行置位以打开电机）。

3) 使用操作单元的特性（如消息缓冲区的显示或打印输出）。

4) 在操作单元上完成系统的在线设置（如改变模式）。

(2) 触发功能的控件。功能的执行总是与指定的事件相链接。只有当该事件发生时，才触发功能。事件能与某个功能相链接取决于该功能的类型。许多功能只对某些指定事件有效。例如，创建一按钮，对“按钮释放时”添加功能。

(3) 组合多个功能。一个对象的多个功能对于前者，当按下某个特定的功能键（或按钮）时，执行功能；而对于后者，当再次释放功能键（或按钮）时，执行功能。

如将“M0.2”用作常开按钮，当按下该键时，首先置位“M0.2”，当功能键被释放时，再复位“M0.2”。

(4) 显示日期和时间。使用操作单元上的功能可以显示和修改日期和时间。在每种情况下都存在一个可用于日期显示/编辑的功能和一个可用于时间显示/编辑的功能（见图 2-55）。



图 2-54 对象（按钮）功能



图 2-55 时间/日期

用这些与 PLC 没有链接的变量对功能进行组态。在每个项目中，只可使用一个与日期或时间存在链接的变量。如果为此使用了一个以上的变量，则在对日期和时间进行设置或修改时，它们不能被更新。

在操作单元上显示并改变日期。在画面中创建一个“时间/日期”，“数据源”选择“系统时间 (S)”。

注意：如果要日期显示在另一个域内，则还需要使用 Date 变量。

7. 配方

配方的目的是将一组相关数据作为一个整体同步传送到 PLC。属于配方的参考数值域（变量）在配方中定义。用户使用配方在 ProTool 项目中定义数据结构，随后在操作单元上不能改变该结构。在 ProTool 中，最多可组态 255 个配方。

3

第三章 变频器的原理及应用

第一节 概 述

变频器是以电力电子技术、微电子技术和现代控制理论在交流调速系统中的应用为基础上发展起来的智能型的调速设备。变频调速是现代电力传动技术的重要发展方向,随着近十几年电力电子技术的不断完善及计算机技术的发展,变频器的各种性能日趋完美,已被不同学科、不同行业的工程技术人员广泛应用,为企业带来了可观的经济效益,推动了工业生产的自动化进程,是极富吸引力的调速节能设备之一。

变频器的出现是调速领域变革的标志。变频器原用于交流电动机的调速,其性能不仅超过以往的多种交、直流调速方式,而且结构简单、调速范围宽、调速精度高、控制灵活、安装调试使用方便、保护功能完善、运行稳定可靠,并且极大地简化了调速系统的应用,这也使得变频器在各行业的调速系统(设备)及节能降耗中被越来越多地使用。值得一提的是当把变频器用在变转矩的负载时,其节能效果尤其显著,已经成为变转矩回转设备节电的最佳方式及选择,解决了传统的调速系统所无法解决的问题。变频器在各种调速领域已逐渐成为必不可少的设备,并成为最有发展前途的一种交流调速方式。

现代变频交流调速在很多场合已逐渐取代了过去的内反馈串级调速、变极调速等调速系统,甚至取代了液力耦合、滑差、直流调速。可以说,有交流电动机调速的地方就有变频器的应用。

变频器作为一种新型的调速节能设备,是目前最简单、方便的一种调速节能方式。目前,变频器在我国的应用范围已深入到石油、电力、冶炼、军工、化工等各种工业生产及民用行业中,其中,单相的变频调速应用已走入家庭的空调等。

对没有使用过变频器或只具备电气控制基础的人来说,对变频器感到复杂,不知怎样使用变频器。在这里,将用直观的方法概括出变频器的原理及其应用。

第二节 电动机基础

本书中讲的变频器均是用作电动机调速,所以要想更好地使用变频器,也应对电动机有一定成度的了解。本节针对变频器的应用,着重了解三相异步电动机的原理及应用。

电动机俗称马达(英文 Motor),在电路中常用字母“M”(旧标准用“D”)来表示,是最常见的一种电动力驱动设备,其主要作用是将电能转化为机械能并产生驱动力矩,从而带动各种生产机械设备和生活用电器等的运转。特别是三相异步电动机被广泛地应用于各种行业及领域,成为生产生活中不可缺少的重要设备。

(一) 电动机的分类

电动机有很多种类,以下介绍电动机的分类。

(1) 按电动机的工作电源分类:可分为直流电动机和交流电动机。其中,直流电动机按结构及工作原理可分为无刷直流电动机和有刷直流电动机。交流电动机则可分为单相电动机和三相电动机。

(2) 按交流电动机的结构及工作原理分类:可分为异步电动机和同步电动机。

(3) 按交流电动机的用途分类：可分为驱动用电动机和控制用电动机。其中，驱动用电动机又分为动力驱动用电动机（常见的各种机械设备用的三相交流电动机）、电动工具用电动机（包括钻孔、抛光、磨光、开槽、切割、扩孔等工具）、家电用电动机（包括洗衣机、电风扇、电冰箱、空调器、录音机、录像机、影碟机、吸尘器、照相机、电吹风、电动剃须刀等）及其他通用小型机械设备用电动机（包括各种小型机床、小型机械、医疗器械、电子仪器等）。

控制用电动机又分为步进电动机和伺服电动机等。

(4) 按交流电动机的转子的结构分类：可分为笼形感应电动机（即鼠笼形异步电动机）和绕线转子感应电动机（即绕线形异步电动机）。

(5) 按交流电动机的运转速度分类：可分为高速电动机、低速电动机、恒速电动机、调速电动机。其中，调速电动机除可分为有级恒速电动机、无级恒速电动机、有级变速电动机和无级变速电动机外，还可分为电磁调速电动机、直流调速电动机、PWM变频调速电动机和开关磁阻调速电动机。

(二) 交流异步电动机的结构及工作原理

1. 单相异步电动机的结构及工作原理

(1) 单相异步电动机的结构。单相异步电动机由定子、转子、轴承、机壳、端盖等构成。其中，定子由机座和带绕组的铁芯组成。铁芯由硅钢片冲槽叠压而成，槽内嵌装两套空间互隔 90° 电角度的主绕组（也称运行绕组）和辅绕组（也称启动绕组或副绕组）。主绕组接交流电源，辅绕组串接离心开关或启动电容、运行电容等之后，再接入电源。

转子为笼型铸铝转子，它是将铁芯叠压后用铝铸入铁芯的槽中，并一起铸出端环，使转子导条短路成鼠笼型。

单相异步电动机有单相电阻启动异步电动机、单相电容启动异步电动机、单相电容运转异步电动机和单相双值电容异步电动机。

(2) 单相交流电动机的工作原理。单相交流电动机只有一个绕组，转子是鼠笼式的。当单相正弦电流通过定子绕组时，电动机就会产生一个交变磁场，这个磁场的强弱和方向随时间作正弦规律变化，但在空间方位上是固定的，所以又称这个磁场是交变脉动磁场。这个交变脉动磁场可分解为两个以相同转速、旋转方向互为相反的旋转磁场，当转子静止时，这两个旋转磁场在转子中产生两个大小相等、方向相反的转矩，使得合成转矩为零，所以电动机无法旋转。当用外力使电动机向某一方向旋转时（如顺时针方向旋转），这时转子与顺时针旋转方向的旋转磁场间的切割磁力线运动变小；转子与逆时针旋转方向的旋转磁场间的切割磁力线运动变大。这样平衡就打破了，转子所产生的总的电磁转矩将不再是零，转子将顺着推动方向旋转起来。要使单相电动机能自动旋转起来，可在定子中加上一个启动绕组，启动绕组与主绕组在空间上相差 90° ，启动绕组要串接一个合适的电容，使得与主绕组的电流在相位上近似相差 90° ，即所谓的分相原理。这样两个在时间上相差 90° 的电流通入两个在空间上相差 90° 的绕组，将会在空间上产生（两相）旋转磁场。

在这个旋转磁场作用下，转子就能自动启动，启动后，待转速升到一定时，借助于一个安装在转子上的离心开关或其他自动控制装置将启动绕组断开，正常工作时只有主绕组工作。因此，启动绕组可以做成短时工作方式。但有很多时候，启动绕组并不断开，这种电动机称为电容式单相电动机，要改变这种电动机的转向，可由改变电容器串接的位置来实现。

(3) 罩极式电动机。在单相电动机中，产生旋转磁场的另一种方法称为罩极法，又称单相罩极式电动机。罩极式电动机是单向交流电动机中最简单的一种，通常采用笼型斜槽铸铝转子。它根据定子外形结构的不同，又分为凸极式罩极电动机和隐极式罩极电动机。

1) 凸极式罩极电动机有两极和四极两种。其定子铁芯外形有方形、矩形或圆形几种，磁极

凸出，凸极磁极上的集中绕组作为主绕组。每个磁极在 $1/3 \sim 1/4$ 全极面处开有小槽，把磁极分成两个部分，在小的部分上套装一个或多个起辅助作用的短路铜环（即罩极绕组），好像把这部分磁极罩起来一样，所以叫罩极式电动机。单相绕组套装在整个磁极上，每个极的线圈是串联的，连接时必须使其产生的极性依次按 N、S、N、S 排列。当定子绕组通电后，在磁极中产生主磁通，根据楞次定律，其中穿过短路铜环的主磁通在铜环内产生一个在相位上滞后 90° 的感应电流，此电流产生的磁通在相位上也滞后于主磁通，它的作用与电容式电动机的启动绕组相当，从而产生旋转磁场使电动机转动起来。

2) 隐极式罩极电动机的定子铁芯与普通单相电动机的铁芯相同，其定子绕组采用分布绕组，主绕组分布于定子槽内，罩极绕组不用短路铜环，而是用较粗的漆包线绕成分布绕组（串联后自行短路）嵌装在定子槽中（约为总槽数的 $1/3$ ），起辅助绕组的作用。主绕组与罩极绕组在空间相距一定的角度。当罩极电动机的主绕组通电后，罩极绕组也会产生感应电流，使定子磁极被罩极绕组罩住部分的磁通与未罩部分向被罩部分的方向旋转。

2. 三相异步电动机

三相异步电动机的结构与单相异步电动机相似，其定子铁芯槽中嵌装三相绕组（有单层链式、单层同心式和单层交叉式三种结构）。定子绕组接入三相交流电源后，绕组电流产生的旋转磁场，在转子导体中产生感应电流，转子在感应电流和气隙旋转磁场的相互作用下，又产生电磁转矩（即异步转矩），使电动机旋转。

(1) 结构。三相异步电动机的种类很多，但各类三相异步电动机的基本结构是相同的，它们都由定子和转子这两大基本部分组成，在定子和转子之间具有一定的气隙。此外，还有端盖、轴承、接线盒、吊环等其他附件，如图 3-1 所示。

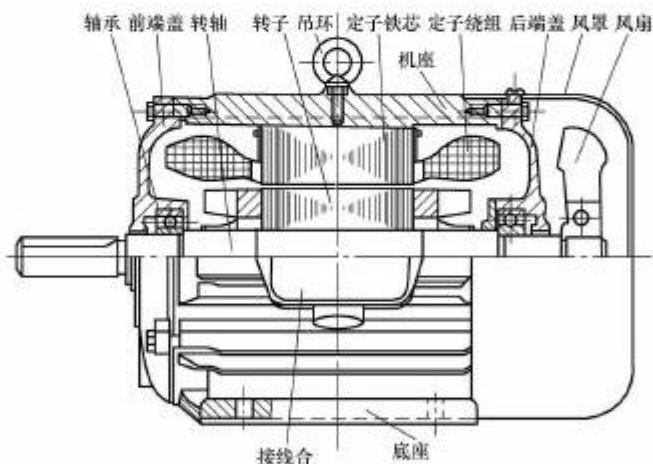


图 3-1 封闭式三相笼型异步电动机结构图

定子是用来产生旋转磁场的。三相电动机的定子一般由外壳、定子铁芯、定子绕组等部分组成。

1) 外壳。三相电动机外壳包括机座、端盖、轴承盖、接线盒及吊环等部件。

机座：铸铁或铸钢浇铸成型，它的作用是保护和固定三相电动机的定子绕组。中、小型三相电动机的机座还有两个端盖支撑着转子，它是三相电动机机械结构的重要组成部分。通常，机座的外表要求散热性能好，所以一般都铸有散热片。

端盖：用铸铁或铸钢浇铸成型，它的作用是把转子固定在定子内腔中心，使转子能够在定子

中均匀地旋转。

轴承盖：也是铸铁或铸钢浇铸成型的，它的作用是固定转子，使转子不能轴向移动，另外起存放润滑油和保护轴承的作用。

接线盒：一般是用铸铁浇铸，其作用是保护和固定绕组的引出线端子。

吊环：一般是用铸钢制造，安装在机座的上端，用来起吊、搬抬三相电动机。

2) 定子铁芯。步电动机定子铁芯是电动机磁路的一部分，由0.35~0.5mm厚表面涂有绝缘漆的薄硅钢片叠压而成，如图3-2所示。由于硅钢片较薄而且片与片之间是绝缘的，所以减少了由于交变磁通通过而引起的铁芯涡流损耗。铁芯内圆有均匀分布的槽口，用来嵌放定子绕组。

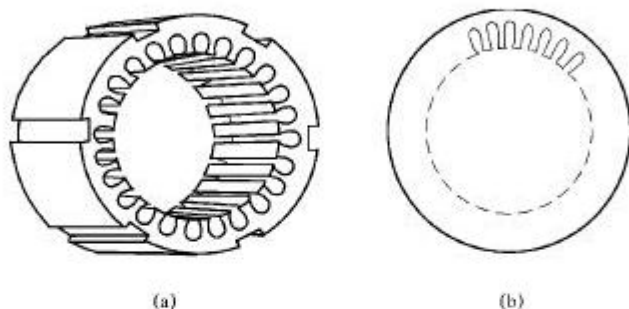


图3-2 定子铁芯及冲片示意图
(a) 铁芯；(b) 冲片

3) 定子绕组。定子绕组是三相电动机的电路部分，三相电动机有三相绕组，通入三相对称电流时，就会产生旋转磁场。三相绕组由三个彼此独立的绕组组成，且每个绕组又由若干线圈连接而成。每个绕组即为一相，每个绕组在空间相差120°电角度。线圈由绝缘铜导线或绝缘铝导线绕制。中、小型三相电动机多采用圆漆包线，大、中型三相电动机的定子线圈则用较大截面的绝缘扁铜线或扁铝线绕制后，再按一定规律嵌入定子铁芯槽内。定子三相绕组的六个出线端都引至接线盒上，首端分别标为 U_1 、 V_1 、 W_1 ，末端分别标为 U_2 、 V_2 、 W_2 。这六个出线端在接线盒里的排列如图3-3所示，可以接成星形或三角形。

4) 转子铁芯。用0.5mm厚的硅钢片叠压而成，套在转轴上，作用和定子铁芯相同，一方面作为电动机磁路的一部分；一方面用来放转子绕组。

5) 转子绕组。异步电动机的转子绕组分为绕线形与笼形两种，由此分为绕线转子异步电动机与笼形异步电动机。

① 绕线形绕组。与定子绕组一样也是一个三相绕组，一般接成星形，三相引出线分别接到转轴上的三个与转轴绝缘的集电环上，通过电刷装置与外电路相连，这就有可能在转子电路中串接电阻或电动势以改善电动机的运行性能，如图3-4所示。

② 笼形绕组。在转子铁芯的每一个槽中插入一根铜条，在铜条两端各用一个铜环（称为端环）把导条连接起来，称为铜排转子，如图3-5(a)所示。也可用铸铝的方法，把转子导条和端环风扇叶片用铝液一次浇铸而成，称为铸铝转子，如图3-5(b)所示。100kW以下的异步电动机一般采用铸铝转子。

6) 其他部分。其他部分包括端盖、风扇等。端盖除了起防护作用外，在端盖还装有轴承，用以支撑转子轴。风扇则用来通风冷却电动机。三相异步电动机的定子与转子之间的空气隙，一般仅为0.2~1.5mm。气隙太大，电动机运行时的功率因数降低；气隙太小，使装配困难，运行不可靠，高次谐波磁场增强，从而使附加损耗增加以及使启动性能变差。

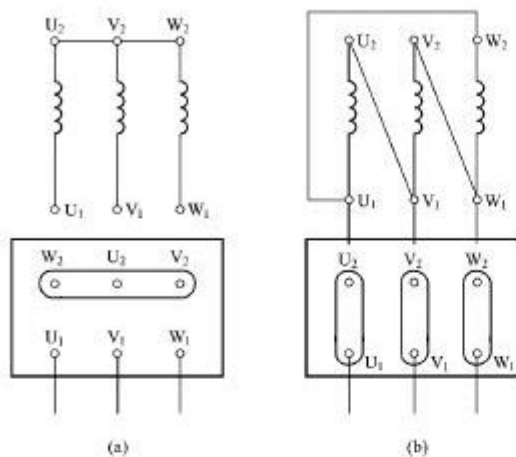


图 3-3 定子绕组的连接
(a) 星形连接；(b) 三角形连接

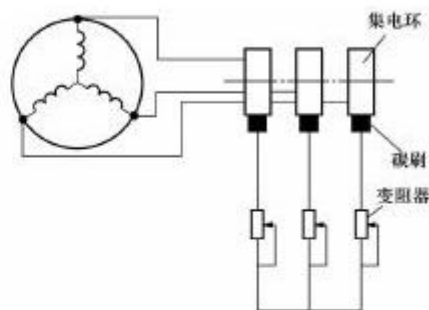


图 3-4 绕线形转子与外加变阻器的连接

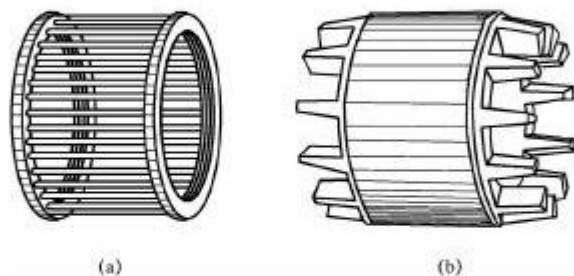


图 3-5 笼形转子绕组
(a) 铜条笼形转子；(b) 铸铝笼形转子

(2) 三相异步电动机的原理。

- 1) 三相交流电流波形及电角度。
- 2) 三相交流电机的旋转磁场。

三相异步电动机要旋转起来的先决条件是具有一个旋转磁场，三相异步电动机的定子绕组就是用来产生旋转磁场的。常用的三相交流电源的相与相之间的电压在相位上是相差 120° 的，而三相异步电动机定子中的三个绕组在空间方位上也互差 120° 。当在定子绕组中通入三相电源时，定子绕组就会产生一个旋转磁场，其产生的过程如图 3-6 所示。图中分六个时刻来描述旋转磁场的产生过程。电流每变化一个周期，旋转磁场在空间旋转一周，即旋转磁场的旋转速度与电流的变化是同步的。

旋转磁场的转速为：

$$n = 60f/P$$

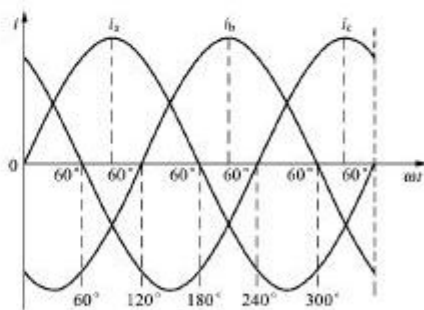


图 3-6 三相交流电流波形图及电角度示意图

式中 f ——电源频率；
 P ——磁场的磁极对数；
 n ——转速， n/min 。

三相异步电动机转子之所以会旋转、实现能量转换，是因为转子气隙内有一个旋转磁场。下面来讨论旋转磁场的产生。

如图 3-7 所示的旋转磁场示意图， U_1U_2 、 V_1V_2 、 W_1W_2 为三相定子绕组，在空间彼此相隔 120° ，接成 Y 形。三相绕组的首端 U_1 、 V_1 、 W_1 接在三相对称电源上，有三相对称电流通过三相绕组。设电源的相序为 U、V、W 的初相角为零，电流波形的变化如图 3-6 所示。

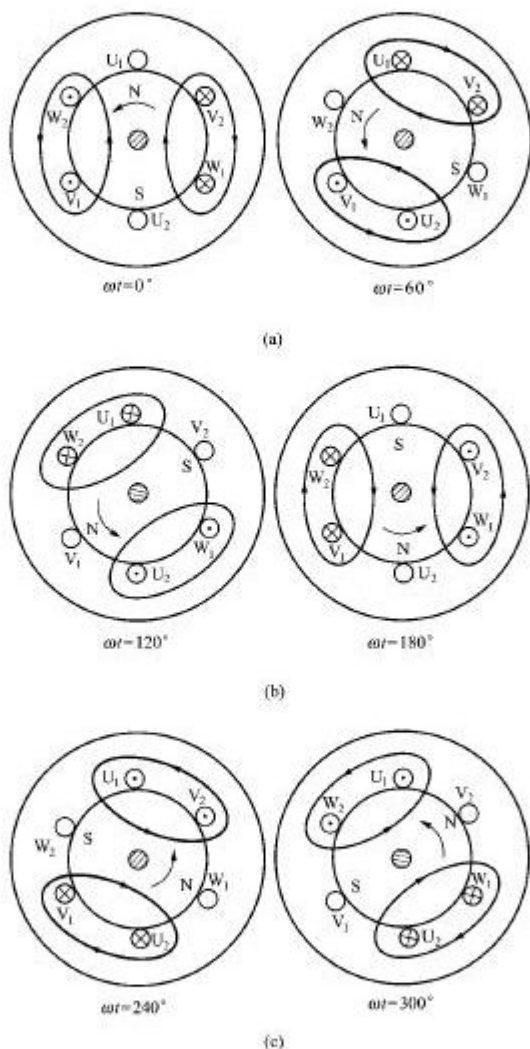


图 3-7 旋转磁场示意图

为了分析方便，假设电流为正值时，在绕组中从始端流向末端（如 U_1 进 U_2 出），电流为负值时，在绕组中从末端流向首端（如 U_2 进 U_1 出）。

根据图 3-6 电角度所示，来讲述旋转磁场的旋转过程：设定子绕组为逆时针排布方式，空间

差 120° ，呈对称分布。当对三相绕组通上三相对称的交流电流时，产生的合成磁场为极对数 $p=1$ 的空间旋转磁场，旋转磁场的旋转周期与电源周期相同。

当 $\omega t=0^\circ$ 时， $i_a=0$ ， i_b 为负， i_c 为正，根据“右手螺旋定则”，三相电流所形成一个合成（旋转）磁场，如图 3-7 (a) “ $\omega t=0^\circ$ 时”所示。

当 $\omega t=60^\circ$ 时， i_a 为正， i_b 为负， $i_c=0$ ，根据“右手螺旋定则”，三相电流所形成一个合成（旋转）磁场，如图 3-7 (a) “ $\omega t=60^\circ$ 时”所示。

当 $\omega t=120^\circ$ 时， i_a 为正， $i_b=0$ ， i_c 为负，根据“右手螺旋定则”，三相电流所形成一个合成（旋转）磁场，如图 3-7 (b) “ $\omega t=120^\circ$ 时”所示。

当 $\omega t=180^\circ$ 时， $i_a=0$ ， i_b 为正， i_c 为负，根据“右手螺旋定则”，三相电流所形成一个合成（旋转）磁场，如图 3-7 (b) “ $\omega t=180^\circ$ 时”所示。

当 $\omega t=240^\circ$ 时， i_a 为负， i_b 为正， $i_c=0$ ，根据“右手螺旋定则”，三相电流所形成一个合成（旋转）磁场，如图 3-7 (a) “ $\omega t=240^\circ$ 时”所示。

当 $\omega t=300^\circ$ 时， i_a 为负， $i_b=0$ ， i_c 为正，根据“右手螺旋定则”，三相电流所形成一个合成（旋转）磁场，如图 3-7 (a) “ $\omega t=300^\circ$ 时”所示。

由此可见，对称三相电流分别通入对称三相绕组 $U_1 U_2$ 、 $V_1 V_2$ 、 $W_1 W_2$ 中所形成的合成磁场，是一个随时间变化的旋转磁场。

以上分析的是电动机产生一对磁极时的情况，当定子绕组连接形成的是两对磁极时，运用相同的方法可以分析出此时电流变化一个周期，磁场只转动了半圈，即转速减慢了一半。

旋转磁场的旋转方向与绕组中电流的相序有关，当相序 A、B、C 顺时针排列时，磁场顺时针方向旋转；当相序 A、B、C 逆时针排列时，则磁场必然逆时针方向旋转。

3) 三相异步电动机的旋转。三相交流电通入定子绕组后，便形成了一个旋转磁场，其转速（频率）与三相交流电源的频率相同。转子导体切割旋转磁场的磁力线产生感应电动势（发电机右手定则），因为转子绕组是闭合的而产生感应电流，转子导体中的感应电流又与旋转磁场相互作用产生电磁力，电磁力产生的电磁转矩驱动转子沿旋转磁场 n_1 方向以 n 的转速旋转起来（电动机左手定则）。并从轴上输出一定大小的机械功率。

特点：电动机内必须有一个以 n_1 旋转的磁场来实现三相异步电动机旋转的前提；电动机的运行时， n 不能等于 n_1 是保持异步的必要条件；三相异步电动机建立转矩的电流由感应产生，故也称之为三相异步感应电动机的。

三相异步电动机的转子转速 n 始终不会加速到旋转磁场的转速 n_1 。因为只有这样，转绕组与旋转磁场之间才会有相对运动而切割磁力线，转子绕组导体中才能产生感应电动势和电流，从而产生电磁转矩，使转子按照旋转磁场的方向继续旋转。由此可见，转子转速 n 小于旋转磁场的转速 n_1 是三相异步电动机工作的必要条件。

4) 三相异步电动机的转差率。

旋转磁场转速 n_1 与转子转速 n 之差与同步转速 n_1 之比称为异步电动机的转差率 s ，即

$$s = (n_1 - n) / n_1$$

转差率是异步电动机的一个基本参数，对分析和计算异步电动机的运行状态及其机械特性有着重要的意义。转子尚未转动时， $n=0$ 时， $s=1$ ；当 $0 < n < n_1$ 时， $0 < s < 1$ ，可知异步电动机处于

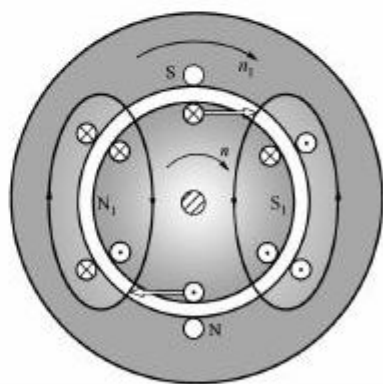


图 3-8 三相异步电动机的旋转的原理示意图

电动机状态时，转差率的变化范围总在 $0 \sim 1$ ，即 $0 < s < 1$ 。一般情况下，额定运行时 $s = 1\% \sim 5\%$ 。当 $s < 0$ 时，异步电动机是处于发电机运行状态（该种情况在此不多讲述）。

当异步电动机处于电动机状态运行时，电磁转矩和转速 n 同向。当异步电动机处于发电机状态运行时，电磁转矩和转速 n 相反。

5) 国产中小型三相电动机的型号及性能参数。

①型号。国产中小型三相电动机型号的系列为 Y 系列，是按国际电工委员会 IEC 标准设计生产的三相异步电动机，它是以电机中心高度为依据编制型号谱的，如图 3-9 所示。

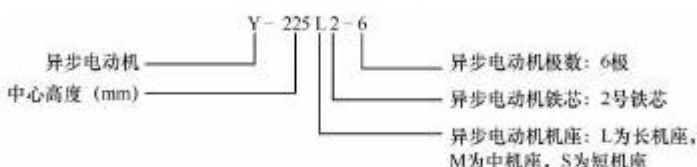


图 3-9 国产中小型三相电动机型号的编制

中、小型三相异步电动机的机座号与定子铁芯外径及中心高度的关系见表 3-1 和表 3-2。

表 3-1 小型异步三相电动机

机座号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
定子铁芯外径 mm	120	145	167	210	245	280	327	368	423
中心高度 mm	90	100	112	132	160	180	225	250	280

表 3-2 中型异步三相电动机

机座号	11	12	13	14	15
定子铁芯外径 mm	560	650	740	850	990
中心高度 mm	375	450	500	560	620

②性能参数。

A. 额定功率是指在满载运行时三相电动机轴上所输出的额定机械功率，用千瓦 (kW) 或瓦 (W) 为单位。

B. 额定电压是指接到电动机绕组上的线电压，用 U_N 表示。三相电动机要求所接的电源电压值的变动一般不应超过额定电压的 $\pm 5\%$ 。电压过高，电动机容易烧毁；电压过低，电动机难以启动，即使启动后电动机也可能带不动负载，容易烧坏。

C. 额定电流是指三相电动机在额定电源电压下，输出额定功率时，流入定子绕组的线电流，用 I_N 表示，以安 (A) 为单位。若超过额定电流过载运行，三相电动机就会过热乃至烧毁。

D. 额定频率是指电动机所接的交流电源每秒钟内周期变化的次数，用 f_N 表示。我国规定标准电源频率为 50Hz。

E. 额定转速表示三相电动机在额定工作情况下运行时每分钟的转速，用 n_N 表示，一般是略小于对应的同步转速 n_s 。如 $n_s = 1500r/min$ ，则 $n_N = 1440r/min$ 。

F. 绝缘等级是指三相电动机所采用的绝缘材料的耐热能力，它表明三相电动机允许的最高工作温度。

G. 定额是指三相电动机的运转状态，即允许连续使用的时间，分为连续、短时、周期断续三种。

连续工作状态：指电动机带额定负载运行时，运行时间很长，电动机的温升可以达到稳态温升的工作方式。

短时工作状态：指电动机带额定负载运行时，运行时间很短，使电动机的温升达不到稳态温升；停机时间很长，使电动机的温升可以降到零的工作方式。

周期断续工作状态：指电动机带额定负载运行时，运行时间很短，使电动机的温升达不到稳态温升；停止时间也很短，使电动机的温升降不到零，工作周期小于10min的工作方式。

H. 接法。三相电动机定子绕组的连接方法有星形（Y）和三角形（ Δ ）两种。定子绕组的连接只能按规定方法连接，不能任意改变接法，否则会损坏三相电动机。

I. 防护等级表示三相电动机外壳的防护等级，其中IP是防护等级标志符号，其后面的两位数字分别表示电机防固体和防水能力。数字越大，防护能力越强，如IP44中第一位数字“4”表示电机能防止直径或厚度大于1mm的固体进入电机内壳。第二位数字“4”表示能承受任何方向的溅水。

（三）交流同步电动机

1. 概述

交流同步电动机是一种恒速驱动电动机，其转子转速与电源频率保持恒定的比例关系，大型的交流同步电动机被通常应用于石油、化工、纺织等行业的多种机械设备的驱动，小型及微型交流同步电动机则用于电子仪器仪表、现代办公设备等。

同步电动机是属于交流电机，定子绕组与异步电动机相同。它的转子旋转速度与定子绕组所产生的旋转磁场的速度是一样的，所以称为同步电动机。正由于这样，同步电动机的电流在相位上是超前于电压的，即同步电动机是一个容性负载。为此，在很多时候，同步电动机是作为改进供电系统的功率因素的调相机使用。

2. 同步电动机的种类

同步电动机在结构上大致有以下两种。

（1）转子用直流电进行励磁的同步电机。这种电动机的转子一般是显极式的，安装在磁极铁芯上面的磁场线圈是相互串联的，接成具有交替相反的极性，并有两根引线连接到装在轴上的两只滑环上面。磁场线圈是由一只小型直流发电机或蓄电池来激励，在大多数同步电动机中，直流发电机是装在电动机轴上的，用以供应转子磁极线圈的励磁电流。

由于这种同步电动机不能自动启动，所以在转子上还装有鼠笼式绕组而作为电动机启动之用。鼠笼绕组放在转子的周围，结构与异步电动机相似。

当在定子绕组通上三相交流电源时，电动机内就产生了一个旋转磁场，鼠笼绕组切割磁力线而产生感应电流，从而使电动机旋转起来。电动机旋转之后，其速度慢慢增高到稍低于旋转磁场的转速，此时转子磁场线圈经由直流电来激励，使转子上面形成一定的磁极，这些磁极就企图跟踪定子上的旋转磁极，这样就增加电动机转子的速率直至与旋转磁场同步旋转为止。

（2）转子不需要励磁的同步电机。转子不励磁的同步电动机能够运用于单相电源上，也能运用于多相电源上。这种电动机中，有一种的定子绕组与分相电动机或多相电动机的定子相似，同时有一个鼠笼转子，而转子的表面切成平面，仍属于显极转子，转子磁极是由一种磁化钢做成的，而且能够经常保持磁性。鼠笼绕组是用来产生启动转矩的，而当电动机旋转到一定的转速时，转子显极就跟住定子线圈的电流频率而达到同步。显极的极性是由定子感应出来的，因此它的数目应和定子上极数相等，当电动机转到它应有的速度时，鼠笼绕组就失去了作用，维持旋转是靠转子与磁极跟住定子磁极，使之同步。

本书中所讲到的变频器调速及节能都是针对交流异步电动机的，故在此对交流同步电动机不做过多的介绍。

第三节 电 动 机 的 调 速

一、概述

电动机的调速方法主要有变极、液力耦合、滑差及变频等，其中液力耦合、滑差及变频属无极调速。本章要讲述的重点——变频器，就是为电动机的无极调速而开发设计的。为了使读者对调速有更深刻的理解，在此对变极、液力耦合、滑差等调速作些简单的介绍。

二、变极调速

(一) 变极电动机

改变电动机的极数就能改变电动机的转速。可以进行变极调速的电动机也称之为变极电动机。变极电动机在制造时就使绕组具有2极、4极、8极等接线方式，实际使用时通过切换电动机的极数（即改变绕组的接线方式）来实现调速，这种调速的特点是只分几个阶段调速，控制系统较普通电机来说要复杂；如调速阶段精度要求高，则需另加机械调速方式进行配合。

(二) 变极调速的方法

笼形异步电动机往往采用下列两种方法来变更绕组的极对数。

- (1) 改变定子绕组的接线，或者说变更定子绕组每相电流的方向；
- (2) 在定子绕组上设置具有不同极对数的两套互相独立的绕组。

对于同一台电动机为了获得更多的速度等级，如需要得到四个以上的速度等级，上述两种方法往往同时采用。

变极调速的电动机的电气控制要比普通的电动机的控制复杂，关于这种控制可查阅有关电气工程手册。

三、液力耦合器调速

(一) 液力耦合器

调速型液力耦合器是以液体为介质传递功率的一种液力传动装置，它安装在电动机和工作机（如风机、水泵）之间，可在电动机转速恒定的情况下无级调节工作机的转速。

调速型液力耦合器主要应用于冶金、电力、化工、建材、煤炭、港口等行业的水泵、风机、带式输送机、球磨机、磨煤机、破碎机等机械设备上，具有改善电动机启动性能、防止电动机过载、隔离扭振、调速节能、均衡负荷、改善动力机与工作机的匹配性能等优点。

(二) 调速型液力耦合器的主要结构及其工作过程

调速型液力耦合器以液体为介质传递功率，主要由泵轮、涡轮、转动外壳、导流管等组成（见图3-10），相当于离心泵和涡轮机的组合，调速型液力耦合器的工作腔内充有一定量的工作液（通常为油）。动力机（电动机）通过输入轴带动泵轮转动，使工作轮泵轮从电动机上获得机械能；进入泵轮工作腔中的工作液体（油）在叶片带动下，因离心力作用沿泵轮叶片由泵轮内侧流向外缘，使液体的动量矩增大，并形成高压高速液流冲向涡轮叶片，使涡轮跟随泵轮作同向旋转，工作液体便沿涡轮叶片流道做向心流动，同时释放能量并将其转化为机械能（即涡轮把液体能转化为机械能），带动工作机工作；油在涡轮中由外缘流向内侧被迫减压减速，然后流入泵轮，完成循环。液体的传动使动力机和工作机柔性地连接在一起。

调速型液力耦合器工作时，传递能量变化所产生的转差率使工作液发热，为使调速型液力耦合器能正常工作，必须配备冷却系统冷却耦合器工作液。

（三）液力耦合器的调速及其能量转换

液力耦合循环中的能量转换：泵轮将原动机（电动机）的机械能转变成油的动能和势能，而涡轮则将油的动能和势能又转变成输出轴的机械能，从而实现了从原动机到工作机的能量的柔性传递。

调速型液力耦合器配有控制导管开度的电动执行机构，电动执行机构接受电气信号控制调速型液力耦合器导管的开度，从而调整了调速型液力耦合器输出轴的输出转速及输出功率。

调速型液力耦合器的调速是通过改变耦合器导管开度改变工作腔内工作液的充满度来实现的，改变液力耦合器工作腔的充满度，便可以调节输出力矩和输出转速，充满度升高则输出转速升高，反之则降低。在原动机转速不变的情况下，实现对工作机的无级调速、改变输出功率的大小。

（四）调速型液力耦合器的控制系统

现代的调速型液力耦合器电气控制系统可采用 PLC 及 PID 调节器。可通过对液力耦合器控制导管位置反馈信号、检测电动机电流信号的电量变送器、检测调速型液力耦合器的传感器进行断线检测，来实现对液力耦合器控制导管开度的控制达到对输出轴速度的自动化控制，并以提高控制系统自身的可靠性。

（五）调速型液力耦合器的特点

（1）采用高强度铝合金（如 ZL201）的铸造技术生产，重量轻。除轴承外无磨损部件，故工作可靠，泵轮、涡轮基本可免维护，能长期无检修运行，整机使用寿命长，使用寿命达到 30 年以上。

（2）转运惯量小，运行效率高，功率损失小，调速反应灵敏，节能效果较为明显。

（3）无级调速，在液力耦合器输入转速不变的情况下，可以输出无级连续变化的，且变化范围很宽的转速，当转速变化较大时，与节流调节相比较，有显著的节能效果。

如在用于风机调速时有：风机的风量与转速成正比，轴功率与转速立方成正比。当系统所需风量减少时，可通过降低液力耦合器工作腔的充满度来降低风机转速，同时节省功率。风量变化越大，节能效果越显著。

（4）空载启动，电动机可以在空载或轻载下启动，减少对电网冲击，因而可选用容量较小的电动机及电控设备，减少设备的投资，降低启动电流。

（5）隔离振动，液力耦合器的泵轮和涡轮之间没有机械联系，转矩通过工作液体传递，是柔性连接。当主动轴有周期性振动（如扭振等）时，不会传到从动轴上，具有良好的隔振效果。这能减缓冲击负荷，延长电动机或风机的机械寿命。

（6）可实现过载保护：由于液力耦合器是柔性传动，其泵轮与涡轮之间有转速差，故当从动轴阻力矩突然增加时，转速差增大，甚至当风机负荷使机器制动时，动力机（电动机）仍能继续运转而不烧毁，风机也可受到保护。

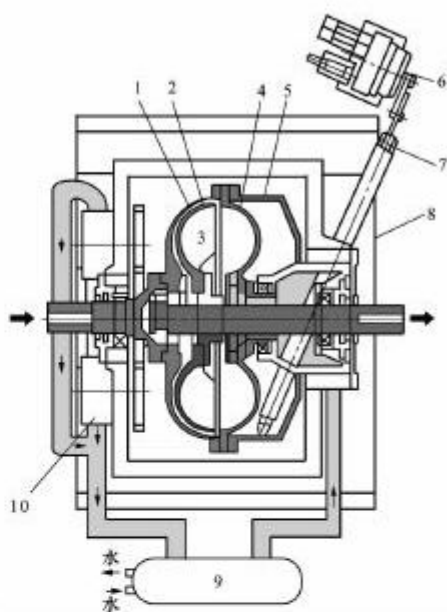


图 3-10 调速型液力耦合器的结构示意图

- 1—背壳；2—涡轮；3—工作腔；4—泵轮；
- 5—外壳（导管室）；6—电动执行器；
- 7—导管；8—箱体；9—冷却器；
- 10—主循环油泵

- (7) 可实现软启动：可以缓和地启动、加速、减速和停止。
- (8) 便于控制：液力耦合器的无级调速便于实现自动控制，适用于各种伺服系统控制。
- (9) 能用于大容量风机的变速调节，不受电动机电压高低的限制。
- (10) 降低噪声，当风机运行在低速时，整个给风系统的噪声明显降低。

四、内反馈串级调速

(一) 概述

内反馈调速只适用于带有调节绕组的绕线式异步电机。内反馈串级调速电机的调速原理仍属于绕线式异步电动机转子回路串附加电势进行调速的理论范畴，但该附加电势不是通过与电网连接的逆变变压器提供，而是通过安装在定子上的调节绕组从主绕组感应过来的电势所提供的，再通过变流装置将该电势串入电机的转子绕组，改变其串入电势的大小即可实现调速的目的，同时调节绕组吸收转子的转差功率，并通过与转子旋转磁场相互作用产生正向的拖动转矩，这就使电机从电网吸收的有功功率减少，主绕组的有功电流随转速成正比变化，达到调速的目的。内反馈调速系统突出的特征是将附加电源内置在异步电机的内部，方法是在定子上与绕组同槽镶嵌一个内反馈组，这样的调速方式必须使用专用的带调节绕组的专用绕线式异步电机。

内反馈调速（转子附加电势控制调速）与定子变频调压调速机理是一致的，区别在于控制对象不同。内反馈调速实际是调节转子的频率达到调节转差的目的，实现电机的调速，而变频器是调节电机定子的频率达到调节电机转速的目的。

绕线式异步电机就是为了解决在特定的历史条件下，电力电子不能解决的高压电机启动、调速问题而设计的，然而内反馈调速系统只能应用在带有调节绕组的特殊绕线式异步电机驱动的场所，这种电机本身就是为了使用内反馈调速系统而生产的，其结构比普通绕线式电机更复杂。采用高压变频调速时完全可采用免维护的鼠笼式异步电机、同步电机等各种交流电机，这也是内反馈调速系统做不到的。

(二) 内反馈（晶闸管）串级调速的状况

作为近代交流调速技术的重要分支，内反馈（晶闸管）串级调速曾获得普遍的重视和广泛的应用，但是随着近年来变频调速技术的迅速崛起，内反馈（晶闸管）串级调速受到了很大的冲击，内反馈（晶闸管）串级调速技术又存在调速范围窄、调速精度差、运行效率低、功率因素低等一些缺点。内反馈可靠性差、不能实现软启动及斩波内反馈调速系统影响电机性能缺点和不足，已导致该技术逐步被淘汰。

五、电磁调速

电磁调速异步电动机又称滑差电机，是一种恒转矩交流无级变速电动机，曾经在调速领域风靡一时。由于滑差电机具有调速范围广、速度调节开滑、启动转矩大、控制功率小、有速度负反馈的自动调节系统时机械特性硬度高等一系列优点，目前，在印刷等一些行业仍有较为广泛应用。

带有速度负反馈的电磁调速异步电动机的主要缺点是，在空载或轻载（小于10%额定转矩）时，由于反馈不足，会造成失控现象；在调速时，随着转速降低，离合器的输出功率和效率也相应地按比例下降。所以此电机适用于长期高速运转和短时间低速运转。

(一) 电磁调速异步电动机结构与工作原理

电磁调速异步电动机是由普通鼠笼式异步电动机、电磁滑差离合器和电气控制装置三部分组成。异步电机作为原动机使用，当它旋转时带动离合器的电枢一起旋转，电气控制装置是提供

滑差离合器励磁线圈励磁电流的装置。

电磁滑差离合器包括电枢、磁极和励磁线圈三部分。电枢为铸钢制成的圆筒形结构，它与鼠笼式异步电动机的转轴相连接，俗称主动部分；磁极做成爪形结构，装在负载轴上，俗称从动部分。主动部分和从动部分在机械上无任何联系。当励磁线圈通过电流时产生磁场，爪形结构便形成很多对磁极。此时若电枢被鼠笼式异步电动机拖着旋转，那么它便切割磁场相互作用，产生转矩，于是从动部分的磁极便跟着主动部分电枢一起旋转，前者的转速低于后者，因为只有当电枢与磁场存在着相对运动时，电枢才能切割磁力线。磁极随电枢旋转的原理与普通异步电动机转子跟着定子绕组的旋转磁场运动的原理没有本质区别，所不同的是，异步电动机的旋转磁场由定子绕组中的三相交流电产生，而电磁滑差离合器的磁场则由励磁线圈中的直流电流产生，并由于电枢旋转才起到旋转磁场的作用。

电磁滑差离合器的机械特性可近似地用下列经验公式表示

$$n = n_0 - KT^2/I_f$$

式中 n_0 ——离合器主动部分（鼠笼电动机）的转速；

n ——离合器从动部分（磁极）的转速；

I_f ——励磁电流；

K ——与离合器结构有关的系数；

T ——离合器的电磁转矩。

当稳定运行时，负载转矩与离合器的电磁转矩相等。由上述公式可知：

(1) 当负载一定时，励磁电流 I_f 的大小决定从动部分转速的高低，励磁电流愈大，转速愈高；反之，励磁电流愈小，转速就愈低。根据这一特性，可以利用电气控制电路非常方便地调节从动部分的转速。

(2) 当励磁电流一定时，从动部分转速将随着负载转矩增加而急剧降低，并且这种下降在弱励磁电流的情况下更加严重，它具有较软的机械特性，这种软的机械特性在许多情况下，不能满足生产机械的要求。为了获得范围较广、平滑而稳定的调速特性，通常采用速度负反馈的措施，使电磁滑差离合器具有硬机械特性。

带有速度负反馈的电磁调速异步电动机是利用测速发电机把离合器的输出速度换成交流电压，再经整流器变成直流电压 U_2 并送入比较元件，与给定直流励磁电压 U_1 进行比较。得电压差 $\Delta U = U_1 - U_2$ ；输入离合器的励磁电流 I_f 不是正比于励磁电压 U_1 ，而是正比于电压差 ΔU 。

电压差 $\Delta U = U_1 - U_2$ 中的 U_2 大小与转速 n 有关，即 n 增大， U_2 变大； n 减小， U_2 变小；在给定直流励磁电压 U_1 不变情况下，输入的励磁电流 I_f 的大小与转速 n 有关，即转速 n 下降， ΔU 变大，励磁电流 I_f 将自动增加；转速 n 上升， ΔU 变小，励磁电流 I_f 将自动减小。

在电磁滑差加入负反馈可以提高电磁离合器机械特性的硬度，这时的调速由 $\Delta U = U_1 - U_2$ 来决定电流 I_f 的增加或减小。这时调速的参数是由 U_1 和 U_2 共同决定。显然，增加给定励磁电压 U_1 ， I_f 也增加，则转速 n 更高；减小给定励磁电压 U_1 ， I_f 也减小，则转速 n 更低。在给定直流励磁电压 U_1 不变情况下，当从动部分转速随负载转矩增加而降低时， I_f 会自动地随转速的降低而增加并提高转速；当从动部分转速随负载转矩减小而增加， I_f 也会自动地随转速的增加而减小并降低转速，最终实现负反馈的补偿调速。

在空载或轻载（小于 10% 额定转矩）时，反馈量不足会造成失控现象，此外，在调速时，随着转速降低，离合器的输出功率和效率也相应地按比例下降。

(二) 电磁调速异步电动机的启动与调速

1. 电磁调速异步电动机的启动

该电动机与运转惯量较大的工作机械之间装有滑差离合器，启动时可以逐渐增加电流，能

很平滑地启动。

在阻力较大的拖动系统中，电动机往往不能带负载直接启动，这时可在启动前先断开离合器的励磁电源，使鼠笼电动机先空载启动，然后再接上励磁电源就可启动了。

2. 电磁调速异步电动机的调速

由电磁调速异步电动机的工作原理知，电磁调速异步电动机的速度调节，可通过调节滑差离合器的励磁电流来实现。下面介绍两种调节滑差离合器励磁电流的电路。

(1) 调压器调速是用调压变压器来改变励磁电流的整流器电源电压，以达到调速的目的。在此系统中，没有速度负反馈，电机的机械特性较软，一般可用于要求不高的调速差系统中。如制铜锌版使用的无粉腐蚀机、胶印制版的烘版机等。

由于这种控制线路结构简单，便于维护，所以在印刷机构中仍有实用意义。特点是只要改变调压变压器的次级电压，就能改变整流输出直流电压，即改变滑差离合器励磁电流，这样就能调节电机的转速。

(2) 具有速度负反馈的电磁调速控制电路也用电压来控制调速，目前采用较广泛的是具有速度负反馈的滑差离合器的调速控制装置，一般是用来实现特大功率电动机和宽范围的无级调速。具有以下主要优点：

- 1) 交流无级调速，机械特性硬度较高；
- 2) 结构简单、工作可靠、维护方便、价格低廉；
- 3) 调速范围大，用在像印刷机这样的恒转矩负载时，一般可达 10 : 1，有特殊要求（如轮转机）时亦可达 50 : 1；
- 4) 可调节转矩，在现代化的联合轮转机中，都应用了自动化的纸张拉紧机械，它可以达到随着卷筒纸直径的变化，调节离合器的转矩经保持拉力不变。

第四节 变频器的原理

一、概述

变频技术是应交流电动机无级调速的需要而产生的。变频器是通过对电力半导体器件（如 IGBT 等）的通断控制将电压和频率固定不变的交流电（工频）电源变换为电压或频率可变的交流电的电能控制装置。对于交—直—交型的变频器来说，为了产生可变的电压和频率，首先要把工频（50Hz 或 60Hz）的交流电源变换成直流电（DC），再转换成各种频率（0~50Hz、0~60Hz 及 0~400Hz）的交流电，最终实现对电机的调速运行。

变频器中逆变部分是使用电力电子器件。从 20 世纪 60 年代开始，电力电子器件经历了 SCR（晶闸管）、GTO（门极可关断晶闸管）、BJT（双极型功率晶体管）、MOSFET（金属氧化物场效应管）、SIT（静电感应晶体管）、SITH（静电感应晶闸管）、MGT（MOS 控制晶体管）、MCT（MOS 控制晶闸管）、IGBT（绝缘栅双极型晶体管）、HVIGBT（耐高压绝缘栅双极型晶闸管）的发展过程，电力电子器件的更新促进了电力电子变换技术的不断发展。20 世纪 70 年代开始，脉宽调制（PWM）调速研究引起了行业人士的高度重视。到 20 世纪 80 年代，作为变频技术核心的 PWM 模式通过不断地开发得出诸多优化模式，其中以鞍形波 VVVF 模式效果最佳。20 世纪 80 年代后半期，美、日、德、英等发达国家的 VVVF 变频器已投入市场并获得了广泛应用。

变频调速技术是现代电力传动技术重要发展的方向，随着电力电子技术的发展，交流变频技术从理论到实际逐渐走向成熟。变频器不仅调速平滑、范围大、效率高、启动电流小、运行平

稳，而且节能效果明显。因此，交流变频调速越来越广泛地应用于冶金、纺织、印染、烟机生产线及楼宇、供水等领域。

二、变频器的分类

变频器的分类方法有多种，以下作一简单的介绍。

(1) 按照主电路工作方式分类，可以分为电压型变频器和电流型变频器。电压型是将电压源的直流变换为交流的变频器，直流回路的滤波是电容；电流型是将电流源的直流变换为交流的变频器。

(2) 按照开关方式（调制方式）分类，可以分为 PAM（Pulse Amplitude Modulation，脉幅调制）控制变频器、PWM（脉宽调制）控制变频器和高载频 PWM 控制变频器。PAM 是按一定规律改变脉冲列的脉冲幅度，以调节输出量值和波形的一种调制方式。PAM 变频器输出电压的大小通过改变直流电压的大小来进行调制。目前，在中小容量变频器中，这种方式几近绝迹。

PWM（Pulse Width Modulation，脉冲宽度调制）是按一定规律改变脉冲列的脉冲宽度，以调节输出量和波形的一种调制方式。PWM 变频器输出电压的大小通过改变输出脉冲的占空比来进行调制。目前，普遍应用的是占空比按正弦规律安排的正弦波脉宽调制（SPWM）方式。

(3) 按照工作原理分类，可以分为 U/f 控制变频器、转差频率控制变频器、矢量控制变频器和转矩控制变频器等。

U/f 控制模式是最为常见的一种控制模式（即频率下降时电压 U 也成比例下降）。 U 与 f 的比例关系是考虑了电机特性而预先决定的，通常有几种特性可供选择。

变频器的 U/f 模式：异步电动机的转矩是电机的磁通与转子内流过电流之间相互作用而产生的。在改变频率时，如果电压不变只降低频率，那么磁通就会过大，磁回路饱和，严重时将烧毁电机。因此，频率与电压要同时（成比例地）进行改变，控制频率的同时控制变频器输出电压，使电动机的磁通保持一定，避免弱磁和磁饱和现象的产生。这种控制方式多用于风机、泵类节能型变频器。

按比例地改 U 和 f 时，电机的转矩变化：频率下降时完全成比例地降低电压，那么由于交流阻抗变小而直流电阻不变，将造成在低速下产生的转矩有减小的倾向。因此，在低频时给定 U/f ，要使输出电压提高一些，以便获得一定的启动转矩，这种补偿称增强启动。可以采用各种方法实现，有自动进行的方法、选择 U/f 模式或调整电位器等方法。

转差频率控制就是通过控制转差频率来控制转矩和电流。矢量控制就是将交流电动机等效为直流电动机，分别对速度、磁场两个分量进行独立控制。转矩控制是把转矩直接作为被控量来控制。

(4) 按照用途分类，可以分为通用变频器、高性能专用变频器、高频变频器、单相变频器和三相变频器等。

三、变频器的发展趋势及其优点

（一）变频器的发展趋势

变频器是运动控制系统中的功率变换器。当今的运动控制系统是包含多种学科的技术领域，总的发展趋势是驱动的交流化，功率变换器的高频化，控制的数字化、智能化和网络化。因此，变频器作为系统的重要功率变换部件，提供可控的高性能变压变频的交流电源而得到迅猛发展。

经历大约 30 年的研发与应用实践，随着新型电力电子器件和高性能微处理器的应用以及控制技术的发展，变频器的性能价格比越来越高，体积越来越小，而厂家仍然在不断地提高可靠性

实现变频器的进一步小型轻量化、高性能化和多功能化以及无公害化。

(二) 变频器的优点

(1) 调速范围宽：变频器的调速范围很宽，能适应各种调速设备的要求，很多变频器生产厂家的变频器的频率范围在 0.5~400Hz。

(2) 控制精度高：一般的，常用的变频器的数字设定分辨率 $\leq \pm 0.01\%$ ，模拟设定分辨率 $\leq \pm 0.2\%$ 。

(3) 动态特性好：常用的低压变频器的逆变多采用快度的自关断器件 IGBT，且采用 SPWM（脉宽调制）调节控制方式。

(4) 控制模式先进：变频器输出的电压和频率受控于变频器的主控板上的 CPU，有的还采用双 CPU 结构，调节速度快，调速系统的动态性能好。

(5) 控制功能很强：适合多种不同性质的负载和不同的控制系统，通过端子及转换电路可与各种频率信号接口，如 0~10V，4~20mA 等。还可通过输入端子完成正反转控制、多段速控制等多种操作。

(6) 负载能力强：通过合理调整，实现转矩提升、转矩限定功能及电流限定等功能，可满足重转矩（重载）启动。运行中负载变化也不会引起跳闸等事故，变频器的 CPU 会自动根据设定的参数及检测的信号进行高速计算，使输出转矩满足生产设备的需求。

(7) 保护功能很强：变频器有多种保护功能，对过压、欠压、过流、过载、过热均能通过 CPU 进行高速计算并作出保护，且能对发生故障的原因给予纪录。

(8) 通信能力强：现在的变频器在通信方面有丰富的选择，使系统扩展更为容易，如配上串行通信卡（有的在主控板上自带通信接口）能方便地与计算机和可编程控制器（PLC）通信，可在触摸屏或计算机上设定或修改参数，并通过可编程控制器控制变频器的运行状态，能监视变频器的各种运行参数，使复杂的多机控制系统易于实现。如 SIEMENS 公司 MM4 系列变频器的 USS 协议通信及自由通信口通信等。

四、变频器的结构

(一) 概述

如图 3-11 所示，变频器通常包括整流电路、中间直流电路、平波电路、控制电路、驱动电路、逆变电路等几大部分。

其中控制电路完成对主电路的控制，整流电路将交流电变换成直流电，直流中间电路对整流电路的输出进行平滑滤波，逆变电路将直流电再逆成交流电。

矢量控制这类需要大量运算的变频器，有时还需要一个进行转矩计算的 CPU 以及一些相应的电路。

(二) 变频器的主回路的构成

1. 交—直部分

(1) 整流：由三相整流桥组成，将电源的三相交流电全波整流成直流电。在电源的线电压为 380V（AC）的情况下，三相全波整流后平均直流电压的为 513V，峰值直流电压为 537V。

(2) 滤波：由于受到电解电容的电容量和耐压能力的限制，滤波电路通常由若干个电容器并联成一组，又由两个或两个以上的电容器组串联而成。因为电解电容器的电容量有较大的离散性，故电容器组的电容常不能完全相等，这将使它们承受的电压和不相等。为了使电容器承受的电压和相等，在每个电容器旁并联一个阻值相等的均压电阻。滤波电路的功能：

1) 滤平全在整流器波整流后含有电源 6 倍频率脉动直流电压的纹波。

2) 当负载变化时，逆变器产生的脉动电流也使直流电压变动，为了抑制直流电压的波动，

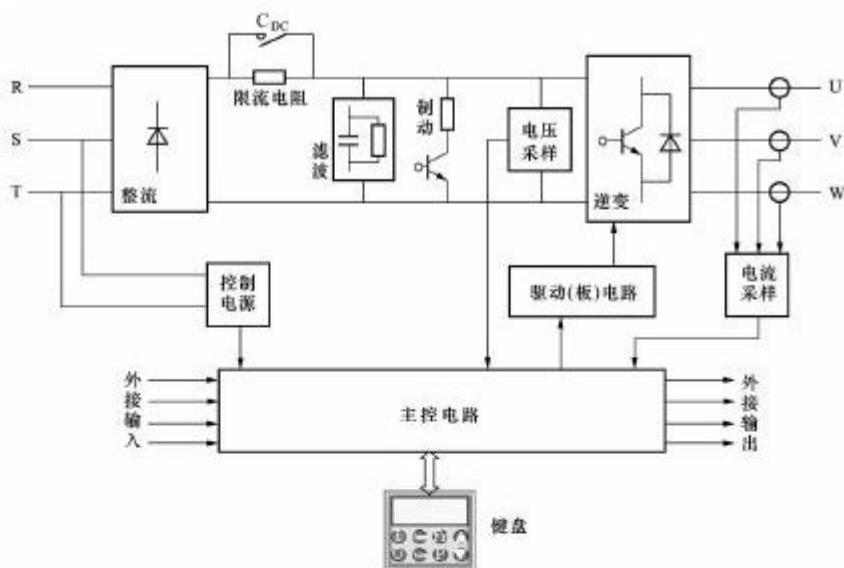


图 3-11 变频器的结构

采用电感和电容吸收脉动电压（电流），一般通用变频器电源的直流部分均采用电容滤波电路，使直流电压保持平稳。

(3) 限流电阻与开关（通常是直流接触器）：当变频器刚合上电源的瞬间，滤波电容器的充电电流是很大的，过大的冲击电流将可能使三相整流桥的二极管损坏，同时，也使电源电压瞬间下降而受到“污染”。为了减小冲击电流，在变频器刚接通电源后的一段时间里，先将限流电阻串接在直流电路中，将电容器的充电电流限制在允许范围以内。当充电延时到一定程度时接触器接通，将限流电阻短路掉。因接触器的电磁干扰较大，在新型的变频器里，已由功率器件（如晶闸管等）代替。

(4) 在变频器的直流侧设备有电源指示，该电源指示除了表示电源是否接通以外，还有一个十分重要的功能，即监视在变频器切断电源后滤波电容器上的电荷是否已经释放完毕。由于滤波电容器组的容量较大，而切断电源又必须在逆变电路停止工作的状态下进行，所以没有快速放电的回路，其放电时间往往长达数分钟。又由于滤波电容器上的电压较高，如不放电，对人身安全将构成威胁。故在维护变频器时，必须等电源指示完全熄灭后才能接触变频器内部的导电部分。

2. 直—交部分

(1) 逆变。逆变电路主要包括逆变模块（或由逆变管组成的逆变桥）和驱动电路。

1) 逆变模块与逆变桥。目前，在变频器及各种逆变电源上常用的逆变管有绝缘栅双极型晶体管（IGBT）、电力晶体管（GTR）、门极关断（GTO）晶闸管以及电力 MOS 场效应晶体管（MOSFET）等。

常见的低压变频器通常由 IGBT（也称逆变管）组成逆变桥，根据驱动电路的驱动（控制）信号把整流所得的直流电再“逆变”成频率可调的交流电，这是变频器实现变频的具体执行环节，也是变频器的核心部分。由于受到加工工艺、封装技术、大功率晶体管元器件等因数的影响，目前逆变模块主要由日本（东芝、三菱、三社、富士、三青）及欧美（西门子、西门康、欧派克、摩托罗拉、IR）等少数厂家能够生产。现在的国产变频器用的 IGBT 模块一般都是进口

的，主要以西门子、西门康等为主。

2) 驱动电路。驱动电路作为逆变电路的一部分，对变频器的三相输出有着巨大的影响。驱动电路一般有以下几种：

①分立插脚式元件的驱动电路。分立插脚式元件组成的驱动电路在20世纪80年代的日本和台湾变频器上被广泛使用。随着大规模集成电路的发展及贴片工艺的出现，这类电路因设计复杂、集成化程度低等原因已逐渐被淘汰。

②光耦驱动电路。光耦驱动电路是现代变频器设计时被广泛采用的一种驱动电路，由于线路简单、可靠性高、开关性能好，被欧美及日本的多家变频器厂商采用。由于驱动光耦的型号很多，所以选用的余地也很大。

驱动光耦选用较多的主要有东芝的TLP系列、夏普的PC系列、惠普的HCPL系列等。以东芝TLP系列光耦为例，驱动IGBT模块主要采用的是TLP250、TLP251两个型号的驱动光耦。对于小电流(15A)左右的模块一般采用TLP251，外围再辅佐以驱动电源和限流电阻等就构成了最简单的驱动电路。而对于中等电流(50A)左右的模块一般采用TLP250型号的光耦。而对于更大电流的模块，在设计驱动电路时一般采取在光耦驱动后面再增加一级放大电路，达到安全驱动IGBT模块的目的。

③厚膜驱动电路。厚膜驱动电路是在阻容元件和半导体技术的基础上发展起来的一种混合集成电路。它是利用厚膜技术在陶瓷基片上制作模式元件和连接导线，将驱动电路的各元件集成在一块陶瓷基片上，使之成为一个整体部件。使用驱动厚膜对于设计布线带来了很大的方便，提高了整机的可靠性和批量生产的一致性，同时也加强了技术的保密性。现在的驱动厚膜往往也集成了很多保护电路、检测电路。应该说驱动厚膜的技术含量也越来越高。

④专用集成块驱动电路。现在还出现了专用的集成块驱动电路，主要由IR的IR2111、IR2112、IR2113等，其他还有三菱的EXB系列驱动厚膜。三菱的M57956、M57959等驱动厚膜。

(2) 续流二极管。逆变桥中每只逆变管旁都有只续流二极管，其主要功能如下：

1) 电动机的绕组是电感性的，其电流具有无功分量。续流二极管可为无功电流返回直流电源时提供“通道”。

2) 当频率下降得较快时，电动机可能处于再生制动状态，此时的再生电流将通过续流二极管整流后回馈给直流回路。

3) 进行逆变的基本工作过程是，同一桥臂的两个逆变管处于不停地交替导通和截至的状态。在这交替导通和截至的换相过程中，也不时地需要提供通路。

(3) 制动。包括制动电阻和制动控制单元。

1) 制动电阻：电动机在工作频率急速下降时，被拖动系统的动能要反馈到变频器的直流回路中，使直流电压不断上升，甚至可能达到危险的地步。因此，必须将再生到直流回路的能量消耗掉，将制动电阻投入并处于再生制动状态，使直流电压保持在允许范围内。制动电阻就是用来消耗再生能量的。

2) 制动单元：制动单元通常由GTR或IGBT及其驱动电路构成。其功能是起开关的作用，为放电电流(再生能量)流经制动电阻提供通路。

(三) 变频器控制回路的构成

现代的变频器基本是用16位、32位单片机或DSP为控制核心来实现全数字化控制的。对变频器是输出电压和频率的调节提供控制信号的电路称为主控电路。

主控电路主要有：频率、电压的“运算控制电路”、主电路的“电压、电流检测电路”及电动机的“速度检测电路”等构成。其中，“运算控制电路”一方面接收由发来的检测信号；另一

方面又发出控制信号至“驱动电路”，并由“驱动电路”驱动逆变器（IGBT等）来实现对电动机的调速控制。

（四）SIEMENS MM440 变频器

MM 440 是西门子公司的一种用于控制三相交流电动机速度通用型系列变频器。该系列有多种型号，额定功率范围为 120W ~ 200kW，有恒定转矩 CT 和变转矩 VT 等控制方式，具体内容见第七章。MM440 的主电路及控制系统结构见图 3-12。

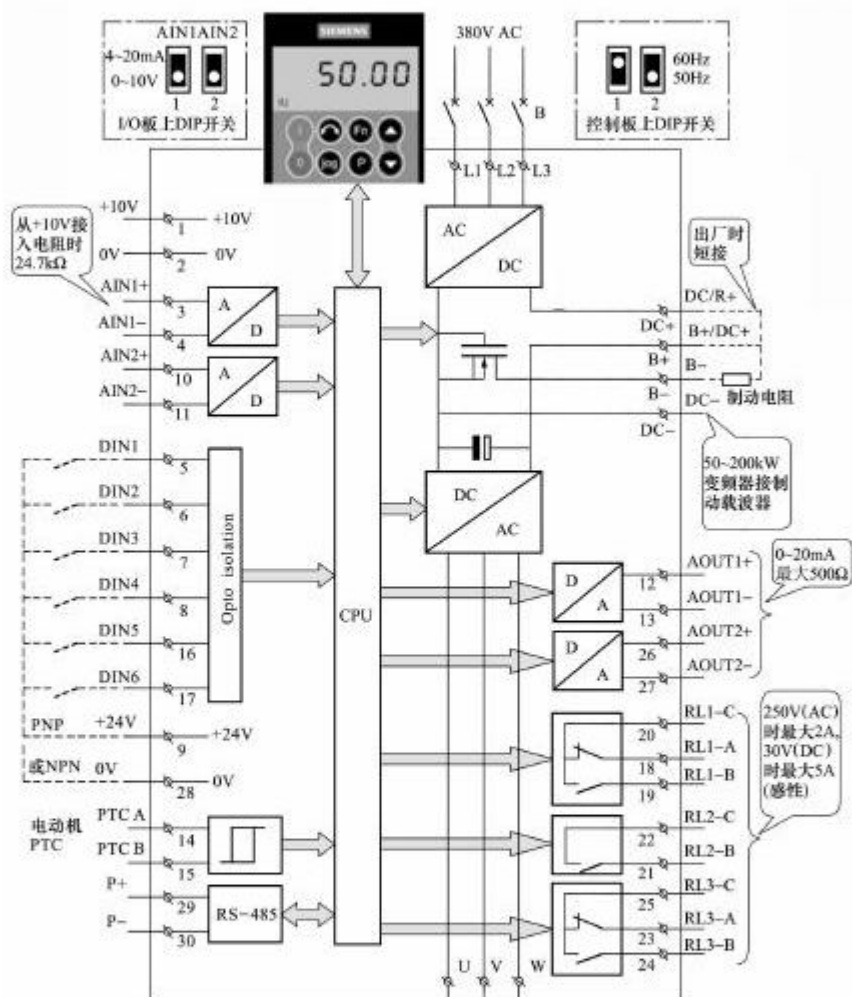


图 3-12 MM440 变频器示意图

（五）智能功率模块（IPM）

IPM 由高速、低功耗的 IGBT 芯片和优化的门极驱动及保护电路构成，是先进的混合集成功率器件。由于 IPM 采用了能连续监测功率器件电流的，且有电流传感功能的 IGBT 芯片，从而实现高速的过流保护和短路保护。IPM 集成了过热和欠压锁定保护电路，会使系统的可靠性得到进一步提高。

1. IPM 的结构

IPM 有单管封装 (H 型)、双管封装 (D 型)、六合一封装 (C 型)、七合一封装 (R 型) 四种电路形式, 如图 3-13 所示。其中六合一封装 (C 型) 和七合一封装 (R 型) 是专为变频器设计的。

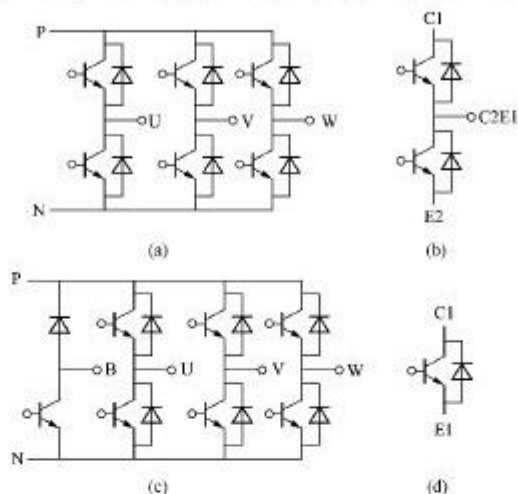


图 3-13 IPM 的结构示意图

(a) C 型; (b) D 型; (c) R 型; (d) H 型

IPM 有精良的内置保护电路可使 IPM 有效地得到保护, 如果 IPM 模块其中一种保护电路动作, IGBT 栅极驱动单元就会关断电流, 并输出一个故障信号 (FO)。内置保护功能的框图如图 3-14 所示。

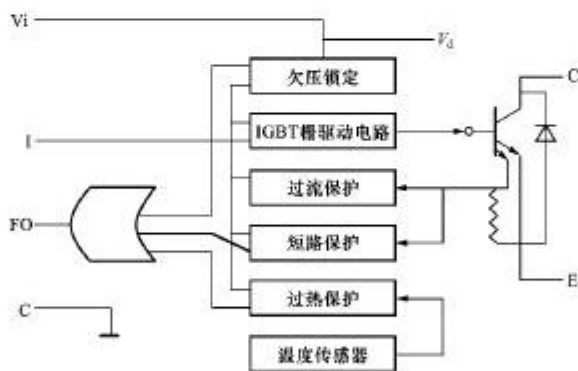


图 3-14 IPM 的内置保护示意图

2. IPM 的主要优点

(1) 由于 IPM 内置集成了驱动和精良的内置保护电路, 可避免因系统失灵或过应力而使功率器件损坏, 所设置的故障检测和速断装置允许在不牺牲可靠性的条件下, 最大限度地利用功率元件的容量, 从而提高了系统的可靠性及可用性。

(2) IPM 的集成化程度高使设计变得相当简单, 在变频器上使用 IPM 可以在很大程度上简化变频器的结构及其控制系统。

(3) 由于 IPM 通态损耗和开关损耗都比较低, 散热会减少, 在变频器上使用会使其效率得到进一步的提高。

(4) 所有的 IPM 都采用同样的标准化与逻辑电平控制电路相连的栅控接口，故在系统扩充时无须另行设计驱动电路。

(5) IPM 在故障情况下的自保护能力强，降低了器件在开发和制造过程中的损耗。

3. IPM 的选用

IPM 在选用时，首先是根据变频装置的容量（电动机的额定功率），同时也要考虑供电电源容量，确定其额定值和最大值，然后选择具体型号。选型时，有两个主要方面需要权衡。根据 IPM 的过流动作数值以确定峰值电流及适当的热设计以保证结温峰值永远小于最大结温额定值，使基板的温度永远低于过热动作数值。

峰值电流依电机的功率额定值而定。电动机峰值电流而给出的交流 220V 电动机推荐使用的 IPM 类型。电动机峰值电流是基于变频器和电动机工作的效率、功率因数、最大负载和电流脉动而设定的。电动机电流最大峰值 I_c 可由下式计算

$$I_c = \frac{PO_i \cdot \sqrt{2}\lambda}{\eta\varphi_v \cdot \sqrt{3}V_{ac}}$$

式中 P ——电动机功率，W；

O_i ——变频器最大过载系数；

λ ——电流脉动因数；

η ——变频器的效率；

φ_v ——功率因数；

V_{ac} ——交流线电压，V。

五、变频调速的基础概念

(一) 交流电动机的转速表达式

$$n = 60 f(1 - s)/p$$

式中 n ——异步电动机的转速；

f ——异步电动机的频率；

s ——电动机转差率；

p ——电动机极对数。

由上式可知，转速 n 与频率 f 成正比，只要改变频率 f 即可改变电动机的转速，变频器就是通过改变电动机电源频率实现速度调节的，是一种理想的高效率、高性能的调速手段。当频率 f 在 0~50Hz 变化时，电动机转速调节范围非常宽。在实际应用时，不仅要实现调速，还要求调速系统能满足机械特性和调速指标。

(二) 异步电动机的电势及转矩方程

1. 异步电动机的电势方程

异步电动机的电势方程为

$$E_1 = 4.44 f_1 N_1 K_{s1} \Phi_m$$

因为电压 $V_1 = E_1 + IZ_1$ 如果忽略定子压降 IZ_1 ，则

$$E_1 = 4.44 f_1 N_1 K_{s1} \Phi_m \approx V_1$$

所以

$$\Phi_m = C_1 V_1 / f_1$$

式中 E_1 ——定子每相感应电势的有效值为，V；

f_1 ——定子频率，Hz；

N_1 ——定子每相绕组串联匝数；

K_{s1} ——基波绕组系数；

Φ_m ——每极气隙磁通量，Wb；

C_1 —— $1/4.44 f_1 N_1 K_{s1}$ ，是一常数。

由 Φ_m 的表达式可知，要保持电机磁通的恒定，必须使定子的电压随定子的频率成正比的变化，即 $V_1/f_1 = C$ (常数)。这种配合变化称为恒磁通变频调速的协调控制。

2. 异步电动机的转矩方程

异步电动机的电磁转矩为

$$M = C_m \Phi_m I_2' \cos\varphi_2$$

式中 M ——电磁转矩， $N \cdot m$ ；

C_m ——电动机的转矩常数；

I_2' ——转子电流折算到定子一侧的电流有效值；

$\cos\varphi_2$ ——转子电路的各相功率因素。

3. 电动机的变频调速

在异步电动机调速时，一个重要的因素是要保持每极磁通量 Φ_m 为不变额定值。磁通量太弱，没有充分利用电机的铁芯，是一种浪费；磁通太大又会使铁芯饱和，从而导致过大的励磁电流，使电动机的效率下降，严重时会使绕组过热而损坏电机。

从异步电动机的电势及转矩方程可以看出，当改变 f_1 进行调速时会引起 E_1 、 Φ_m 、 M 等物理量的变化，实际中的各种变频调速控制方式都是从优化 E_1 、 Φ_m 、 M 等这些物理量着手的。

(1) 基频以下调速。

1) 恒电压频率比调速。

由电机的电磁转矩公式 $M = C_m \Phi_m I_2' \cos\varphi_2$ 可知， M 与 $\Phi_m I_2' \cos\varphi_2$ 成正比，要保持 M 不变，则必须 Φ_m 不变，即要 U_1 与 f_1 成正比变化，即 $U_1/f_1 = U_n/f_n = \text{常数}$ 。

带下标 n 表示额定频率时的相应数值，这是恒电压频率比的协调控制方式（简称恒压频比），图 3-15 所示的是一台 8 极电机的机械特性曲线组。由图可见，从 ($M=0$) 到最大转矩 (M_{max}) 的特性可近似看作是线性关系，且线段基本平行，类似于直流电机的调压特性。但最大转矩 M_{max} 却随 f_1 (n) 的下降而减小，这是因为 f_1 高时， U_1 和 E_1 数值都较大，定子阻抗压降的比例很小，所以 $U_1 \approx E_1$ ；而 f_1 低时 U_1 和 E_1 数值都较小，定子阻抗压降所占的份量就比较显著，不能再忽略了， U_1 和 E_1 相差较大， E_1 小于 U_1 很多，所以 Φ_m 小很多， M_{max} 就很小。恒电压频率比调速对于风机水泵类的机械负载是比较合适的，而对于重载或恒转矩负载启动则显得不足了。

2) 恒最大转矩调速。

如前所述，在低频时 U_1 和 E_1 数值都较小，定子阻抗压降所占的份量就比较显著，不能忽略， $U_1/f_1 = \text{常数}$ 的控制会使在低速时最大转矩 M_{max} 减小，降低了启动与负载能力（见图 3-16）。

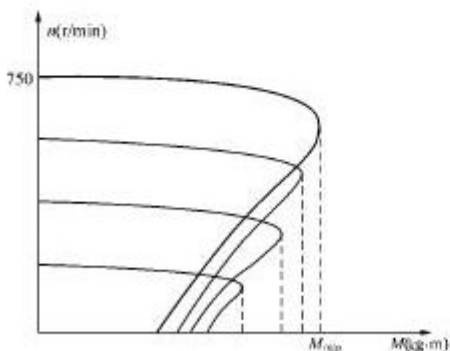


图 3-15 $U_1/f_1 = \text{常数}$ 时的变频调速机械特性

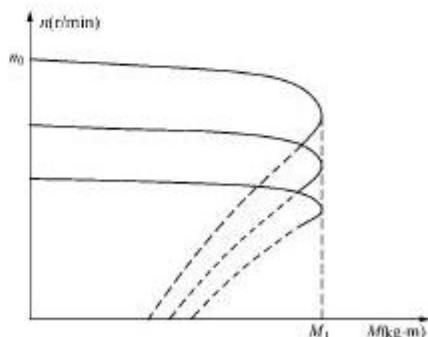


图 3-16 恒 M_{max} 变频调速时的电机机械特性

要在低速提高 M_{max} 保持 M_{max} 不变（即提高启动与负载能力），须采用 $E_1/f_1 = \text{常数}$ 的协调控

制,即随着转速的降低,定子电压应在 $U_1/f_1 = \text{常数}$ 的基础上再适当提高(即 $E_1/f_1 = \text{常数}$,恒电势频率),以近似补偿因低频时因定子阻抗引起的压降($I Z_1$),从而保证电机具有最大转矩 M_{\max} (或转矩恒定)。这时电机的机械特性如图3-17所示。

(2) 基频以上调速(恒功率调速)。在变频调速的实际应用过程中,有时需扩大调速范围,即使 $f_1 > f_{1n}$,得到 $n > n_n$ 的调速,而电动机的定子电压却不能增加得比额定电压还要大,最多只能保持 $U_1 = U_{1n}$ 。由式 $\Phi_m = C_1 U_1 / f_1$ 可知,这将迫使磁通与频率成反比地降低,相当于直流电机弱磁升速的情况。弱磁后额定电流的转矩减小,特性也变软,则可得到近似的恒功率调速特性,如图3-18中 $f_1 = 50\text{Hz}$ 以上的特性。

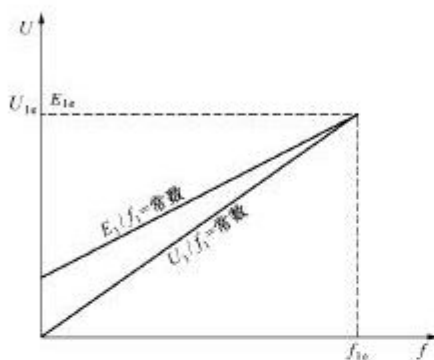


图 3-17 恒压频和恒势频的控制特性

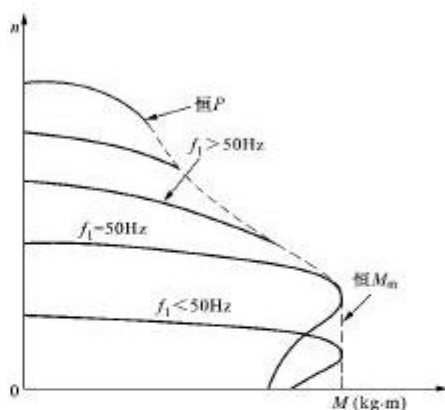


图 3-18 异步电动机变频调速的机械特性

把基频以下的调速和基频以上的调速特性两种情况结合起来,可得图3-19所示的异步电动机变频调速控制特性和图3-18所示的异步电动机变频调速的机械特性。如果电动机在不同转速下都不超过额定电流,则电机都能在温升允许的条件下长期运行,这时转矩基本随着磁通变化。按照电力拖动原理,在基频下属于“恒转矩调速”,而在基频以上,基本属于“恒功率调速”。

六、变频器控制方式

低压通用变频输出电压为380~650V,输出功率为0.75~400kW,工作频率为0~400Hz,它的主电路都采用交—直—交电路。

变频器对电动机控制是根据电动机的特性参数及电动机运转要求,进行对电动机提供电压、电流、频率进行控制达到负载的要求。目前变频器对电动机的控制方式大体可分为 U/f 恒定控制、转差频率控制、矢量控制、直接转矩控制、非线性控制。

(一)“交—直—交”变频器的控制方式

1. $U/f=C$ 的正弦脉宽调制(SPWM)控制方式

U/f 恒定控制是在改变电动机电源频率的同时改变电动机电源的电压,使电动机磁通保持一定,在较宽的调速范围内,电动机的效率、功率因数不下降。因为是控制电压与频率之比,称为 U/f 控制。其特点是控制电路结构简单、成本较低、机械特性硬度也较

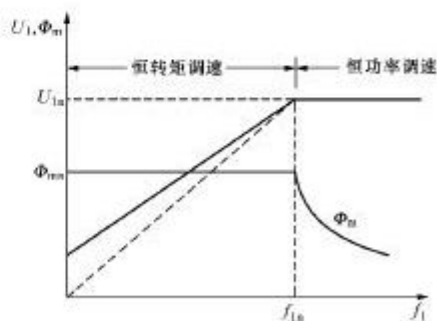


图 3-19 异步电动机变频调速的控制特性

好，能够满足一般传动的平滑调速要求，已在产业的各个领域得到广泛应用。

恒定 U/f 控制存在的主要问题是低速性能较差。这种控制方式在低频时由于输出电压较低，转矩受定子电阻压降的影响比较显著，使输出最大转矩减小，电磁转矩无法克服较大的静摩擦力，不能恰当地调整电动机的转矩补偿和适应负载转矩的变化。

另外，其机械特性终究没有直流电动机硬，动态转矩能力和静态调速性能都还不尽如人意，且系统性能不高，控制曲线会随负载的变化而变化，转矩响应慢、电机转矩利用率不高，低速时因定子电阻和逆变器死区效应的存在而性能下降，稳定性变差等。其次是无法准确地控制电动机的实际转速。由于恒 U/f 变频器是转速开环控制，由异步电动机的机械特性可知，设定值为定子频率也就是理想空载转速，而电动机的实际转速由转差率所决定，所以 U/f 恒定控制方式存在的稳定误差不能控制，故无法准确控制电动机的实际转速。

2. 电压空间矢量 (SVPWM) 控制方式

它是三相波形整体生成效果为前提，以逼近电机气隙的理想圆形旋转磁场轨迹为目的，一次生成三相调制波形，以内切多边形逼近圆的方式进行控制的。经实践使用后又有所改进，即引入频率补偿，能消除速度控制的误差；通过反馈估算磁链幅值，消除低速时定子电阻的影响；将输出电压、电流闭环，以提高动态的精度和稳定度。但控制电路环节较多，且没有引入转矩的调节，所以系统性能没有得到根本改善。

3. 转差频率控制

转差频率是施加于电动机的交流电源频率与电动机速度的差频率。根据异步电动机稳定数学模型可知，当频率一定时，异步电动机的电磁转矩正比于转差率，机械特性为直线。

转差频率控制就是通过控制转差频率来控制转矩和电流。转差频率控制需要检出电动机的转速，构成速度闭环，速度调节器的输出为转差频率，然后以电动机速度与转差频率之和作为变频器的给定频率。与 U/f 控制相比，其加减速特性和限制过电流的能力得到提高。另外，它有速度调节器，利用速度反馈构成闭环控制，速度的静态误差小。然而要达到自动控制系统稳态控制，还达不到良好的动态性能。

4. 矢量控制 (VC) 方式

矢量控制，也称磁场定向控制。它是 20 世纪 70 年代初由 F. Blasschke 等首先提出，以直流电机和交流电机比较的方法阐述了这一原理。由此开创了交流电动机和等效直流电动机的先河。

矢量控制变频调速的做法是将异步电动机在三相坐标系下的定子交流电流 I_a 、 I_b 、 I_c 通过三相—二相变换，等效成两相静止坐标系下的交流电流 I_{α} 、 I_{β} ，再通过按转子磁场定向旋转变换，等效成同步旋转坐标系下的直流电流 I_{d1} 、 I_{q1} (I_{d1} 相当于直流电动机的励磁电流， I_{q1} 相当于直流电动机的电枢电流)，然后模仿直流电动机的控制方法，求得直流电动机的控制量，经过相应的坐标反变换实现对异步电动机的控制。其实质是将交流电动机等效为直流电动机，分别对速度、磁场两个分量进行独立控制。通过控制转子磁链，然后分解定子电流而获得转矩和磁场两个分量，经坐标变换，实现正交或解耦控制。矢量控制方法的提出具有划时代的意义。然而在实际应用中，由于转子磁链难以准确观测，系统特性受电动机参数的影响较大，且在等效直流电动机控制过程中所用矢量旋转变换较复杂，这使得实际的控制效果难以达到理想分析的结果。

矢量控制方法的出现，使异步电动机变频调速在电动机的调速领域里全方位地处于优势地位。但是，矢量控制技术需要对电动机参数进行正确估算，如何提高参数的准确性一直是研究的话题。

5. 直接转矩控制 (DTC) 方式

1985 年，德国鲁尔大学的 DePenbrock 教授首次提出了直接转矩控制理论，该技术在很大程度上解决了上述矢量控制的不足，并以新颖的控制思想、简洁明了的系统结构、优良的动静态性

能得到了迅速发展。目前,该技术已成功地应用在电力机车牵引的大功率交流传动上。

直接转矩控制不是通过控制电流、磁链等量间接控制转矩,而是把转矩直接作为被控量来控制。转矩控制的优越性在于转矩控制是控制定子磁链,在本质上并不需要转速信息,控制上对除定子电阻外的所有电机参数变化鲁棒性良好,所引入的定子磁链观测器能很容易估算出同步速度信息,因而能方便地实现无速度传感器,这种控制被称为无速度传感器直接转矩控制。

直接转矩控制直接在定子坐标系下分析交流电动机的数学模型,控制电动机的磁链和转矩。它不需要将交流电动机等效为直流电动机,因而省去了矢量旋转变换中的许多复杂计算;它不需要模仿直流电动机的控制,也不需要为解耦而简化交流电动机的数学模型。

上述的VVVF变频、矢量控制变频、直接转矩控制变频都是交—直—交变频中的控制方式。其共同缺点是输入功率因数低、谐波电流大,直流电路需要大的储能电容,再生能量又不能反馈回电网,只能通过制动单元消耗掉,即不能进行四象限运行。

(二) 矩阵式交—交控制方式

矩阵式交—交变频器(装置)省去了中间直流环节,也省去了体积大、价格贵的电解电容,这种变频器的功率因数能可达到“1”,输入电流为正弦且能四象限运行,系统的功率密度大。其实质不是间接的控制电流、磁链等量,而是把转矩直接作为被控制量来实现的。具体方法如下:

(1) 控制定子磁链引入定子磁链观测器,实现无速度传感器方式;

(2) 自动识别(ID)依靠精确的电机数学模型,对电机参数自动识别;

(3) 根据定子阻抗、互感、磁饱和因素、惯量等算出实际的转矩、定子磁链、转子速度进行实时控制;

实现Band—Band控制按磁链和转矩的Band—Band控制产生PWM信号,对逆变器开关状态进行控制。

矩阵式交—交变频器具有快速的转矩响应($<2\text{ms}$)、很高的速度精度($\pm 2\%$,无PG反馈)、高转矩精度($<+3\%$);同时还具有较高的启动转矩及高转矩精度,尤其在低速时(包括0速度时),可输出 $150\% \sim 200\%$ 转矩。

七、可四象限工作的变频器介绍

(一) 概述

普通的变频器一般只能将供配电系统的工频电源通过整流、逆变后,使其频率、电压成为可调节的变频电源,再向被驱动设备(如电动机等)提供。这种变频器及其工作模式用行话来说,只能工作在电动状态,也就是只能工作在一、三象限,故也可称之为两象限变频器。

实际应用中的变频器在很多场合(比如电梯、提升机等)会存在处理电动机回馈能量的情况,普通的变频器的整流电路大都由二极管组合成整流桥,只能将交流电转化成直流电,无法实现能量的双向流动,也就没有办法将电机回馈到变频器的能量再回馈到电网,通常只能在两象限变频器的直流侧增加电阻制动单元,将电动机回馈的能量消耗掉,这种能量消耗直观地估计一下也是很可观的。另外,在一些大功率变频器的应用中,二极管整流桥对电网产生的谐波污染也较为严重。输出交流电压的谐波对电机的影响,对电网的谐波污染、输入功率因数、自身的能量损耗(即效率)是衡量变频器性能的优劣的几项指标。

IGBT功率模块可以实现能量的双向流动,例如,电动机回馈到变频器的能量就是通过IGBT模块的续流二极管来实现的。而采用IGBT做整流桥,再用具有高速运算能力的DSP芯片产生PWM脉冲进行控制,不仅可以调整输入的功率因数,减小或消除对电网的谐波污染,让变频器真正成为“绿色产品”,而且可以将电动机回馈产生的能量反送到电网,达到较普通变频器来说是相当可观的节能效果。

一些公司像 SIEMENS 出产较为高档的、较大功率的变频器，它们已具有四象限运行的功能，国内一些公司近几年也开始进行四象限变频器开发和研制工作，到目前已经形成 380、660V 两个系列各种功率等级的成熟的产品和技术，并广泛应用于起重、煤矿和油田领域。

(二) 四象限变频器的工作原理

1. 四象限变频器的主电路示意图

如图 3-20 所示，该四象限变频器的整流电路中也是使用 IGBT。

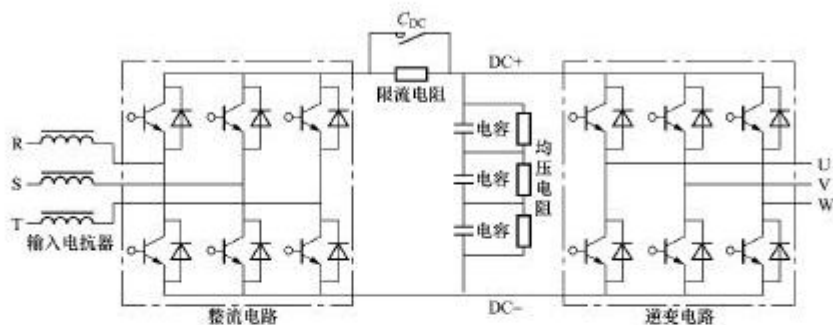


图 3-20 四象限变频器的主电路示意图

2. 四象限变频器的工作过程

(1) 电动工作状态。当电动机工作处在电动工作状态时，整流控制单元的 DSP 产生 6 路高频的 PWM 脉冲控制整流电路中的 6 个 IGBT 的通断，并且使 IGBT 的通断与输入电抗器共同作用产生了与输入电压相位一致的正弦电流波形，这样就消除了二极管整流桥产生的 $6K \pm 1$ 次谐波，并可消除对电网的谐波污染。功率因素也可得到很大的提高（高达 99%）。

当电动机工作处在电动机工作状态时，能量从电网经由变频器的整流回路和逆变回路流向电动机，变频器工作在第一、第三象限。输入电压和输入电流的波形如图 3-21 所示。

(2) 发电工作状态。当被驱动负载（如电梯、提升机等）的位能、势能等反拖动电动机运转，并且使电动机处在发电工作状态，此时，电动机的再生能量会通过逆变桥（IGBT）的续流二极管回馈到变频器的直流侧；当变频器直流侧的电压超过一定的值，整流桥（也是 IGBT）的能量回馈控制系统启动，通过对电网电压相位和幅值的跟踪、采样和计算，来控制整流桥逆变电压相位和幅值，驱动整流桥的 IGBT，将变频器的直流侧的直流电逆变成与电网电压频率相同的交流电并回馈到电网，达到节能的效果。

当电动机工作处在电动工作状态时，能量由电动机通过变频器的逆变侧、整流侧流向电网。变频器工作在二、四象限。输入电抗器的主要功能是电流滤波。回馈电流和电网电压波形如图 3-22 所示。

3. 四象限变频器的构成及其功能

(1) 预充电电路：由交流接触器、功率电阻组成及相应的控制回路。主要功能是系统上电时，完成对直流母线电容的预充电，避免上电时强大的冲击电流烧坏功率模块。

(2) 输入电抗器：电动状态下起储能作用，形成正弦电流波形。回馈状态下，起滤波作用，滤掉电流波形的高频成分。

(3) 智能功率模块（SküP）：整流侧和逆变侧 IGBT、隔离驱动、电流检测以及各种保护监测功能。

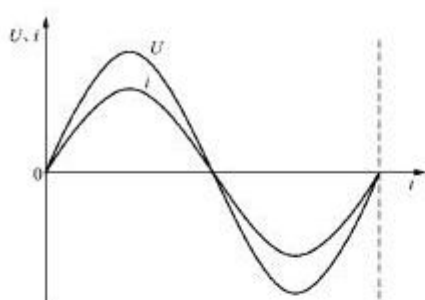


图 3-21 输入电压和输入电流的波形

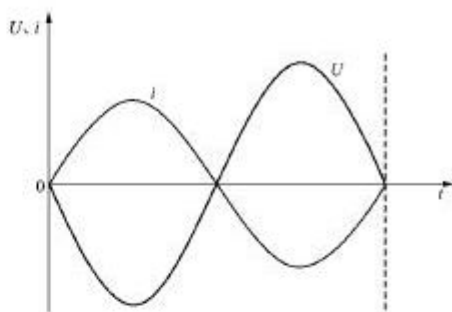


图 3-22 回馈电流和电网电压波形

(4) 电解电容：储能，滤波。

(5) 输出电抗：降低输出 dv/dt ，对电机起到一定的保护作用。

(6) 控制部分组成：系统辅助电源模块、预充电控制、功率接口板、DSP 控制板及人机接口板。

1) 系统辅助电源：产生系统控制所需的 5、15 和 24V 电源；

2) 预充电控制：用于控制预充电交流接触器的动作；

3) 功率接口板：反馈系统控制所需的电流信号，电压信号及温度信号，并且传递 PWM 控制波形到驱动板。接口板要对信号进行滤波处理；

4) DSP 控制板：完成整流、逆变 PWM 控制算法，是系统的大脑。

5) 人机接口板：显示变频器运行的各种状况以及用户参数输入。

(三) 整流部分系统控制

整流部分系统控制方框图如图 3-23 所示。图 3-23 中，系统的给定是直流母线电压指令，这

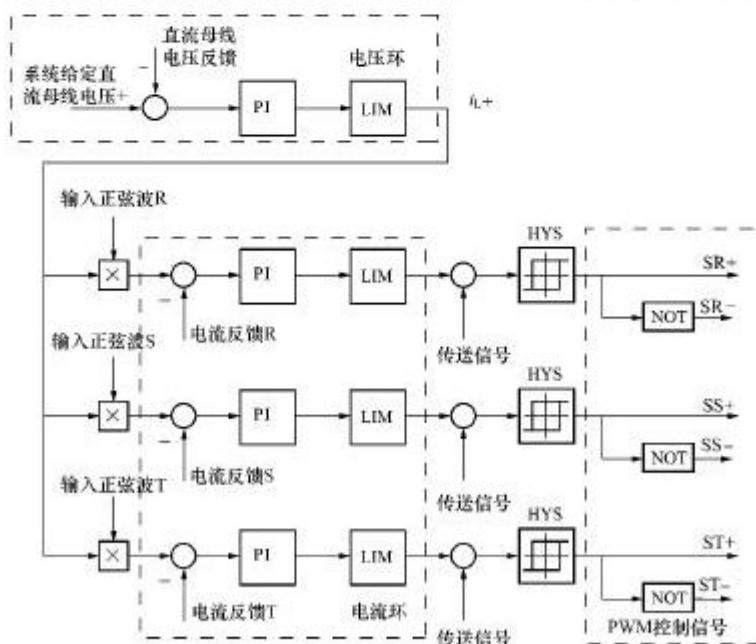


图 3-23 整流部分系统控制方框图

个指令与直流母线电压反馈的误差送到电压环的PI调节器。电压环的PI调节与三相输入正弦波的乘积成为三相电流的指令，三相电流指令与各自电流反馈作比较，误差送到电流环的PI调节器。电流环PI调节器的输出可以通过载波调制产生各相IGBT的PWM控制信号，也可以通过空间矢量的方式产生PWM信号控制IGBT。上述的运算都是通过DSP完成的。

（四）四象限变频器的应用

四象限变频器的典型应用是具有位势负载特性的场合，例如，提升机、机车牵引、油田磕头机、离心机等。在一些大功率的应用中，也需要四象限变频器以减小对电网的谐波污染。

以提升机的应用为例，当提升重物时，四象限变频器拖动电机克服重力做工，电动机处于电动状态。当下放重物时，逆变侧产生励磁电流，重力牵引电机发电，电动机处于发电状态。势能转化为电能通过整流侧回馈的电网。

采用带有PWM控制整流器变频器具有四象限运行的功能，能满足各种位势负载的调速要求，可就电机的再生能量转化为电能送回电网，达到最大限度的节能的目的。不仅如此，它还可减少电源的谐波污染，功率因数可接近于1，是一种真正的“绿色”变频器。

第五节 变频器应用系统的设计

变频器应用系统在设计前，先要仔细地解被驱动控制设备或系统整提配制、工作方式、工作环境、控制方式及客户具体要求是新系统设计还是旧系统设备改造等。变频控制系统（柜）要全面考虑到设计、工艺、制作制造、运输、包装等方面，以保障变频控制系统（柜）的各个环节的质量。

一、负载类型

通常，在变频器的应用中常遇到的机械负载与电机转矩特性有三种。

（一）恒转矩负载

这种负载类型常见的如传送带、升降机、活塞机等。

对于变频器在恒转矩负载的应用系统设计应注意以下几点：

- （1）电机最好选用变频器专用电机。
- （2）电动机容量最好增大一号，以降低负载重转矩特性。
- （3）变频器建议选用恒转矩（重载）类型的。如使用泛用型变频器，则应增大变频器的容量；变频器的容量与电机的容量关系应根据品牌确定，一般为1.1~1.5电机的容量。

（二）平方转矩负载

这种负载类型常见的如风机、水泵等。一般地，风机、水泵采用变频节能，理论与实际证明节能在40%~50%左右，此类应用占变频器应用30%~40%。对于变频器在平方转矩负载的应用系统设计应注意以下几点：

- （1）电机通常选用普通的异步交流电机，并根据环境需要，选电机防护等级和方式。
- （2）变频器建议选用风机泵类型的，电机与变频器容量关系一般为一比一即可。

（三）恒功率负载

这种负载类型常见的如卷扬机、机床主轴等。该类负载一般在特定速度段内工作时，为恒转矩特性，当超过特定速度段工作时，为恒功率特性。恒功率机械转矩特性显柔性较复杂，在此不多讲述。

二、需了解的技术要求

（一）电动机

- （1）电动机铭牌参数：额定功率、额定电压、额定电流、接法等。

(2) 电动机所驱动的负载特性类型及启动方式。

(二) 工作制式

工作制式有长期、短期等。

(三) 工作环境

工作环境：如现场的温度、防护等级、电磁辐射等级、防爆等级、配电具体参数。

(四) 变频控制柜

(1) 安装位置到电动机位置实际距离（是非常重要的参数）。

(2) 变频柜拖动电动机的数量及方式。

(3) 变频系统与原工频系统的切换关系（是否与变频互为备用）。

(4) 变频—工频系统的控制方式：如手动/自动、本地/远程及是否通信等。

(5) 信号隔离：强电回路与弱电回路的隔离，采集及控制信号的隔离。

(6) 工作场合的供电质量：如防雷、浪涌、电磁辐射等。

(7) 其他：传感变送器的选用参数及采样地点。

三、设计

(一) 方案设计

根据所了解的技术要求设计方案，将初步方案与用方的技术人员沟通讨论并修正，通过后备案。

(二) 具体设计

(1) 变频控制系统的原理图设计：主回路、控制回路的设计按有关电气规范要求进行。在安全的前提下，力求简单实用，以尽可能少的元件实现尽可能多的功能。

(2) 电气工艺设计：包括变频器选型、动力及控制线的线径、配线距离、接地配线及进出线的电缆管接头配置。

关于抗干扰布线：弱电电缆用带屏蔽电缆，避免与强电电缆并行，电缆用金属卡固定安装底板上，屏蔽层做好接地，也可加装屏蔽金属环。

(3) PLC、触摸屏等硬件配置及软件设计：根据实际情况选用配置及设计。

(4) 变频器通信联网方面的设计：根据实际情况选用配置及设计。

(5) 柜体平面布局等钣金工艺的设计：在保重所有元件的摆放、通风、布线都满足有关电气规范要求的前提下，力求精巧。柜体钣金工艺设计应注意以下几点：

1) 使用环境。

①温度：变频器环境温度为一10~50℃，一定要考虑通风散热。

②湿度：可参照电气设备的使用要求。

③震动：可参照电气设备的使用要求。

④气体：如有无爆炸、腐蚀性气体等则应按防爆要求设计。

2) 柜体承载重量：参照电控柜厂家的说明，如有超重等，则应另外加强。

3) 运输方便性：搬运安全，加装吊装挂钩。

4) 柜体的铭牌，制造商的标识等。

四、设备及元件的选用

(一) 变频器的选用

大多数变频器容量可从三个角度表述：额定电流、可用电动机功率和额定容量。其中后两项在变频器出厂时就由厂家各自生产的标准电动机给出。选择变频器时，只有变频器的额定电流

是一个反映半导体变频装置负载能力的关键量，负载电流不超过变频器额定电流是选择变频器容量的基本原则。需要着重指出的是，确定变频器容量前应仔细了解设备的工艺情况及电动机参数，例如，潜水电泵、绕线转子电动机的额定电流要大于普通笼形异步电动机额定电流，冶金工业常用的辘道用电动机不仅额定电流大很多，同时它允许短时处于堵转工作状态，且辘道传动大多是多电动机传动。应保证在无故障状态下负载总电流均不允许超过变频器的额定电流。

通常，变频器是根据负载类型及功率、电压、电流及控制方式等条件选用。变频器的控制方式代表着变频器的性能和水平，在工程应用中根据不同的负载及不同控制要求，合理选择变频器以达到资源的最佳配置。通用变频器的选择包括变频器的形式选择和容量选择两个方面，其总的原则是首先保证可靠地实现工艺要求，再尽可能节省资金。

1. 根据负载的类型选择变频器

(1) 对于风机、泵类等平方转矩负载：在过载能力方面要求较低，负载的转矩与速度的平方成正比，所以低速运行时负载转矩较小，负载较轻（罗茨风机除外）；再则，这类负载对转速精度没有什么要求，故选型时通常以价廉为主要原则，可以选择普通功能变频器，选择风机泵类最为经济。

(2) 对于在转速精度及动态性能等方面要求一般不高的；具有恒转矩特性的负载，如挤压机、搅拌机、传送带、厂内运输电车、吊车的平移机构、吊车提升机构和提升机等；采用具有恒转矩控制功能的变频器是比较理想的。因为这种变频器低速转矩大，静态机械特性硬度大，不怕负载冲击，具有挖土机特性。也有采用普通功能型变频器的例子，为了实现大调速比的恒转矩调速，常采用加大变频器容量的办法。对于要求精度高、动态性能好、响应快的生产机械（如造纸机械、轧钢机等），应采用矢量控制高性能型通用变频器。

2. 根据控制要求选择变频器

(1) 对于有较高静态转速精度要求的机械，选采用具有转矩控制功能的高性能型变频器。

(2) 对于要求响应快（响应快是指实际转速对于转速指令的变化跟踪得快）的系统设备；这类负载通常要求能从负载急剧变动及外界干扰等引起的过渡性速度变化中快速恢复，要求变频器主电路充分发挥加减速特性，故最好选用具有转差频率控制功能的变频器。要求响应快的典型负载有轧钢生产线设备、机床主轴、六角孔冲床等。

(3) 对于在低速时要求有较硬的机械特性，才能满足生产工艺对控制系统的动态、静态指标要求的这类负载，如果对动态、静态指标要求不高且控制系统采用开环控制的系统，可选用具有无速度反馈的矢量控制功能的变频器。

(4) 对于调速精度和动态性能指标都有较高要求，以及要求高精度同步运行等场合，可选用带速度反馈的矢量控制方式的变频器。如果控制系统采用闭环控制，可选用能够四象限运行、 U/f 控制方式、具有恒转矩功能型变频器。例如，轧钢、造纸、塑料薄膜加工生产线。这一类对动态性能要求较高的生产机械，宜采用矢量控制的高性能变频器。

(5) 对于要求控制系统具有良好的动态、静态性能（动态、静态指标要求较高）的系统和设备，例如，电力机车、交流伺服系统、电梯、起重机等领域，可选用具有直接转矩控制功能的专用变频器。

在变频器的实际应用中，由于被控对象的具体情况千差万别，性能指标要求的各不相同，变频器的选择及配置远不如上述所列几种。要做到熟练应用还应在工程实践中认真探索。

(二) 电气设备的选用

(1) 变压器：如有根据变频器的要求及相关的电力规范选配。

(2) 熔断器：如需要应选速熔类，选择为2.5~4倍额定变频器电流。最好用断路器。

(3) 空开（断路器）：一般按1.2~1.5倍的变频器额定电流来选择。

(4) 接触器：一般按1.2~1.5倍的变频器额定电流或电动机功率来选择。

(5) 防雷浪涌器：对于特别雷暴多发区以及交流电源尖峰浪涌多发场合最好选用，可保护变频系统免遭意外破坏。有关经验用40kV·A浪涌器。

(6) 电抗器。

1) 电抗器的作用是抑制变频器输入输出电流重高次谐波成分带来的不良影响，而滤波器的作用是抑制由变频器带来的无线电波干扰，即电波噪声。一般由变频器厂商提供参数，多大功率变频器配多大电抗器。有的变频器内置电抗器。

2) 对于电动机与变频器距离近的变频器，其输出端可不装电抗器。对于变频器的高次谐波远小于有关规范要求，且与变频器处同一配电系统中没有对高次谐波要求很高的设备的情况下，变频器的输入端可不装电抗器。

3) 选择电抗器的参数，可由下面公式计算

$$L = (2\% \sim 5\%)V / 6.18 \times F \times I$$

式中 V ——额定电压，V；

I ——额定电流，A；

F ——最大频率，Hz；

(7) 输入输出滤波器：一般应根据频率进行配置。

(8) 制动电阻：计算较复杂，应在变频器柜制造商指导下配置。

电路控制回路设计，按电气工程师知识及变频器要求设计。

五、信号隔离

(1) 与变频器处同一配电系统（特别是四线制）的PLC、仪表、传感变送器等弱电信号最好采取信号隔离，以免控制系统信号混乱，影响整个系统的正常工作。

(2) 与变频器处同一配电系统（特别是四线制）的PLC常规控制系统接口，一定加装浪涌吸收器，控制电源最好采用隔离变压器，进行电气隔离。

第六节 变频器的使用及应注意的一些问题

一、精度

(一) 频率分辨率

频率分辨率是衡量变频器的重要指标。频率分辨率包含频率给定分辨率和频率控制分辨率。

(1) 频率给定分辨率指变频器的给定通道对输入信号的分辨率，一般指模拟输入通道AD的位数。对于通信通道一般给定精度远远大于模拟通道，所以模拟给定通道若能满足要求，通信通道是绝对满足的。

(2) 频率控制分辨率指变频器的输出最小分辨率，通常说变频器是无级调速是相对而言的。变频器有它的最小分辨率（每次调速频率的最小变化）。现在变频器的最小分辨率一般为0.01Hz。用户在选择变频器时应该注意频率分辨率是否能满足设备需要。

(二) 具有转差补偿变频器对系统稳态精度的影响

交流异步电机都存在转差频率，电机的输出转矩和功率与转差频率成正比，变频器为了提高速度控制精度，对电机控制采用转差补偿。

依据异步电机的机械特性，当负载转矩增大，转差频率增大，转子产生速降。转差补偿就是利用依据负载改变定子同步频率，以补偿转子因为负载的速降，消除调速静差，从而保证转子的

速度维持恒定。

变频器的转差补偿依据电机的机械特性进行，变频器要求输入电机铭牌参数，依据铭牌参数来确定电机的控制数学模型，转差补偿量应为

$$f = 50(n_0 - n_1) / n_0 M / M$$

由于电机在变频控制调速过程中，不同公司的电机的阻抗不同，所以转差补偿在有时是欠补偿，有时为过补偿。因此对系统稳态、动态精度会有一些的影响。

所以在使用变频器的过程中合理使用转差补偿会消除静差，提高系统的稳态精度。调节转差补偿可以获得特殊的机械特性，在板纸机、瓦楞纸机调试运行中非常重要。

二、参数设置

随着电力电子技术和自动化技术的不断进步和发展，各类低压变频器的性能也越来越先进，无论是在温升、体积、噪声还是功能、输出特性等方面都有了很大的进步。随之变频器的各项参数也越来越多，参数值的设置也越来越复杂。而且很多参数都是相互关联、相互影响的，必须要对各参数项的功能特性完全了解并综合考虑、计算，才能完成正确的设置。

变频器出厂时，厂家对每个参数都预设一个值，这些参数叫出厂值（也称缺省值）。一般缺省值并不能满足所有传动系统的要求。在使用变频器之前，要求对变频器参数进行设置。

（一）基本设置

（1）确认电机参数设定电机的功率、电流、电压、转速、最大频率。这些参数可以从电机铭牌中直接得到。

（2）变频器采取的控制方式，即速度控制、转矩控制、PID或其他方式。选定控制方式后，一般要根据控制精度需要进行静态或动态辨别。

（3）设定变频器的启动方式，一般变频器在出厂时设定从面板启动，用户可以根据实际情况选择启动方式。可以用面板、外部端子、通信方式等几种。

（4）给定信号的选择，一般变频器的频率给定也可以有多种方式。面板给定、外部给定、外部电压或电流给定、通信方式给定。当然对于变频给定也可以是这几种方式的一种或几种方式之和，正确设置以上参数后，变频器基本能正常工作，如要获得更好的控制效果则只能根据实际情况修改相关参数。一旦发生参数设置故障，可根据说明书进行修改参数。如果不行可对数据初始化，恢复缺省值。然后按上述步骤重新设置，对于不同品牌的变频器其参数恢复出厂值方式也不同。

（二）常用设置

1. 频率范围设定

（1）最高频率：变频器所能输出的最高频率。设定最高频率时，当心不要超过电机所能承受的最高频率。最高频率一般设定为电机的额定频率。

（2）转折频率：变频器开始输出额定电压的最低频率。从转折频率起输出电压保持不变。可在最高频率范围内设定。

（3）起始频率：变频器开始输出电压的最低频率。

最高频率、转折频率、起始频率三者之间的关系如图 3-24 所示。

（4）上、下限频率：用来限制运行频率，将运行频率限制在频率的上、下限范围之内。上、下限频率与最高频率之间的关系如图 3-25 所示。

2. U/f 特性设定

变频器的 U/f 特性决定了电机启动或低速运行时输出力矩的大小，是变频器众多功能中很重要的一项。通常变频器功能组参数 U/f 曲线设置会为用户提供几种可选择的控制特性，如图

3-26所示。此项功能可根据负载特性选用合适的压频曲线。

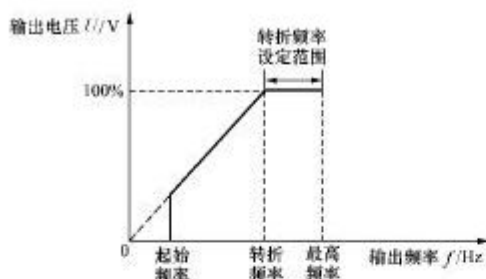


图 3-24 最高频率、转折频率、起始频率三者之间的关系

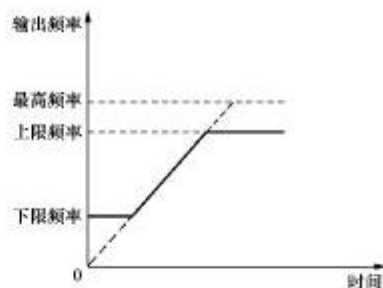


图 3-25 上、下限频率与最高频率之间的关系

(1) 图 3~26 中曲线“(1)”为直线形压频曲线，比较适合拖动输出电压跟输出频率之比保持恒定的恒转矩负载。如传送带、搅拌机等。

(2) 图 3-25 中曲线“(2)”为抛物线形压频曲线，比较适合拖动输出电压跟输出频率之比为抛物线形的变转矩负载。如风机、泵类设备。

(3) 图 3-25 中曲线“(3)”为自定义形压频曲线，特殊场合使用，用户可任意设定输出电压跟输出频率之比。

(4) 图 3-25 中曲线“(4)”为自动补偿形压频曲线，不断检测负载状态自动调整压频曲线以自动补偿转矩。适合使用于低速高转矩特性负载。

3. 过流保护特性

过流保护是对负载最重要，也是最基本的保护功能，必须正确、可靠地设置。功能组参数可设置变频器的输出电流持续超过电流保护限值（即变频器额定电流的百分比）和过流时间。如参考设置：过流 110%，持续时间 60s。

4. 载波频率设置

当变频器运行时，如果电机有噪声或对同一控制柜内的其他控制设备产生干扰，用户可以在一定范围内调整载波频率（即调整 PWM 开关频率），降低噪声或干扰。如参考设置为 2~8kHz。

5. 故障信号方式选择

变频器的故障设置功能是非常重要的，要对变频器及其负载提供安全可靠的保护，大都是利用变频器的故障信号输出端口，在外部电气线路中实现故障跳机。因此，保护功能的完善与否和变频器的输出信号设置功能有着很大的关系。通常有几种设定方式供用户选择。一般情况下，用户可选择在输入电压过低保护动作时或只要发生故障，故障继电器就动作，故障信号即输出。

6. 参数修改锁定功能

变频器都有参数设置锁定保护功能，以防止无关人员随意改变变频器的一些重要参数。其操作是每输入一次密码，参数锁定和参数解锁可互相交替生效。

7. 输出信号微调设置

变频器在运行过程中，需要将运行频率、电流、电压等状态信号显示在控制面板上，以上功能可通过输出端口的功能设置来完成。然而，在显示过程中变频器输出的模拟量与仪表显示之间总存在一定的误差，工程应用中，须将变频器的输出模拟量进行微调，从而得到精确的显示。

如模拟量输出端子之间输出 0~10V 对应“0~变频器的最高输出频率”、“0~变频器的额定输出电流”等。

变频器的起始频率、最高频率的设置与变频器输出频率与频率仪表电流输出关系，如图 3-27 所示。

现代变频器的功能参数是非常多的，一般都有几百个参数项供选择。实际应用中，并不需要对每个参数都进行设置，只要对一些实际需要的参数进行设置就可以了。一些情况下，参数的原始出厂值就可以满足实际运行的要求。对变频器的参数和功能作细致的学习和研究是非常有益的，同时，可以进一步挖掘变频器的功能，提高运行性能和节能效果，最大程度地发挥变频器的使用效率。

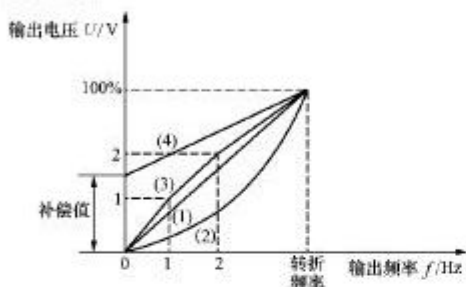


图 3-26 U/f 压频曲线

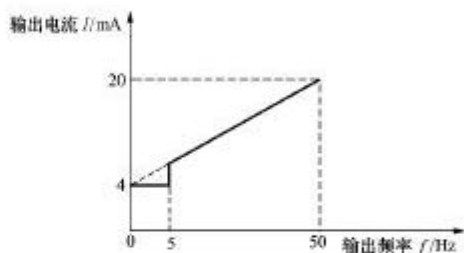


图 3-27 变频器输出频率与频率仪表电流输出关系

三、故障处理

(一) 常见的故障显示及检查处理

1. “OC” 过流报警故障

这是变频最常见故障，首先检查是否是由于参数问题而导致的故障，例如，电流限制，加速时间过短有可能导致过流的产生，然后就必须判断是否是电流检测电路的问题，测试一下它的 3 个霍尔传感器是否出了问题。

2. “OV” 过压故障

首先先要检查是否是由于参数问题而导致的故障，例如，减速时间过短，以及由于再生负载而导致的过压等。然后可以看一下电压检测电路是否出现了故障。一般的电压检测电路的电压采样点都是中间直流母线取样后（530V 左右的直流）通过阻值较大的电阻降压后再由光耦进行隔离，当电压超过一定值时，可以看电阻是否氧化变质，光耦是否有短路现象。

3. “UV” 欠压故障

首先可以看一下输入端电压是否偏低、缺相，然后看电压检测电路鼓掌，判断和过电压相同。

4. “OH” 过热故障

变频器温度过高，检查变频器的通风情况，及轴流风扇运转是否良好。有些变频器有电动机温度检测装置，检查电动机的散热情况，然后检测电路各器件是否正常。

5. “SC” 短路故障

可以检测一下变频器内部器件是否有短路现象。如模块、驱动电路、光耦是否有问题，一般为模块和驱动的问题，更换模块修复驱动电路，“SC” 故障会消除。

6. “FU” 快速熔断故障

现行推出的变频器大多推出了快熔故障检测功能。特别是大功率变频器。它主要是对快熔前面后面的电压进行采样检测。当快熔损坏以后必然会出现快熔一端电压丢失，此时隔离光耦动作，出现 FU 报警。更换快熔就应能解决问题，特别是应该注意的是更换快熔前必须判断主回

路是否有问题。

四、变频器使用应了解的一些概念

(一) 电压、频率与电流的关系

电动机使用工频电源驱动时，电压下降则电流增加；对于变频器驱动，如果频率下降时电压也下降，如果输出相同的功率，则电流增加，但在转矩一定的条件下，电流几乎不变（如恒转矩负载）。

变频器的电压与电流成比例地改变；异步电动机的转矩是电机的磁通与转子内流过电流之间相互作用而产生的，在额定频率下，如果电压一定而只降低频率，那么磁通就过大，磁回路饱和，严重时将烧毁电机。因此，频率与电压要成比例地改变，即改变频率的同时控制变频器输出电压，使电动机的磁通保持一定，避免弱磁和磁饱和现象的产生。这种控制方式多用于风机、泵类节能型变频器。

按比例地改 U 和 f 时，频率下降时完全成比例地降低电压，由于交流阻抗变小而直流电阻不变，将造成在低速下产生地转矩有减小的倾向。对此，在低频时给定 U/f ，可使输出电压提高一些，以便获得一定的启动转矩，这种补偿称增强启动。增强启动可以采用各种方法实现，有自动进行的方法、选择 U/f 模式或调整电位器等方法。

(二) 启动电流与启动转矩

用工频电源直接启动时，启动电流为 6~7 倍，会对配电系统产生冲击。采用变频器运转时，随着电机的加速相应提高频率和电压，启动电流一般是被限制在 150% 额定电流以下（根据变频器种类的不同，为 125%~200%）。采用变频器传动可以平滑地启动（启动时间变长），启动电流为额定电流的 1.2~1.5 倍，启动转矩为 70%~120% 额定转矩；对于带有转矩自动增强功能的变频器，启动转矩为 100% 以上，可以带全负载启动。

(三) 超频下的输出功率

说明书上写着变速范围 60~6Hz（即 10:1），在 6Hz 以下仍可输出功率，但根据电机温升和启动转矩的大小等条件，最低使用频率取 6Hz 左右，此时电动机可输出额定转矩而不会引起严重的发热问题。变频器实际输出频率（启动频率）根据机种为 0.5~3Hz。对于在 60Hz 以上（也有 50Hz 以上）的模式电压不变为恒功率特性。在高速下要求相同转矩时，必须注意电机与变频器容量的选择。

(四) 开环与闭环

变频器本身的开环与闭环指是否给所使用的电机装置设速度检测传感器（PG），设 PG 并将实际转速反馈给控制装置进行控制的，称为“闭环”，对于要求调速精度比较高，即使负载变动也要求在近于给定速度下运转的场合，可采用具有 PG 反馈功能的变频器（选用件）；不设 PG 运转的就叫“开环”，开环时，变频器即使输出给定频率，电机在带负载运行时，电机的转速在额定转差率的范围内（1%~5%）变动。通用型变频器多为开环方式，专用型变频器有使用 PG 反馈的。

(五) 失速防止功能

如变频器的加减速时间过短，变频器的输出频率变化远远超过转速（电角频率）的变化，变频器会因过电流而跳闸并停止运转，这就叫失速。为了防止失速使电机继续运转，就要检出电流的大小进行频率控制。当加速电流过大时可以适当放慢加减速，这种速率的功能称之为失速防止功能。

(六) 再生制动

电动机在运转中如果因被驱动设备的惯性等被反拖动，则电动机变为异步发电机状态运行，

同是会产生再生能量，消除这种再生能量就叫再生（电气）制动。

从电机再生出来的能量储积在变频器的滤波电容器中，由于电容器的容量和耐压的关系，通用变频器的再生制动力约为额定转矩的10%~20%。如采用选用件制动单元，可以达到50%~100%。

五、变频器的额定值和频率指标

（一）额定值

1. 输入侧的额定值

在我国中小容量变频器中，输入电压的额定值有以下几种（均为线电压）：

- （1）380V，三相：主要用于工业生产系统。
- （2）220V，三相：主要用于某些进口设备中。
- （3）220V，单相：主要用于家用小容量变频器中。

2. 输出侧的额定值

（1）输出电压。由于变频器在变频的同时也要变压，所以输出电压的额定值是指输出电压中的最大值。在大多数情况下，它就是输出频率等于电动机额定频率时的输出电压值。通常，输出电压的额定值总是和输入电压相等的。

（2）输出电流。指允许长时间输出的最大电流，是用户在选择变频器时的主要依据。

（3）输出容量。取决于 U 和 I 的乘积。

（4）配用电动机容量。对于变频器说明书中规定的配用电动机容量，需说明如下：

由于电动机容量的标称值是比较统一的，而和值却很不一致，所以配用电动机容量相同的不同品牌的变频器的容量却常常不相同。说明书中的配用电动机容量仅对长期连续负载才是适合的，对于各种变动负载来说，则不适用。

（5）过载能力。变频器的过载能力是指其输出电流超过额定电流的允许范围和时间。大多数变频器都规定为150%、1min。

3. 频率指标

（1）频率范围。变频器输出的最高频率和最低频率。各种变频器规定的频率范围不尽一致。通常，最低工作频率为0.1~1Hz；最高工作频率为200~500Hz。

（2）频率精度。指变频器输出频率的准确精度。由变频器的实际输出频率与给定频率之间的最大误差与最高工作频率之比的百分数来表示。

（3）频率分辨率。指输出频率的最小改变量，即每相邻两档频率之间的最小差值。

六、注意事项

1. 变频器运行用离合器连接负载时

用离合器连接负载时，在连接的瞬间，电机从空载状态向转差率大的区域急剧变化，流过的大电流（类似于工频启动），导致变频器过电流保护功能就动作跳闸，不能运转。

2. 同一配电系统内大型电机启动造成运转中变频器就停止

电机启动时将流过和容量相对应的启动电流，电机定子侧的变压器产生电压降，电机容量大时此压降影响也大，连接在同一变压器上的变频器将做出欠压或瞬停的判断，因而有时保护功能（IPE）动作，造成停止运转。

3. 变频器的安装方向

变频器内部和背面的结构考虑了冷却效果的，上下的关系对通风也是重要的，因此，对于单元型在盘内、挂在墙上的都取纵向位，尽可能垂直安装。

4. 禁止不采用软启动而将电机直接投入到某固定频率的变频器

在很低的频率下是可以的,但如果给定频率高则同工频电源直接启动的条件相近。将流过大的启动电流(6~7倍额定电流),变频器会切断过电流,电机不能启动。

5. 电机超过60Hz运转时应注意的事项

(1) 机械和装置在该速度下运转要充分可能(机械强度、噪声、振动等)。

(2) 电机进入恒功率输出范围,其输出转矩要能够维持工作(风机、泵等轴输出功率于速度的立方成比例增加,所以转速少许升高时也要注意)。

(3) 产生轴承的寿命问题,要充分加以考虑。

(4) 对于中等容量以上的电机特别是2极电机,在60Hz以上运转时要与厂家仔细讨论。

6. 变频器传动齿轮电机需注意的问题

根据减速机的结构和润滑方式不同,需要注意若干问题。在齿轮的结构上通常可考虑70~80Hz为最大极限,采用油润滑时,在低速下连续运转关系到齿轮的损坏等。

7. 变频器不能用来驱动单相电机,可以使用单相电源

变频器基本上不能用来驱动单相电机。对于调速器开关启动式的单相电机,在工作点以下的调速范围时将烧毁辅助绕组;对于电容启动或电容运转方式的,将诱发电容器爆炸。变频器的电源通常为3相,但对于小容量的,有用单相电源运转的机种。

8. 变频器本身消耗的功率

它与变频器的机种、运行状态、使用频率等有关。通常,在60Hz以下的变频器效率大约为94%~96%,据此可推算损耗,但内藏再生制动式(FR-K)变频器,如果把制动时的损耗也考虑进去,功率消耗将变大,对于操作盘设计等必须注意。

9. 变频器一般不能在6~60Hz全区域连续运转使用

一般电机利用装在轴上的外扇或转子端环上的叶片进行冷却,若速度降低则冷却效果下降,因而不能承受与高速运转相同的发热,必须降低在低速下的负载转矩,或采用容量大的变频器与电机组合,或采用专用电机。

10. 变频器驱动带制动器的电机时应注意的问题

制动器励磁回路电源应取自变频器的输入侧。如果变频器正在输出功率时制动器动作,将造成过电流切断,所以要在变频器停止输出后再使制动器动作。

11. 变频器不能用来驱动带有电容器(改善功率因数)的电机

变频器的电流流入改善功率因数用的电容器,由于其充电电流造成变频器过电流(OC),所以不能启动,作为对策,请将电容器拆除后运转,甚至改善功率因数,在变频器的输入侧接入AC电抗器是有效的。

12. 变频器的寿命

变频器虽为静止装置,但也有像滤波电容器、冷却风扇那样的消耗器件,如果对它们进行定期的维护,可望有10年以上的寿命。

13. 滤波电容器的寿命

作为滤波电容器使用的电容器,其静电容量随着时间的推移而缓缓减少,定期地测量静电容量,以达到产品额定容量的85%时为基准来判断寿命。

14. 装设变频器的限制

小型变频器通常应装在盘内,中大型的变频器如装在盘外则需做好相关的防护(如防水、防尘等)工作。装在盘内的变频器的散热措施有:

(1) 盘的设计要针对实际装置所需要的散热;

(2) 利用铝散热片、翼片冷却剂等增加冷却面积;

(3) 采用热导管。

此外，已开发出变频器背面可以外露的型式。

七、变频器的基本维护

在变频器日常维护过程中，经常遇到各种各样的问题，如外围线路问题，参数设定不良或机械故障。如果是变频器出现故障，如何去判断是哪一部分问题，在这里略作介绍。

(一) 基本故障判断

(1) 整流模块损坏：一般是由于电网电压或内部短路引起的。在排除内部短路情况下，更换整流桥。在现场处理故障时，应重点检查用户电网情况，如电网电压、有无电焊机等对电网有污染的设备等。

(2) 逆变模块损坏：一般是由于电机或电缆损坏及驱动电路故障引起。在修复驱动电路之后，测驱动波形良好状态下，更换模块。在现场服务中更换驱动板之后，还必须注意检查马达及连接电缆。在确定无任何故障下，运行变频器。

(3) 上电无显示：一般是由于开关电源损坏或软充电电路损坏使直流电路无直流电引起，如启动电阻损坏，也有可能是面板损坏。

(4) 上电后显示过电压或欠电压：一般由于输入缺相、电路老化及电路板受潮引起。找出其电压检测电路及检测点，更换损坏的器件。

(5) 上电后显示过电流或接地短路：一般是由于电流检测电路损坏。如霍尔元件、运放等。

(6) 启动显示过电流：一般是由于驱动电路或逆变模块损坏引起。

(7) 空载输出电压正常，带载后显示过载或过电流：该种情况一般是由于参数设置不当或驱动电路老化、模块损伤引起。

(二) 故障处理方法

1. 变频器的过电流保护及处理方法

变频器的过电流保护的对象主要针对带有突变性质的、电流的峰值超过了变频器的容许值的情况。由于逆变器件的过载能力较差，所以变频器的过电流保护是至关重要的一环。

(1) 过电流的原因。

1) 工作中过电流（即拖动系统在工作过程中出现过电流）的原因主要有：

①电动机遇到冲击负载，或传动机构出现“卡住”现象，引起电动机电流的突然增加。

②变频器的输出侧短路，如输出端到电动机之间的连接线发生相互短路，或电动机内部发生短路等。

③变频器自身工作的不正常，如逆变桥中同一桥臂的两个逆变器件在不断交替的工作过程中出现异常。例如，环境温度过高，或逆变器件本身老化等原因使逆变器件的参数发生变化，导致在交替过程中，一个器件已经导通，而另一个器件却还未来得及关断，引起同一个桥臂的上、下两个器件的“直通”，使直流电压的正、负极间处于短路状态。

2) 升速时过电流。当负载的惯性较大，而升速时间又设定得太短时，意味着在升速过程中，变频器的工作效率上升太快，电动机的同步转速迅速上升，而电动机转子的转速因负载惯性较大而跟不上去，结果是升速电流太大。

3) 降速中的过电流。当负载的惯性较大，而降速时间设定得太短时，也会引起过电流。因为降速时间太短，同步转速迅速下降，而电动机转子因负载的惯性大，仍维持较高的转速，这时同样可以是转子绕组切割磁力线的速度太大而产生过电流。

(2) 处理方法。

1) 启动时一升速就跳闸，这是过电流十分严重的现象。主要检查以下部件：

- ① 工作机械有没有卡住。
 - ② 负载侧有没有短路，用兆欧表检查对地有没有短路。
 - ③ 变频器功率模块有没有损坏。
 - ④ 电动机的启动转矩过小，拖动系统转不起来。
- 2) 启动时不马上跳闸，而在运行过程中跳闸，主要检查以下内容：
- ① 升速时间设定太短，加长加速时间。
 - ② 减速时间设定太短，加长减速时间。
 - ③ 转矩补偿 (U/f 比) 设定太大，引起低频时空载电流过大。
 - ④ 电子热继电器整定不当，动作电流设定得太小，引起变频器误动作。
2. 大功率模块损坏

大功率模块损坏的原因可能是多种多样的，如电动机短路、对地绝缘不好、电机堵转及外部电源电压过高等都有可能造成变频器大功率模块的损坏。在实际维修中更换大功率模块时一定要确定驱动电路的正常工作，否则更换后很容易引起大功率模块的再次损坏。另外也要了解 GTR 模块和 IGBT 模块驱动电路的区别，这两种功率模块前者为电流驱动，后者则是电压驱动。

此外，现在的一些欧美变频器在设计上将高频隔离变压器加入了驱动电路中，通过一些高频的变压器对驱动电路的电源及信号的隔离，增强了驱动电路的可靠性，同时也有效地防止了强电部分的电路出现故障时对弱电电路的损坏。在实际的维修中这种驱动电路故障率很低，大功率模块也极少出现问题。

3. 驱动电路

驱动电路在变频器的逆变环节中起着至关重要的作用。驱动电路只是一个统称，随着技术的不断发展，驱动电路本身也经历了插脚式的驱动电路、光耦驱动电路、厚膜驱动电路以及比较新的集成驱动电路的发展过程。其中，插脚式的驱动电路、光耦驱动电路、厚膜驱动电路在维修中还是经常能遇到的。

(1) 驱动电路的检修一般方法。造成驱动损坏的原因有各种各样的，一般来说出现的问题也无非是 U、V、W 三相无输出，或者输出不平衡，再或者输出平衡但是在低频的时候抖动，还有启动报警等。

通常，变频器大电容后的快熔开路或者是 IGBT 逆变模块损坏都是在非常极端的情况下发生的，驱动电路多半会在这种极端的情况下受损。发生快熔开路或者是 IGBT 逆变模块损坏时，切不可急于换上好的快熔或者 IGBT 逆变模块，这样很容易再次损坏好的器件。正确的做法如下（供参考）：

1) 先着重检查下驱动电路（板）上是否有烧损，初步确定驱动电路（板）的受损程度。

2) 用万用表电阻档测量六路驱动电路的阻值是否都相同。测量前，需先将 IGBT 逆变模块的驱动脚连线拔掉，通常，驱动电路正常时的阻值都是相同的（有个别的变频器驱动电路不是六路阻值都相同的，如三菱、富士等变频器）。

3) 测量六路驱动电路上电压是否相同。使用电子示波器给定一个启动信号，观察六路驱动电路的波形是否一致，通常，驱动电路正常时的波形是一致的。也可以使用数字式电子万用表来测量驱动电路六路的直流电压是否一致。通常，未启动时的每路驱动电路上的直流电压为 10V 左右，启动后的直流电压为 2~3V。

4) 通过测量，如变频器的驱动电路是好的，就可将 IGBT 逆变模块连接到驱动电路上测试逆变情况（负载实验）。最稳妥的方法还是在 IGBT 逆变模块与直流母线 P 端中间接一组串联的灯泡或者一个功率大一点的电阻，这样能在电路出现大电流的情况下，保护 IGBT 逆变模块不被大电容的放电电流烧坏。

(2) 驱动电路的检修应用。

1) 故障现象：三相输出正常，但在低速时电动机抖动，无法进行正常运行。检修方法：这种故障现象多为变频器驱动电路损坏。将变频器打开，将 IGBT 逆变模块从印刷电路板上卸下，使用电子示波器观察六路驱动电路打开时的波形是否一致，找出不一致的那一路驱动电路，更换该驱动电路上的光耦。若变频器使用年数超过 3 年，最好将驱动电路的电解电容全部更换，然后再用示波器观察测试驱动电路的波形，待六路波形一致后，再装上 IGBT 逆变模块，进行负载实验，可消除低速抖动现象。

2) 故障现象：变频器输出端打火。检修方法：打开变频器检查 IGBT 逆变模块是否正常，驱动电路印刷电路板是否损坏，拆 IGBT 逆变模块的时候主要应尽量保护好印刷电路板不受人为的损坏。如驱动电路有损坏，则将损坏的电子原器件逐一更换。驱动电路如有烧损，则先将烧焦的部分刮干净，以防再次打火，并将驱动电路板上开路的线路用导线连起来。检修后检测驱动电路的六路驱动电路阻值应相同，在电压相同的情况下，使用示波器测量波形应相同。

4. 整流电路

整流电路的功能是把交流电源转换成直流电源。小型变频器上的整流电路一般都是单独的一块整流模块，也有不少整流电路与逆变电路二者合一的模块。

整流模块损坏是变频器常见故障，在静态中通过万用表电阻档正反向的测量来判断整流模块是否损坏，当然还可以用电压表来测试。

对于上半桥为晶闸管下半桥为二极管的整流电路，可用简易方法判断晶闸管的好坏。在控制极加上直流电压（10V 左右）看它正向能否导通，这样基本大体能判断出晶闸管的好坏。

5. 逆变电路

逆变电路同整流电路相反，逆变电路是将直流电压变换为可以变频的交流电压。

逆变电路通常指的就是 IGBT 逆变模块（早期生产的变频器有 GTR 等功率模块），IGBT 模块损坏也是变频器常见的故障。

简单的测量 IGBT 模块的方法：用指针万用表电阻 10k Ω 挡表棒去触发 GwEw（黑笔碰 Gw，红笔碰 Ew）则 P 到 W 可导通。当 GwEw 短路，P 到 W 则关闭，其他各管引脚同理。

测量耐压值可用晶体管参数测试仪，但是要短接触发端 G-E 才能测 C-E 的耐压值。

IGBT 模块损坏，大多情况下会损坏驱动元器件。最容易损坏的器件是稳压管及光耦。反过来如驱动电路的元件有问题如电容漏液、击穿、光耦老化，也会导致 IGBT 模块烧坏或变频输出电压不平衡。检查驱动电路是否有问题，可在没通电时比较一下各路触发端电阻是否一致。通电开机可测量触发端的电压波形。但是有的变频器不装模块开不了机，这时在模块 P 端串入假负载防止检查时误碰触发端或其他线路烧坏模块。

6. 滤波电路

对滤波电容进行容量与耐压的测试。还可以观察电容上的安全阀是否爆开，有没有漏液现象来判断它的好坏。

第七节 服 务

一、左手定则与右手定则

(一) 左手定则

左手定则（安培定则）：已知电流方向和磁力线方向，判断通电导体在磁场中的受力方向，如电动机。左手定则说的是磁场对电流作用力，或者是磁场对运动电荷的作用力。

左手定则的内容：伸开左手，让磁力线穿入手心（手心对准 N 极，手背对准 S 极），四指指向电流方向，那么大拇指的方向就是导体受力方向。

其原理为：当把磁铁的磁感线和电流的磁感线都画出来的时候，两种磁感线交织在一起，按照向量加法，磁铁和电流的磁感线方向相同的地方，磁感线变得密集；方向相反的地方，磁感线变得稀疏。磁感线有一个特性就是，每一条磁感线互相排斥！磁感线密集的地方“压力大”，磁感线稀疏的地方“压力小”。于是电流两侧的压力不同，把电流压向一边。拇指的方向就是这个压力的方向。

（二）右手定则

确定导体切割磁感线运动时在导体中产生的感应电流方向的定则（如发电机）。右手定则所应用的对象，就是导线在磁场中作切割磁感线运动的时候，产生的感应电流的运动方向，这种现象中用右手定则。磁场方向，切割磁感线运动，电动势运动方向，就是感应电流的方式。

右手定则的内容：伸开右手，使大拇指跟其余四个手指及手掌在一个平面内垂直，把右手放入磁场中，让磁感线垂直穿入手心，大拇指指向导体运动方向，则其余四指指向感应电流的方向。

二、用万用表检测逆变桥（IGBT）及整流桥好坏的简易方法

（一）判断 IGBT 极性

首先将万用表拨在 $R \times 1k\Omega$ 档，用万用表测量时，若某一极与其他两极阻值为无穷大，调换表笔后该极与其他两极的阻值仍为无穷大，则判断此极为栅极（G）。其余两极再用万用表测量，若测得阻值为无穷大，调换表笔后测量阻值较小。在测量阻值较小的一次中，则判断红表笔接的为集电极（C）；黑表笔接的为发射极（E）（见图 3-28）。

（二）判断 IGBT 好坏

将万用表拨在 $R \times 10k\Omega$ 档，用黑表笔接 IGBT 的集电极（C），红表笔接 IGBT 的发射极（E），此时万用表的指针在零位。用手指同时触及一下栅极（G）和集电极（C），这时 IGBT 被触发导通，万用表的指针摆向阻值较小的方向，并能站住指示在某一位置。然后再用手指同时触及一下栅极（G）和发射极（E），这时 IGBT 被阻断，万用表的指针回零。此时即可判断 IGBT 是好的。

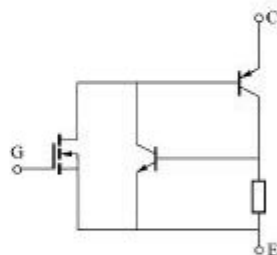


图 3-28 IGBT 的等效电路

（三）测量时的注意事项

任何指针式万用表皆可用于检测 IGBT。注意判断 IGBT 好坏时，一定要将万用表拨在 $R \times 10k\Omega$ 档，因 $R \times 1k\Omega$ 档以下各档万用表内部电池电压太低，检测好坏时不能使 IGBT 导通，而无法判断 IGBT 的好坏。此方法同样也可以用于检测功率场效应晶体管（P-MOSFET）的好坏。

（四）常用的测量方法之一（不拆器件）

断开电源，打开变频器下部的接线罩，先找到变频器直流侧的“+”与“-”端。

1. 测量整流桥

将万用表调到测量二极管档，黑表笔接直流侧的“+”，红表笔分别接变频器的输入端 L1、L2、L3 端，整流桥的上半桥若是完好，万用表应显示 0.3V 的压降，若上半桥损坏则万用表显示“1”过量程。

将万用表调到测量二极管档，将红表笔接直流侧的“-”，黑表笔分别接变频器的输入端 L1、L2、L3，整流桥的下半桥若是完好，万用表应显示 0.3V 的压降，若出现“1”则证明下整流桥损坏。

2. 测量逆变桥

找到变频器直流输出端的“+”与“-”，将万用表调到电阻 $\times 10$ 挡将黑表笔接到直流侧的“+”端，红表笔接变频器的输出端 U、V、W 应有几十欧的阻值，反向则应该无穷大。再将红表笔接到直流侧的“-”端，黑表笔接变频器的输出端 U、V、W 应有几十欧的阻值，反向则应该无穷大。

3. 上电测量

经过断电测量变频器的整流桥与逆变桥并判断是完好时，可以对变频器进行上电测量。

一般地，变频器上电后的直流侧的电压为 530V 左右，若差很远就是整流桥等有问题。应当注意的是，有时用万用表测量变频器的直流侧时，会显示几十伏的电压，这主要是变频器内部感应出来的，整流桥此时并没工作。

4

第四章 触摸屏、PLC 与传统的电气控制

第一节 概 述

前几章介绍了触摸屏、PLC 的有关知识,这些专为工业自动化控制而开发设计的工业控制计算机为现代工业自动化及智能化控制描绘出了非常广泛的前景。基于继电器逻辑控制而发展起来的 PLC 的功能已经远远超过了继电器等逻辑控制的范围,同样的,基于电气操作控制及人机交互而发展起来的人机界面、触摸屏的功能远远超过了常规电气操作控制屏的功能范围,并且将显示、记录等的仪表功能融为一体。

一、正确理解应用 PLC、触摸屏和传统的电气控制

前几章中,强调并介绍了触摸屏及 PLC 的原理及其先进性。但不要误解 PLC、触摸屏可以绝对代替传统的电气控制,在此还要重提一下传统的电气控制系统中的元件设备及其应用。

通常,对于一套生产系统或者一台机器设备的控制系统(位逻辑控制)而言,PLC 所取代的只是电气控制中的继电器逻辑部分,驱动具体的机械设备还需靠电气设备去完成,就一般情况而言,特别是对于小规模 PLC 控制系统而言,还不能用 PLC 直接去取代电气驱动及控制系统的专用测量、保护等功能。

二、合理的选用控制系统及设备

使用触摸屏 PLC 进行自动化控制是时代的需求,但 PLC 的控制系统又与电气控制驱动紧密联系,设计制作时须遵循有关的电气规范,合理地使用 PLC。

- (1) 在复杂、较为复杂的逻辑控制中使用 PLC 才合算。
- (2) 在可能对工艺过程需变化、控制逻辑需要调整的控制系统中使用 PLC 最为理想。

第二节 电 气 基 础

一、概述

(一) 基础概念

1. 三相交流电

由三个频率相同、电势振幅相等、相位差互差 120° 的交流电路组成的电力系统所供的电叫三相交流电。

2. 额定电压

电气设备一般有额定工作电压 (U_N)、额定绝缘电压 (U_i) 之分。

(1) 额定工作电压 (U_N)。额定工作电压 (U_N) 是指保证并允许电气设备长期安全可靠地工作的电压条件,也是一个与额定工作电流 (I_N) 共同决定电气设备使用条件的电压值,并且与电

气设备的接通能力、分断能力、工作制种类以及使用类别有关。

对于三相供电系统来说，额定工作电压是指线电压；对于单相供电系统来说，额定工作电压则是指相电压。另外，电气设备可以根据不同的工作制和使用类别规定许多组额定工作电压和额定工作电流的数值。

(2) 额定绝缘电压 (U_i)。额定绝缘电压 (U_i) 是指电气设备短时所能耐受的绝缘介质不被击穿的最大电压，额定绝缘电压是与介电性能试验、电气间隙和爬电距离有关的一个名义电压值。在任何情况下，最大工作电压都要远小于额定绝缘电压。

3. 电气设备的电流和功率

(1) 约定发热电流 (I_n)。约定发热电流 (I_n) 是指电气设备在八小时工作制下所能承载的最大电流值，也是非封闭型电气设备在无强迫通风条件下，用于温升试验时的试验电流值。严格来说，此电流值不是一个额定值。

非封闭型电气设备一般是指由制造厂供应的不带外壳的电气设备及其外壳属于电气设备的组成部分的电气设备。

(2) 约定封闭发热电流 (I_m)。约定封闭发热电流 (I_m) 是指安装在确定的外壳内电气设备，在规定的工作制下所能承载的最大电流。

(3) 额定工作电流 (I) 或额定工作功率 (P)。

1) 额定工作电流 (I) 是指电气设备在额定工作电压、额定频率、额定工作制、使用类别、外壳防护型式等使用环境和条件下所能承受的并保证电气设备安全正常（长期）工作的最大电流值。

2) 额定工作功率 (P) 是指电气设备在额定工作电压、额定频率、额定工作制、使用类别、外壳防护型式等使用环境和条件下所能承受的并保证电气设备安全正常（长期）工作的最大工作功率（也是指有功功率）。

(4) 相序。相序就是相位的顺序，是交流电的瞬时值从负值向正值变化经过零值的依次顺序。

(5) 电力网。电力网是电力系统的一部分，它是由各类变电站（所）和各种不同电压等级的输、配电线路连接起来组成的统一网络。

(6) 电力系统。由发电厂的发电机及配电装置、升压及降压变电所、输配电线路及用户的配电设备所组成，包含发电、供电、输电、配电等过程。

4. 额定频率

额定频率指用以设计电气设备并与其他的工作特性相适应的供电电源的频率，常见的电气设备的工作额定频率多为 50、60Hz，我国一般为 50Hz。

(二) 设备基础

电气设备的种类繁多，在此针对本书中可能用到的电气设备作简要介绍。

1. 一次设备

直接与生产电能和输配电有关的设备称为一次设备，包括各种高压断路器、隔离开关、母线、电力电缆、电压互感器、电流互感器、电抗器、避雷器、消弧线圈、电力补偿电容器及高压熔断器等。

(1) 断路器。

1) 高压断路器又称高压开关，它不仅可以切断或闭合高压电路中的空载电流和负荷电流，而且当系统发生故障时，通过继电保护装置，切断过负荷电流和短路电流。它具有相当完善的灭弧结构和足够的断流能力。

2) 空气断路器（自动空气开关）。通常指低压断路器，是用手动（或电动）合闸，用锁扣保

持合闸位置，由脱扣机构作用于跳闸并具有灭弧装置的低压开关，目前被广泛用于 500V 以下的交、直流装置中，当电路内发生过负荷、短路、电压降低或消失时，能自动切断电路。

(2) 负荷开关。负荷开关的构造与隔离开关相似，只是加装了简单的灭弧装置。它也是有一个明显的断开点，有一定的断流能力，可以带负荷操作，但不能直接断开短路电流，如果需要，要依靠与它串接的高压熔断器来实现。

(3) 母线。电气母线是汇集和分配电能的通路设备，它决定了配电装置设备的数量，并表明以什么方式来连接发电机、变压器和线路，以及怎样与系统连接来完成输配电任务。

(4) 电流互感器。又称仪用变流器，是一种将大电流变成小电流的设备。

(5) 电压互感器。又称仪用变压器，是一种将高电压变成低电压的设备，一般来说容量很小，不能像变压器那样提供大电流。

(6) 隔离开关。

(7) 电力电缆。通常由芯线（导电部分）、外加绝缘层和保护层三部分组成，用来传输大电流（配电及动力）。

(8) 电抗器。

(9) 避雷器。

(10) 消弧线圈。

(11) 电力补偿电容器。

(12) 高压熔断器。

(13) 变压器。通常由铁芯、高低压绕组、接线柱及保护等组成，是用来将某一数值的交流电压变成频率相同的另一种或几种数值不同的交流电压的设备。

2. 二次设备

对一次设备进行监视、测量、操纵控制和保护作用的辅助设备，如各种继电器、信号装置、测量仪表、录波记录装置以及遥测、通信装置和各种控制电缆、小母线等。

(1) 电压表。用来测量显示供配电、电源及控制等系统电压的电气仪表称之为电压表。对于三相供配电系统还有线电压和相电压之分。

(2) 电流表。用来测量显示供配电、电源及控制等系统电流的电气仪表称之为电流表。对于三相供配电系统还有线电流和相电流之分。

(3) 功率表。用来测量显示用电设备时实消耗的电能电气仪表称之为功率表。功率通常分为有功功率、无功功率和视在功率。视在功率等于有功功率与无功功率的矢量和。

(4) 功率因素表。用来测量显示供配电系统或用电设备的有功功率与视在功率之比的电气仪表。

(5) 电度表。专门用来计量并累积用电设备实际工作所消耗的电能电气计量仪表称之为电度表。

(6) 中间继电器。通过电激励可用来驱动其他电气设备并常用来组成逻辑控制电路的继电器称之为中间继电器，有时也用作电气隔离。

(7) 时间继电器。在逻辑控制中用来进行延时的继电器称之为时间继电器。

二次设备还有很多，在此不一一描述了。

3. 安全作用

(1) 接地线。为了在已停电的设备和线路上意外地出现电压时，保证工作人员安全的重要工具。按规定，接地线必须由 25mm² 以上裸铜软线制成。

(2) 标示牌。用来警告人们不得接近设备和带电部分，指明工作人员准备的工作地点，提醒采取安全措施，以及禁止微量某设备或某段线路合闸通电的通告示牌，可分为警告类、允许类、

提示类和禁止在等。

(3) 遮栏。为防止工作人员无意碰到带电设备部分而装的设备屏护，分为临时遮栏和常设遮栏两种。

(4) 绝缘棒。又称令克棒、绝缘拉杆、操作杆等。绝缘棒由工作头、绝缘杆和握柄三部分构成，它供在闭合或位开高压隔离开关，装拆携带式接地线，以及进行测量和试验时使用。

(5) 高压验电器。俗称高压试电笔，用来检查高压网络变配电设备、架空线、电缆是否带电的工具。

(6) 跨步电压。如果地面上水平距离为 0.8m 的两点之间有电位差，当人体两脚接触到这两点时，则在人体上将承受电压，此电压称为跨步电压。最大的跨步电压出现在离接地体的地面水平距离 0.8m 处与接地体之间。

二、电气设备的使用

(一) 电气设备的工作制

额定工作制有八小时工作制、不间断工作制、短时工作制及断续周期工作制几种。

(1) 八小时工作制是一个基本工作制，在该工作制的时间对电气设备通入稳定电流可使电气设备可维持或低于热平衡状态，不会因发热而损坏电气设备。

(2) 不间断工作制即长期工作制，指长期不间断地对电气设备通入稳定电流可使电气设备维持或低于热平衡状态，不会因发热而损坏电气设备。

(3) 短时工作制是指电气设备的有载与空载相互交替，其中有载时间小于无载时间。电气设备保持通电的时间不足以使其达到热平衡，而空载或断电时间足以使电气设备的温度恢复到与冷却介质相等的温度，如电气设备出厂时的短时工作制通电时间的标准值有 10、30、60 和 90min 等。

(4) 断续周期工作制是指电气设备的有载与空载按一定比例相互交替，且电气设备的有载周期与无载周期间有一定的比值，此两种周期均很短，使电气设备达不到热平衡。断续周期工作制由流过电流值、每小时的操作循环和负载因数三个参数来说明，其中负载因数是通电时间对整个周期之比，通常用百分数表示，其标准值有 15%、25%、40%、60% 等。对于每小时操作次数很高的断续周期工作制，是根据实际操作次数或规范的操作次数来确定额定电气设备的工作电流。

(二) 电气设备的操作次数及正常工作条件

1. 电气设备的操作次数

电气设备的一次闭合和一次断开是一个完整的操作循环。按每小时内可能完成的操作循环数可分为很多级别：1~3000 级等，操作次数 1~1000 次/h 等。

2. 电气设备的正常工作条件

为保证低压电器的正常工作，动作性能满足设计要求，其各部分材质不受各种不利因素的影响，低压电器的使用必须满足其正常工作条件。电气设备的正常工作条件一般包括以下几项。

(1) 环境温度。指电气设备外的周围空气温度，也是允许电气设备正常工作的温度条件，包括最高温度和最低温度。

电气设备的最高工作温度必须满足在运行中空气温度升高后，电器内部元件的温度不能超过其允许的运行温度。电气设备的环境空气最高温度（周围最高空气温度）一般不超过 +40℃，周围空气温度 24h 的平均值不超过 +35℃；周围空气温度的下限值为 -5℃（也有 -10℃ 或 -25℃）。当周围空气温度高于 +40℃（如锻压车间、轧钢车间、锅炉房、热带地区）时对其冷

却方式有要求。

电气设备的最低工作温度必须满足在该温度下，电气设备的所有内部元件均能正常工作。根据使用环境不同可分为4种：

- 1) +50℃，适用于水冷电器；
- 2) -10℃，适用于电子式电器；
- 3) -25℃，适用于高寒地区；
- 4) -40℃，适用于科研等特殊场合。

电气设备在选型时，应指明所需的最低温度级别。

(2) 相对湿度。大气的相对湿度在周围最高温度为+40℃时不超过50%；在较低温度下可以有较高的相对湿度；在全年最湿月的月平均最低温度为25℃时的月平均最大相对湿度可达90%，并考虑到因温度变化而发生在电气设备表面上的凝露。

(3) 海拔高度。低压电器使用场所（安装地点）的海拔高度不超过2000m，因为电气设备的绝缘耐压水平是随海拔高度升高而降低的，超过2000m海拔使用的低压电器，必须考虑到空气的电气强度和冷却效应的下降，且选用符合特殊要求的产品。

(4) 对安装方位有规定的或动作性能受重力影响的电气设备，其安装倾斜度不大于5°。对于煤矿井下或其他特殊场合用电气设备，其倾斜角度不大于15°。对于可采用安装轨安装的电气设备，可参照有关安装轨的标准。

(5) 电气设备应安装于无显著摇动和冲击振动的场所。对耐振动的技术要求应根据具体情况，在低压电气设备标准中不作规定。

(6) 对于有爆炸危险、腐蚀金属、破坏绝缘、雨雪侵袭及污染（特别是导电尘埃）等特殊场合应使用专用电气设备。对于工业用电气设备的污染等级通常为“污染等级3”，当规定用于其他污染等级时，必须在有关的电气设备标准中规定应采取的必要措施，如加防护罩等。

(7) 接线端子的要求。应能持久地保持必要的、足够的接触压力。接线端子的结构应保证不允许导线位移，以致损害其工作或降低给定安装类别的绝缘水平。接线端子应有清楚和永久性的标志，以便识别。端子所允许连接的导线的最小截面积应不小于温升试验中所规定的导线截面积。

（三）电气设备中电弧的产生和灭弧方法

电弧是各种电气设备中常出现的一种现象，也是影响电气设备运行的，问题且必须解决好大问题。通常，只要触头之间的电压超过10V、电流超过0.1A时，触头的间隙内就会产生电弧。以下简单讲述电弧的产生和灭弧方法。

1. 电弧的产生

当电气设备的触头在分断一瞬间，电场强度很强，使触头周围的介质（如气体等）产生游离，形成自由电子和正离子；在电场力的作用下，自由电子由低电位向高电位的方向作加速运动，正离子则由高电位向低电位的方向作加速运动，自由电子和正离子在运动的过程中会与中性粒子发生碰撞形成新的游离。充满自由电子和正离子的介质的电导会很大，触头间的介质在电压作用下会被击穿而产生电弧，电路再次被导通。

随着触头分开的距离增大，触头间的电场强度逐渐减小，游离也逐渐减小，电弧也逐渐减弱，最终熄灭。

2. 灭弧方法

在低压电气设备中常用的灭弧方法有：双断口灭弧、磁吹灭弧、栅片灭弧和灭弧罩灭弧等一些方式。

（四）电气设备的接通与分断能力

电气设备的接通与分断能力是指在其额定工作电压、额定工作电流和使用类别的条件下，

所能接通和分断的电流值，对于交流电用对称分量的有效值表示。

(1) 电气设备的额定接通能力是指在规定的接通条件下所能接通的稳态电流值，此时不应发生触头熔焊、过分的磨损或飞弧过大。电气设备的额定接通能力仅在按其动作性能要求所规定的动作范围内工作时才是有效的。

(2) 电气设备的额定分断能力是指电气设备按规定的分断条件所能分断的电流值，此时不应产生过大的飞弧或过分的磨损。电气设备应能分断额定分断能力以下的所有负载电流值。

(3) 耐受过载电流能力是指电气设备所能耐受由于启动和加速电动机至正常转速以及操作过负荷所引起的过载电流造成的热效应。

(五) 电气设备的主要技术性能要求

1. 绝缘水平

电气设备应能承受标准所规定的各项相关条件，如使用场所的海拔高度、使用电压、触头的开距、交流 50Hz 耐压试验。

2. 耐潮湿性能

电气设备在形式试验中都要按耐潮湿试验周期条件进行考核。电气设备在经过几个周期试验后，其绝缘水平不应低于前项需求的绝缘水平。

3. 极限允许温升

电气设备要按零部件的材质、使用场所的海拔高度及不同的工作制来规定电气设备的允许温升。电气设备内部的零部件由各种材质制成，电气设备运行中的温升对不同材质的零部件会产生一定的影响，如温升过高会影响正常工作、降低绝缘水平及使用寿命。

4. 安全类别

电气设备安装类别应与电气主接线中使用位置级别有关。电气设备安装类别通常分为 4 级：I 级信号水平级、II 级负载水平级、III 级配电及控制水平级、IV 级电源水平级。

电气设备行业标准名目繁多，关于电气设备主要技术性能的具体要求，请参阅相关的行业标准。

5. 电气间隙与爬电距离

(1) 电气间隙。确定电气产品的电气间隙，必须依据低压系统的绝缘配合，而绝缘配合则是建立在瞬时过电压被限制在规定的冲击耐受电压，而系统中的电气设备产生的瞬时过电压也必须低于电源系统规定的冲击电压。因此：

- 1) 电气设备的额定绝缘电压应不低于供配电系统的额定电压。
- 2) 电气设备的额定冲击耐受电压应不低于供配电系统的额定冲击耐受电压。
- 3) 电气设备产生的瞬态过电压应不高于供配电系统的额定冲击耐受电压。

(2) 爬电距离。关于爬电距离，GB/T14048.1《低压开关设备与控制设备总则》规定：电器（产品）的最小爬电距离与额定绝缘电压（或实际工作电压）、电器产品使用场所的污染等级以及产品本身使用的绝缘材料的性质（绝缘组别）有关。例如，额定绝缘电压为 660（690）V，污染等级为 3，产品使用的绝缘材料组别为 III a175 \leq CTI（400，CTI 为绝缘材料的漏电起痕指数），最小爬电距离为 10mm。上面所提到塑壳式断路器的爬电距离都大大超过规定的数值。综上所述，如果电器产品的电气间隙和爬电距离达到绝缘配合要求，就不会因为外来过电压或线路设备本身的操作过电压造成设备的介质电击穿。

(六) 电气控制回路的类别及特性参数

电气控制（也称电气二次控制）是各种配电、动力驱动、电力拖动等电气系统及机械控制中的一个重要环节及难点所在，要想进行自动控制首先要使用好电气控制。

(1) 电气控制回路的电流类别一般可分为交流和直流两种。

(2) 电气控制回路的额定频率是指电气控制回路为交流时的工作频率。

(3) 电气控制回路的额定电压 U_n 。交流：控制电路电压是线圈回路控制电器的常开触头两端所出现的电压，一般有 12、36、110、220、380V 等，交流时需说明频率。直流：一般有 12、48、110、220V 等。

(4) 控制电源额定电压 U_c ：控制电源电压是加在控制电路输入端的电压，也分为交流和直流，多数情况下与电气控制回路的额定电压 U_n 是相同的，对于在控制系统中做了变压或交直流变换（即接入变压器、整流器、电阻器等）的控制系统则会出现不同。

(5) 交流控制系统（电路）的额定电压和额定频率是据以决定操作线圈电路绝缘性能的数量，也是据以决定控制电路元器件的操作和温升特性的数量。

(6) 正确的操作条件：当控制电路通过最大电流时， $85\%U_c \leq \text{控制电源电压值} \leq 110\%U_c$ 。当控制电路开路时，控制电源电压应不超过 $120\%U_c$ 。如果额定控制电路电压不同于主电路的额定工作线电压及相电压，则应加装相应的变压设备。

(七) 电气设备的正确选用

电气设备的正确选用包含选择合理和使用正确，两者相辅相成，缺一不可。由于电气设备具有不同的用途和使用条件，因而也会有不同的选用方法。电气设备的选用应遵循以下基本原则。

(1) 安全原则。使用安全可靠是对任何电气设备的基本要求，是保证人身安全、保证系统及用电设备的可靠运行及生产和生活得以正常进行的重要保障。

(2) 经济原则。经济上考虑又可分电气设备本身的经济价值和使用电气设备所产生的价值。要求选择合理、适用，并考虑运行中安全可靠，而不致因故障造成停产或损坏设备，危及人身安全等构成的经济损失。

(3) 选用时的注意事项：

1) 明确控制对象的分类和使用环境。

2) 确认有关的技术数据，如控制对象的额定电压、额定功率、电动机启动电流的倍数、负载性质、操作频率、工作制等。

3) 了解电器的正常工作条件，如环境空气温度、相对湿度、海拔高度、允许安装方位角度和抗冲击振动、有害气体、导电尘埃、雨雪侵袭等。

(4) 了解电器的主要技术性能（技术条件），如用途、分类、额定电压、额定控制功率、接通分断能力、允许操作频率、工作制和使用寿命。

第三节 低 压 电 器

一、概述

根据我国国家标准的有关规定：额定工作电压在交流 1140V 以下和直流 1200V 以下的电力系统或动力系统电路中起通断、保护、控制或调节作用的电器元件称之为低压电器。

在各种行业的低压配电、电力拖动（动力驱动）、电能转换及控制等系统中，各种低压电器得到非常广泛的应用。

在低压配电系统中，低压电器主要用于对馈线电路或设备进行电源的通断、切换、保护以及控制等。

在电力拖动（动力驱动）及电能转换中，低压电器主要用于对电动机及电能转换设备进行驱动、控制和保护等。

二、低压电器的基本结构

低压电器主要由电磁机构、触头系统及控制系统组成。

(一) 电磁机构

1. 电磁机构的结构形式

电磁机构由电磁线圈、铁芯和衔铁三部分组成。电磁线圈分为直流线圈和交流线圈两种。直流线圈用于直流控制系统，通入的是直流电流；交流线圈用于交流控制系统，通入的是交流电流。

2. 电磁机构的吸力特性

(1) 交流电磁机构的吸力特性。在交流电磁机构中，由于交流电磁线圈的电流 (I) 与气隙 (δ) 成正比，所以在线圈通电而衔铁尚未闭合时，电流可能达到额定电流的 5~6 倍。如果衔铁卡住不能吸合，或频繁操作，线圈可能因过热而烧毁，所以在可靠性要求较高或操作频繁的场所，一般不采用交流电磁机构。

当线圈中通入交流电后，铁芯中产生交变的磁通 Φ ，磁通 Φ 会在交流电流相位变化最大时为零，这样在衔铁与固定铁芯间因吸引力变化而产生振动和噪声。当在铁芯上加上短路环后，交变磁通的一部分将通过短路环，在环内产生感应电势和电流并产生的感应磁通且通过短路环。感应磁通 Φ_2 比交变磁通 Φ_1 在相位上滞后，由 Φ_1 和 Φ_2 产生的吸力 F_1 和 F_2 也有相位差，作用在磁铁上的力为 $F_1 + F_2$ ，只要合力大于反力，即可消除振动。

(2) 直流电磁机构的吸力特性。在直流电磁机构中，电磁吸力 (F) 与气隙的平方成反比，所以衔铁闭合前后电磁吸力变化较大，但由于电磁线圈中的电流不变，所以直流电磁机构适用于动作频繁的场所。

由于直流电磁机构的通电线圈断电时，磁通急剧变化，在线圈中会感应出很大的反电动势，很容易使线圈烧毁，所以在线圈的两端要并联一个放电回路。放电回路中的电阻值为线圈电阻的 5~6 倍。

(二) 触头系统及触头的形式

低压电器的触头系统是用来开合系统设备的工作电流及短路电流的。低压电器的触头按其接触方式分主要有以下几种形式。

- (1) 点接触形式：常用于小电流电器中。
- (2) 线接触形式：用于电流较大的场合。
- (3) 面接触形式：用于开合次数多、大电流的场合。

三、常用低压电器的分类及用途

1. 按控制对象分类

按照它所控制的对象（即用途）按控制对象分可分为低压配电电器、低压控制电器等。

(1) 低压配电电器包括刀开关（隔离刀闸）、负荷开关、断路器、熔断器、转换开关等，主要用于低压发配电系统及低压动力配电系统中。

(2) 低压控制电器包括继电器、接触器、行程开关、变阻器、电磁铁、控制器、启动器、主令电器、电阻器等，主要用于机械、电力电气传动系统的控制系统中。

2. 按应用场合及工作条件分类

按应用场合可分为一般工业用低压电器和特殊低压电器。

- (1) 一般工业用低压电器：一般用于配电系统和电力传动系统以及机械控制系统。
- (2) 特殊低压电器：如船用电器、化工电器、矿用电器、牵引电器、航空电器等。用于环境

或工作条件特殊的场合。

低压电器还可以根据使用场所的自然环境分为一般工业用电器、干热带或湿热带使用和高原使用电器。

3. 按动作性质及操作方式分类

按动作性质及操作方式分为自动切换电器和非自动切换电器。

(1) 自动切换电器 (自动电器): 指它不需由人工直接操作, 只需对操作机构输入一个操作控制信号或依赖它本身运行、保护等参数的变化, 再通过一套电磁机构操作, 便可自动完成接通、分断、启动、反向和停止等动作, 如自动开关、接触器等。

(2) 非自动切换电器 (手动电器): 指需要人工用手或通过杠杆直接扳动或旋转操作手柄来完成各种操作及切换的, 如刀开关、转换开关、主令电器等。

4. 按分断方式 (功能) 分类

按分断方式可分为有触头电器、无触头电器和混合电器。

5. 按防护形式分类

按防护型式可分为第一类防护和第二类防护。

(1) 第一类防护型式: 防止固体异物进入电器内部及防止人体触及内部的带电或运动部分的防护。第一类防护型式的分级方式及定义见表 4-1。

表 4-1 第一类防护型式分级及定义

防护等级	简 称	定 义
0	无防护	没有专门的防护
1	防护直径大于 50mm 的物体	能防止直径大于 50mm 的固体异物进入壳内, 能防止人体的某一部分大面积 (如手) 偶然或意外触及壳内带电或运动部分, 但不能防止有意识地接触这些部分
2	防护直径大于 12mm 的固体	能防止直径大于 12mm 的固体进入壳内, 能防止手触及壳内带电或运动部分
3	防护直径大于 2.5mm 的固体	能防止直径大于 2.5mm 的固体异物进入壳内, 能防止厚度 (或直径) 大于 1mm 的工具、金属线等触及壳内带电或运动部分
4	防护直径大于 1mm 的固体	能防止直径大于 1mm 的固体异物进入壳内, 能防止厚度 (或直径) 大于 1mm 的工具、金属线等触及壳内带电或运动部分
5	防尘	能防止灰尘进入达到影响产品运行的程度, 完全防止触及壳内带电或运动部分
6	尘密	完全防止灰尘进入壳内完全防止触及壳内带电或运动部分

(2) 第二类防护型式: 防止水进入内部并达到有害程度的防护。第二类防护型式的分级方式及定义见表 4-2。

表 4-2 第二类防护型式分级及定义

防护等级	简 称	定 义
0	无防护	没有专门的防护
1	防滴	垂直的滴水应不能直接进入产品内部

防护等级	简 称	定 义
2	15°防滴	与铅垂线成15°角范围内的滴水，应不能直接进入产品内部
3	防淋水	任何方向的喷水对产品应无有害的影响
4	防溅	猛烈的海浪或强力喷水对产品应无有害的影响
5	防喷水	任何方向的喷水对产品应无有害的影响
6	防海浪或强力喷水	猛烈的海浪或强力喷水对产品应无有害的影响
7	浸水	产品在规定的压力和时间浸在水中，进水量应无有害的影响
8	潜水	产品在规定的压力下长时间浸在水中，进水量应无有害的影响

标明产品外壳防护等级的标志由字母“IP”及两个数字组成。第一位数字表示上述第一类防护型式的等级，第二位数字表示上述第二类防护型式的等级。如需单独标志第一类防护型式的等级时，被略去的数字的位置应以字母“X”补充。如IP5X表示第一类防护型式5级，IPX3表示第二类防护型式3级。

关于低压电器的其他分类方法还有许多，在此不一一描述了。

第四节 常用低压电器设备

一、电磁式接触器

接触器是一种广泛用于动力设备（交、直流电动机，电加热设备等）的驱动开停设备，同时也适用于在低压配电系统中远距离控制频繁操作交、直流电路及大容量控制电路的自动控制开关电器。

接触器有交流（用于通断交流负载）和直流（用于通断直流负载）两种形式。在“低压交流接触器”一段中，重点讲述交流接触器。

（一）接触器结构及工作原理

1. 接触器结构

接触器由电磁机构、触头系统、灭弧装置、释放弹簧、触头压力弹簧及底座等组成。其中，接触器的触点由银钨合金制成，具有良好的导电性和耐高温烧蚀性（见图4-1）。

接触器的电磁机构包括吸引线圈、固定铁芯、衔铁（动铁芯）、弹簧。接触器的触头系统包括主触头、辅助触头。接触器的灭弧装置包括灭弧栅、灭弧罩。一般地，20A以上的接触器加有灭弧罩，利用断开电路时产生的电磁力，快速拉断电弧，以保护主触点。

2. 接触器的工作原理

接触器利用主触点来开闭电路，用辅助接点来执行控制指令。

主触点一般只有常开接点，而辅助接点常有两对具有常开和常闭功能的接点，小型的接触器也经常作为中间继电器配合主电路使用。

接触器的基本工作原理都是利用电磁原理。其动作动力来源于电磁铁，通过控制电路的控制和可动衔铁的运动来带动触头，控制主电路的通断。当接在控制电路中的电磁铁的线圈通电后，产生磁通，衔铁在电磁吸力作用下被吸向铁芯，衔铁运动的同时通过机械机构带动触头动作，使其常闭触头分开，常开触头闭合。当电磁铁的线圈断电或线圈的电压过低时，电磁吸力消失或减弱，衔铁在释放弹簧的作用下释放，使触头复位（触头恢复到通电前的状态），实现控制电路通断和失电压与欠电压释放保护功能。

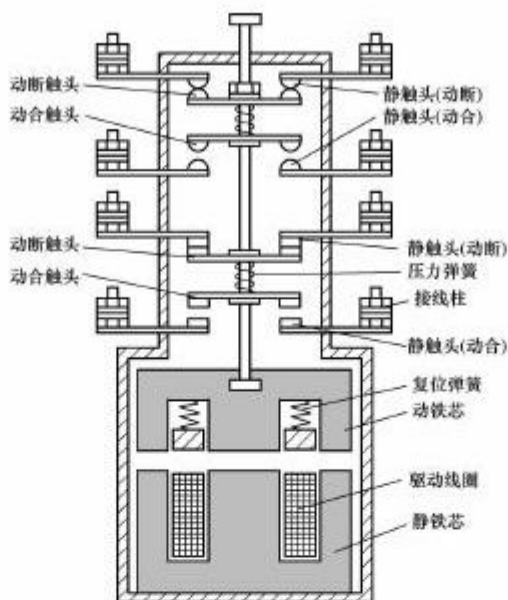


图 4-1 接触器结构示意图

(二) 接触器的主要技术参数

- (1) 接触器的极数：一般的接触器有两极、三极和四极之分。
- (2) 额定工作电压：指主触头之间的正常工作电压。直流接触器额定电压有 110、220、440、660V；交流接触器额定电压有 127、220、380、500、600V。
- (3) 额定工作电流：指主触头正常工作电流，一般从零点儿安培到上千安培。
- (4) 额定通断能力：指主触头在规定条件下，可靠地接通和分断断路器电流的能力，一般为 50、80、100 等千安级。
- (5) 线圈额定工作电压：指接触器电磁线圈正常工作电压值。交流线圈有 127、220、380V，直流线圈有 110、220、440V。
- (6) 允许操作频率：指接触器在每小时内允许的最高操作次数，可从相关设备手册中查到。
- (7) 机械寿命和电气寿命：机械寿命是指接触器在需要修理或更换机构零件前所能承受的无载操作次数。电器寿命是在规定的正常工作条件下，接触器需要修理或更换零件前的有载次数，可从设备手册查到。
- (8) 接触器线圈的启动功率和吸持功率：一般标注在接触器铭牌上。直流接触器的启动功率与吸持功率相等，交流接触器启动视在功率一般为吸持功率的 5~8 倍，线圈的工作功率是指吸持有功功率。
- (9) 使用类别：接触器用于不同负载时，对主触头的接通和分断能力的要求也不同。接触器常见的使用类别及典型应用如表 4-3 所示。

(三) 几种典型接触器的使用

- (1) 交流接触器：常用于各种交流负载的驱动控制。
- (2) 切换电容器接触器：用于低压无功补偿设备的驱动控制中。
- (3) 真空交流接触器：适用于条件恶劣及危险环境中。
- (4) 直流接触器：主要用于直流电力系统的驱动控制中。

表 4-3 接触器的常见使用类别和典型用途

触头	电流种类	使用类别代号	典型用途举例
主触头	AC (交流)	AC-1	无感或微感负载, 电阻炉
		AC-2	绕线转子异步电动机的启动、制动
		AC-3	笼型异步电动机的启动、运转和分断
		AC-4	笼型异步电动机的启动、反接制动与反向、点动
	DC (直流)	DC-1	无感或微感负载, 电阻炉
		DC-2	并励电动机的启动、反接制动、点动
		DC-3	串励电动机的启动、反接制动、点动
		DC-4	白炽灯的接通

(四) 接触器选用的一般性原则

(1) 接触器极数和种类的选择。

- 1) 根据主触头接通和分断的电流种类或负载的类型, 选用直流或交流接触器。
- 2) 根据主触头控制的相数或负载的相数确定接触器的极数。
- 3) 根据接触器应用场地的条件选用普通接触器还是特殊接触器。

(2) 根据负载的额定功率、额定电流和操作情况来确定接触器主触头的电流等级。

(3) 根据接触器主触头所控制电路电压等级来确定接触器的额定电压等级。

(4) 接触器线圈的额定电压由所接控制电路电压来确定。

(5) 接触器辅助常开、常闭触头数目要满足控制要求。

(五) 低压交流接触器

在低压动力系统中进行的电气设计所用到的交流接触器就是指低压交流接触器, 这种类型的接触器也是在自动控制系统的驱动中遇到最多的接触器类型。交流接触器的主要用途是作为各种动力设备电气主回路的通断操作设备, 通过控制系统还可以进行远距离的操作控制, 配合热继电器等还可实现对动力设备的保护, 在动力控制系统中使用非常方便。交流接触器的选用对动力设备和电力线路正常运行非常重要。

1. 交流接触器的结构与参数

交流接触器的电磁铁的铁芯是用硅钢片叠制而成的使用多层硅钢片目的是为了减少涡流损耗。当线圈中通入交流电时, 线圈中的磁通是变化的, 电磁力也是变化的, 为了使磁力稳定, 在铁芯的吸合面加上短路环。交流接触器的电磁铁铁芯一般是把叠成的硅钢片做成两个“山”字形, 一个作为固定铁芯并配有线圈, 固定铁芯线圈的工作电压有多种, 可根据控制系统电源选择; 另一个作为活动铁芯无线圈, 用来带动主接点和辅助接点的开合。

通常使用的交流接触器的结构都很紧凑, 以便使用。交流接触器的动静触头的磁吹装置及灭弧效果一般都很好, 基本可做到零飞弧, 温升也小。交流接触器的灭弧方式还分为空气式和真空式, 其操动方式也可分为电磁式、气动式和电磁气动式。

交流接触器额定电压一般有 380、500、660、1140V 等。交流接触器的电流参数有额定工作电流、约定发热电流、接通电流及分断电流、辅助触头的约定发热电流及接触器的短时耐受电流等。通常, 交流接触器型号参数给出的是约定发热电流, 约定发热电流对应的额定工作电流有多个。比如 CJ20-63, 主触头的额定工作电流分为 63、40A, 其中, 63A 是指约定发热电流, 该电流值与接触器的外壳绝缘结构有关, 而额定工作电流和选定的负载电流、电压等级有关。

交流接触器线圈的控制电压有 36、127、220、380V 等。接触器的极数分为 2、3、4、5 极

等。辅助触点一般是常开常闭各有几对。

其他参数还有接通、分断次数、机械寿命、电寿命、最大允许操作频率、最大允许接线线径以及外形尺寸和安装尺寸等。接触器的分类见表 4-4。

表 4-4 常用接触器类型

序号	类别	用途
1	AC-1	无感或微感负载, 电阻性负载 电阻炉, 加热器等
2	AC-2	绕线式感应电动机的启动, 分断 起重机, 压缩机, 提升机等
3	AC-3	笼型感应电动机的启动, 分断 风机, 泵等
4	AC-4	笼型感应电动机的启动, 反接制动或密接通断电动机 风机, 泵, 机床等
5	AC-5a	放电灯的通断 高压气体放电灯如汞灯、卤素灯等
6	AC-5b	白炽灯的通断 白炽灯
7	AC-6a	变压器的通断 电焊机
8	AC-6b	电容器的通断 电容器
9	AC-7a	家用电器和类似用途的低感负载 微波炉、烘手机等
10	AC-7b	家用的电动机负载 电冰箱、洗衣机等电源通断
11	AC-8a	具有手动复位过载脱扣器的密封制冷压缩机的电动机 压缩机
12	AC-8b	具有手动复位过载脱扣器的密封制冷压缩机的电动机 压缩机

2. 交流接触器选用的一般性原则

接触器作为通断负载电源的设备, 接触器的选用应按满足被控制设备的要求进行, 除额定工作电压与被控设备的额定工作电压相同外, 被控设备的负载功率、使用类别、控制方式、操作频率、工作寿命、安装方式、安装尺寸以及经济性是选择的依据。选用原则如下:

(1) 根据负载的类型和电压等级选用相适应的交流接触器。

(2) 根据负载的计算电流要选择符合接触器的容量等级, 接触器的额定工作电流不能小于负载的计算电流。接触器的接通电流大于负载的启动电流, 接触器的分断电流大于负载运行时分断需要电流, 负载的计算电流要考虑实际工作环境和工况, 对于启动时间长的负载, 半小时峰值电流不能超过约定发热电流。

(3) 根据短路电流计算值对所选的接触器进行短时的动、热稳定校验: 负载及其线路的三相短路电流不应超过接触器允许的动、热稳定电流, 当使用中不存在接触器断开短路电流时, 还应校验接触器的分断能力。

(4) 根据控制回路接线要求选择接触器控制(线圈的)额定电压、电流及辅助触头的数量、电流容量。对于远距离操作控制, 还需考虑连接接触器的控制回路的线路长度, 一般推荐的操作电压值为: 接触器要能够在 85%~110%的额定电压值下工作。如果线路过长, 就可能会出现线路电容太大或电压降太大, 接触器线圈对合闸、跳闸操作有可能反应迟钝或不起反应的情况。故接触器和其他元器件之间的走线距离要符合相关规范。

(5) 根据实际的操作次数校验接触器所允许的操作频率。如果操作频率超过规定值, 额定电流就应该加大。

(6) 短路保护元件(一般为空气断路器)参数应该和接触器参数配合: 接触器和空气断路器的配合要根据空气断路器的过载系数和短路保护电流系数来决定。

接触器的约定发热电流应小于空气断路器的过载电流, 接触器的接通、断开电流应小于断

路器的短路保护电流，这样断路器才能保护接触器。实际中接触器在一个电压等级下约定发热电流和额定工作电流比值为1~1.38，而断路器的反时限过载系数参数比较多，不同类型断路器不一样，所以两者间配合很难有一个标准，不能形成配合表，需要实际核算。

实际选用时可参见样本手册，样本手册（特别是进口产品）一般会给出接触器和断路器的配合表。

(7) 接触器和其他元器件之间的安装距离要符合相关规范，实际应用还应考虑安装、维修等因素。

3. 不同负载下交流接触器的选用

选用接触器时，要考虑接触器应能躲过负载启动最大电流，同时还应考虑到负载启动时间的长短等因数，要对运行中负载的通断进行分析，根据负载电气特点和此电力系统的实际情况，对不同类型的负载的启停电流进行计算校核。确保接触器在使用过程中不会发生触头粘连烧蚀，以延长接触器的使用寿命。

(1) 控制电热设备用交流接触器的选用。电热设备有电阻炉、电热管、调温设备等，其中的电热负载是使用绕线的电阻元件等，通电时的电流可达额定电流的1.4倍，如果考虑到电源电压升高等，电流还会变大。此类负载的电流波动范围小，按使用类别属于AC-1，操作不频繁时，可按照接触器的额定工作电流 I_n 等于或大于电热设备的工作电流1.2倍选用接触器。操作频繁时，可按照接触器的额定工作电流 I_n 等于或大于电热设备的工作电流1.5倍或以上选用接触器。

(2) 控制照明设备用的接触器的选用。照明设备的种类很多，不同类型的照明设备、启动电流和启动时间也不一样。这类负载使用类别为AC-5a或AC-5b。对于启动时间很短或者阻性类负载，可选择其发热电流 I_a 为照明设备工作电流1.1倍。启动时间较长以及功率因数较低，可根据照明设备工作电流的实际情况选择接触器的发热电流 I_a 。

(3) 控制电焊变压器用接触器的选用。当进行焊接工作（即接通低压变压器负载）时，电焊变压器因为二次侧的电极短路而出现短时的陡峭大电流，在一次侧出现较大电流时，可达额定电流的15~20倍，它与变压器的绕组布置及铁芯特性有关。故在选择接触器时，就要考虑到电焊机进行焊接时的变压器所产生的频繁突发性的强电流及使变压器的一次侧的开关承受巨大的感应电流，所以必须按照变压器的额定功率及二次侧电极短路时一次侧所感应的短路电流及焊接频率来选择接触器，即接触器的额定工作电流大于电焊变压器二次侧短路时一次侧所感应的电流。此类负载使用类别为AC-6a。

(4) 电动机用接触器的选用。电动机用接触器根据电动机使用情况及电动机类别可分别选用AC-2~AC-4，对于启动电流在6倍额定电流，分断电流为额定电流下可选用AC-3，如风机水泵等，可采用查表法及选用曲线法，根据样本及手册选用，不用再计算。

绕线式电动机接通电流及分断电流都是2.5倍额定电流，一般启动时在转子中串入电阻以限制启动电流，增加启动转矩，使用类别AC-2，可选用转动式接触器。

当电动机处于点动、需反向运转及制动时，接通电流为 $6I_n$ ，使用类别为AC-4，它比AC-3严酷得多。可根据使用类别AC-4列出电流大小，计算电动机的功率。公式如下

$$P_e = 3U_n I_n \cos\varphi \eta$$

式中 U_n ——电动机额定电压；

I_n ——电动机额定电流；

$\cos\varphi$ ——功率因数；

η ——电动机效率。

如果允许触头寿命缩短，AC-4电流可适当加大，在很低的通断频率下改为AC-3类。

根据电动机保护配合的要求，堵转电流以下电流应该由控制电器接通和分断。大多数Y系

列电动机的堵转电流 $\leq 7I_N$ ，因此选择接触器时要考虑分、合堵转电流。规范规定：电动机运行在 AC-3 下，接触器额定电流不大于 630A 时，接触器应当能承受 8 倍额定电流至少 10s。

对于一般设备用电动机，工作电流小于额定电流，启动电流虽然达到额定电流的 4~7 倍，但时间短，对接触器的触头损伤不大，接触器在设计时已考虑此因数，一般选用触头容量大于电动机额定容量的 1.25 倍即可。对于在特殊情况下工作的电动机要根据实际工况考虑。如电动机属于冲击性负载、重载启停频繁、反接制动等，所以计算工作电流要乘以相应倍数，由于重载启停频繁，选用 4 倍电动机额定电流，通常重载下反接制动电流为启动电流 2 倍，所以对于此工况要选用 8 倍额定电流。

(5) 电容器用接触器选用。电容器接通时电容器产生瞬态充电过程，出现很大的合闸涌流，同时伴随着很高的电流频率振荡，此电流由电网电压、电容器的容量和电路中的电抗决定（即与此馈电变压器和连接导线有关），因此触头闭合过程中可能烧蚀严重，应当按计算出的电容器电路中最大稳态电流和实际电力系统中接通时可能产生的最大涌流峰值进行选择，这样才能保证接触器正确安全地操作使用。

选用普通型交流接触器要考虑接通电容器组时的涌流倍数、电网容量、变压器、回路及开关设备的阻抗、并联电容器组放电状态以及合闸相角等，一般达到 50~100 倍额定电流，计算时比较繁琐。

如果电容器组没有放电装置，可选用带强制泄放电阻电路的专用接触器，如 ABB 公司的 B25C、B275C 系列。国产的 CJ19 系列切换电容器接触器专为电容器而设计，也采用了串联电阻抑制涌流的措施。

选用时参见接触器产品样本，而且还要考虑无功补偿装置标准中的规定。电容器投入瞬间产生的涌流峰值应限制在电容器组额定电流的 20 倍以下（JB7113—1993《低压并联电容器装置规定》）；还应考虑最大稳态电流下电容器运行，电容器组运行时的谐波电压加上高达 1.1 倍额定工作时的工频过电压，会产生较大的电流。电容器组电路中的设备器件应在额定频率、额定正弦电压所产生的均方根值不超过 1.3 倍额定电流下连续运行，由于实际电容器的电容值可能达到额定电容值的 1.1 倍，故此电流可达 1.43 倍额定电流，因此选择接触器的额定发热电流应不小于此最大稳态电流。

4. 有特殊要求情况下交流接触器的选用

(1) 防晃电型交流接触器。电力系统由于雷击、短路后重合闸以及单相人为短时故障接地后自动恢复等原因使供电系统晃电，晃电时间一般在几秒以下。

在有连续性生产要求的情况下，工艺上不允许设备在电源短时中断（晃电）就造成设备跳闸停电，可以采用防晃电系列交流接触器。

防晃电系列接触器不依赖辅助工作电源，不依赖辅助机械装置，具有体积小、可靠性高的特点，它采用强力吸合装置，双绕组线圈，接触器在吸合释放时无有害抖动，避免了电网失压时触头抖动引起的燃弧熔焊，因此减少了触头磨损。接触器线圈带有储能机构，当晃电发生时，接触器线圈延迟释放，其辅助触点延迟发出断开的控制信号，由此躲开晃电时间，晃电时间由负载性质和断电长短决定，接触器延时时间可调。防晃电系列接触器可以在打雷频繁的地方的电力动力控制系统中采用。

(2) 节能型交流接触器。交流接触器的节能是指采用各种节电技术来降低操作电磁系统吸持时所消耗的有功、无功功率。交流接触器的操作电磁系统一般采用交流控制电源，我国现有 63A 以上交流接触器，在吸持时所消耗的有功功率在数十瓦至几百瓦之间，无功功率在数十瓦至几百瓦之间，一般所耗有功功率铁芯约占 65%~75%，短路环约占 25%~30%，线圈约占 3%~5%，所以可以将交流吸持电流改为直流吸持，或者采用机械结构吸持、限电流吸持及永磁式吸

持等方法,可以节省铁芯及短路环中所占的大部分功率损耗,还可消除、降低噪声,改善环境。

根据原理一般分为三大类:节电器、节点线圈、节电型交流接触器。

电磁系统采用节电装置,使电磁无噪声及温升高,并解决了使用节电装置有释放延时的缺点,如国产的CJ40系列。

(3) 带有附加功能的交流接触器。电子技术的应用可以很方便地在接触器中增添主电路保护功能,如欠、过电压保护,断相保护,漏电保护等。电动机烧毁事故中,接触器一相接触不良的占11%,所以选择带有断相保护的断路器、接触器等电气器件也是十分必要的。

接触器加辅助模块可以满足一些特殊要求。加机械连锁可以构成可逆接触器,实现电动机正反转可逆旋转,或者两个接触器加机械连锁实现主电路电气互锁,可用于变频器的变频/工频切换;加气延时头和辅助触头组可以实现电动机Y- Δ 形启动;加空气延时头可以构成延时接触器。

可以选用交流接触器的电磁线圈做电动机的低电压保护,其控制回路宜由电动机主回路供电,如由其他电源供电,则主回路失压时,应自动断开控制电源。

5. 交流接触器的安装

交流接触器的吸合、断开时振动比较大,在安装时尽量不要和振动要求比较严格的电气设备安装在一个柜子里,否则要采用防振措施,一般尽量安装在柜子下部。交流接触器的安装环境要符合产品要求,安装尺寸应该符合电气安全距离、接线等有关规范规程,而且要考虑检修方便等因素。

交流接触器的选用不仅和所通断的负载有关,还和接触器所在回路的电力系统各阻抗参数有关,和控制方式、使用环境及使用要求也有关,所以选择交流接触器时要全面考虑,逐步计算各参数数值,达到选用合理、使用方便。

交流接触器制作为一个整体,外形和性能也在不断提高,但是功能始终不变。无论技术发展到什么程度,普通的交流接触器还是有其重要的地位。

二、电磁式继电器

电磁式继电器是一种常用的控制及驱动元件,根据控制要求的不同而组成不同逻辑功能的控制电路,并用来驱动主电路中的分断类及接触器类设备。

(一) 电磁式继电器的基本结构及分类

1. 电磁式继电器的基本结构

电磁式中间继电器结构和工作过程与接触器基本相同,但触头的通断电流值比接触器小,没有遮断短路电流的能力,没有灭弧装置。

对于含有电压、电流、时间、温度等类似过程控制的电路,为了满足控制要求,还需要整定继电器的动作值。

2. 电磁式继电器的分类

按输入信号或驱动形式的不同可分为电压继电器、电流继电器、温度继电器等。按线控制电源的不同可分为交流和直流继电器。按控制的性质及用途不同可分为控制继电器、保护继电器等。

(二) 继电器的主要技术参数

(1) 额定工作参数:指继电器的线圈和触头在正常工作时允许的电压或电流值。

(2) 动作参数:继电器的吸合值和释放值。对电压继电器为吸合电压 U_a 和释放电压 U_r ;对电流继电器为吸合电流和释放电流。此外,还有时间、温度等参数。

(3) 整定值:继电器动作(吸合和释放)的定位值。

(4) 返回参数：指继电器的释放值与吸合值的比值，用 K 表示。不同的应用场合要求继电器的返回参数不同。

(5) 动作时间：动作时间有吸合时间和释放时间两种。吸合时间是指从线圈接受电信号起到衔铁完全吸合所需的时间；释放时间是指从线圈断电到衔铁完全释放所需的时间。

(三) 电磁式电压继电器与电流继电器

1. 电磁式电压继电器

(1) 过电压继电器：在电路中用于过电压保护。当线圈为额定电压时，衔铁不吸合，只有当线圈电压高于其额定电压一定值（达到整定值）时，衔铁才吸合相应触头动作；当线圈电压低于继电器释放电压值时，衔铁返回释放状态，相应触头也返回到原始（相当于断电）状态。

(2) 欠电压继电器：在电路中用于欠电压保护。当线圈电压低于额定电压时，衔铁就吸合，而当线圈电压很低时衔铁才释放。

2. 电磁式电流继电器

(1) 过电流继电器：正常工作时，线圈流过负载电流，衔铁不吸合；当流过线圈的电流超过一定值时，衔铁吸合使触头动作，常闭触头打开，切断接触器线圈电路，使接触器线圈释放，接触器主触头断开主电路，起到保护作用。

(2) 欠电流继电器：正常工作时，线圈流过额定电流，衔铁处于吸合状态；当负载电流减小至继电器释放电流时，衔铁释放，触头恢复到原始状态。欠电流继电器只用于直流电路中。

3. 电磁式中间继电器

中间继电器的特点是触头数量较多，在电路中起增加触头数量和中间放大作用，在位逻辑控制中则用其组成逻辑控制系统电路。有交流和直流继电器之分，在电气控制中也是用的最多的继电器。

(四) 继电器的选用

(1) 根据控制系统的类别选用：AC——交流系统控制，DC——直流系统控制。

(2) 根据额定工作电流和额定工作电压的选用：继电器线圈电压应为额定值，继电器的最高电流应小于额定发热电流。

(3) 工作制的选用：继电器的工作制应与使用场合的工作制一致。

(4) 继电器返回系数的调节：实际应用时，应根据控制要求对继电器进行返回系数的调节。

三、时间继电器

当接收到通电启动信号并经过一段时间后，执行机构才动作的继电器称为时间继电器。有以下几种形式。

(一) 直流电磁式断电延时型时间继电器

该继电器是在直流电磁式电压继电器的铁芯上增加一个阻尼铜套，直流电磁式断电延时型时间继电器是利用电磁阻尼原理产生延时的。这种时间继电器只能用于断电延时，延时时间仅为 $0.3 \sim 5s$ ，只能用于延时短且要求不高的场合。

(二) 空气阻尼式时间继电器

空气阻尼式时间继电器是利用空气阻尼原理获得延时的。它由电磁机构、延时机构、触头系统三部分组成，延时方式有通电延时和断电延时两种。空气阻尼式时间继电器的延时时间为 $0.4 \sim 180s$ ，但精度不高。

(三) 电动机式时间继电器

电动机式时间继电器由其内部的同步电机作为驱动，带动延时机构完成延时控制，具有延时精度高、延时范围宽等特点，但也存在结构复杂、寿命短、体积大等缺点，一般用于要求延时

精度高的场合。

(四) 电子式时间继电器

现在的交流时间继电器多为电子式的，还有智能式的，其调节范围广，从零点几秒到几十分钟，时间制开关则可达几十小时、几十天，控制精度高。

四、热继电器

热过载继电器（以下简称热继电器）主要用于电动机的过载、断相、启动时间过长、堵转时间过长等的保护，它和适配的交流接触器可组成电磁启动器。

(一) 双金属片热继电器的结构及工作原理

双金属片热继电器由热元件、触头系统、复位按钮、电流整定装置和温度补偿元件组成。

热元件由主双金属片及环绕其上的电阻丝组成，双金属片则由两种线膨胀系数不同的金属用机械碾压而成。双金属片热继电器是依靠电流通过其热元件所产生的焦耳—楞次热，使热双金属片因热效应而弯曲，其变形能转化为推力推动动作机构，使之脱扣的一种保护电器。

在电动机的控制系统中，热元件串接在电动机的主（定子）回路中，当电动机正常运行时，热元件产生的热量虽能使双金属片发生一定的变形，但不能使热继电器的触头动作。电动机过载时的过载电流通过热元件，使双金属片弯曲位移增大，使继电器触头动作，从而切断电动机控制回路，实现对电动机的过载保护。

(二) 热继电器的分类

1. 按是否带有断相保护功能分类

(1) 带断相保护：当电动机的定子绕组采用 Δ 接法时，必须采用三相结构带断相保护装置的

热继电器。

(2) 不带断相保护。

2. 按整定电流是否可以调节分类

(1) 整定电流可以调节；

(2) 整定电流不可以调节。

3. 按辅助触头形式分类

(1) 只配常闭触头；

(2) 配电气不绝缘的常闭触头和常开触头；

(3) 电气绝缘的常闭触头和常开触头。

4. 按复位方式分类

(1) 手动复位；

(2) 手动复位和自动复位兼有（可以选用）；

(3) 自动复位。

5. 按周围环境温度有无温度补偿分类

(1) 有周围环境温度补偿；

(2) 无周围环境温度补偿。

6. 按与配套交流接触器接线安装方式分类

(1) 组合接线安装方式；

(2) 分立接线安装方式。

7. 按有无动作指示分类

(1) 有动作指示；

(2) 无动作指示。

8. 按有无测试功能分类

- (1) 有测试功能；
- (2) 无测试功能。

9. 按能否手动断开常闭触头分类

- (1) 能手动断开常闭触头；
- (2) 不能手动断开常闭触头。

10. 按辅助触头的使用类别分类

- (1) 交流电路；
- (2) 交流电路或直流电路。

(三) 常见的热继电器

1. JR 系列热继电器

包括 JR36B、JR20、JRS1、JRS2、CFR2、JR29、JRS5 等，属带断相保护，整定电流可调，具有电气绝缘的常闭辅助触头和常开辅助触头，手动复位和自动复位兼有，有周围环境温度补偿功能，有动作指示，有测试功能，能手动断开常闭辅助触头，辅助触头交、直流电路均适用，功能较齐全，安装方式多样的产品。

2. 热继电器的典型结构

热继电器的结构总体分为动作机构室和热元件室两大部分，动作机构室包括动作机构、辅助触头、整定电流调节机构、温度补偿机构，热元件室包含热元件和差动机构。

热继电器总体结构多采用立体式布置，即将动作机构室与热元件室左右排列的传统设计，改为前后排列的立体方式。这样不仅可以减小安装面积，还可以将热继电器的宽度设计成与适配的交流接触器宽度相等，便于与交流接触器组成插入式安装组合。

由于动作机构室安排在安装面的前面，热继电器的功能部件，如整定电流调节按钮、复位按钮及复位方式转换，断开常闭触头的停止按钮、检测线路的试验按钮、动作指示及主、辅电路的接线标志等均可布置在热继电器的上罩平面上，一目了然，操作维护非常方便。

3. 热继电器的触头

按其断开动作机构作用的方式不同可分为锁扣式和翻转跳跃式。翻转跳跃式又可细分为弓片簧式、圆柱形弹簧式、拉伸弹簧式和整体片簧式。触头及其动作机构是热继电器完成过载保护的执行环节，其触头参数及脱扣力对其保护特性影响很大。

4. 热继电器的热元件

它是取得过载信号的重要环节，按其加热方式可分为直接、间接和复式三种加热方式（见图 4-2）。

(1) 直接加热方式。直接加热 [见图 4-2 (a)] 常用于小电流等级的热继电器。当整定电流较大，又需要直接加热时，则应加装分流片 [见图 4-2 (d)]。直接加热式的结构，其发热时间常数较小。

(2) 间接加热方式。间接加热 [见图 4-2 (c)] 是发热材料通过空气或其他绝缘耐热材料（玻璃纤维套管或云母）与热双金属片进行热交换，通过改变发热材料尺寸或牌号，以满足不同整定电流的需要，间接加热时，以加热材料经绝缘缠绕于双金属片上的结构形式，其热效应最好。间接加热方式适用于时间常数要求较大的热继电器。

(3) 复式加热方式。复式加热 [见图 4-2 (b)] 常用于中、小电流等级的热继电器，其时间

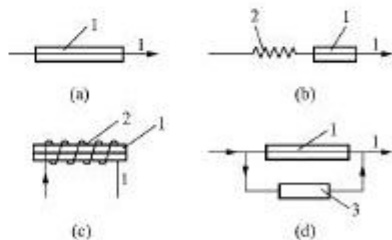


图 4-2 热元件的加热方式
1—热双金属片；2—发热材料；3—分流片

常数介于直接与间接加热之间。

(四) 热继电器的选用

热继电器的额定电流应按电动机额定电流选择，对过载能力较差的电动机，通常按电动机额定电流的过载系数来选择热继电器的额定电流。

五、温度继电器与速度继电器

这类继电器的功能类似于工业控制用的“智能型传感器”或“探头+变送器+控制器”组。下面我们做些简单的介绍。

(一) 温度继电器

温度继电器可以深入被保护设备（如电动机）的内部，直接测量被保护设备的温度，可以及时保护被保护设备。

(二) 速度继电器

速度继电器主要由转子、定子及触头系统三部分组成，转子是一个圆柱形永久磁铁，定子是一个笼形空心圆环形，由硅钢片叠成，并嵌有笼形导条。

速度继电器的转子轴与被控电机的轴相连，当电机运行时，速度继电器的转子随电动机轴转动，永久磁铁形成旋转磁场，定子中的笼形导条切割磁力线而产生感应电动势，形成感应电流，在磁场的作用下产生电磁转矩，使定子随转子旋转方向转动，但由于有返回杠杆挡住，故定子只能随转子方向转动一定角度。当定子偏转到一定的角度时，在杠杆的作用下使常闭触点打开，散开触点闭合。当被控电动机转速下降时，速度继电器转子也下降，使电磁转矩减小，当电磁转矩小于反作用弹簧的反作用力时，定子返回原位，速度继电器的触点也恢复原位。

六、熔断器

熔断器广泛地用于各种电气控制及配电系统中。熔断器其实就是一种短路、过载保护，其主要作用是对系统和设备进行短路保护或严重过载保护，其功能与断路器（俗称“空气开关”）的短路及过载保护功能类似，最常见的就是保险丝（管）。

熔断器、断路器都是保护电器，它们都具有短路和过载保护的功能。不同的是，断路器是通过电流底磁效应（电磁脱扣器）实现断路保护的，通过电流的热效应实现过载保护的，保护后不用更换器件，只要进行复位，即可重新使用，寿命一般在几千次到几十万次。而熔断器是靠熔体熔化保护线路的一种电器，熔体是一次性的。熔体的熔化是热量的一个累积，是电流和时间共同作用的结果，保护（熔体熔化）以后需要更换熔体或熔断器（管），才能重新使用。

(一) 熔断器的构造与工作过程

熔断器主要由熔体、绝缘管座、填料及导电部件组成。熔断器的原理是利用电流流经导体会使导体发热，达到导体的熔点后导体融化（有的在短路时发生爆炸），以断开电路电源，从而实现了对电器和线路的保护。具体到实际中，当电路中的用电负荷长时间接近于所用熔断器的额定电流时，熔断器会逐渐加热，直至熔断。

电气系统设备工作时，熔断器串联在被保护的电路中。在正常工作时，电路中电流较熔体的熔化电流来说要小很多，熔体温度较低，不会熔断；当电路发生过流、短路故障时，熔体中通过的电流很大，温度急剧上升，并使熔体熔断，这时断开控制回路或断开主回路，起到保护设备的作用。

熔断器对过载反应是很不灵敏的，当系统电气设备发生轻度过载时，熔断器将持续很长时间才熔断，有时甚至不熔断。因此，熔断器一般不宜用作过载保护，主要用作短路保护。

(二) 熔断器的主要技术参数

(1) 额定电压：熔断器长期工作时的电压，其值一般要大于或等于熔断器所接电路的额定

电压。

(2) 额定电流：指熔断器长期工作，各部件温升不超过允许温升的最大工作电流。熔断器的额定电流有两种，一种是熔管额定电流；另一种是熔体额定电流。熔体的额定电流不允许大于熔管的额定电流。

(三) 熔断器的选择

1. 熔断器类型的选择

对于保护照明和电动机的熔断器只考虑过载保护，熔体的熔化系数要小一些。熔断器的额定电压与被保护电路相符。

2. 熔体、熔断器电流的选择

熔断器的选择包含熔断器类型的选择和熔体、熔断器额定电流的选择。

(1) 对于平稳、无冲击电流的负载可按负载电流实际大小确定。

(2) 对单台电动机

$$I_{Nf} = (1.5 \sim 2.5) I_{Nm}$$

式中 I_{Nf} —— 熔体额定电流，A；

I_{Nm} —— 电动机额定电流，A。

(3) 多台电动机共用同一熔断器

$$I_{Nf} = (1.5 \sim 2.5) I_{Nmax} + \sum I_{Nm}$$

式中 I_{Nmax} —— 容量最大一台电机的额定电流，A；

$\sum I_{Nm}$ —— 其余电机额定电流之和。

当熔体的电流确定后，熔断器的电流应大于熔体电流来确定。

七、刀开关、负荷开关及组合开关

(一) 刀开关

1. 开启式刀开关

开启式刀开关（刀闸、隔离刀闸）一般用于额定电压交流 380V、直流 440V，额定电流 100~1500A 等的配电设备中作电源隔离（即隔离电压）之用。这种刀开关无灭弧装置，故不能用来切断负荷电流（较大的电流），有时可用于断开空载变压器（很小的电流）。

2. 刀开关分类

(1) 按投切电源电压的相数可分为单极、双极、三极及四极刀开关等（见图 4-4 和图 4-5）。

(2) 按投切电源的路数可分为单投、双投刀开关等。

(3) 按用途分，可用于不频繁断开或接通低压电路，主要用作电源与用电设备分离的隔离开关。

3. 刀开关的选用

(1) 根据使用场合及负载类型，选择刀开关的类型、极数及操作方式。

(2) 刀开关的额定电压应大于或等于配电电压。

(3) 刀开关的额定电流应大于或等于线路的额定电流。对于电动机负载，开启式刀开关额定电流可取电机额定电流的 3 倍；封闭式刀开关额定电流可取为额定电流的 1.5 倍。

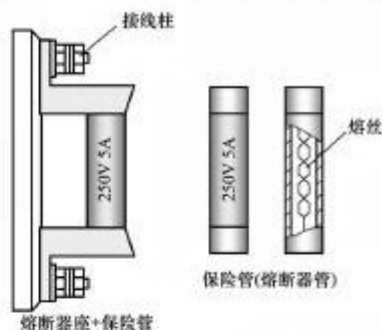


图 4-3 熔断器示意图

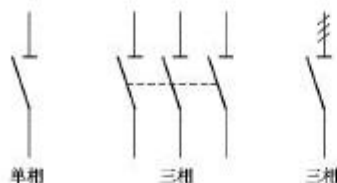


图 4-4 刀开关表示符号示意图

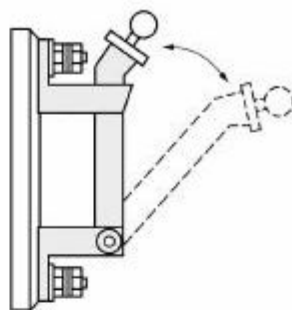


图 4-5 刀开关结构示意图

(二) 负荷开关

1. 封闭式负荷开关

封闭式负荷开关俗称铁壳开关，适合额定电压为交流 380V、直流 440V，额定电流至 600A 的电路，作为手动、不频繁的接通与分断负载电路，可用于控制交流异步电动机。

2. 开启式负荷开关

开启式负荷开关常用作交流 380、220V，额定电流至 60A 的照明配电路和小容量的电动机非频繁启动的操作开关。

(三) 组合开关

组合开关又称转换开关（见图 4-6）。组合开关由分别装在多层绝缘件内的动、静触头组成，动触头装在附有手柄的绝缘方轴上，手柄每转动 90°，触头便轮流接通或断开（见图 4-7）。组合开关是由装有动、静触头的触头座可以一层一层地堆叠起来的。

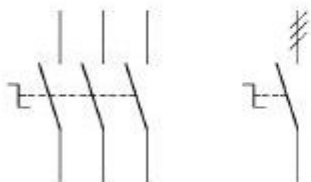


图 4-6 系列组合开关示意图

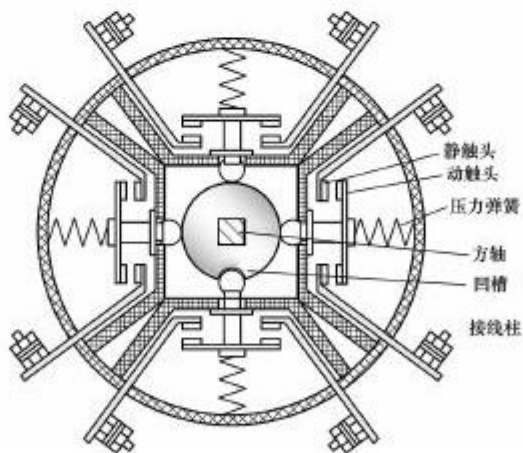


图 4-7 组合开关结构示意图

八、低压断路器

1. 低压断路器基础

低压断路器一般有框架式断路器和塑料外壳式断路器等形式，其中，框架式断路器俗称万

能多功能断路器；塑料外壳式断路器俗称空气开关。低压断路器是一种不仅可以接通和分断正常负荷电流和过负荷电流，还可以接通和分断短路电流的开关电器。低压断路器在电路中除起分合闸的作用外，还具有一定的保护功能。

低压断路器用途十分广泛，其功能相当于刀开关、熔断器、热继电器、过电流继电器及欠电压继电器的组合，是一种保护型开关设备。它不仅在供配电系统的主干线、支路、电路末端等，作为线路（电缆、电线）及电气设备的不频繁的合、分闸设备和过载、过流、短路、电压等故障的保护设备使用，而且还作为各种负载，如照明、电热、电动机、电力电子可控硅整流等、电容器等的配电设备和保护设备使用，负载的性质不同，选用断路器的额定电流和保护特性也有差异。当发生过流、短路等故障时，它会自动跳闸起到保护作用（见图 4-8 和图 4-9）。



图 4-8 常见的小型断路器

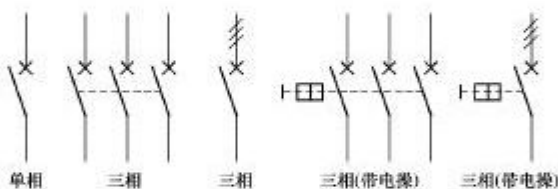


图 4-9 低压断路器表示符号示意图

2. 低压断路器的主要结构及其作用

低压断路器由触头、灭弧装置、操作机构和保护装置等组成。

(1) 触头系统。

1) 常用低压断路器的触头型式包括对接式触头、桥式触头和插入式触头。对接式和桥式触头多为面接触或线接触，在触头上都焊有银基合金镶块。大型断路器每相除主触头外，还有副触头和弧触头。

2) 主触头用来接通和分断主电路电流，辅助触头用来接通和分断控制电路电流。

3) 静触头和动触头在断路器中用来实现电路接通或分断。

4) 触头的基本要求为：

- ①能安全可靠地接通和分断极限短路电流；
- ②能承受长期工作制的工作电流；
- ③在规定的电寿命次数内，接通和分断后不会严重受损。

5) 断路器触头的动作顺序：断路器被进行闭合驱动时，弧触头先闭合，然后是副触头闭合，最后才是主触头闭合；断路器被分断时却相反，主触头承载负荷电流，副触头的作用是保护主触头，弧触头是用来承担切断电流时的电弧烧灼，电弧只在弧触头上形成，从而保证了主触头不被电弧烧蚀，保证断路器长期稳定的工作。

(2) 灭弧系统。配套的灭弧系统用来熄灭触头间在断开电路时产生的电弧。灭弧系统包括两个部分：一为强力弹簧机构，使断路器触头快速分开；一为在触头上方设置为灭弧室。

(3) 操作机构。断路器操作机构包括脱扣机构和传动机构两大部分。

①自由脱扣机构是带有感受元件的执行机构，用来检测到故障信号并联系操作传动机构与触头系统。当操作机构处于闭合位置电路出现故障时，可检测到故障信号并操作分励脱扣器进行脱扣，并对主触头进行分断。断路器的保护装置由各种脱扣器来实现。

断路器的脱扣器型式有欠压脱扣器、过电流脱扣器、分励脱扣器等。过电流脱扣器还可分为过载脱扣器和短路脱扣器，其中：

欠压脱扣器用来监视工作电压的波动，当电网电压降低至70%~35%额定电压或电网发生故障时，断路器可立即分断，在电源电压低于35%额定电压时，能防止断路器闭合。带延时动作的欠压脱扣器，可防止因负荷陡升引起的电压波动，而造成断路器不适当地分断。延时时间可为1、3和5s。

分励脱扣器用于远距离遥控或热继电器动作分断断路器。过电流脱扣器用于防止过载和负载侧短路。

②传动机构按断路器操作方式不同可分为手动传动、杠杆传动、电磁铁传动、电动机传动；按闭合方式不同可分为储能闭合和非储能闭合。

3. 低压断路器的工作原理

自动空气断路器的种类很多，构造各异，主要由触头及灭弧装置、操动机构、保护系统三部分组成，工作原理基本相同，动作原理如图4-10所示。

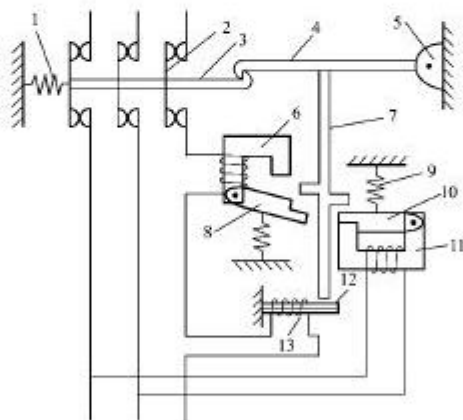


图 4-10 低压断路器的结构示意图

1—弹簧；2—锁扣；3—传动杆；4—搭钩；6—电流脱扣器；7—杠杆；
8—衔铁；9—弹簧；10—衔铁；12—双金属；13—发热元件

低压断路器的三个主触头串联于三相电路中，经操作机构将其闭合，此时传动杆3由锁扣钩住，保持主触头闭合。当主电路出现过电流故障且达到过电流脱扣器的动作电流时，过电流脱扣器的衔铁吸合，顶杆向上将锁扣顶开，在分励弹簧的作用下主触头断开。当主电路出现欠电压、失压或过载时，则欠压、失压脱扣器及过载脱扣器分别将锁扣顶开，使主触头断开。

图4-10中主触头串联在被保护的三相电路中，由它来接通和分断回路。正常运行时，由搭钩实现自保持，电磁脱扣器线圈所产生的吸力不能将它的衔铁吸合。当线路发生短路或产生很大的过电流时，电磁脱扣器的吸力增强，将衔铁吸合，并顶击杠杆，把搭钩顶上去，断开主触

头，从而将主电路分断。欠电压脱扣器的线圈并联在电路上，当电路电压正常时，欠电压脱扣器产生的电磁吸力能够克服弹簧的拉力而将衔铁吸合。如果线路电压下降，欠电压脱扣器的吸力减小，衔铁被弹簧拉开，顶击杠杆，把搭钩顶开，断开主触头。

当电路过载时，过载电流通过热脱扣器的发热元件而使双金属片受热弯曲，于是顶击杠杆顶开搭钩，使主触头断开主电路，从而启动过载保护作用。

断路器在电路中的电流突然加大，超过断路器的负荷时会自动断开，它是对电路一个瞬间电流加大的保护，例如，当漏电很大时，或短路时，或瞬间电流很大时的保护。当查明原因时，可以合闸继续使用。

4. 低压断路器的分类及其用途

(1) 按使用类别可分为选择型（保护装置参数可调）和非选择型（保护装置参数不可调）。

(2) 按结构型式可分为万能式（又称框架式）和塑壳式断路器，其中，万能式多用于低压配电系统，塑壳式用于低压配电系统和动力配电系统。

(3) 按灭弧介质可分为空气式和真空式，目前国产及使用的多为空气式。

(4) 按操作方式可分为手动操作、电动操作和弹簧储能机械操作；可以手动直接操作和电动操作，也可以远方遥控操作。

(5) 据其分断的极数可分为一极、二极、三极、四极、五极，可承担工作电流，开断、关合短路电流，其中：

一极空气断路器常作为单相系统的动力电源开关和二次控制系统的控制电源（在控制系统中可取代二次小保险）开关及短路保护等使用。

二极空气断路器常作为单相系统的动力电源开关和二次控制系统的控制电源（同样可在控制系统中可取代二次小保险）开关及短路保护、漏电保护使用。

三极空气断路器常作为三相系统的动力电源开关及短路保护等使用。

四极空气断路器常作为三相系统的动力电源开关及短路保护、漏电保护使用。

五极空气断路器常作为三相系统的动力电源开关及短路保护、漏电保护使用。

三相空气断路器多用于动力配电系统，主要用于通断动力设备电气系统的主电源，遮断短路电流，在发生短路、漏电等故障时，断开设备电源时避免人身伤害和设备的损害。

(6) 按安装方式可分为固定式、插入式、抽屉式和嵌入式等。

低压断路器容量范围很大，最小为 4A，最大可达 5000A。

5. 常用低压断路器

(1) 万能式断路器（国内标准型式为 DW）。配电系统中使用的万能式断路器一般容量都较大，并且可装设多种脱扣器，辅助接点的数量也多；不同的脱扣器组合可形成不同的保护特性，故可作为选择性、非选择性或具有反时限动作特性的电动机保护。万能式断路器通过辅助接点可实现远方遥控和智能化控制。其额定电流为 630~5000A。一般用于变压器 400V 侧出线总开关、母线联络开关或大容量馈线开关和大型电动机控制开关。

我国自行开发的万能式断路器系列有 DW15、DW16、CW 系列；引进技术的产品有德国 AEG 公司的 ME 系列（DW17）、日本寺崎公司的 AH 系列（DW914）、日本三菱公司的 AE 系列（DW19）、西门子公司的 3WE 系列等，以及目前国内各生产厂以各自产品命名高新技术开关。

(2) 塑壳式断路器（国内标准型式为 DZ）。塑壳式断路器的主要特征是所有部件都安装在一个塑料外壳中，没有裸露的带电部分，提高了使用的安全性。新型的塑壳断路器也可制成选择型。小容量的断路器（50A 以下）采用非储能式闭合，手动操作；大容量断路器的操作机构采用储能式闭合，可以手动操作，亦可由电动机操作。电动机操作可实现远方遥控操作。额定电流一般为 6~630A，有单极、二极、三极和四极断路器。目前已有额定电流为 800~3000A 的大型塑

壳式断路器。

塑壳断路器一般用于配电馈线控制和保护、小型配电变压器的低压侧出线总开关，动力配电终端控制和保护，及住宅配电终端控制和保护，也可用于各种生产机械的电源开关。

我国自行开发的塑壳式断路器系列有 DZ20 系列、DZ25 系列、DZ15 系列，引进技术生产的有日本寺崎公司的 TO、TG 和 TH-5 系列、西门子公司的 3VE 系列、日本三菱公司的 M 系列、ABB 公司的 M611 (DZ106) 和 SO60 系列，施耐德公司的 C45N (DZ47) 系列等，以及生产厂以各自产品命名的高新技术塑壳断路器。

其派生产品有 DZX 系列限流断路器，带剩余电流保护功能（漏电保护功能）的剩余电流动作保护断路器、缺相保护断路器等。

6. 断路器的特性及技术参数

我国低压电器标准规定低压断路器应有下列特性参数：

- (1) 型式。断路器型式包括相数、极数、额定频率、灭弧介质、闭合方式和分断方式。
- (2) 低压断路器主电路额定值。

主电路额定值有：

- 1) 额定工作电压。指断路器在电路中长期工作的允许电压。
- 2) 额定电流。指脱扣器允许长期通过的电流。
- 3) 额定通断能力。指在规定操作条件下，断路器能接通和分断短路电流的能力。
- 4) 额定短时耐受电流。万能式断路器的额定电流还分主电路的额定电流和框架等级的额定电流。

5) 断路器壳架等级额定电流。指每一种框架或塑壳中能安装的最大脱扣器的额定电流。

(3) 额定工作制。断路器的额定工作制可分为 8h 工作制和长期工作制两种。

(4) 辅助电路参数。断路器辅助电路参数主要为辅助接点特性参数。万能式断路器一般具有常开接点、常闭接点各 3 对，供信号装置及控制回路用；塑壳式断路器一般不具备辅助接点。

(5) 其他。断路器特性参数除上述各项外，还包括脱扣器型式及特性、使用类别等。

7. 断路器的选用

根据负载情况选用断路器是最常见的方法，负载有配电系统、电动机、电热设备、电力电子、照明和家用等几大类。与此相对应的便有配电保护型、电动机保护型和家用及类似家用保护型的断路器。这些类型负载的断路器的保护性质和保护特性是不相同的。

对配电型断路器而言，有选择型与非选择型之分。所谓选择型是指断路器具有过载长延时、短路短延时和短路瞬时的三段保护特性。国内万能式断路器中的 DW17 (ME) 系列和 DW40 系列中大部分是选择型，甚至是 CW1、HSW1 等智能型万能式断路器还带有接地故障保护功能。

对于电动机保护型断路器，它只要有过载长延时和短路瞬时的二段保护性能就够了，也就是说它可选用非选择型断路器（包括塑壳式和万能式），DZ25、YLM50、HSM1 及 DW15 等系列除有配电保护的性外，它们的 800A 及以下规格均有保护电动机的功能。家用和类似场所的保护也是一种额定电流在 63A 以下的小型非选择型断路器。

一般地，额定电流在 600A 以下，且短路电流不大时，可选用塑壳断路器；额定电流在 1000A 以上，短路电流大时，应选用万能式断路器。额定电流在 600~1000A，短路电流亦较大时，可根据实际情况应选用断路器。

(1) 断路器的一般性选用原则。

- 1) 断路器额定电流大于等于负载工作电流（或馈线负载的计算负荷电流）。
- 2) 断路器额定电压大于等于电源和负载的额定电压（或者配电系统的额定电压）。
- 3) 断路器脱扣器额定电流大于等于负载工作电流。

4) 断路器极限通断能力大于等于馈线线路中可能出现的最大短路电流。

5) 线路末端单相对地短路电流大于等于 1.25 倍的断路器瞬时（或短路时）脱扣器整定电流。

6) 断路器的短路分断能力大于等于线路的预期短路电流。断路器的短路分断能力通常是指它的极限短路分断能力。

断路器有三个重要的短路电流分段能力指标，分别为极限短路分断能力（ I_{oc} ）、运行短路分断能力（ I_{sc} ）和短时耐受电流（ I_{th} ）。国内低压断路器的运行短路分断能力 I_{sc} 绝大多数是小于它的极限短路分断能力 I_{oc} 的。我国国家标准 GB140482 规定， I_{sc} 可以是 I_{oc} 数值的 25%、50%、75% 和 100%。

7) 断路器欠电压脱扣器额定电压等于线路额定电压或配电系统的额定电压。

8) 断路器分励脱扣器额定电压等于控制电源电压。

9) 长延时电流整定值等于负载的额定电流。

10) 瞬时整定电流大于等于负载的闪流、冲击等电流。如对于保护笼型异步电动机的断路器，瞬时整定电流为（8~15）倍电动机额定电流；对于保护绕线式异步电动机的断路器，其瞬时整定电流为（3~6）倍电动机额定电流。

(2) 根据负载情况选用断路器最常见的方法。

1) 电灯（白炽灯）、电热器设备的断路器选择：像白炽灯、电热器这类设备基本上是电阻性负载，一般选用小型断路器（MCB）的情况较多。断路器的额定电流理论上是 $I_n \geq I_L$ （ I_n 为断路器额定电流， I_L 为线路或电气设备的额定电流）。若取 $I_n \leq I_L$ ，断路器就有可能发生误动作，故通常将用于通断白炽灯、电热回路的断路器 I_n 选为（1.1~1.15） I_L 。

白炽灯和电热回路在通电的瞬间都可能产生闪流（由冷态电阻逐渐形成热态电阻的过程），最大闪流可达 10 I_L ，故应选用瞬动电流整定值为 5~10 倍 I_n 断路器。

2) 高压汞灯、钠灯、金属卤化灯等设备的断路器选择。水银灯等的特点是电流的畸变率（系数）达 15%，故一般选 $I_n \geq (1.2 \sim 1.4) I_L$ 的小型断路器。高压汞灯、钠灯、金属卤化灯等设备在启动时，会因镇流器电感等因素产生冲击电流，且启动的时间也较长。因此，对水银灯等设备的保护用断路器也应选用瞬动电流整定值为 5~10 倍 I_n 断路器。

3) 电动机的断路器选择。作为电动机回路直接保护的断路器可采用电动机保护型断路器，它的过载保护有 1.2 I_n 、1.5 I_n 、7.2 I_n （可返回特性），短路瞬动为 12 I_n 。这种断路器的额定电流 $I_n = I_M$ （ I_n 为断路器额定电流， I_M 为电动机的额定电流）。如果无法找到电动机保护型断路器，也可使用一般配电保护型断路器，但这种配电型断路器仅能作电动机的短路保护（线路的过载保护采用热继电器）。

由于这种配电型断路器无躲过电动机启动电流的可返回特性，为了避免电动机启动时断路器动作（包括电动机采用 Y- Δ 启动器等，在启动、运转瞬间的过流性冲击电流），所以它的额定电流取得较高。日本有关标准（包括一些公司的产品样本介绍）规定：

当电动机额定电流 $I_M \leq 50A$ 时，断路器的额定电流 $I_n \leq 3I_M$ 。

当 $I_M > 50A$ 时， $I_n \leq 2.5I_M$ ，而瞬动电流仍取 10 I_n （倘额定电流不放大，则瞬动电流必须大于 14 I_M ），断路器的额定短路分断能力应大于等于电动机的短路电流。

4) 电容器设备的断路器选择。国际电工委员会 IEC 和德国 DIN 标准都规定，电容器单元必须长期在这样的电流下工作，即它的有效值不会超过在正弦电压和额定频率时流过电流的 1.3 倍，对于大多数使用场合中的电容器单元可不采用过载保护，它可使上一级电网通过滤波回路进一步消除谐波。

对于短路保护，最普遍的是采用熔断器（此时熔断器的额定电流应是电容器额定电流的

1.6~1.7倍),也有很多使用电容器的地方,它的短路保护选择塑料外壳式断路器(MCCB)。

电容器的保护开关(熔断器、断路器)必须符合以下三条要求:

- ①应能承受电容器产生的涌流;
- ②保护开关、电器应有不重燃性;
- ③熔断器或断路器的短路分断能力应大于电容器的短路故障电流。

电容器合闸投入运行时,由于端电压不能发生突变(由零变到额定电压),其情况有如短路,因此有较高的频率和较大幅值的浪涌电流(涌流)。

为了抑制电容器开断时的过电压和合闸涌流,集中补偿的电容器一般是装切合电阻的。要求加装切合电阻后,将 I_n 降下来。加装切合电阻后,涌流(峰值)可降到 $16I_n$,有效值为 $11.3I_n$,因选用的断路器额定电流 $I_n = (1.3 \sim 2.0) I_n$ (I_n 为断路器额定电流),对断路器来说,假如它的瞬动电流整定值为 $10I_n$,则完全可以躲过电容器的峰值电流 I_n 。

当 I_n 、 Q 和 I_n 可知时,可以求出 S 值,由 S 值可以算出电容器的短路电流。

用塑料外壳式断路器作电容器回路保护时,断路器的额定电流较常见的是 $I_n = 1.5I_n$;断路器的额定工作电压应不小于电容器的工作电压。

5) 焊接机(点焊机、电弧焊机)设备的断路器选择。断路器是安装在电焊变压器的一次侧(原边)的。由于焊接机(交流电弧焊机、钢板点焊机、储能点焊机等)的工作电流是间断的、脉冲的,工作电流所引起的发热是按一齿形波规律的,焊接机的选择需进行计算。

①断路器的额定电流 I_n 计算。

$$I_n \times t_1 + 0 \times t_2 = I_n(t_1 + t_2)$$

$$I_n = I_n \times t_1 / (t_1 + t_2)$$

式中 t_1 ——焊接时间;

t_2 ——间作时间;

I_n ——最大工作电流;

I_n ——热等效等值电流;

T ——焊接周期, $T = t_1 + t_2$ 。

对于大多数焊接机而言,一般规律性间断工作的焊接机的使用率 α (焊接时间与焊接周期之比)取0.5(也可以根据具体情况定)。实际中,焊接机的热等效等值电流在大部分时间里都超过热平均温度的电流。为了防止断路器的过载长延时脱扣器误动作,一般选择断路器的额定电流 I_n 为

$$I_n = (1.2 \sim 1.3) I_n$$

②断路器瞬时脱扣电流 I_n 计算。焊接机(特别是电弧焊机)启动瞬间,电弧被短路而尚未引弧,因此电阻很小,电流很大,电焊变压器一次侧(原边)可能有8~14倍的额定电流。随着电弧的引燃和稳定,电阻及电流也逐渐稳定,焊接机的这种现象称为过渡性闪流。

由于使用焊接机时要频繁发生过渡性闪流,当采用常用的瞬动整定电流为(5~10) I_n 的小型断路器或瞬动整定值为 $10I_n$ 的塑壳式断路器作保护时,常会因过渡性闪流下产生误动作。因此,断路器的瞬动电流整定值必须躲过焊接机的过渡性闪流。

对于断路器的瞬动电流整定值,可按按下式(国外推荐按公式)计算而求得

$$I_n = I_n \times B (I_n \text{为断路器额定电流})$$

式中 B ——过渡性闪流与额定电流之比(B 的范围为8~14);

I_n ——断路器瞬时脱扣电流计算值, A。

多台焊接机同时产生过渡性闪流的情况很少,但两台焊接机却有可能因启动相隔时间短而产生过渡性闪流,因此,对计算出的断路器瞬时脱扣电流计算值 I_n 再乘一个安全系数1.2,如下

式

$$I_n = 1.2 \times I_p$$

式中 I_n ——断路器瞬时脱扣电流，A。

6) 可控硅整流设备的断路器选择。一般地，对于可控硅整流设备的断路器的额定电流为 $I_n \geq 1.4 I_L$ (I_n 为断路器额定电流， I_L 为整流设备的额定电流)。而三相全波整流的可控硅整流设备，变压器一次侧的畸变率为 30%，因此不宜选用全电磁型断路器，只能选择开断速度快且全分断时间短的热动—电磁型塑壳式断路器。

7) 变流器设备的断路器选择。对于电压源逆变器和电流源逆变器这类设备（如变频器），在用于按正弦交流电压设计的（工频时为恒速）电动机，并根据负载工艺的要求来调节电动机的转速或通过调速实现节能时，其断路器的额定电流可采用 $I_n \geq (1.4 \sim 2) I_L$ (I_n 为断路器额定电流， I_L 为逆变器设备的额定电流)。变流器设备的输入电流的畸变率可达 90%，其中高次谐波占有率很大，故也应采用热动—电磁型塑料外壳式断路器。

8) 变压器设备一次侧的断路器选择。对于一次侧（高压侧）电压不高于 400V 低压变压器，断路器的额定电流通常为 $I_n \geq (1.2 \sim 3) I_L$ (I_n 为断路器额定电流， I_L 为变压器一次侧额定电流)。因为变压器励磁冲击电流可达额定电流的 10~20 倍，故低压变压器一次侧的断路器应选用专门针对变压器保护要求的特殊塑壳式断路器。

(3) 断路器附件的选用。断路器的附件作为断路器功能的派生和补充，为断路器增加了控制手段，扩大了保护功能，操作和安装方式更多。主要有辅助开关和报警开关。它们都是用于显示断路器当前状态的机内附件。它们的区别在于辅助开关主要用于断路器的分合状态的显示，但无法区别断路器是否是故障脱扣。而报警开关能显示断路器的故障脱扣状态，主要用于断路器因故障而断开时的状态显示。

1) 欠电压脱扣器。欠电压脱扣器是一种保护性附件，当电源电压下降到欠电压脱扣器额定电压的 35%~70% 时，欠电压脱扣器能使断路器脱扣；当电源电压低于欠电压脱扣器额定电压的 35% 时，欠电压脱扣器能保证断路器不合闸；当电源电压高于欠电压脱扣器额定电压的 85% 时，欠电压脱扣器能保证断路器正常工作。

2) 分励脱扣器。分励脱扣器是一种实现断路器的远距离分闸的附件，当分励脱扣器的外施电压为分励脱扣器额定控制电压的 70%~110% 时，就能可靠地分断断路器。

3) 电操机构。电操机构也是一种远距离操作断路器的附件，既可用于实现断路器的远距离分闸操作，也能实现断路器的合闸操作。电操机构有电动操作机构和电磁操作机构两种：电动操作机构由电动机驱动，一般适用于 630A 及以上大容量框架式断路器的操作；电磁操作机构由电磁铁驱动，适用于 100A、225A 等小容量断路器。此外，还有辅助手柄、手柄闭锁装置、机械联锁装置等附件。

(4) 四极断路器的应用。关于四极断路器的应用，目前地区性及行业性的四极电器（断路器）的设计规范已经出台，是否使用四极断路器关键在于能否确保供配电系统的可靠性和安全性。

1) 在 TN-C 系统中，因为 N 线与保护线 PE 合二为一（称 PEN 线），从安全角度考虑，PEN 线在任何时候都不允许断开，因此，在 TN-C 系统中禁用四极断路器。

2) 通常，在 TT 系统、TN-C-S 系统和 TN-S 系统可使用四极断路器，以便在维修时保障身和设备的安全。但是 TN-C-S 和 TN-S 系统，断路器的 N 极只能接 N 线，而不能接 PEN 或 PE 线。

3) 在装设双电源切换的系统中，由于系统中所有的中性线（N 线）是通联的，为了确保被切换的电源断路器的检修安全，必须采用四极断路器。

4) 进入民用住宅的单相总开关,宜选用带N极的二极断路器,以便检修时作隔离器用。

5) 用于380/220V系统的剩余电流保护器(漏电断路器),中性线必须穿越保护器的零序电流互感器(铁芯),防止无中性线的穿过,使220V的负载有泄漏电流而误动作,此时应选用四极或带中性线的二极剩余电流保护器。

(5) 漏电保护器的选用。漏电断路器保护器的功能包括断路器的功能和漏电保护的功能。其中,断路器的功能与一般低压断路器相同,所以该功能的选择与一般低压断路器的选择相同;漏电保护部分通过零序电流互感器来检测被保护电路内相线和中性线的电流瞬时值,判断对地泄漏电流的变化。

1) 选择漏电保护器需考虑的条件。

① 漏电保护器的漏电动作电流必须躲过电网正常泄漏电流。

② 漏电保护器的漏电动作电流必须小于引起火灾的最小点燃电流或人身安全电流。

2) 选择漏电保护器。

① 漏电保护器的额定漏电不动作电流,应不小于电气线路和设备的正常泄漏电流最大值的2倍。

② 漏电保护器的额定动作电流为额定漏电不动作电流的2倍。

③ 电气线路和设备泄漏电流值与分级安装的漏电保护特性的配合:

A. 单台用电设备的漏电保护器动作电流应不小于该设备正常运行时实测泄漏电流的4倍,但也不能过大,以免因漏电引起触电事故和火灾。

B. 配电系统(线路)的漏电保护器动作电流应不小于该系统(线路)正常运行时实测泄漏电流的2.5倍,同时还应不小于该系统(线路)中泄漏电流最大的一台用电设备正常运行泄漏电流的4倍。

C. 用于全网保护时,漏电保护器的动作电流应不小于该网实测漏电流的2倍。全网应全面增设漏电保护,防止因漏电引起火灾。

④ 不同额定剩余动作电流的漏电保护器一般按以下原则选用:

A. 额定剩余动作电流为30mA及以下的漏电保护器,用于对直接接地及TT配电系统的保护和不对直接接地IT中性线不接地系统和完全暴露条件的保护。

B. 额定剩余动作电流为50mA及以下的漏电保护器,用于对非直接接地及TT系统防止火灾的保护。

C. 配制选择性保护时,应保证除对非直接接地及TT系统的保护外,还能对下级装有30mA的漏电保护系统作选择性保护。应仅隔离事故电路,其他电路应保证仍继续供电。

(6) 断路器的短路锁定功能。一般断路器还具有短路锁定功能,用来防止断路器因短路故障分断后,故障未排除前再合闸。在短路条件下,断路器分断、锁定机构动作,使断路器机构保持在分断位置,锁定机构未复位前,断路器合闸机构不能动作,无法接通电路。

(7) 辅助触点。断路器还有辅助触点,一般有常开触点和常闭触点。辅助触点供信号装置和智能式控制装置使用。

(8) 智能化低压断路器。微处理机和计算机技术引入低压电器,一方面使低压电器具有智能化功能;另一方面使低压开关电器通过中央控制系统,进入计算机网络系统。

微处理器引入低压断路器,使断路器的保护功能大大增强,它的三段保护特性中的短延时可设置成 $12t$ 特性,以便与后一级保护更好匹配,并可实现接地故障保护。

带微处理器的智能化脱扣器的保护特性可方便地调节,还可设置预警特性。智能化断路器可反映负载电流的有效值,消除输入信号中的高次谐波,避免高次谐波造成的误动作。

采用微处理器还能提高断路器的自身诊断和监视功能,可监视检测电压、电流和保护特性,

并可用液晶显示。当断路器内部温升超过允许值，或触头磨损量超过限定值时能发出警报。

智能化断路器能保护各种启动条件的电动机，并具有很高的动作准确性，整定调节范围宽，可以保护电动机的过载、断相、三相不平衡、接地等故障。

智能化断路器通过与控制计算机组成网络还可自动记录断路器运行情况和实现遥测、遥控和通信。

智能化断路器是传统低压断路器改造、提高、发展的方向。近年来，我国的断路器生产商也已开发生产了各种类型的智能化控制的低压断路器，相信今后智能化断路器在我国一定会有更大的发展。

(9) 漏电断路器。

1) 漏电断路器的结构。漏电断路器就是带漏电保护的断路器，由操作机构、电磁脱扣器、触头系统、灭弧室、零序电流互感器、漏电脱扣器、试验装置等组成，其中：零序电流互感器是用来检测漏电流信号，将其一次侧漏电流变换为其二次侧的交流电压，经电子电路进行检波、放大后，再由执行电路分断漏电断路器的触头，实现对配电系统及线路的漏电保护。电磁式漏电脱扣器由衔铁、线圈、铁芯、永久磁铁、分磁板、拉力弹簧和铁轭组成。使用时，漏电脱扣器的线圈与零序电流互感器二次绕组相接，用来反映有无漏电流。

2) 电磁式电流动作型漏电断路器的工作原理。当电网正常运行时，不论三相负载是否平衡，通过零序电流互感器主电路的三相电流的向量和等于零，故其二次绕组中无感应电动势产生，漏电断路器的衔铁被永久磁铁的磁通 Φ_1 所产生的吸力吸住，拉力弹簧被拉紧，漏电断路器工作于闭合状态。当出现漏电或触电事故时，漏电或触电电流通过大地回到电源配电变压器的中性点，使三相电流的相量和不再等于零。零序电流互感器二次绕组中便产生了相对应于漏电流的感应电压 U_2 ， U_2 加在漏电脱扣器线圈上，使线圈中流过交变电流，从而产生交变磁通， Φ_2 有半个周期在方向上与永久磁铁产生的磁通 Φ_1 方向相反，互相抵消，使漏电脱扣器电磁吸力减小。当漏电流达到一定值时，漏电脱扣器衔铁在拉力弹簧作用下释放，衔铁上的锁扣脱开，使脱扣机构动作，断路器主触头断开主电路。漏电脱扣器中设置分磁板是为了减少磁路对 Φ_1 的磁阻，以提高动作灵敏度，同时防止永久磁铁退磁老化。

九、主令电器

主令电器是电气自动控制系统中用来发送或转换控制指令的电器，是一种用于控制电路的控制电器。

(一) 控制按钮

控制按钮主要用于远距离操作具有电磁线圈的电器，也用在控制电路中发布指令和执行电气连锁。

1. 按钮结构

按钮结构见图 4-11。

2. 分类

- (1) 按保护形式可分为开启式、保护式、防水式、防腐式等。
- (2) 按结构形式可分为嵌压式、紧急式、钥匙式、旋钮式、带信号灯式、带灯掀钮式等。
- (3) 按颜色可分为红、绿、黄、黑、白、蓝等。

3. 选用原则

- (1) 根据使用场合及被控设备选择种类。
- (2) 根据控制功能选择结构形式。
- (3) 根据控制功能及被控设备的数量选择数量等。

(二) 行程开关

行程开关(又称限位开关)的工作原理与按钮相似,主要用来反映工作机械的行程位置,并按机械部件的位置变化发出指令,以控制其运动方向和行程大小的指令电器。

行程开关触头的动作不是由人进行手动操作,而是利用机械的运动部件来操作的例如靠挡铁的碰撞而使触头动作。当机械的部件运动到某一位置时,与部件连接在一起的挡铁碰压行程开关,行程开关的触头动作,将机械信号转变为电信号,对控制电路发出接通、断开或变换某些电路参数的指令,以实现自动控制。

1. 行程开关的结构及工用过程

为了适应各种条件下的操作,行程开关有很多构造形式,常用的有直动式(按钮式)、旋转式(滚轮式)及微动式。其中,滚轮式行程开关又分为单滚轮自动复位和双滚轮(羊角式)非自动复位式,由于双滚轮行程开关具有两个稳态位置,有“记忆”作用,在某些情况下可以简化电路。

直动式行程开关的动作原理与按钮相同,但其触头的分合速度取决于生产机械的运行速度,不宜用于速度低于 0.4m/min 的场所。

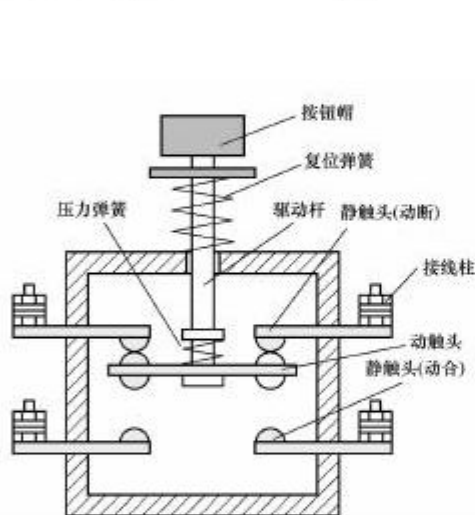


图 4-11 控制按钮结构示意图

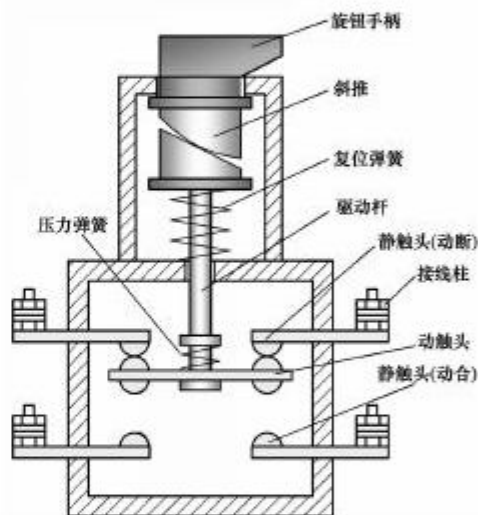


图 4-12 选择(按钮)开关结构示意图

滚轮式行程开关的动作过程:当被控机械上的撞块撞击带有滚轮的撞杆时,撞杆转向并带动起内部凸轮转动,顶下推杆,使微动开关中的触头迅速动作。当运动机械返回时,在复位弹簧的作用下,各部分动作部件复位。

2. 行程开关的选用

- (1) 根据使用环境选择防护形式。
- (2) 根据控制电路的电压和电流选择行程开关系列。
- (3) 根据运动机械与行程开关的传动和位移关系选择行程开关的头部形式。

(三) 接近开关

接近开关是一种非接触式的检测装置,能检测金属物体或非金属物体的存在与否,只要当运动物体接近它达到一定距离时就能发出信号,以控制运动物体的位置,接近开关不仅具有行程开关的作用,还有计数作用。可按以下要求选用:

- (1) 用于工作频率高、可靠性及精度要求均较高的场合。

(2) 按输出要求选择触头形式和数量。

(四) 选择(按钮)开关

1. 选择(按钮)开关的结构

万能转换开关是由多组相同结构的触头组件叠装而成的多档位多回路的手动控制电器。

2. 选用原则

(1) 按额定电压和工作电流选用相应的开关系列。

(2) 根据要求确定触头数量和接线图号。

3. 转换开关(组合开关)

(1) 用途。用于机台电源及控制 7.5kW 以下电动机的启停和正反转等, 也作为控制线路及信号线路的转换。

(2) 转换开关(组合开关)结构(见图 4-13)。

(3) 图形符号及文字符号(见图 4-14)。

4. 主令控制器(主令开关)

(1) 用途。因主令控制器有多组触头, 可以变换主电路的接法和转子电路中的电阻值, 以达到电动机的启动和反转的目的, 它常用于起重机控制电路中。

(2) 结构及工作原理: 用实物或用演示文档演示。

5. 按钮

(1) 用途: 主要用于控制电路的通、断, 以发出指令或作程序控制。按钮触头的额定电流为 5A, 用于 500V 以下的电路中。

(2) 分类: 有常开按钮、常闭按钮和复合按钮三种。

(3) 按钮结构(见图 4-11)。

(4) 图形符号(见图 4-15)。

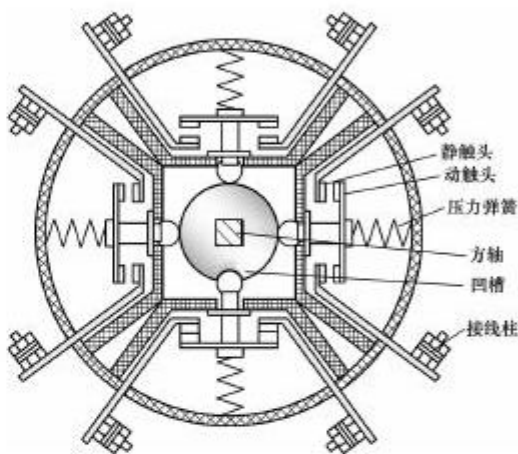


图 4-13 转换开关(组合开关)结构

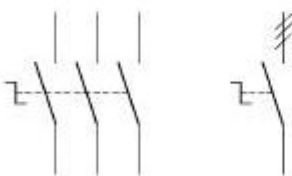


图 4-14 转换开关符号



图 4-15 按钮符号

第五节 电气控制系统的设计

一、概述

电气控制系统是各种供配电系统、电力拖动(驱动)设备等实现其功能并完成其运转的控制中枢。在电气控制系统使用过程中需根据被控系统和设备的状态及需求, 通过人工或自动地对控制系统的设备进行启动停止、开启关闭等逻辑方面的控制, 对被控制系统及设备状态参数

进行连续性地调节（过程控制），以及将系统及设备的各种状态显示或反馈到上级控制系统等。动力设备的电气驱动控制中最常见的主回路驱动控制保护设备有空气断路器、交流接触器、热保护器。

二、电气控制系统的设计

（一）电气控制系统的发展现状

电气控制系统的发展已有很多年的历史，近年来，随着微型计算机技术的发展，传统的以继电器为主的电气控制系统不断地受到冲击，目前，国内外除了一些很简单及干扰大的系统和设备仍采用传统的以继电器为主的电气控制外，多数稍微复杂的系统和设备均开始在控制系统中的逻辑控制部分和过程控制部分采用以微型计算机为核心的各种类型的控制系统，如 PLC、DCS 及各种专业的智能控制装置等。其中，在逻辑控制中使用最多的是本书重点讲述的 PLC。

采用以微型计算机为核心的控制是电气控制系统的发展趋势，但也应清醒地认识到，这些以微型计算机为核心的控制设备是不能完全取代传统的电气控制系统的（这点在本章的开始也谈到过）。微型计算机控制系统的设备复杂，需配以专业程度高的技术人员来维护，而且多数设备昂贵、维护的技术难度也大。因此，传统的电气控制系统从简单实用的角度来说仍占有一定的市场份额。

（二）电气控制系统的设计基本原则

电气控制系统的设计基本原则是在保证安全可靠的基础上，综合考虑被控系统或设备各方面的功能要求，用尽可能少的设备元件及尽可能简单的控制方法来实现被控系统或设备尽可能多的功能，并充分考虑节约能源、降低成本和减少劳动力。

一套完善的控制系统应具备以下几点：

- （1）能实现被控系统或设备的所有要求及功能。
- （2）须具有较高的可靠性和稳定性。
- （3）便于安装、调试。
- （4）应结构简单，制造简易，经久耐用，维修方便且造价较低。

（三）电气控制系统的具体设计

电气设计包括主接线设计、控制接线设计及设备选型等，其中主接线设计、控制接线设计是电气设计的主体，也是整个设计的重要环节，它直接关系到电气控制系统运行的可靠性、灵活性和经济性。

1. 电气控制系统设计的具体过程

目前对主接线设计和控制接线设计的大部分工作仍采用传统的设计方法，主要有以下几个过程。

（1）原始资料的分析。根据用电系统或设备的负载情况、被控制系统的工艺要求等资料，分析电气系统的特点及应重点注意的事项。

（2）方案的拟定。根据资料的分析结果，拟定初步方案并反复论证，充分考虑到各个方面的要求。

（3）可靠性比较分析及优化方案。对拟定的方案进行可靠性分析，在保证安全性和可靠性的前提下对方案进行具体的优化。

（4）系统设计和设备的选择。根据可执行的方案作具体的电气设计及设备选型。

（5）短路电流计算。对于配电系统和容量较大的用电设备要进行短路计算，作为对设备选型的校验依据。

（6）经济性比较。对成形的方案（有时会有几种方案）及初步设计从经济、合理、实用等多

角度出发进行比较，确定可执行的方案。

2. 绘制电气控制系统原理图的原则

(1) 各电器触头位置都按电路未通电、未受外力作用时的常态位置画出，分析原理时，应从触头的常态位置出发。

(2) 各电器元件不画实际的外形图，而采用国家规定的统一国标符号画出。

(3) 各电器元件不按它们的实际位置画在一起，而是按其线路中所起作用不同分别画在不同的电路中，但它们的动作却是相互关联的，必须标以相同的文字符号。

(4) 对有直接电联系的交叉导线连接点，要用小黑点表示，无直接电联系的交叉导线连接点则不画小黑圆点。

3. 电气接线设计的经验总结

分析传统的电气接线的设计过程，发现尽管电气接线的设计比较复杂，但是针对某一类型的设计，还是存在着某些规律性，许多的设计方案有着某种程度上的相似特点，因此对电气接线的设计要充分利用这些特点，以提高设计的质量和速度。

三、电气配电及控制系统的应用

(一) 概述

电气系统是各行业最常用的系统设备之一，随着经济的发展和各种工程项目的增多，它会越来越多地被使用，这使得电气系统的设计有一个广阔的用武之地。加上采用电气系统控制的价格优势，也使得它在各种行业的系统和设备的控制中占有一定的应用市场。实践证明，电气控制系统也能实现相当多的自动控制要求，且结构简单、性能稳定可靠、装配制造简易，有较强的适应性和较高的实用价值，也可降低工程投资成本、减少人力资源的消耗。

(二) 常见的配电系统

(1) 动力配电。如图 4-16 所示，这种配电系统常用于车间、厂房等现场的配电。

(2) 机台配电。如图 4-17 所示，这种类型的配电通常作为机器设备的机台（箱）配电。

电气二次系统（控制系统）是整个电气系统的核心和心脏，直接影响电气系统的安全稳定运行。

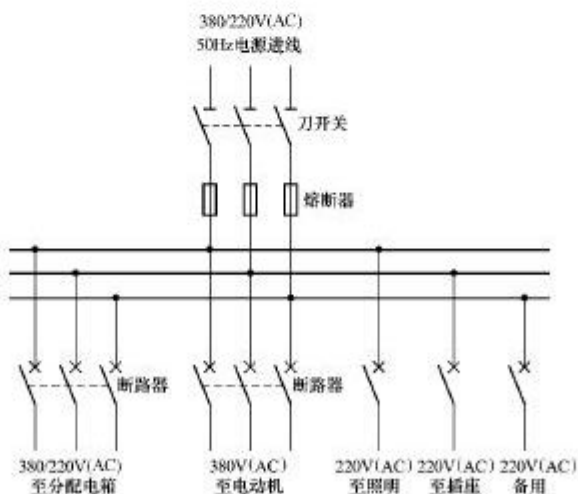


图 4-16 动力配电系统

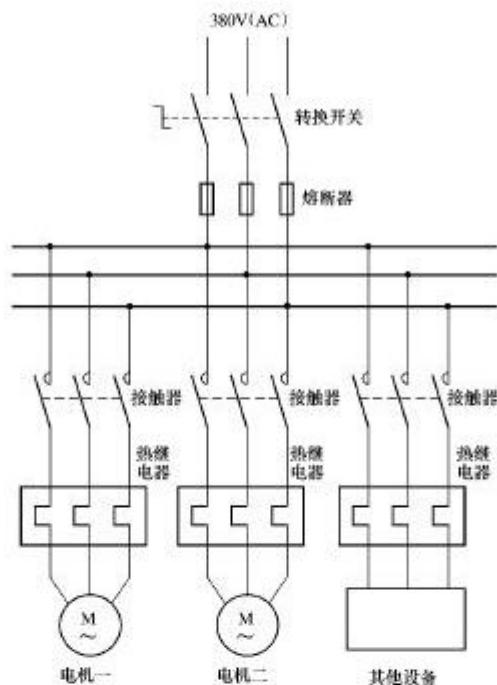


图 4-17 机台配电系统

(三) 电气控制与电动机的启动方式

电气控制的含盖范围很广，在此结合本书中的案例只对电动机的控制（也是最常见的控制）进行一些介绍。

1. 三相异步电动机的启动方式

(1) 直接启动。启动时加在电动机定子绕组上的电压为额定电压。直接在线启动是三相异步电动机应用最多的一种启动方式，也是启停方式中最简单、最直接的一种。对于小功率电机这种应用方式占有绝对优势。然而对较大功率的电机而言，这种启停方式的缺点也是显而易见的。在这种启动方式下，启动电流是标称电流的 4~8 倍；启动转矩是标称转矩的 0.5~1.5 倍。其特点是电机端子少（一般为三端子电机）、可带载启动、高电流峰值和大压降启动、设备简易。

三相异步电动机直接启动的条件（满足其中的一条即可）：

1) 容量在 7.5kW 以下的电动机均可采用。

2) 电动机在启动瞬间造成的电网电压降不大于电源电压正常值的 10%，对于不常启动的电动机可放宽到 15%。

3) 可用经验公式粗估电动机是否可直接启动。

$$I_s/I_n < 3/4 + \text{变压器容量 kVA} / (4 \times \text{电动机功率 kW})$$

直接启动的优点是所需启动设备简单，启动时间短，启动方式简单、可靠，所需成本低。直接启动的缺点是对电动机及电网有一定冲击。

(2) 降压启动。

在电动机启动时降低定子绕组上的电压，启动结束时加额定电压的启动方式。降压启动能起到降低电动机启动电流的目的，但由于转矩与电压的平方成正比，因此降压启动时电动机的转矩减小较多，故只适用于空载或轻载启动。

1) 星—三角启动也是三相异步电动机最常用的方式之一。一般用于非大功率电机的启动。在这种方式下启动电流是标称电流的 1.8~2.6 倍,而启动转矩是标称转矩的 0.5 倍。这种启动方式的特点是电机一般为 6 端子电机、多用于空载启动或低阻性转矩启动、在星—三角转换出现高的电流转矩峰值、设备维护量较大。

2) 自耦变压器降压启动(又称补偿启动)。自耦变压器启动时其启动电流是标称电流的 1.7~4 倍,而启动转矩是标称转矩的 0.4~0.85 倍。其特点是应用于较大功率电机、在电压变化时启动会出现大压降和高电流峰值、设备较笨重并且维护量大。

自耦降压启动时,利用自耦变压器降低电源电压加到电动机定子绕组以减小启动电流,待转速接近额定值时,切除自耦变压器,加全压运行。

自耦变压器降压启动的优点是不受电动机绕组接法限制、可得到比星—三角换接更大的启动转矩;自耦变压器副边有 2~3 组插头,可供用户选用,适用于容量较大,要求启动转矩较大的电动机。

2. 三相同步电动机的启动方式

同步电动机转子直流励磁,不能自行启动,启动方法分同步启动和异步启动两种。

(1) 同步启动。由另一辅助电动机将同步电动机拖至同步转速,接上电源同时进行励磁,由定子磁场牵入同步。

(2) 同步电动机的异步启动。电动机转子磁极极靴处必须装有笼形启动绕组,根据异步电动机原理启动,待转速接近同步转速后,再加入励磁,使转子牵入同步,牵入同步后,启动绕组与旋转磁场无相对切割运动、失去作用。

同步电动机异步启动时,励磁绕组不能开路,因为励磁绕组匝数多,启动时如开路励磁绕组切割旋磁场产生高电压,容易击穿绕组绝缘和引起人身触电事故,但也不能短路,这样会使定子启动电流增加很多,启动时应将励磁绕组通过一个电阻 R 接通,电阻 R 的大小应为励磁绕组本身电阻的 5~10 倍,转速接近同步转速时,拆除电阻 R 同时加入励磁电源。

第六节 PLC 与继电器的控制比较

一、概述

最初研制开发生产的 PLC 主要是用于代替自动控制系统中的继电器逻辑控制部分,两者的控制方式是有所区别的。

继电器是属逻辑并行的运行控制方式,当继电器的线圈通电或断电时,其所有的触点(常开或常闭)都会立即同时动作。

PLC 的控制核心 CPU 则采用顺序逻辑扫描用户程序的运行控制方式,当一个输出地址单元或逻辑地址单元(地址单元相当于继电器的线圈)被使能,该地址单元的所有位地址不会立即被使能,必须等扫描到该位地址时才会被使能。

一般继电器的各类触点的动作时间在 100ms 以上,而 PLC 扫描用户程序的时间一般均小于 100ms,因此,在对于 I/O 响应要求不高的场合,PLC 与继电器的逻辑控制结果就没有什么区别了,不会因为运行的控制方式不同而造成差异。实际使用时还应注意 PLC 扫描顺序,不能完全用继电器的逻辑控制电路生搬硬套成 PLC 的程序。

二、案例

PLC 的梯形图虽然与继电器逻辑电路(特别是一种早期的标准)的表示方法很接近,但不

能将二者混为一体，在实际应用时应特别注意二者的区别。以下以典型案例为基础，以设计简单为规则，将 PLC 的梯形图与继电器逻辑电路进行比较。

(一) 电动机的直接启动

电动机的启动方式有很多种，为了便于简单清楚地理解，在此用“电动机的直接启动”作为案例讲述触摸屏与 PLC 及接触器逻辑控制。

注意：因控制系统很简单，故未用继电器，继电器与接触器在逻辑控制上的功能是相同的。

1. 纯电气控制电动机的直接启动

图 4-18 是电动机直接启动的主接线及电气控制接线示意图，在此图中可以很直接地看到电动机的启动停止过程。

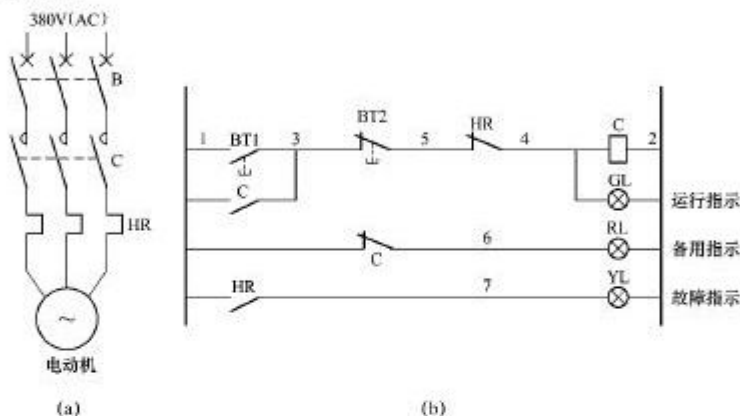


图 4-18 电动机直接启动的主接线及控制接线示意图
(a) 主接线示意图；(b) 传统的电气控制系统接线原理示意图

控制过程描述：对控制系统回路通电后“备用指示灯 RL（红灯）”会亮，表示电动机处在备用状态。按下“启动按钮 BT1”后，电动机会启动运转，“运行指示灯 GL（绿灯）”会亮，“备用指示灯 RL（红灯）”会熄灭。按下“停止按钮 BT2”后，电动机会停止运转，“备用指示灯 RL（红灯）”会重新亮，“运行指示灯 GL（绿灯）”会熄灭。

在电动机工作的过程中，如出现过载故障，则电动机会停止运转，“故障指示灯 RL（黄灯）”与“备用指示灯 RL（红灯）”会亮，“运行指示灯 GL（绿灯）”会熄灭。

2. PLC 控制电动机的直接启动

图 4-19 是电动机直接启动的 PLC 控制接线示意图，在图中可以通过 PLC 外部接线及内部程序（梯形图）直接看到电动机的启动停止过程。将梯形图放在 PLC 中是为了让初学者能更直观地理解 PLC（正式设计中程序会很多，不可以这样画）。

通常，在 PLC 输入端尽可能地使用常开按钮或触点，以便于 PLC 控制程序的编辑。

控制过程描述：对 PLC 控制系统通电后，梯形图中“Q0.0”的常闭激发“Q0.2”并驱动“备用指示灯 RL（红灯）”亮，表示电动机处在备用状态。按下“启动按钮 BT1”后，梯形图中“I0.0”的常开激发“Q0.0”和“Q0.1”，其中“Q0.0”自保，并驱动接触器 C，电动机会启动运转，“Q0.1”驱动“运行指示灯 GL（绿灯）”亮，“Q0.0”的常闭断开使“备用指示灯 RL（红灯）”熄灭。按下“停止按钮 BT2”后，梯形图中“I0.1”的常闭断开“Q0.0”，释放接触器 C，会使电动机停止运转，“备用指示灯 RL（红灯）”会重新亮，“运行指示灯 GL（绿灯）”会熄灭。

在电动机工作的过程中，如出现过载故障，梯形图中“I0.2”的常闭断开“Q0.0”，释放接触器 C，则电动机会停止运转；梯形图中“I0.2”的常开激发“Q0.3”使“故障指示灯 RL（黄

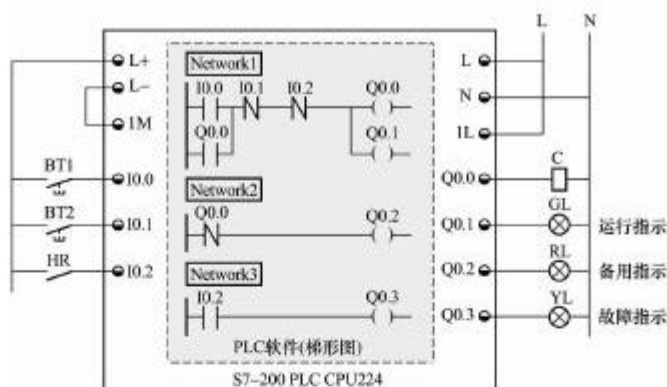


图 4-19 电动机直接启动的 PLC 控制接线示意图

灯)”亮,“Q0.0”的常闭激发“Q0.2”并驱动“备用指示灯 RL (红灯)”亮,“运行指示灯 GL (绿灯)”因“Q0.1”断开会熄灭。

3. 触摸屏与 PLC 控制电动机的直接启动

图 4-20 是电动机直接启动的触摸屏与 PLC 控制接线示意图,在此图中可以通过触摸屏的控件、PLC 外部接线及内部程序(梯形图)直接看到电动机的启动停止过程。

为了简化本触摸屏与 PLC 控制案例,未使用电气操作元件。

控制过程描述:对触摸屏与 PLC 控制系统通电后,梯形图中“Q0.0=0”状态的驱动触摸屏控制画面上的“备用指示灯(红灯)”闪亮,表示电动机处在备用状态。用手按下触摸屏控制画面上的“启动按钮”后,梯形图中“M0.0”的常开激发(使能)“Q0.0”,“Q0.0”自保,并驱动接触器 C,电动机会启动运转,梯形图中“Q0.0=1”状态的驱动触摸屏控制画面上的“运行指示灯 GL (绿灯)”闪亮,“Q0.0”的常闭断开使“备用指示灯(红灯)”熄灭。用手指按下触摸屏控制画面上的“停止按钮”后,梯形图中“M0.1”的常闭断开“Q0.0”,释放接触器 C,会使电动机停止运转,“Q0.0=0”状态会重新驱动“备用指示灯(红灯)”闪亮,“运行指示灯 GL (绿灯)”会熄灭。

在电动机工作的过程中,如出现过载故障,梯形图中“I0.2”的常闭断开“Q0.0”,释放接触器 C,则电动机会停止运转;梯形图中“I0.2=1”状态的驱动触摸屏控制画面上的“故障指示灯(黄灯)”闪亮,“Q0.0=0”状态会重新驱动“备用指示灯(红灯)”亮,“运行指示灯(绿灯)”因“Q0.0=0”状态会熄灭。

从案例中可以看出使用触摸屏与 PLC 控制可以简化 PLC 控制程序及电气控制系统。

(二) 现场配电系统

配电系统有很多种,为了便于简单清楚地理解,在此用“现场配电系统”的控制作为案例讲述触摸屏与 PLC 控制的现场配电系统。

图 4-21 是带电动操作机构的断路器的现场配电系统示意图。该现场配电系统设一路进线四路出线。B0 为进线断路器,B1 为出线 1 断路器,B2 为出线 2 断路器,B3 为出线 3 断路器,B4 为出线 4 断路器。所有断路器均配置电动操作机构。

采用常规电气控制时,进线及所有的出线均配普通的电流互感器及电流表;采用触摸屏与 PLC 控制时,进线及所有的出线只配专用的电流传感变送器,不配电流表。

1. 常规电气控制带电动操作机构的断路器

图 4-22 是常规电气控制带电动操作机构的断路器的现场配电系统的操作控制系统示意图,

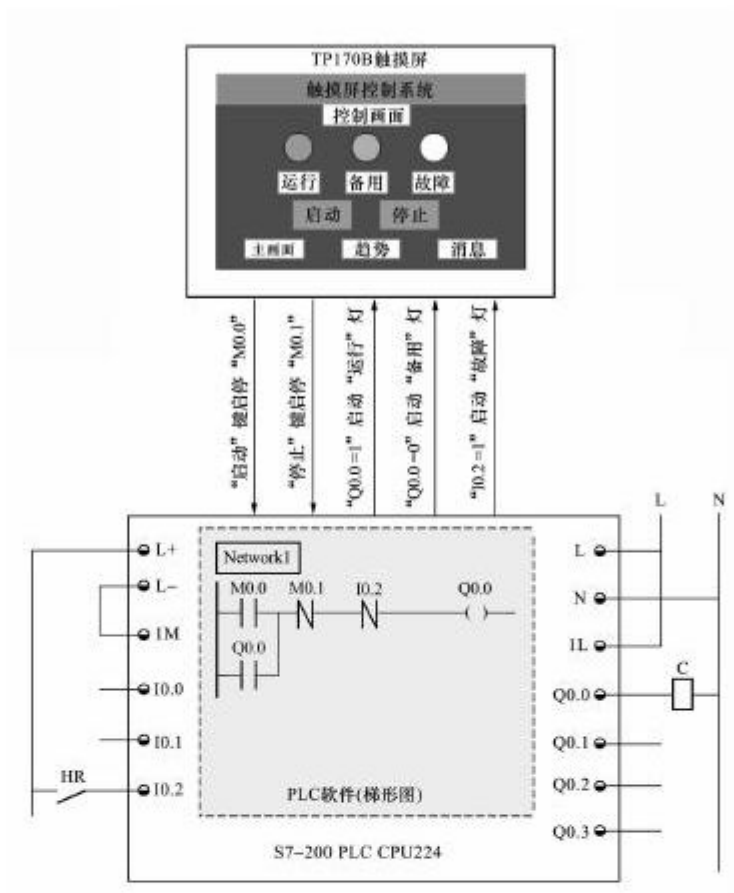


图 4-20 电动机直接启动的触摸屏与 PLC 控制接线示意图

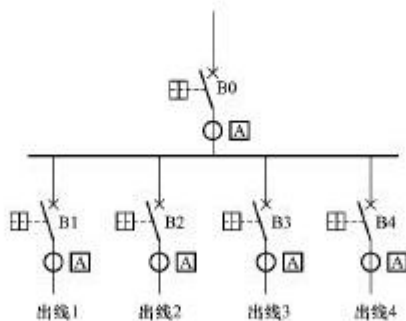


图 4-21 常规电气控制带电动操作机构的断路器的现场配电系统示意图

说明：该配电系统中的所有断路器均带电操机构。

在此图中可以很直接地看到带电动操作机构的断路器合分闸过程。

控制过程描述：

对断路器的控制系统回路（电动操作机构）通电后分闸指示灯“OL1”、“OL2”、“OL3”、

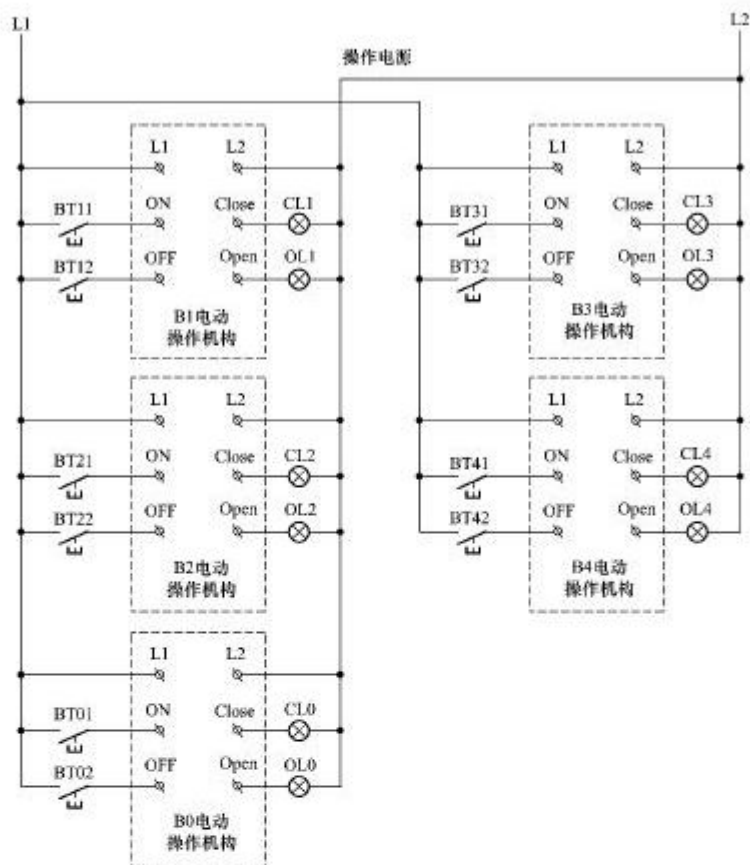


图 4-22 常规电气控制带电动操作机构的断路器的操作控制系统示意图

“OL4”、“OL0”会亮，表示断路器处在分闸（断开位置）状态。

按下进线断路器的“合闸按钮 BT01”后，进线断路器合闸，进线电流表显示进线电流值，“合闸指示灯 CL0”会亮，分闸指示灯“OL0”会熄灭。按下“分闸按钮 BT02”后，进线断路器分闸，分闸指示灯“OL0”会亮，“合闸指示灯 CL0”会熄灭。

按下 1# 出线断路器的“合闸按钮 BT11”后，1# 出线断路器合闸，1# 出线线电流表显示 1# 出线电流值，“合闸指示灯 CL1”会亮，分闸指示灯“OL1”会熄灭。按下“分闸按钮 BT12”后，1# 出线线断路器分闸，分闸指示灯“OL1”会亮，“合闸指示灯 CL1”会熄灭。

按下 2# 出线断路器的“合闸按钮 BT21”后，2# 出线断路器合闸，2# 出线线电流表显示 2# 出线电流值，“合闸指示灯 CL2”会亮，分闸指示灯“OL2”会熄灭。按下“分闸按钮 BT22”后，2# 出线线断路器分闸，分闸指示灯“OL2”会亮，“合闸指示灯 CL2”会熄灭。

按下 3# 出线断路器的“合闸按钮 BT31”后，3# 出线断路器合闸，3# 出线线电流表显示 3# 出线电流值，“合闸指示灯 CL3”会亮，分闸指示灯“OL3”会熄灭。按下“分闸按钮 BT32”后，3# 出线线断路器分闸，分闸指示灯“OL3”会亮，“合闸指示灯 CL3”会熄灭。

按下 4# 出线断路器的“合闸按钮 BT41”后，4# 出线断路器合闸，4# 出线线电流表显示 4# 出线电流值，“合闸指示灯 CL4”会亮，分闸指示灯“OL4”会熄灭。按下“分闸按钮 BT42”后，4# 出线线断路器分闸，分闸指示灯“OL4”会亮，“合闸指示灯 CL4”会熄灭。

2. 触摸屏与 PLC 控制带电动操作机构的断路器

图 4-23 是触摸屏与 PLC 控制带电动操作机构的断路器示意图，在此图中可以通过触摸屏的控件、PLC 外部接线及内部程序（梯形图）直接看到带电动操作机构的断路器的合闸分闸过程。

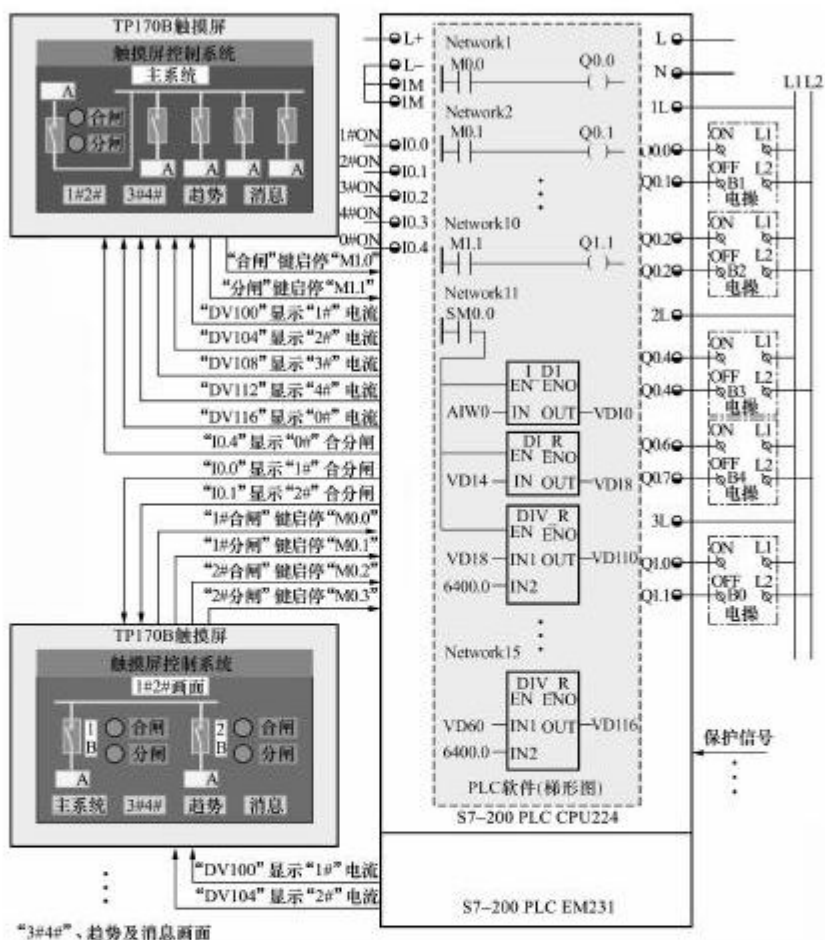


图 4-23 触摸屏与 PLC 控制带电动操作机构的断路器的示意图

控制过程描述：

对断路器的触摸屏控制系统及电动操作机构通电后，进线及各出线的分闸指示灯会闪亮，表示所有的断路器处在分闸（断开位置）状态。

在触摸屏的主系统画面上用手指按下进线断路器的“合闸按钮”后，进线断路器合闸，主系统画面进线输出域显示进线电流值，进线“合闸指示灯”会闪亮，进线分闸指示灯会熄灭。按下“分闸按钮”后，进线断路器分闸，分闸指示灯会闪亮，“合闸指示灯”会熄灭。

在触摸屏的 1#2#画面上用手指按下 1#出线断路器的“合闸按钮”后，1#出线断路器合闸，1#2#画面上 1#出线输出域显示 1#出线电流值，1#出线“合闸指示灯”会闪亮，1#出线分闸指示灯会熄灭。按下 1#出线“分闸按钮”后，1#出线进线断路器分闸，1#出线分闸指示灯会闪亮，1#出线“合闸指示灯”会熄灭。

在触摸屏的 1#2#画面上用手指按下 2#出线断路器的“合闸按钮”后，2#出线断路器合闸，

1# 2# 画面上 2# 出线输出域显示 2# 出线电流值, 2# 出线线“合闸指示灯”会闪亮, 2# 出线线分闸指示灯会熄灭。按下 2# 出线“分闸按钮”后, 2# 出线进线断路器分闸, 2# 出线分闸指示灯会闪亮, 2# 出线“合闸指示灯”会熄灭。

在触摸屏的 3# 4# 画面上用手按下 3# 出线断路器的“合闸按钮”后, 3# 出线断路器合闸, 3# 4# 画面上 3# 出线输出域显示 3# 出线电流值, 3# 出线线“合闸指示灯”会闪亮, 3# 出线线分闸指示灯会熄灭。按下 3# 出线“分闸按钮”后, 3# 出线进线断路器分闸, 3# 出线分闸指示灯会闪亮, 3# 出线“合闸指示灯”会熄灭。

在触摸屏的 3# 4# 画面上用手按下 4# 出线断路器的“合闸按钮”后, 4# 出线断路器合闸, 3# 4# 画面上 4# 出线输出域显示 4# 出线电流值, 4# 出线线“合闸指示灯”会闪亮, 4# 出线线分闸指示灯会熄灭。按下 4# 出线“分闸按钮”后, 4# 出线进线断路器分闸, 4# 出线分闸指示灯会闪亮, 4# 出线“合闸指示灯”会熄灭。

下篇 案例应用篇

5

第五章 案例解说 PLC 的应用

第一节 概 述

本章用案例讲解 PLC 控制的案例应用系统。读者可越过前面的基础篇直接进入本章按部就班地设计、制作、调试“PLC 的控制应用系统”。

本章例举说明使用 PLC 控制“PS 板打孔机”和“水处理系统过滤器”。

“PS 板打孔机 PLC 控制系统”按用户及工艺人员的要求设计，因为该机比较简单，故只讲述离线调试的方法，根据经验，“PS 板打孔机”只要做过离线调试，在线调试基本不存在问题。

“水处理系统中过滤器的 PLC 控制系统”按常见的水处理设备自动功能的配置设计，在此案例中，考虑到以前一些调试过程的反复，故用较多篇幅讲述 PLC 的离线调试、PLC 非完全在线调试、系统联动（PLC 完全在线）调试。

第二节 PS 板打孔机的 PLC 控制系统

PS 板打孔机是印刷行业使用的一种对自动化程度要求较高的机电设备，其用途是对 PS 板进行打孔及折弯成型方面的加工。PS 板打孔机的工序变化是比较多的，用户对 PS 板打孔机提出的各种要求也多，往往不能进行标准化生产。传统的 PS 板打孔机工序控制是使用继电器来完成，工序复杂些的 PS 板打孔机的电控板上能用几十只继电器组成逻辑控制电路，设计接线调试费工，检修周期长，跟不上时代的要求。

近年来，随着 PLC 在工业控制方面的广泛使用，有些工厂开始在 PS 板打孔机使用 PLC 控制。以下介绍一种使用 SIEMENS PLC 控制的较低配置的 PS 板打孔机，以便初学者参照。

一、PS 板打孔机的工艺流程及控制要求

此项一般就是用户、制造商或工艺设计人员所提出的要求。

（一）工艺流程

（1）单打孔工艺：只通过小电机驱动的打孔器对 PS 板打孔。

（2）单折板工艺：定位、压板、折弯、折弯释放、压板释放、顶板、放定位几个工序过程组成。

（3）自动打孔折板工艺：打孔、压板、折弯、折弯释放、压板释放、顶板、放定位几个工序过程组成。

（二）控制要求

用户要求操作简单，便于操作人员操作。

（1）工艺选择：使用一只 3 工位（带停止位共 4 位选择）的选择开关完成单打孔工艺、单折板工艺及自动打孔折板工艺的选择。使用 PLC 控制时，可选用一只 2 工位（带停止位共 3 位选择）的选择开关完成对上述工艺的选择。

（2）打孔启停操作：使用一常开按钮启动打孔，打孔完成时由磁开关自动停止打孔。

（3）折板启停操作：使用一常开按钮启动单折板工艺。

（4）自动打孔折板启停操作：使用一常开按钮启动自动打孔折板工艺，该工艺完成后自动停止。

（三）电源要求

考虑到打孔电机、电磁阀、磁开关及监视设备的电源等因素，本系统分别使用 220V（AC）、12V（DC）、24V（DC）。

二、控制方案的设计

进行方案设计时，要对 PS 打孔机的功能、工艺过程、结构特点及用户要求进行仔细分析，充分考虑到用户的各种要求，整个系统的设计原则是“以最少的元件、最简单的方式实现最多的功能”。

（一）PS 板打孔机基本控制功能的要求

（1）所有工艺及工序方面的操作均通过操作面板完成，送电操作通过电气控制箱内的配电开关完成。

（2）通过 PC 或手持编程器可设定修改 PLC 内部的控制参数。

（3）所有控制均为自动控制。

（二）PLC 控制方案

本案例所采用下列 PLC 程序控制的方案，见“西门子 S7-200 可编程控制器控制的 PS 打孔机示意图”。

1. 操作控制方案

（1）工艺选择：使用一只 2 工位（带停止位共 3 位选择）的选择开关完成对单打孔工艺、单折板工艺及自动打孔折板工艺的选择。

（2）启停操作：打孔启动操作、折板启动操作及自动打孔折板启动操作共用一个常开按钮启动完成，便于操作简单，同时减少 PLC 的输入点数。

（3）所有工艺完成后均自动停止。

2. PLC 配置

根据 PS 打孔机的功能要求，选择 SIEMENS（德国西门子）S7-200 系列 PLC（见图 5-1），并且只使用一台主机 CPU 222CN，8 点 24V（DC）拨关量输入，6 点继电器方式输出。其中，PLC 电源使用 220V（AC）交流，PLC 输入使用 PLC 自带的 24V（DC）电源。

3. 电源配置

PLC 供电电源、风泵启动控制回路使用 220V（AC）电源，PLC 输出驱动电源使用 24V（DC）（直流电源），监视摄像头使用 12V（DC）（直流电源）。

三、硬件电路设计及 PLC 选型

（一）配电系统电路

PS 伴打孔机用到了 220V（AC）、12V（DC）及 24V（DC）几种电源电压，根据其配电特

点，做如下配电系统（见图 5-2）。

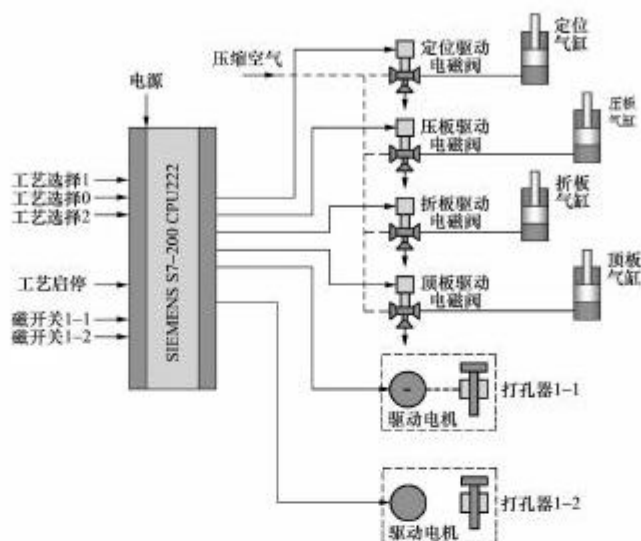


图 5-1 PS 板打孔机示意图

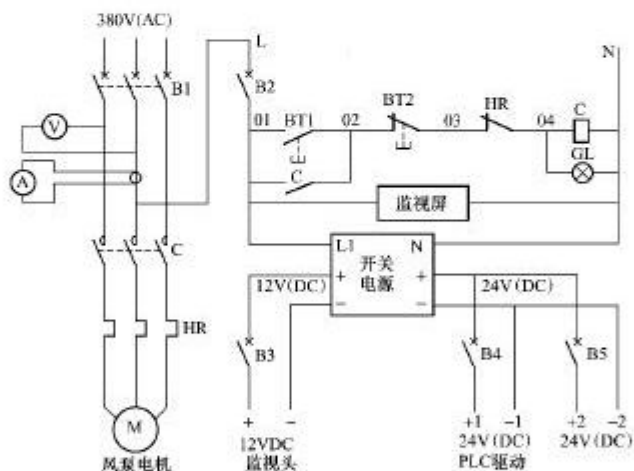


图 5-2 PS 板打孔机电气配电系统示意图

电气系统中元件配置：

B1——三相空气开关。

C——交流接触器，与风泵电机配套。

HR——热继电器，与风泵电机配套。

B2、B3、B4、B5——单相空气开关。

BT1——风泵停止工作按钮（配常闭触点）。

BT2——风泵启动工作按钮（配常开触点）。

GL——风泵运行指示灯（本案例中作为可选件）。

开关电源——选用 220V (AC) 输入, 12V (DC) 和 24V (DC) 双输出, 稳定、质量好的开关电源。

监视屏和监视头根据工艺需要一般由工艺人员配置。

V——电压表 (本案例中作为可选项)。

A——电流表 (本案例中作为可选项)。

本配电系统图已将控制回路号标出, 制作时最好将所有的回路均接上端子排, 便于调试。

(二) PLC 选型及其外围电路

本案例中的指示灯、小保险为可选元件。

PLC 选用德国西门子的 S7-200 系列, 只用一主机 (CPU 模块) 即可, 主机型号为: CPU222, I/O 点为 8 入 6 出 (见图 5-3)。

PLC 的输入端使用 PLC 自带的 “24V (DC)” 电源供电。

PLC 的输出端使用多路输出的 “开关电源” 的 “24V (DC)” 电源供电。

PLC 本身的电源使用 “220V (AC)” 交流。

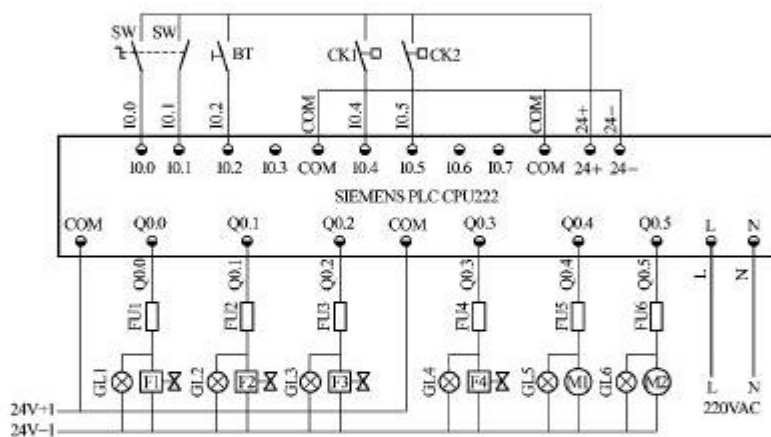


图 5-3 PS 板打孔机 PLC 自动控制系统示意图

PS 板打孔机 PLC 控制系统的元件配置:

SW——3 位 (2 工位 + 1 停止位) 选择开关。

BT——常开触点按钮。

CK1——打孔器 1 磁感应开关。

CK2——打孔器 2 磁感应开关。

FU1——PLC 驱动定位电磁阀小保险, 2A (本案例中作为可选项)。

FU2——PLC 驱动压板电磁阀小保险, 2A (本案例中作为可选项)。

FU3——PLC 驱动折板电磁阀小保险, 2A (本案例中作为可选项)。

FU4——PLC 驱动顶板电磁阀小保险, 2A (本案例中作为可选项)。

FU5——PLC 驱动打孔电机 1 小保险, 2A (本案例中作为可选项)。

FU6——PLC 驱动打孔电机 2 小保险, 2A (本案例中作为可选项)。

F1——定位驱动电磁阀。

F2——压板驱动电磁阀。

F3——折板驱动电磁阀。

- F4——顶板驱动电磁阀。
- M1——打孔驱动电机1。
- M2——打孔驱动电机2。
- GL1——定位驱动指示灯（本案例中作为可选件）。
- GL2——压板驱动指示灯（本案例中作为可选件）。
- GL3——折板驱动指示灯（本案例中作为可选件）。
- GL4——顶板驱动指示灯（本案例中作为可选件）。
- GL5——打孔驱动1指示灯（本案例中作为可选件）。
- GL6——打孔驱动2指示灯（本案例中作为可选件）。

（三）控制箱结构平面布置

进行平面布置通常要遵循相关的电气规范。应注意在不同的元件之间按相关的规范留出空间（见图5-4）。以下经验值仅供参考：

- （1）PLC与线槽之间距离：30~50mm。
- （2）开关电源与线槽之间距离：30~50mm。
- （3）端子排与线槽之间距离：30~50mm。
- （4）小保险与线槽之间距离：30~50mm。
- （5）空气开关如被线槽包围着，其与线槽之间：30~50mm。
- （6）开关电源与空气开关、接触器、热继电器之间距离：80~100mm。
- （7）PLC与空气开关、接触器、热继电器之间距离：一般为100mm以上。

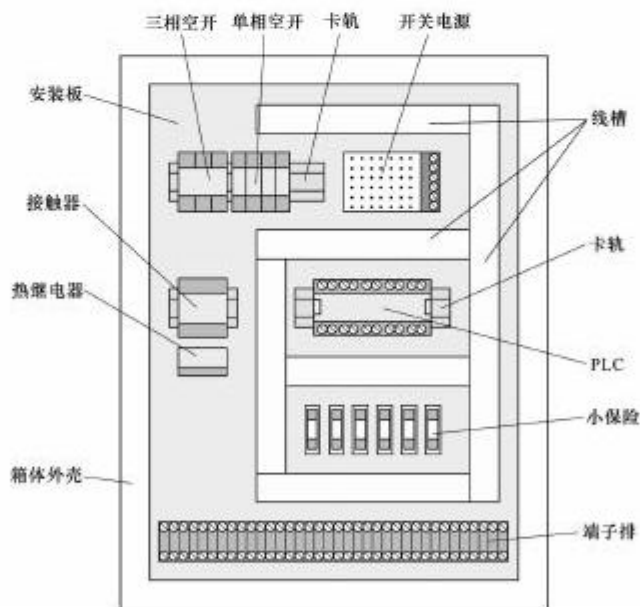


图 5-4 PS 板打孔机电控箱平面布置示意图

（四）操作控制面板布置图

以下提供一种 PS 打孔机的操作面板布置方式，仅作参考（见图 5-5）。

该操作面板是与电控箱分开设的，装在机台上面向操作员便于操作。该操作面板上如无

可选元件（电压表、电流表、指示灯），则可根据实际情况进行设计，能完成相关的操作即可。

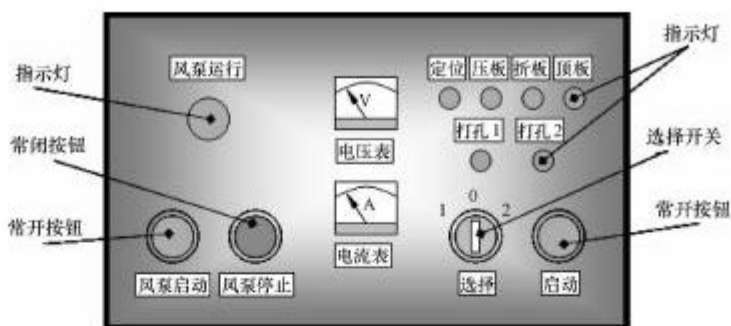


图 5-5 PS 板打孔机操作面板平面布置示意图

四、PLC 接线端口功能设置及软件（梯形图）设计

（一）操作元件及输入端口功能设置

- (1) 选择开关“SW”投到“1”位为单打孔工艺，PLC 输入对应“ $I0.0$ ”。
- (2) 选择开关“SW”投到“1”位为单折板工艺，PLC 输入对应“ $I0.1$ ”。
- (3) 选择开关“SW”投到“0”位为自动打孔折板工艺，PLC 输入对应“ $I0.0$ （取反）+ $I0.1$ （取反）”。
- (4) 按钮“BT”作为上述三种工艺的启动按钮，PLC 输入对应“ $I0.2$ ”。
- (5) 磁开关“CK1”用作打孔电机“M1”的停止信号，PLC 输入对应“ $I0.4$ ”。
- (6) 磁开关“CK2”用作打孔电机“M2”的停止信号，PLC 输入对应“ $I0.5$ ”。

（二）驱动元件及输出端口功能设置

- (1) PLC 输出“ $Q0.0$ ”用来驱动“定位”电磁阀“F1”。
- (2) PLC 输出“ $Q0.1$ ”用来驱动“压板”电磁阀“F2”。
- (3) PLC 输出“ $Q0.2$ ”用来驱动“折板”电磁阀“F3”。
- (4) PLC 输出“ $Q0.3$ ”用来驱动“顶板”电磁阀“F4”。
- (5) PLC 输出“ $Q0.4$ ”用来驱动“打孔”电机“M1”。
- (6) PLC 输出“ $Q0.5$ ”用来驱动“打孔”电机“M2”。

（三）软件（梯形图）设计

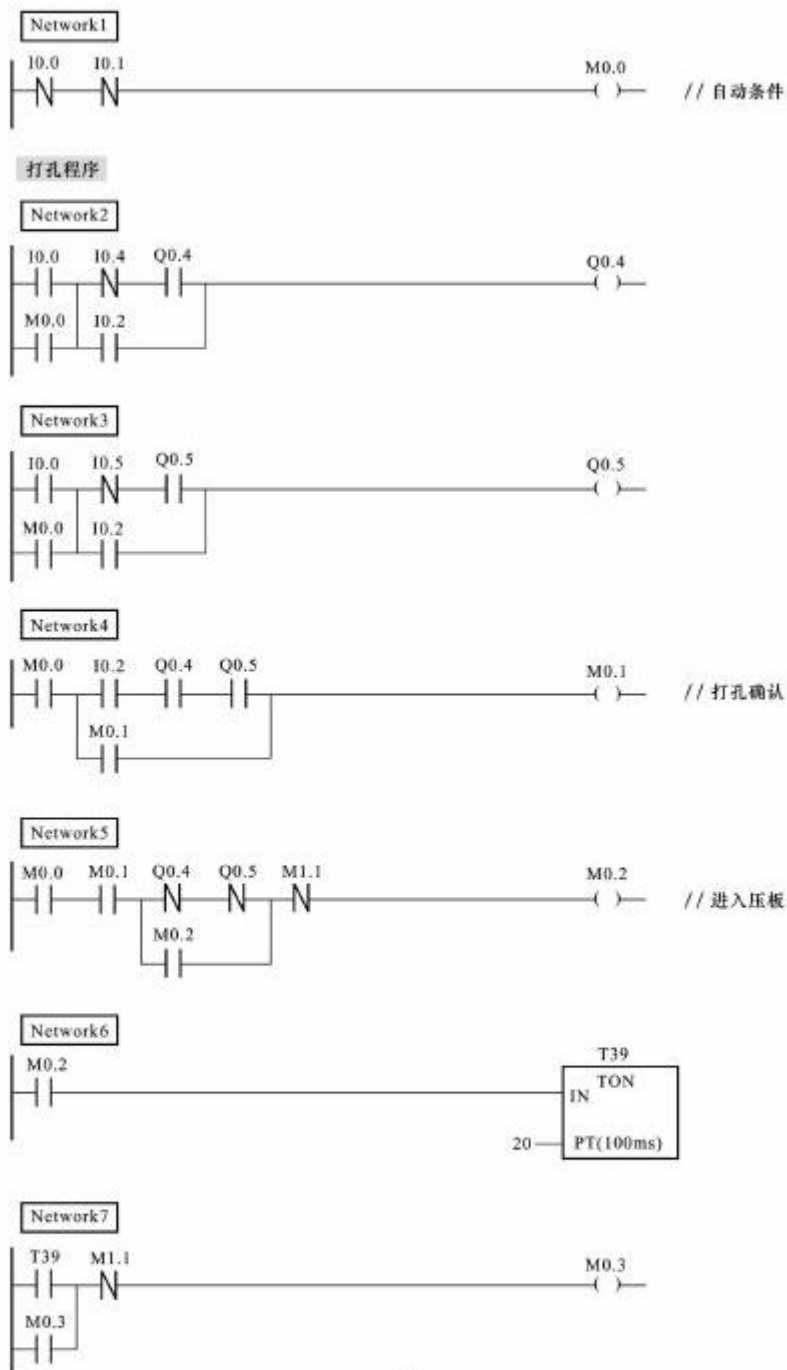
本案例按照 PLC 硬件配置（SIEMENS 公司的 S7-200 系列 CPU222 主机），使用 PLC 的一些常用基本指令编辑一套较为简单的 PLC 程序，仅供参考（见图 5-6）。

本案例程序较为简单地考虑了感应磁开关“CK”在不同位置的情况，如出现打孔电机未能使磁开关完全断开，只需将按钮的操作时间稍加延长（0.2~0.5s）。

该程序基本上可直接在实际中使用，也可根据实际情况自行修改。

五、制作要求

案例中的控制系统较为简单，一般可自行制作，最好、最简单的制作方法就是规范化制作，这样不仅能保证整个控制系统的质量，也不会出意外事故。制作电控系统或装置前多查询一下有关电气设备制造方面的规范，做到心中有数，不可存有侥幸心理，每个环节都要认真对待。

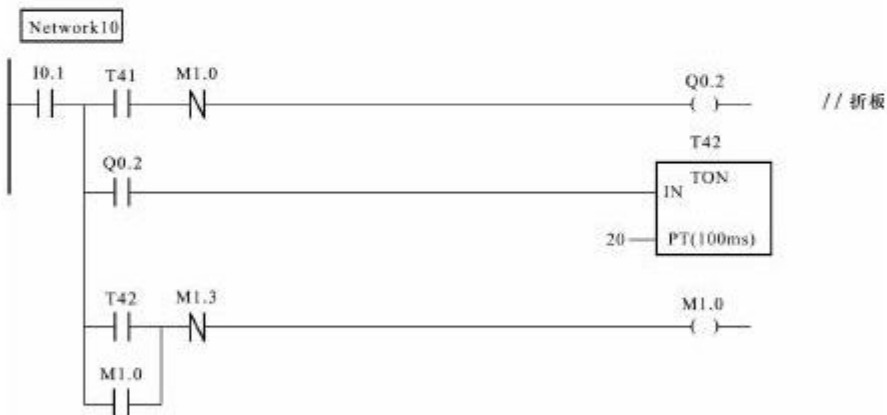


(a)

定位→折板程序



打孔→折板程序



(b)

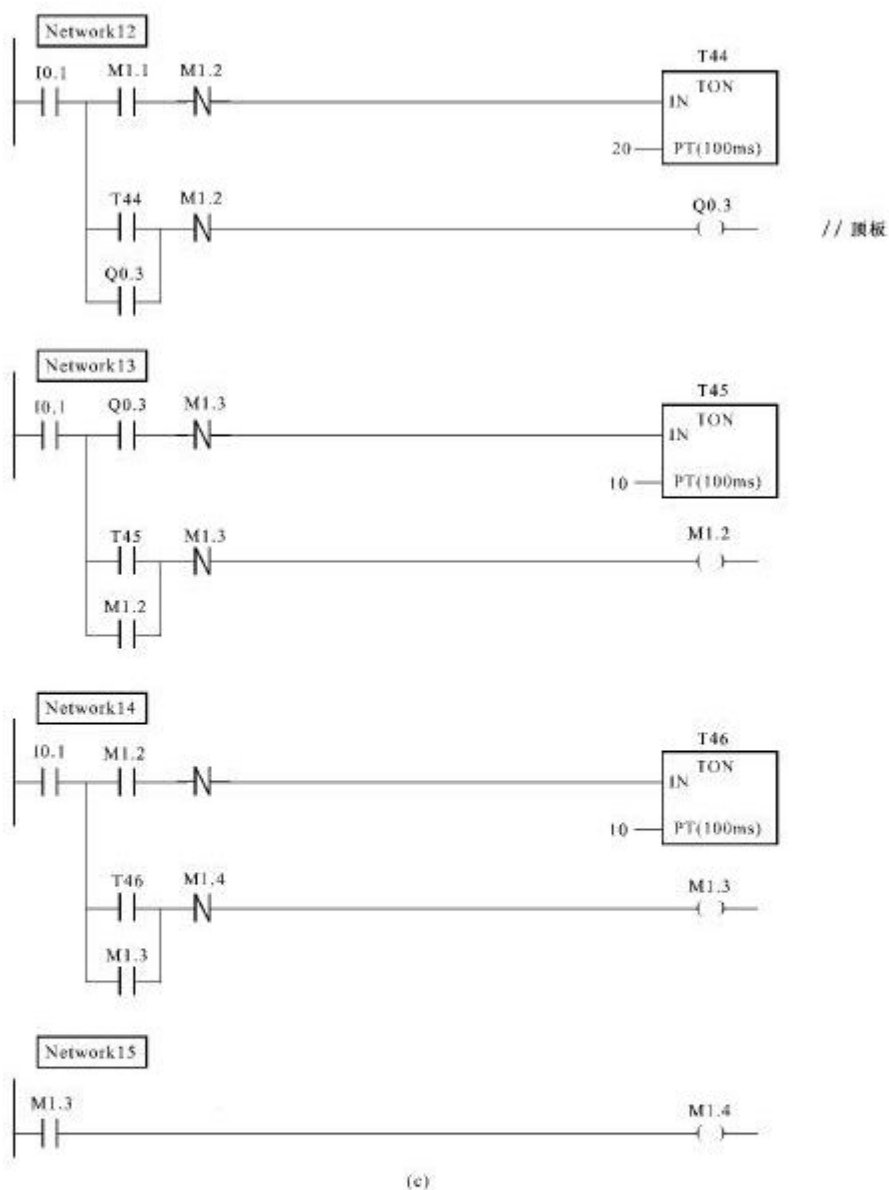


图 5-6 PS 板打孔机的控制程序

(一) 选材

- (1) 控制回路所使用的电线应选用专用控制线，不要用民用照明线代替。
- (2) 电控箱应选用有国家有关认证（如 3C 认证，9000 认证等）。
- (3) 像 PLC、接触器、热继电器等这类元件要选用合格的优质产品。

(二) 元件固定

制作中的第一步就是开孔、固定元件，这一步看似简单，但会影响到后面的布线等工作。不

会出错的方法是按规范做。

(1) 基本要求：本案例中的所有非操作元件（PLC、电源、空气开关及小保险等）均要固定在电控箱内的安装板上，操作元件则固定在操作面板上。

(2) 元件摆放位置：有电气基础的初学者可参照案例中的布置图摆设，也可根据相关的电气规范及实际情况自行摆放制作。

(三) 接线

电气接线中的控制系统接线往往让一些初学者感到头疼，这是有技巧的。

首先，看图接线最简单、最快。其次，把控制系统的功能问题交与设计绘图及软件编辑，不要在接线过程中考虑，这样既便于查找错误（在图纸上或软件中就能发现错误）又提高了工作效率。

现在的电气原理图多半是采用一个回路一个线号的办法，只要将同一线号的线都接通并引到相关的元件接线柱上就行了，当然，实际制作时还要考虑线的走向，是否规范、是否美观等问题。

对于复杂的电气系统，最好绘制接线图，这样会更方便电气系统的接线制作。以下简述接线过程中应注意的事项：

(1) 所有标识要齐全，便于查线、调试及维护等工作。

(2) 线号标示要统一。使用同一种线码，读的方向指向同一个方向（一般是指向线耳方向）。

(3) 控制线最好是不同电源及电压等级的，使用不同的颜色（规范中有相关规定），以便区别。

六、调试

(一) 调试类型

1. 只对电气硬件部分进行检查和调试

(1) 通过目测、万用表测量等方式确定电气接线准确无误。

(2) 局部通电：按照被驱动元件设备（如电磁阀、打孔电机）的工作电源类型及电压等级，在保证不影响其他元件设备的前提下，用短接线的方法将相应的电源及电压（与被驱动元件相同的电源及电压）引到被驱动元件前，并用带电的短接线点击被驱动元件的接线柱，检查被驱动元件的动作情况是否正常。

2. 机械部分调试

此工作一般由工艺人员或机械工程师等进行。确定所有被控部件（气阀、气缸、机械传动件等）动作均正常，无卡住等异常现象。

3. 软件调试

先单独对 PLC 的用户程序进行调试。在 PLC 未接入控制系统的情况下按其电源要求、输入端的电压要求进行通电，用短接线的方法模拟操作规程人员的操作，检查软件（用户程序）是否正确——是否完全能按照工艺及工序的要求进行工作，同时还应进行可能的误操作调试。这一步做得好会使整机调试变得简单。

4. 整机调试

在上述电气、机械及软件调试完成后，将所有的设备接线等恢复到正常的工作位（不再使用不当短接线等，操作就用操作元件——按钮、选择开关等），再次确定接线及制作安装准确无误后，开始对整机通电，按 PS 打孔机整机的工艺及工序要求进行调试。根据经验，整机调试时，一般需对一些工序的延时进行调整。

(二) 调试及模拟方法

初学者如看到上述的调试还不能动手，不仿看看下列具体的 PLC 的离线调试步骤（见

图 5-7)。PLC 离线调节步骤：

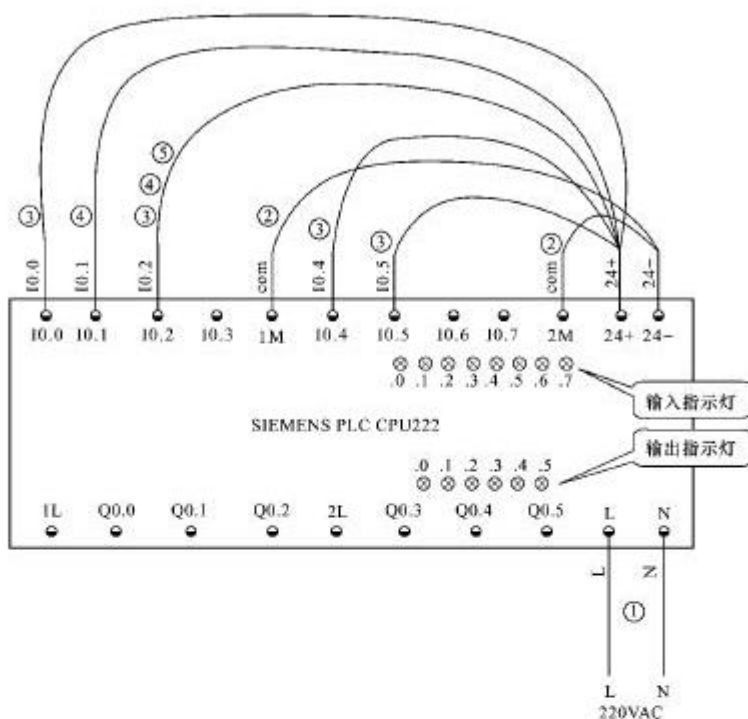


图 5-7 PLC 离线调试步骤示意图

(1) 按 PLC 的要求准备好 PLC 的供电电源。

(2) 将 PLC 自带 24V (DC) 电源的负极 (24-) 分别接到 PLC 的“1M”和“2M”端子。

(3) 试验“单打孔”程序：

①将 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 (24+) 接到 PLC 的“10.0”端子，再用 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 (24+) 点击“10.2”端子（模仿常开按钮）。注意观察“10.0”输入指示灯长亮、“10.2”输入指示灯点击时亮，“Q0.4”、“Q0.5”输出指示灯亮。

②用 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 (24+) 点击“10.4”、“10.5”端子（模仿磁开关）。注意观察“Q0.4”、“Q0.5”输出指示灯灭。

③试验“单折板”程序：将 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 (24+) 接到 PLC 的“10.1”端子，再用 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 (24+) 点击“10.2”端子（模仿常开按钮）。注意观察“10.1”输入指示灯长亮、“10.2”输入指示灯点击时亮，“Q0.0”定位指示灯最先亮并保持→“Q0.1”压板指示灯第二亮并保持→“Q0.2”折板指示灯第三亮，并保持 2 秒左右后最先灭→“Q0.1”压板指示灯第二灭→“Q0.3”顶板指示灯第四亮，并保持 1s 左右后第三灭→“Q0.1”压板指示灯灭。

(4) 试验“自动打孔折板”程序：

①PLC 的“10.0”、“10.1”端子不接电，用 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 (24+) 点击“10.2”端子（模仿常开按钮）。注意观察“10.0”、“10.1”输入指示灯均不亮，“10.2”输入指示灯点击时亮，“Q0.4”、“Q0.5”输出指示灯亮。

②用 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 (24+) 点击“10.4”、“10.5”端子（模仿磁开关）。

注意观察“Q0.4”、“Q0.5”输出指示灯灭。继续观察“Q0.1”压板指示灯最先亮并保持→“Q0.2”折板指示灯第二亮，并保持 2s 左右后最先灭→“Q0.1”压板指示灯第二灭→“Q0.3”顶板指示灯第三亮，并保持 1s 左右后第二灭→“Q0.1”压板指示灯灭。

七、案例后记

PS 板打孔机的配置有很多种，本书中的案例主要是为初学者提供参照，未使用 PS 板打孔机的最大配置，所以本案例算是最简单的 PS 板打孔机。关于复杂配置的 PS 板打孔机案例以后将根据读者需要而定。

关于 PS 板打孔机最大配置简述：配有多于 2 或 3 对的打孔电机（4~7 只小电机），分别打不同形式的 PS 板，并自动联动折板工艺，有的还需将风泵进行联动。工艺难度大的则需配置人机界面（一般用触摸屏）。如有机会将在以后再深入地进行讲解。

第三节 水处理系统中的过滤器的 PLC 控制系统

很多生产过程中都需要用水，天然水、地下水等如不进行处理直接使用，则会在生产设备中形成水垢、生物污泥等影响生产的正常进行，所以，对生产系统中的水进行水处理十分必要。水处理系统由多种设备（系统）组成，以多种方式对生产用水进行处理，而过滤器是其中之一，广泛地用于各种水处理系统中，过滤器的主要作用是滤除原水带来的细小颗粒、悬浮物、胶体有机物等杂质。以下根据水处理系统中过滤器的一些常用功能设计一个使用 PLC 进行自动控制的系统，仅供参考。

本例抛开了水处理系统的其他设备，只对其中的过滤器的 PLC 控制系统进行讲解。

一、水处理中的过滤（器）系统的设备配置

按图 5-8 中的设备编号描述如下：

- 00——冲洗水泵出水气动阀。
- 01——进水气动阀。
- 02——产出水气动阀。
- 03——正冲洗进水气动阀。
- 04——反冲洗进水气动阀。
- 05——反冲洗排水气动阀。
- 06——正冲洗排水气动阀。
- 07——冲洗水箱进水气动阀。
- 10——总进水手动阀。
- 11——进水手动隔离阀。
- 12——出水手动隔离阀。
- 13——排空气手动阀。
- 14——浮球式自动排空阀。
- 15——排水手动隔离阀。
- 21——冲洗水箱液位控制器（开关）。
- 22——过滤水箱液位控制器（开关）。
- 23——过滤器压力开关。

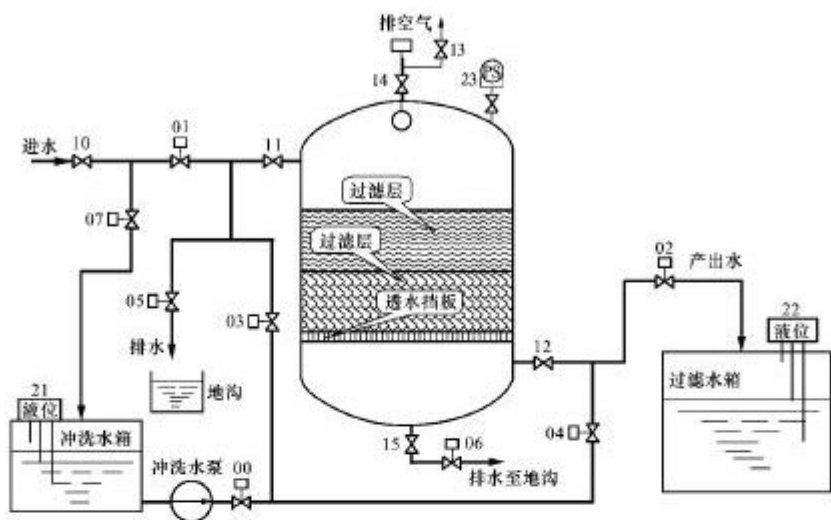


图 5-8 水处理系统中的过滤器(系统)

二、电气系统

电气系统中的元件配置(见图 5-9)。

B1——三相空气开关。

C——交流接触器,与冲洗水泵的电机配套。

HR——热继电器,与冲洗水泵的电机配套。

B2——单相空气开关。

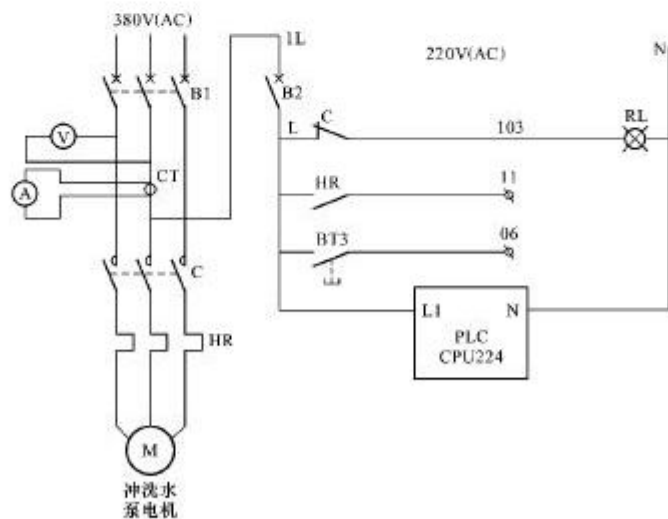


图 5-9 水过滤器(系统)的电气控制系统

BT3——强制排水的工作按钮（配常开触点），制作时引到“06”端子排。

RL——冲洗水泵停止（待运行）状态指示灯。

V——电压表（本案例中作为可选项）。

A——电流表（本案例中作为可选项）。

注意：本电气控制系统图中的“HR”一常开触点引到“06”端子排是为了与 PLC 共用一套报警蜂鸣器和指示灯，制作时一定要按图制作（PLC 的电源“L”引到 PLC 的“1L”和“2L”，不可将 PLC 的电源“N”引到 PLC 的“1L”和“2L”），否则会引起短路事故。

三、PLC 配置

根据水处理系统中过滤器（系统）的一些功能要求，选择 SIEMENS PLC，并做如下配置：只使用一台 SIEMENS 的 S7-200 系列主机 CPU 214CN，14 点 24V（DC）开关量输入，10 点继电器方式输出（见图 5-10）。

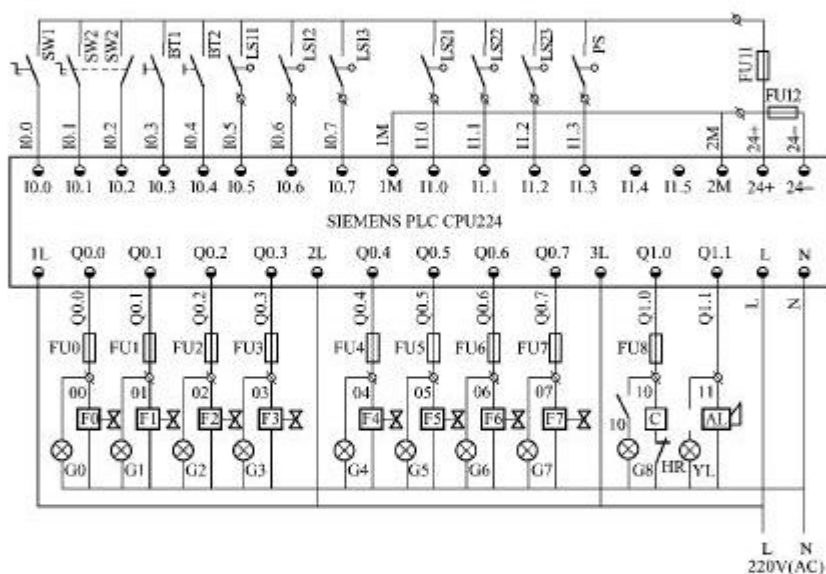


图 5-10 水处理系统过滤器（系统）的 PLC 控制

其中，PLC 电源及输出使用 220V（AC）电源，PLC 输入使用 PLC 自带的 24V（DC）电源。

本例中的指示灯、小保险为可选元件。因为本案例是从整个水处理系统中取出的一部分，在上述配置中的“LS21”和“LS21”在过滤器的程序中未做处理。

PLC 控制系统的设备配置，PLC 输入：

SW1——2 位（1 工位，1 停位）选择开关，工位为冲洗，对应 PLC 端口“IO.0”；停位为过滤（正常的运行）。

SW2——3 位（2 工位，1 停位）选择开关，“1”工位为反冲洗，对应 PLC 端口“IO.1”；“2”工位为正冲洗，对应 PLC 端口“IO.2”；“停”位为自动冲洗（即先反冲洗后正冲洗）。

BT1——启动按钮，对应 PLC 端口“IO.3”。

BT2——停止按钮，对应 PLC 端口“IO.4”。

BT3——强制排放过滤水按钮，对应“06”电气接线端子。

LK11——冲洗水箱“低”水位，对应PLC端口“I0.5”，此触点不闭合，表示冲洗水箱没有水。因此，冲洗水泵不能启动，冲洗水泵出口阀不能打开，需先补充冲洗水箱的水。此触点如闭合，表示冲洗水箱有水。冲洗水泵可以启动，冲洗水泵出口阀可以打开。

LK12——冲洗水箱“中”水位，对应PLC端口“I0.6”，此触点不闭合，而“I0.5”触点闭合，表示冲洗水箱水不够，冲洗水泵可以启动，冲洗水泵出口阀可以打开，但需先补充冲洗水箱的水。

LK13——冲洗水箱“高”水位，对应PLC端口“I0.7”，此触点如闭合，表示冲洗水箱满水，可以对冲洗水箱停止补水。

LK21——过滤水箱“低”水位，对应PLC端口“I1.0”，此触点如断开，表示过滤水箱没水，可以立即开始过滤器的“过滤运行”。

LK22——过滤水箱“中”水位，对应PLC端口“I1.1”，此触点如断开，表示过滤水箱少水，可以开始对过滤器的“过滤运行”。

LK23——过滤水箱“高”水位，对应PLC端口“I1.2”，此触点如闭合，表示过滤水箱满水，暂时停止过滤器的“过滤运行”。

PLC输出：

G0——冲洗水泵出口阀指示灯，对应PLC端口“Q0.0”。

G1——过滤器进水阀指示灯，对应PLC端口“Q0.1”。

G2——过滤器出水阀指示灯，对应PLC端口“Q0.2”。

G3——过滤器正冲进水阀指示灯，对应PLC端口“Q0.3”。

G4——过滤器反冲进水阀指示灯，对应PLC端口“Q0.4”。

G5——过滤器反冲排水阀指示灯，对应PLC端口“Q0.5”。

G6——过滤器正冲排水阀指示灯，对应PLC端口“Q0.6”。

G7——冲洗水箱补（进）水阀指示灯，对应PLC端口“Q0.7”。

G8——冲洗水泵启动运行指示灯，对应PLC端口“Q1.0”。

F0——冲洗水泵出口驱动电磁阀，用来驱动冲洗水泵出口气动阀，对应PLC端口“Q0.0”。

F1——过滤器进水驱动电磁阀，用来驱动冲洗水泵出口气动阀，对应PLC端口“Q0.1”。

F2——过滤器产出水驱动电磁阀，用来驱动冲洗水泵出口气动阀，对应PLC端口“Q0.2”。

F3——过滤器正冲进水驱动电磁阀，用来驱动冲洗水泵出口气动阀，对应PLC端口“Q0.3”。

F4——过滤器反冲进水驱动电磁阀，用来驱动冲洗水泵出口气动阀，对应PLC端口“Q0.4”。

F5——过滤器反冲排水驱动电磁阀，用来驱动冲洗水泵出口气动阀，对应PLC端口“Q0.5”。

F6——过滤器正冲排水驱动电磁阀，用来驱动冲洗水泵出口气动阀，对应PLC端口“Q0.6”。

F7——冲洗水箱补（进）水驱动电磁阀，用来驱动冲洗水泵出口气动阀，对应PLC端口“Q0.7”。

YL——报警指示灯，对应PLC端口“Q1.1”。

AL——报警蜂鸣器，对应PLC端口“Q1.1”。

- C——冲洗水泵接触器，对应 PLC 端口“Q1.0”。
- FU0——PLC 驱动冲洗水泵出口电磁阀小保险（可选件）。
- FU1——PLC 驱动过滤器进水电磁阀小保险（可选件）。
- FU2——PLC 驱动过滤器产出水电磁阀小保险（可选件）。
- FU3——PLC 驱动过滤器正冲进水电磁阀小保险（可选件）。
- FU4——PLC 驱动过滤器反冲进水电磁阀小保险（可选件）。
- FU5——PLC 驱动过滤器反冲排水电磁阀小保险（可选件）。
- FU6——PLC 驱动过滤器正冲排水电磁阀小保险（可选件）。
- FU7——PLC 驱动冲洗水箱补（进）水电磁阀小保险（可选件）。
- FU8——PLC 驱动冲洗水泵接触器小保险（可选件）。
- FU11——PLC 自带直流电源 24V（+）小保险（本案例作为必选项）。
- FU12——PLC 自带直流电源 24V（-）小保险（本案例作为必选项）。

四、控制功能描述

(1) “SW1”选择开关：“停位”为正常的过滤运行，投入“工位”为进入冲洗状态；其中“自动冲洗”工艺完成后会自动进入“正常的过滤运行”，但还需将“SW1”选择开关复位。

(2) “SW2”选择开关。

①投入“1”工位进入人工反冲洗状态，按下“BT1”按钮启动反冲洗工艺，按下“BT2”按钮停止反冲洗工艺；

②投入“2”工位进入人工正冲洗状态，按下“BT1”按钮启动正冲洗工艺，按下“BT2”按钮停止正冲洗工艺；

③“停”位为自动冲洗，即先反冲洗 30min 后再正冲洗 30min（正反冲洗时间可根据现场的实际情况定）。按下“BT1”按钮启动冲洗工艺，按下“BT2”按钮也可停止冲洗工艺，整个冲洗工艺完成后自动进入“过滤运行”状态，但报警装置会闪动提示，将“SW1”投到“过滤运行”位即可。

(3) “BT1”常开按钮为所有可选择工艺的启动按钮。“BT2”常开按钮为所有可选择工艺的停止按钮。

(4) “BT3”为强制排放过滤水按钮，在过滤器投入“过滤运行”的过程中，按下“BT3”可对过滤器进行人工控制的排水。

(5) 冲洗水箱液位控制器。

①LK11，常开触点，冲洗水箱达到低水位时闭合。

②LK12，常开触点，冲洗水箱达到中水位时闭合，此常开触点闭合则冲洗水泵才能运行，同时打开。

③LK13，常开触点，冲洗水箱达到高水位时闭合。

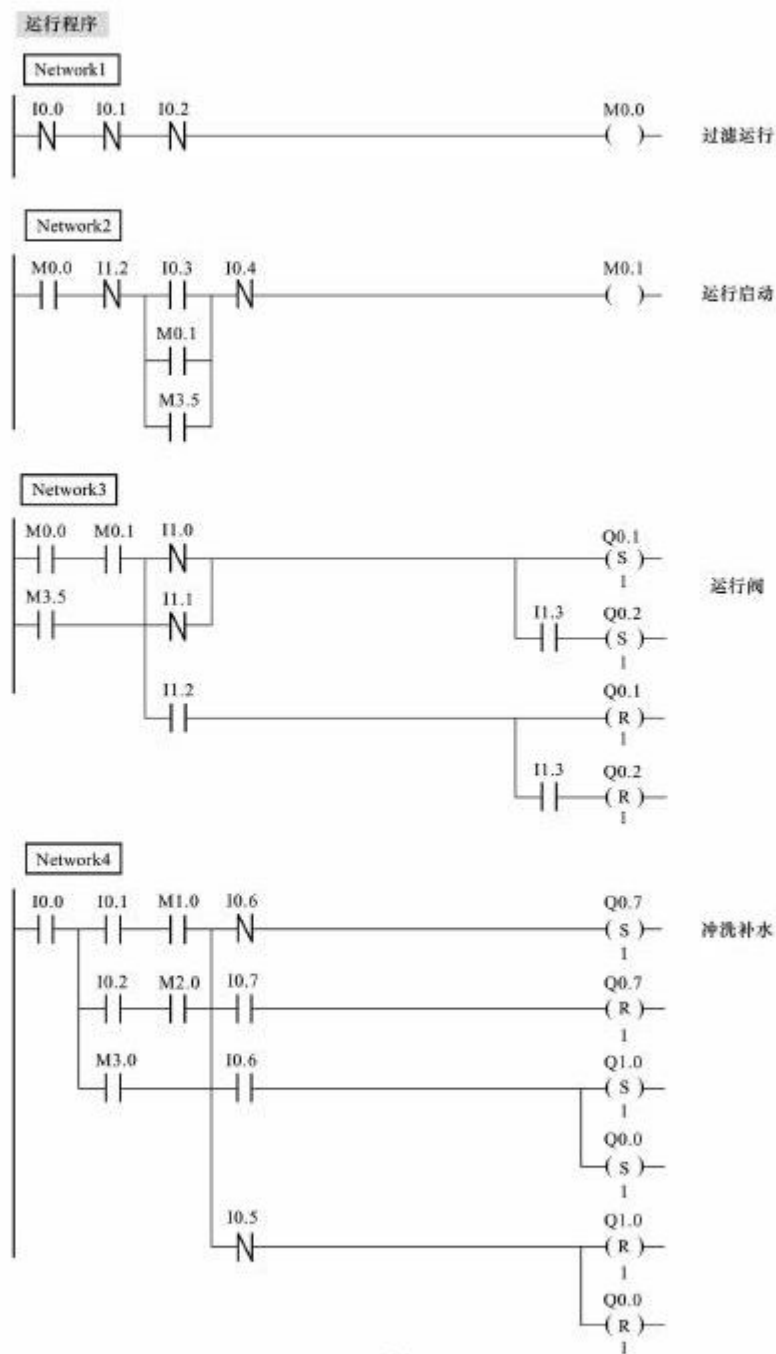
(6) 过滤水箱液位控制器。

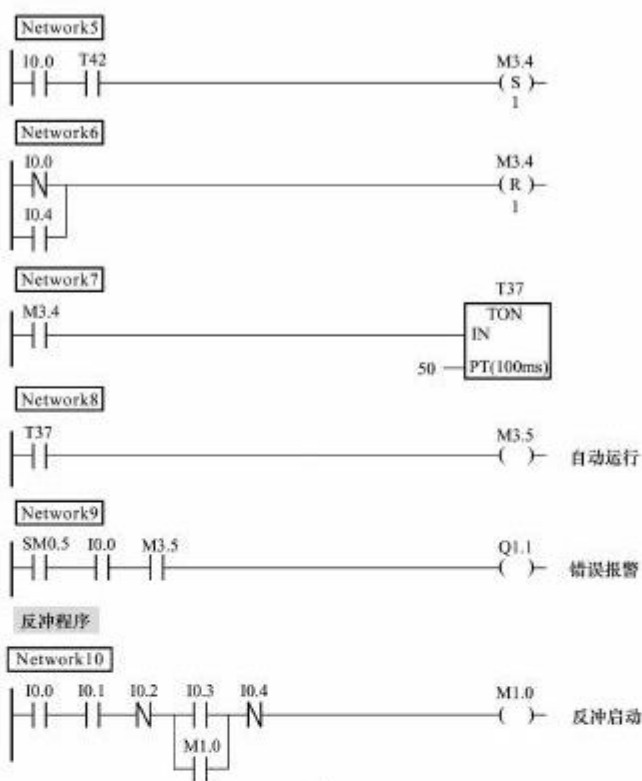
①LK21，常开触点，过滤水箱达到低水位时闭合，此常开触点如断开则自动启动过滤运行（此触点与供应过滤水系统还有关系）。

②LK22，常开触点，过滤水箱达到中水位时闭合，此常开触点如断开则自动启动过滤运行（此触点与供应过滤水系统还有关系）。

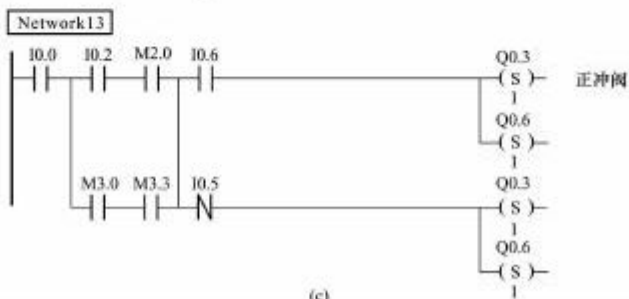
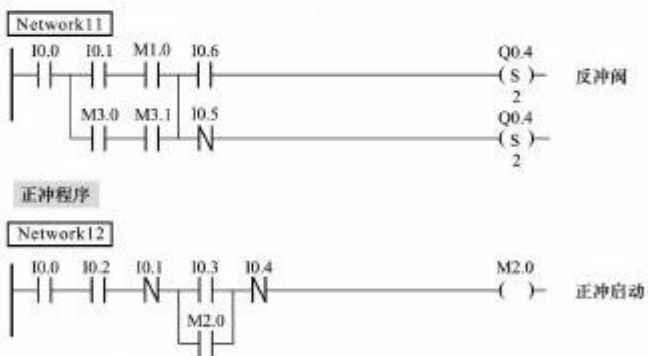
③LK23，常开触点，过滤水箱达到高水位时闭合，此常开触点如闭合则自动停止过滤运行。

五、PLC 应用程序（用户程序）清单（见图 5-11）

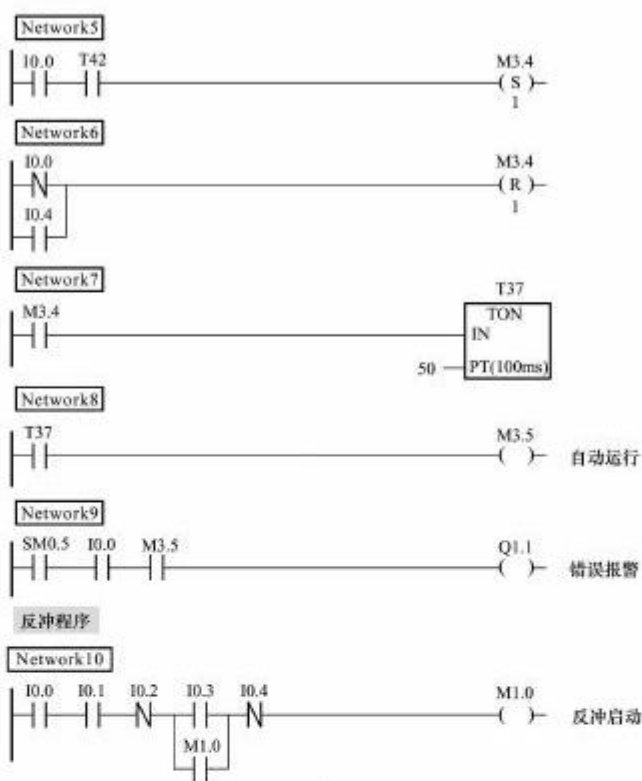




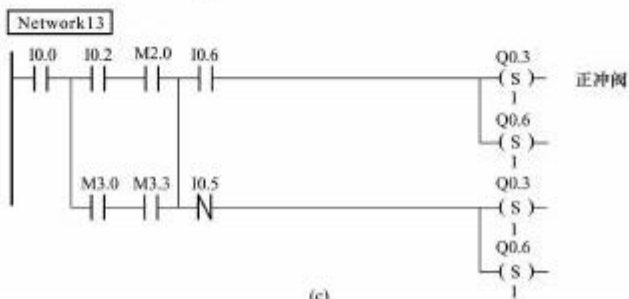
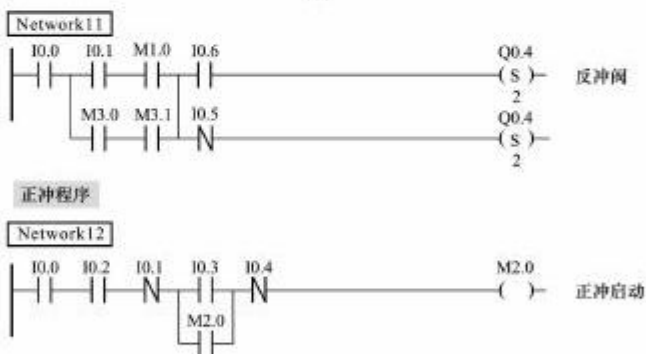
(b)



(c)



(b)



(c)

六、电控箱的平面布置

(一) 电控箱的内部平面布置方法 (见图 5-12)

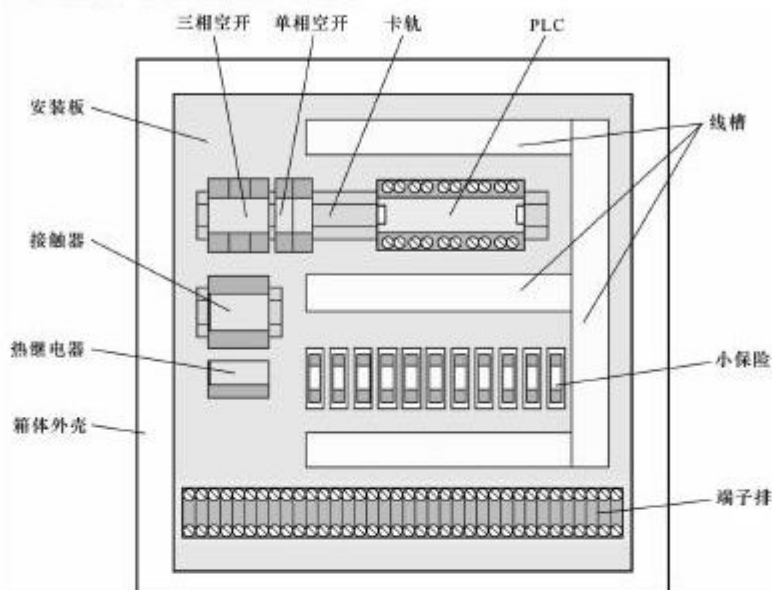


图 5-12 电控箱内部的平面布置

说明: 本电控箱平面布置未将驱动电磁阀放在内, 具体制作时可根据实际情况定。如将电磁阀放在电控箱内, 则需考虑气管的布置及相关的防水 (主要是防止因气管泄漏中的压缩空气中所带的水喷到电气设备上), 同时电控箱也要增大。如将电磁阀放在电控箱内, 最好将电控箱分成几个相互隔离的仓。

(二) 电控箱的操作面板 (门) 的平面布置方法 (见图 5-13)

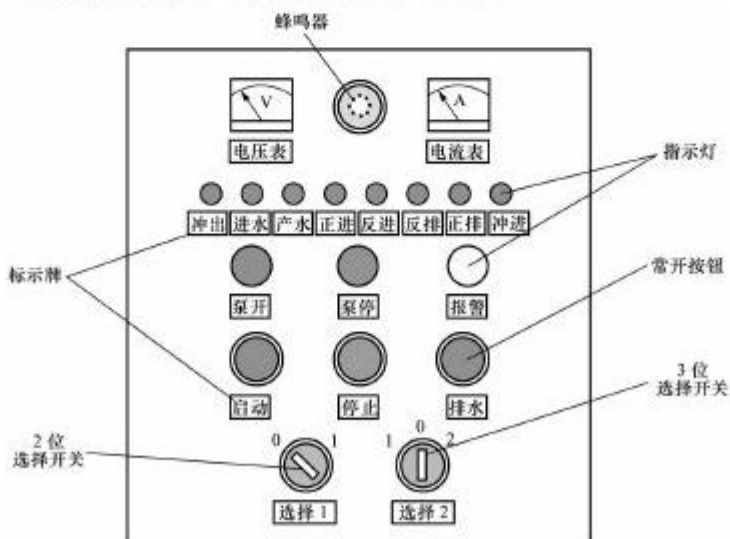


图 5-13 电控箱内部的平面布置

七、PLC控制系统的离线调试

本案例中的 PLC 的离线调试是指对未接入电气控制系统的 PLC 进行的调试，其目的主要是初步调试 PLC 的用户程序，看是否能满足过滤器（系统）的控制要求。此项工作可与电控箱的制作同时进行，互不影响，最突出的是离线调试时即便是用户程序有问题，也不会损坏被驱动的设备，如图 5-14 所示。

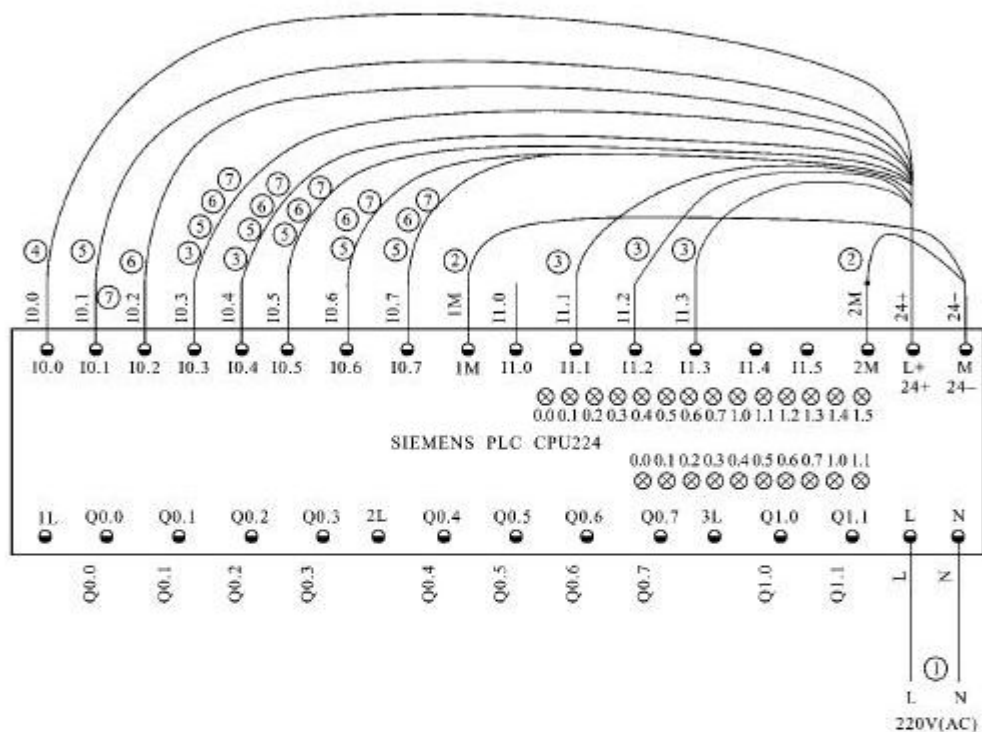


图 5-14 PLC 的离线调试示意

离线调试步骤：按图 5-14 的标注顺序进行。

①按 PLC 的要求准备好 PLC 的供电电源 [本案例为 220V (AC)]，注意观察，通电后 PLC 通电灯亮。

②将 PLC 自带 24V (DC) 电源的负极 M (24-) 分别接到 PLC 的“1M”和“2M”端子。

③试验“过滤运行”程序：

用 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 L+ (24+) 点击 PLC 的“10.3”端子（模仿常开按钮），注意观察，“10.3”输入指示灯点击时亮，“Q0.1”输出指示灯长亮，这表示过滤器进水阀打开了。

用 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 (24+) 接到“11.3”端子（模仿压力开关），注意观察，“11.3”输入指示灯长亮，“Q0.2”输出指示灯长亮，这表示过滤器内部压力够了（压力开关动作）出水阀打开了。

用 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 (24+) 接到“11.2”，注意观察，“11.2”输入指示灯长亮，这表示过滤水箱的水位已过中位。

用 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 (24+) 接到 “I1.3”。注意观察, “I1.3” 输入指示灯长亮, “Q0.1”、“Q0.2” 输出指示灯灭, 这表示过滤水箱的水位已达高位 “过滤运行” 被暂时停止了。

接上述, 先后断开 “I1.3” 和 “I1.2”, 则会看见 “Q0.1”、“Q0.2” 输出指示灯重新长亮, 这表示过滤器进出水阀打开了, 过滤器重新开始 “过滤运行”。

用 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 (24+) 点击 “I0.4” (模仿常开按钮)。注意观察, “I0.4” 输入指示灯点击时亮, “Q0.1”、“Q0.2” 输出指示灯灭, 这表示 “过滤运行” 被停止了。

④ 试验 “进入冲洗状态” 程序: 将 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 (24+) 接到 PLC 的 “I0.0” 端子 (模仿选择开关), 注意观察 “I0.0” 输入指示灯长亮, 这表示已进入冲洗状态。

⑤ 试验 “反冲洗” 程序: 将 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 (24+) 接到 PLC 的 “I0.1” 端子 (模仿选择开关), 注意观察 “I0.1” 输入指示灯长亮, 这表示已准备好反冲洗。

将 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 (24+) 接到 PLC 的 “I0.5” 端子和 “I0.6” 端子 (模仿液位控制器触点), 注意观察, “I0.5” 和 “I0.6” 输入指示灯长亮, 这表示冲洗水箱的液位在中液位以上, 可以进行反冲洗。

用 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 (24+) 点击 “I0.3” 端子 (模仿常开按钮), 注意观察, “I0.3” 输入指示灯点击时亮, “Q1.0”、“Q0.0”、“Q0.4”、“Q0.5” 输出指示灯长亮, 这表示冲洗泵启动其出口阀打开, 过滤器反冲洗进水阀、排水阀打开了, 开始反冲洗。断开 “I0.6” 端子时, “Q0.7” 输出指示灯长亮, 这表示在反冲洗的同时, 冲洗水箱的补水阀也打开对冲洗水箱进行补水。

这时如将 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 (24+) 接到 PLC 的 “I0.6”、“I0.7” 端子 (模仿液位控制器触点), 则 “Q0.7” 输出指示灯会灭, 这表示冲洗水箱的液位已达高液位, 停止对其补水。

这时如将 “I0.5” 端子 (模仿液位控制器触点) 断开, 注意观察 “Q0.4”、“Q0.5” 输出指示灯会灭, “Q0.7” 输出指示灯会长亮, 这表示因冲洗水箱缺水使 “反冲洗” 被暂时停止了, 只能对冲洗水箱进行补水。这时如将 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 (24+) 重新接到 PLC 的 “I0.5” 端子和 “I0.6” 端子 (模仿液位控制器触点), 注意观察, “I0.5” 和 “I0.6” 输入指示灯长亮, “Q0.4”、“Q0.5” 输出指示灯重新长亮, 这表示冲洗水箱的液位回到中液位以上, 正在继续进行反冲洗及冲洗水箱的补水。

用 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 (24+) 点击 “I0.4”。注意观察 “Q1.0”、“Q0.0”、“Q0.4”、“Q0.5” 输出指示灯灭, 这表示冲洗泵停止其出口阀关闭, “反冲洗” 被停止了。

⑥ 试验 “正冲洗” 程序: 将 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 (24+) 接到 PLC 的 “I0.2” 端子 (模仿选择开关), 注意观察 “I0.2” 输入指示灯长亮, 这表示已准备好正冲洗。

将 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 (24+) 接到 PLC 的 “I0.5” 端子和 “I0.6” 端子 (模仿液位控制器触点), 注意观察 “I0.5” 和 “I0.6” 输入指示灯长亮, 这表示冲洗水箱的液位在中液位以上, 可以进行正冲洗。

用 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 (24+) 点击 “I0.3” 端子 (模仿常开按钮), 注意观察, “I0.3” 输入指示灯点击时亮, (24+) 点击 “I0.3” 端子 (模仿常开按钮), 注意观察, “I0.3” 输入指示灯点击时亮, “Q1.0”、“Q0.0”、“Q0.3”、“Q0.6” 输出指示灯长亮, 这表示冲洗泵启动其出口阀打开, 过滤器正冲洗进水阀、排水阀打开了, 开始正冲洗。断开 “I0.6” 端子时, “Q0.7” 输出指示灯长亮, 这表示在正冲洗的同时, 冲洗水箱的补水阀也打开对冲洗水箱进行补水。

同样地, 这时如将 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 (24+) 接到 PLC 的 “I0.6”、“I0.7”

端子（模仿液位控制器触点），则“Q0.7”输出指示灯会灭，这表示冲洗水箱的液位已达高液位，停止对其补水。

这时如将“I0.5”端子和“I0.6”端子（模仿液位控制器触点）都断开，注意观察“Q0.3”、“Q0.6”输出指示灯会灭，“Q0.7”输出指示灯会长亮，这表示因冲洗水箱缺水使“正冲洗”被暂时停止了，只能对冲洗水箱进行补水。这时如将PLC自带24V（DC）电源的正极（24+）重新接到PLC的“I0.5”端子和“I0.6”端子（模仿液位控制器触点），注意观察，“I0.5”和“I0.6”输入指示灯长亮，“Q0.3”、“Q0.6”输出指示灯重新长亮，这表示冲洗水箱的液位回到中液位以上，正在继续进行正冲洗及冲洗水箱的补水。

用PLC自带24V（DC）电源的正极（24+）点击“I0.4”。注意观察“Q0.3”、“Q0.6”输出指示灯灭，这表示“正冲洗”被停止了。

⑦试验“自动冲洗”程序：将PLC自带24V（DC）电源的正极（24+）接到PLC的“I0.0”端子（模仿选择开关），注意观察“I0.0”输入指示灯长亮（即接着第（4）步进行），这表示已准备好自动冲洗。

将PLC自带24V（DC）电源的正极（24+）接到PLC的“I0.5”端子和“I0.6”端子（模仿液位控制器触点），注意观察，“I0.5”和“I0.6”输入指示灯长亮，这表示冲洗水箱的液位在中液位以上，可以进行自动冲洗。

用PLC自带24V（DC）电源的正极（24+）点击“I0.3”端子（模仿常开按钮），注意观察，“I0.3”输入指示灯点击时亮，“Q1.0”、“Q0.0”、“Q0.4”、“Q0.5”输出指示灯长亮，这表示冲洗泵启动其出口阀打开，过滤器反冲洗进水阀、排水阀打开了，开始自动反冲洗。

断开“I0.6”端子时，“Q0.7”输出指示灯长亮，这表示在冲洗的同时，冲洗水箱的补水阀也打开对冲洗水箱进行补水。

这时如将PLC自带24V（DC）电源的正极（24+）接到PLC的“I0.7”端子（模仿液位控制器触点），则“Q0.7”输出指示灯会灭，这表示冲洗水箱的液位已达高液位，停止对其补水。

在“自动反冲洗”一定的时间（本案例暂定为30min，可根据实际情况定反冲洗的时间）后，“Q0.4”、“Q0.5”输出指示灯会自动灭，这表示“自动反冲洗”已结束。

间隔一定的时间（本案例暂定为5s，可根据实际情况定自动反冲洗转自动正冲洗的间隔时间）后，“Q0.3”、“Q0.6”输出指示灯会长亮，这表示过滤器正冲洗进水阀、排水阀打开了，开始自动正冲洗。

在“自动正冲洗”一定的时间（本案例暂定为30min，可根据实际情况定正冲洗的时间）后，“Q1.0”、“Q0.0”、“Q0.3”、“Q0.6”输出指示灯会自动灭，这表示冲洗泵停止其出口阀关闭，“自动正冲洗”已结束。

再间隔一定的时间（本案例暂定为5s，可根据实际情况定自动冲洗停止的间隔时间）后，“Q0.1”输出指示灯会长亮，这表示过滤器“过滤运行”的进水阀打开了。随即，把由PLC自带24V（DC）直流电源供给的正极“24+”用短接线接到PLC的“I1.3”端子（模仿压力开关），注意观察，“I1.3”输入指示灯长亮，“Q0.2”输出指示灯会长亮，这表示过滤器压力够了，“过滤运行”出水阀打开，开始转到“过滤运行”状态。

由“自动冲洗”转到“过滤运行”状态时，“Q1.1”输出指示灯会闪亮，在线时伴有灯光闪和蜂鸣器间歇响（即“声光闪动”信号）。这表示过滤器（系统）已进入正常的“过滤运行”状态，且运行状态与所选择状态不相符，此时只需将“I0.0”端子（模仿选择开关）断开即可复位“声光闪动”信号。

在“自动冲洗”的过程中，用PLC自带24V（DC）电源的正极（24+）点击“I0.4”端子

(模仿常开按钮)，可立即停止“自动冲洗”。

八、PLC 控制系统的非完全在线调试

本案例中的 PLC 的在线调试是指对已接入电气控制系统（可以先不带电磁阀及液位控制器的触点进行）的 PLC 及电气控制系统本身进行的调试，其目的主要是可以进一步调试 PLC 的用户程序是否能完全满足过滤器（系统）的控制要求。此项工作是在电控箱的制作及离线调试完成后进行，做之前要确定电气接线准确无误。

本案例的非完全在线调试是指电控箱已做好，还没接上像电磁阀、液位控制器、压力开关这些设备的情况下进行的调试。如图 5-15 所示。

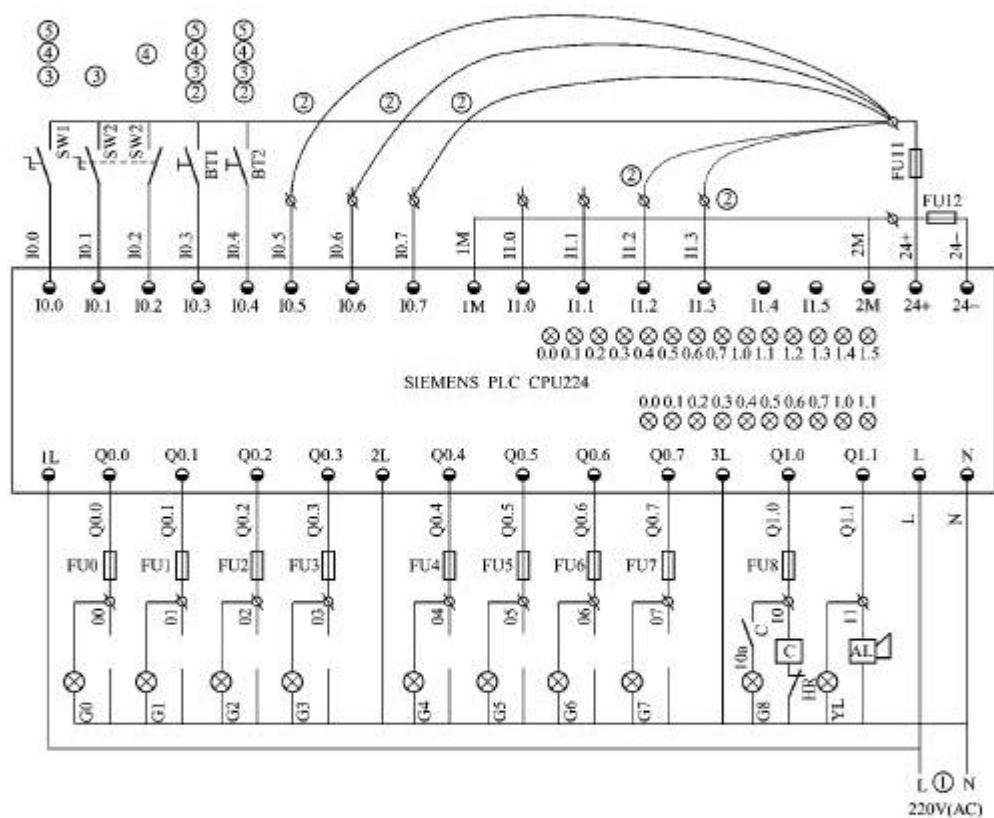


图 5-15 PLC 的非完全在线调试示意

在线调试步骤如下。

① 确定电控箱内的电气接线及调试电源 [本案例为 220V (AC)] 接线准确无误，合上“B1”三极空气开关和“B2”单极空气开关，注意观察电压表“V”指示为线电压“380V (AC)”，PLC 通电灯亮。

② 试验“过滤运行”程序；按下（相当于点击）“BT1”常开按钮，注意观察，“I0.3”输入指示灯点击时亮，“Q0.1”输出指示灯及“G1”指示灯长亮，这表示过滤器进水阀打开了。

把由 PLC 自带 24V (DC) 电源供给的正极“24+”端子并用短接线接到“I1.3”端子（模

仿压力开关), 注意观察, “I1.3”输入指示灯长亮, “Q0.2”输出指示灯及“G2”指示灯长亮, 这表示过滤器内部压力够了(压力开关动作)出水阀打开了。

把由PLC自带24V(DC)电源供给的正极“24+”端子排用短接线接到“I1.2”, 注意观察, “I1.2”输入指示灯长亮, 这表示过滤水箱的水位已过中位。

把由PLC自带24V(DC)电源供给的正极“24+”端子排用短接线接到“I1.3”。注意观察, “I1.3”输入指示灯长亮, “Q0.1”、“Q0.2”输出指示灯及“G1”、“G2”指示灯灭, 这表示过滤水箱的水位已达高位“过滤运行”被暂时停止了。

接上述, 先后断开“I1.3”和“I1.2”, 则会看见“Q0.1”、“Q0.2”输出指示灯及“G1”、“G2”指示灯重新长亮, 这表示过滤器进出水阀打开了, 过滤器重新开始“过滤运行”。

按下(相当于点击)“BT2”常开按钮。注意观察, “I0.4”输入指示灯点击时亮, “Q0.1”、“Q0.2”输出指示灯及“G1”、“G2”指示灯灭, 这表示“过滤运行”被停止了。

③试验“反冲洗”程序: 将选择开关“SW1”投到“工作”位, 注意观察“I0.0”输入指示灯长亮, 这表示已进入冲洗状态。

将选择开关“SW2”投到“工作1”位, 注意观察“I0.1”输入指示灯长亮, 这表示已准备好反冲洗。

把由PLC自带24V(DC)电源供给的正极“24+”端子排用短接线接到PLC的“I0.5”端子和“I0.6”端子(模仿液位控制器触点), 注意观察, “I0.5”和“I0.6”输入指示灯长亮, 这表示冲洗水箱的液位在中液位以上, 可以进行反冲洗。

按下(相当于点击)常开按钮“BT1”, 注意观察, “I0.3”输入指示灯点击时亮, “Q1.0”、“Q0.0”、“Q0.4”、“Q0.5”输出指示灯及“G8”、“G0”、“G4”、“G5”指示灯长亮, 这表示冲洗泵启动其出口阀打开, 过滤器反冲洗进水阀、排水阀打开了, 开始反冲洗。断开“I0.6”, “Q0.7”输出指示灯及“G7”指示灯长亮, 这表示在反冲洗的同时, 冲洗水箱的补水阀也打开对冲洗水箱进行补水。

这时如将PLC自带24V(DC)电源的正极(24+)接到PLC的“I0.7”端子(模仿液位控制器触点), 则“Q0.7”输出指示灯会灭, 这表示冲洗水箱的液位已达高液位, 停止对其补水。

这时如将“I0.5”端子和“I0.6”端子(模仿液位控制器触点)都断开, 注意观察“Q0.4”、“Q0.5”输出指示灯及“G4”、“G5”指示灯会灭, “Q0.7”输出指示灯及“G7”指示灯会长亮, 这表示因冲洗水箱缺水使“反冲洗”被暂时停止了, 只能对冲洗水箱进行补水。这时如将PLC自带24V(DC)电源的正极(24+)重新接到PLC的“I0.5”端子和“I0.6”端子(模仿液位控制器触点), 注意观察, “I0.5”和“I0.6”输入指示灯长亮, “Q0.4”、“Q0.5”输出指示灯及“G4”、“G5”指示灯重新长亮, 这表示冲洗水箱的液位回到中液位以上, 正在继续进行反冲洗及冲洗水箱的补水。

按下(相当于点击)常开按钮“BT2”, 注意观察, “I0.4”输入指示灯点击时亮, “Q0.4”、“Q0.5”输出指示灯及“G4”、“G5”指示灯灭, 这表示“反冲洗”被停止了。

④试验“正冲洗”程序: 将选择开关“SW1”投到“工作”位, 注意观察“I0.0”输入指示灯长亮, 这表示已进入冲洗状态。

将选择开关“SW2”投到“工作2”位, 注意观察“I0.2”输入指示灯长亮, 这表示已准备好正冲洗。

把由PLC自带24V(DC)电源供给的正极“24+”端子排用短接线接到PLC的“I0.5”端子和“I0.6”端子(模仿液位控制器触点), 注意观察“I0.5”和“I0.6”输入指示灯长亮, 这表示冲洗水箱的液位在中液位以上, 可以进行正冲洗。

按下(相当于点击)常开按钮“BT1”, 注意观察, “I0.3”输入指示灯点击时亮, “Q1.0”、

“Q0.0”、“Q0.3”、“Q0.6”输出指示灯及“G8”、“G0”、“G3”、“G6”指示灯长亮，这表示冲洗泵启动其出口阀打开，过滤器正冲洗进水阀、排水阀打开了，开始正冲洗。断开“IO.6”，“Q0.7”输出指示灯及“G7”指示灯长亮，这表示在正冲洗的同时，冲洗水箱的补水阀也打开对冲洗水箱进行补水。

同样地，把由 PLC 自带 24V (DC) 电源供给的正极“24+”端子排用短接线接到 PLC 的“IO.7”端子（模仿液位控制器触点），则“Q0.7”输出指示灯会及“G7”指示灯灭，这表示冲洗水箱的液位已达高液位，停止对其补水。

这时如将“IO.5”端子和“IO.6”端子（模仿液位控制器触点）都断开，注意观察“Q0.3”、“Q0.6”输出指示灯及“G3”、“G6”指示灯会灭，“Q0.7”输出指示灯及“G7”指示灯会长亮，这表示因冲洗水箱缺水使“正冲洗”被暂时停止了，只能对冲洗水箱进行补水。这时如将 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极（24+）重新接到 PLC 的“IO.5”端子和“IO.6”端子（模仿液位控制器触点），注意观察，“IO.5”和“IO.6”输入指示灯长亮，“Q0.3”、“Q0.6”输出指示灯及“G3”、“G6”指示灯重新长亮，这表示冲洗水箱的液位回到中液位以上，正在继续进行正冲洗及冲洗水箱的补水。

按下（相当于点击）常开按钮“BT2”，注意观察，“IO.4”输入指示灯点击时亮，“Q1.0”、“Q0.0”、“Q0.3”、“Q0.6”输出指示灯及“G8”、“G0”、“G3”、“G6”指示灯灭，这表示冲洗泵停止其出口阀关闭，“正冲洗”被停止了。

⑤ 试验“自动冲洗”程序：将选择开关“SW1”投到“工作”位，注意观察“IO.0”输入指示灯长亮，这表示已进入冲洗状态。

将选择开关“SW2”投到“停止”位，注意观察“IO.1”和“IO.2”输入指示灯均不亮，这表示已准备好“自动冲洗”。

把由 PLC 自带 24V (DC) 电源供给的正极“24+”端子排用短接线接到 PLC 的“IO.5”端子和“IO.6”端子（模仿液位控制器触点），注意观察，“IO.5”和“IO.6”输入指示灯长亮，这表示冲洗水箱的液位在中液位以上，可以进行自动冲洗。

按下（相当于点击）常开按钮“BT1”，注意观察，“IO.3”输入指示灯点击时亮，“Q1.0”、“Q0.0”、“Q0.4”、“Q0.5”输出指示灯及“G8”、“G0”、“G4”、“G5”指示灯长亮，这表示冲洗泵启动其出口阀打开，过滤器反冲洗进水阀、排水阀打开了，开始自动反冲洗。断开“IO.6”，“Q0.7”输出指示灯及“G7”指示灯长亮，这表示在冲洗的同时，冲洗水箱的补水阀也打开对冲洗水箱进行补水。

这时如把由 PLC 自带 24V (DC) 电源供给的正极“24+”端子排用短接线接到 PLC 的“IO.7”端子（模仿液位控制器触点），则“Q0.7”输出指示灯及“G7”指示灯会灭，这表示冲洗水箱的液位已达高液位，停止对其补水。

在“自动反冲洗”一定的时间（本案例暂定为 30min，可根据实际情况定反冲洗的时间）后，“Q0.4”、“Q0.5”输出指示灯及“G4”、“G5”指示灯会自动灭，这表示“自动反冲洗”已结束。

间隔一定的时间（本案例暂定为 5s，可根据实际情况定自动反冲洗转自动正冲洗的间隔时间）后，“Q0.3”、“Q0.6”输出指示灯及“G3”、“G6”指示灯会长亮，这表示过滤器正冲洗进水阀、排水阀打开了，开始自动正冲洗。

在“自动正冲洗”一定的时间（本案例暂定为 30min，可根据实际情况定正冲洗的时间）后，“Q1.0”、“Q0.0”、“Q0.3”、“Q0.6”输出指示灯及“G8”、“G0”、“G3”、“G6”会自动灭，这表示冲洗泵停止其出口阀关闭，“自动正冲洗”已结束。

再间隔一定的时间（本案例暂定为 5s，可根据实际情况定自动冲洗停止的间隔时间）后，

“Q0.1”输出指示灯及“G1”会长亮，这表示过滤器“过滤运行”的进水阀打开了。随即，把由PLC自带24V(DC)电源供给的正极“24+”端子用短接线接到PLC的“11.3”端子(模仿压力开关)，注意观察，“11.3”输入指示灯长亮，“Q0.2”输出指示灯及“G2”指示灯会长亮，这表示过滤器压力够了，“过滤运行”出水阀打开，开始转到“过滤运行”状态。

由“自动冲洗”转到“过滤运行”状态时，“Q1.1”输出指示灯及“YL”指示灯会闪亮，并伴有灯光闪和蜂鸣器间歇响(即“声光闪动”信号)。这表示过滤器(系统)已进入正常的“过滤运行”状态，且运行状态与所选择状态不相符，此时只需将“I0.0”端子(模仿选择开关)断开即可复位“声光闪动”信号。

在“自动冲洗”的过程中，按下(相当于点击)常开按钮“BT2”，可立即停止“自动冲洗”。

九、PLC控制系统及过滤器的联动调试(PLC完全在线)

本案例中的PLC的联动调试是指对过滤器的工艺系统及PLC电气控制系统全面进行的调试，此项调试是将所有的采样设备(含压力开关、液位控制器等)、被驱动设备(含电磁阀气动阀等)都进行联动的调试，其中过滤器中要通水，其目的主要是确定整个过滤器(系统)能否达到设计要求，能否投入运行。此项工作是在离线调试和在线调试完成后进行，做之前要确定与过滤器(系统)相关的压空系统正常、所有工艺设备的工作准确无误并已通过工艺方面的调试等。

联动调试步骤如下。

①确定所有的电气接线准确无误，被驱动设备无短路等异常现象，合上“B1”三极空气开关和“B2”单极空气开关通电，电压表“V”指示正常，PLC通电灯亮。

②试验“过滤运行”工序：按下“BT1”常开按钮，注意观察，“G1”指示灯长亮，“F1”电磁阀及被其驱动的气动阀都动作正常，这表示过滤器进水阀打开了。

在过滤器满水后，注意观察，压力开关应动作，“11.3”输入指示灯长亮，“Q0.2”输出指示灯及“G2”指示灯长亮，“F2”电磁阀及被其驱动的气动阀都动作正常，这表示过滤器内部压力够了(压力开关动作)出水阀打开了，正式进入“过滤运行”。

如过滤水箱的水位已达高位，“过滤运行”应被暂时停止。如过滤水箱的水位低于中位，过滤器重新开始“过滤运行”。

按下“BT2”常开按钮。注意观察，“G1”、“G2”指示灯灭，“F1”、“F2”电磁阀及被其驱动的气动阀都复位，“过滤运行”停止。

③试验“反冲洗”工序：将选择开关“SW1”投到“工作”位，进入冲洗状态。将选择开关“SW2”投到“工作1”位，准备好反冲洗。冲洗水箱的水位应在中液位以上，才可以进行反冲洗。

按下常开按钮“BT1”，注意观察，“G8”、“G0”、“G4”、“G5”指示灯长亮，“C”接触器、“F0”、“F4”、“F5”电磁阀及被其驱动的气动阀都动作，冲洗泵启动其出口阀打开，过滤器反冲洗进水阀、排水阀打开了，开始反冲洗。在反冲洗的同时，如冲洗水箱的水位偏低，则“G7”指示灯长亮，“F7”电磁阀及被其驱动的气动补水阀都会自动打开，对冲洗水箱进行补水。

这时如冲洗水箱的液位达高液位，“G7”指示灯会灭，“F7”电磁阀及被其驱动的气动阀都会复位，停止对其补水。

这时如冲洗水箱缺水会使“反冲洗”被暂时停止，只能对冲洗水箱进行补水。这时如冲洗水箱的液位回到中液位以上，则继续进行“反冲洗”及冲洗水箱的补水。

按下常开按钮“BT2”，注意观察，“G4”、“G5”指示灯灭，“C”接触器、“F0”、“F4”、

“F5”电磁阀及被其驱动的气动阀都复位，冲洗泵停止其出口阀关闭，“反冲洗”停止。

④试验“正冲洗”程序：将选择开关“SW1”投到“工作”位，进入冲洗状态。将选择开关“SW2”投到“工作2”位，准备好正冲洗。冲洗水箱的液位在中液位以上，才可以进行正冲洗。

按下常开按钮“BT1”，注意观察，“G8”、“G0”、“G3”、“G6”指示灯长亮，“C”接触器、“F0”、“F3”、“F6”电磁阀及被其驱动的气动阀都动作，冲洗泵启动其出口阀打开，过滤器正冲洗进水阀、排水阀打开了，开始正冲洗。在正冲洗的同时，如冲洗水箱的水位偏低，则“G7”指示灯长亮，“F7”电磁阀及被其驱动的气动补水阀会自动打开，对冲洗水箱进行补水。

同样地，如冲洗水箱的液位已达高液位，“G7”指示灯灭，“F7”电磁阀及被其驱动的气动阀都会复电，停止对其补水。

这时如冲洗水箱缺水会使“正冲洗”被暂时停止，只能对冲洗水箱进行补水。这时如冲洗水箱的液位回到中液位以上，则继续进行正冲洗及冲洗水箱的补水。

按下常开按钮“BT2”，注意观察，“G8”、“G0”、“G3”、“G6”指示灯灭，“C”接触器、“F0”、“F3”、“F6”电磁阀及被其驱动的气动阀都复位，冲洗泵停止其出口阀关闭，“正冲洗”被停止。

⑤试验“自动冲洗”工序：将选择开关“SW1”投到“工作”位，进入冲洗状态。将选择开关“SW2”投到“停止”位，准备好“自动冲洗”。冲洗水箱的液位在中液位以上，可以进行自动冲洗。

按下常开按钮“BT1”，注意观察，“G8”、“G0”、“G4”、“G5”指示灯长亮，“C”接触器、“F0”、“F4”、“F5”电磁阀及被其驱动的气动阀都动作，冲洗泵启动其出口阀打开，过滤器反冲洗进水阀、排水阀打开了，开始自动反冲洗。在冲洗的同时，如冲洗水箱的水位偏低，则“G7”指示灯长亮，“F7”电磁阀及被其驱动的气动补水阀会自动打开，对冲洗水箱进行补水。

这时如冲洗水箱的液位已达高液位，停止对其补水。

在“自动反冲洗”一定的时间（本案例暂定为30min，可根据实际情况定反冲洗的时间）后，“G8”、“G0”、“G4”、“G5”指示灯会自动灭，“C”接触器、“F0”、“F4”、“F5”电磁阀及被其驱动的气动阀都复位，“自动反冲洗”结束。

间隔一定的时间（本案例暂定为5s，可根据实际情况定自动反冲洗转自动正冲洗的间隔时间）后，“G3”、“G6”指示灯会长亮，“F3”、“F6”电磁阀及被其驱动的气动阀都动作，过滤器正冲洗进水阀、排水阀打开，开始自动正冲洗。

在“自动正冲洗”一定的时间（本案例暂定为30min，可根据实际情况定正冲洗的时间）后，“G3”、“G6”会自动灭，“F3”、“F6”电磁阀及被其驱动的气动阀都复位，冲洗泵停止其出口阀关闭，“自动正冲洗”结束。

再间隔一定的时间（本案例暂定为5s，可根据实际情况定自动冲洗停止的间隔时间）后，“G1”会长亮，“F1”电磁阀及被其驱动的气动阀都动作，过滤器“过滤运行”的进水阀打开，随后压力开关动作，“G2”指示灯长亮，“F2”电磁阀及被其驱动的气动阀都动作，正式转到“过滤运行”状态。

由“自动冲洗”转到“过滤运行”状态时，“YL”指示灯会闪亮，并伴有灯光闪和蜂鸣器间歇响（即“声光闪动”信号）。这表示过滤器（系统）已进入正常的“过滤运行”状态，且运行状态与所选择状态不相符，此时只需将“SW1”选择开关投到“停止”位，即可复位“声光闪动”信号。

在“自动冲洗”的过程中，按下常开按钮“BT2”，可立即停止“自动冲洗”。

十、案例后记

本案例中的“自动正冲洗”中的两段工序的控制是采用一般的时间控制，该程序是针对初学

者，故不要在“自动正冲洗”的状态下将“10.5”端子（模仿液位控制器触点）断开，实际应用时也最好先确定冲洗水箱的水位在中高位时再进行“自动冲洗”。如出现“自动正冲洗”的状态下将“10.5”端子断开，等其恢复时，“自动冲洗”的程序不会继续进行，需重新开始。如想实现在“10.5”端子和“10.6”端子都断开又恢复后，“自动冲洗”的程序能继续进行，需使用中断编程的控制方式，这在将来的 PLC 高级应用时再讲述。

6

第六章 案例解说触摸屏结合 PLC 的控制应用系统

第一节 概 述

第五章讲述了 PLC 的应用，本章将结合案例讲解触摸屏与 PLC 的控制应用系统。

第二节 锅炉自动加药系统的触摸屏结合 PLC 控制

一、概述

锅炉作为提供热动力的系统设备，被广泛地用于各行各业的生产、生活。针对下面的案例，着重介绍蒸汽锅炉的汽水循环系统（见图 6-1）。

锅炉要想安全、经济、可靠、稳定地运行，其水质是个关键，对于工作压力和工作温度高的锅炉来说，水质尤其重要。水质不良会使锅炉内受热的金属表面形成水垢，发生金属腐蚀并恶化蒸汽品质。

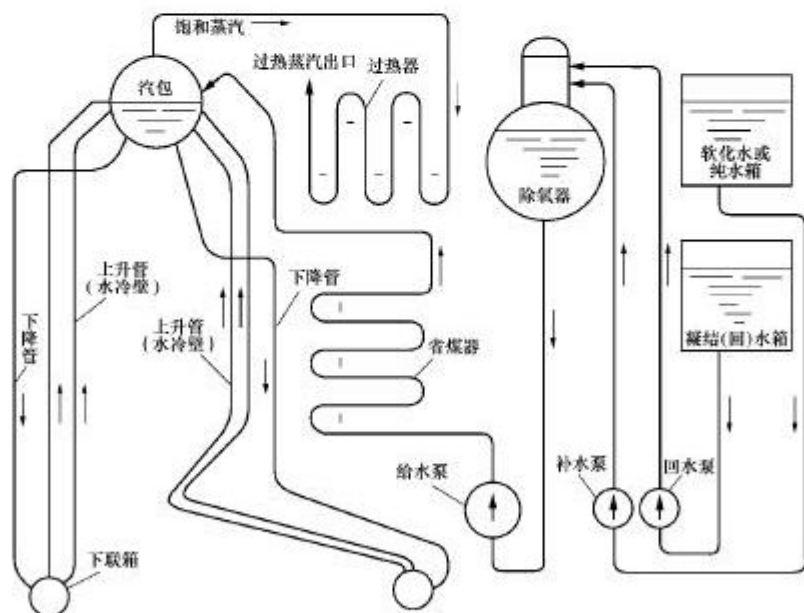


图 6-1 蒸汽锅炉的汽水循环系统

(一) 锅炉结垢的主要危害

(1) 降低锅炉的导热能力：因为水垢的导热系数比钢铁小几十倍，因此，锅炉有水垢后，会

导致热效率大幅度降低，增加燃料、风量及电能的消耗。

(2) 降低锅炉运行的安全性：由于水垢导热性能很差，严重结垢会在锅炉的受热面部分产生局部过热，受热面则会因局部温度过高，引起管壁起疱、裂缝甚至于爆管。

(3) 影响锅炉本体水系统的水循环：锅炉炉管内的水垢会减少管内的流通截面，增大管内水循环流动的阻力。

(4) 降低锅炉的使用寿命：一旦形成严重的结垢，清除将十分困难，不仅要增加化学清洗次数，费时费力增加锅炉的运行成本，而且会使锅炉的受热面受损伤，提前老化，降低整个锅炉系统的使用寿命。

(二) 锅炉用水的一般要求

为了防止锅炉的受热面发生结垢，通常，锅炉的用水必须经过过滤、软化等处理，除去悬浮杂质和大部分钙、镁等盐类。同时，为保证锅炉的安全运行，还必须辅以炉内加药处理，控制炉内水中杂质使之呈分散、松软状态，不使其粘附在受热金属表面形成二次水垢，并可由排污系统排出。

二、锅炉自动加药系统的工艺过程及控制要求

(一) 加药装置简介

一些中小型锅炉的加药装置是通过人工进行一些简单的配药，在利用锅炉给水泵的水压或用加药泵一次性地把药加入锅炉，这种加药装置使用起来不方便，且药量浪费大，难以做到准确控制，还容易造成炉水总碱度过高，排污量增加，对生产很不利。以下介绍一种简单并具有一定自动化成度的“自动加药系统”，该系统不仅能用在锅炉上还能用在其他类型的需加药处理的生产设备及系统中。该控制系统方案中人机界面与 PLC 有机组合，借助其产品的功能，能够很灵活地构造控制方案，它相对于传统的电气控制具有更高的可靠性、控制更准确。以下重点讨论各系统如何利用功能以实现加药系统的工艺要求。

(二) 加药系统（装置）的特点

1. 系统特点

(1) 采用触摸屏与 PLC 控制，整个加药系统设自动、手动两种可选择的方式，能稳定地给锅炉加药，使炉内水时刻保持一定的药液浓度，保证炉内的各项水质指标基本平稳。能克服老式加药装置配药加药不方便等弱点，有效地提高了锅炉的自动化程度。

(2) 加药系统操作简单、安全、可靠，设有电机搅拌器，溶解药剂（磷酸三钠固体或液体等）所需时间可根据实际情况进行设定，可控制药液的温度，完成自动加药及自动清洗等。

2. 系统组成结构

它由基础平台、不锈钢搅拌装置、不锈钢加药泵、不锈钢管道、过滤器、安全阀、气动阀、手动隔离阀、液位控制（传感）器、物位传感器（或光电开关）、PLC 与触摸屏及电气自动控制系统等组成（见图 6-2）。

三、控制方案

该自动加药系统的控制核心采用可编程控制器操作使用触摸屏，配置常规电气配电控制系统。一般来说，加药系统的控制并不复杂，但是对工艺过程却有较为严格的要求。根据生产锅炉的加药系统的具体特点，做如下方案。

(一) 方案概述（见图 6-3）

(1) 该加药系统控制方案可以在原有的加药系统的基础上改造或加装触摸屏和 PLC 自动控制系统，也可以作为新建加药系统的方案。

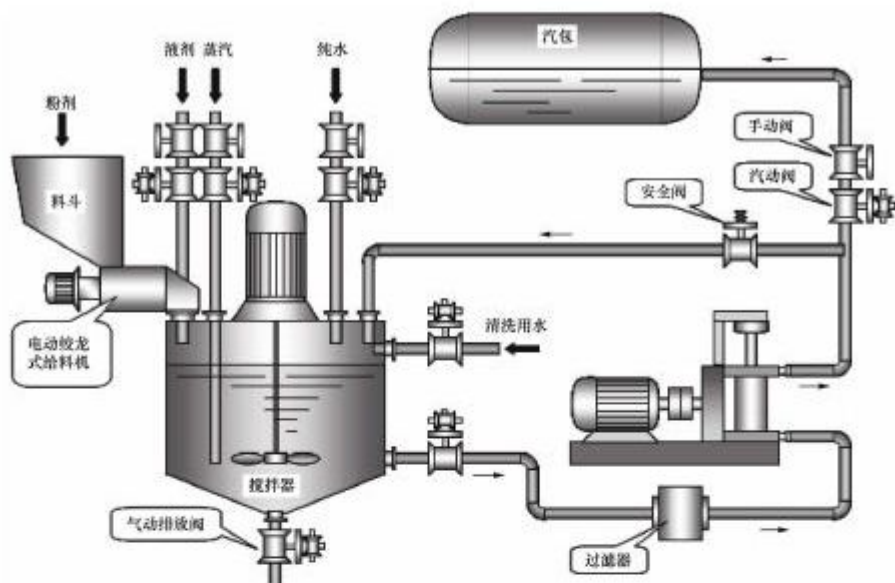


图 6-2 蒸汽锅炉的加药系统

(2) 触摸屏和 PLC 控制。

1) 触摸屏和 PLC 控制时, 先由 PLC (或继电器) 驱动电磁阀, 再由电磁阀通过控制压缩空气的气路来驱动气动阀的开关, 最终达到配药和加药的目的。

2) 触摸屏和 PLC 控制加药系统时需配置压缩空气系统, 以提供气动设备 (主指气动阀) 的动力用气。

3) 触摸屏和 PLC 控制功能还可根据实际情况增加。

(3) 常规电气控制。

1) 气动阀最好配置手动旁路阀 (本案例中未标出, 可根据实际情况加装), 使加药系统在触摸屏和 PLC 控制系统进行维护时也能通过手动方式工作。

2) 蛟龙式给料机、搅拌器和加药泵均可通过常规电气手动控制启停。

(二) 控制功能描述

(1) 加药系统设人工手动控制加触摸屏、PLC 手动和自动控制两种方式。

(2) 触摸屏和 PLC 控制方式又设触摸屏自动控制方式和触摸屏手动控制方式。其中触摸屏自动控制方式是指加药的全过程可以自动完成; 而触摸屏手动控制方式是指加药的每个过程通过操作人员操作触摸屏来完成, 这种触摸屏手动控制方式具有简化操作的作用 (特别是在清洗时可以灵活使用), 同时也是自动控制方式的补充。

(3) 人工手动控制。通过常规电气控制的方式来控制蛟龙式给料机、搅拌器和加药泵的启停, 再通过对气动阀的旁路阀操作来完成整个配药和加药过程。

(4) 加药系统设人工手动控制加触摸屏、PLC 手动和自动控制两种方式的选择是通过一“两工位 (工作位+停止位)”的选择开关来完成。

(5) 工序监控: 触摸屏和 PLC 控制方式可以实现对所有加药系统设备工作状态的监控。

(6) 故障告警: 触摸屏和 PLC 控制方式对蛟龙式给料机、搅拌器和加药泵的故障状态进行监控, 一旦发现某台设备故障, 可以在触摸屏上显示报警信号, 而常规电气控制系统在人工手动控制加触摸屏、PLC 手动和自动控制两种控制方式下可实现声光报警, 提示值班人员注意。

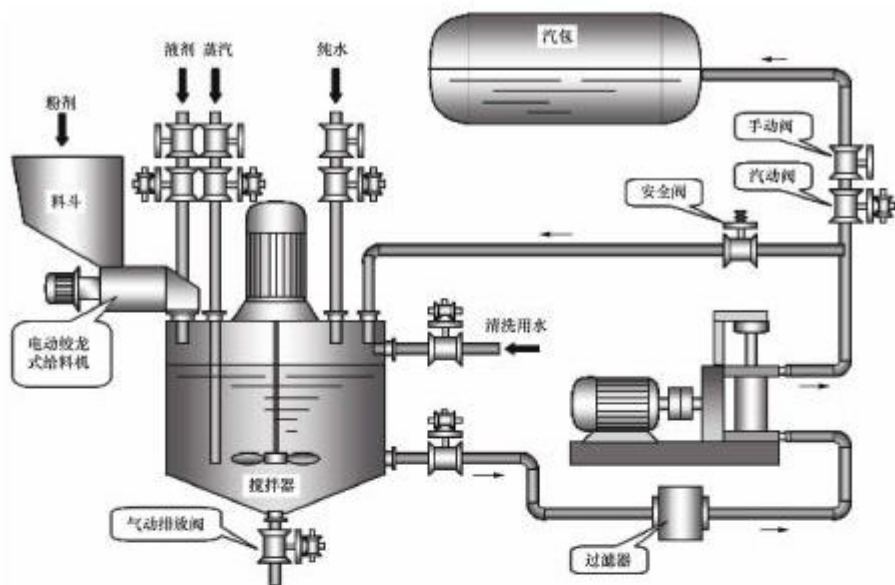


图 6-2 蒸汽锅炉的加药系统

(2) 触摸屏和 PLC 控制。

1) 触摸屏和 PLC 控制时, 先由 PLC (或继电器) 驱动电磁阀, 再由电磁阀通过控制压缩空气的气路来驱动气动阀的开关, 最终达到配药和加药的目的。

2) 触摸屏和 PLC 控制加药系统时需配置压缩空气系统, 以提供气动设备 (主指气动阀) 的动力用气。

3) 触摸屏和 PLC 控制功能还可根据实际情况增加。

(3) 常规电气控制。

1) 气动阀最好配置手动旁路阀 (本案例中未标出, 可根据实际情况加装), 使加药系统在触摸屏和 PLC 控制系统进行维护时也能通过手动方式工作。

2) 绞龙式给料机、搅拌器和加药泵均可通过常规电气手动控制启停。

(二) 控制功能描述

(1) 加药系统设人工手动控制加触摸屏、PLC 手动和自动控制两种方式。

(2) 触摸屏和 PLC 控制方式又设触摸屏自动控制方式和触摸屏手动控制方式。其中触摸屏自动控制方式是指加药的全过程可以自动完成; 而触摸屏手动控制方式是指加药的每个过程通过操作人员操作触摸屏来完成, 这种触摸屏手动控制方式具有简化操作的作用 (特别是在清洗时可以灵活使用), 同时也是自动控制方式的补充。

(3) 人工手动控制。通过常规电气控制的方式来控制绞龙式给料机、搅拌器和加药泵的启停, 再通过对气动阀的旁路阀操作来完成整个配药和加药过程。

(4) 加药系统设人工手动控制加触摸屏、PLC 手动和自动控制两种方式的选择是通过一“两工位 (工作位+停止位)”的选择开关来完成。

(5) 工序监控: 触摸屏和 PLC 控制方式可以实现对所有加药系统设备工作状态的监控。

(6) 故障告警: 触摸屏和 PLC 控制方式对绞龙式给料机、搅拌器和加药泵的故障状态进行监控, 一旦发现某台设备故障, 可以在触摸屏上显示报警信号, 而常规电气控制系统在人工手动控制加触摸屏、PLC 手动和自动控制两种控制方式下可实现声光报警, 提示值班人员注意。

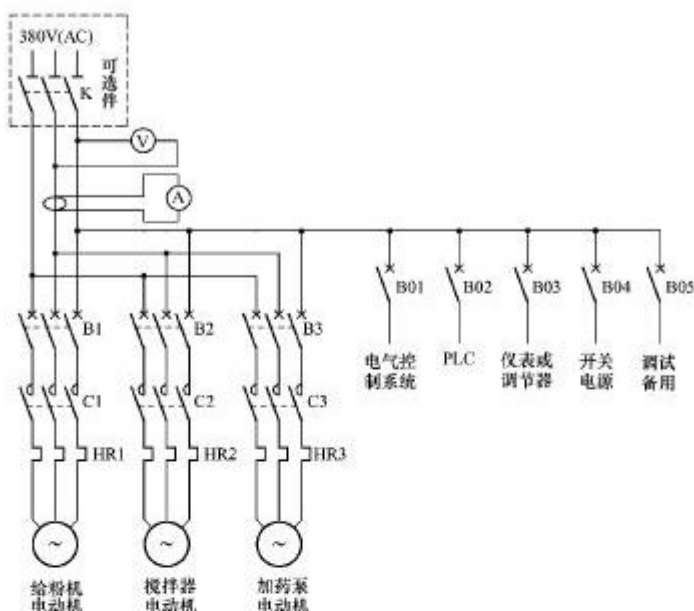


图 6-4 加药系统的配电系统示意图

(二) 控制系统

电气控制系统中主要元件（见图 6-5）：

B01——单相空气开关。

SW——选择开关。

BT12、BT22、BT32、BT0——按钮（配常开触点）。

BT11、BT21、BT31——按钮（配常闭触点）。

GL1、GL2、GL3——运行指示灯（绿灯）。

RL1、RL2、RL3——待运行指示灯（红灯）。

YL——故障指示灯（黄灯）。

R1、R2、R3——继电器。

C1、C2、C3——交流接触器。

本配电系统图已将控制回路号标出，制作时最好将所有的回路均接上端子排，便于调试。

(三) 24V (DC) 配电系统

配电子系统中主要元件（见图 6-6）：

B04——单相空气开关。

F21、F22——小保险。

开关电源——选用 220V (AC) 输入，24V (DC) 输出，稳定、质量好的开关电源。

(四) 温度变送系统（见图 6-7）

五、自动控制设备的硬件选型、地址和变量的配置及软件设计

(一) PLC 选型

(1) PLC 选型：采用德国西门子公司生产的 S7-200 系列可编程控制器，CPU 主机选用 CPU224，数字量输入模块选用 EM221，模拟量输入模块选用 EM231。

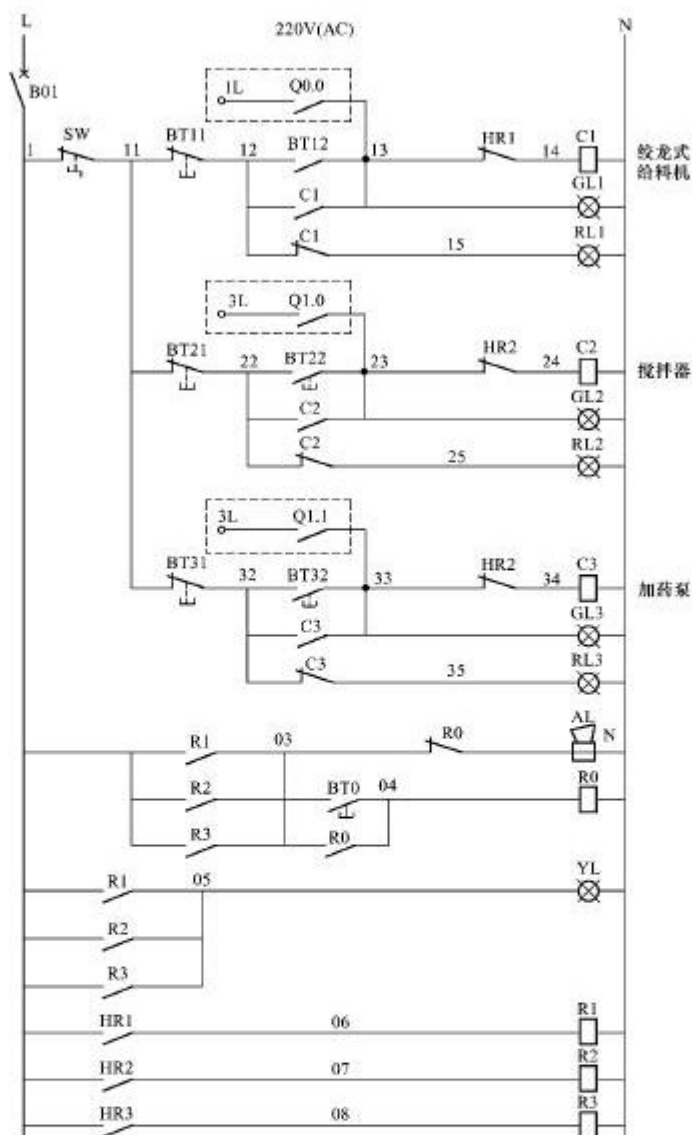


图 6-5 加药系统的电气控制系统示意图

S7-200 系列小型 PLC 具有编程和下载程序方便、体积小巧、便于安装及成本低等特点。

(2) 地址配置。

1) I/O 地址配置。

I0.0 自动方式——对应触摸屏主画面的“自动方式”按钮；

I0.0 自动方式——对应触摸屏主画面的“自动方式”按钮。

2) 与触摸屏对应的 PLC 内部地址配置。

M0.0 手动方式——对应触摸屏主画面的“手动方式”按钮；

M0.1 自动方式——对应触摸屏主画面的“自动方式”按钮；

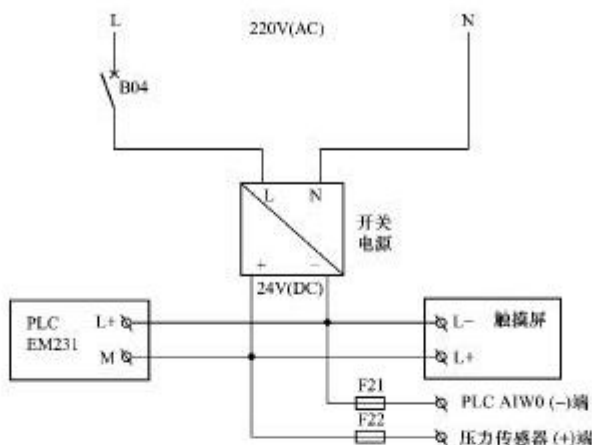


图 6-6 加药系统的 24V (DC) 配电系统示意图

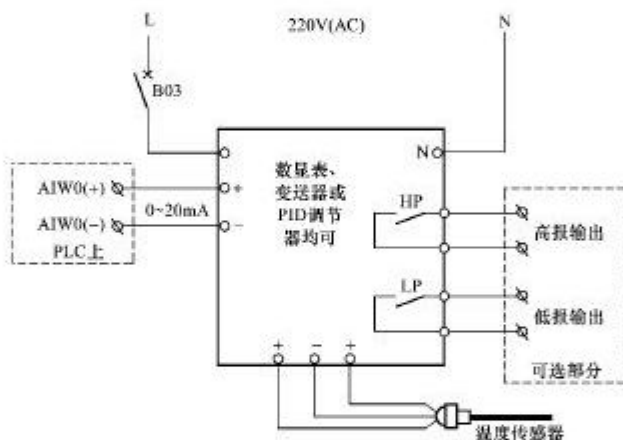


图 6-7 加药系统的温度变送系统示意图

- MO.4 自动加药——对应触摸屏自动控制画面的“自动加药”按钮；
- MO.5 自动清洗——对应触摸屏自动控制画面的“自动清洗”按钮；
- M1.0 手动加粉启动——对应触摸屏配药系统控制画面的“加粉启动”按钮；
- M1.1 手动加粉停止——对应触摸屏配药系统控制画面的“加粉停止”按钮；
- M1.2 手动加液启动——对应触摸屏配药系统控制画面的“加液启动”按钮；
- M1.3 手动加液停止——对应触摸屏配药系统控制画面的“加液停止”按钮；
- M1.4 手动加汽启动——对应触摸屏配药系统控制画面的“加汽启动”按钮；
- M1.5 手动加汽停止——对应触摸屏配药系统控制画面的“加汽停止”按钮；
- M1.6 手动加水启动——对应触摸屏配药系统控制画面的“加水启动”按钮；
- M1.7 手动加水停止——对应触摸屏配药系统控制画面的“加水停止”按钮；
- M2.0 手动清洗启动——对应触摸屏配药系统控制画面的“清洗启动”按钮；
- M2.1 手动清洗停止——对应触摸屏配药系统控制画面的“清洗停止”按钮；
- M2.2 手动排放启动——对应触摸屏配药系统控制画面的“排放启动”按钮；
- M2.3 手动排放停止——对应触摸屏配药系统控制画面的“排放停止”按钮；

- M2.4 手动给药启动——对应触摸屏加药系统控制画面的“给药启动”按钮；
- M2.5 手动给药停止——对应触摸屏加药系统控制画面的“给药停止”按钮；
- M2.6 手动出药启动——对应触摸屏加药系统控制画面的“出药启动”按钮；
- M2.7 手动出药停止——对应触摸屏加药系统控制画面的“出药停止”按钮；
- M8.0 手动搅拌器启动——对应触摸屏配药系统控制画面的“搅拌启动”按钮；
- M8.1 手动搅拌器停止——对应触摸屏配药系统控制画面的“搅拌停止”按钮；
- M8.2 手动加药泵启动——对应触摸屏加药系统控制画面的“加药启动”按钮；
- M8.3 手动加药泵停止——对应触摸屏加药系统控制画面的“加药停止”按钮；
- M3.0 自动加药启动——对应触摸屏自动控制画面的自动加药的“启动”按钮；
- M3.1 自动加药停止——对应触摸屏自动控制画面的自动加药的“停止”按钮；
- M4.0 自动清洗启动——对应触摸屏自动控制画面的自动清洗的“启动”按钮；
- M4.1 自动清洗停止——对应触摸屏自动控制画面的自动清洗的“停止”按钮。

3) 与触摸屏对应的 PLC I/O 位地址配置：

- I0.0 低物位——对应触摸屏主画面的“低物位”和“缺药粉”矩形指示灯；
- I0.1 中物位——对应触摸屏主画面的“中物位”矩形指示灯；
- I0.2 高物位——对应触摸屏主画面的“高物位”矩形指示灯；
- I0.3 低水位——对应触摸屏主画面的“低水位”和“缺水”矩形指示灯；
- I0.4 中水位——对应触摸屏主画面的“中水位”矩形指示灯；
- I0.5 高水位——对应触摸屏主画面的“高水位”矩形指示灯；
- I0.6 安全阀——对应触摸屏主画面的“溢流”矩形指示灯；
- I1.0 加粉工作——对应触摸屏配药系统控制画面的“加粉”绿色及红色圆型指示灯；
- I1.1 加液工作——对应触摸屏配药系统控制画面的“加液”绿色及红色圆型指示灯；
- I1.2 加汽工作——对应触摸屏配药系统控制画面的“蒸汽”绿色及红色圆型指示灯；
- I1.3 加水工作——对应触摸屏配药系统控制画面的“纯水”绿色及红色圆型指示灯；
- I1.4 清洗工作——对应触摸屏配药系统控制画面的“清洗”绿色及红色圆型指示灯；
- I1.5 排放工作——对应触摸屏配药系统控制画面的“排放”绿色及红色圆型指示灯；
- I2.0 给药工作——对应触摸屏加药系统控制画面的“进口”绿色及红色圆型指示灯；
- I2.1 出药工作——对应触摸屏加药系统控制画面的“出口”绿色及红色圆型指示灯；
- I2.2 搅拌工作——对应触摸屏配药系统控制画面的“搅拌”绿色及红色圆型指示灯；
- I2.3 加药泵工作——对应触摸屏加药系统控制画面的“泵”绿色及红色圆型指示灯；
- I2.4 加粉报警——对应触摸屏配药系统控制画面的“加粉”黄色圆型指示灯；
- I2.5 搅拌器报警——对应触摸屏配药系统控制画面的“搅拌”黄色圆型指示灯；
- I2.6 加药泵报警——对应触摸屏加药系统控制画面的“泵”黄色圆型指示灯；
- Q0.0 绞龙给料——对应触摸屏配药系统控制画面的“加粉启动”和“加粉停止”按钮；
- Q0.1 加液——对应触摸屏配药系统控制画面的“加液启动”和“加液停止”按钮；
- Q0.2 加汽——对应触摸屏配药系统控制画面的“加汽启动”和“加汽停止”按钮；
- Q0.3 加水——对应触摸屏配药系统控制画面的“加水启动”和“加水停止”按钮；
- Q0.4 清洗——对应触摸屏配药系统控制画面的“清洗启动”和“清洗停止”按钮；
- Q0.5 排放——对应触摸屏配药系统控制画面的“排放启动”和“排放停止”按钮；
- Q0.6 给药——对应触摸屏加药系统控制画面的“开进口阀”和“关进口阀”按钮；
- Q0.7 出药——对应触摸屏加药系统控制画面的“开出口阀”和“关出口阀”按钮；
- Q1.0 搅拌器——对应触摸屏配药系统控制画面的“搅拌启动”和“搅拌停止”按钮；

Q1.1 加药泵——对应触摸屏加药系统控制画面的“启动泵”和“停止泵”按钮。

(3) PLC 的接线。

1) CPU224 接线 (见图 6-8)。

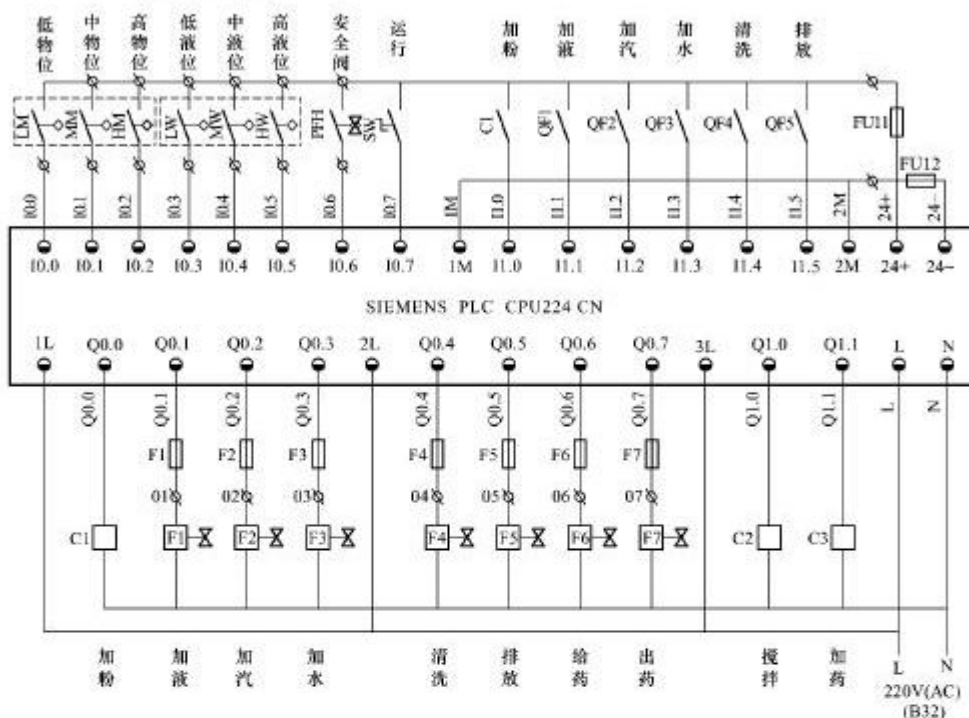


图 6-8 CPU224 接线示意图

CPU 外围主要元件:

F1~F7——电磁阀。

LH、MH、HH——物位计或光电开关 (低、中、高触点)。

LW、MW、HW——液位控制器 (低、中、高触点)。

C1、C2、C3——交流接触器。

QF1~QF5——气动阀触点。

2) EM221 数字量输入模块接线 (见图 6-9)。

EM221 外围主要元件:

C2、C3——交流接触器触点。

QF6、QF7——气动阀触点。

R1、R2、R3——继电器触点。

3) EM231 模拟量输入模块接线 (见图 6-10)。

(4) 应用软件设计。

1) 逻辑控制部分 (见图 6-11)。

2) 数据处理部分 (见图 6-12)。

(二) 触摸屏

1. 触摸屏选型

触摸屏采用 SIEMENS TP170 系列彩色触摸屏 TP170B COLOR, TP170B COLOR 触摸屏是

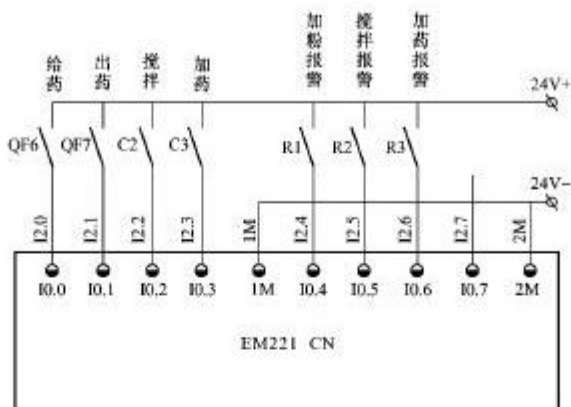


图 6-9 EM221 接线示意图

注意：实际接成时“1M”及“10.0”、“10.1”、“10.2”、“10.3”与“2M”及“10.4”、“10.5”、“10.6”、“10.7”不在同一侧。

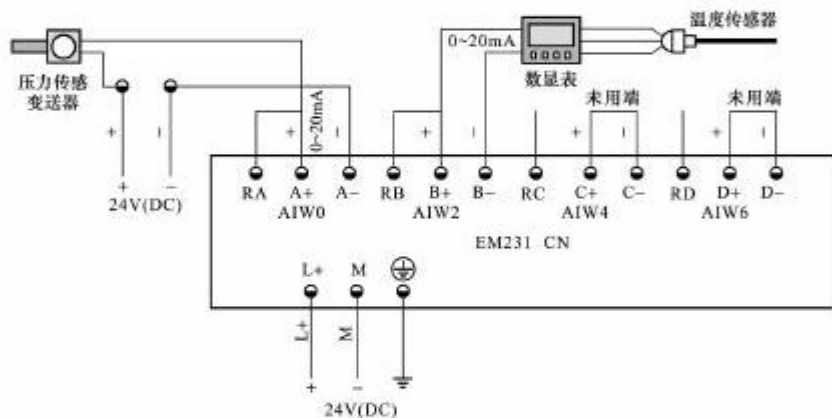
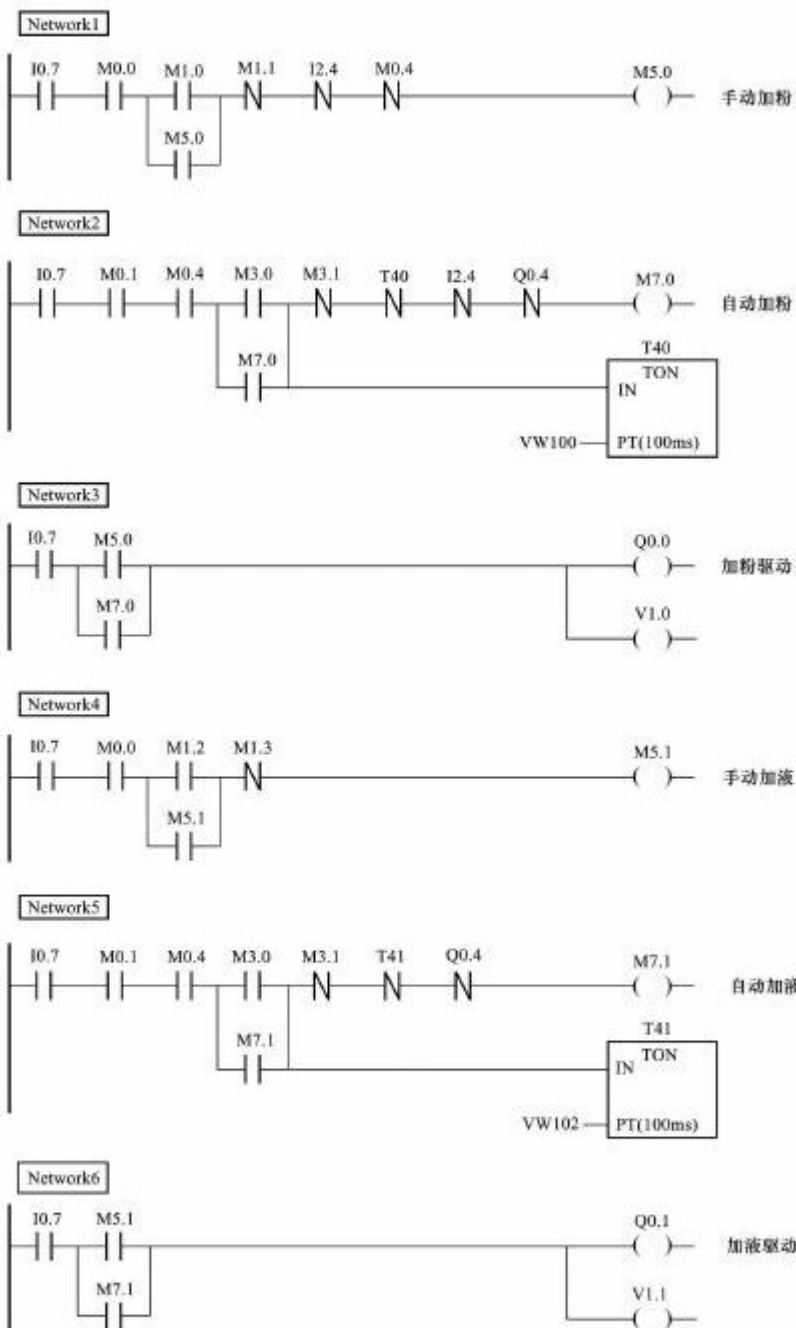


图 6-10 EM231 接线示意图

具有极高性能和价格比的触摸屏产品，可以很方便地实现对控制系统的操作、监控和参数设置等功能。有以下主要技术指标。

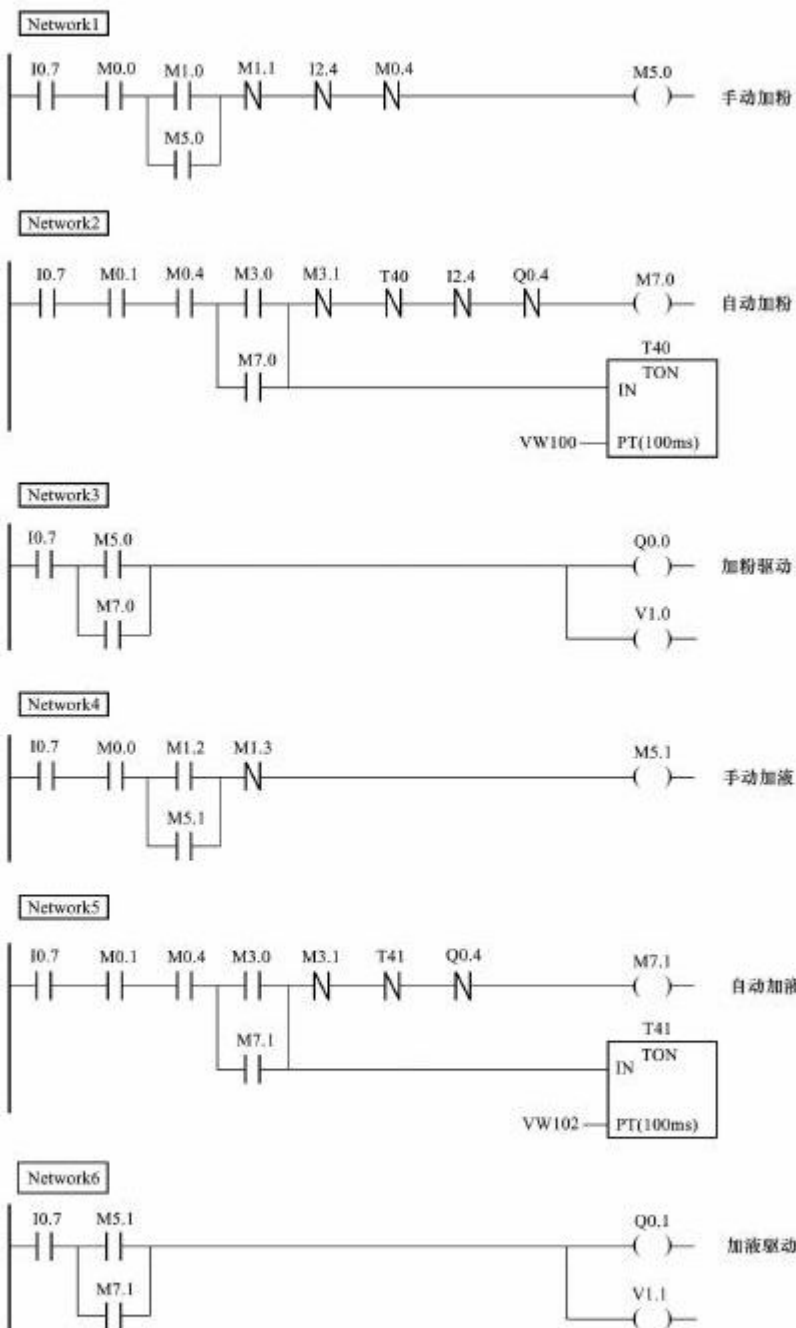
- (1) 处理器类型：32 位 RISC 处理器。
- (2) 组态存储器容量（最大值）：768 KB。
- (3) 显示器：116mm×87mm 监控界面，分辨率为 320×240（像素），工作屏幕区域 116mm×87mm。
- (4) 操作元素：触摸屏（电阻模拟）。
- (5) 画面数量：100；每个画面的域数：50；每个画面的变量数：50。
- (6) 外部尺寸：W×H（mm）= 212×156；安装孔：W×H（mm）= 198×142；安装深度：45mm。
- (7) 额定电压：24 V（DC）；允许的电压范围：+18.0~+30.0 V（DC）；允许的最大瞬态电压：35 V（500 ms）；
两种瞬态之间的时间最短 50s。

配药程序

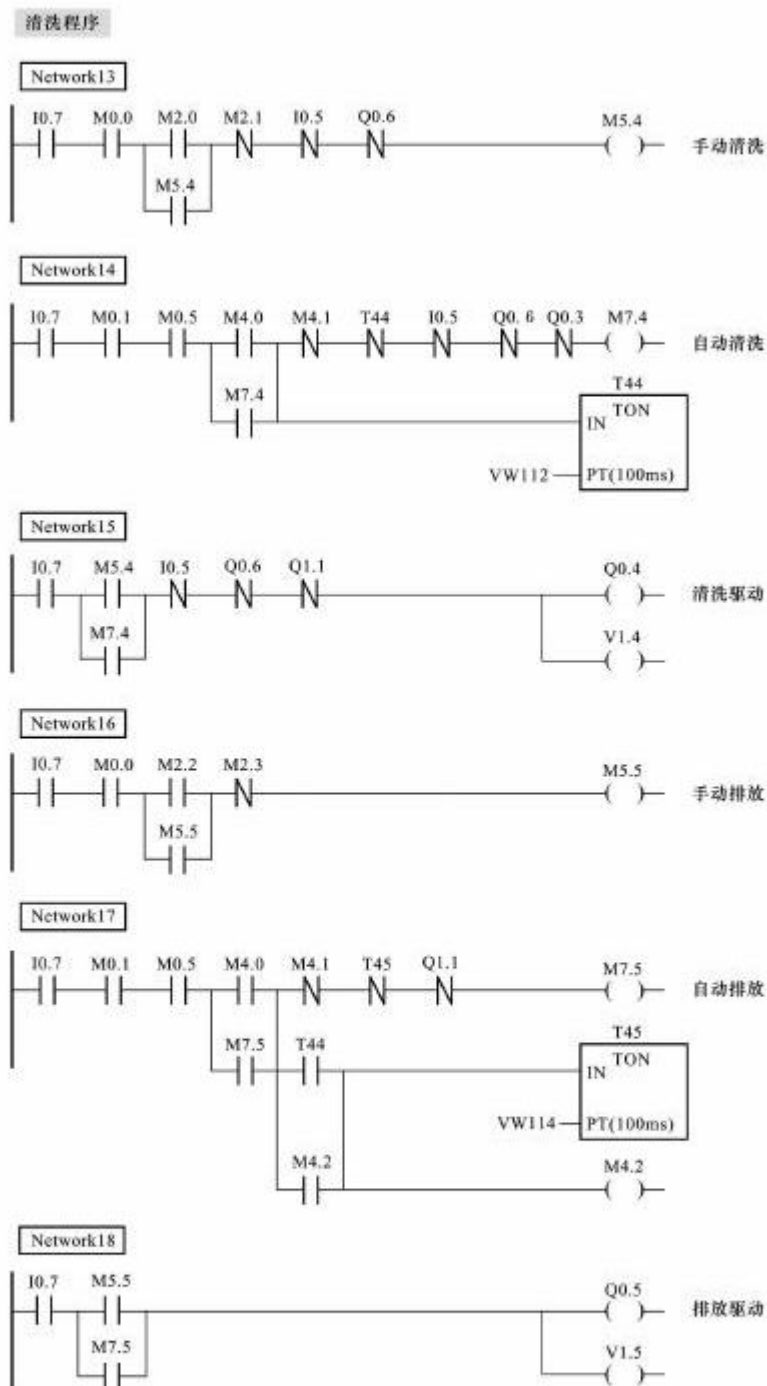


(a)

配药程序



(a)

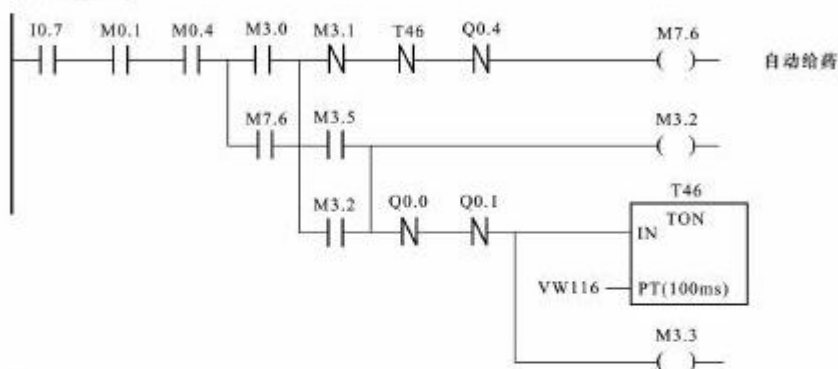


供药程序

Network19



Network20



Network21



Network22



Network23



(d)

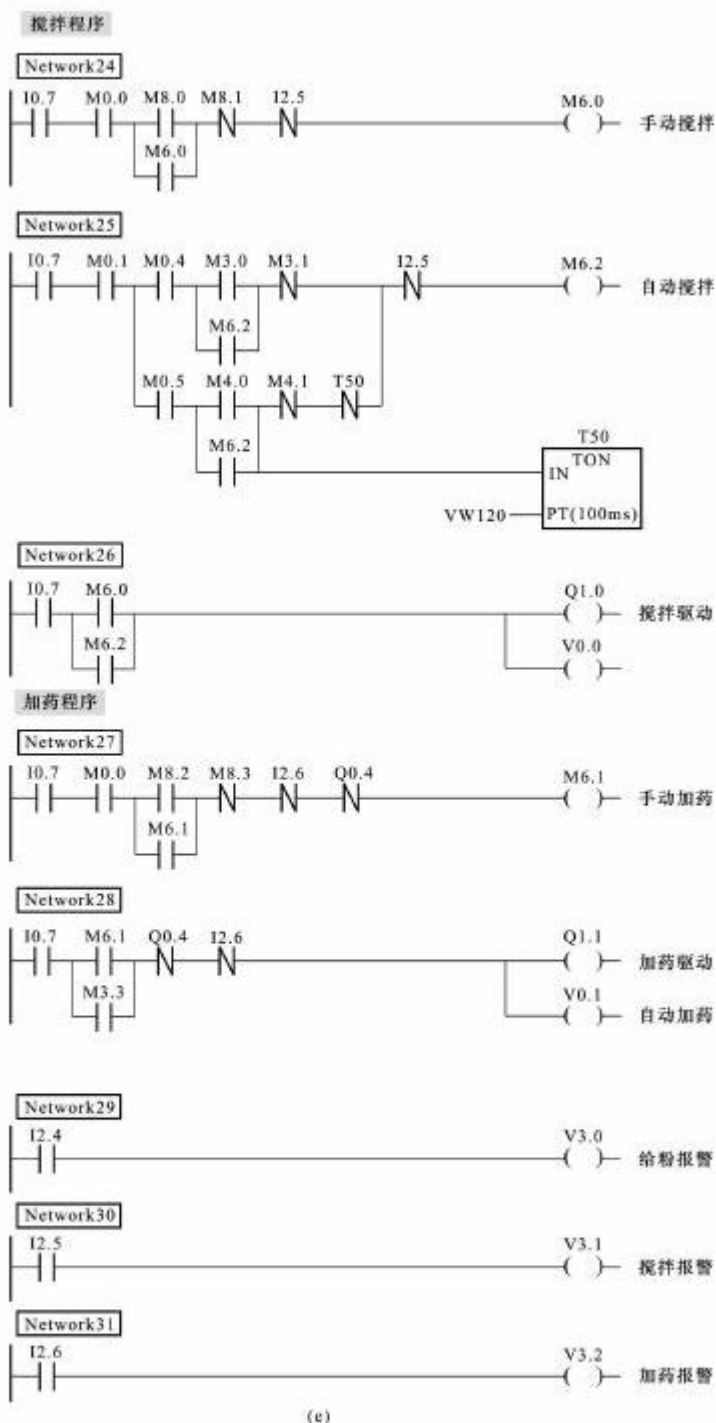


图 6-11 PLC 逻辑控制软件示意图

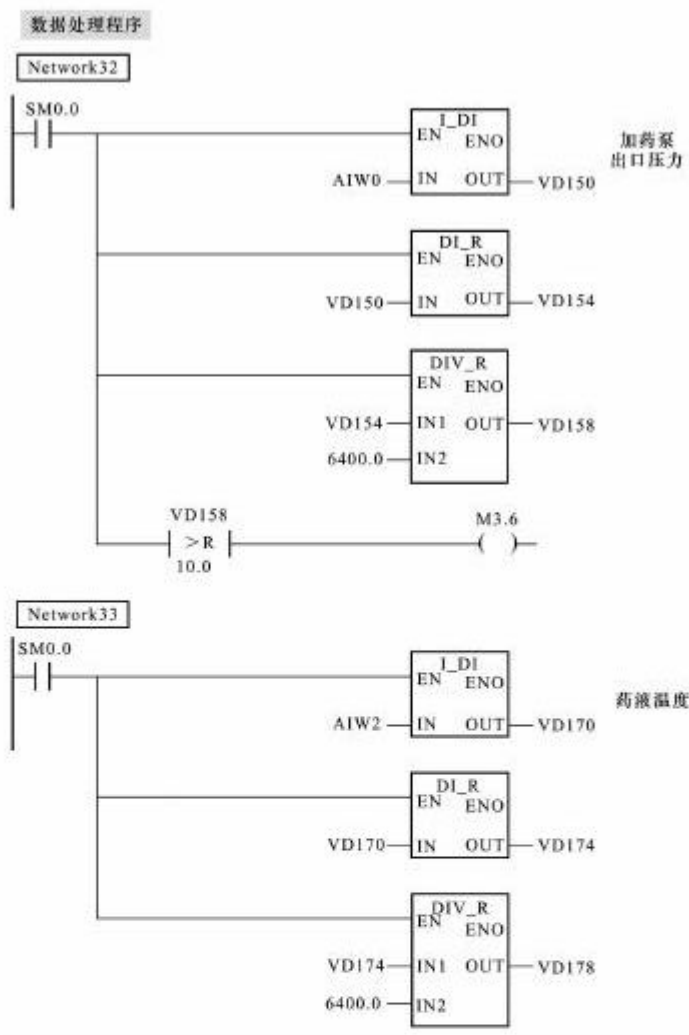


图 6-12 PLC 数据处理软件示意图

(8) TP170B COLOR 背板布置及其接口的用途。

1) TP170B COLOR 背板布置 (见图 6-13)。

2) TP170B COLOR 的各个接口用途描述。

① IF2 接口: 见图 6-14 和表 6-1, 为 RS-232 通信, 供 PC、PU、打印机用。

② IF1 A 接口: 见图 6-15 和表 6-2, 为 RS-232 通信接口, 供 PLC 用。

③ IF1 B 接口: 见图 6-16 和表 6-3, 为 RS-485 (无电位) /RS-422 通信接口, 供 PLC、PC、PU 用。

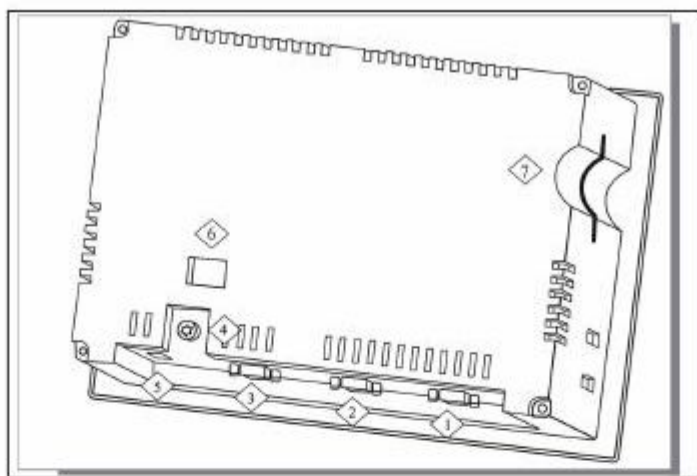


图 6-13 TP170 后侧布置示意图

表 6-1 TP170B COLOR IF2 接口引脚

引脚	RS232
1	—
2	RxD
3	TxD
4	—
5	GND
6	—
7	RTS
8	CTS
9	—

表 6-2 TP170B COLOR IF1A 接口引脚

引脚	RS232
1	DCD
2	RxD
3	TxD
4	DTR
5	GND
6	DSR
7	RTS
8	CTS
9	—

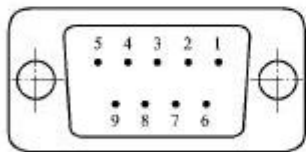


图 6-14 TP170B COLOR IF2 接口示意图

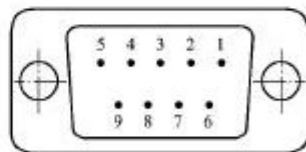


图 6-15 TP170B COLOR IF1A 接口示意图

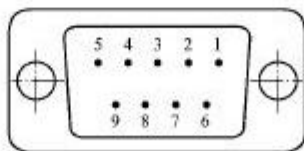


图 6-16 TP170B COLOR IF1B 接口示意图

表 6-3 TP170B COLOR IF1B 接口引脚

引脚	PROFIBUS-DP MPI	RS422	RS485	
1		通常关闭		
2		通常关闭		
3	数据 B	TxD (B)	数据 B	
4	—	RxD (B)	—	
5	GND (浮接状态, 空闲)			
6	+5V (浮接状态, 空闲)			
7	通常关闭			
8	数据 A	TxD (A)	数据 A	
9	—	RxD (A)	—	



图 6-17 电源接口示意图

④接地接头：用于连接到机柜地线。

⑤电源接口：如图 6-17 所示，操作单元电源以 2 针插头连接器连接到单元下侧电源接口。其中的 2 针接线盒的电缆的横截面不大于 2.5 mm²。

“1”针连接电源“+24 V (DC)”，“2”针连接电源“-24 V (DC) (即 GND 端)”。

⑥拨码开关：用于配置接口 IF1B 接口，可为 RS 485 转换 RTS 信号，RS-422 接收数据。在缺省状态下，同级通信不需要 RTS 信号。配置接口 IF1B 接口所允许的开关设置。

A. 当 TP170B 或 OP170B 与 PLC 之间使用 MPI 标准电缆通信时，设置如图 6-18 所示，这也是出厂的默认设置。

B. 当 TP170B 或 OP170B 与 PLC 之间使用 RS-422/RS-485 方式通信时，设置如图 6-19 所示。

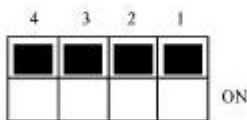


图 6-18 拨码开关设置示意图

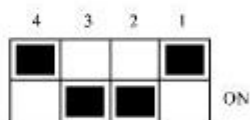


图 6-19 拨码开关设置示意图

C. 当 TP170B 或 OP170B 与 PLC 之间使用 PROFIBUS-DP/MPI 方式通信时，设置如图 6-20 所示，有三种设置。



(a)



(b)



(c)

图 6-20 拨码开关设置示意图

⑦插槽：供存储卡 (CF 卡) 用。

2. 组态 TP170B COLOR 的“Protoool 6.0”软件的启动、选型及画面建立的操作

(1) 启动“Protoool 6.0”软件。

(2) 按下“Ctrl”+“N”键或单击“新建”，会自动出现如图 6-21 所示的对话框。



图 6-21 选择 TP170B COLOR 触摸屏示意图

(3) 从选择框选择“TP170B COLOR”。

(4) 单击“下一步”按钮选择 PLC。

(5) 按选择 SIMATIC S7-200 示意图（自动出现的对话框如图 6-22 所示）选择“S7-200 V6.0”。



图 6-22 选择 SIMATIC S7-200 示意图

(6) 单击“完成”进入“项目-PR01”编辑画面（自动出现的对话框如图 6-23 所示）。



图 6-23 进入“项目-PR01”编辑画面示意图

(7) 建立控制画面：鼠标左键双击左侧栏目中的“画面”，建立第一个“画面-PIC_1-PR01”（见图 6-24），接下来可以开始编辑控制画面。

1) 设置画面属性: 用鼠标选择画面下部, 通过菜单“编辑”→“属性”或将鼠标移至画面下部的上方单击右键选择“属性”, 出现“属性”对话框“PIC_1”(见图 6-25)。

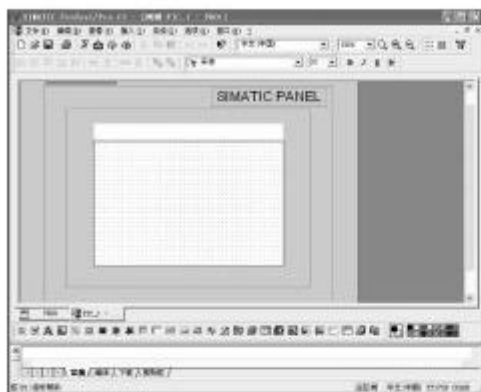


图 6-24 新建“画面—PIC_1—PRO1”示意图



图 6-25 设置画面“PIC_1”的属性示意图

2) 在跳出的“PIC_1”对话框中设置画面的背景色(即显示的颜色)、是否启动画面、画面的编号等。选定后单击“应用”或“确认”完成对画面的属性设置。



图 6-26 设置画面“PIC_1”固定窗口的属性示意图

3) 设置画面“固定窗口”属性: 用鼠标选择画面上部, 通过菜单“编辑”→“属性”或将鼠标移至画面上部的上方单击右键选择“属性”。

4) 在跳出的“属性—固定窗口”对话框(见图 6-26)中设置画面固定窗口的背景颜色(即固定窗口显示的颜色)。选定后单击“确认”完成对画面固定窗口的设置。

(8) 本案例共需要 5 幅控制画面。继续重复(7), 逐步完成“画面—PIC_2—PRO1”、“画面—PIC_3—PRO1”、“画面—PIC_4—PRO1”、“画面—PIC_5—PRO1”。

3. 画面功能

- (1) 各画面均能相互切换。
- (2) 控制功能: 能手动、自动控制加药系统设备的运行、停止。
- (3) 监控功能: 监控并显示整个加药系统及其设备的状态。
- (4) 参数设定功能: 通过对工序时间及温度参数的设定来自动完成整个配药、加药过程。

4. 整个加药系统的 TP170B COLOR 触摸屏画面配置

- (1) 主画面如图 6-27 所示。
- (2) 配药系统控制画面如图 6-28 所示。
- (3) 加药系统控制画面如图 6-29 所示。
- (4) 自动控制画面如图 6-30 所示。
- (5) 消息记录画面如图 6-31 所示。

5. 变量配置

(1) 建立变量。回到“图 6-23 进入“项目—PRO1”编辑画面示意图”, 鼠标左键双击左侧栏目中的“变量”, 建立第一个变量“VAR_1”(图 6-32 建立变量示意图), 接下来可以开始设置变量。

变量设置: 如图 6-33 所示的选项栏示意图。变量名称设置为“VAR_1_MAN”, 意思为手动控制方式。



图 6-27 主画面示意图

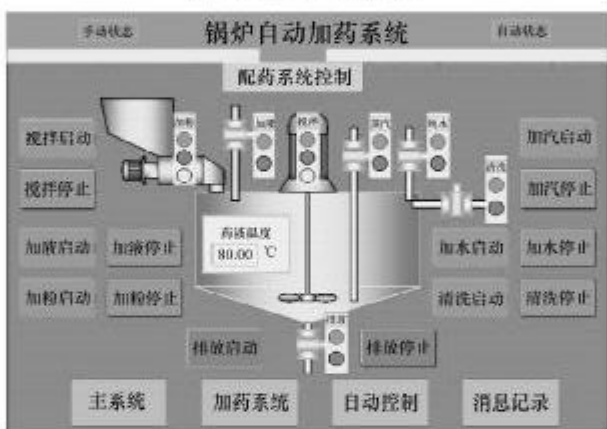


图 6-28 配药系统控制画面示意图

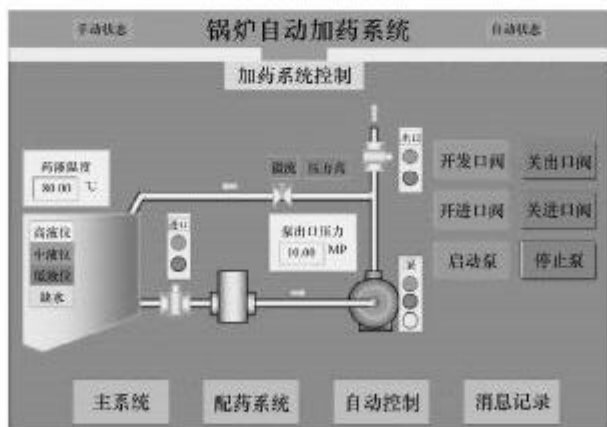


图 6-29 加药系统控制画面示意图

手动状态		锅炉自动加药系统			自动状态		
自动控制							
正在加药		内容	设定值	实际值	单位	正在清洗	
		溶液温度	80.00	81.00	℃		



图 6-33 设置变量“常规”选项栏示意图

(2) 配置位变量：以下均照 (1) 进行。

VAR_1_MAN——手动方式，位地址为“M0.0”；

VAR_2_AUTO——自动方式，位地址为“M0.1”；

VAR_3_AUTO_YAO——自动加药，位地址为“M0.4”；

VAR_4_AUTO_XI——自动清洗，位地址为“M0.5”；

VAR_5_FEN_MAN_START——手动加粉启动，位地址为“M1.0”；

VAR_6_FEN_MAN_STOP——手动加粉停止，位地址为“M1.1”；

VAR_7_YE_MAN_START——手动加液启动，位地址为“M1.2”；

VAR_8_YE_MAN_STOP——手动加液停止，位地址为“M1.3”；

VAR_9_QI_MAN_START——手动加汽启动，位地址为“M1.4”；

VAR_10_QI_MAN_STOP——手动加汽停止，位地址为“M1.5”；

VAR_11_SHUI_MAN_START——手动加水启动，位地址为“M1.6”；

VAR_12_SHUI_MAN_STOP——手动加水停止，位地址为“M1.7”；

VAR_13_XI_MAN_START——手动清洗启动，位地址为“M2.0”；

VAR_14_XI_MAN_STOP——手动清洗停止，位地址为“M2.1”；

VAR_15_FANG_MAN_START——手动排放启动，位地址为“M2.2”；

VAR_16_FANG_MAN_STOP——手动排放停止，位地址为“M2.3”；

VAR_17_GEI_MAN_START——手动给药启动，位地址为“M2.4”；

VAR_18_GEI_MAN_STOP——手动给药停止，位地址为“M2.5”；

VAR_19_CHU_MAN_START——手动出药启动，位地址为“M2.6”；

VAR_20_CHU_MAN_STOP——手动出药停止，位地址为“M2.7”；

VAR_21_BAN_MAN_START——手动搅拌器启动，位地址为“M8.0”；

VAR_22_BAN_MAN_STOP——手动搅拌器停止，位地址为“M8.1”；

VAR_23_BENG_MAN_START——手动加药泵启动，位地址为“M8.2”；

VAR_24_BENG_MAN_STOP——手动加药泵停止，位地址为“M8.3”；

VAR_25_YAO_AUTO_START——自动加药启动，位地址为“M3.0”；

VAR_26_YAO_AUTO_STOP——自动加药停止，位地址为“M3.1”；

VAR_27_XI_AUTO_START——自动清洗启动，位地址为“M4.0”；

VAR_28_XI_AUTO_STOP——自动清洗停止，位地址为“M4.1”；

VAR 69 P_AL——加药泵出口压力报警，位地址为“M3.6”；
VAR 29 WUWEI_L——低物位，位地址为“I0.0”；
VAR 30 WUWEI_M——中物位，位地址为“I0.1”；
VAR 31 WUWEI_H——高物位，位地址为“I0.2”；
VAR 32 SHUIWEI_L——低水位，位地址为“I0.3”；
VAR 33 SHUIWEI_M——中水位，位地址为“I0.4”；
VAR 34 SHUIWEI_H——高水位，位地址为“I0.5”；
VAR 35 ANQUAN——安全阀，位地址为“I0.6”；
VAR 36 FEN——加粉工作，位地址为“I1.0”；
VAR 37 YE——加液工作，位地址为“I1.1”；
VAR 38 QI——加汽工作，位地址为“I1.2”；
VAR 39 SHUI——加水工作，位地址为“I1.3”；
VAR 40 XI——清洗工作，位地址为“I1.4”；
VAR 41 FANG——排放工作，位地址为“I1.5”；
VAR 42 GEI——给药工作，位地址为“I2.0”；
VAR 43 CHU——出药工作，位地址为“I2.1”；
VAR 44 BAN——搅拌工作，位地址为“I2.2”；
VAR 45 BENG——加药泵工作，位地址为“I2.3”；
VAR 46 FEN_AL——加粉报警，位地址为“I2.4”；
VAR 47 BAN_AL——搅拌器报警，位地址为“I2.5”；
VAR 48 BENG_AL——加药泵报警，位地址为“I2.6”；
VAR 49 FEN_D——绞龙给料，位地址为“Q0.0”；
VAR 50 YE_D——加液，位地址为“Q0.1”；
VAR 51 QI_D——加汽，位地址为“Q0.2”；
VAR 52 SHUI_D——加水，位地址为“Q0.3”；
VAR 53 XI_D——清洗，位地址为“Q0.4”；
VAR 54 FANG_D——排放，位地址为“Q0.5”；
VAR 55 GEI_D——给药，位地址为“Q0.6”；
VAR 56 CHU_D——出药，位地址为“Q0.7”；
VAR 57 BAN_D——搅拌器，位地址为“Q1.0”；
VAR 58 BENG_D——加药泵，位地址为“Q1.1”。

(3) 配置字变量。

VAR 59 BENG_P——加药泵出口压力，实数类型，双字地址为“VD158”；
VAR 60 YAoyE_T——药液温度显示，实数类型，双字地址为“VD178”；
VAR 61 YAoyE_Tset——药液温度设定，实数类型，双字地址为“VD10”；
VAR 62 AUTO_FEN——加粉时间，整数类型，字地址为“VW100”；
VAR 63 AUTO_YE——加液时间，整数类型，字地址为“VW102”；
VAR 64 AUTO_SHUI——加水时间，整数类型，字地址为“VW110”；
VAR 65 AUTO_XI——加清洗水时间，整数类型，字地址为“VW112”；
VAR 66 AUTO_FANG——排放时间，整数类型，字地址为“VW114”；
VAR 67 AUTO_JIAYAO——自动加药时间，整数类型，字地址为“VW116”；
VAR 68 AUTO_BAN——自动搅拌时间，整数类型，字地址为“VW120”。

6. 画面切换、控制按钮设置

(1) 按钮设置。

1) 画面切换按钮设置。

①单击按钮图标新建一按钮，会自动跳出“按钮”对话框，见图 6-34 设置步骤及方法如下：



图 6-34 设置切换按钮“常规”选项栏示意图

在“按钮”对话框的“常规”选项栏中设置按钮文本内容及对齐方式等。

用作切换画面的按钮“按钮文本”内容通常为所指向的画面名称，如本案例中的“配药系统”、“消息记录”等。

在切换按钮对话框的“功能”选项栏中设置：事件选项功能选择“按钮释放时”，见图 6-35。



图 6-35 设置切换按钮“功能”选项栏示意图

在出现的“选择对象”对话框中选择“选择_画面_固定的”，单击“添加”按钮，见图 6-36。

在“参数-选择_画面_固定的”对话框中，将“画面名称”选定为要打开的画面名称代号，单击“确定”按钮，最后单击“按钮”对话框的“确定”完成设置（见图 6-37）。



图 6-36 设置按钮功能“选择对象”示意图



图 6-37 设置按钮“参数”示意图

“按钮”对话框的“字体”、“颜色”等选项栏较为简单，在此不多讲述，可根据实际情况设置。在将按钮用作切换画面的按钮时，其他选项栏可默认。

② 本案例中的画面切换按钮的设置。

主系统：“功能”选项栏→“按钮释放时”→“选择_画面_固定的”→“PIC_1”。

配药系统：“功能”选项栏→“按钮释放时”→“选择_画面_固定的”→“PIC_2”。

加药系统：“功能”选项栏→“按钮释放时”→“选择_画面_固定的”→“PIC_3”。

自动控制：“功能”选项栏→“按钮释放时”→“选择_画面_固定的”→“PIC_4”。

消息记录：“功能”选项栏→“按钮释放时”→“选择_画面_固定的”→“PIC_5”。

上述内容在本案例中的所有的画面中都相同，制作时复制即可。

2) 控制按钮设置。

① 单击按钮图标新建一按钮，会自动跳出“按钮”对话框（与切换按钮相同），如图 6-38 所示，设置步骤及方法如下：

在“为事件选择功能(F)”中选择“按钮按下时(O)”。在出现的对话框（见图 6-39）中选择“编辑位”→“复位”，再按“添加”按钮。



图 6-38 设置控制按钮“功能”示意图



图 6-39 设置控制按钮功能“选择对象”示意图

在出现的“参数—复位”对话框中设置“位:”选择相应的变量(见图 6-40)。

按图 6-38 中,在“为事件选择功能(F)”中选择“按钮释放时(O)”(见图 6-41)。在出现的对话框中选择“编辑位”→“置位”,再按“添加”按钮(见图 6-42)。



图 6-40 设置控制按钮“参数”示意图



图 6-41 设置控制按钮“功能(释放)”示意图

在出现的“参数—复位”对话框中设置“位:”选择相应的变量(见图 6-43)。



图 6-42 设置控制按钮功能“选择对象”示意图



图 6-43 设置控制按钮“参数”示意图

最后,按照图 6-38 在“为事件选择功能(F)”中可以开到“按钮释放时(I)”和“按钮按下时(I)”(见图 6-44)。单击“确认”按钮完成设置。

画面切换按钮和控制按钮用作操作的最主要的设置就是“常规”和“功能”,在要求不是很高的场合,其他选项可以默认。

② 本案例中的控制按钮的设置,均按①进行。

③ 在实际应用时,按钮还可用作显示,具体步骤如下。

双击选定的控制按钮,跳出“按钮”对话框,选择“属性”选项栏(见图 6-45)。

单击“属性”选项栏中的“□指针化(M)”按钮,跳出“控制变量”窗口(见图 6-46)。

在“控制变量”窗口中选择对应的变量,单击“确定”。

回到“属性”选项栏后设置如下:“类型”选择“位”;“状态 0”的“闪烁(F)”根据需要选择“开”或“关”,“前景”和“前景”根据需要选择颜色,单击“添加(A)”按钮进行添加。同理,对“状态 1”进行选择 and 添加(见图 6-47)。



图 6-44 设置完成的控制按钮的“功能”示意图



图 6-45 设置按钮“属性”示意图



图 6-46 设置按钮“控制变量”示意图



图 6-47 设置按钮显示(添加状态)示意图

④ 本案例中的控制按钮。

A. 主画面的控制按钮：只做控制用。

手动方式——按下时对准变量 VAR_2_AUTO，复位“M0.1”；释放时对准变量 VAR_1_MAN，置位“M0.0”；

自动方式——按下时对准变量 VAR_1_MAN，按下时复位“M0.0”，释放时对准变量 VAR_2_AUTO，置位“M0.1”。

B. 配药系统控制画面的控制按钮：做控制和显示用。

加粉启动——功能变量为 VAR_5_FEN_MAN_START，按下时置位“M1.0”，释放时复位“M1.0”；控制变量为 VAR_49_FEN_D，位地址为“Q0.0”，“0”值时按钮不闪烁，“1”值时按钮闪烁；

加粉停止——功能变量为 VAR_6_FEN_MAN_STOP，按下时置位“M1.1”，释放时复位“M1.1”；控制变量为 VAR_49_FEN_D，位地址为“Q0.0”，“1”值时按钮不闪烁，“0”值时按钮闪烁；

加液启动——功能变量为 VAR_7_YE_MAN_START，按下时置位“M1.2”，释放时复位“M1.2”；控制变量为 VAR_50_YE_D，位地址为“Q0.1”，“0”值时按钮不闪烁，“1”值时按钮闪烁；

加液停止——功能变量为 VAR_8_YE_MAN_STOP，按下时置位“M1.3”，释放时复位

“M1.3”；控制变量为 VAR_50_YE_D，位地址为“Q0.1”，“1”值时按钮不闪烁，“0”值时按钮闪烁；

加汽启动——功能变量为 VAR_9_QI_MAN_START，按下时置位“M1.4”，释放时复位“M1.4”；控制变量为 VAR_51_QI_D，位地址为“Q0.2”，“0”值时按钮不闪烁，“1”值时按钮闪烁；

加汽停止——功能变量为 VAR_10_QI_MAN_STOP，按下时置位“M1.5”，释放时复位“M1.5”；控制变量为 VAR_51_QI_D，位地址为“Q0.2”，“1”值时按钮不闪烁，“0”值时按钮闪烁；

加水启动——功能变量为 VAR_11_SHUI_MAN_START，按下时置位“M1.6”，释放时复位“M1.6”；控制变量为 VAR_52_SHUI_D，位地址为“Q0.3”，“0”值时按钮不闪烁，“1”值时按钮闪烁；

加水停止——功能变量为 VAR_12_SHUI_MAN_STOP，按下时置位“M1.7”，释放时复位“M1.7”；控制变量为 VAR_52_SHUI_D，位地址为“Q0.3”，“1”值时按钮不闪烁，“0”值时按钮闪烁；

清洗启动——功能变量为 VAR_13_XI_MAN_START，按下时置位“M2.0”，释放时复位“M2.0”；控制变量为 VAR_53_XI_D，位地址为“Q0.4”，“0”值时按钮不闪烁，“1”值时按钮闪烁；

清洗停止——功能变量为 VAR_14_XI_MAN_STOP，按下时置位“M2.1”，释放时复位“M2.1”位；控制变量为 VAR_53_XI_D，位地址为“Q0.4”，“1”值时按钮不闪烁，“0”值时按钮闪烁；

排放启动——功能变量为 VAR_15_FANG_MAN_START，按下时置位“M2.2”，释放时复位“M2.2”；控制变量为 VAR_54_FANG_D，位地址为“Q0.5”，“0”值时按钮不闪烁，“1”值时按钮闪烁；

排放停止——功能变量为 VAR_16_FANG_MAN_STOP，按下时置位“M2.3”，释放时复位“M2.3”；控制变量为 VAR_54_FANG_D，位地址为“Q0.5”，“1”值时按钮不闪烁，“0”值时按钮闪烁；

搅拌启动——功能变量为 VAR_21_BAN_MAN_START，按下时置位“M8.0”，释放时复位“M8.0”；控制变量为 VAR_57_BAN_D，位地址为“Q1.0”，“0”值时按钮不闪烁，“1”值时按钮闪烁；

搅拌停止——功能变量为 VAR_22_BAN_MAN_STOP，按下时置位“M8.1”，释放时复位“M8.1”；控制变量为 VAR_57_BAN_D，位地址为“Q1.0”，“1”值时按钮不闪烁，“0”值时按钮闪烁。

C. 加药系统控制画面的控制按钮：做控制和显示用。

开进口阀——功能变量为 VAR_17_GEI_MAN_START，按下时置位“M2.4”，释放时复位“M2.4”；控制变量为 VAR_55_GEI_D，位地址为“Q0.6”，“0”值时按钮不闪烁，“1”值时按钮闪烁；

关进口阀——功能变量为 VAR_18_GEI_MAN_STOP，按下时置位“M2.5”，释放时复位“M2.5”；控制变量为 VAR_55_GEI_D，位地址为“Q0.6”，“1”值时按钮不闪烁，“0”值时按钮闪烁；

开出口阀——功能变量为 VAR_19_CHU_MAN_START，按下时置位“M2.6”，释放时复位“M2.6”；控制变量为 VAR_56_CHU_D，位地址为“Q0.7”，“0”值时按钮不闪烁，“1”值时按钮闪烁；

关出口阀——功能变量为 VAR_20_CHU_MAN_STOP，按下时置位“M2.7”，释放时复位“M2.7”；控制变量为 VAR_56_CHU_D，位地址为“Q0.7”，“1”值时按钮不闪烁，“0”值时按钮闪烁；

启动泵——功能变量为 VAR_23_BENG_MAN_START，按下时置位“M8.2”，释放时复位“M8.2”；控制变量为 VAR_58_BENG_D，位地址为“Q1.1”，“0”值时按钮不闪烁，“1”值时按钮闪烁；

停止泵——功能变量为 VAR_24_BENG_MAN_STOP，按下时置位“M8.3”，释放时复位“M8.3”；控制变量为 VAR_58_BENG_D，位地址为“Q1.1”，“1”值时按钮不闪烁，“0”值时按钮闪烁。

D. 自动控制画面的控制按钮：做控制和显示用。

自动加药——按下时对准功能变量 VAR_4_AUTO_X，复位“M0.5”，释放时对准功能变量 VAR_3_AUTO_YAO，置位“M0.4”；控制变量为 VAR_3_AUTO_YAO，位地址为“M0.4”为“0”值时按钮不闪烁，“M0.4”为“1”值时按钮闪烁；

自动清洗——按下时对准功能变量 VAR_3_AUTO_YAO，复位“M0.4”，释放时对准功能变量 VAR_4_AUTO_X，置位“M0.5”；控制变量为 VAR_4_AUTO_X，位“M0.5”为“0”值时按钮不闪烁，“M0.5”为“1”值时按钮闪烁；

自动配药加药启动——功能变量为 VAR_25_YAO_AUTO_START，按下时置位“M3.0”，释放时复位“M3.0”；“M3.0”为“0”值时按钮不闪烁，“M3.0”为“1”值时按钮闪烁；

自动配药加药停止——功能变量为 VAR_26_YAO_AUTO_STOP，按下时置位“M3.1”，释放时复位“M3.1”；“M3.1”为“0”值时按钮不闪烁，“M3.1”为“1”值时按钮闪烁；

自动清洗启动——功能变量为 VAR_27_XI_AUTO_START，按下时置位“M4.0”，释放时复位“M4.0”；“M4.0”为“0”值时按钮不闪烁，“M4.0”为“1”值时按钮闪烁；

自动清洗停止——功能变量为 VAR_28_XI_AUTO_STOP，按下时置位“M4.1”，释放时复位“M4.1”。“M4.1”为“0”值时按钮不闪烁，“M4.1”为“1”值时按钮闪烁；

(2) 指示灯设置。

1) 表示系统、设备状态及工质位置的方形灯。

本案例中使用状态视图做表示系统、设备状态及工质位置的方形灯。

①在固定窗口和基本区（PIC窗口）中添加状态视图；

②双击状态视图进行设置；

对“常规”选项栏中的“类型”、“显示”、“关”状态文本、“开”状态文本进行设置，如图 6-48 所示。

对“属性”选项栏中的“类型”、“ 指针化 (M)”进行设置，并添加状态，如图 6-49 所示。

单击“属性”选项栏中的“ 指针化 (M)”对“控制变量”进行设置，并添加状态，如图 6-50 所示。

对于“字体”、“颜色”等的设置较为简单，可根据实际情况设置。

③使用状态视图在固定窗口中做表示系统状态的方形灯，即“手动方式”和“自动方式”方型指示灯。

手动方式：在“常规”选项栏中将“类型”设为“两种状态”，“显示”设为“文本”，“关”状态文本为空，“开”状态文本为“手动方式”；在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为粉红色，接着单击“属性”选项栏中的“ 指针

化 (M)”将“控制变量”设置为“VAR_1_MAN”(手动方式,位地址为“M0.0”);表示加药系统处在手动控制方式。



图 6-48 设置状态视图“常规”示意图



图 6-49 设置状态视图“属性”示意图

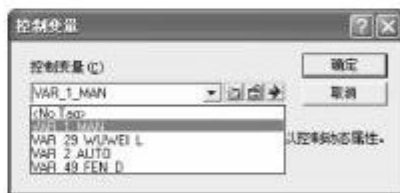


图 6-50 设置状态视图“控制变量”示意图

自动方式:在“常规”选项栏中将“类型”设为“两种状态”,“显示”设为“文本”,“关”状态文本为空,“开”状态文本为“自动方式”;在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”,添加“0”和“1”状态,并设置“闪烁”在状态“0”时无效,在状态“1”时有效,“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色,在状态“1”时为桔黄色,接着单击“属性”选项栏中的“指针化 (M)”将“控制变量”设置为“VAR_2_AUTO”(自动方式,位地址为“M0.1”);表示加药系统处在自动控制方式。

④使用状态视图在主画面的基本区 (PIC 窗口) 中做表示设备状态的方形灯。

加粉:在“常规”选项栏中将“类型”设为“两种状态”,“显示”设为“文本”,“关”状态文本为空,“开”状态文本为“加粉”;在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”,添加“0”和“1”状态,并设置“闪烁”在状态“0”时无效,在状态“1”时有效,“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色,在状态“1”时为绿色,接着单击“属性”选项栏中的“指针化 (M)”将

“控制变量”设置为“VAR_49_FEN_D”（绞龙给料加粉，位地址为“Q0.0”）；表示配药系统在进行加药粉。

加液：在“常规”选项栏中将“类型”设为“两种状态”，“显示”设为“文本”，“关”状态文本为空，“开”状态文本为“加液”；在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为绿色，接着单击“属性”选项栏中的“指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_50_YE_D”（加液，位地址为“Q0.1”）；表示配药系统在进行加药液。

加汽：在“常规”选项栏中将“类型”设为“两种状态”，“显示”设为“文本”，“关”状态文本为空，“开”状态文本为“加汽”；在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为绿色，接着单击“属性”选项栏中的“指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_51_QI_D”（加汽，位地址为“Q0.2”）；表示配药系统在对配置的药液进行加汽（加温）。

加水：在“常规”选项栏中将“类型”设为“两种状态”，“显示”设为“文本”，“关”状态文本为空，“开”状态文本为“加水”；在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为绿色，接着单击“属性”选项栏中的“指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_52_SHUI_D”（加水，位地址为“Q0.3”）；表示配药系统在对配置的药液进行加纯水。

清洗：在“常规”选项栏中将“类型”设为“两种状态”，“显示”设为“文本”，“关”状态文本为空，“开”状态文本为“清洗”；在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为绿色，接着单击“属性”选项栏中的“指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_53_XI_D”（清洗，位地址为“Q0.4”）；表示配药系统在对搅拌机进行清洗加水。

排放：在“常规”选项栏中将“类型”设为“两种状态”，“显示”设为“文本”，“关”状态文本为空，“开”状态文本为“排放”；在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为绿色，接着单击“属性”选项栏中的“指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_54_FANG_D”（排放，位地址为“Q0.5”）；表示配药系统在对搅拌机进行排放。

给药：在“常规”选项栏中将“类型”设为“两种状态”，“显示”设为“文本”，“关”状态文本为空，“开”状态文本为“给药”；在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为绿色，接着单击“属性”选项栏中的“指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_55_GEI_D”（给药，位地址为“Q0.6”）；表示加药系统在开启给药阀。

出药：在“常规”选项栏中将“类型”设为“两种状态”，“显示”设为“文本”，“关”状态文本为空，“开”状态文本为“出药”；在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为绿色，接着单击“属性”选项栏中的“指针化(M)”将

“控制变量”设置为“VAR_56_CHU_D”（出药，位地址为“Q0.7”）；表示加药系统在开启出药阀。

搅拌：在“常规”选项栏中将“类型”设为“两种状态”，“显示”设为“文本”，“关”状态文本为空，“开”状态文本为“搅拌”；在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为绿色，接着单击“属性”选项栏中的“指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_57_BAN_D”（搅拌，位地址为“Q1.0”）；表示配药系统在开启搅拌器。

加药：在“常规”选项栏中将“类型”设为“两种状态”，“显示”设为“文本”，“关”状态文本为空，“开”状态文本为“加药”；在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为绿色，接着单击“属性”选项栏中的“指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_58_BENG_D”（加药，位地址为“Q1.1”）；表示加药系统在开启加药泵。

⑤使用状态视图在主画面的基本区（PIC窗口）中做表示工质（药粉及配好药液）位置及状态的方形灯。

低药位：在“常规”选项栏中将“类型”设为“两种状态”，“显示”设为“文本”，“关”状态文本为“缺药粉”，“开”状态文本为“低药位”；在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为黄色，在状态“1”时为红色，接着单击“属性”选项栏中的“指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_29_WUWEI_L”（低药位，位地址为“I0.0”）；表示药粉斗内的药粉在低位及缺药粉。

中药位：在“常规”选项栏中将“类型”设为“两种状态”，“显示”设为“文本”，“关”状态文本为空，“开”状态文本为“中药位”；在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为绿色，接着单击“属性”选项栏中的“指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_30_WUWEI_M”（中药位，位地址为“I0.1”）；表示药粉斗内的药粉在中位。

高药位：在“常规”选项栏中将“类型”设为“两种状态”，“显示”设为“文本”，“关”状态文本为空，“开”状态文本为“高药位”；在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为浅兰色，接着单击“属性”选项栏中的“指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_31_WUWEI_H”（高药位，位地址为“I0.2”）；表示药粉斗内的药粉在高位。

低水位：在“常规”选项栏中将“类型”设为“两种状态”，“显示”设为“文本”，“关”状态文本为“缺水”，“开”状态文本为“低水位”；在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为黄色，在状态“1”时为红色，接着单击“属性”选项栏中的“指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_32_SHUIWEI_L”（低水位，位地址为“I0.3”）；表示搅拌器内的液位在低位及缺水。

中水位：在“常规”选项栏中将“类型”设为“两种状态”，“显示”设为“文本”，“关”状态文本为“空”，“开”状态文本为“中水位”；在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加

“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为绿色，接着单击“属性”选项栏中的“指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_33_SHUIWEI_M”(中水位，位地址为“I0.4”)；表示搅拌机内的液位在中位。

高水位：在“常规”选项栏中将“类型”设为“两种状态”，“显示”设为“文本”，“关”状态文本为“空”，“开”状态文本为“高水位”；在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为浅蓝色，接着单击“属性”选项栏中的“指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_34_SHUIWEI_H”(高水位，位地址为“I0.5”)；表示搅拌机内的液位在高位。

溢流：在“常规”选项栏中将“类型”设为“两种状态”，“显示”设为“文本”，“关”状态文本为“空”，“开”状态文本为“溢流”；在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为红色，接着单击“属性”选项栏中的“指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_35_ΔNQUAN”(溢流，位地址为“I0.6”)；表示加药出口因某种原因堵塞造成加药泵出口压力高，使安全阀动作并使药液通过安全阀向搅拌机回流。

压力高：在“常规”选项栏中将“类型”设为“两种状态”，“显示”设为“文本”，“关”状态文本为“空”，“开”状态文本为“压力高”；在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为红色，接着单击“属性”选项栏中的“指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_69_P_ΔL”(压力高，位地址为“M3.6”)；表示加药出口因某种原因堵塞造成加药泵出口压力高(安全阀未动作)。

2) 表示设备状态的圆形灯。

本案例中使用圆形做表示设备状态的圆形灯。

- ① 在基本区(PIC窗口)的设备状态框中添加圆；
- ② 双击圆进行设置；

圆的设置相对于状态视图的设置要简单，只需对“属性”选项栏中的“类型”、“指针化(M)”进行设置，并添加状态；如图6-51所示。

单击“属性”选项栏中的“指针化(M)”对“控制变量”进行设置，并添加状态；如图6-52所示。



图 6-51 设置圆“属性”示意图



图 6-52 设置圆“控制变量”示意图

③使用圆形工具在配药系统控制画面的基本区 (PIC 窗口) 中做表示设备状态的圆形灯。

“加粉”框中绿灯：在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为绿色，接着单击“属性”选项栏中的“ 指针化 (M)”将“控制变量”设置为“VAR_36_FEN” (加粉状态，位地址为“11.0”)；表示绞龙式给料机在对搅拌机加药粉。

“加粉”框中红灯：在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“1”时无效，在状态“0”时有效，“前景”、“背景”在状态“1”时为灰白色，在状态“0”时为红色，接着单击“属性”选项栏中的“ 指针化 (M)”将“控制变量”设置为“VAR_36_FEN” (加粉状态，位地址为“11.0”)；表示绞龙式给料机未对搅拌机加药粉。

“加粉”框中黄灯：在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为黄色，接着单击“属性”选项栏中的“ 指针化 (M)”将“控制变量”设置为“VAR_46_FEN_AL” (加粉故障状态，位地址为“12.4”)；表示绞龙式给料机故障。

“加液”框中绿灯：在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为绿色，接着单击“属性”选项栏中的“ 指针化 (M)”将“控制变量”设置为“VAR_37_YE” (加液状态，位地址为“11.1”)；表示加浓药液气动阀在对搅拌机加药液。

“加液”框中红灯：在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“1”时无效，在状态“0”时有效，“前景”、“背景”在状态“1”时为灰白色，在状态“0”时为红色，接着单击“属性”选项栏中的“ 指针化 (M)”将“控制变量”设置为“VAR_37_YE” (加液状态，位地址为“11.1”)；表示加浓药液气动阀未对搅拌机加药液。

“加汽”框中绿灯：在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为绿色，接着单击“属性”选项栏中的“ 指针化 (M)”将“控制变量”设置为“VAR_38_QI” (加汽状态，位地址为“11.2”)；表示加蒸汽气动阀在对搅拌器的药液加汽 (加温)。

“加汽”框中红灯：在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“1”时无效，在状态“0”时有效，“前景”、“背景”在状态“1”时为灰白色，在状态“0”时为红色，接着单击“属性”选项栏中的“ 指针化 (M)”将“控制变量”设置为“VAR_38_QI” (加汽状态，位地址为“11.2”)；表示加蒸汽气动阀未对搅拌器的药液加汽 (加温)。

“加水”框中绿灯：在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为绿色，接着单击“属性”选项栏中的“ 指针化 (M)”将“控制变量”设置为“VAR_39_SHUI” (加水状态，位地址为“11.3”)；表示加纯水气动阀在对搅拌机加水。

“加水”框中红灯：在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“1”时无效，在状态“0”时有效，“前景”、“背景”在状态“1”时为灰白色，在状态“0”时为红色，接着单击“属性”选项栏中的“ 指针化 (M)”将“控制变量”设置为“VAR_39_SHUI” (加水状态，位地址为“11.3”)；表示加纯水气动阀未对搅拌机加水。

“清洗”框中绿灯：在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为绿色，接着单击“属性”选项栏中的“ 指针化 (M)”将“控制变量”设

置为“VAR_40_XI”(清洗加水状态,位地址为“11.4”);表示清洗加水气动阀在对搅拌器加水。

“清洗”框中红灯:在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”,添加“0”和“1”状态,并设置“闪烁”在状态“1”时无效,在状态“0”时有效,“前景”、“背景”在状态“1”时为灰白色,在状态“0”时为红色,接着单击“属性”选项栏中的“指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_40_XI”(清洗加水状态,位地址为“11.4”);表示清洗加水气动阀未对搅拌器加水。

“排放”框中绿灯:在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”,添加“0”和“1”状态,并设置“闪烁”在状态“0”时无效,在状态“1”时有效,“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色,在状态“1”时为绿色,接着单击“属性”选项栏中的“指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_41_FANG”(排放水状态,位地址为“11.5”);表示排放水气动阀在排水。

“排放”框中红灯:在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”,添加“0”和“1”状态,并设置“闪烁”在状态“1”时无效,在状态“0”时有效,“前景”、“背景”在状态“1”时为灰白色,在状态“0”时为红色,接着单击“属性”选项栏中的“指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_41_FANG”(排放水状态,位地址为“11.5”);表示排放水气动阀在排水。

“搅拌”框中绿灯:在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”,添加“0”和“1”状态,并设置“闪烁”在状态“0”时无效,在状态“1”时有效,“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色,在状态“1”时为绿色,接着单击“属性”选项栏中的“指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_44_BAN”(搅拌状态,位地址为“12.2”);表示搅拌器在工作。

“搅拌”框中红灯:在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”,添加“0”和“1”状态,并设置“闪烁”在状态“1”时无效,在状态“0”时有效,“前景”、“背景”在状态“1”时为灰白色,在状态“0”时为红色,接着单击“属性”选项栏中的“指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_44_BAN”(搅拌状态,位地址为“12.2”);表示搅拌器停止。

“搅拌”框中黄灯:在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”,添加“0”和“1”状态,并设置“闪烁”在状态“0”时无效,在状态“1”时有效,“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色,在状态“1”时为黄色,接着单击“属性”选项栏中的“指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_47_BAN_AL”(搅拌故障状态,位地址为“12.5”);表示搅拌器故障。

④使用圆形工具在加药系统控制画面的基本区(PIC窗口)中做表示设备状态的圆形灯。

“给药”框中绿灯:在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”,添加“0”和“1”状态,并设置“闪烁”在状态“0”时无效,在状态“1”时有效,“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色,在状态“1”时为绿色,接着单击“属性”选项栏中的“指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_42_GEI”(给药状态,位地址为“12.0”);表示给药气动阀在对加药泵给药。

“给药”框中红灯:在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”,添加“0”和“1”状态,并设置“闪烁”在状态“1”时无效,在状态“0”时有效,“前景”、“背景”在状态“1”时为灰白色,在状态“0”时为红色,接着单击“属性”选项栏中的“指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_42_GEI”(给药状态,位地址为“12.0”);表示给药气动阀未对加药泵给药。

“出药”框中绿灯:在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”,添加“0”和“1”状态,并设置“闪烁”在状态“0”时无效,在状态“1”时有效,“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色,在状态“1”时为绿色,接着单击“属性”选项栏中的“指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_43_CHU”(出药状态,位地址为“12.0”);表示出药气动阀在对用药系统供药液。

“出药”框中红灯:在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”,添加“0”和“1”状态,并设置“闪烁”在状态“1”时无效,在状态“0”时有效,“前景”、“背景”在状态“1”时为灰白色,在状态“0”时为红色,接着单击“属性”选项栏中的“指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_43_CHU”(出药状态,位地址为“12.0”);表示出药气动阀未对用药系统供药液。

“加药”框中绿灯：在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为绿色，接着单击“属性”选项栏中的“ 指针化 (M)”将“控制变量”设置为“VAR_45_BENG”（加药泵状态，位地址为“I2.3”）；表示加药泵在工作。

“加药”框中红灯：在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“1”时无效，在状态“0”时有效，“前景”、“背景”在状态“1”时为灰白色，在状态“0”时为红色，接着单击“属性”选项栏中的“ 指针化 (M)”将“控制变量”设置为“VAR_45_BENG”（加药泵状态，位地址为“I2.3”）；表示加药泵停止。

“加药”框中黄灯：在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为黄色，接着单击“属性”选项栏中的“ 指针化 (M)”将“控制变量”设置为“VAR_48_BENG_AL”（加药泵故障状态，位地址为“I2.6”）；表示加药泵故障。

(3) 输出域和输入域设置。

1) 输出域设置：可以这样简单地理解，输出域主要是用来显示被控系统的状态参数等。

① 在主画面、配药系统控制画面及加药系统控制画面基本区 (PIC 窗口) 添加输出域：

② 对自动跳出的输出域 (或双击输出域) 对话框 (见图 6-53) 进行设置。

输出域的“字体”、“颜色”设置较为简单，设计者可根据需要自行设置，在此只对“常规”选项栏的设置进行描述：

在显示栏中选择“3-D” (即三维显示数据)、“边框”、“调整”三项。

在显示 (D) 单击“▼”选择“十进制”。

在小数数目 (P) 根据精度要求选择，本案例为“2~3”位。

在 (输出显示) 域长度 (D) 根据所显示数据的要求选择，本案例为“7~8”位。

水平对齐和垂直对齐根据实际情况定。

③ 本案例中的输出域。

(加药) 泵出口压力：数目 (V) 选择变量“VAR_59_BENG_P”，实数类型，双字地址为“VD158”；

药液温度 (监视搅拌器内的药液温度测定值)：数目 (V) 选择变量“VAR_60_YAOYE_T”，实数类型，双字地址为“VD178”。

药液温度 (监视设定值)：数目 (V) 选择变量“VAR_61_YAOYE_Iset”，实数类型，双字地址为“VD10”；

加粉时间：数目 (V) 选择变量“VAR_62_AUTO_FEN”，整数类型，双字地址为“VD100”；

加液时间：数目 (V) 选择变量“VVAR_63_AUTO_YE”，整数类型，双字地址为“VD102”；

加水时间：数目 (V) 选择变量“VAR_64_AUTO_SHUI”，整数类型，双字地址为“VD110”；

清洗时间：数目 (V) 选择变量“VAR_65_AUTO_XI”，整数类型，双字地址为“VD112”；



图 6-53 设置输出域“常规”示意图

排放时间：数目 (V) 选择变量 “VAR_66_AUTO_FANG”，整数类型，双字地址为 “VD114”；

加药时间：数目 (V) 选择变量 “VAR_67_AUTO_JIAYAO”，整数类型，双字地址为 “VD116”；

搅拌时间：数目 (V) 选择变量 “VAR_68_AUTO_BAN”，整数类型，双字地址为 “VD120”。



图 6-54 设置输入域“常规”示意图

2) 输入域设置：可以这样简单地理解，输入域主要是用来设定被控系统的控制参数等。

①在自动控制画面基本区 (PIC 窗口) 的添加输入域：

②对自动跳出的输入域 (或双击输入域) 对话框 (见图 6-54) 进行设置。

输出域的“字体”、“颜色”设置较为简单，设计者可根据需要自行设置，在此只对“常规”选项栏的设置进行描述：

在更新栏中选择“连续地”。

在显示栏中选择“3-D” (即三维显示数据)、“边框”、“调整”三项。

在显示 (D) 单击“▼”选择“十进制”。

在小数数目 (P) 根据精度要求选择，本案例为“2~3”位。

在 (输出显示) 域长度 (D) 根据所显示数据的要求选择，本案例为“7~8”位。

水平对齐和垂直对齐根据实际情况定。

③本案例中的输入域。

药液温度：数目 (V) 选择变量 “VAR_61_YAOYE_Tset”，实数类型，双字地址为 “VD10”；

加粉时间：数目 (V) 选择变量 “VAR_62_AUTO_FEN”，整数类型，双字地址为 “VD100”；

加液时间：数目 (V) 选择变量 “VVAR_63_AUTO_YE”，整数类型，双字地址为 “VD102”；

加水时间：数目 (V) 选择变量 “VAR_64_AUTO_SHUI”，整数类型，双字地址为 “VD110”；

清洗时间：数目 (V) 选择变量 “VAR_65_AUTO_XI”，整数类型，双字地址为 “VD112”；

排放时间：数目 (V) 选择变量 “VAR_66_AUTO_FANG”，整数类型，双字地址为 “VD114”；

加药时间：数目 (V) 选择变量 “VAR_67_AUTO_JIAYAO”，整数类型，双字地址为 “VD116”；

搅拌时间：数目 (V) 选择变量 “VAR_68_AUTO_BAN”，整数类型，双字地址为 “VD120”。

(4) 消息记录：本案例中的消息记录只用来记录配药加药系统设备的启动、停止及绞龙式给粉机、搅拌器、加药泵的故障状态。

1) 建立区域指针：回到图 6-23 的“项目-PR01”编辑画面，在左侧栏目中双击“区域指针”，会出现图 6-55 “插入新的区域指针”对话框，在对话框中选择“事件消息”；接着单击

排放时间：数目 (V) 选择变量 “VAR_66_AUTO_FANG”，整数类型，双字地址为 “VD114”；

加药时间：数目 (V) 选择变量 “VAR_67_AUTO_JIAYAO”，整数类型，双字地址为 “VD116”；

搅拌时间：数目 (V) 选择变量 “VAR_68_AUTO_BAN”，整数类型，双字地址为 “VD120”。



图 6-54 设置输入域“常规”示意图

在小数数目 (P) 根据精度要求选择，本案例为 “2~3” 位。

在 (输出显示) 域长度 (D) 根据所显示数据的要求选择，本案例为 “7~8” 位。

水平对齐和垂直对齐根据实际情况定。

③ 本案例中的输入域。

药液温度：数目 (V) 选择变量 “VAR_61_YAOYE_Tset”，实数类型，双字地址为 “VD10”；

加粉时间：数目 (V) 选择变量 “VAR_62_AUTO_FEN”，整数类型，双字地址为 “VD100”；

加液时间：数目 (V) 选择变量 “VVAR_63_AUTO_YE”，整数类型，双字地址为 “VD102”；

加水时间：数目 (V) 选择变量 “VAR_64_AUTO_SHUI”，整数类型，双字地址为 “VD110”；

清洗时间：数目 (V) 选择变量 “VAR_65_AUTO_XI”，整数类型，双字地址为 “VD112”；

排放时间：数目 (V) 选择变量 “VAR_66_AUTO_FANG”，整数类型，双字地址为 “VD114”；

加药时间：数目 (V) 选择变量 “VAR_67_AUTO_JIAYAO”，整数类型，双字地址为 “VD116”；

搅拌时间：数目 (V) 选择变量 “VAR_68_AUTO_BAN”，整数类型，双字地址为 “VD120”。

(4) 消息记录：本案例中的消息记录只用来记录配药加药系统设备的启动、停止及绞龙式给粉机、搅拌器、加药泵的故障状态。

1) 建立区域指针：回到图 6-23 的“项目-PR01”编辑画面，在左侧栏目中双击“区域指针”，会出现图 6-55 “插入新的区域指针”对话框，在对话框中选择“事件消息”；接着单击

2) 输入域设置：可以这样简单地理解，输入域主要是用来设定被控系统的控制参数等。

① 在自动控制画面基本区 (PIC 窗口) 的添加输入域；

② 对自动跳出的输入域 (或双击输入域) 对话框 (见图 6-54) 进行设置。

输出域的“字体”、“颜色”设置较为简单，设计者可根据需要自行设置，在此只对“常规”选项栏的设置进行描述：

在更新栏中选择“连续地”。

在显示栏中选择“3-D” (即三维显示数据)、“边框”、“调整”三项。

在显示 (D) 单击“▼”选择“十进制”。

“确定”按钮，会出现图 6-56 “事件消息 1”对话框。

在“事件消息 1”对话框中选择（见图 6-56）：PLC (P) 选择：PLC_1；范围 (R) 选择：V，VW 选择：0；长度 [字] 为 1 个字；采样周期为 1s。



图 6-55 设置“插入新的区域指针”对话框示意图



图 6-56 设置“事件消息 1”对话框示意图

单击“事件消息 1”的“确定”按钮又回到图 6-23 的“项目-PR01”编辑画面，继续在左侧栏目中双击“区域指针”，会出现图 6-57 “插入新的区域指针”对话框，在对话框中选择“报警消息”；接着单击“确定”按钮，会出现图 6-58 “报警消息 1”对话框。

在“报警消息 1”对话框中选择：PLC (P) 选择：PLC_1；范围 (R) 选择：V，VW 选择：2；长度 [字] 为 1 个字；采样周期为 1s。

单击“事件消息 1”的“确定”按钮完成区域指针的建立，同时回到图 6-23 的“项目-PR01”编辑画面。在图 6-23 的“项目-PR01”编辑画面单击“消息”，对话框右侧出现“报警消息”、“事件消息”（见图 6-59）。

双击对话框右侧的“事件消息”，会出现图 6-60 “事件消息-PR01”窗口，在窗口中按顺序编辑各设备的启动文本消息。



图 6-57 设置“插入新的区域指针”对话框



图 6-58 设置“报警消息 1”对话框



图 6-59 设置消息对话框

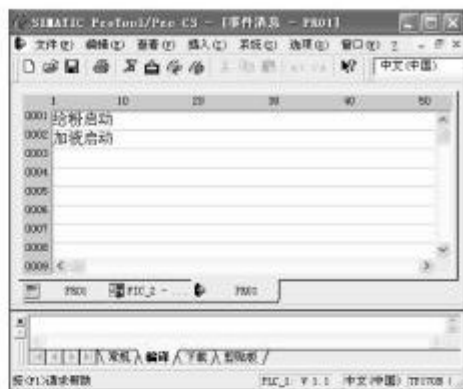


图 6-60 “事件消息-PR01”编辑窗口

2) 编辑“事件消息”。

加粉启动：对应“PLC 1”的地址为“V1.0”；

加液启动：对应“PLC 1”的地址为“V1.1”；

加汽启动：对应“PLC 1”的地址为“V1.2”；

加水启动：对应“PLC 1”的地址为“V1.3”；

清洗启动：对应“PLC 1”的地址为“V1.4”；

排放启动：对应“PLC 1”的地址为“V1.5”；

给药启动：对应“PLC 1”的地址为“V1.6”；

出药启动：对应“PLC 1”的地址为“V1.7”；

搅拌启动：对应“PLC 1”的地址为“V0.0”；

加药启动：对应“PLC 1”的地址为“V0.1”。

3) 编辑“报警消息”：与编辑“事件消息”的方法相同，只不过是双击对话框右侧的“报警消息”，会出现“报警消息-PR01”窗口（见图 6-61），在窗口中按顺序编辑各报案文本消息。

加粉故障：对应“PLC 1”的地址为“V3.0”；

搅拌故障：对应“PLC 1”的地址为“V3.1”；

加药故障：对应“PLC 1”的地址为“V3.2”。

4) 建立并设置“消息视图”。

在“消息记录”画面中，用“消息视图”工具建立一“消息视图”，会自动弹出“消息视图”对话框或选择属性也可弹出“消息视图”对话框（见图 6-62）。在“消息视图”对话框中的“常规”选项栏的“显示”中选择“消息”，并选中“排队消息”和“消息被确认”，在“消息视图”对话框中的“常规”选项栏的“消息等级”中选“报警消息”、“事件消息”、“HMI 系统消息”和“诊断事件”（见图 6-63）。

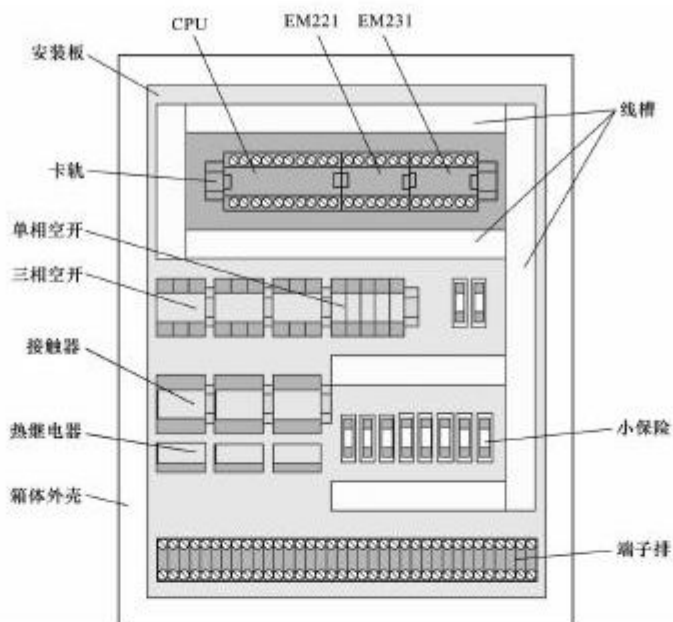


图 6-65 控制箱内部平面布置示意图

- (1) PLC 与线槽之间距离：30~50mm。
- (2) 开关电源与线槽之间距离：30~50mm。
- (3) 端子排与线槽之间距离：30~50mm。
- (4) 小保险与线槽之间距离：30~50mm。
- (5) 空气开关如被线槽包围着，其与线槽之间：30~50mm。
- (6) 开关电源与空气开关、接触器、热继电器之间距离：80~100mm。
- (7) 触摸屏及 PLC 与空气开关、接触器、热继电器之间距离：一般为 100mm 以上。

(二) 控制操作面板布置图

以下提供一种操作面板布置方式，仅作参考，如图 6-66 所示。

七、触摸屏及 PLC 控制系统的（离线）调试

本案例中的触摸屏及 PLC 的离线调试是指对未接入电气控制系统的触摸屏及 PLC 进行调试，其目的主要是初步调试触摸屏的控制画面及

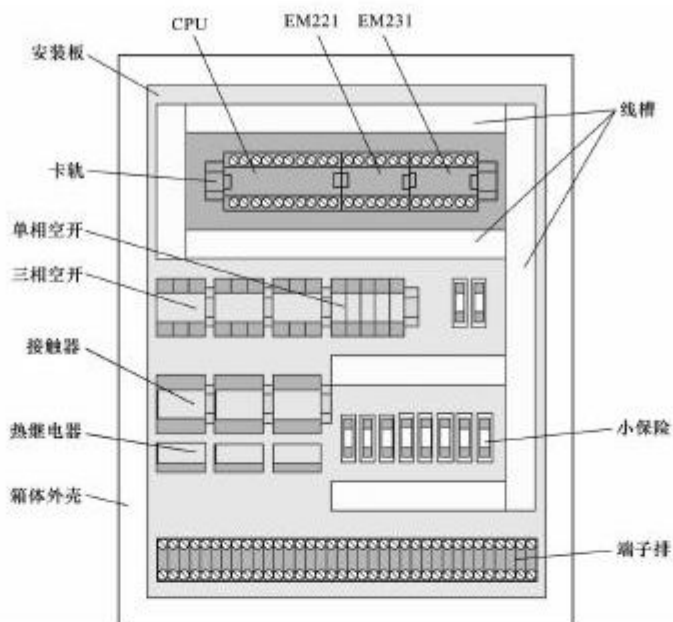


图 6-65 控制箱内部平面布置示意图

- (1) PLC 与线槽之间距离：30~50mm。
- (2) 开关电源与线槽之间距离：30~50mm。
- (3) 端子排与线槽之间距离：30~50mm。
- (4) 小保险与线槽之间距离：30~50mm。
- (5) 空气开关如被线槽包围着，其与线槽之间：30~50mm。
- (6) 开关电源与空气开关、接触器、热继电器之间距离：80~100mm。
- (7) 触摸屏及 PLC 与空气开关、接触器、热继电器之间距离：一般为 100mm 以上。

(二) 控制操作面板布置图

以下提供一种操作面板布置方式，仅作参考，如图 6-66 所示。

七、触摸屏及 PLC 控制系统的（离线）调试

本案例中的触摸屏及 PLC 的离线调试是指对未接入电气控制系统的触摸屏及 PLC 进行调试，其目的主要是初步调试触摸屏的控制画面及 PLC 的用户程序是否能满足加药系统的控制要求。此项工作可与电控箱的制作同时进行，互不影响，最突出的是离线调试时即便是用户程序有问题，也不会损坏被驱动的设备，如图 6-67 所示。

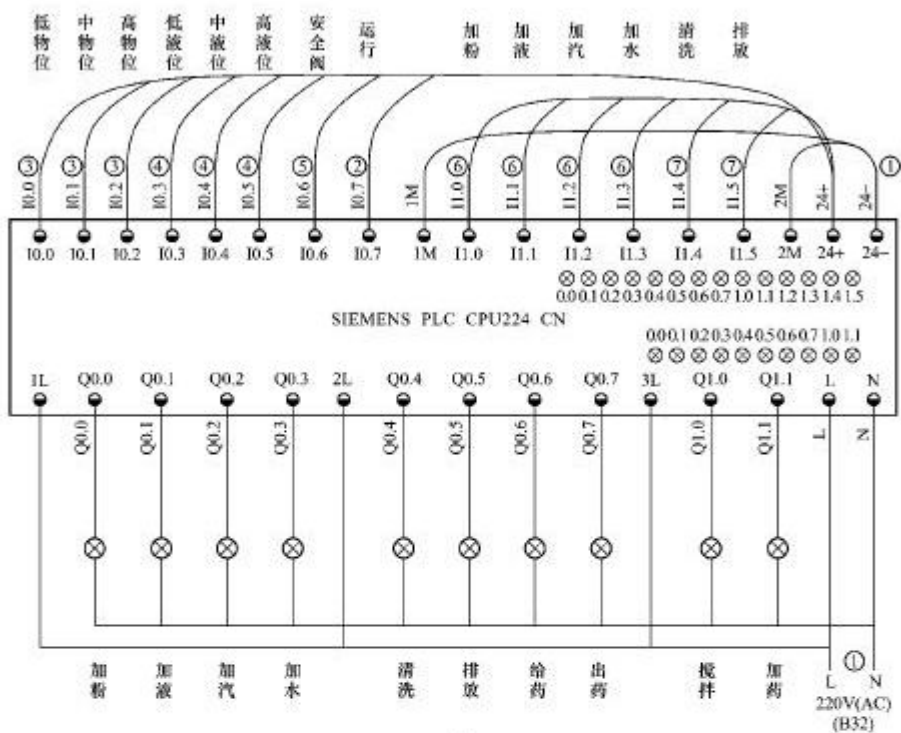
离线调试需将触摸屏与 PLC 连接好，步骤按图 6-67 的标注顺序进行。

(一) 对触摸屏及 PLC 通电步骤

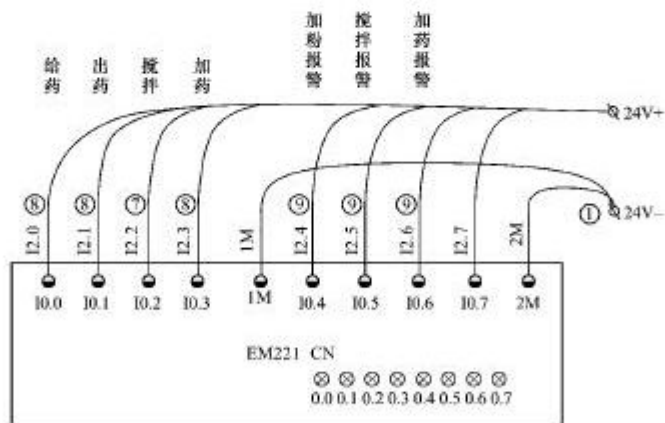
①按 PLC 的要求准备好 PLC 的供电电源 [本案例为 220V (AC)]，注意观察，通电后 PLC 通电灯亮。

将 PLC 自带 24V (DC) 电源的负极 M (24-) 分别接到 PLC 的 CPU224 和 EM221 的“1M”和“2M”端子。

将 24V (DC) 开关电源的正负极分别接到 PLC 的 EM231 的“L+”和“M”端子，将 24V (DC) 开关电源的接地端子与 EM231 的接地端子相连。



(a)



(b)

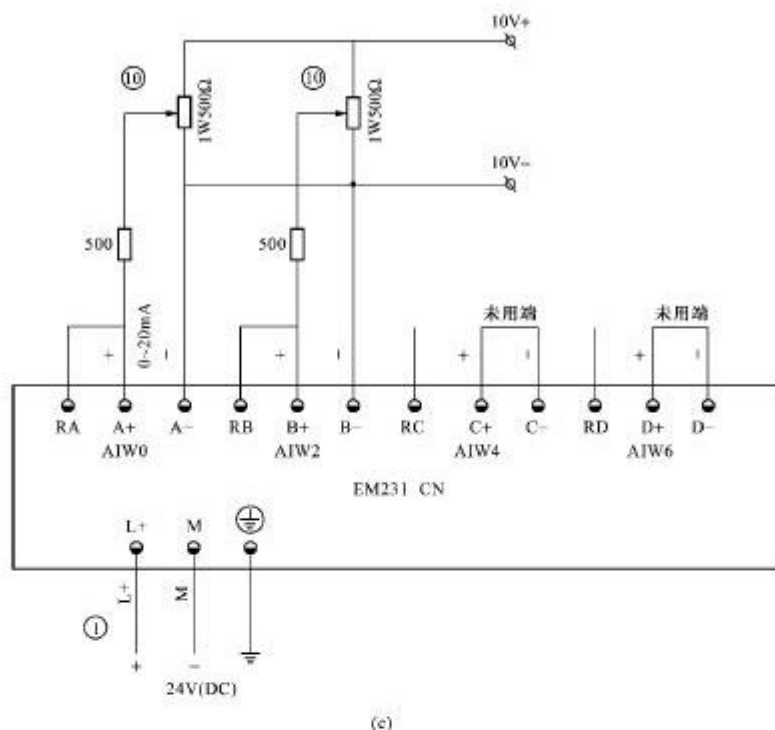


图 6-67 触摸屏及 PLC 的离线调试示意

(a) CPU224 接线; (b) EM221 接线; (c) EM231 接线

说明: 如使用 24V (DC) 电源, 只需将所有电阻换成 1.2kΩ 即可。

电源的正极 L+ (24+) 从 PLC 的“IO.3”端子断开 (模仿“缺水”), 则触摸屏主画面上“缺水”闪亮, 这表示搅拌器内的水已快用尽。

用 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 (24+) 接到“IO.4”端子 (模仿“中液位”), 注意观察, “IO.4”输入指示灯长亮, 触摸屏主画面上显示“中液位”, 这表示搅拌器内的水在“中间位”。

用 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 (24+) 接到 CPU224 的“IO.5”端子 (模仿“高液位”), 注意观察, “IO.5”输入指示灯长亮, 触摸屏主画面上显示“高液位”, 这表示搅拌器内的水在“高位”。

(三) 调试安全阀步骤

⑤ 试验监视“安全阀”状态。将 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 (24+) 接到 PLC 的 CPU224 的“IO.6”端子 (模仿安全阀动作), 注意观察“IO.6”输入指示灯长亮, 触摸屏主画面上显示“溢流”, 这表示因加药泵出口阻塞 (堵塞或出口阀未开等) 造成安全阀动作, 药液回流到搅拌器。

(四) 调试配药加药系统各设备状态步骤

⑥ 试验监视“配药”状态。将 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 (24+) 接到 PLC 的 CPU224 的“II.0”端子 (模仿绞龙式给料机), 注意观察“II.0”输入指示灯长亮, 触摸屏配药系统控制画面上绞龙式给料机显示“运行灯”亮, 这表示绞龙式给料机在加药粉。如将 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 L+ (24+) 从 PLC 的“II.0”端子断开, 则“II.0”输入指示灯灭,

触摸屏配药系统控制画面上绞龙式给料机显示“停止灯”亮，这表示绞龙式给料机处停止状态。

将 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 (24+) 接到 PLC 的 CPU224 的“11.1”端子 (模仿加药液气动阀)，注意观察“11.1”输入指示灯长亮，触摸屏配药系统控制画面上加药液气动阀“阀开灯”亮，这表示加药液气动阀开，且在加药液。如将 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 L+ (24+) 从 PLC 的“11.1”端子断开，则“11.1”输入指示灯灭，触摸屏配药系统控制画面上加药液，气动阀“阀关灯”亮，这表示加药液气动阀处关闭状态。

将 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 (24+) 接到 PLC 的 CPU224 的“11.2”端子 (模仿加药液气动阀)，注意观察“11.2”输入指示灯长亮，触摸屏配药系统控制画面上加汽气动阀“阀开灯”亮，这表示加汽气动阀开，且在对药液加温。如将 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 L+ (24+) 从 PLC 的“11.2”端子断开，则“11.2”输入指示灯灭，触摸屏配药系统控制画面上加汽气动阀“阀关灯”亮，这表示加汽气动阀处关闭状态，未对药液加温。

将 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 (24+) 接到 PLC 的 CPU224 的“11.3”端子 (模仿加水气动阀)，注意观察“11.3”输入指示灯长亮，触摸屏配药系统控制画面上加水气动阀“阀开灯”亮，这表示加水气动阀开，且在为配药液加水。如将 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 L+ (24+) 从 PLC 的“11.3”端子断开，则“11.3”输入指示灯灭，触摸屏配药系统控制画面上加水气动阀“阀关灯”亮，这表示加水气动阀处关闭状态，未对配药液加水。

⑦ 试验监视“清洗”状态。将 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 (24+) 接到 PLC 的 CPU224 的“11.4”端子 (模仿加清洗水气动阀)，注意观察“11.4”输入指示灯长亮，触摸屏配药系统控制画面上加清洗水气动阀“阀开灯”亮，这表示加清洗水气动阀开，且对搅拌器进行清洗加水。如将 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 L+ (24+) 从 PLC 的“11.4”端子断开，则“11.4”输入指示灯灭，触摸屏配药系统控制画面上加清洗水气动阀“阀关灯”亮，这表示加清洗水气动阀处关闭状态，未对搅拌器加清洗水。

将 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 (24+) 接到 PLC 的 CPU224 的“11.5”端子 (模仿清洗排水气动阀)，注意观察“11.5”输入指示灯长亮，触摸屏配药系统控制画面上清洗排水气动阀“阀开灯”亮，这表示清洗排水气动阀开，且对搅拌器进行清洗排水。如将 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 L+ (24+) 从 PLC 的“11.5”端子断开，则“11.5”输入指示灯灭，触摸屏配药系统控制画面上清洗排水气动阀“阀关灯”亮，这表示清洗排水气动阀处关闭状态，未对搅拌器进行清洗排水。

将 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 (24+) 接到 PLC 的“12.2” (EM221 的“10.2”) 端子 (模仿搅拌器)，注意观察“12.2”输入指示灯长亮，触摸屏配药系统控制画面上搅拌器显示“运行灯”亮，这表示搅拌器在转动。如将 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 L+ (24+) 从 PLC 的“12.2”端子断开，则“12.2”输入指示灯灭，触摸屏配药系统控制画面上搅拌器显示“停止灯”亮，这表示搅拌器处停止状态。

⑧ 试验监视“加药”状态。将 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 (24+) 接到 PLC 的“12.0” (EM221 的“10.0”) 端子 (模仿给药气动阀)，注意观察“12.0”输入指示灯长亮，触摸屏加药系统控制画面上给药气动阀“阀开灯”亮，这表示给药气动阀开，且对加药泵供配好的药液。如将 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 L+ (24+) 从 PLC 的“12.0”端子断开，则“12.0”输入指示灯灭，触摸屏加药系统控制画面上给药气动阀“阀关灯”亮，这表示给药气动阀处关闭状态，未对加药泵供配好的药液。

将 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 (24+) 接到 PLC 的“12.1” (EM221 的“10.1”) 端子 (模仿出药气动阀)，注意观察“12.1”输入指示灯长亮，触摸屏加药系统控制画面上出药气动阀“阀开灯”亮，这表示出药气动阀开且对用药系统供药液。如将 PLC 自带 24V (DC)

电源的正极 L+ (24+) 从 PLC 的“I2.1”端子断开, 则“I2.1”输入指示灯灭, 触摸屏加药系统控制画面上出药气动阀“阀关灯”亮, 这表示出药气动阀处关闭状态, 未对用药系统供药。

将 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 (24+) 接到 PLC 的“I2.3” (EM221 的“I0.3”) 端子 (模仿加药泵), 注意观察“I2.3”输入指示灯长亮, 触摸屏加药系统控制画面上加药泵显示“运行灯”亮, 这表示加药泵在运行。如将 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 L+ (24+) 从 PLC 的“I2.3”端子断开, 则“I2.3”输入指示灯灭, 触摸屏加药系统控制画面上加药泵显示“停止灯”亮, 这表示加药泵处停止状态。

(四) 调试报警步骤

⑧ 试验监视“报警”状态。将 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 (24+) 接到 PLC 的“I2.4” (EM221 的“I0.4”) 端子 (模仿绞龙式给料机报警), 注意观察“I2.4”输入指示灯长亮, 触摸屏配药系统控制画面上绞龙式给料机“报警灯”亮, 这表示绞龙式给料机故障。

将 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 (24+) 接到 PLC 的“I2.5” (EM221 的“I0.5”) 端子 (模仿搅拌器报警), 注意观察“I2.5”输入指示灯长亮, 触摸屏配药系统控制画面上搅拌器显示“报警灯”亮, 这表示搅拌器故障。

将 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 (24+) 接到 PLC 的“I2.6” (EM221 的“I0.6”) 端子 (模仿加药泵报警), 注意观察“I2.6”输入指示灯长亮, 触摸屏加药系统控制画面上加药泵显示“报警灯”亮, 这表示加药泵故障。

(五) 调试数据显示步骤

⑨ 按照图 6-67 (c) EM231 调试接线图接线: 用一只 500 Ω 的可调电阻和一只 500 Ω 的普通电阻接到 AIW0 来模仿加药泵的出口压力信号, 调节可调电阻查看触摸屏上主画面、加药系统控制画面上的加药泵出口压力值。

同样, 用一只 500 Ω 的可调电阻和一只 500 Ω 的普通电阻接到 AIW1 来模仿搅拌器内的温度信号, 调节可调电阻查看触摸屏上主画面、配药系统控制画面上的搅拌器内药液的温度信号值。

上述的加药泵出口压力值和搅拌器内药液的温度信号值在线时应根据实际情况进行修正。

(六) 调试触摸屏的操作步骤

对触摸屏及 PLC 进行通电启动, 触摸屏进入启动画面 (即主画面) 后再按下列步骤调试。

1. 画面切换

(1) 在“主系统”画面中用手指单击“配药系统”按钮应能进入“配药系统控制”画面; 在“主系统”画面中用手指单击“加药系统”按钮应能进入“加药系统控制”画面; 在“主系统”画面中用手指单击“自动控制”按钮应能进入“自动控制”画面; 在“主系统”画面中用手指单击“消息记录”按钮应能进入“消息记录”画面。

(2) 在“配药系统”画面中用手指单击“主系统”按钮应能进入“主系统”画面; 在“配药系统”画面中用手指单击“加药系统”按钮应能进入“加药系统控制”画面; 在“配药系统”画面中用手指单击“自动控制”按钮应能进入“自动控制”画面; 在“配药系统”画面中用手指单击“消息记录”按钮应能进入“消息记录”画面。

(3) 在“加药系统”画面中用手指单击“主系统”按钮应能进入“主系统”画面; 在“加药系统”画面中用手指单击“配药系统”按钮应能进入“配药系统控制”画面; 在“加药系统”画面中用手指单击“自动控制”按钮应能进入“自动控制”画面; 在“加药系统”画面中用手指单击“消息记录”按钮应能进入“消息记录”画面。

(4) 在“自动控制”画面中用手指单击“主系统”按钮应能进入“主系统”画面; 在“自动

控制”画面中用手指单击“加药系统”按钮应能进入“加药系统控制”画面；在“自动控制”画面中用手指单击“配药系统”按钮应能进入“配药系统控制”画面；在“自动控制”画面中用手指单击“消息记录”按钮应能进入“消息记录”画面。

(5) 在“消息记录”画面中用手指单击“主系统”按钮应能进入“主系统”画面；在“消息记录”画面中用手指单击“加药系统”按钮应能进入“加药系统控制”画面；在“消息记录”画面中用手指单击“配药系统”按钮应能进入“配药系统控制”画面；在“消息记录”画面中用手指单击“自动控制”按钮应能进入“自动控制”画面。

2. 主画面操作

(1) 用手指单击“手动方式”按钮，则在固定窗口的“手动状态”灯应当亮并闪烁；

(2) 用手指单击“自动控制”按钮，则在固定窗口的“自动状态”灯应当亮并闪烁。

3. 配药系统画面操作

(1) 用手指单击“加粉启动”按钮，则主画面上的“加粉”方形灯及在配药系统画面上的“加粉”框中的圆形绿色灯应当亮并闪烁；PLC上“Q0.0”输出指示灯应当亮，外接试验灯应当亮。

用手指单击“加粉停止”按钮，则主画面上的“加粉”方形灯应当灭（成灰色），在配药系统画面上的“加粉”框中的圆形红色灯应当亮并闪烁。PLC上“Q0.0”输出指示灯应当灭，外接试验灯应当灭。

(2) 用手指单击“加液启动”按钮，则主画面上的“加液”方形灯及在配药系统画面上的“加液”框中的圆形绿色灯应当亮并闪烁；PLC上“Q0.1”输出指示灯应当亮，外接试验灯应当亮。

用手指单击“加液停止”按钮，则主画面上的“加液”方形灯应当灭（成灰色），在配药系统画面上的“加液”框中的圆形红色灯应当亮并闪烁。PLC上“Q0.1”输出指示灯应当灭，外接试验灯应当灭。

(3) 用手指单击“加汽启动”按钮，则主画面上的“加汽”方形灯及在配药系统画面上的“加汽”框中的圆形绿色灯应当亮并闪烁；PLC上“Q0.2”输出指示灯应当亮，外接试验灯应当亮。

用手指单击“加汽停止”按钮，则主画面上的“加汽”方形灯应当灭（成灰色），在配药系统画面上的“加汽”框中的圆形红色灯应当亮并闪烁。PLC上“Q0.2”输出指示灯应当灭，外接试验灯应当灭。

(4) 用手指单击“加水启动”按钮，则主画面上的“加水”方形灯及在配药系统画面上的“加水”框中的圆形绿色灯应当亮并闪烁；PLC上“Q0.3”输出指示灯应当亮，外接试验灯应当亮。

用手指单击“加水停止”按钮，则主画面上的“加水”方形灯应当灭（成灰色），在配药系统画面上的“加水”框中的圆形红色灯应当亮并闪烁。PLC上“Q0.3”输出指示灯应当灭，外接试验灯应当灭。

(5) 用手指单击“清洗启动”按钮，则主画面上的“清洗”方形灯及在配药系统画面上的“清洗”框中的圆形绿色灯应当亮并闪烁；PLC上“Q0.4”输出指示灯应当亮，外接试验灯应当亮。

用手指单击“清洗停止”按钮，则主画面上的“清洗”方形灯应当灭（成灰色），在配药系统画面上的“清洗”框中的圆形红色灯应当亮并闪烁。PLC上“Q0.4”输出指示灯应当灭，外接试验灯应当灭。

(6) 用手指单击“排放启动”按钮，则主画面上的“排放”方形灯及在配药系统画面上的

“排放”框中的圆形绿色灯应当亮并闪烁；PLC 上“Q0.5”输出指示灯应当亮，外接试验灯应当亮。

用手指单击“排放停止”按钮，则主画面上的“排放”方形灯应当灭（成灰色），在配药系统画面上的“排放”框中的圆形红色灯应当亮并闪烁。PLC 上“Q0.5”输出指示灯应当灭，外接试验灯应当灭。

(7) 用手指单击“搅拌启动”按钮，则主画面上的“搅拌”方形灯及在配药系统画面上的“搅拌”框中的圆形绿色灯应当亮并闪烁；PLC 上“Q1.0”输出指示灯应当亮，外接试验灯应当亮。

用手指单击“搅拌停止”按钮，则主画面上的“搅拌”方形灯应当灭（成灰色），在配药系统画面上的“搅拌”框中的圆形红色灯应当亮并闪烁。PLC 上“Q1.0”输出指示灯应当灭，外接试验灯应当灭。

4. 加药系统画面操作

(1) 用手指单击“给药启动”按钮，则主画面上的“给药”方形灯及在配药系统画面上的“给药”框中的圆形绿色灯应当亮并闪烁；PLC 上“Q0.6”输出指示灯应当亮，外接试验灯应当亮。

用手指单击“给药停止”按钮，则主画面上的“给药”方形灯应当灭（成灰色），在配药系统画面上的“给药”框中的圆形红色灯应当亮并闪烁。PLC 上“Q0.6”输出指示灯应当灭，外接试验灯应当灭。

(2) 用手指单击“出药启动”按钮，则主画面上的“出药”方形灯及在配药系统画面上的“出药”框中的圆形绿色灯应当亮并闪烁；PLC 上“Q0.7”输出指示灯应当亮，外接试验灯应当亮。

用手指单击“出药停止”按钮，则主画面上的“出药”方形灯应当灭（成灰色），在配药系统画面上的“出药”框中的圆形红色灯应当亮并闪烁。PLC 上“Q0.7”输出指示灯应当灭，外接试验灯应当灭。

(3) 用手指单击“加药启动”按钮，则主画面上的“加药”方形灯及在配药系统画面上的“加药”框中的圆形绿色灯应当亮并闪烁；PLC 上“Q1.1”输出指示灯应当亮，外接试验灯应当亮。

用手指单击“加药停止”按钮，则主画面上的“加药”方形灯应当灭（成灰色），在配药系统画面上的“加药”框中的圆形红色灯应当亮并闪烁。PLC 上“Q1.1”输出指示灯应当灭，外接试验灯应当灭。

5. 自动控制画面操作

(1) 用手指单击“溶液温度”的输入域并在其中输入一数值，观察其是否与输出域显示的数值相同。

(2) 用手指单击“加粉时间”的输入域并在其中输入一数值，观察其是否与输出域显示的数值相同。

(3) 用手指单击“加液时间”的输入域并在其中输入一数值，观察其是否与输出域显示的数值相同。

(4) 用手指单击“加水时间”的输入域并在其中输入一数值，观察其是否与输出域显示的数值相同。

(5) 用手指单击“加药时间”的输入域并在其中输入一数值，观察其是否与输出域显示的数值相同。

(6) 用手指单击“搅拌时间”的输入域并在其中输入一数值，观察其是否与输出域显示的数

值相同。

(7) 用手指单击“清洗时间”的输入域并在其中输入一数值,观察其是否与输出域显示的数值相同。

(8) 用手指单击“排放时间”的输入域并在其中输入一数值,观察其是否与输出域显示的数值相同。

6. 消息画面

整个加药系统的设备在启动时,会在“消息画面”留下记录,由电动机驱动的绞龙式给料机、搅拌器及加药泵的故障也会在“消息画面”留下记录。

八、触摸屏及 PLC 控制系统及加药系统的联动调试 (完全在线)

本案例中的触摸屏及 PLC 的联动调试是指对整个加药系统、触摸屏及 PLC 电气控制系统全面进行的调试,此项调试是将所有的采样设备(含液位控制器、物位传感器、压力传感器、温度传感器及其变送仪表等)、被驱动设备(含电磁阀、气动阀等)都进行联动的调试,其中搅拌器中要加水,其目的主要是确定整个加药系统能否达到设计要求,能否投入使用。此项工作是在离线调试完成后进行,做之前要确定与加药系统相关的压空系统正常、所有工艺设备的工作准确无误并已通过工艺方面的调试等。

联动调试步骤如下。

(一) 通电(上电)检查及常规电气控制调试

(1) 确定所有的电气接线准确无误,被驱动设备无短路等异常现象,合上隔离刀闸“K”(如果有设),合上“B1~B3”三极空气开关和“B01~B05”单极空气开关通电,电压表“V”指示正常,PLC 通电灯亮,触摸屏通电后启动正常。

(2) 将选择开关投到“0”位(即使 SW 常开触点不闭合),调试常规电气控制系统。

1) 按下按钮“BT12”,注意观察,绞龙式给料机是否运转正常;按下按钮“BT11”,注意观察,绞龙式给料机是否能正常停止运转。

2) 按下按钮“BT22”,注意观察,搅拌器是否运转正常;按下按钮“BT21”,注意观察,搅拌器是否能正常停止运转。

3) 手动打开旁路给药阀和旁路出药阀,按下按钮“BT32”,注意观察,加药泵是否运转正常,此时可关闭一下旁路出药阀,试试安全阀工作是否正常;按下按钮“BT31”,注意观察,加药泵是否能正常停止运转。

(3) 将选择开关投到“1”位(即使 SW 常开触点闭合),在触摸屏上检查所有的采样设备及被控设备的状态是否正常(即触摸屏画面上的显示与实际状态是否相同);压力、温度参数与实际值是否一致,如差异太大,则应用 PC 连接 PLC 修正“DIV_R”指令的修正参数“6400.0”。

(二) 调试触摸屏手动方式

1. 画面切换

重复离线调试的画面切换步骤,观察是否有异常。

2. 主画面操作

用手指单击“手动方式”按钮,则在固定窗口的“手动状态”灯应当亮并闪烁;“自动状态”灯应当灭成灰色。

3. 配药系统画面操作

(1) 用手指单击“加粉启动”按钮,触摸屏画面上的动作显示应均正常,绞龙式给料机启动。用手指单击“加粉停止”按钮,则绞龙式给料机停止。

(2) 用手指单击“加液启动”按钮,触摸屏画面上的动作显示应均正常,加浓药液的气动阀打开。用手指单击“加液停止”按钮,则加浓药液的气动阀关闭。

(3) 用手指单击“加汽启动”按钮,触摸屏画面上的动作显示应均正常,加蒸汽的气动阀打开。用手指单击“加汽停止”按钮,则加蒸汽的气动阀关闭。

(4) 用手指单击“加水启动”按钮,触摸屏画面上的动作显示应均正常,加水的气动阀打开。用手指单击“加水停止”按钮,则加水的气动阀关闭。

(5) 用手指单击“清洗启动”按钮,触摸屏画面上的动作显示应均正常,加清洗水的气动阀打开。用手指单击“清洗停止”按钮,则加清洗水的气动阀关闭。

(6) 用手指单击“排放启动”按钮,触摸屏画面上的动作显示应均正常,排放气动阀打开。用手指单击“排放停止”按钮,则排放气动阀关闭。

(7) 用手指单击“搅拌启动”按钮,触摸屏画面上的动作显示应均正常,搅拌器启动。用手指单击“搅拌停止”按钮,则搅拌器停止。

4. 加药系统画面操作

(1) 用手指单击“给药启动”按钮,触摸屏画面上的动作显示应均正常,给药液的气动阀打开。用手指单击“给药停止”按钮,则给药液的气动阀关闭。

(2) 用手指单击“出药启动”按钮,触摸屏画面上的动作显示应均正常,出药液的气动阀打开。用手指单击“出药停止”按钮,则出药液的气动阀关闭。

(3) 用手指单击“加药启动”按钮,触摸屏画面上的动作显示应均正常,加药泵启动。用手指单击“加药停止”按钮,则加药泵停止。

(三) 调试触摸屏自动方式

1. 切换到自动状态

在主画面中用手指单击“自动方式”按钮使整个加药系统进入自动状态,固定窗口上的“自动状态”灯应亮并闪烁;“手动状态”灯应当灭成灰色。

2. 自动控制画面操作

(1) 设定参数。

1) 用手指单击“溶液温度”的输入域并根据加药或清洗工艺的需求在其中输入一数值,观察其是否与输出域显示的数值相同。

2) 用手指单击“加粉时间”的输入域并根据加药或清洗工艺的需求在其中输入一数值,观察其是否与输出域显示的数值相同。

3) 用手指单击“加液时间”的输入域并根据加药或清洗工艺的需求在其中输入一数值,观察其是否与输出域显示的数值相同。

4) 用手指单击“加水时间”的输入域并根据加药或清洗工艺的需求在其中输入一数值,观察其是否与输出域显示的数值相同。

5) 用手指单击“加药时间”的输入域并根据加药或清洗工艺的需求在其中输入一数值,观察其是否与输出域显示的数值相同。

6) 用手指单击“搅拌时间”的输入域并根据加药或清洗工艺的需求在其中输入一数值,观察其是否与输出域显示的数值相同。

7) 用手指单击“清洗时间”的输入域并根据加药或清洗工艺的需求在其中输入一数值,观察其是否与输出域显示的数值相同。

8) 用手指单击“排放时间”的输入域并根据加药或清洗工艺的需求在其中输入一数值,观察其是否与输出域显示的数值相同。

注意:上述设置根据加药工艺的需要进行,不需要的可以设为“0”。

(2) 自动方式启动。

1) 在未击“自动配药加药启动”按钮前,主画面上所有的方形灯均为灰白色,配药系统控制画面及加药系统控制画面各设备框内的圆形绿灯均为灰白色,圆形红灯亮且闪烁。

2) 自动配药加药。在“1)”的配药加药参数设定完毕后,手指单击“自动配药加药启动”按钮,启动自动配药加药控制。注意观察整个配药加药的过程。

①自动加粉启动工作(如加粉时间设定值为“0”、清洗时则不启动):主画面上“加粉”方形灯亮且闪烁,配药系统控制画面“加粉”框内的圆形绿灯亮且闪烁;

②自动加液启动工作(如加液时间设定值为“0”、清洗时则不启动):主画面上“加液”方形灯亮且闪烁,配药系统控制画面“加液”框内的圆形绿灯亮且闪烁;

③当搅拌器内的液位达到“低液位”时,自动加汽启动工作(如加汽时间设定值为“0”则不启动):主画面上“加汽”方形灯亮且闪烁,配药系统控制画面“加汽”框内的圆形绿灯亮且闪烁;

④自动加水启动工作(如加水时间设定值为“0”、清洗时则不启动,搅拌器高液位时会停止):主画面上“加水”方形灯亮且闪烁,配药系统控制画面“加水”框内的圆形绿灯亮且闪烁;

⑤当配药加纯水结束后,自动给药启动工作(如加药时间设定值为“0”、“加粉、加液”未完成及清洗时则不启动):主画面上“给药”方形灯亮且闪烁,加药系统控制画面“给药”框内的圆形绿灯亮且闪烁;

⑥自动出药由给药信号启动工作(如加药时间设定值为“0”、“加粉、加液”未完成及清洗时则不启动):主画面上“出药”方形灯亮且闪烁,加药系统控制画面“出药”框内的圆形绿灯亮且闪烁;

⑦自动加药由给药信号启动工作(如加药时间设定值为“0”、“加粉、加液”未完成及清洗时则不启动):主画面上“加药”方形灯亮且闪烁,加药系统控制画面“泵”框内的圆形绿灯亮且闪烁;

在自动配药及加药的过程中,如用手指单击“自动配药加药停止”按钮,则立即使自动配药加药过程停止且复位。

3) 自动清洗。在“1)”的清洗参数设定完毕后,手指单击“自动清洗启动”按钮,注意观察整个清洗的过程。

①自动清洗启动工作(如清洗设定值为“0”、加药时则不启动):主画面上“清洗”方形灯亮且闪烁,配药系统控制画面“清洗”框内的圆形绿灯亮且闪烁;

②当自动清洗完成后,自动排放启动工作(如排放设定值为“0”、加药时则不启动):主画面上“排放”方形灯亮且闪烁,配药系统控制画面“排放”框内的圆形绿灯亮且闪烁;

在自动清洗的过程中,如用手指单击“自动清洗停止”按钮,则立即使自动清洗过程停止且复位。

4) 不管是配药加药或清洗,只要搅拌器的“搅拌时间”设定值不为“0”,搅拌器均能按设定时间自动启动工作(如搅拌时间设定值为“0”则不启动):主画面上“搅拌”方形灯亮且闪烁,配药系统控制画面“搅拌”框内的圆形绿灯亮且闪烁。

5) 如绞龙式给料机、搅拌器出现故障,则使配药系统控制画面“加粉和搅拌”框内的圆形黄灯亮且闪烁;同样,如加药泵出现故障,则加药系统控制画面“加药”框内的圆形黄灯亮且闪烁。同时,常规电气控制系统会发出声光报警。

3. 消息画面监视

在线调试时,对整个加药系统的设备再启动应与在“消息画面”留下记录相同,对于电动机驱动的绞龙式给料机、搅拌器及加药泵的故障可人工模仿,并注意在“消息画面”的记录情况。

九、案例后记

本案例主要针对初学者，所以使用最简单的触摸屏控制方式，又因本案例是非长期连续工作，实时趋势画面的意义不大，故未使用。

7

第七章 案例解说变频器应用系统

第三章讲述了变频器的原理，本章将通过案例讲解变频器的应用系统。

第一节 变频器分段速控制的应用系统

变频器的分段速控制调节广泛地应用于多种调速控制系统，本案例是以检布机为例，讲述变频器的分段速控制调节的应用。

检布机对调速的要求与布种类及操作人员的熟练程度有关，不同的布种对走布的速度有不同的要求。传统的检布机所使用的调速机构都较为繁琐，使用变频调速则可使检布机的调速变得简单，且不会发生跳跃式增减速。选择的段速也多，能在更大程度上适应不同的布种及那些检查操作工序熟练程度不同的操作人员。

一、工艺设备调速概况

（一）工艺要求

（1）整个检布工艺共需四个工作速度，四个工作（速度）频率分别为 20、30、40Hz 和 50Hz。

（2）设点动正转方式：其工作（速度）频率随正常运转时的变频（速度）频率 20、30、40Hz 和工频 50Hz 变化。

（3）设点动倒车（反转）方式：与点动正转方式相同，其工作（速度）频率也随正常运转时的变频（速度）频率 20、30、40Hz 和工频 50Hz 变化。

（二）控制要求

1. 调速系统功能

（1）检布机的控制操作一般要求通过操作台上的电气控制面板进行，可以完成对变频、工频方式进行启停、速度选择等控制操作；最好还能够显示检布机的线速度（此项不在本案例中）、电机电压和电流及变频器工作状态等功能。

（2）各段速的速度（频率）值及变频器其他参数的设定均通过变频（调速）器上的操作面板进行。

2. 调速运转方式

用变频器分段速变速作为变速运转方式，使用工频作为全速运转方式。

二、分段速调节方案

（一）变频器分段速方案

根据速度控制要求，采用泛用型变频器的分段速调速功能及工频旁路控制完成四种工作速度的运转要求。方案示意图见图 7-1。

（二）变频分段速、工频及其操作描述

（1）工艺所需的 20、30、40Hz 三个工作速度由变频器分段速的方式来完成；工艺所需的 50Hz 工作速度由工频（不调速）来完成。

（2）点动正转方式：整个工艺所需的变频 20、30、40Hz 及工频 50Hz 四个工作速度均设有

点动正转方式。

(3) 点动倒车（反转）方式：整个工艺所需的变频 20、30、40Hz 及工频 50Hz 四个工作速度均设有有点动倒车（反转）方式。

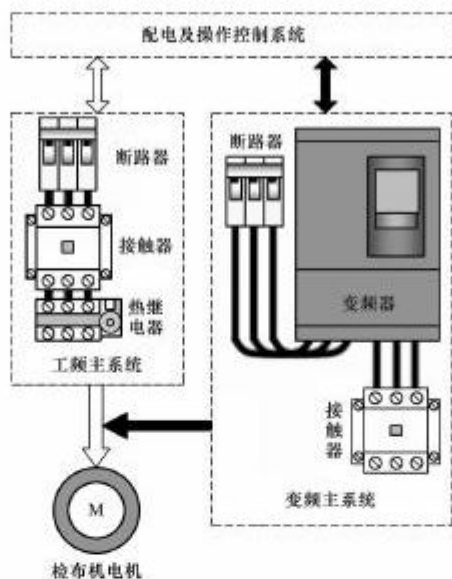


图 7-1 变频器分段速调速控制方案图

三、分段速调节变频器选择

(一) 概述

分段速调速功能是一般的变频器都具备的功能，像检布机这类设备的传动通常类似于恒转矩负载或接近于恒转矩负载，所以对其电动机的调速要从最大转矩要求考虑——使用恒转矩调速，即要求变频器在恒转矩或转矩较重调速状态工作。故最好选用恒转矩负载变频器，也可选用泛用型（通用型）的变频器。

在此选择的变频器主要从其机械负载特性、稳定性、品牌、价格及用户的要求几个方面来考虑。

本案例选用 SIEMENS MM 440 系列变频器。

(二) 关于 SIEMENS MM 440 系列变频器

MM 440 全称 MICROMASTER 440，是西门子公司的一种通用型系列变频器。

1. MM 440 通用型变频器

MM 440 是用于控制三相交流电动机速度的通用型系列变频器，该系列有多种型号，额定功率范围为 120W~200kW，有恒定转矩 CT 控制和变转矩 VT 控制两种方式供用户根据实际情况选用，其中，VT 控制方式功率可达 250kW。

与目前大多数变频器相同的是 MM 440 变频器也是由微处理器（CPU）控制的，并采用具有现代先进技术水平的绝缘栅双极型晶体管 IGBT 作为功率输出器件，具有很高的运行可靠性和功能的多样性；MM 440 的脉冲宽度调制的开关频率是可选的，因而可以通过对脉冲宽度调制开关频率的调整来降低电动机的运行噪声；MM 440 设有全面而完善的保护功能，为变频器和电动机提供了良好的保护。

MM 440 变频器设有缺省的出厂设置参数，它是数量众多的简单的电动机调速控制的理想变频驱动装置。由于 MM 440 具有全面而完善的控制功能，在进行相关参数设置后它也可用于更高级的电动机的调速控制系统。

MM 440 既可用于单机驱动系统也可集成到自动化系统中。

2. MM 440 变频器的特点

(1) MM 440 变频器的主要性能特点。

- 1) 易于安装、参数设置和调试；
- 2) 可用于中性点不接地 (IT) 的供电系统；
- 3) 对控制信号的响应速度快；
- 4) 参数设置的范围广，应用对象的范围广；
- 5) 接线简单，有多个继电器输出接口，便于监控；
- 6) 有多个模拟量输出 $0\sim 20\text{mA}$ ；
- 7) 带 6 个隔离的数字输入并可切换为 NPN/PNP 接线；
- 8) 带 2 路模拟输入。其中，AIN1 有 $0\sim 10\text{V}$ 、 $0\sim 20\text{mA}$ 和 $-10\sim +10\text{V}$ 三种输入方式供选择；AIN2 有 $0\sim 10\text{V}$ 和 $0\sim 20\text{mA}$ 两种输入方式供选择；另外，两个模拟输入还可以作为第 7 和第 8 个数字输入；
- 9) 采用模块化设计，配置非常灵活；
- 10) 脉宽调制的频率高，从而使电动机运行的噪声低；
- 11) 设有详细的变频器状态信息和全面的信息查询功能；
- 12) 有多种供用户选用的可选件，如用于与 PC 通信的通信模块、基本操作面板 BOP、高级操作面板 AOP 以及用于与现场总线通信的 PROFIBUS 通信模块。

另外，还有 BiCo 二进制互联连接技术等。

(2) MM 440 变频器的控制方式、功能及其特点。

- 1) 矢量控制：SLVC 无传感器矢量控制和 VC 带编码器的矢量控制；
- 2) U/f 控制：采用磁通电流控制 FCC 能改善动态响应和电动机的控制特性，采用多点 U/f 控制能适应更大的调速应用范围；
- 3) 快速电流限制 FCL 功能：能避免运行中不应有的跳闸；
- 4) 制动方式：内置的直流注入制动和复合制动功能；
- 5) 加速/减速斜坡特性具有可选择的功能：起始和结束段带平滑圆弧与起始和结束段不带平滑圆弧；
- 6) 具有比例积分和微分 PID 控制功能的闭环控制；
- 7) 各组参数的设定值可以相互切换：电动机数据组 DDS、命令数据组和设定值信号源 CDS；
- 8) 其他还有自由功能块、动力制动的缓冲功能、定位控制的斜坡下降曲线等。

(3) MM 440 变频器配置的保护种类。

- 1) 过电压/欠电压保护；
- 2) 变频器过热保护；
- 3) 接地故障保护；
- 4) 短路保护；
- 5) I_{2t} 电动机过热保护；
- 6) PTC/KTY 电动机保护。

四、分段速变频调节系统设计

(一) 变频主电路及工频旁路

电气配电系统中主要元件 (见图 7-2):

B1——三相空气开关。

C1、C2、C3——交流接触器。

HR——热继电器。

V——电压表 (本案例中作为可选项)。

A——电流表 (本案例中作为可选项)。

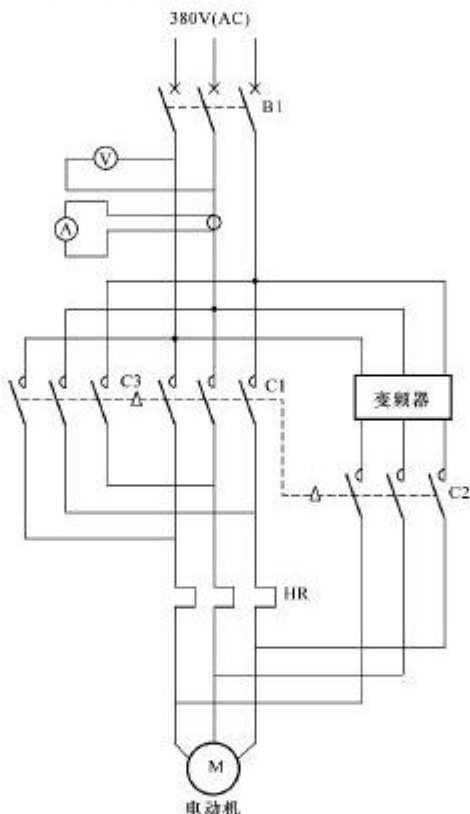


图 7-2 工频-变频 (分段速) 主系统

(二) 电气控制系统电路

电气控制系统中主要元件 (见图 7-3)。

B2——单相空气开关。

SW1——“工频-变频”方式选择开关。

SW2——变频段速选择开关。

BT2、BT3、BT4——按钮 (配常开触点)。

BT1——按钮 (配常闭和常开触点)。

GL1、GL2、GL3——段速指示灯 (可用小绿灯)。

GL11、GL12——工频运行指示灯 (绿灯)。

GL4、GL5——变频运行指示灯（绿灯）。

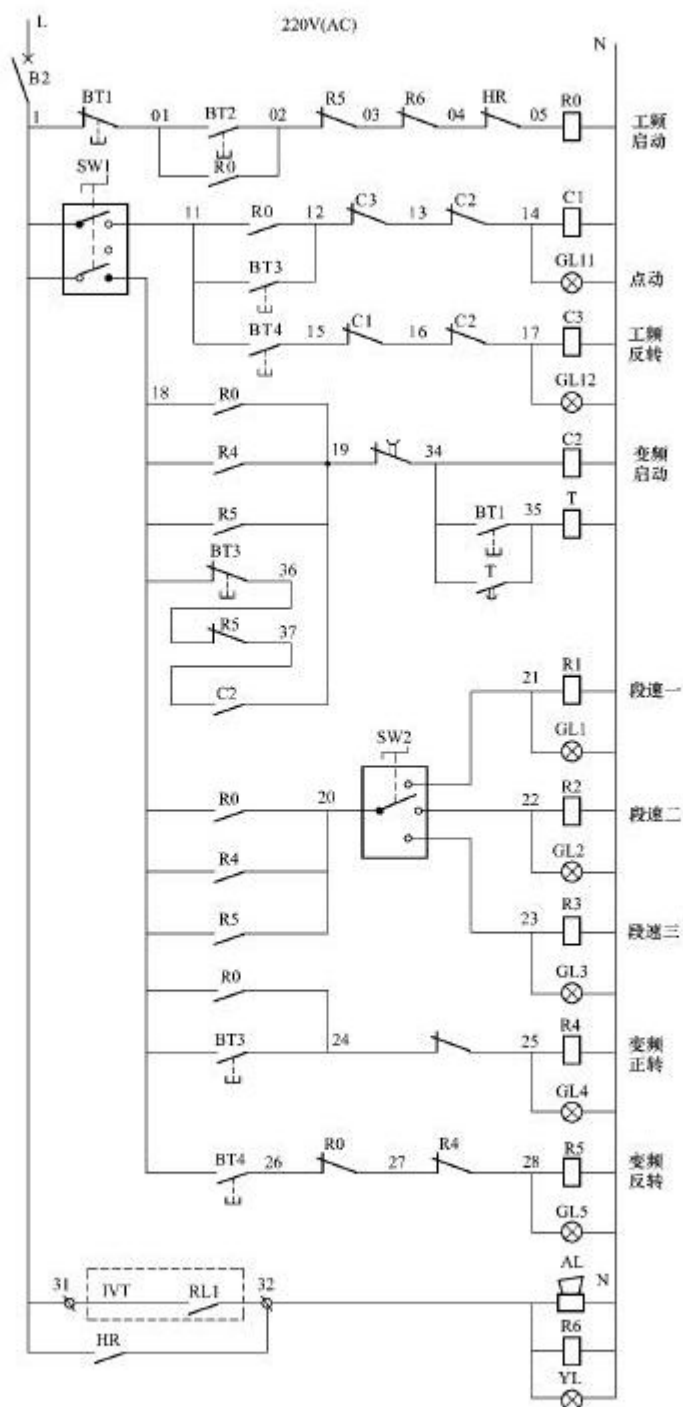


图 7-3 工频—变频（分段速）控制系统

YL——故障指示灯（黄灯）。

R1~R6——继电器。

T——时间继电器，带一瞬时动合的常开触点和一延时动断的常闭触点。

C1、C2、C3——交流接触器。

AL——报警蜂鸣器。

（三）变频器控制接线（见图 7-4）

（1）MM 440 数字输入端口的使用。

DINI

DIN2——作为反转启动。

DIN4——作为一段速启动。

DIN5——作为二段速启动。

DIN6——作为三段速启动。

(2) MM 440 数字输出端口的使用。

RL1——作为变频器故障报警输出使用。

(3) MM 440 模拟输出端口的使用。

AOUT1——作为变频器频率信号输出使用。

(4) DIP 开关的使用设置。

DIP2 设为 Off 位置时,缺省值 50Hz, kW; 设为 On 位置时,缺省值 60Hz, hp。

DIP1 默认即可。

(四) 平面布置

关于平面布置的一些注意事项见第五节“变频器的应用服务”中的“变频器电控柜的平面布置与操作面板布置”部分的内容(见图 7-5)。

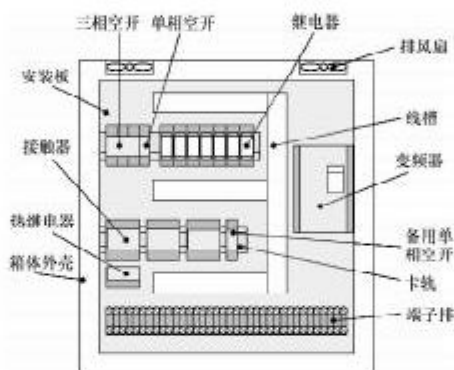


图 7-5 变频器分段速控制电控箱体平面布置图

关于操作面板布置的一些注意事项见第五节“变频器的应用服务”中的“变频器电控柜的平面布置与操作面板布置”部分的内容(见图 7-6)。

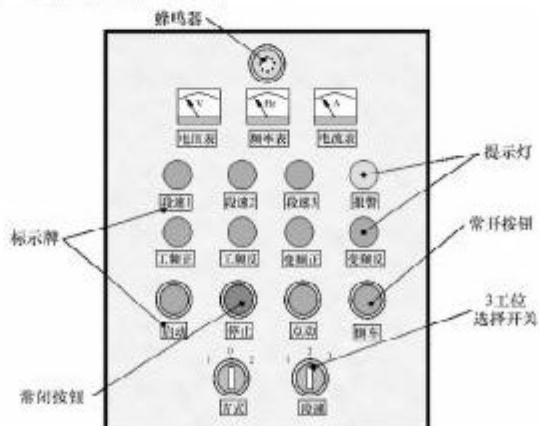


图 7-6 变频器分段速控制操作面板布置图

五、分段速变频调节系统的调试

(一) 检查

按第五节“变频器的应用服务”中的“变频器及其电气控制系统的检查与检测”步骤进行。

变频器出口接触器“C2”延时断开整定：将时间继电器“T”的动作时间整定为略大于变频器的减速时间。

(二) 变频器参数的设定及初调

1. 变频器参数的设定

先认识一下 MM 440 变频器的操作面板，如图 7-7 所示，该面板与其他一些品牌变频器的操作面板相比感到较为简单，只设“启动键”、“停止键”、“方向键”、“点动键”、“功能键”、“参数键”、“增加键”和“减少键”，各键的功能将在后面进行介绍。

(1) 频率设置。MM 440 变频器是使用位于 I/O 板下面的 DIP 开关来设置电动机频率的，如图 7-8 所示。



图 7-7 MM 440 变频器基本操作板“BOP”

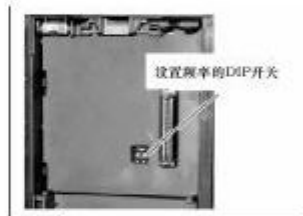


图 7-8 设置频率的 DIP 开关

1) DIP 开关 2。设为 Off 位置时，是用于欧洲地区，也适合中国地区，缺省值 50Hz, kW 等；设为 On 位置时，是用于北美地区，缺省值 60Hz, hp 等

2) DIP 开关 1：不供用户使用，默认即可。

(2) MM 440 变频器的显示器及按钮功能的说明。

1) 键盘上端的 LCD 显示器：显示变频器的状态、参数及故障等。图为显示进入设定状态的变频器当前参数代码。

2) 此按钮为“启动键”，功能：启动电动机。当设定 P0700=1 时，此键的操作有效；按此键启动变频器运行。

3) 此按钮为“停止键”，功能：停止电动机。当设定 P0700=1 时，此键的操作有效；OFF1 按此键（短按一次），变频器将按选定的斜坡下降速率减速停车；OFF2 按此键（短按两次或长按一次）电动机将在惯性作用下自由停车。此功能总是使能的。

4) 此按钮“方向键”，功能：改变电动机的转动方向。当设定 P0700=1 时，此键的操作有效；按此键可以改变电动机的转动方向，电动机的反向用负号（-）表示或用闪烁的小数点表示。

5) 此按钮为“点动键”，简称“jog”键。功能：电动机点动。

在变频器无输出的情况下按此键将使电动机启动，并按预设定的点动频率运行；释放此键时变频器停车，如果变频器/电动机正在运行按此键将不起作用。

6) 此按钮为“功能键”，简称“Fn”键。功能如下。


①浏览辅助信息：变频器运行过程中在显示任何一个参数时按下此键并保持 2s 不动，将显示以下参数值：


- A. 直流回路电压（用 d 表示，单位：V）；
- B. 输出电流（A）；
- C. 输出频率（Hz）；
- D. 输出电压（用 o 表示，单位：V）；
- E. 显示由 P0005 选定的不包含前几项的数值，不可用 P0005 选择前几项，否则不显示；连续多次按下此键将轮流显示以上参数。

②跳转功能：在显示任何一个参数（rXXXX 或 PXXXX）时，短时间按下此键，将立即跳转到 r0000；跳转到 r0000 后按此键将返回原来的显示点。

在出现故障或报警的情况下按“Fn”键可以将操作板上显示的故障或报警信息复位。

7)  此按钮为“参数键”，简称“P”键。功能：访问参数。按此键即可访问参数。

8)  此按钮为“增加键”，简称“▲”键。功能：增加数值。按此键即可增加面板上显示的参数数值。

9)  此按钮为“减少键”，简称“▼”键。功能：减少数值。按此键即可减少面板上显示的参数数值。













(3) 用基本操作面板“BOP”更改参数的数值。使用“BOP”面板设定参数主要有以下几步：

- 1) 先按“P”键，使变频器进入到参数设定状态，并显示器显示可设定的参数；
- 2) 再按“▲”键及“▼”键进行选择要设定的参数代号，并在显示器上显示；
- 3) 接着按“P”键便可进入到参数数值的访问级，同时在显示器上显示出参数值。

如果修改“下标参数”，此步只是进入到了下标参数的访问级，且在显示器上只是显示出下标参数访问级的代号，可先按“▲”键及“▼”键选择出需设定的下标参数访问级的代号（有的是默认，不需按“▲”键及“▼”键选择），再按一次“P”键便可进入到下标参数数值的设定状态，并且在显示器上显示出要设定的下标参数的数值，接下来进入下一步设置即可：

- 4) 再按“▲”键及“▼”键选择调整参数值，直到显示器显示所需要的数值；
- 5) 最后按“P”键进行确认并存储所设定的参数的数值，设定完毕；
- 6) 设定完毕后按“▼”键回到参数设定状态，再按“P”键可回到标准的变频器显示。

例 1 更改参数“P0004—参数过滤功能”数值的操作步骤。

- ①按键时，显示器显示参数；
- ②按键及键选择，直到显示器显示出；
- ③按键便可进入到参数数值的访问级，显示器显示；
- ④按键及键选择调整，直到显示器显示所需要的数值；
- ⑤按键进行确认并存储所设定的参数的数值，显示器重新显示；
- ⑥使用者只能看到电动机的参数。

例 2 修改 P0719 选择命令/设定值源（下标参数）的步骤。

- ①按键时，显示器显示参数；
- ②按键及键，选择，直到显示器显示出；
- ③按键，便可进入到参数数值的访问级，显示器显示；
- ④按键，显示器显示当前的设定值；
- ⑤按键及键，选择设定运行所需要的数值；
- ⑥按键，确认和存储这一数值，显示器重新显示；

⑦按 \square 键，直到显示器显示出 $r0000$ ；

⑧按 \square 键返回标准的变频器显示。

2. MM 440 变频器快速调试

要对 MM 440 变频器进行快速调试，必须掌握两个重要参数：P0010——参数过滤功能（P0010=1）；P0003——选择用户访问级别的功能。

MM 440 变频器有三个用户访问级：标准级、扩展级和专家级。进行快速调试时，访问级别较低，能够看到的参数较少。大多数参数的数值或者是缺省设置，或者是在快速调试时自动地计算出来。

当选择 P0010=1 进行快速调试时，P0003 用户访问级用来选择要访问的参数，这一参数也可以用来选择由用户定义的进行快速调试的参数表。快速调试的进行与参数 P3900 的设定有关，在快速调试的所有步骤都已完成以后应设定 P3900=1，以便进行必要的电动机数据的计算。当 P3900 被设定为 1 时，快速调试结束后会将其他所有的参数不包括（P0010=1 不包括在内）恢复到它们的缺省设置值。

快速调试包括电动机的参数设定和斜坡函数的参数设定。当 P3900=1，并完成快速调试以后，变频器即已做好了运行准备（这种情况只有在快速调试方式下才存在）。进行快速调试，必须对如表 7-1 所示参数进行设定。

表 7-1 进行快速调试时的参数设定

参数号	参数名称及其可选择内容	访问级	Cstat 状态	设定值
P0003	用户访问级： 1：标准级 2：扩展级 3：专家级	1		根据实际需要 设定
P0010	开始快速调试： 0：准备运行 1：快速调试 30：工厂的缺省设置值	1		1
P0100	选择工作标准： 0：功率单位为 kW，f 的缺省值为 50 Hz 1：功率单位为 hp，f 的缺省值为 60 Hz 2：功率单位为 kW/f 的缺省值为 60 Hz 说明：P0100 的设定值 0 和 1 应该用 DIP 关来更改，使其设定的值固定不变。DIP 开关用来建立固定不变的设定值在电源断开后 DIP 开关的设定值优先于参数的设定值	1	C	0
P0205	变频器的应用对象： 0：恒转矩 1：变转矩 说明：P0205=1 时只能用于平方 V/f 特性（水泵风机）的负载	3	C	0

续表

参数号	参数名称及其可选择内容	访问级	Cstat 状态	设定值
P0300	选择电动机的类型： 1: 异步电动机 2: 同步电动机 说明: P0300=2 时控制参数被禁止	2	C	1
P0304	电动机的额定电压： 设定值的范围 10~2000V 根据铭牌键入的电动机额定电压 (V)	1	C	380
P0305	电动机的额定电流： 设定值的范围 0~2 倍的变频器额定电流 (A) 根据电动机的铭牌键入的电动机额定电流 (A)	1	C	根据电动机铭牌上的额定电流设
P0307	电动机的额定功率： 设定值的范围 0~2000 kW 根据电动机的铭牌键入的电动机额定功率 (kW) 如果 P0100=1 功率单位应是 hp	1	C	根据电动机铭牌设电动机额定功率
P0308	电动机的额定功率因数： 设定值的范围 0.000~1.000 根据铭牌键入的电动机额定功率因数 (cosφ) 只有在 P0100=0 或 2 的情况下 (电动机的功率单位是 kW 时) 才能看到	2	C	0.8
P0309	电动机的额定效率： 设定值的范围 0.0%~99.9% 根据铭牌键入的以 % 值表示的电动机额定效率 只有在 P0100=1 的情况下 (电动机的功率单位是 hp 时) 才能看到	2	C	根据电动机铭牌设电动机额定效率
P0310	电动机的额定频率： 设定值的范围 12~650 Hz 根据铭牌键入的电动机额定频率 (Hz)	1	C	50
P0311	电动机的额定速度： 设定值的范围 0~40000 1/min 根据铭牌键入的电动机额定速度 r/min	1	C	根据电动机铭牌设电动机额定速度
P0320	电动机的磁化电流： 设定值的范围 0.0%~99.0% 是以电动机额定电流 (P0305) 的 % 值表示的磁化电流	3	CT	
P0335	电动机的冷却： 0: 自冷 1: 强制冷却 2: 自冷和内置风机冷却 3: 强制冷却和内置风机冷却	2	CT	0
P0640	电动机的过载倍数 [%] (过载因子)： 设定值的范围 10.0%~400.0% 电动机过载电流的限定值, 以电动机额定电流 (P0305) 的 % 值表示	2	CUT	120 (供参考)

续表

参数号	参数名称及其可选择内容	访问级	Cstat 状态	设定值
P0700	<p>选择命令源:</p> <p>0: 工厂设置值</p> <p>1: 基本操作面板 (BOP)</p> <p>2: 端子 (数字输入)</p> <p>说明: 如果选择 P0700=2 数字输入的功能决定于 P0701 至 P0708, 当 P0701 至 P0708=99 时 各个数字输入端按照 BICO 功能进行参数化</p>	1	CT	2
P0701	<p>选择数字输入 1 的功能</p> <p>可能的设定值:</p> <p>0: 禁止数字输入</p> <p>1: ON/OFF1 接通正转/停车命令 1</p> <p>2: ON reverse/OFF1 接通反转/停车命令 1</p> <p>3: OFF2 停车命令 2—按惯性自由停车</p> <p>4: OFF3 停车命令 3—按斜坡函数曲线快速降速</p> <p>9: 故障确认</p> <p>10: 正向点动</p> <p>11: 反向点动</p> <p>12: 反转</p> <p>13: MOP 电动电位计升速增加频率</p> <p>14: MOP 降速减少频率</p> <p>15: 固定频率设定值直接选择</p> <p>16: 固定频率设定值直接选择+ON 命令</p> <p>17: 固定频率设定值二进制编码选择+ON 命令</p> <p>25: 直流注入制动</p> <p>29: 由外部信号触发跳闸</p> <p>33: 禁止附加频率设定值</p> <p>99: 使能 BICO 参数化</p> <p>下标:</p> <p>P0701 [0]: 第 1 命令数据组 CDS</p> <p>P0701 [1]: 第 2 命令数据组 CDS</p> <p>P0701 [2]: 第 3 命令数据组 CDS</p> <p>关联:</p> <p>设定值为 99 使能 BICO 参数化时为了复位要求</p> <ul style="list-style-type: none"> - P0700 命令信号源或 - P0010=1, P3900=1 2 或 3 快速调试或 - P0910=30, P0970=1 工厂复位 		CT	1
P702	<p>选择数字输入 2 的功能</p> <p>可能的设定值:</p> <p>0: 禁止数字输入</p> <p>1: ON/OFF1 接通正转/停车命令 1</p> <p>2: ON reverse/OFF1 接通反转/停车命令 1</p> <p>3: OFF2 停车命令 2—按惯性自由停车</p> <p>4: OFF3 停车命令 3—按斜坡函数曲线快速降速</p> <p>9: 故障确认</p> <p>10: 正向点动</p> <p>11: 反向点动</p>		CT	2

续表

参数号	参数名称及其可选择内容	访问级	Cstat 状态	设定值
P702	12: 反转 13: MOP 电动电位计升速增加频率 14: MOP 降速减少频率 15: 固定频率设定值直接选择 16: 固定频率设定值直接选择+ON 命令 17: 固定频率设定值二进制编码选择+ON 命令 25: 直流注入制动 29: 由外部信号触发跳闸 33: 禁止附加频率设定值 99: 使能 BICO 参数化 下标: P0702 [0]: 第 1 命令数据组 CDS P0702 [1]: 第 2 命令数据组 CDS P0702 [2]: 第 3 命令数据组 CDS		CT	2
P703	选择数字输入 3 的功能 可能的设定值: 0: 禁止数字输入 1: ON/OFF1 接通正转/停车命令 1 2: ON reverse/OFF1 接通反转/停车命令 1 3: OFF2 停车命令 2—按惯性自由停车 4: OFF3 停车命令 3—按斜坡函数曲线快速降速 9: 故障确认 10: 正向点动 11: 反向点动 12: 反转 13: MOP 电动电位计升速增加频率 14: MOP 降速减少频率 15: 固定频率设定值直接选择 16: 固定频率设定值直接选择+ON 命令 17: 固定频率设定值二进制编码选择+ON 命令 25: 直流注入制动 29: 由外部信号触发跳闸 33: 禁止附加频率设定值 99: 使能 BICO 参数化 下标: P0703 [0]: 第 1 命令数据组 CDS P0703 [1]: 第 2 命令数据组 CDS P0703 [2]: 第 3 命令数据组 CDS		CT	0
P704	选择数字输入 4 的功能 可能的设定值: 0: 禁止数字输入 1: ON/OFF1 接通正转/停车命令 1 2: ON reverse/OFF1 接通反转/停车命令 1 3: OFF2 停车命令 2—按惯性自由停车 4: OFF3 停车命令 3—按斜坡函数曲线快速降速 9: 故障确认 10: 正向点动		CT	16

续表

参数号	参数名称及其可选择内容	访问级	Cstat 状态	设定值
P704	11: 反向点动 12: 反转 13: MOP 电动电位计升速增加频率 14: MOP 降速减少频率 15: 固定频率设定值直接选择 16: 固定频率设定值直接选择+ON 命令 17: 固定频率设定值二进制编码选择+ON 命令 25: 直流注入制动 29: 由外部信号触发跳闸 33: 禁止附加频率设定值 99: 使能 BICO 参数化 下标: P0704 [0]: 第 1 命令数据组 CDS P0704 [1]: 第 2 命令数据组 CDS P0704 [2]: 第 3 命令数据组 CDS		CT	16
P705	选择数字输入 5 的功能 可能的设定值: 0: 禁止数字输入 1: ON/OFF1 接通正转/停车命令 1 2: ON reverse/OFF1 接通反转/停车命令 1 3: OFF2 停车命令 2—按惯性自由停车 4: OFF3 停车命令 3—按斜坡函数曲线快速降速 9: 故障确认 10: 正向点动 11: 反向点动 12: 反转 13: MOP 电动电位计升速增加频率 14: MOP 降速减少频率 15: 固定频率设定值直接选择 16: 固定频率设定值直接选择+ON 命令 17: 固定频率设定值二进制编码选择+ON 命令 25: 直流注入制动 29: 由外部信号触发跳闸 33: 禁止附加频率设定值 99: 使能 BICO 参数化 下标: P0705 [0]: 第 1 命令数据组 CDS P0705 [1]: 第 2 命令数据组 CDS P0705 [2]: 第 3 命令数据组 CDS		CT	16
P706	选择数字输入 6 的功能 可能的设定值: 0: 禁止数字输入 1: ON/OFF1 接通正转/停车命令 1 2: ON reverse/OFF1 接通反转/停车命令 1 3: OFF2 停车命令 2—按惯性自由停车 4: OFF3 停车命令 3—按斜坡函数曲线快速降速		CT	16

续表

参数号	参数名称及其可选择内容	访问级	Cstat 状态	设定值
P706	9: 故障确认 10: 正向点动 11: 反向点动 12: 反转 13: MOP 电动电位计升速增加频率 14: MOP 降速减少频率 15: 固定频率设定值直接选择 16: 固定频率设定值直接选择+ON 命令 17: 固定频率设定值二进制编码选择+ON 命令 25: 直流注入制动 29: 由外部信号触发跳闸 33: 禁止附加频率设定值 99: 使能 BICO 参数化 下标: P0706 [0]: 第 1 命令数据组 CDS P0706 [1]: 第 2 命令数据组 CDS P0706 [2]: 第 3 命令数据组 CDS		CT	16
P0719 [3]	选择命令和频率设定值: 这是选择变频器控制命令源的总开关, 在可以自由编程的 BICO 参数与固定的命令/设定值模式之间切换命令信号源和设定值信号源命令源和设定值源可以互不相关地分别切换十位数选择命令源个位数选择设定值源 可能的设定值: 0: BICO 参数 设定值=BICO 参数 1: BICO 参数 设定值=MOP 设定值 2: BICO 参数 设定值=模拟设定值 3: BICO 参数 设定值=固定频率 4: BICO 参数 设定值=BOP 链路的 USS 5: BICO 参数 设定值=COM 链路的 USS 6: BICO 参数 设定值=COM 链路的 CB 10: BOP 设定值=BICO 参数 11: BOP 设定值=MOP 设定值 12: BOP 设定值=模拟设定值 13: BOP 设定值=固定频率 14: BOP 设定值=BOP 链路的 USS 15: BOP 设定值=COM 链路的 USS 16: BOP 设定值=COM 链路的 CB 40: BOP 链路的 USS 设定值=BICO 参数 41: BOP 链路的 USS 设定值=MOP 设定值 42: BOP 链路的 USS 设定值=模拟设定值 43: BOP 链路的 USS 设定值=固定频率 44: BOP 链路的 USS 设定值=BOP 链路的 USS 45: BOP 链路的 USS 设定值=COM 链路的 USS 46: BOP 链路的 USS 设定值=COM 链路的 CB 50: COM 链路的 USS 设定值=BICO 参数 51: COM 链路的 USS 设定值=MOP 设定值 52: COM 链路的 USS 设定值=模拟设定值 53: COM 链路的 USS 设定值=固定频率		CT	0

续表

参数号	参数名称及其可选择内容	访问级	Cstat 状态	设定值
P0719 [3]	<p>54: COM 链路的 USS 设定值=BOP 链路的 USS 55: COM 链路的 USS 设定值=COM 链路的 USS 60: COM 链路的 CB 设定值=BICO 参数 61: COM 链路的 CB 设定值=MOP 设定值 62: COM 链路的 CB 设定值=模拟设定值 63: COM 链路的 CB 设定值=固定频率 64: COM 链路的 CB 设定值=BOP 链路的 USS 65: COM 链路的 CB 设定值=COM 链路的 USS 66: COM 链路的 CB 设定值=COM 链路的 CB</p> <p>下标: P0719 [0]: 第 1 命令数据组 CDS P0719 [1]: 第 2 命令数据组 CDS P0719 [2]: 第 3 命令数据组 CDS</p> <p>说明: 如果设定值个位数是 0 以外的数值即 BICO 参数不是设定值源 P0844/P0848 OFF2/OFF3 停车命令的第一个信号源无效的代之以 P0845/P0849 OFF2/OFF3 停车命令的第二个信号源而且 OFF 命令来自专门定义的信号源 BICO 互连接保留原来的值不变</p>		CT	0
P0801 [3]	<p>BI 下载参数置 1 定义从 AOP 启动下载参数置 1 的命令源前三位数字是命令源的参数号最后一位数字是对该参数的位设定</p> <p>下标: P0801 [0]: 第 1 命令数据组 CDS P0801 [1]: 第 2 命令数据组 CDS P0801 [2]: 第 3 命令数据组 CDS</p> <p>设定值: 722.0=数字输入 1 要求 P0701 设定为 99 BICO 722.1=数字输入 2 要求 P0702 设定为 99 BICO 722.2=数字输入 3 要求 P0703 设定为 99 BICO 722.3=数字输入 4 要求 P0704 设定为 99 BICO 722.4=数字输入 5 要求 P0705 设定为 99 BICO 722.5=数字输入 6 要求 P0706 设定为 99 BICO =====</p> <p>说明: 数字输入的信号 0=不下载 1=由 AOP 启动下载参数置 1</p>		CT	
P0840 [3]	<p>BI 正向运行的 ON/OFF1 命令 允许用 BICO 选择 ON/OFF1, 命令源前三位数字是命令源的参数号, 最后一位数字是对该参数的位设定</p> <p>下标: P0840 [0]: 第 1 命令数据组 CDS P0840 [1]: 第 2 命令数据组 CDS P0840 [2]: 第 3 命令数据组 CDS</p> <p>设定值: 722.0=数字输入 1, 要求 P0701 设定为 99 BICO 722.1=数字输入 2, 要求 P0702 设定为 99 BICO 722.2=数字输入 3, 要求 P0703 设定为 99 BICO</p>		CT	

续表

参数号	参数名称及其可选择内容	访问级	Cstat 状态	设定值
P0840 [3]	<p>722.3=数字输入 4, 要求 P0704 设定为 99 BICO</p> <p>722.4=数字输入 5, 要求 P0705 设定为 99 BICO</p> <p>722.5=数字输入 6, 要求 P0706 设定为 99 BICO</p> <p>722.6=数字输入 7, 经由模拟输入 1 要求 P0707 设定为 99</p> <p>722.7=数字输入 8, 经由模拟输入 2 要求 P0708 设定为 99</p> <p>19.0=经由 BOP 的 ON/OFF1 命令关联</p> <p>只有在 P0719=0 命令源/设定值源的远程选择时才能激活 BICO 要求 P0700 设定为 2 使能 BICO 缺省设定值 ON 接通正向运行是数字输入 1 722.0 改变 P0840 的数值之前只有在数字输入 1 的功能改变通过 P0701 时才能更替命令信号源</p>		CT	
P0842 [3]	<p>BI 反向运行的 ON/OFF1 命令</p> <p>允许用 BICO 选择反向运行的 ON/OFF1, 命令源前三位数字是命令源的参数号, 最后一位数字是对该参数的位设定</p> <p>下标:</p> <p>P0842 [0]: 第 1 命令数据组 CDS</p> <p>P0842 [1]: 第 2 命令数据组 CDS</p> <p>P0842 [2]: 第 3 命令数据组 CDS</p> <p>设定值:</p> <p>722.0=数字输入 1 要求 P0701 设定为 99 BICO</p> <p>722.1=数字输入 2 要求 P0702 设定为 99 BICO</p> <p>722.2=数字输入 3 要求 P0703 设定为 99 BICO</p> <p>722.3=数字输入 4 要求 P0704 设定为 99 BICO</p> <p>722.4=数字输入 5 要求 P0705 设定为 99 BICO</p> <p>722.5=数字输入 6 要求 P0706 设定为 99 BICO</p> <p>722.6=数字输入 7 经由模拟输入 1 要求 P0707 设定为 99</p> <p>722.7=数字输入 8 经由模拟输入 2 要求 P0708 设定为 99</p> <p>19.0=经由 BOP 的 ON/OFF1 命令关联</p> <p>只有在 P0719=0 选择远程命令源/设定值源时才能激活</p>			
P1000	<p>选择频率设定值:</p> <p>1: 电动电位计设定值</p> <p>2: 模拟设定值 1</p> <p>3: 固定频率设定值</p> <p>7: 模拟设定值 2</p> <p>说明: 附加设定值的设置方法请参看“参数表” 如果 P1000=1 或 3, 则频率设定值的选择决定于 P0700 至 P0708 的设置</p>	1	CT	3
P1080	<p>最小速度:</p> <p>设定值的范围 0~650 Hz</p> <p>本参数设置电动机的最小频率 (0~650Hz) 达到这一频率时, 电动机的运行速度将与频率的设定值无关, 这里设置的值对电动机的正转和反转都是适用的</p>	1	CUT	15
P1082	<p>最大速度:</p> <p>设定值的范围 0~650 Hz</p> <p>本参数设置电动机的最大频率 (0~650Hz) 达到这一频率时, 电动机的运行速度将与频率的设定值无关, 这里设置的值对电动机的正转和反转都是适用的</p>	1	CT	50

续表

参数号	参数名称及其可选择内容	访问级	Cstat 状态	设定值
P1120	斜坡上升时间： 设定值的范围 0~650s 电动机从静止停车加速到最大电动机频率所需的时间	1	CUT	15
P1121	斜坡下降时间： 设定值的范围 0~650s 电动机从其最大频率减速到静止停车所需的时间	1	CUT	20
P1135	OFF3 停车时的斜坡下降时间（自由停止）： 设定值的范围 0~650s 得到 OFF3 停止命令后电动机从其最大频率减速到静止停车所需的斜坡下降时间	2	CUT	5
P1300	控制方式选择： 0：线性 V/f 控制 1：带 FCC（磁通电流控制）的 V/f 控制 2：抛物线 V/f 控制 3：可编程的多点 V/f 控制 5：用于纺织工业的 V/f 控制 6：用于纺织工业的带 FCC 功能的 V/f 控制 19：带独立电压设定值的 V/f 控制 20：无传感器矢量控制 21：带传感器矢量控制 22：无传感器的矢量转矩控制 23：带传感器的矢量转矩控制 说明：矢量控制方式只适用于异步电动机的控制	2	CT	20
P1500	选择转矩设定值： 0：无主设定值 2：模拟设定值 1 4：通过 BOP 链路的 USS 设定值 5：通过 COM 链路的 USS 设定值 6：通过 COM 链路的通信板设定值 7：模拟设定值 2 说明：附加设定值的设置方法请参看“参数表”	2	CT	0
P1910	选择电动机数据自动检测： 0：禁止自动检测 1：所有参数都带参数修改的自动检测 2：所有参数都不带参数修改的自动检测 3：饱和曲线带参数修改的自动检测 4：饱和曲线不带参数修改的自动检测 说明：电动机数据的自动检测必须是在冷态（20℃）下进行，如果环境温度不在允许范围（20℃±5℃）内，必须修改参数 P0625 的电动机运行环境温度值。 P1910=0 时，不进行自动检测。 P1910=1、2、3、4 时，报警码 A0541 激活电动机数据自动检测功能。	2	CT	0

续表

参数号	参数名称及其可选择内容	访问级	Cstat 状态	设定值
P1960	<p>速度控制优化:</p> <p>为了进行速度控制器的优化,传动装置应设置为矢量控制方式(P1300=20或21),当速度控制器优化功能投入时(P1960=1),报警信号A0542将被激活。</p> <p>当传动装置接下来启动时便进行优化测试。首先变频器按照斜坡上升时间P1120将电动机加速到P0310(电动机的额定频率)的20%,然后在转矩控制下达到P0310的50%;接着变频器按照斜坡下降时间P1121使电动机降速到P0310的20%,这种操作重复进行几次以后取其平均时间,由此可以得到电动机负载的惯量,据此,对参数P0342驱动装置总惯量/电动机惯量之比和P1360矢量控制的增益系数以及P1370SLVC的增益系数进行修改,得到真正适合被测惯量的响应特性。</p> <p>可能的设定值:</p> <p>0:禁止优化</p> <p>1:使能优化</p> <p>=====</p> <p>说明:完成测试时P1960将被清0。</p> <p>提示:如果斜坡上升时在适当的时间内还不能达到稳态值,传动系统出现不稳定时,变频器可能由于故障F0042速度控制器优化失败而跳闸。</p> <p>应该指出,进行上述测试时应该投入直流回路控制器的控制功能,否则可能出现过电压跳闸,当然这与斜坡下降时间和传动系统的惯性也有关。</p> <p>速度环的优化可能对一些应用对象不合适,因为对于这样的传动系统优化测试的过程(即转矩控制下从P0310的20%~50%)的加速过程是不允许的</p>	3	CT	0或1
P3900	<p>快速调试结束选择:</p> <p>0:结束快速调试,不进行电动机计算或复位为工厂缺省设置值。</p> <p>1:结束快速调试,进行电动机计算和复位为工厂缺省设置值(推荐的方式)。</p> <p>2:结束快速调试,进行电动机计算和I/O复位。</p> <p>3:结束快速调试,进行电动机计算但不进行I/O复位。</p> <p>当P3900=1、2时,快速调试直接结束,变频器进入“运行准备就绪”状态。</p> <p>当P3900=3时,先接通电动机,开始电动机数据的自动检测;在完成电动机数据的自动检测以后,待报警信号A0541消失后,再结束快速调试,变频器进入“运行准备就绪”状态</p>	1	C	1

注 上述情况只适用于快速调试方式。

(三) 空载调试

空载调试是在不带电动机的情况下进行的。

1. 检查

确认变频器参数的设定已经完成,所有试验用的临时接线都已拆除,变频器未显示故障且工频系统无异常,可进行空载调试。

2. 调试工频控制系统工作是否正常

将“SW1”选择开关投到“工频”位。

试工频正常运转：按下“BT2”按钮看“C1”接触器吸合，“GL11”绿色指示灯亮，并用万用表测量接触器出线端三相电压是否正常；按下“BT1”按钮看“C1”接触器释放，“GL11”绿色指示灯亮灭。

试工频正转点动：按下“BT3”按钮并保持看“C1”接触器吸合，“GL11”绿色指示灯亮，“GL4”绿色指示灯亮；放开“BT3”按钮看“C1”接触器释放，“GL11”绿色指示灯灭，“GL4”绿色指示灯灭。

试工频反转点动：按下“BT4”按钮并保持看“C3”接触器吸合，“GL11”绿色指示灯亮，“GL5”绿色指示灯亮，放开“BT4”按钮看“C3”接触器释放，GL11”绿色指示灯灭，“GL5”绿色指示灯灭。

3. 调试变频控制系统工作是否正常

将“SW1”选择开关投到“变频”位，对变频器进行空载（不接电机）情况下的启动。

(1) 变频 20Hz：将“SW2”选择开关投到“段速一”位。

调试变频 20Hz 正常运转：按下“BT2”按钮看“C2”接触器吸合，“GL12”绿色指示灯亮，“GL1”绿色指示灯亮，变频器是否启动，并逐步加速到 20Hz；并用万用表测量变频器出线端（U、V、W）三相是否有电压；按下“BT1”按钮看变频器是否逐步减速到零并停止，“C2”接触器是否在变频器停止后再释放，“GL1”绿色指示灯先灭，“GL12”绿色指示灯经一段延时后灭。

调试变频正转点动：按下“BT3”按钮并保持看“C2”接触器吸合，“GL12”绿色指示灯亮，“GL1”绿色指示灯亮，“GL4”绿色指示灯亮，同时启动变频器；放开“BT3”按钮看“C2”接触器是否释放，同时停止变频器，“GL12”绿色指示灯灭，“GL1”绿色指示灯灭，“GL4”绿色指示灯灭。

调试变频反转点动：按下“BT4”按钮并保持看“C2”接触器吸合，“GL12”绿色指示灯亮，“GL1”绿色指示灯亮，“GL5”绿色指示灯亮，同时启动变频器；放开“BT4”按钮看“C2”接触器是否释放，同时停止变频器，“GL12”绿色指示灯灭，“GL1”绿色指示灯灭，“GL5”绿色指示灯灭。

(2) 变频 30Hz：将“SW2”选择开关投到“段速二”位。

调试变频 30Hz 正常运转：按下“BT2”按钮看“C2”接触器吸合，“GL12”绿色指示灯亮，“GL2”绿色指示灯亮，变频器是否启动，并逐步加速到 20Hz；并用万用表测量变频器出线端（U、V、W）三相是否有电压；按下“BT1”按钮看变频器是否逐步减速到零并停止，“C2”接触器是否在变频器停止后再释放，“GL2”绿色指示灯先灭，“GL12”绿色指示灯经一段延时后灭。

调试变频正转点动：按下“BT3”按钮并保持看“C2”接触器吸合，“GL12”绿色指示灯亮，“GL2”绿色指示灯亮，“GL4”绿色指示灯亮，同时启动变频器；放开“BT3”按钮看“C2”接触器是否释放，同时停止变频器，“GL12”绿色指示灯灭，“GL2”绿色指示灯灭，“GL4”绿色指示灯灭。

调试变频反转点动：按下“BT4”按钮并保持看“C2”接触器吸合，“GL12”绿色指示灯亮，“GL2”绿色指示灯亮，“GL5”绿色指示灯亮，同时启动变频器；放开“BT4”按钮看“C2”接触器是否释放，同时停止变频器，“GL12”绿色指示灯灭，“GL2”绿色指示灯灭，“GL5”绿色指示灯灭。

(3) 变频 40Hz：将“SW2”选择开关投到“段速三”位。

调试变频40Hz正常运转：按下“BT2”按钮看“C2”接触器吸合，“GL12”绿色指示灯亮，“GL3”绿色指示灯亮，变频器是否启动，并逐步加速到20Hz；并用万用表测量变频器出线端（U、V、W）三相是否有电压；按下“BT1”按钮看变频器是否逐步减速到零并停止，“C2”接触器是否在变频器停止后再释放，“GL3”绿色指示灯先灭，“GL12”绿色指示灯经一段延时后灭。

调试变频正转点动：按下“BT3”按钮并保持看“C2”接触器吸合，“GL12”绿色指示灯亮，“GL3”绿色指示灯亮，“GL4”绿色指示灯亮，同时启动变频器；放开“BT3”按钮看“C2”接触器是否释放，同时停止变频器，“GL12”绿色指示灯灭，“GL3”绿色指示灯灭，“GL4”绿色指示灯灭。

调试变频反转点动：按下“BT4”按钮并保持看“C2”接触器吸合，“GL12”绿色指示灯亮，“GL3”绿色指示灯亮，“GL5”绿色指示灯亮，同时启动变频器；放开“BT4”按钮看“C2”接触器是否释放，同时停止变频器，“GL12”绿色指示灯灭，“GL3”绿色指示灯灭，“GL5”绿色指示灯灭。

(4) 用万用表在变频器运行状态下测试U、V、W三相输出电压值时，如出现缺相、三相不平衡等情况，则说明模块或驱动板等有故障，应立即对变频器停电检测。

(四) 负载连动调试

1. 检查

(1) 被驱动设备的检查：对被驱动设备进行盘车及检查，确定被驱动设备均正常。

(2) 相序：使用工频进行调试时应注意电动机的运转方向是否正确，如果是反转则在电源输入侧进行调整（即将电源输入侧的任意两根线进行倒换）。变频器输出的相序根据已调整好的工频进行校正（也可将变频器输入侧的任意两根线进行倒换）。

2. 负载调试

在空载调试完成，确认所有控制动作准确无误及确定被驱动设备完全正常后进行负载调试。

(1) 工频负载调试。调试工频正常运转：按下“BT2”按钮看检布机运转是否正常，并用钳形电流表测量电动机的三相电流是否正常；按下“BT1”按钮看检布机运转是否停止。

调试工频正转点动：按下“BT3”按钮并保持，看检布机是否正转启动，放开“BT3”按钮看检布机正转是否停止。

调试工频反转点动：按下“BT4”按钮并保持，看检布机是否反转启动，放开“BT4”按钮看检布机反转是否停止。

(2) 变频器负载调试。在变频器输出电压正常（无缺相、三相平衡）的情况下才可带载测试；测试时，最好进行满负载测试（即将变频器的输出频率设为50Hz，本案例中无该工作频率），以检测变频器的负载能力。

1) 变频20Hz：将“SW2”选择开关投到“段速一”位。

调试变频20Hz正常负载运转：按下“BT2”按钮看“C2”接触器是否吸合，变频器是否启动，检布机运转是否正常，并逐步加速到20Hz；并用钳形电流表测量变频器输入端的三相电流是否在正常的范围内逐步增加并随频率的稳定而稳定；按下“BT1”按钮看变频器及检布机是否逐步减速到零（0转速）并停止，“C2”接触器是否在变频器及检布机停止后再释放。

调试变频器及检布机正转点动：按下“BT3”按钮并保持看变频器及检布机是否正转启动；放开“BT3”按钮看变频器及检布机是否停止正转。

调试变频器及检布机反转点动：按下“BT4”按钮并保持看变频器及检布机是否反转启动；放开“BT4”按钮看变频器及检布机是否停止反转。

2) 变频30Hz：将“SW2”选择开关投到“段速二”位。

调试变频 30 Hz 正常负载运转：按下“BT2”按钮看“C2”接触器是否吸合，变频器是否启动，检布机运转是否正常，并逐步加速到 30 Hz；并用钳形电流表测量变频器输入端的三相电流是否在正常的范围内逐步增加并随频率的稳定而稳定；按下“BT1”按钮看变频器及检布机是否逐步减速到零（0 转速）并停止，“C2”接触器是否在变频器及检布机停止后再释放。

调试变频器及检布机正转点动：按下“BT3”按钮并保持看变频器及检布机是否正转启动；放开“BT3”按钮看变频器及检布机是否停止正转。

调试变频器及检布机反转点动：按下“BT4”按钮并保持看变频器及检布机是否反转启动；放开“BT4”按钮看变频器及检布机是否停止反转。

3) 变频 40 Hz：将“SW2”选择开关投到“段速三”位。

调试变频 40 Hz 正常负载运转：按下“BT2”按钮看“C2”接触器是否吸合，变频器是否启动，检布机运转是否正常，并逐步加速到 40 Hz；并用钳形电流表测量变频器输入端的三相电流是否在正常的范围内逐步增加，并随频率的稳定而稳定；按下“BT1”按钮看变频器及检布机是否逐步减速到零（0 转速）并停止，“C2”接触器是否在变频器及检布机停止后再释放。

调试变频器及检布机正转点动：按下“BT3”按钮并保持看变频器及检布机是否正转启动；放开“BT3”按钮看变频器及检布机是否停止正转。

调试变频器及检布机反转点动：按下“BT4”按钮并保持看变频器及检布机是否反转启动；放开“BT4”按钮看变频器及检布机是否停止反转。

4) 在调试过程中，如变频器的加减速时间及变频运行时“C2”的停止延时不很合理，可以再进行设定修正。

第二节 变频器连续调速控制的应用系统

一、工艺设备调速概况

本案例通常是调速节能的改造项目，即在原有工频控制系统的前提下加装变频调速系统。以下以水泥厂常用的罗茨风机的可连续调节风量的变频调节（即调节罗茨风机转速）和工频调节（即调节罗茨风机的出口或进口风阀）作为案例。

（一）水泥生产时的工艺对罗茨风机的要求

（1）整个水泥窑正常生产时的工艺对于变频调速的罗茨风机的工作速度要求一般是在 20~40 Hz，特殊情况下满转（50 Hz）。

（2）考虑到增加整个供风系统的可靠性，实际应用时最好是罗茨风机保留工频（50 Hz）用风阀调节风量的工作方式，以作为备用供风方式。

（二）控制要求

（1）系统功能。

1) 罗茨风机两种方式的启停控制操作应能在操作台前完成。

2) 罗茨风机的工作速度的给定应能在操作台前完成。

（2）尽可能根据罗茨风机的转矩特点，使用 F（或 P）型变转矩类变频器控制系统。

二、调节方案

（一）变频器连续调速方案

通常，水泥厂使用的罗茨风机的功率都较大，工频一般采用自耦降压启动。根据罗茨风机的这一特点及其控制要求，如是改造项目应保留原工频系统作为备用，如是新建项目最好作成工

频—变频双主回路系统互为备用。方案示意图如图 7-9 所示。

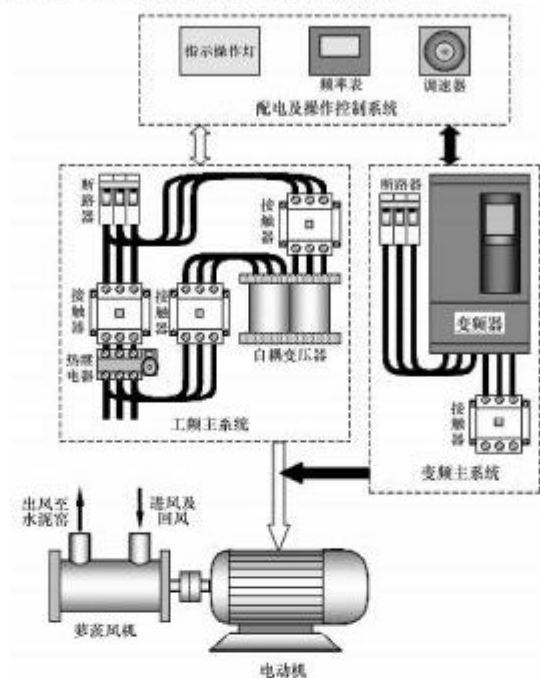


图 7-9 罗茨风机的变频调速控制方案

(二) 变频器连续调速方案的功能及其操作描述

(1) 罗茨风机的变频及工频启停控制操作均通过电气柜或远程操作控制(箱)面板(如存在是设在操作室内)来完成。

(2) 罗茨风机变频工作时速度的调节是采用外部模拟信号给定的调速方法进行调速控制,并通过安装在电气柜或远程操作控制面板上的调速器(可调变阻器)完成调速操作。

(3) 为了能对罗茨风机的运行转速(即变频器的输出频率)进行实时监控,要在电气柜或远程操作控制(箱)面板(如存在)上装设转速(频率)表,转速(频率)表的信号由变频器模拟量输出提供。

三、变频器选择

(一) 概述

变频器连续调速功能是使用变频器的追踪速度模拟给定信号来改变输出频率功能,在此选择的变频器主要从其所驱动的负载特性、稳定性、品牌、价格及用户的要求几个方面来考虑。

根据以前的实际经验,本案例选用 SIEMENS MM 430 系列变频器,如罗茨风机的启动转矩大,可考虑使用 MM 440 系列变频器。

(二) 关于 MM 430 变频器

MM 430 全称 MICROMASTER 430,是西门子公司的一种风机泵类系列变频器。

1. MICROMASTER 430 系列变频器

MICROMASTER 430 是用于控制三相交流电动机速度的系列变频器,有多种型号,额定功率范围在 7.5~250kW,可供用户选用。

在采用变频器的出厂设定功能和缺省设定值时, MICROMASTER 430 变频器特别适合用于

水泵和风机的驱动。

MM 430 变频器由微处理器控制，并采用具有现代先进技术水平的绝缘栅双极型晶体管 (IGBT) 作为功率输出器件，具有很高的运行可靠性和功能的多样性。MM 430 变频器的脉冲宽度调制的开关频率是可选的，通过调整变频器的脉冲宽度调制的开关频率，可以降低电动机运行的噪声。MM 430 变频器具有全面而完善的保护功能，可为变频器本身和电动机提供良好的保护。

2. MM 430 变频器的特点

(1) 主要特性。

- 1) 易于安装、参数设置及调试。
- 2) 可用于中性点不接地 (IT) 的供电系统。
- 3) 对控制信号的响应的速度快。
- 4) 参数设置的范围广、应用范围大。
- 5) 接线简单方便。
- 6) 设有具有多个继电器 (触点开关量) 输出。
- 7) 可设有多个模拟量 (标准信号) 输出 (0~20 mA)。
- 8) 设有 6 路带隔离的数字输入，并为可切换的 NPN/PNP 接线。
- 9) 设有 2 路模拟输入，其中：
 - ① AIN1: 0~10 V, 0~20 mA 和 -10~+10V;
 - ② AIN2: 0~10 V, 0~20 mA。
- 10) 设有 2 个模拟输入，该输入端子还可以作为第 7 和第 8 个数字输入。
- 11) 整个变频器采用模块化设计，配置非常灵活。
- 12) 脉宽调制的频率高，因而电动机运行的噪声低。
- 13) 设有详细的变频器状态信息和全面的信息功能。
- 14) 配有多种可选件供用户根据实际情况选用：用于与 PC 通信的通信模块，基本操作面板 (BOP-2) 和用于进行现场总线通信的 PROFIBUS 模块等。
- 15) MM 430 变频器用于水泵和风机控制时的特点：
 - ① 可对整个被空系统的电动机采用分级控制 (统一调控)；
 - ② 可采用节能控制方式；
 - ③ 设手动/自动控制 (手动操作/自动操作) 方式；
 - ④ 可以对传动皮带的故障进行检测及对水泵无水的空转进行检测；
 - ⑤ 设备有旁路。

(2) MM 430 的控制性能特点。

1) U/f 控制：

- ① 采用磁通电流控制 (FCC)，可改善动态响应和电动机的控制特性；
 - ② 可采用多点 U/f 控制。
- 2) 快速电流限制 (FCL) 功能，可避免运行中不应有的跳闸。
 - 3) 设有内置的直流注入制动。
 - 4) 设有复合制动功能，可改善制动特性。
 - 5) 加速/减速斜坡具有可选择特性。
 - ① 起始和结束段带平滑圆弧；
 - ② 起始和结束段不带平滑圆弧。
 - 6) 设有比例、积分和微分 (PID) 的闭环控制功能。

7) 各组参数的设定值可以相互切换。

①电动机驱动数据组 (DDS)；

②命令数据组和设定值信号源 (CDS)。

8) 运行时的转矩 (VT) 可根据负载的情况改变。

(3) 保护特性。

1) 过电压 / 欠电压保护。

2) 变频器过热保护。

3) 接地故障保护。

4) 短路保护。

5) F: 电动机过热保护。

6) PTC/KTY 电动机保护。

四、罗茨风机的连续调节的变频器应用系统的设计

(一) 变频主电路及工频旁路 (见图 7-10)

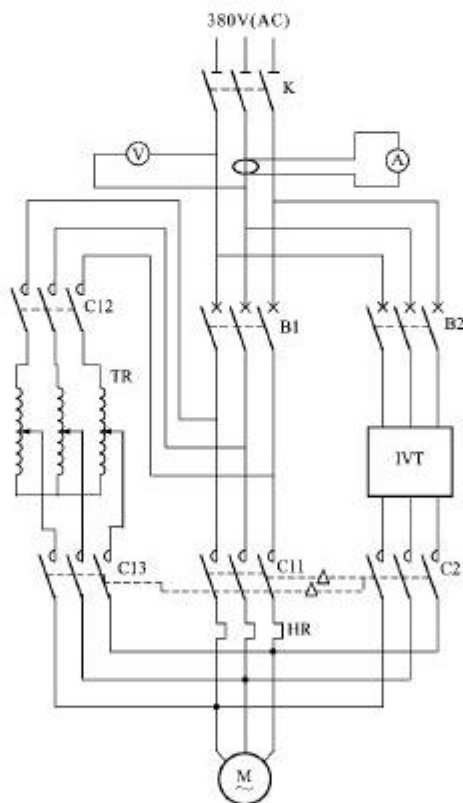


图 7-10 罗茨风机双主回路系统

(二) 控制系统电路 (见图 7-11)

说明: 远程箱上的控制按钮如远程箱存在才加装, 调速用可调电阻和频率显示仪表如存在远程箱则应装在远程箱上。

(三) 变频器控制电路 (见图 7-12)

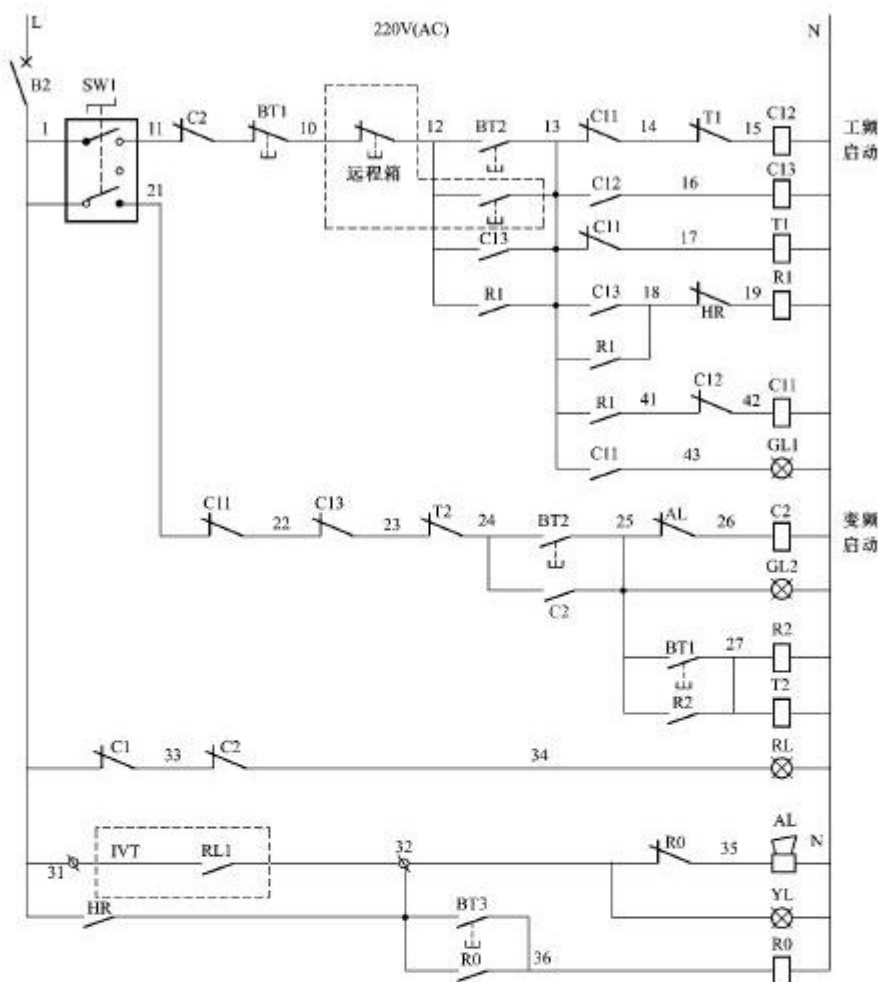


图 7-11 罗茨风机双回路控制系统

(四) 平面布置 (见图 7-13 和图 7-14)

五、罗茨风机的连续调节的变频器应用系统的调试

(一) 检查

按第五节“变频器的应用服务”中的“变频器及其电气控制系统的检查与检测”步骤进行。变频器出口接触器“C2”延时断开整定；将时间继电器“T2”的动作时间整定为略大于变频器的减速时间。

(二) 变频器的参数设定及初调

1. 变频器的参数设定

先认识一下 MM 430 变频器的操作面板，如图 7-15，该面板与其他的一些品牌的变频器的操作面板比较，让人感到较为简单，只设“启动键”、“停止键”、“手动方式选择键”、“自动方式选择键”、“功能键”、“参数键”、“增加键”和“减少键”，各键的功能将在后面进行介绍。

(1) MM 430 变频器的显示器及按钮功能的说明：

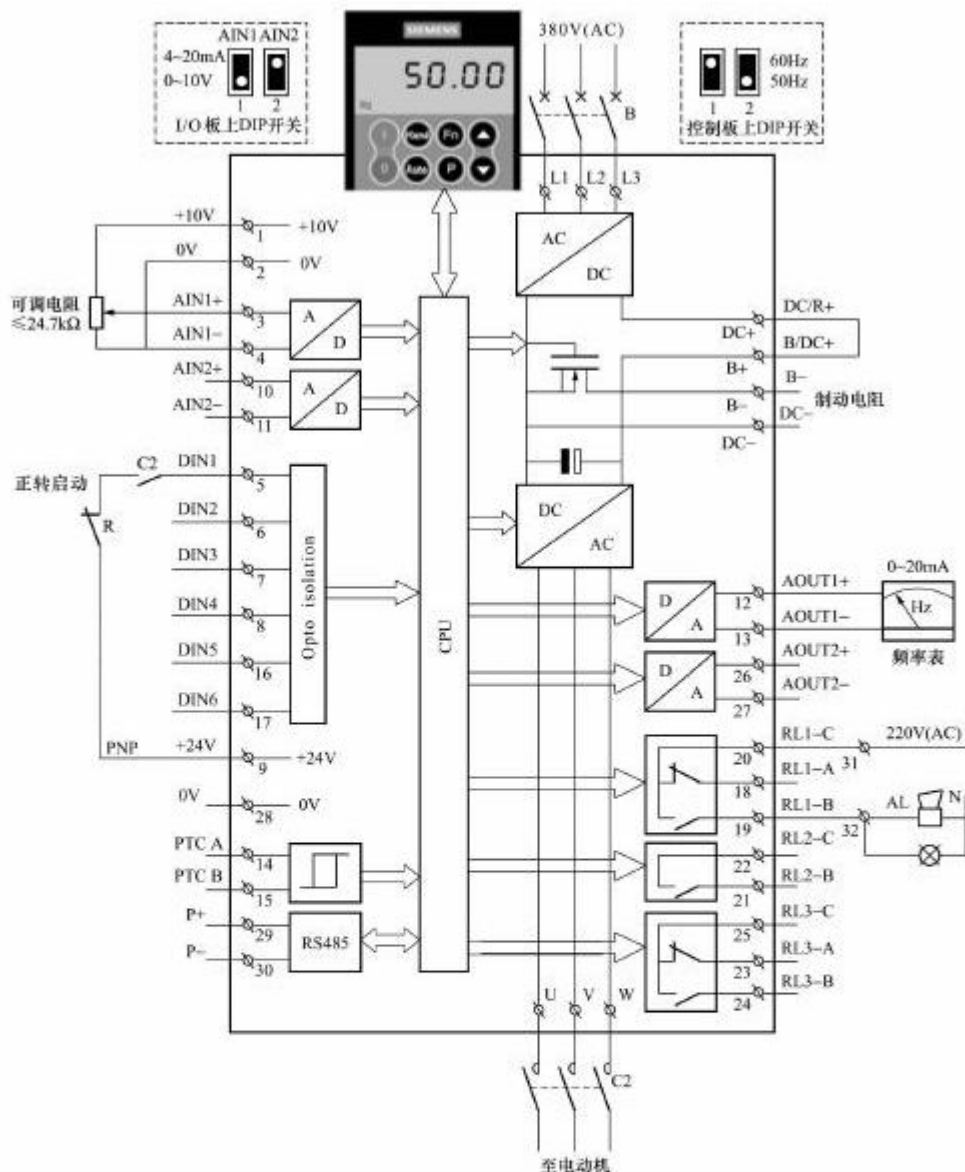


图 7-12 罗茨风机的 MM 440 变频器控制示意图

1) 变频器的键盘上端的 LCD 显示器：显示变频器的状态、参数及故障等。图为显示进入设定状态的变频器当前参数代码。

2) 此按钮为“启动键”，功能：启动电动机。

当设定 P0700=1 时，此键的操作有效；按此键启动变频器运行。

3) 此按钮为“停止键”，功能：停止电动机。

当设定 P0700=1 时，此键的操作有效；

OFF1 按此键（短按一次），变频器将按选定的斜坡下降速率减速停车；

OFF2 按此键（短按两次或长按一次）电动机将在惯性作用下自由停车。此功能总是使

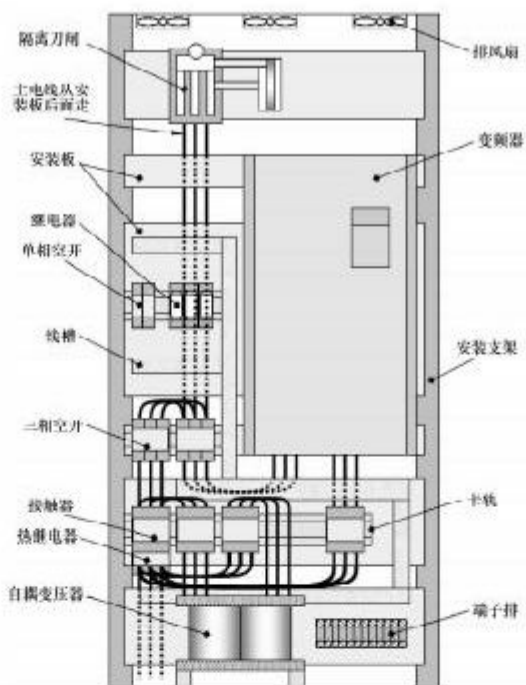


图 7-13 罗茨风机变频器控制电控柜内平面布置示意图

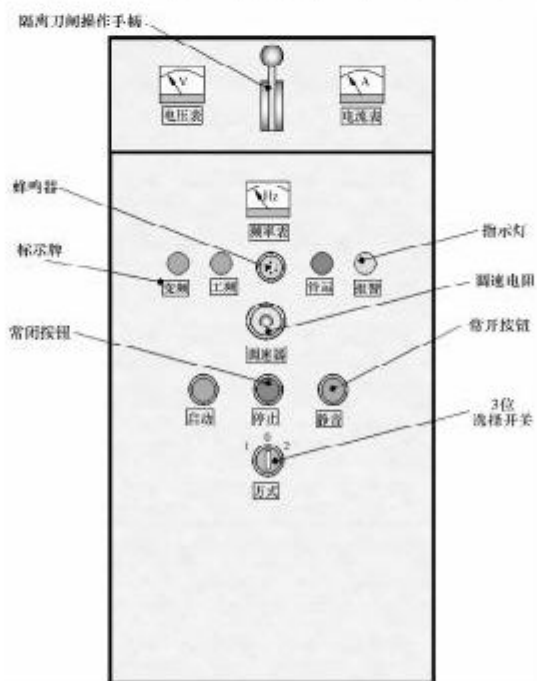


图 7-14 变频器控制柜操作面板布置图



图 7-15 MM 430 变频器操作板“BOP-2”

能的。

4) 此按钮为“手动方式选择键”，简称“Hand”键。该模式下，用户的端子板（CD S0）和操作板（BOP-2）是命令源和设定值信号源。

5) 此按钮为“自动方式选择键”，简称“Auto”键。该模式下，用户的端子板（CD S1）或串行接口（USS）或现场总线接口（如 PROFIBUS）是命令源和设定值信号源。

6) 此按钮为“功能键”，简称“Fn”键。功能如下。

①浏览辅助信息：变频器运行过程中，在显示任何一个参数时按下此键并保持 2s 不动，将显示以下参数值：

- A. 直流回路电压（用 d 表示，单位：V）；
- B. 输出电流（A）；
- C. 输出频率（Hz）；
- D. 输出电压（用 o 表示，单位：V）；
- E. 显示由 P0005 选定的不包含前几项的数值，不可用 P0005 选择前几项，否则不显示；连续多次按下此键将轮流显示以上参数。

②跳转功能：在显示任何一个参数（rXXXX 或 PXXXX）时，短按下此键，将立即跳转到 r0000；跳转到 r0000 后按此键将返回原来的显示点。

在出现故障或报警的情况下按“Fn”键可以将操作板上显示的故障或报警信息复位。

7) 此按钮为“参数键”，简称“P”键。功能：访问参数。按此键即可访问参数。

8) 此按钮为“增加键”，简称“▲”键。功能：增加数值。按此键即可增加面板上显示的参数数值。

9) 此按钮为“减少键”，简称“▼”键。功能：减少数值。按此键即可减少面板上显示的参数数值。

(2) 用 BOP-2 面板控制操作方式及步骤。

1) 合上变频器进线主电源开关，对变频器上电。

2) 设定参数：P0010=0（为了正确地进行运行命令的初始化）；P0700=1（使能 BOP-2 的启动/停止按钮）；P1000=1（使能电动电位计的设定值）。

3) 用 BOP-2 面板控制操作变频器的启停：

①按下绿色按键（“启动键”），启动电动机。

②在电动机转动时按下“▲”键，使电动机升速到 50Hz。

③在电动机达到 50Hz 时按下“▼”键，电动机速度及其显示值都降低。

④按“Hand”键，激活手动操作方式。

⑤按“Auto”键，激活自动操作方式。

⑥用红色按键（“停止键”）停止电动机。

(3) 关于使用 MM 430 变频器的几点说明。

1) 对变频器通电后，在未按下“启动键”或者数字输入端 5 未出现“ON（正向旋转）”信号之前，变频器的输出是被锁定的，没有输出，处于待运行（等待）状态；

2) 如果要在 BOP-2 面板的显示器上显示输出频率，需设定参数“P0005=21”；

3) MM 430 变频器出厂时已按相同额定功率的西门子四极标准电动机的常规应用对象进

行了设定。实际应用中如果采用其他型号的电动机，就先设定参数“P0010=1”，再输入电动机铭牌上的规格数据；输入完成后，要先设定参数“P0010=0”，才可启动电动机开始运行。

4) MM 430 变频器设有三个命令数据组 (CDS)。BOP-2 上的“Hand”键和“Auto”键应在命令数据组 CDS1 和 CDS2 之间触发。如果选择了命令数据组 CDS 3 (通过 P0811)，BOP-2 的“Hand”键和“Auto”键将是不激活的。详细情况请参看“MM 430 参数表”。

2. MM 430 变频器的调试

(1) 变频器调试的概述。现代变频器 (如 MM 430) 的功能很多，主要是为适用于不同场合而开发。在实际应用中，具体的应用中通常只能用到变频器的一部分或者说是很少的一部分功能，故在具体的调试中，变频器的大多参数都是不用设置的，尤其是对风机水泵这类负荷。以下介绍西门子 MM 430 变频器常用的一种“快速调试”方法，也是对变频器进行的一种简单的调试方法。

与很多电气调试相同的是，在进行快速调试以前，必须确认所有的机械和电气及变频器的安装工作已经完成，并进行必要的清场；对于要求严格的场合还要做好相关的安全防护工作，如按规范要求执行工作 (操作) 票制度，开出完善的标准的调试步骤作为工作票的附件，以保证人身和设备的安全。

(2) MM 430 变频器的快速调试 (P0010=1)。要对 MM 430 变频器进行快速调试，必须了解掌握两个重要参数：P0010——参数过滤功能；P0003——选择用户访问级别的功能。

MM 430 变频器有三个用户访问级：标准级、扩展级和专家级。进行快速调试时，访问级别较低，能够看到的参数较少。大多参数的数值或者是缺省设置，或者是在快速调试时自动地计算。

当选择 P0010=1 进行快速调试时，P0003 用户访问级用来选择要访问的参数，这一参数也可以用来选择由用户定义的、进行快速调试的参数表。快速调试的进行与参数 P3900 的设定有关，在快速调试的所有步骤都已完成以后应设定 P3900=1，以便进行必要的电动机数据的计算。当 P3900 被设定为 1 时，快速调试结束后会将其他所有的参数 (P0010=1 不包括在内) 恢复到它们的缺省设置值。

快速调试包括电动机的参数设定和斜坡函数的参数设定。在 P3900=1，并完成快速调试以后，变频器即已作好了运行准备 (这种情况只有在快速调试方式下才存在)。进行快速调试，必须对表 7-2 中的参数进行设定。

表 7-2 参 数 设 定

参数号	参 数 名 称	访问级	Cstat	设定值
P0003	用户访问级 1: 标准级 2: 扩展级 3: 专家级	1		
P0010	开始快速调试 0: 准备运行 1: 快速调试 30: 工厂的缺省设置值	1		1

续表

参数号	参 数 名 称	访问级	Cstat	设定值
P0100	欧洲/北美 0: 功率单位为 kW; f 的缺省值为 50 Hz 1: 功率单位为 hp; f 的缺省值为 60 Hz 2: 功率单位为 kW; f 的缺省值为 60 Hz ===== 说明: P0100 的设定值 0 和 1 应该用 DIP 开关来更改, 使其设定的值固定不变。DIP 开关用来建立固定不变的设定值。在电源断开后, DIP 开关的设定值优先于参数的设定值	1	C	0
P0205	变频器的应用对象 0: 恒转矩 1: 变转矩 ===== 说明: P0205=0 时, 只对 A、B 型和单相 C 型外形尺寸的变频器有效; P0205=1 时, 只能用于平方 V/f 特性 (水泵, 风机) 的负载	3		0
P0300	选择电动机的类型 1: 异步电动机 2: 同步电动机 ===== 说明: P0300=2 时, 控制参数被禁止	2	C	1
P0304	电动机的额定电压 设定值的范围: 10~2000V, 根据铭牌键入的电动机额定电压 (V)	1	C	380
P0305	电动机的额定电流 设定值的范围: 0~2 倍变频器额定电流 (A), 根据铭牌键入的电动机额定电流 (A)。	1	C	根据电动机的实际情况选
P0307	电动机的额定功率 设定值的范围: 0.01~2000 kW, 根据铭牌键入的电动机额定功率 (kW), 如果 P0100=1, 功率单位应是 hp	1	C	根据电动机的实际情况选
P0308	电动机的额定功率因数 设定值的范围: 0.000~1.000 根据铭牌键入的电动机额定功率因数 ($\cos\varphi$), 只有在 P0100=0 或 2 的情况下 (电动机的功率单位是 kW 时) 才能显示	2	C	0.8
P0309	电动机的额定效率 设定值的范围 0.0%~99.9% 根据铭牌键入的以 % 值表示的电动机额定效率。只有在 P0100=1 的情况下 (电动机的功率单位是 hp 时) 才能显示	2	C	—
P0310	电动机的额定频率 设定值的范围: 12~650 Hz, 根据铭牌键入的电动机额定频率 (Hz)	1	C	50
P0311	电动机的额定速度 设定值的范围: 0~40000 r/min, 根据铭牌键入的电动机额定速度 (r/min)	1	C	根据电动机的实际情况选

续表

参数号	参 数 名 称	访问级	Cstat	设定值
P0320	电动机的磁化电流 设定值的范围: 0.0%~99.0% 是以电动机额定电流 (P0305) %值表示的磁化电流	3	CT	
P0335	电动机的冷却 0: 自冷 1: 强制冷却 2: 自冷和内置风机冷却 3: 强制冷却和内置风机冷却	2	CT	0
P0640	电动机的过载倍数 [%] (过载因子) 设定值的范围: 10.0%~400.0 % 电动机过载电流的限定值, 以电动机额定电流 (P0305) 的 %值表示	2	CUT	100
P0700	选择命令源 0: 工厂设置值 1: 基本操作面板 (BOP-2) 2: 端子 (数字输入) =====	1	CT	
	说明: 如果选择 P0700=2, 数字输入的功能决定于 P0701 至 P0708。 P0701 至 P0708=99 时, 各个数字输入端按照 BICO 功能进行参数化			
P0701	选择数字输入 1 的功能 可能的设定值: 0: 禁止数字输入 1: ON/OFF1 接通正转/停车命令 1 2: ON reverse/OFF1 接通反转/停车命令 1 3: OFF2 停车命令 2 — 按惯性自由停车 4: OFF3 停车命令 3 — 按斜坡函数曲线快速降速 9: 故障确认 10: 正向点动 11: 反向点动 12: 反转 13: MOP 电动电位计升速增加频率 14: MOP 降速减少频率 15: 固定频率设定值直接选择 16: 固定频率设定值直接选择 + ON 命令 17: 固定频率设定值二进制编码选择 + ON 命令 25: 直流注入制动 29: 由外部信号触发跳闸 33: 禁止附加频率设定值 99: 使能 BICO 参数化 下标: P0701 [0]: 第 1 命令数据组 CDS P0701 [1]: 第 2 命令数据组 CDS P0701 [2]: 第 3 命令数据组 CDS 关联: 设定值为 99 使能 BICO 参数化时为了复位要求		CT	1

续表

参数号	参 数 名 称	访问级	Cstat	设定值
P0701	- P0700 命令信号源或 - P0610=1, P3900=1 2 或 3 快速调试或 - P0610=30, P0970=1 工厂复位		CT	1
P702	选择数字输入 2 的功能 可能的设定值: 0: 禁止数字输入 1: ON/OFF1 接通正转/停车命令 1 2: ON reverse/OFF1 接通反转/停车命令 1 3: OFF2 停车命令 2 - 按惯性自由停车 4: OFF3 停车命令 3 - 按斜坡函数曲线快速降速 9: 故障确认 10: 正向点动 11: 反向点动 12: 反转 13: MOP 电动电位计升速增加频率 14: MOP 降速减少频率 15: 固定频率设定值直接选择 16: 固定频率设定值直接选择+ON 命令 17: 固定频率设定值二进制编码选择+ON 命令 25: 直流注入制动 29: 由外部信号触发跳闸 33: 禁止附加频率设定值 99: 使能 BICO 参数化 下标: P0702 [0]: 第 1 命令数据组 CDS P0702 [1]: 第 2 命令数据组 CDS P0702 [2]: 第 3 命令数据组 CDS		CT	12
P703	选择数字输入 3 的功能 可能的设定值: 0: 禁止数字输入 1: ON/OFF1 接通正转/停车命令 1 2: ON reverse/OFF1 接通反转/停车命令 1 3: OFF2 停车命令 2-按惯性自由停车 4: OFF3 停车命令 3-按斜坡函数曲线快速降速 9: 故障确认 10: 正向点动 11: 反向点动 12: 反转 13: MOP 电动电位计升速增加频率 14: MOP 降速减少频率 15: 固定频率设定值直接选择 16: 固定频率设定值直接选择+ON 命令 17: 固定频率设定值二进制编码选择+ON 命令 25: 直流注入制动 29: 由外部信号触发跳闸 33: 禁止附加频率设定值 99: 使能 BICO 参数化		CT	9

续表

参数号	参 数 名 称	访问级	Cstat	设定值
P703	下标： P0703 [0]：第 1 命令数据组 CDS P0703 [1]：第 2 命令数据组 CDS P0703 [2]：第 3 命令数据组 CDS		CT	9
P704	选择数字输入 4 的功能 可能的设定值： 0：禁止数字输入 1：ON/OFF1 接通正转/停车命令 1 2：ON reverse/OFF1 接通反转/停车命令 1 3：OFF2 停车命令 2—按惯性自由停车 4：OFF3 停车命令 3—按斜坡函数曲线快速降速 9：故障确认 10：正向点动 11：反向点动 12：反转 13：MOP 电动电位计升速增加频率 14：MOP 降速减少频率 15：固定频率设定值直接选择 16：固定频率设定值直接选择+ON 命令 17：固定频率设定值二进制编码选择+ON 命令 25：直流注入制动 29：由外部信号触发跳闸 33：禁止附加频率设定值 99：使能 BICO 参数化 下标： P0704 [0]：第 1 命令数据组 CDS P0704 [1]：第 2 命令数据组 CDS P0704 [2]：第 3 命令数据组 CDS		CT	15
P705	选择数字输入 5 的功能 可能的设定值： 0：禁止数字输入 1：ON/OFF1 接通正转/停车命令 1 2：ON reverse/OFF1 接通反转/停车命令 1 3：OFF2 停车命令 2—按惯性自由停车 4：OFF3 停车命令 3—按斜坡函数曲线快速降速 9：故障确认 10：正向点动 11：反向点动 12：反转 13：MOP 电动电位计升速增加频率 14：MOP 降速减少频率 15：固定频率设定值直接选择 16：固定频率设定值直接选择+ON 命令 17：固定频率设定值二进制编码选择+ON 命令 25：直流注入制动 29：由外部信号触发跳闸 33：禁止附加频率设定值		CT	15

续表

参数号	参 数 名 称	访问级	Cstat	设定值
P705	99: 使能 BICO 参数化 下标: P0705 [0]: 第 1 命令数据组 CDS P0705 [1]: 第 2 命令数据组 CDS P0705 [2]: 第 3 命令数据组 CDS		CT	15
P706	选择数字输入 6 的功能 可能的设定值: 0: 禁止数字输入 1: ON/OFF1 接通正转/停车命令 1 2: ON reverse/OFF1 接通反转/停车命令 1 3: OFF2 停车命令 2—按惯性自由停车 4: OFF3 停车命令 3—按斜坡函数曲线快速降速 9: 故障确认 10: 正向点动 11: 反向点动 12: 反转 13: MOP 电动电位计升速增加频率 14: MOP 降速减少频率 15: 固定频率设定值直接选择 16: 固定频率设定值直接选择+ON 命令 17: 固定频率设定值二进制编码选择+ON 命令 25: 直流注入制动 29: 由外部信号触发跳闸 33: 禁止附加频率设定值 99: 使能 BICO 参数化 下标: P0706 [0]: 第 1 命令数据组 CDS P0706 [1]: 第 2 命令数据组 CDS P0706 [2]: 第 3 命令数据组 CDS		CT	15
P1000	选择频率设定值: 1: 电动电位计设定值 2: 模拟设定值 1 3: 固定频率设定值 7: 模拟设定值 2 =====	1	CT	2
	说明: 附加设定值的设置方法请参看“参数表”。如果 P1000=1 或 3, 频率设定值的选择决定于 P0700 至 P0708 的设置			
P1080	电动机最小速度 (最小频率) 设定值的范围: 0~650Hz 本参数设置电动机的最小频率 (0~650Hz); 达到这一频率时, 电动机的运行速度将与频率的设定值无关 这里设置的值对电动机的正转和反转都是适用的	1	CUT	15
P1082	电动机最大速度 (最大频率) 设定值的范围: 0~650Hz 本参数设置电动机的最大频率 (0~650Hz); 达到这一频率时电动机的运行速度将与频率的设定值无关	1	CT	

续表

参数号	参 数 名 称	访问级	Cstat	设定值
P1082	这里设置的值对电动机的正转和反转都是适用的	1	CT	
P1120	斜坡上升时间 设定值的范围 0~650s 电动机从静止停车加速到最大电动机频率所需的时间	1	CUT	15
P1121	斜坡下降时间 设定值的范围 0~650s 电动机从其最大频率减速到静止停车所需的时间	1	CUT	20
P1135	OFF3 停车时的斜坡下降时间 设定值的范围 0~650s 得到 OFF3 停止命令后, 电动机从其最大频率减速到静止停车所需的斜坡下降时间	2	CUT	5
P1300	控制方式: 0: 线性 U/f 控制 1: 带 FCC (磁通电流控制) 的 U/f 控制 2: 抛物线 U/f 控制 3: 可编程的多点 U/f 控制 5: 用于纺织工业的 U/f 控制 6: 用于纺织工业的带 FCC 功能的 U/f 控制 19: 带独立电压设定值的 U/f 控制 ===== 说明: 矢量控制方式只适用于异步电动机的控制	2	CT	0 或 2
P1500	选择转矩设定值	2	CT	
P1910	选择电动机数据自动检测 0: 禁止自动检测 1: 所有参数都带参数修改的自动检测 说明: 电动机数据的自动检测必须是在冷态 (20℃) 下进行。如果环境温度不在允许范围 (20℃±5℃) 内, 必须修改参数 P0625 的电动机运行环境温度值。 P1910=1 时, 报警码 A0541 激活电动机数据自动检测功能	2	CT	1
P3900	快速调试结束 0: 结束快速调试, 不进行电动机计算或复位为工厂缺省设置值。 1: 结束快速调试, 进行电动机计算和复位为工厂缺省设置值 (推荐的方式)。 2: 结束快速调试, 进行电动机计算和 I/O 复位。 3: 结束快速调试, 进行电动机计算, 但不进行 I/O 复位。 ===== P3900=3 时通常为在线调试, 接通电动机, 开始电动机数据的自动检测。在完成电动机数据的自动检测以后, 报警信号 A0541 消失。快速调试结束, 变频器进入“运行准备就绪”状态	1	C	1

注 上述情况只适用于快速调试方式。

(3) 复位为出厂时 MM 430 变频器的缺省设置值。

在实际应用时,有时需将变频器的所有参数复位为出厂时的缺省设置值;如进行参数复位,可对下面参数的数值进行设置(需使用 BOP-2 或通信选件):

- 1) 设置 P0010=30;
- 2) 设置 P0970=1。

提示:复位过程约需 3min 才能完成。

(三) 空载调试

空载调试是在不带电动机的情况下进行。

1. 检查

确认变频器参数的设定已经完成,所有试验用的临时接线都已拆除,变频器未显示故障且工频系统无异常,可进行空载调试。

2. 调试工频控制系统工作是否正常

通电后“RL”红色指示灯亮,将“SW1”选择开关投到“工频”位。

调试工频运转:按下“BT2”按钮,注意观察“C12”、“C13”接触器是否首先吸合,一段延时后,“C12”、“C13”接触器先断开,“C11”接触器再吸合,“GL1”绿色指示灯亮,“RL”红色指示灯灭;并用万用表测量接触器出线端三相电压是否正常;按下“BT1”按钮看“C11”接触器释放,“GL1”绿色指示灯灭,“RL”红色指示灯亮。

3. 调试变频控制系统工作是否正常

通电后“RL”红色指示灯亮,将“SW1”选择开关投到“变频”位,对变频器进行空载(不接电机)情况下的启动。

(1) 调试变频控制系统:按下“BT2”按钮,注意观察“C2”接触器吸合,“GL2”绿色指示灯亮,“RL”红色指示灯灭,变频器启动,变频器逐步加速到下限频率 15Hz,用可调电阻进行调整可对变频器进行加减速;并用万用表测量变频器出线端(U、V、W)三相是否有电压;按下“BT1”按钮看变频器逐步减速到零并停止,“C2”接触器在变频器停止后再释放,“GL2”绿色指示灯灭,“RL”红色指示灯亮。

(2) 用万用表在变频器运行状态下测试 U、V、W 三相输出电压值时,如出现缺相、三相不平衡等情况,则说明模块或驱动板等有故障,应立即对变频器停电检测。

(四) 负载连动调试

1. 检查

(1) 被驱动设备的检查:对罗茨风机进行盘车及检查,确定罗茨风机正常未堵转。

(2) 相序:使用工频进行调试时应注意罗茨风机的电动机的运转方向是否正确,如是反转则在电源输入侧进行调整(即将电源输入侧的任意两根线进行倒换)。变频器输出的相序根据已调整好的工频进行校正(也可将变频器输入侧的任意两根线进行倒换)。

2. 负载调试

在空载调试完成,确认所有控制动作准确无误及确定罗茨风机完全正常后进行负载调试。

(1) 工频负载调试。

调试工频正常运转:按下“BT2”按钮看罗茨风机运转是否正常,并用钳形电流表测量罗茨风机电动机的三相电流是否正常;按下“BT1”按钮看罗茨风机运转是否停止。

(2) 变频器负载调试。

在变频器输出电压正常(无缺相、三相平衡)的情况下,才可带载测试;测试时,应进行满负载测试,以检测变频器的负载能力。

调试变频负载运转:按下“BT2”按钮注意观察,变频器启动,罗茨风机及变频器逐步加速

到下限频率 15Hz；并用钳形电流表测量变频器输入端的三相电流是否在正常的范围内逐步增加并随频率的稳定而稳定；按下“BT1”按钮看变频器及检布机是否逐步减速到零（0 转速）并停止，“C2”接触器是否在变频器及萝茨风机停止后再释放。

在调试过程中，如变频器的加减速时间及变频运行时“C2”的停止延时十分合理，可以再对“T2”进行设定修正。

第三节 变频器的应用服务

一、变频器及其电气控制系统的检查与检测

（一）电气检查

1. 电气元件的布置及布线是否规范

可参照相关的电气成套制造方面的规范。

2. 电气接线是否正确

（1）主回路：一般来说，电气主回路都较为明显，容易识别，根据图纸进行查对即可。

（2）控制系统回路：最好根据图纸一一核对，用万用表一一查对。特别是变频器输入接口均为弱电，不可将强电通入。

3. 工频回路中的热继电器整定值是否正确

热继电器的电流整定值是可以调节的，正确算选 380V 三相电动机的过载保护热继电器，是电动机安全运行的保证。热继电器的额定电流值应大于或等于热元件额定电流值。

热元件整定电流有按“两倍千瓦数整定”及热元件额定电流按“号流容量两倍半”算选的说法，还有“额定电流值 $\times 7 \div 8$ ”的经验。

一般情况下，热继电器整定值可按 C 的 1~1.5 倍考虑。

4. 变频器出口接触器延时断开整定

将控制变频器出口接触器的动断时间和继电器（如果有）的动作时间整定为略大于变频器的减速时间。

（二）变频器通电前的检测

一般情况下，可以用万用表等对变频器进行检查，以下介绍一种简单的检查方法。

打开变频器的接线罩可以看到其内部直流电源的“DC+”端子和“DC-”端子，将万用表调到电阻“ $\times 10$ ”挡（或者是测通断的挡），进行下列测试步骤（为避免电容的干扰，测量时最好将“DC+”与“B+”端子间的短接线断开）：

1. 测试整流电路

用“-”表笔（黑色）接到“DC+”端子，用“+”表笔（红色）分别测量变频器输入端子 R、S、T，测量的结果大约有几欧到几十欧的阻值，而且基本是相同的。反过来用“+”表笔（红色）接到“DC+”端子，用“-”表笔（黑色）分别测量变频器输入端子 R、S、T，测量的结果是一个接近于无穷大的阻值。

用“+”表笔（红色）接到“DC-”端子，用“-”表笔（黑色）分别测量变频器输入端子 R、S、T，测量的结果大约有几欧到几十欧的阻值，而且基本是相同的。反过来用“-”表笔（黑色）接到“DC-”端子，用“+”表笔（红色）分别测量变频器输入端子 R、S、T，测量的结果是一个接近于无穷大的阻值。

如果测出的阻值三相不相同或是本该有阻值确出现无穷大，则可以说明整流桥有异常或故障。

2. 测试逆变电路

用“-”表笔(黑色)接到“B+”端子,用“+”表笔(红色)分别测量变频器输出端子U、V、W,测量的结果大约有几欧到几十欧的阻值,而且基本是相同的。反过来用“+”表笔(红色)接到“B+”端子,用“-”表笔(黑色)分别测量变频器输出端子U、V、W,测量的结果是一个接近于无穷大的阻值。

用“+”表笔(红色)接到“DC-”端子,用“-”表笔(黑色)分别测量变频器输出端子U、V、W,测量的结果大约有几欧到几十欧的阻值,而且基本是相同的。反过来用“-”表笔(黑色)接到“DC-”端子,用“+”表笔(红色)分别测量变频器输出端子U、V、W,测量的结果是一个接近于无穷大的阻值。

同样地,如果测出的阻值三相不相同或是本该有阻值确出现无穷大,则可以说明逆变模块有异常或故障。

3. 对变频器进行常规的电气检查

主要检查各接端子线是否正确,连接是否牢固可靠,接线异常会导致变频器工作不正常,如发热、声音异常、出现报警信号及不能工作等,严重时会出现烧毁变频器内部设备以至炸机等故障。

(三) 通电

(1) 将三相电源引到三相断路器(空气开关)输入端,对变频器通电之前,须确认输入电压是否有误(将380V电源接入220V级变频器之中会出现炸机、炸电容、压敏电阻、模块等)。检查三相电源的线电压、相电压及对地电压均正常。

(2) 合上三相断路器,对变频器通电,注意观察变频器的显示有无异常。

如有故障应确定故障显示的内容,并根据变频器说明书上的故障查找方法初步断定故障及原因。如无异常可开始对变频器进行参数设置。

二、变频器电控柜的平面布置与操作面板布置

(一) 平面布置概述

变频器控制箱(柜)的平面布置方式与常规的电气控制箱(柜)有相同之处,那就是三相开关、单相开关、交流接触器、继电器及端子排的布置与常规的电气控制箱(柜)相同,关于这方面的布置可以参照相关的电力或电气成套设备的制造规范执行即可,在此不多讲述。

变频器控制箱(柜)的平面布置方式与常规的电气控制箱(柜)的不同之处是变频器控制箱(柜)带有变频器。变频器是一种由微型计算机控制的电力电子设备,其内部有怕受到干扰的CPU及IC元器件,还有发热较多且需要专门进行散热的功率器件(如可控硅、IGBT),而这些电力电子的功率器件本身又是很强的干扰源,这就需要从抗干扰、防干扰、散热、防尘及常规的电气控制箱(柜)布置等几方面去考虑变频器控制箱(柜)的平面布置方法。

现代的变频器的开发制造技术日益成熟完善,通常的变频器本身已做了一定的抗干扰、防干扰措施并且这些措施是符合有关规范和标准要求的。但根据以往的变频器控制箱(柜)的制作经验,在变频器控制箱(柜)的制作上仍需加强抗干扰、防干扰措施,以保证变频器本身及其他由微型计算机控制的设备(如PLC等)安全正常地工作。

(二) 变频器控制箱(柜)的制作时平面布置的注意事项

关于变频器的抗干扰、防干扰措施有很多,并且涉及电力电子的一些基础理论;以下仅从一般的变频器控制箱(柜)的制作出发,简述其平面布置时应注意的几点:

(1) 从抗干扰、防干扰角度来说,变频器要尽可能地远离相对的大电流元器件,特别是可能与变频器同时工作的接触器;

(2) 从散热角度来说,变频器控制箱(柜)要设有足够的排风扇、排气窗及进气窗,并形成对流风,如进气窗尽可能在变频器一侧且一定要设在变频器的下部,而排风扇、排气窗一定要设在变频器的上部且与变频器之间不再布设其他的元器件,以免被变频器的高温出口风吹刷造成不能正常工作及提前老化。电控箱(柜)较大时,变频器应尽可能靠近排风扇、排气窗,必要时可对变频器做专用通风通道。

(3) 在尘埃较大的场合,变频器控制箱(柜)还要考虑对变频器进行防尘,如在进气窗加防尘罩等,为保证变频器控制箱(柜)处在正压加装风量功率均大于排风扇的进风扇。

(4) 主回路中的大电流元器件(空气开关、接触器及热继电器等)不要直接布置在变频器的下部,如因空间问题一定要布置在变频器的下部,则应做好相应的防护措施,以免因大电流元器件着火等损坏变频器(因为变频器内也设通风机,会把高温火焰吸进变频器)。

另外,如有多台变频器同时布置在同一电控箱(柜)内时,最好进行单元分隔,每个单元只布设一台变频器;在通风气流上一定要避免变频器的上下布置,如因空间的问题而一定要将变频器的上下布置,则应做好变频器的通风倒流(即一台变频器的出风不可作为另一台变频器的进风)。

(三) 操作面板布置

变频器控制箱(柜)的面板布置一旦成形就不易更改,故要对工艺设备或系统的操作特点进行分析研究,考虑周全,尽量做到符合人性化思维,并且布置美观,操作方便。

8

第八章 案例解说触摸屏与 PLC 控制变频器应用系统

第一节 概 述

应用篇的前几章分别讲述了 PLC、触摸屏、变频器的应用，本章案例讲解触摸屏与 PLC 一起控制变频器的应用系统，这样的应用系统通常也称之为“系统集成”。同样，读者可越过基础篇直接进入本章按部就班地设计、制作、调试出“触摸屏与 PLC 控制变频器的应用系统”。

本章以“触摸屏与 PLC 控制的变频恒压供水系统”为案例来讲述 PLC、触摸屏控制的变频器综合应用系统，为了使初学者容易理解，本章将过程控制（如 PID 控制）简称为调节，将逻辑控制（即各种开关量的逻辑组态）简称为控制，请读者注意区别。

第二节 触摸屏与 PLC 控制的变频供水系统

一、概述

（一）供水系统及变频器

供水系统在各行各业的生产和生活中都起着至关重要的作用。如何保证供水系统安全、经济、可靠、稳定地运行是很多行业都很关注的问题。要保障供水管网的末端工作压力和供水始端压力正常尤其重要和关键。通常，供水系统全天各时段用水量变化较大，如果不及时对供水水量及供水压力进行调节，会使整个供水管网的压力处在波动状态，严重的还会引发管网失压或爆管事故，恶化供水质量。

交流电机变频调速技术是近年来发展起来的一项高新技术，可以根据电机的负荷、工艺或转矩要求不同，通过交流变频的调节方式来调节电动机的转速，使其改变电机主轴的输出特性。变频器是现代电力电子技术与微型计算机技术相结合的产物，其主电路采用高性能的可控硅、IGBT 等功率器件，其控制系统核心是微处理器（CPU）。随着近些年来电子技术与微型计算机技术不断的发展，变频器已经成为一种成熟可靠的无级调速设备，使用方便灵活，并以其独特优良的调速控制性能被广泛应用在各个领域。在供水行业中，由于生产安全和供水质量的特殊需要，对供水压力的波动有着严格的要求，变频调速技术也得到了更加深入的应用。使用变频调速手段实现对供水水量及压力进行调节不仅保证供水系统压力的稳定，而且保证供水系统的安全可靠。

（二）变频供水技术

变频供水是从 20 世纪 90 年代迅速发展起来的一项供水应用新技术，主要用于水厂、各种类型的生产厂、高层楼宇的供水系统，具有水压恒定、噪声小、节能等一系列优点。由于供水系统在运行中流量和水压在一天中的变化较大，如果使用传统的电气控制，设备启动频繁、电流和水压冲击严重及设备维修量大，而且对供水压力的控制来说也显得很麻烦，总得人工对水泵进行启停及水泵的出口阀进行开关操作，在浪费大，最终还影响供水质量，供水成本也高，而变频供

水的出现使这些问题迎刃而解。

变频调速技术应用于水泵风机等流体负载时,可使流体的流量、压力根据实际需要自动地恒压或恒流量调节,比采用阀门、节流孔板调节流量或压力的方式要节省电能,变频供水技术能实现水泵的软启动,减小水泵启动时的冲击电流,使水泵的使用寿命延长,在调节水泵流量时,可以节约可观的能量。

二、触摸屏与 PLC 控制的变频恒压供水系统

(一) 变频恒压供水的概况

变频供水的一种典型方式是变频恒压供水。变频恒压供水是使用变频器的调速功能通过调节供水的水泵的转速,以维持供水始端压力,并使之保持相对的恒定,故又简称恒压供水。现在变频供水已逐步渗透到各种行业,品种也从单一简单的变频恒压供水向专业多功能和高级的变频、变压供水及智能化控制的方向发展。

基于触摸屏和 PLC 作为控制变频器作为驱动调速的恒压(或恒压变流量)供水技术,相对于传统的技术而言具有节能效益明显、控制和保护功能完善、可实现机组的软启动软停机、输入电压范围宽、电磁冲击小、泵机运行组合切换灵活方便等优越性,目前广泛应用于水厂送水泵站、二次加压站、工业锅炉给水、小区和高楼供水、其他工业供水等领域。

触摸屏和 PLC 在对现场系统和设备的自动控制上显示出令人鼓舞的优势,现代的供水系统已随着微型计算机及电力电子技术的发展,在传统的供水基础上将触摸屏、PLC 和变频器等应用到其中,不断地提高供水的质量以及整个供水系统的自动化程度。

(二) 常见的供水方式及变频恒压调节的基本原理

生产和生活中的供水方式有多种,常见的供水方式如图 8-1(a)所示,通常会设一台或多台泵;有多台泵时会根据不同的用水量启动不同数量的泵运行,供水水压是波动的。要保证供水质量,稳定供水出口(或管网)的压力,变频恒压供水是最好的方式之一,如图 8-1(b)所示。

变频恒压供水系统实现恒压的工作过程和原理:安装于供水母管或主管道上的压力传感变送器将供水管网压力转换成 4~20mA(或 0~20mA、0~10V 等)的标准电信号,送到 PID 调节器(或过程控制器、PLC、DCS 等),经过运算处理后仍以标准信号的形式送到变频器并作为变频器调速的给定信号,也可将压力传感变送器的标准电信号直接送到具有内置 PID 调节功能的变频器;变频器根据调速的给定信号或通过对压力传感变送器的标准电信号进行运算处理后,决定其输出频率实现对驱动电动机的转速调节,从而实现对供水的水量及供水压力调节,最终实现了对供水管网的压力调节(即实现了恒压供水)。

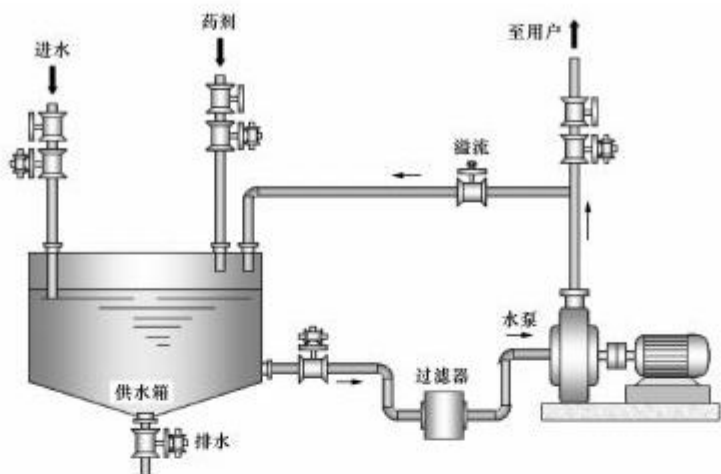
实际应用中,除了要实现变频恒压供水系统的 PID 调节功能外,还需配备外围辅助电路及 PLC 和触摸屏控制系统,来实现切换选择等自动控制功能,以保障自动控制系统出现故障时可通过人工调节方式维持系统运行,保证连续生产。

(三) 水泵的转速与其扬程 H 、流量 Q 及功率的关系及变频节能

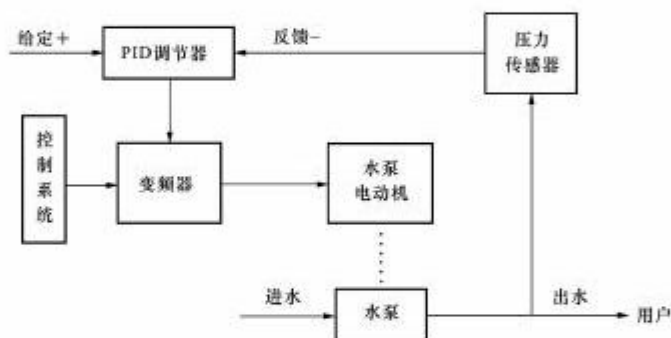
根据流体力学原理可知,当水泵的转速发生变化时,其扬程 H 、流量 Q 及水泵功率 P 也随之变化,它们之间有以下关系

$$\begin{aligned} Q/Q_1 &= (n_2/n_1) \\ H_2/H_1 &= (n_2/n_1)^2 \\ P_2/P_1 &= (n_2/n_1)^3 \end{aligned}$$

即流量 Q 与转速 n 的一次方成正比;扬程 H 与转速 n 的平方成正比;水泵功率 P 与转速 n 的立方成正比。下面列表 8-1 可较为直观地理解。



(a)



(b)

图 8-1 常见的供水系统变频调节的基本原理

(a) 常见的供水方式示意图；(b) 变频供水压力调节的基本原理

表 8-1

离心水泵在不同转速（频率）下的流量、扬程及轴功率

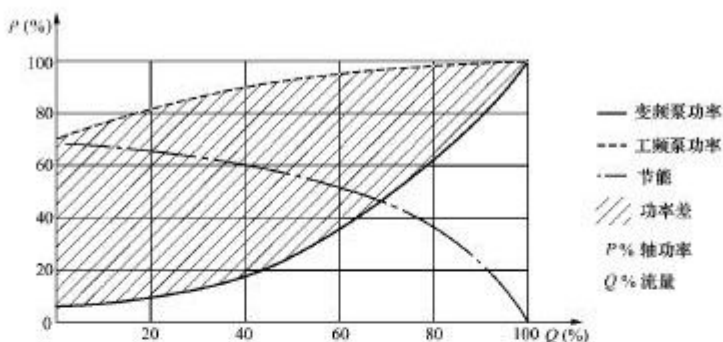
频率 f (Hz)	转速 $n\%$	流量 $Q\%$	扬程 $H\%$	轴功率 $P\%$
50	100	100	100	100
45	90	90	81	72.9
40	80	80	64	51.2
35	70	70	49	34.3
30	60	60	36	21.6
25	50	50	25	12.5

根据水泵的扬程 H 、流量 Q 及功率与水泵转速（频率）的关系式及表 8-1 可知改变水泵的转速就可改变水泵的功率。

例如：将供电频率由 50Hz 降为 45Hz，则水泵的功率： $P_{45Hz}/P_{50Hz} = 45^3/50^3 = 0.729$ ，即 $P_{45Hz} = 0.729 \times P_{50Hz}$ 。同样，将供电频率由 50Hz 降为 40Hz，则水泵的功率： $P_{40Hz}/P_{50Hz} = 40^3/50^3 = 0.512$ 。

$50^{\circ} = 0.512$, 即 $P_{\text{变频}} = 0.512 \times P_{\text{工频}}$ 。

将各种频率下及各种流量下水泵的轴功率的变化连续起来, 可以得到“水泵工频运行与变频运行的功率差”(见图 8-2)。



图中阴影部分为同一台水泵的工频运行状态与变频运行状态在随着流量变化所耗功率的差

图 8-2 水泵工频运行与变频运行功率差示意图

从图 8-2 可以很直观地看出, 水泵的变频运行要比工频运行所消耗的功率少很多。

供水系统及其水泵在设计时是按用水的最大水量需求(最大工况)来考虑, 在实际使用中有很多时间水泵都需要进行调节, 用阀门调节增大了系统的节流损失, 使整个系统工作在波动状态; 而通过在水泵上加装变频器则可一劳永逸地解决好该问题, 可使系统工作状态平缓稳定, 并可通过变频节能收回投资。

(四) 变频恒压供水系统中的水泵的选择及其设计一般性原则

1. 水泵选择的一般性原则

(1) 供水系统的水泵应尽量选用先进的低噪声、节能型水泵, 不可采用淘汰产品。

(2) 根据实际流量、扬程选泵。考虑因磨损等原因造成水泵出力下降, 可按计算所得的扬程值乘以 1.05~1.1 后选泵, 应能保证水泵工作在高效区。

(3) 对于单位及小规模供水系统应尽量减少泵的台数, 以一用一备为宜, 且配小型气压罐; 当一台运行能满足要求时, 则不宜采用多台泵并联方式; 若必须采用多台泵并联运行或大小泵搭配方式时, 其型号不宜太杂, 台数不宜过多, 型号一般不宜超过两种, 泵的扬程范围应相同; 并联运行时仍能保证每台泵在高效区范围内运行。

(4) 对于水厂及供水规模较大的供水系统及用水不均匀, 且流量变化大的供水系统, 则宜采用多台水泵组合供水, 群泵运行时, 可按 1 或 2 台进行变频调速其余为工频恒速的方式运行。

(5) 同一供水系统所配水泵的扬程要相同, 主供水泵之间的流量宜相同或相近, 补压泵流量与主供水泵的流量之比以不小于 1/3 为宜。

(6) 应注意的问题: 抽水扬程越低, 电机负荷越小——这是种错误的认识。

对于离心式水泵而言, 当水泵型号确定后, 其消耗功率的大小是与水泵的实际流量成正比的, 而水泵的流量会随扬程的增加而减小, 因而扬程越高, 流量越小, 消耗功率也就越小。反之, 扬程越低, 流量就会越大, 消耗的功率也就越大。因此, 为了防止电机过载, 一般要求水泵的实际使用扬程不得低于标定扬程的 60%。所以当高扬程水泵用于过低扬程供水系统时, 电机容易过载而发热, 严重时烧毁电机。

若因特殊情况需将高扬程水泵放在低扬程供水系统使用, 则必须用水泵出水管上的阀门减小流量, 防止电机过载。使用中应注意电机的电流及温升, 若发现电机的电流过大并电机过热,

应及时关小出阀门或关机。

2. 变频恒压供水系统的设计一般性原则及应注意的事项

(1) 新系统应尽可能为“变频—工频”双回路驱动方式。

(2) 改造项目尽可能保留并使用原来的工频驱动方式，以节省投资。

(3) 水泵调速范围宜在 75%~100% 进行，设计的最不利工况点应在水泵特性曲线高效区段的右端点，水泵调速工作范围能尽量在水泵高效区内。

(4) 对于有供水水箱或供水水池的供水系统，应设水位控制功能，当超过最高水位时报警及自动关闭水箱或水池的进水电动阀（如果有），降至设计的下限水位时自动停泵并关闭水泵的出口电动阀（如果有）等功能。

(5) 使用变频调节的供水系统的终端应能保证用户用水的最低压力的需求。

(6) 电气系统。

1) 可在变频器进线端加装 RC 低通滤波，防止来自电网的干扰同时也可以防止变频器污染电网。

2) 处理好接地系统。

3) 弱电信号线选用带屏蔽的双绞线，电源线与信号线避免平行敷设。

4) 对于干扰较大的场合，模拟信号采样后，采用中值数字滤波，增加抗干扰能力。

5) 当自动系统出现故障时，能转为手动操作。

(7) 故障保护、报警及故障自动处理。

1) 对于驱动电动机应按相关的规范设置保护功能。

2) 如 PLC 配置及其控制系统允许，对于供水管路出现的问题也应该有所识别，应对管网出现的漏水问题、管道阀门损坏、水泵本体故障进行监视、控制及自动处理。

3) 电气系统应设置完善的故障报警的声光信号系统。

4) 在运行过程中，若变频器出现故障停机时，当前运行的变频泵应自动切换至工频状态继续运行，同时发出故障报警信号；若水泵电机出现故障，应及时切除有故障的水泵并发出报警信号，同时将处在待运（备用）状态的水泵投入运行。

3. 补压泵的控制方式及变频器软启停并工频运行方式

(1) 补压泵的控制方式。变频恒压供水系统通常采用长期运行方式，在运行过程中除了对变频泵进行调节转速外，还需根据供水系统的压力和流量（流量控制通常对于较大的供水系统采用）对补压泵进行启停控制。

1) 如果变频器处在正常的调节运行状态，供水母管或泵出口压力接近或等于恒压设定值，如补压泵未运行，则不用启动补压泵。

2) 如果变频器处在上限频率的运行状态，供水母管或泵出口压力低于恒压设定值，且补压泵未运行，则启动补压泵运行。

3) 如果变频器处在下限频率的运行状态，供水母管或泵出口压力高于恒压设定值，且补压泵正在运行，则停止补压泵。

4) 如果变频器处在正常的调节运行状态，供水母管或泵出口压力接近或等于恒压设定值，如补压泵在运行，则不用停止补压泵。

在实际应用中启停补压泵，为了确定供水系统的超压或欠压的稳态，还需考虑一定的延时。对于所有补压泵的启停控制，完全由供住管网的压力决定。

(2) 变频器软启停并工频运行方式的介绍。在供水系统运行过程中突发欠压很大及在供水系统投入运行的情况下，特别是在群泵供水系统，需要变频器将一台台的水泵分别进行软启动，当在变频运转的水泵达到满转速（即变频器满频）后再转换到工频，依此类推，直到管网压力满足

设定的供水压力要求为止。

而在用水高峰过后供水系统突发超压很大的情况下，又需将一台运行的水泵分别退出运行并停止，有的还执行先投先停的原则等。在供水压力高，而且水泵出口又未设联动的电动阀，靠止回阀保持水泵待运行（也称热备用）状态的供水系统，停泵时要求防止水锤时，有使用工频运行转变频软停止的停机方式。泵的启停将联动其出口电动阀。

上述的两种启停及运行方式再加上先投先停，虽可以实现对多台水泵的平均使用，有利于延长泵的使用寿命，但也应注意其不利的一面。从国内外变频器生产行业所生产的变频器的总体性能上看：

1) 如以常用电气设备及控制实现“变频器软启停并工频运行方式”，则在为鼠笼式驱动电动机的小功率水泵的供水系统上使用较为安全。

2) 对于中大功率水泵的供水系统要使用“变频器软启停并工频运行方式”，则需另加相关的设备，控制系统也较为复杂。有机会在以后的案例中讲述，本案例中未使用该种启停方式。

4. 实际变频恒压供水系统中应考虑的其他问题

对于一些夜间用水极少的供水系统来说，恒压供水系统在夜间运行并不是最合理，不能使变频器及变频运行的水泵处于高效率工作区间，因此，在夜间或需水量非常少的工况下，可将变频系统退出工作状态，可选一个比其他容量都小的水泵（有些供水系统会配一台不到主工作泵容量一半的小水泵）维持供水。

（五）变频驱动方式和调节方式以及压力传感变送器的使用

1. 恒压供水系统的驱动方式

可根据现场的具体情况进行系统设计。由于变频器的价格比常规电气设备要高，故对于群泵系统，从节省投资的角度考虑，可以采用“一拖二”或“一拖三”等的驱动方式，即只用一个变频器，其额定功率按需进行变频驱动的群泵中最大的额定功率考虑。本案例为“一拖二”的驱动方式。对于复杂的驱动方式，将在以后的应用案例中讲述。

2. 恒压供水调节方式

为了保持供水管道的压力恒定，使用的恒压供水控制方式以单级 PID 调节为主要手段，也有的采用了模糊控制等现代控制理论方法。

可以进行 PID 调节的控制系统及控制器（设备），如智能仪表、过程控制器、PLC、DCS、DDC、数学运算器组态系统及多种类型的单片机控制系统等。而变频器的一些主要生产厂商如西门子、富士、三菱、ABB 及国内一些公司等，则在其生产的水泵风机等类型变频器中内置 PID 功能，可以直接用作变频恒压供水系统的压力调节。

一般情况下，PID 的调节方式就能够满足恒压供水管网压力的稳定调节。然而，这种类型的闭环系统也存在着一些难以解决的问题。如在系统的动态运行过程中，水泵电机会出现速度超调甚至不稳定的现象，对整个的供水设备具有很大的破坏性，还会减小整个系统的效率。通常，这些问题是通过选用优化的 PID 算法来解决，具体地说，最好是使用专业的智能仪表、过程控制器等。一般来说，专业的智能仪表、过程控制器的 PID 调节功能要比变频器内置的 PID 功能强。

3. 关于压力传感变送器的使用

压力传感变送器（后简称压力传感器）的信号是弱电信号，其传输距离通常不易太长（详情的传输距离可在具体的压力传感器的说明书查到），同时不宜与强电电缆近距离并行；传输距离太长及与强电电缆并行会使信号衰减，同时容易受到干扰，不能反映真实的数据，还易出现故障。对于较小范围的供水系统及单位供水系统等，在对供水压力的控制精度无特殊要求的情况下，常用供水母管或供水出口的压力作为反馈压力，这样做比较简单，压力传感器的信号的传输

距离也不长，也便于应用；而对于大型及整个供水管网的压力控制则选择供水管网中的多点压力或是终端压力等作为反馈压力，传输距离很长的会采用高级的信号传输系统，以保证信号的准确性；当然，对于大型的整个供水管网的压力控制调节也不是简单的单级 PID 调节，这种调节会更为复杂。

三、变频恒压供水系统（装置）的主要驱动和控制形式及其特点

(1) 单主回路纯变频器驱动阶段调压方式：一般是指一台变频器就驱动一台水泵，无采样元件，靠人工根据用水的高峰和低谷对变频器设定不同的工作频率，属开环调节方式。

优点：投资最少，具备变频调速供水的最基本功能，调试最简单，对变转矩类变频器上的参数基本上可以不用设定（默认），就可完成最简单的变频供水。

缺点：不能充分有效地利用变频器上的先进功能，一旦变频器有故障，就会使供水系统瘫痪，节电能力相对较差。

(2) 单主回路纯变频器驱动变频器闭环调压方式：一般也是一台变频器就驱动一台水泵，但设有采样元件——压力传感器，并且利用变频器内置的 PID 调节功能，自动地根据用水的高峰和低谷对变频器的工作频率进行调节，属简单的变频闭环调节方式。

优点：投资也少，具备变频恒压供水的最基本功能，调试较简单，对变转矩类变频器上的一些基本参数要进行设定，关键是 PID 参数的设定。完成最简单的变频恒压供水。

缺点：仍不能很有效地利用变频器的调节功能，一旦变频器有故障，仍就会使供水系统瘫痪，节电能力相对一般。

(3) 变频—工频双主回路驱动变频器闭环调压方式：一般也是指一台水泵有变频—工频两种驱动方式，设有采样元件——压力传感器，也是利用变频器内置的 PID 调节功能，自动地根据用水的高峰和低谷对变频器的工作频率进行调节，仍属简单的变频闭环调节方式。

优点：投资一般，具备变频恒压供水的基本功能，调试时要对变转矩类变频器上的一些基本参数要进行设定，关键也是 PID 参数的设定。完成双回路的变频—工频恒压供水，避免了单主回路纯变频器驱动方式下因变频器故障而造成供水系统瘫痪的缺点。如水泵有多台，必要时还可利用变频器内置的对备用泵的自动投切功能。

缺点：调节功能不是很好，节电能力相对一般。

(4) 变频—工频双主回路驱动智能仪表闭环调压方式：一台水泵有变频—工频两种驱动方式，设有采样元件——压力传感器，是利用智能仪表（也称 PID 调节器）的 PID 调节功能，自动地根据用水的高峰和低谷对变频器的工作频率进行设定调节，属恒压供水常见的闭环调节方式。变频与工频控制回路中设互锁电路。

优点：为最常见变频恒压供水方式。调试时要对变转矩类变频器及智能仪表的一些参数进行设定。因为是使用智能仪表闭环调的方式，PID 的参数可以在线通过自整定适应的方式获得，调节效果较好，节电能力也较好。同样完成双回路的变频—工频恒压供水，避免了单主回路纯变频器驱动方式下因变频器故障而造成供水系统瘫痪的缺点。如水泵有多台，较简单地实现对备用泵的自动投切。

缺点：投资较“变频—工频双主回路驱动变频器闭环调压方式”要高些，变频驱动方式不是最有效。

(5) 变频—工频双主回路“变频—拖二”驱动智能仪表闭环调压方式：指两台水泵有变频—工频两种驱动方式；其中，变频器采用“一拖二”的方式，设有采样元件——压力传感器，是利用智能仪表（也称 PID 调节器）的 PID 调节功能，自动地根据用水的高峰和低谷对变频器的工作频率进行设定调节，属恒压供水常见的闭环调节方式，较复杂的变频驱动方式。变频与工频控

制回路中设较复杂的互锁电路。这种驱动及控制系统如涉及电动阀及两台以上的泵控制就要上 PLC 控制系统。

采用智能仪表 (PID 调节器) 进行闭环调压的原因是智能仪表属专业的过程调节器, 其功能配置及调节性能一般来说, 要远优于变频器内置的 PID 调节功能。

优点: 为较理想的变频恒压供水方式。调试时要对变频类变频器及智能仪表的一些参数要进行设定。同样, 因为使用智能仪表闭环调节的方式, PID 的参数可以在线通过自整定适应的方式获得, 调节效果较好, 节电能力也较好。同样完成双回路的变频—工频恒压供水, 避免了单主回路纯变频器驱动方式下因变频器故障而造成供水系统瘫痪的缺点。两台泵可互为备用, 较灵活地实现对备用泵的自动投切, 变频驱动方式较理想。

缺点: 投资较“变频—工频双主回路驱动智能仪表闭环调压方式”要高。

(6) 变频—工频双主回路“变频—拖二”驱动、触摸屏与 PLC 控制及智能仪表闭环调压方式: 两台水泵有变频—工频两种驱动方式, 变频器采用“一拖二”的方式; 设有采样元件——压力传感器, 是利用智能仪表 (也称 PID 调节器) 的 PID 调节功能, 自动地根据用水的高峰和低谷对变频器的工作频率进行设定调节, 属恒压供水常见的闭环调节方式, 较复杂的变频驱动方式。变频与工频控制回路中设较复杂的互锁电路。本节案例就以这种驱动及控制系统为例。

优点: 它是种理想的变频恒压供水方式, 自动化程度高。调试时要对变频类变频器及智能仪表的一些参数进行设定。同样, 因为使用智能仪表闭环调的方式, PID 的参数可以在线通过自整定适应的方式获得, 调节效果较好, 节电能力也较好。同样完成双回路的变频—工频恒压供水, 避免了单主回路纯变频器驱动方式下因变频器故障而造成供水系统瘫痪的缺点。两台泵可互为备用, 较灵活地实现对备用泵的自动投切, 变频驱动方式较理想。

缺点: 投资较“变频—工频双主回路驱动智能仪表闭环调压方式”更高。但从企业长远发展的角度及企业硬件档次的角度看, 这种变频供水驱动控制方式是有远见的, 这种投资是着眼于未来的。

(7) 变频供水的驱动、控制及调节方式还有很多, 如“变频—工频双主回路、变频—拖二以上, 等驱动、触摸屏与 PLC 控制并闭环调压方式”等及更复杂更高规模及档次的变频器驱动控制调节方式, 如有机会将在以后讲述。

四、触摸屏 PLC 控制的变频供水系统方案

(一) 供水系统的工艺简介

例举一种常见的小规模的并且常用于单位供水的双泵供水系统, 如图 8-3 所示。

该供水系统配设两台水泵可以互为备用。

(二) 触摸屏 PLC 控制的变频供水系统方案

通常, 生产和生活中常见的供水系统的控制并不复杂, 但是对供水的质量及可靠性却有较为严格的要求。根据该供水系统的设备配置情况及供水系统的特点做如下方案: 该自动供水系统的控制核心采用 PLC, 操作使用触摸屏, 并配置常规电气配电控制系统。方案如图 8-4 所示。

恒压供水系统组成及主要自控设备的作用如下:

(1) 在主系统中配置一台变频器分别驱动两台泵, 使两台均为双主回路 (变频—工频) 的驱动方式。

(2) 控制系统由压力传感器、PID 调节器、压力开关、液位控制器、PLC 与触摸屏及电气自动自动控制系统等组成。

1) 压力传感器。用来测量供水水压。

2) PID 调节器。用来实现恒压调节。

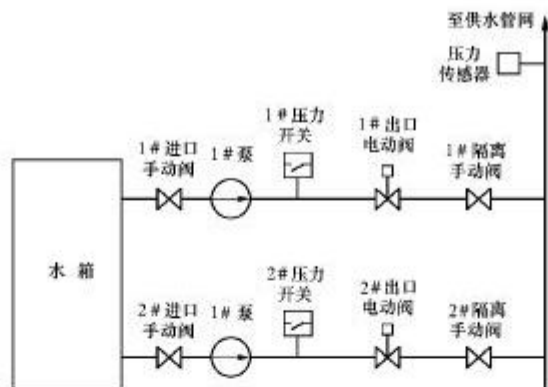


图 8-3 本章案例的供水系统

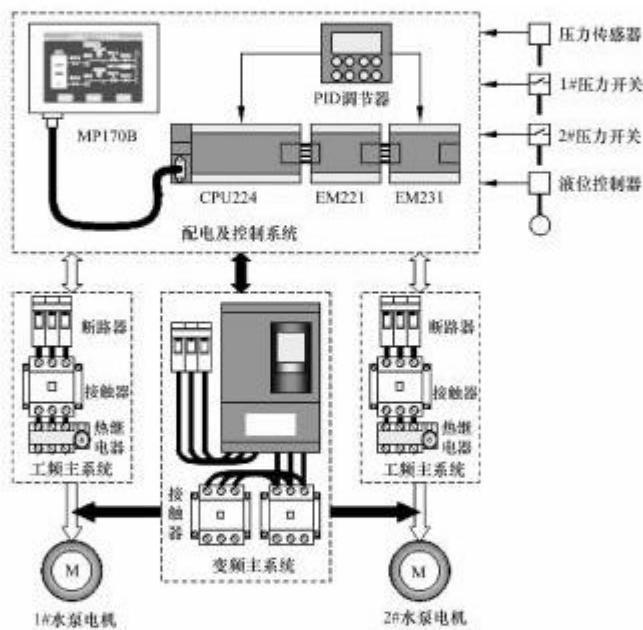


图 8-4 变频供水系统方案

3) 压力开关。作为水泵启动后能否投入供水系统运行的信号。

4) 液位控制器。用来监视并向 PLC 传递供水水箱的液位信号。

PLC、触摸屏及电气控制系统用来完成整个供水系统的自动控制。

1. 方案特点

(1) 该供水系统控制方案可以在原有的供水系统的基础上改造或加装触摸屏和 PLC 自动控制系统，也可以作为新建供水系统的方案。

(2) 采用常规电气和触摸屏、PLC 控制两种控制方式。

1) 常规电气控制为手动控制、智能仪表调节，设有变频—工频两种驱动方式。

2) 触摸屏操作、PLC 控制设有手动和自动控制、智能仪表调节，也设有变频—工频两种驱动方式。

3) 手动和自动两种控制方式均可单独使用, 触摸屏和 PLC 控制功能还可根据实际情况增加。

(3) 保护配置:

1) 水泵电动机在工频状态运行时, 受热继电器 (过载) 和空气断路器 (短路、过电流) 保护。

2) 水泵电动机在变频状态运行时, 受变频器 (过载、短路、过电流、缺相、过电压等) 保护。变频器又受空气断路器 (短路、过电流) 保护。

2. 控制功能描述

(1) 常规电气手动控制时, 可将触摸屏与 PLC 完全撇开 (触摸屏与 PLC 不起作用), 通过常规电气控制系统完成逻辑控制, 可通过智能仪表完成 PID 调节及变频调速使供水系统实现恒压调节; 也可通过工频运行实现常规的人工调节阀门的供水。

(2) 触摸屏与 PLC 控制时, 可将常规电气手动逻辑控制撇开 (常规电气手动逻辑控制不起作用), 通过触摸屏与 PLC 系统完成逻辑控制, 可通过智能仪表完成 PID 调节及变频调速使供水系统实现恒压调节; 也可通过工频运行实现常规的人工调节阀门的供水。

(3) 触摸屏和 PLC 控制方式又设触摸屏自动控制方式和触摸屏手动控制方式。其中触摸屏、PLC 自动控制方式是指开停水泵时可以自动完成“一步化开停机” (即水泵出口电动阀与水泵联动); 而触摸屏、PLC 手动控制方式是指水泵和电动阀的开停过程通过操作人员操作触摸屏来完成, 这种触摸屏手动控制方式具有简化操作的作用, 同时也是触摸屏、PLC 自动控制方式的补充。

(4) 恒压供水系统的常规电气和触摸屏、PLC 控制两种控制方式的选择是通过“三工位 (2 个工作位+1 停止位)”的选择开关 (两台泵各一) 来完成。

(5) 工序监控: 触摸屏和 PLC 控制方式可以实现对供水系统所有设备工作状态的监控。

(6) 故障告警: 触摸屏和 PLC 控制方式可对水泵电动机的故障状态进行监控, 一旦发现某台设备故障, 可以在触摸屏上显示报警信号, 而常规电气控制系统在人工手动控制和触摸屏和 PLC 手动+自动控制两种控制方式下可实现声光报警, 提示值班人员注意。

3. 变频—工频双回路恒压供水方案有以下优点

(1) 具有自动调节及控制功能。

(2) 可设置跳跃频率避开管路的湍振点。

(3) 变频系统与工频控制系统互为备用, 合理利用现有设备。

(4) 系统保护功能完善, 如电机过电流、过载、过热; 电源缺相, 过、欠电压; 电机接地故障; 系统水压过高、水压过低; 管网泄漏、堵塞等。

(5) 可设变频、工频自动切换功能。

系统组成结构: 传感器、变频器、PLC 与触摸屏及电气自动控制系统等组成。

(三) 设备选型

1. PLC

整个控制系统的核心是 PLC, 选用德国西门子 S7-200 系列可编程序控制器, 其中主机选用 CPU224, 数字量输入模块选用 EM221, 模拟量输入模块选用 EM231。

S7-200 系列的 PLC 使用简单, 功能强大, 最优性能及价格比能满足各种各样自动化控制需要, 且具有紧凑的设计结构、良好的扩展性能, 强大的指令功能; 使得 S7-200 可以近乎完美地满足小规模系统或设备的控制要求。

2. 触摸屏

本方案的控制较为简单, 人机界面选用西门子 TP170B COLOR 彩色触摸屏。

TP170B COLOR 触摸屏是西门子 HMI (人机界面产品) 家族的成员, 是具有极高性能及价

格比的触摸屏产品。TP170B COLOR 触摸屏在小型系统设备上参数的设定、显示、调试及自动运行等十分方便。

3. 变频器

变频器连续调速功能是使用变频器的追踪速度模拟给定信号来改变输出频率功能，在此选择的变频器主要从其所驱动的负载特性、稳定性、品牌、价格及用户的要求几个方面来考虑。

根据水泵的转矩特性，本案例选用 SIEMENS MM 430 系列变频器。

关于 MM430 变频器的性能特点参见“第七章中第三节‘变频器的选择’”。

4. 其他

开关电源、继电器、接触器、变压器、断路器及 PID 调节器等设备均应选用性能稳定、质量优良且最好是有相关认证的产品。

五、电气配电及控制系统

(一) 配电系统主回路

电气配电系统中主要元件（见图 8-5）：

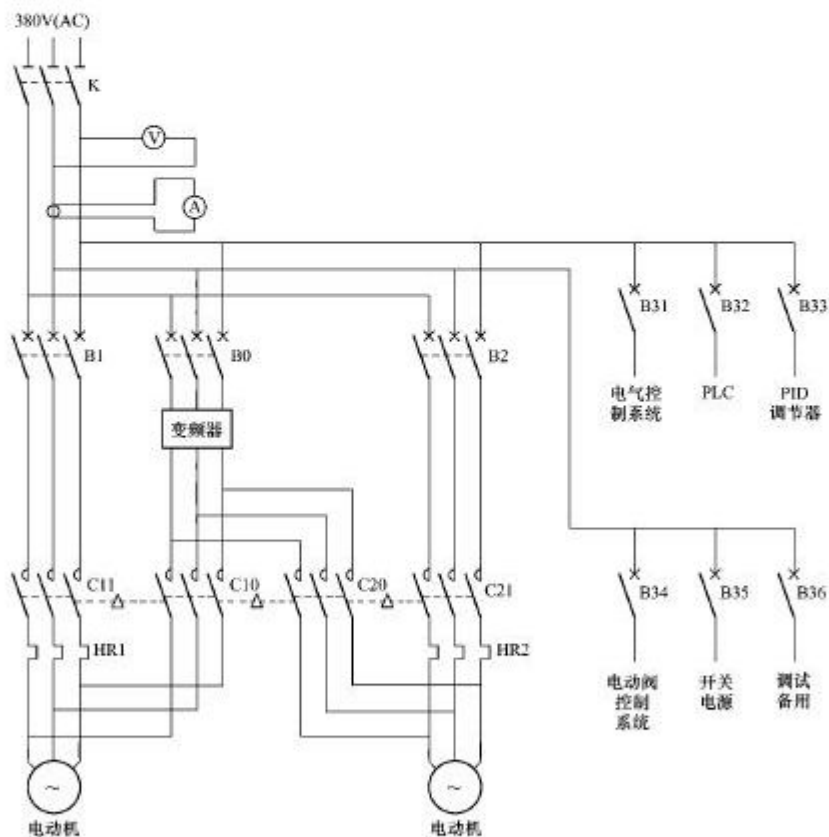


图 8-5 供水系统的配电系统示意图

K——隔离刀闸（可选件）。

B1、B2、B0——三相空气开关。

C10、C11、C20、C21——交流接触器。

HR1、HR2——热继电器。

B31、B32、B33、B34、B35、B36——单相空气开关。

V——电压表（本案例中作为可选件）。

A——电流表（本案例中作为可选件）。

（二）控制系统

电气控制系统中主要元件（见图 8-6）：

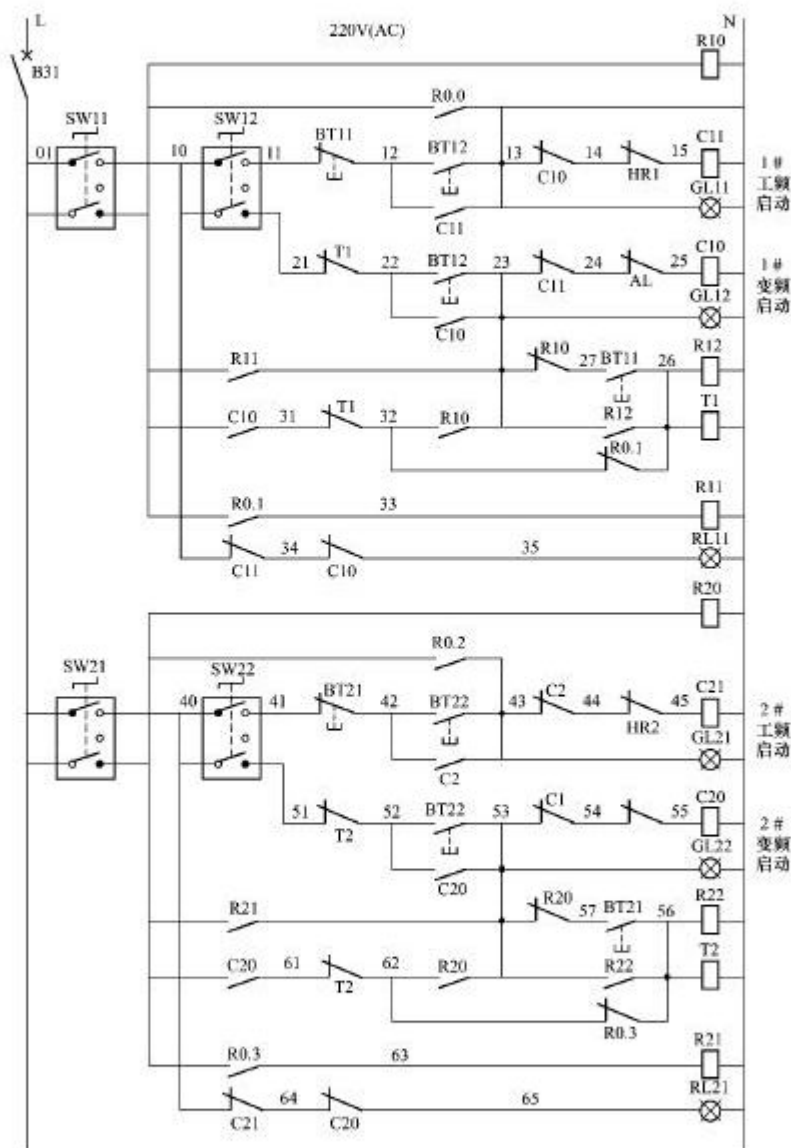


图 8-6 供水系统的电气控制系统示意图

B31——单相空气开关。

SW11、SW12、SW21、SW22——选择开关。

BT12、BT22——按钮（配常开触点）。

BT11、BT21——按钮（配常开、常闭触点）。

GL11、GL12、GL21、GL22——运行指示灯（绿灯）。

RL11、RL21——待运行指示灯（红灯）。

YL——故障指示灯（黄灯）。

R11、R12、R21、R22——继电器。

C10、C11、C20、C21——交流接触器（线圈）。

本配电系统图已将控制回路号标出，制作时最好将所有的回路均接上端子排，便于调试。

（三）报警系统（见图 8-7）

R0、R01、R13、R23——继电器。

AL——蜂鸣器。

BT3——按钮（配常开触点）。

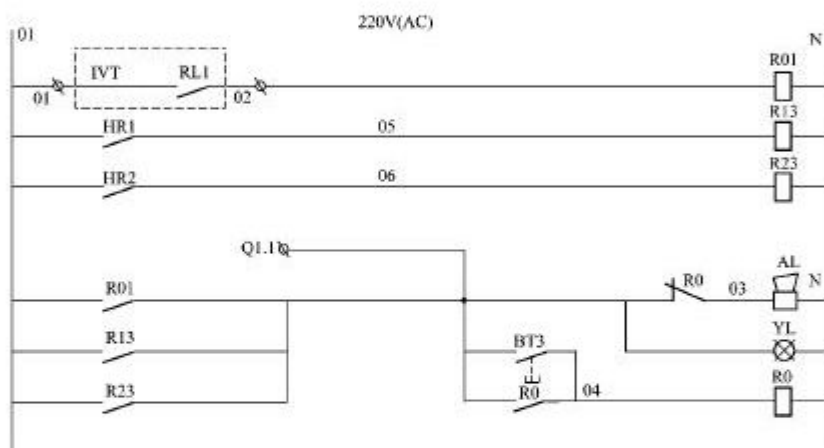


图 8-7 报警系统

（四）电动阀控制系统（见图 8-8）

B34——单相空气开关。

EF1、EF2——电动阀。

R14、R15、R16、R17、R24、R25、R26、R27——继电器。

GL13、GL23——阀开指示灯（绿灯）。

RL12、RL22——阀关行指示灯（红灯）。

BT13、BT14、BT23、BT24——按钮（配常开触点）。

1OP——1#电动阀阀开触点。

1CL——1#电动阀阀关触点。

2OP——2#电动阀阀开触点。

2CL——2#电动阀阀关触点。

（五）24V（DC）配电系统（见图 8-9）

B35——单相空气开关。

F21、F22——小保险。

开关电源——选用 220V（AC）输入，24V（DC）输出，稳定、质量好的开关电源。

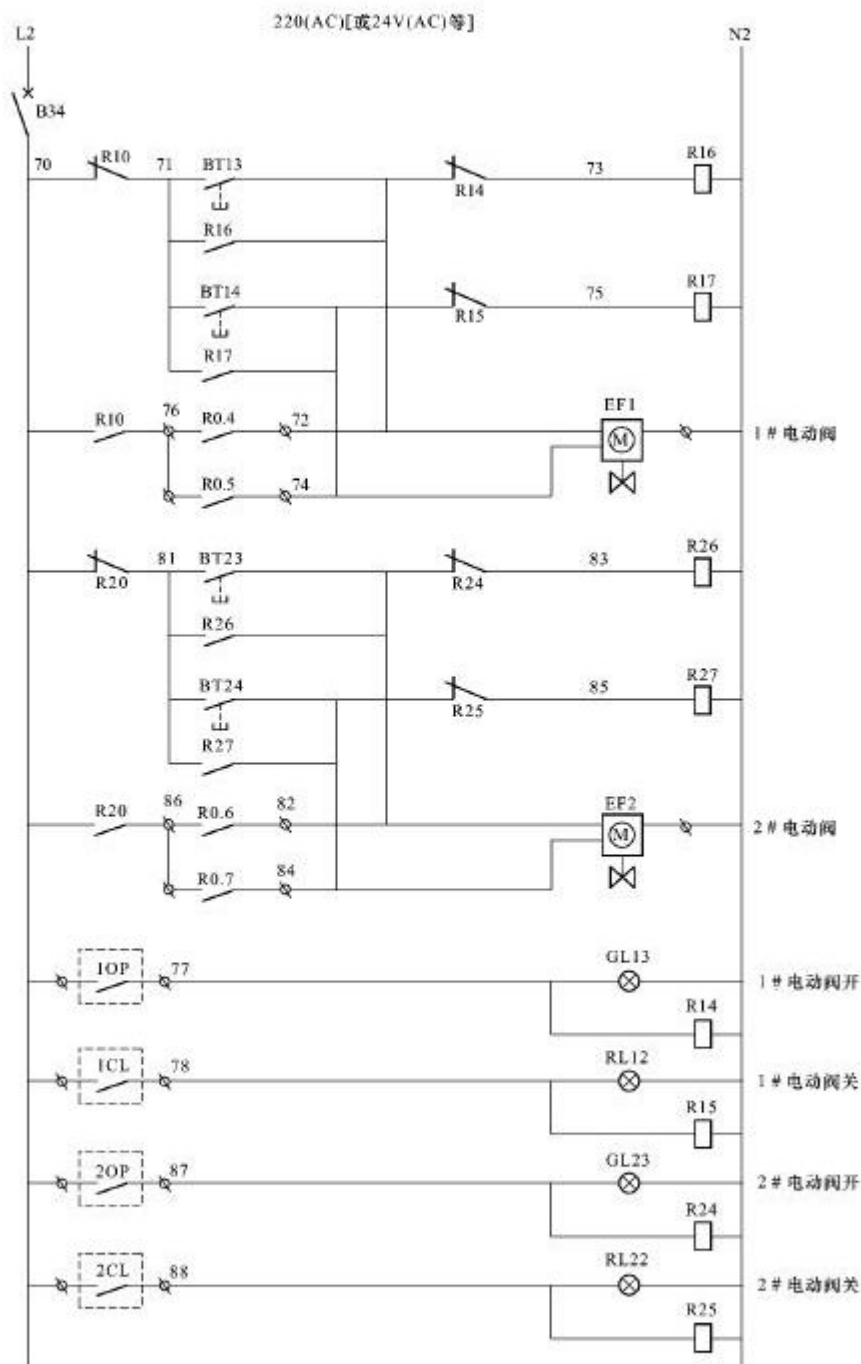


图 8-8 电动阀控制系统

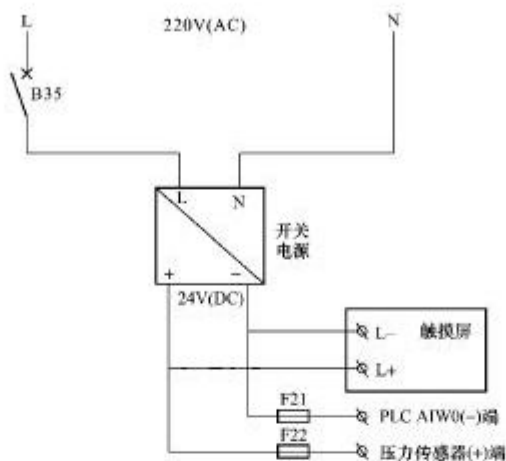


图 8-9 供水系统的 24V (DC) 配电系统示意图

(六) PID 调节系统 (见图 8-10)

B33——单相空气开关。

压力传感器及 PID 调节器——选用 220V (AC) 或 24V (DC) 电源，功能齐全、质量稳定的产品。

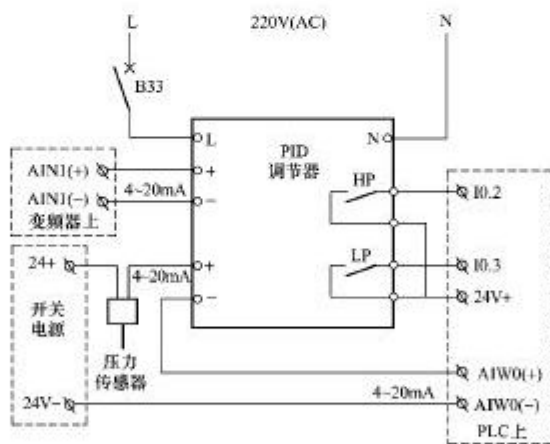


图 8-10 供水系统的 PID 调节示意图

六、自动控制设备的硬件选型、地址和变量的配置及软件设计

(一) PLC 系统设备的选型及配置

1. PLC 选型

采用德国 SIEMENS 公司生产的 S7-200 系列可编程控制器，CPU 主机选用 CPU224，数字量输入模块选用 EM221，模拟量输入模块选用 EM231。

S7-200 系列小型 PLC 具有编程和下载程序方便、体积小巧、便于安装及成本低等特点。

2. 地址配置

(1) 与触摸屏对应的 PLC 的内部地址。

M0.0: 1#泵工频方式——对应触摸屏“一号泵及电动阀控制”画面“一号泵控制”的“工频”按钮；

M0.1: 1#泵变频方式——对应触摸屏“一号泵及电动阀控制”画面“一号泵控制”的“变频”按钮；

M0.2: 2#泵工频方式——对应触摸屏“二号泵及电动阀控制”画面“二号泵控制”的“工频”按钮；

M0.3: 2#泵变频方式——对应触摸屏“二号泵及电动阀控制”画面“二号泵控制”的“变频”按钮；

M0.4: 1#电动阀手动方式——对应触摸屏“一号泵及电动阀控制”画面“一号电动阀控制”的“手动”按钮；

M0.5: 1#电动阀自动方式——对应触摸屏“一号泵及电动阀控制”画面“一号电动阀控制”的“自动”按钮；

M0.6: 2#电动阀手动方式——对应触摸屏“二号泵及电动阀控制”画面“二号电动阀控制”的“手动”按钮；

M0.7: 2#电动阀自动方式——对应触摸屏“二号泵及电动阀控制”画面“二号电动阀控制”的“自动”按钮；

M3.0: 1#泵工频补压方式——对应触摸屏“一号泵及电动阀控制”画面“一号泵控制”的“工频补压”按钮；

M3.1: 2#泵工频补压方式——对应触摸屏“二号泵及电动阀控制”画面“二号泵控制”的“工频补压”按钮；

M1.0: 1#泵启动——对应触摸屏“一号泵及电动阀控制”画面“一号泵控制”的“启动”按钮；

M1.1: 1#泵停止——对应触摸屏“一号泵及电动阀控制”画面“一号泵控制”的“停止”按钮；

M1.2: 2#泵启动——对应触摸屏“二号泵及电动阀控制”画面“二号泵控制”的“启动”按钮；

M1.3: 2#泵停止——对应触摸屏“二号泵及电动阀控制”画面“二号泵控制”的“停止”按钮；

M1.4: 1#电动阀手动开阀——对应触摸屏“一号泵及电动阀控制”画面“一号电动阀控制”的“开阀”按钮；

M1.5: 1#电动阀手动关阀——对应触摸屏“一号泵及电动阀控制”画面“一号电动阀控制”的“关阀”按钮；

M1.6: 2#电动阀手动开阀——对应触摸屏“二号泵及电动阀控制”画面“二号电动阀控制”的“开阀”按钮；

M1.7: 2#电动阀手动关阀——对应触摸屏“二号泵及电动阀控制”画面“二号电动阀控制”的“关阀”按钮。

(2) 与触摸屏对应的 PLC I/O 位地址配置。

I0.0——1#泵自动；

I0.1——2#泵自动；

I0.2 压力高——对应触摸屏主画面的“压力高”矩形指示灯；

I0.3 压力低——对应触摸屏主画面的“压力低”矩形指示灯；

I0.4 中水位——对应触摸屏主画面的“中水位”矩形指示灯；

I0.5 低水位——对应触摸屏主画面的“低水位”和“缺水”矩形指示灯；

I0.6-1# 压力开关——对应触摸屏主画面的“1# 压力开关”圆形指示灯；

I0.7-2# 压力开关——对应触摸屏主画面的“2# 压力开关”圆形指示灯；

I1.0 变频器满频——对应触摸屏主画面的变频器的“满频”矩形指示灯；

I1.1 变频器故障——对应触摸屏主画面的变频器的“黄色”圆形指示灯，对应触摸屏一号泵及电动阀控制画面的1#泵控制控制的“变频故障”圆形指示灯，对应触摸屏2#泵及电动阀控制画面的二号泵控制控制的“变频故障”圆形指示灯；

I1.2-1# 泵过载——对应触摸屏一号泵及电动阀控制画面的一号泵控制的“过载黄色”圆形指示灯；

I1.3-2# 泵过载——对应触摸屏二号泵及电动阀控制画面的二号泵控制的“过载黄色”圆形指示灯；

I1.4-1# 阀开——对应触摸屏一号泵及电动阀控制画面的一号电动阀控制的“阀开”圆形指示灯；

I1.5-1# 阀关——对应触摸屏一号泵及电动阀控制画面的一号电动阀控制的“阀关”圆形指示灯；

I2.0-2# 阀开——对应触摸屏二号泵及电动阀控制画面的二号电动阀控制的“阀开”圆形指示灯；

I2.1-2# 阀关——对应触摸屏二号泵及电动阀控制画面的二号电动阀控制的“阀关”圆形指示灯；

I2.2-1# 泵工频运行——对应触摸屏一号泵及电动阀控制画面的一号泵控制控制的“工频运行”圆形指示灯；

I2.3-1# 泵变频运行——对应触摸屏一号泵及电动阀控制画面的一号泵控制控制的“变频运行”圆形指示灯；

I2.4-2# 泵工频运行——对应触摸屏二号泵及电动阀控制画面的二号泵控制控制的“工频运行”圆形指示灯；

I2.5-2# 泵变频运行——对应触摸屏二号泵及电动阀控制画面的二号泵控制控制的“变频运行”圆形指示灯；

Q0.0-1# 泵工频启动——对应触摸屏一号泵及电动阀控制画面的一号泵控制控制的“工频启动”圆形指示灯；

Q0.1-1# 泵变频启动——对应触摸屏一号泵及电动阀控制画面的一号泵控制控制的“变频启动”圆形指示灯；

Q0.2-2# 泵工频启动——对应触摸屏二号泵及电动阀控制画面的二号泵控制控制的“工频启动”圆形指示灯；

Q0.3-2# 泵变频启动——对应触摸屏二号泵及电动阀控制画面的二号泵控制控制的“变频启动”圆形指示灯；

Q0.4-1# 开阀——对应触摸屏一号泵及电动阀控制画面的一号电动阀控制的“开阀”圆形指示灯；

Q0.5-1# 关阀——对应触摸屏一号泵及电动阀控制画面的一号电动阀控制的“关阀”圆形指示灯；

Q0.6-2# 开阀——对应触摸屏二号泵及电动阀控制画面的二号电动阀控制的“开阀”圆形

指示灯：

Q0.7~2# 关阀——对应触摸屏 2# 泵及电动阀控制画面的 2# 电动阀控制的“关阀”圆形指示灯。

3. PLC 的接线

(1) CPU224 接线。

CPU 外围主要元件（见图 8-11）：

R0.0~R0.7——继电器。

LP、HP——PID 调节器（低、高触点）。

PS1、PS2——压力开关触点。

LSL、LSM——液位控制器（低、中触点）。

F11、F12——小保险。

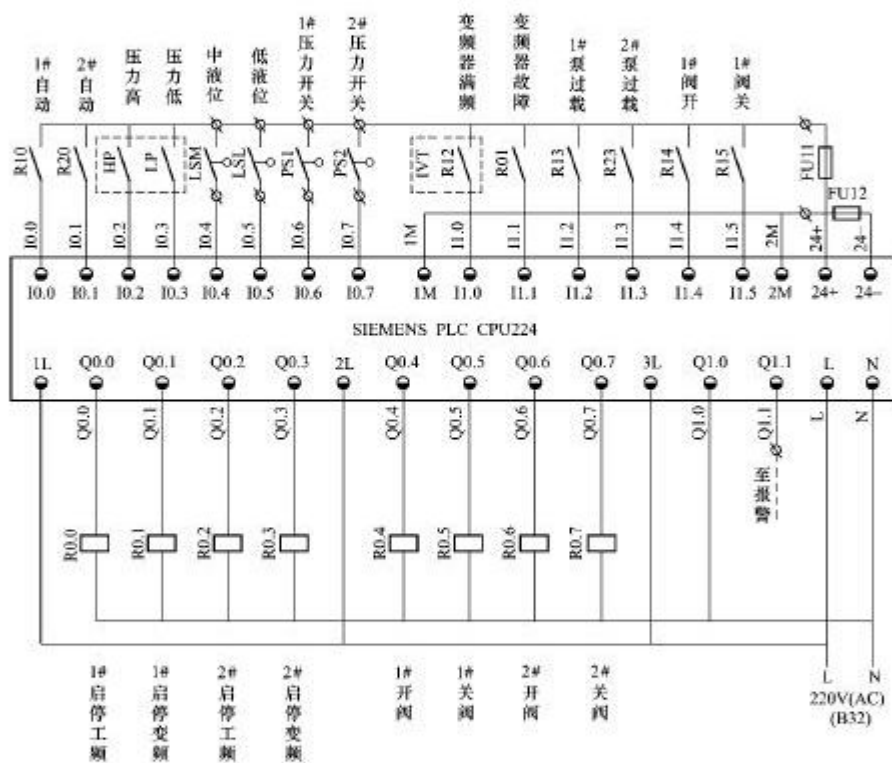


图 8-11 CPU224 接线示意图

(2) EM221 数字量输入模块接线。

EM221 外围主要元件（见图 8-12）：

C10、C11、C20、C21——交流接触器触点。

R24、R25——继电器触点。

(3) EM231 模拟量输入模块接线（见图 8-13）。

4. 应用软件设计

逻辑控制部分如图 8-14 所示。

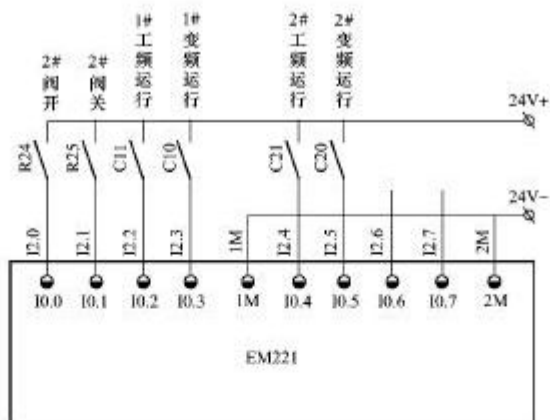


图 8-12 EM221 接线示意图

注：实际接线时“1M”及“10.0”、“10.1”、“10.2”、“10.3”与“2M”及“10.4”、“10.5”、“10.6”、“10.7”不在同一侧。

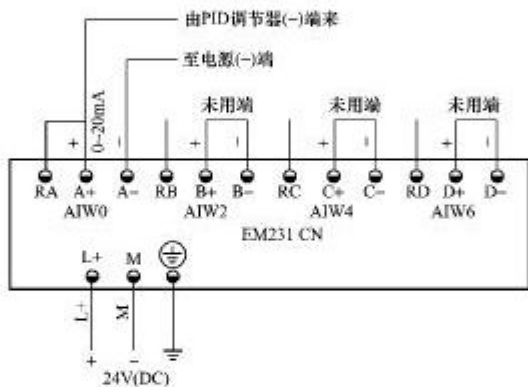


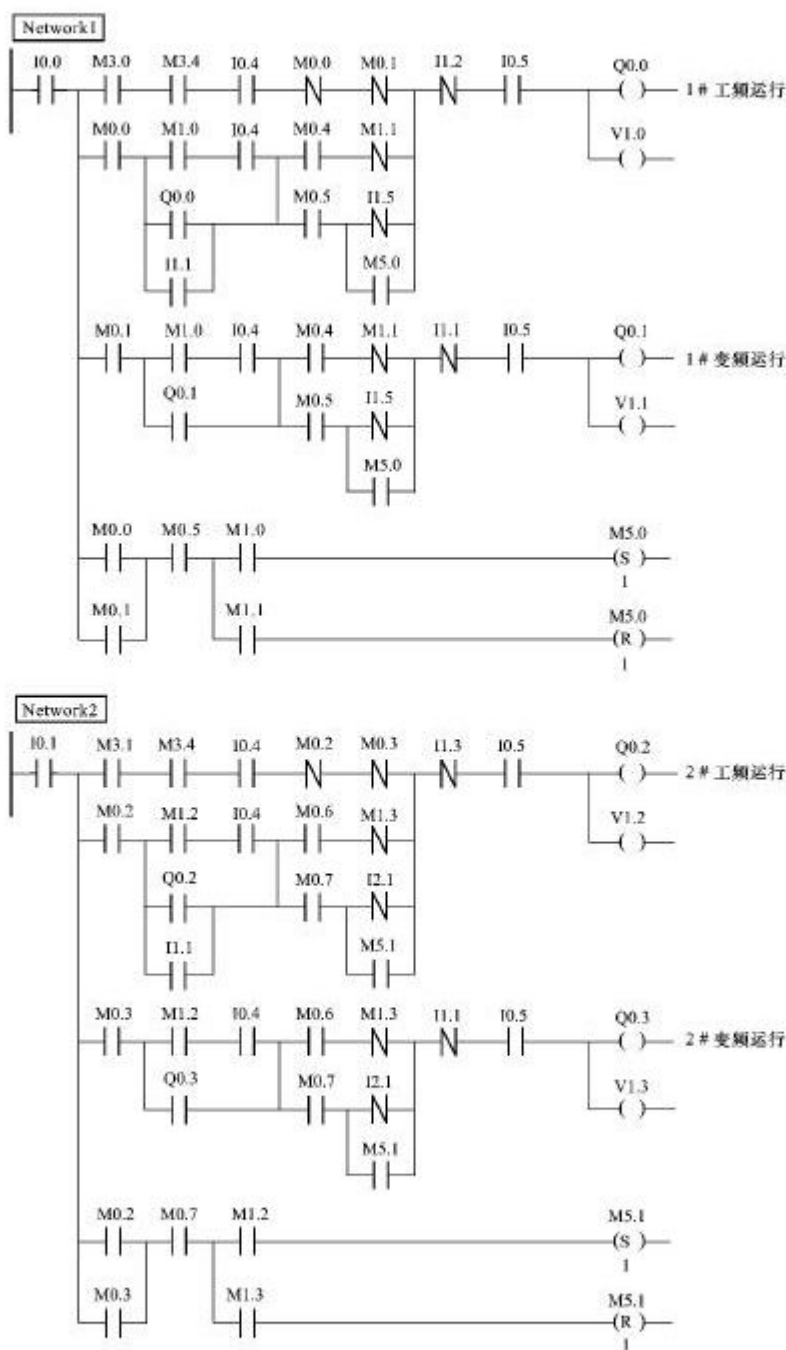
图 8-13 EM231 接线示意图

(二) 触摸屏

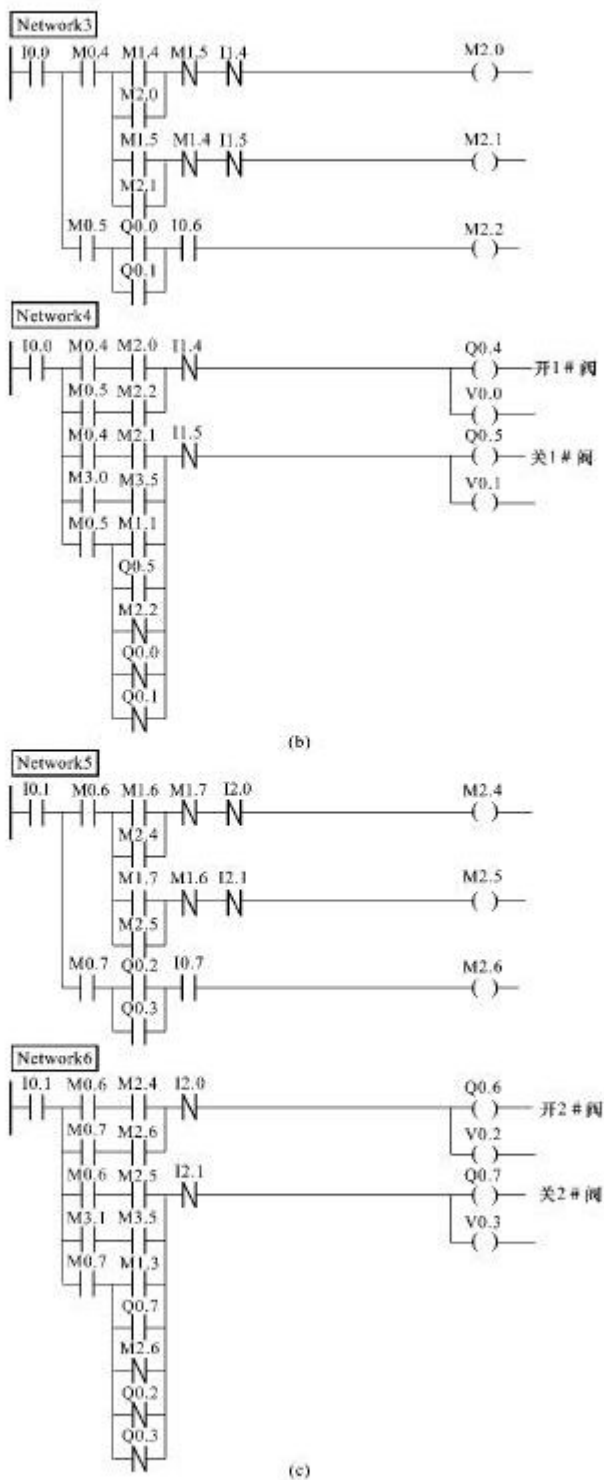
1. 触摸屏选型

触摸屏采用 SIEMENS TP170 系列彩色触摸屏 TP170B COLOR，TP170B COLOR 触摸屏是具有极高性能及价格比的触摸屏产品，可以很方便地实现对控制系统的操作、监控和参数设置等功能。有以下主要技术指标。

- (1) 处理器类型：32 位 RISC 处理器。
- (2) 组态存储器容量（最大值）：768 kB。
- (3) 显示器：116mm×87mm 监控界面，分辨率（像素）为 320×240，工作屏幕区域 116mm×87mm。
- (4) 操作元素：触摸屏幕（电阻模拟）。
- (5) 画面数量：100；
每个画面的域数：50；
每个画面的变量数：50。
- (6) 外部尺寸：W×H (mm) = 212×156；
安装孔：W×H (mm) = 198×142；

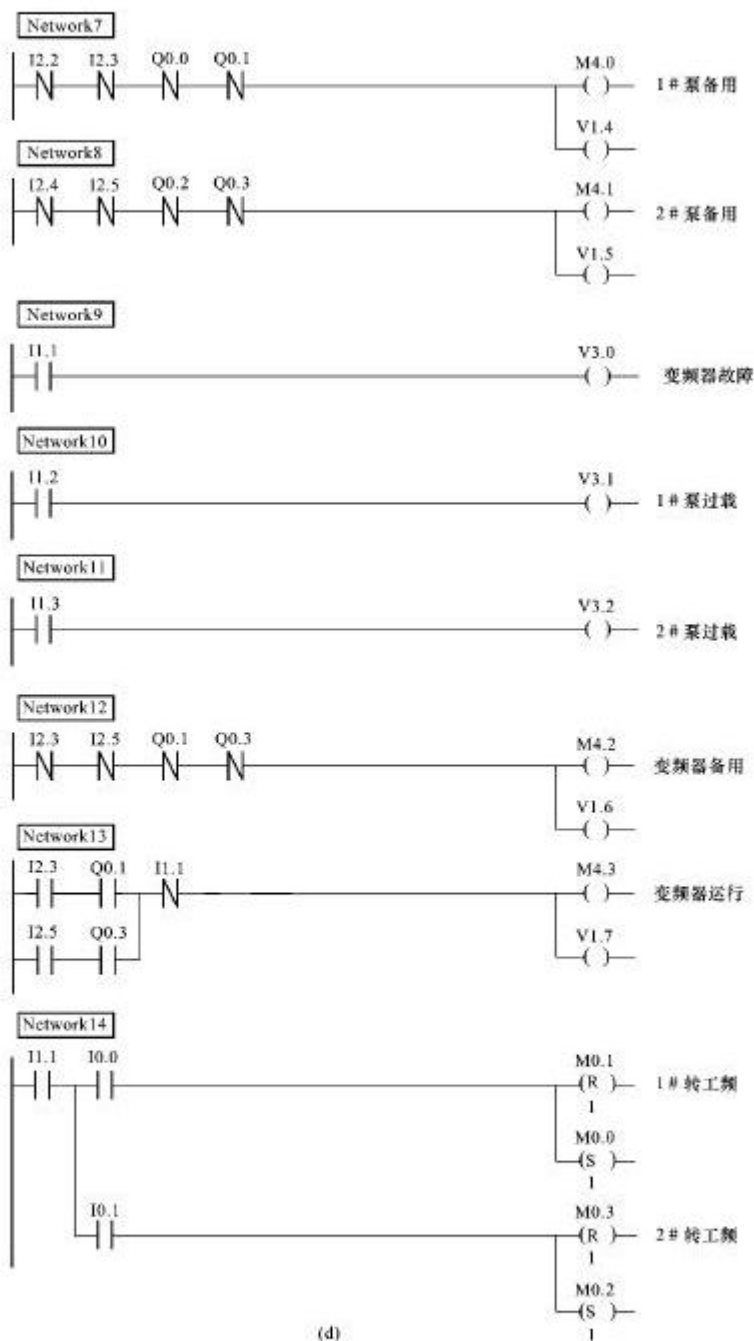


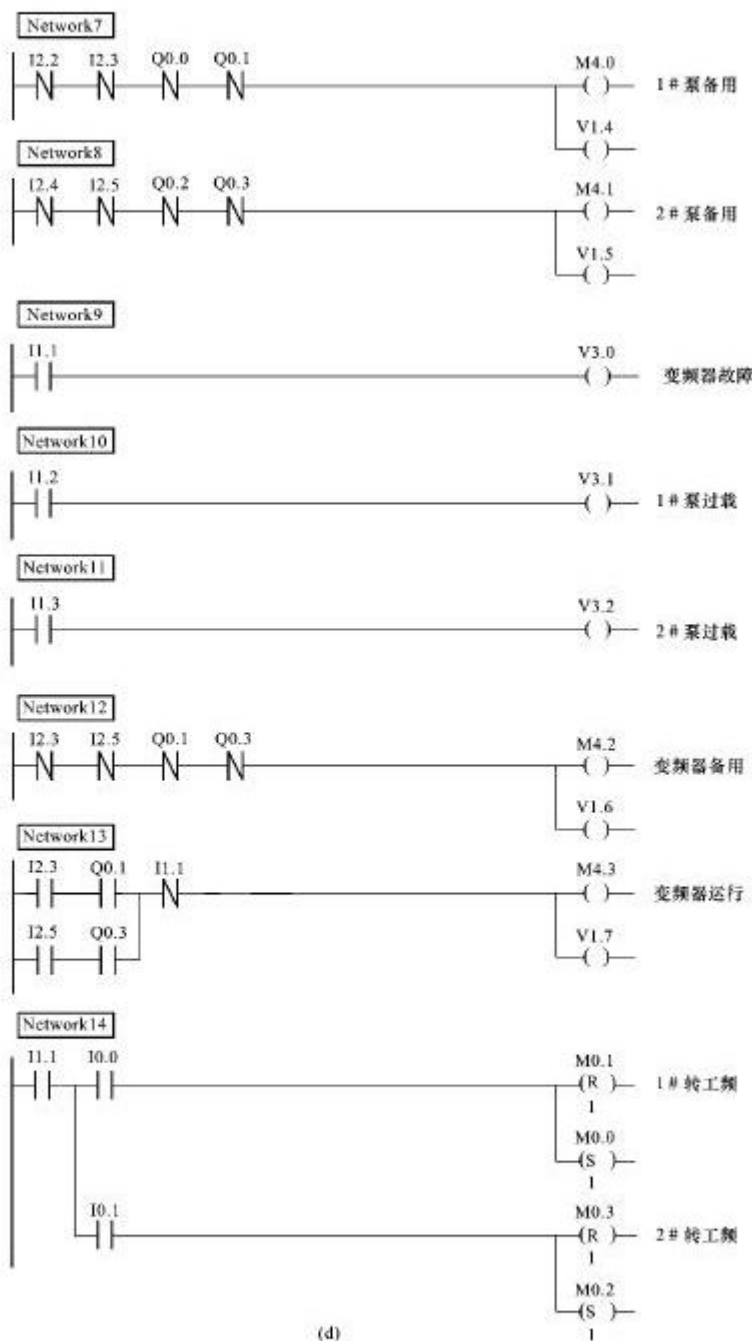
(a)



(b)

(c)





安装深度 45 mm。

(7) 额定电压：24 V (DC)；允许的电压范围：+18.0~+30.0 V (DC)；允许的最大瞬态电压：35 V (500ms)；两种瞬态之间的时间最短 50s。

(8) TP170B COLOR 背板布置 (见图 6-13) 及其接口的用途。

2. 组态 TP170B COLOR 的“Protool 6.0”软件的启动、选型及画面建立的操作见第六章图 6-21~图 6-26 等。

3. 画面功能

- (1) 各画面均能相互切换；
- (2) 控制功能：能手动、自动控制供水系统设备的运行、停止；
- (3) 监控功能：监控并显示整个供水系统及其设备的状态；
- (4) 参数监视功能：可以监视供水出口压力。

4. 供水系统的 TP170B COLOR 触摸屏画面配置

(1) 供水系统画面如图 8-15 所示。

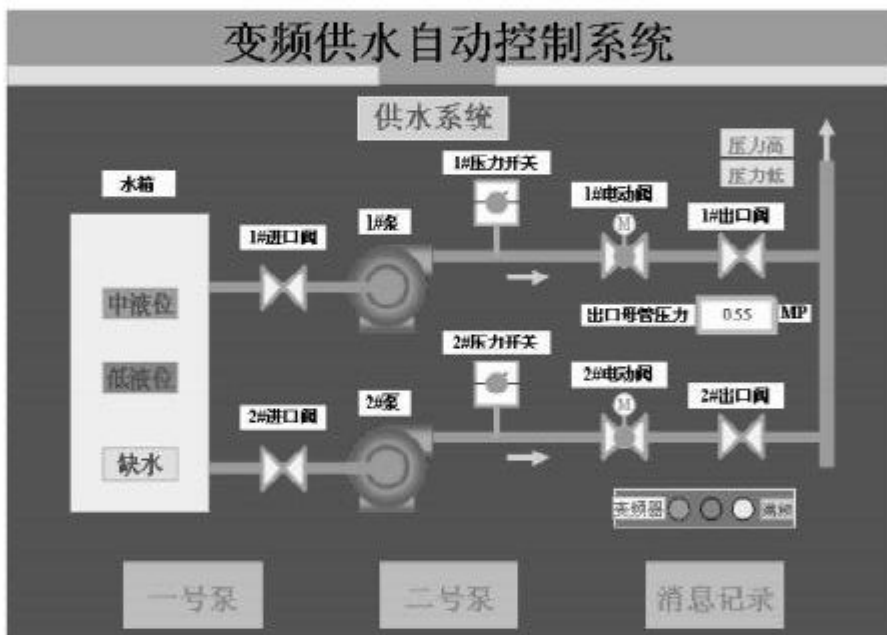


图 8-15 供水系统画面

(2) 一号泵及电动阀控制画面如图 8-16 所示。

(3) 二号泵及电动阀控制画面如图 8-17 所示。

(4) 消息记录画面如图 8-18 所示。

5. 变量配置

(1) 建立变量。在“项目-PRO1”编辑画面用鼠标左键双击左侧栏目中的“变量”，建立第一个变量“VAR_1” (见第六章中图 6-32、33 建立变量示意图)，接下来可以开始设置变量：

变量设置：设置变量“常规”选项栏：变量名称设置为“VAR_1_1#BENG_GONGPIN”，意思为 1#泵工频方式；PLC 选择为“PLC_1”即可——本案例只有一台 PLC。

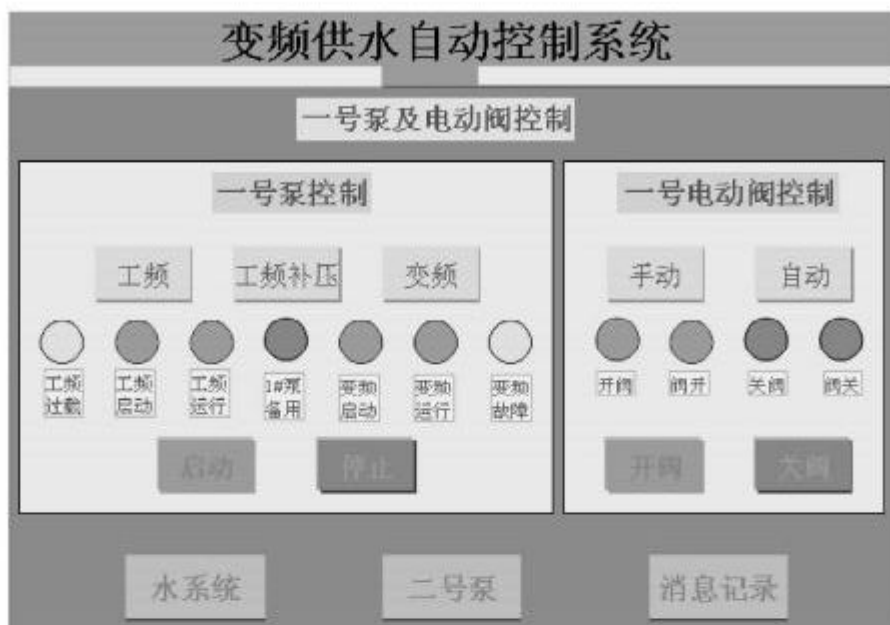


图 8-16 一号泵及电动阀控制画面

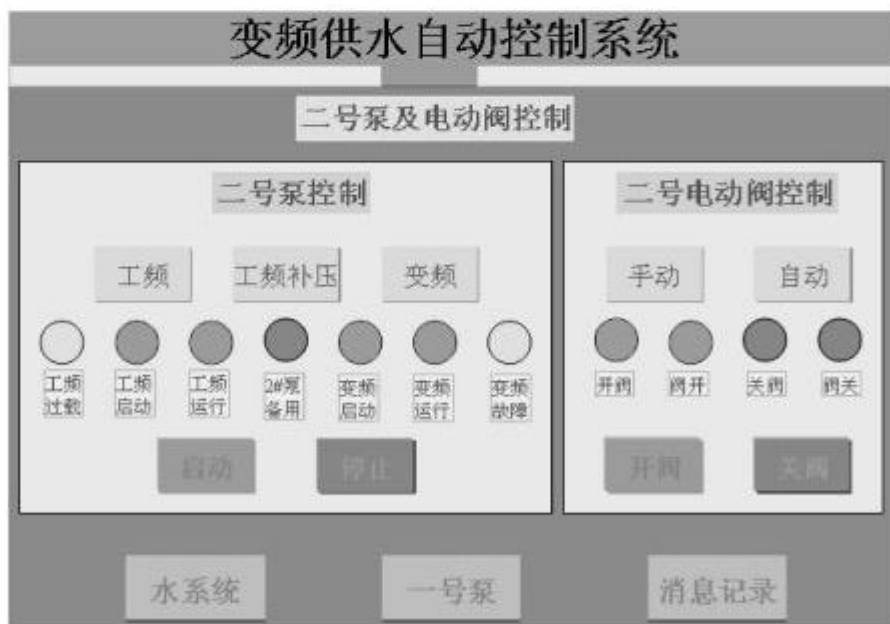


图 8-17 二号泵及电动阀控制画面

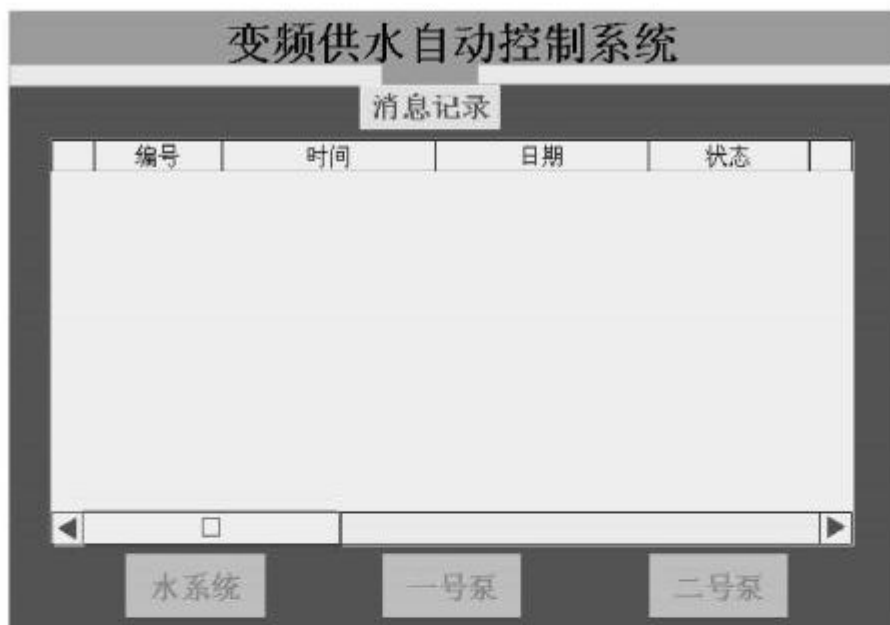


图 8-18 消息记录画面

类型选择为“BOOL”——逻辑控制。

采样周期为“1秒”。

组件数目为“1”。

范围为“M”

位地址为“M0.0”。

(2) 配置位变量：以下均照(1)的步骤进行：

VAR_1_1# BENG_GONGPIN——1#泵工频方式，位地址为“M0.0”；

VAR_2_1# BENG_BIANPIN——1#泵变频方式，位地址为“M0.1”；

VAR_3_2# BENG_GONGPIN——2#泵工频方式，位地址为“M0.2”；

VAR_4_2# BENG_BIANPIN——2#泵变频方式，位地址为“M0.3”；

VAR_5_1# FA_MAN——1#电动阀手动方式，位地址为“M0.4”；

VAR_6_1# FA_AUTO——1#电动阀自动方式，位地址为“M0.5”；

VAR_7_2# FA_MAN——2#电动阀手动方式，位地址为“M0.6”；

VAR_8_2# FA_AUTO——2#电动阀自动方式，位地址为“M0.7”；

VAR_9_1# BENG_BUYA——1#泵工频补压方式，位地址为“M3.0”；

VAR_10_2# BENG_BUYA——2#泵工频补压方式，位地址为“M3.1”；

VAR_11_1# BENG_START——1#泵启动，位地址为“M1.0”；

VAR_12_1# BENG_STOP——1#泵停止，位地址为“M1.1”；

VAR_13_2# BENG_START——2#泵启动，位地址为“M1.2”；

VAR_14_2# BENG_STOP——2#泵停止，位地址为“M1.3”；

VAR_15_1# FA_START——1#电动阀手动开阀，位地址为“M1.4”；

VAR_16_1# FA_STOP——1#电动阀手动关阀，位地址为“M1.5”；

- VAR_17_2#FA_START——2# 电动阀手动开阀，位地址为“M1.6”；
VAR_18_2#FA_STOP——2# 电动阀手动关阀，位地址为“M1.7”；
VAR_19_1#BENG_GP_START——1# 泵工频启动，位地址为“Q0.0”；
VAR_20_1#BENG_BP_START——1# 泵变频启动，位地址为“Q0.1”；
VAR_21_2#BENG_GP_START——2# 泵工频启动，位地址为“Q0.2”；
VAR_22_2#BENG_BP_START——2# 泵变频启动，位地址为“Q0.3”；
VAR_23_1#_FA_START——1# 开阀，位地址为“Q0.4”；
VAR_24_1#_FA_STOP——1# 关阀，位地址为“Q0.5”；
VAR_25_2#_FA_START——2# 开阀，位地址为“Q0.6”；
VAR_26_2#_FA_STOP——2# 关阀，位地址为“Q0.7”；
VAR_27_1#BENG_Auto——1# 泵自动方式，位地址为“I0.0”；
VAR_28_2#BENG_Auto——2# 泵自动方式，位地址为“I0.1”；
VAR_29_P_H——出口压力高，位地址为“I0.2”；
VAR_30_P_L——出口压力低，位地址为“I0.3”；
VAR_31_YEWEI_M——中液位，位地址为“I0.4”；
VAR_32_YEWEI_L——低液位，位地址为“I0.5”；
VAR_33_1#PS——1# 压力开关，位地址为“I0.6”；
VAR_34_2#PS——2# 压力开关，位地址为“I0.7”；
VAR_35_BIANPIN_Hr——变频器满转，位地址为“I1.0”；
VAR_36_BIANPIN_AL——变频器故障，位地址为“I1.1”；
VAR_37_1#BENG_AL——1# 泵故障，位地址为“I1.2”；
VAR_38_2#BENG_AL——2# 泵故障，位地址为“I1.3”；
VAR_39_1#FA_OPEN——1# 阀开，位地址为“I1.4”；
VAR_40_1#FA_CLOSE——1# 阀关，位地址为“I1.5”；
VAR_41_2#FA_OPEN——2# 阀开，位地址为“I2.0”；
VAR_42_2#FA_CLOSE——2# 阀关，位地址为“I2.1”；
VAR_43_1#_BENG_GONGPIN——1# 泵工频运行，位地址为“I2.2”；
VAR_44_1#_BENG_BIANGPIN——1# 泵变频运行，位地址为“I2.3”；
VAR_45_2#_BENG_GONGPIN——2# 泵工频运行，位地址为“I2.4”；
VAR_46_2#_BENG_BIANGPIN——2# 泵变频运行，位地址为“I2.5”；
VAR_47_1#_BENG_STOP——1# 泵停止备用，位地址为“M4.0”；
VAR_48_2#_BENG_STOP——2# 泵停止备用，位地址为“M4.1”；
VAR_49_IVT_STOP——变频器停止备用，位地址为“M4.2”；
VAR_50_IVT_RUN——变频器运行，位地址为“M4.3”。
- (3) 配置字变量：VAR_51_OUT_P——供水出口压力，实数类型，双字地址为“VD158”。

6. 画面切换、控制按钮设置

(1) 按钮设置。

1) 画面切换按钮设置：

①单击按钮图标新建一按钮，会自动跳出“按钮”对话框（见第六章中图 6-34~图 6-37 等）。设置步骤及方法如下：

在“参数—选择_画面_固定的”对话框中，将“画面名称”选定为要打开的画面名称代号，单击“确定”按钮，最后单击“按钮”对话框的“确定”完成设置。

“按钮”对话框的“字体”、“颜色”等选项栏较为简单，在此不多讲述可根据实际情况设置。在将按钮用作切换画面的按钮时，其他选项栏可默认。

②本案例中的画面切换按钮的设置。

供水系统：“功能”选项栏→“按钮释放时”→“选择画面固定的”→“PIC_1”。

一号泵：“功能”选项栏→“按钮释放时”→“选择画面固定的”→“PIC_2”。

二号泵：“功能”选项栏→“按钮释放时”→“选择画面固定的”→“PIC_3”。

消息记录：“功能”选项栏→“按钮释放时”→“选择画面固定的”→“PIC_4”。

上述内容在本案例中的所有的画面中都相同，制作时用复制即可。

2) 控制按钮设置：

①单击按钮图标新建一按钮，会自动跳出“按钮”对话框（见第六章中图 6-39~图 6-47 等），设置步骤及方法与第六章中控制按钮相同。

②本案例中的控制按钮。

A. 供水系统画面：未设控制按钮。

B. 一号泵及电动阀控制画面的控制按钮：做控制和显示用。

(A) 一号泵控制画面。

工频——按下时对准变量 VAR_2_1#BENG_BIANPIN 和 VAR_9_1#BENG_BUYA，复位“M0.1”和“M3.0”；释放时对准变量 VAR_1_1#BENG_GONGPIN，置位“M0.0”；控制变量为 VAR_1_1#BENG_GONGPIN，位地址为“M0.0”，“0”值时按钮不闪烁，“1”值时按钮闪烁。

变频——按下时对准变量 VAR_1_1#BENG_GONGPIN 和 VAR_9_1#BENG_BUYA，复位“M0.0”和“M3.0”；释放时对准变量 VAR_2_1#BENG_BIANPIN，置位“M0.1”；控制变量为 VAR_2_1#BENG_BIANPIN，位地址为“M0.1”，“0”值时按钮不闪烁，“1”值时按钮闪烁。

工频补压——按下时对准变量 VAR_1_1#BENG_GONGPIN 和 VAR_2_1#BENG_BIANPIN，复位“M0.0”和“M0.1”。释放时对准变量 VAR_9_1#BENG_BUYA，置位“M3.0”。控制变量为 VAR_9_1#BENG_BUYA，位地址为“M3.0”，“0”值时按钮不闪烁，“1”值时按钮闪烁。

启动——对准变量 VAR_11_1#BENG_START，按下时置位“M1.0”；释放时复位“M1.0”。

停止——对准变量 VAR_12_1#BENG_STOP，按下时置位“M1.1”；释放时复位“M1.1”。

(B) 一号电动阀控制画面。

手动——按下时对准变量 VAR_6_1#_FA_AUTO，复位“M0.5”；释放时对准变量 VAR_5_1#_FA_MAN，置位“M0.4”；控制变量为 VAR_5_1#_FA_MAN，位地址为“M0.4”，“0”值时按钮不闪烁，“1”值时按钮闪烁。

自动——按下时对准变量 VAR_5_1#_FA_MAN，复位“M0.4”；释放时对准变量 VAR_6_1#_FA_AUTO，置位“M0.5”；控制变量为 VAR_6_1#_FA_AUTO，位地址为“M0.5”，“0”值时按钮不闪烁，“1”值时按钮闪烁。

开阀——对准变量 VAR_15_1#FA_START，按下时置位“M1.4”；释放时复位“M1.4”。

关阀——对准变量 VAR_16_1#FA_STOP，按下时置位“M1.5”；释放时复位“M1.5”。

C. 二号泵及电动阀控制画面的控制按钮：做控制和显示用。

(A) 二号泵控制画面。

工频——按下时对准变量 VAR_4_2#BENG_BIANPIN 和 VAR_10_2#BENG_BUYA，复位

“M0.3”和“M3.1”；释放时对准变量 VAR_3_2#BENG_GONGPIN，置位“M0.2”；控制变量为 VAR_3_2#BENG_GONGPIN，位地址为“M0.2”，“0”值时按钮不闪烁，“1”值时按钮闪烁。

变频——按下时对准变量 VAR_3_2#BENG_GONGPIN 和 VAR_10_2#BENG_BUYA，复位“M0.2”和“M3.1”；释放时对准变量 VAR_4_2#BENG_BIANPIN，置位“M0.3”；控制变量为 VAR_4_2#BENG_BIANPIN，位地址为“M0.3”，“0”值时按钮不闪烁，“1”值时按钮闪烁。

工频补压——按下时对准变量 VAR_3_2#BENG_GONGPIN 和 VAR_4_2#BENG_BIANPIN，复位“M0.2”和“M0.3”。释放时对准变量 VAR_10_2#BENG_BUYA，置位“M3.1”。控制变量为 VAR_10_2#BENG_BUYA，位地址为“M3.1”，“0”值时按钮不闪烁，“1”值时按钮闪烁。

启动——对准变量 VAR_13_2#BENG_START，按下时置位“M1.2”；释放时复位“M1.2”。

停止——对准变量 VAR_14_2#BENG_STOP，按下时置位“M1.3”；释放时复位“M1.3”。
(B) 二号电动阀控制画面。

手动——按下时对准变量 VAR_8_2#FA_AUTO，复位“M0.7”；释放时对准变量 VAR_7_2#FA_MAN，置位“M0.6”；控制变量为 VAR_7_2#FA_MAN，位地址为“M0.6”，“0”值时按钮不闪烁，“1”值时按钮闪烁。

自动——按下时对准变量 VAR_7_2#FA_MAN，复位“M0.6”；释放时对准变量 VAR_8_2#FA_AUTO，置位“M0.7”；控制变量为 VAR_8_2#FA_AUTO，位地址为“M0.7”，“0”值时按钮不闪烁，“1”值时按钮闪烁。

开阀——对准变量 VAR_17_2#FA_START，按下时置位“M1.6”；释放时复位“M1.6”。

关阀——对准变量 VAR_18_2#FA_STOP，按下时置位“M1.7”；释放时复位“M1.7”。

(2) 指示灯设置。

1) 表示系统、设备状态及工质位置的方形灯。本案例中使用状态视图作为表示系统、设备状态及工质位置的方形灯。

①在固定窗口和基本区(PIC窗口)中添加状态视图。

②双击状态视图进行设置。对“常规”选项栏中的“类型”、“显示”、“关”状态文本、“开”状态文本进行设置(见第六章中图6-48~图6-50等)。

③使用状态视图在供水系统画面的基本区(PIC窗口)中作为表示工质(水)位置、参数及状态的方形灯。

压力高：在“常规”选项栏中将“类型”设为“两种状态”，“显示”设为“文本”，“关”状态文本为空，“开”状态文本为“压力高”；在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为黄色，接着单击“属性”选项栏中的“指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_29_P_H”(出口压力高，位地址为“I0.2”)；表示供水系统出口压力高。

压力低：在“常规”选项栏中将“类型”设为“两种状态”，“显示”设为“文本”，“关”状态文本为空，“开”状态文本为“压力低”；在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为黄色，接着单击“属性”选项栏中的“指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_30_P_L”(出口压力低，位地址为“I0.3”)；表示供水系

统出口压力低。

中液位：在“常规”选项栏中将“类型”设为“两种状态”，“显示”设为“文本”，“关”状态文本为空，“开”状态文本为“中液位”；在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为绿色，接着单击“属性”选项栏中的“□指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_31_YEWEI_M”（中液位，位地址为“IO.4”）；表示水箱水在中液位。

低液位：在“常规”选项栏中将“类型”设为“两种状态”，“显示”设为“文本”，“关”状态文本为“缺水”，“开”状态文本为“低液位”；在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时有效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为黄色，在状态“1”时为红色，接着单击“属性”选项栏中的“□指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_32_YEWEI_L”（低液位，位地址为“IO.5”）；表示水箱水在低液位。

“变频器”框中“满转”：在“常规”选项栏中将“类型”设为“两种状态”，“显示”设为“文本”，“关”状态文本为空，“开”状态文本为“满转”；在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为浅蓝色，接着单击“属性”选项栏中的“□指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_35_BIANPIN_Hr”（变频器满转，位地址为“II.0”）；表示变频器在全速运行。

2) 表示设备状态的圆形灯。

本案例中使用圆形做表示设备状态的圆形灯：

①在基本区（PIC窗口）的设备状态框中添加圆；

②双击圆进行设置：圆的设置相对于状态视图的设置要简单，只需对“属性”选项栏中的“类型”、“□指针化(M)”进行设置，并添加状态（见第六章中图6-51~图6-52）。

③使用圆形工具在供水系统画面的基本区（PIC窗口）中做表示设备状态的圆形灯。

A. 供水系统。

“1#泵形”框中绿灯：在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为绿色，接着单击“属性”选项栏中的“□指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_27_1#BENG_Auto”（自动状态，位地址为“IO.0”）；表示1#泵处在触摸屏与PLC的自动控制状态。

“2#泵形”框中绿灯：在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为绿色，接着单击“属性”选项栏中的“□指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_28_2#BENG_Auto”（自动状态，位地址为“IO.1”）；表示2#泵处在触摸屏与PLC的自动控制状态。

“1#压力开关形”框中绿灯：在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为绿色，接着单击“属性”选项栏中的“□指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_33_1#PS”（压力开关触点，位地址为“IO.6”）；表示1#压力开关因1#水泵压力达标而动作。

“2#压力开关形”框中绿灯：在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”

状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为绿色，接着单击“属性”选项栏中的“ 指针化 (M)”将“控制变量”设置为“VAR_34_2#PS”（压力开关触点，位地址为“I0.7”）；表示2#压力开关因2#水泵压力达标而动作。

“变频器”框中黄灯：在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为黄色，接着单击“属性”选项栏中的“ 指针化 (M)”将“控制变量”设置为“VAR_36_BIANPIN_AL”（变频器故障，位地址为“I1.1”）；表示变频器故障。

“变频器”框中绿灯：在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为绿色，接着单击“属性”选项栏中的“ 指针化 (M)”将“控制变量”设置为“VAR_50_IVT_RUN”（变频器运行，位地址为“M4.3”）；表示变频器在运行。

“变频器”框中红灯：在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为红色，接着单击“属性”选项栏中的“ 指针化 (M)”将“控制变量”设置为“VAR_49_IVT_STOP”（变频器备用，位地址为“M4.2”）；表示变频器停止备用。

“1#电动阀”框中绿灯：在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为绿色，接着单击“属性”选项栏中的“ 指针化 (M)”将“控制变量”设置为“VAR_39_1#FA_OPEN”（1#阀开，位地址为“I1.4”）；表示1#电动阀处在打开状态。

“2#电动阀”框中绿灯：在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为绿色，接着单击“属性”选项栏中的“ 指针化 (M)”将“控制变量”设置为“VAR_41_2#FA_OPEN”（2#阀开，位地址为“I2.0”）；表示2#电动阀处在打开状态。

B. 一号泵及电动阀控制。

“一号泵控制”框中“工频过载”黄灯：在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为黄色，接着单击“属性”选项栏中的“ 指针化 (M)”将“控制变量”设置为“VAR_37_1#BENG_AL”（一号泵故障，位地址为“I1.2”）；表示一号泵工频过载。

“一号泵控制”框中“变频故障”黄灯：在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为黄色，接着单击“属性”选项栏中的“ 指针化 (M)”将“控制变量”设置为“VAR_36_BIANPIN_AL”（变频器故障，位地址为“I1.1”）；表示变频器故障。

“一号泵控制”框中“工频启动”绿灯：在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为绿色，接着单击“属性”选项栏中的“ 指针化 (M)”将“控制变量”设置为“VAR_19_1#BENG_GP START”（一号泵工频启动，位地址为“Q0.0”）；表示一号泵在工频启动运行。可以用来监视启动信号是否发出。

“一号泵控制”框中“工频运行”绿灯：在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加

“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为绿色，接着单击“属性”选项栏中的“指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_43_1#_BENG_GONGPIN”（一号泵工频，位地址为“12.2”）；表示一号泵在工频状态运行。

“一号泵控制”框中“变频启动”绿灯：在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为绿色，接着单击“属性”选项栏中的“指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_20_1#BENG_BP START”（一号泵变频启动，位地址为“Q0.1”）；表示一号泵在变频启动运行。可以用来监视启动信号是否发出。

“一号泵控制”框中“变频运行”绿灯：在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为绿色，接着单击“属性”选项栏中的“指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_44_1#_BENG_BIANGPIN”（一号泵变频，位地址为“12.3”）；表示一号泵在变频状态运行。

“一号泵控制”框中“备用”红灯：在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为红色，接着单击“属性”选项栏中的“指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_47_1#_BENG_STOP”（一号泵停止备用，位地址为“M4.0”）；表示一号泵在待运行状态。

“一号电动阀控制”框中“开阀”绿灯：在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为绿色，接着单击“属性”选项栏中的“指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_23_1#_FA_START”（一号电动阀开启动，位地址为“Q0.4”）；表示一号电动阀在开启动。可以用来监视启动信号是否发出。

“一号电动阀控制”框中“阀开”绿灯：在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为绿色，接着单击“属性”选项栏中的“指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_39_1#FA_OPEN”（一号电动阀开，位地址为“11.4”）；表示一号电动阀在开状态。

“一号电动阀控制”框中“关阀”红灯：在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为红色，接着单击“属性”选项栏中的“指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_24_1#_FA_STOP”（一号电动阀关启动，位地址为“Q0.5”）；表示一号电动阀在关启动。可以用来监视启动信号是否发出。

“一号电动阀控制”框中“阀关”红灯：在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为红色，接着单击“属性”选项栏中的“指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_40_1#FA_CLOSE”（一号电动阀关，位地址为“11.5”）；表示一号电动阀在关状态。

C. 二号泵及电动阀控制。

“二号泵控制”框中“工频过载”黄灯：在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”

在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为黄色，接着单击“属性”选项栏中的“ 指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_38_2#BENG_AL”(二号泵故障，位地址为“I1.3”)；表示二号泵工频过载故障。

“二号泵控制”框中“变频故障”黄灯：在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为黄色，接着单击“属性”选项栏中的“ 指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_36_BIANPIN_AL”(变频器故障，位地址为“I1.1”)；表示变频器故障。

“二号泵控制”框中“工频启动”绿灯：在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为绿色，接着单击“属性”选项栏中的“ 指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_21_2#BENG_GP START”(二号泵工频启动，位地址为“Q0.2”)；表示二号泵在工频启动运行。可以用来监视启动信号是否发出。

“二号泵控制”框中“工频运行”绿灯：在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为绿色，接着单击“属性”选项栏中的“ 指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_45_2#_BENG_GONGPIN”(二号泵工频，位地址为“I2.4”)；表示二号泵在工频状态运行。

“二号泵控制”框中“变频启动”绿灯：在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为绿色，接着单击“属性”选项栏中的“ 指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_22_2#BENG_BP START”(二号泵变频启动，位地址为“Q0.3”)；表示二号泵在变频启动运行。可以用来监视启动信号是否发出。

“二号泵控制”框中“变频运行”绿灯：在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为绿色，接着单击“属性”选项栏中的“ 指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_46_2#_BENG_BIANPIN”(二号泵变频，位地址为“I2.5”)；表示二号泵在变频状态运行。

“二号泵控制”框中“备用”红灯：在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为红色，接着单击“属性”选项栏中的“ 指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_48_2#_BENG_STOP”(二号泵停止备用，位地址为“M4.1”)；表示二号泵在待运行状态。

“二号电动阀控制”框中“开阀”绿灯：在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为绿色，接着单击“属性”选项栏中的“ 指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_25_2#_FA_START”(二号电动阀开启动，位地址为“Q0.6”)；表示二号电动阀在开启动。可以用来监视启动信号是否发出。

“二号电动阀控制”框中“阀开”绿灯：在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”时无效，在状态“1”时有效，“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色，在状态“1”时为绿色，接着单击“属性”选项栏中的“ 指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_41_2#FA_OPEN”(二号电动阀开，位地址为

“12.0”);表示二号电动阀在开状态。

“二号电动阀控制”框中“关闭”红灯;在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”,添加“0”和“1”状态,并设置“闪烁”在状态“0”时无效,在状态“1”时有效,“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色,在状态“1”时为红色,接着单击“属性”选项栏中的“指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_26_2#_FA_STOP”(二号电动阀关启动,位地址为“Q0.7”);表示二号电动阀在关启动。可以用来监视启动信号是否发出。

“二号电动阀控制”框中“阀关”红灯;在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”,添加“0”和“1”状态,并设置“闪烁”在状态“0”时无效,在状态“1”时有效,“前景”、“背景”在状态“0”时为灰白色,在状态“1”时为红色,接着单击“属性”选项栏中的“指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_42_2#_FA_CLOSE”(二号电动阀关,位地址为“12.1”);表示二号电动阀在关状态。

3) 表示设备状态的折线图形。本案例中使用折线工具做表示设备状态的图形。

①在基本区(PIC窗口)的设备状态框中添加折线图形,画成阀门形状。

②双击折线图形(阀门形状)打开折线图形设置对话框进行设置:折线图形的设置相对于状态视图的设置要简单,只需对“属性”选项栏中的“类型”、“指针化(M)”进行设置,并添加状态(见图8-19)。



图 8-19 折线图形设置对话框

单击“指针化(M)”按钮,跳出控制变量选择对话框(如图8-20),单击“▼”按钮选择变量,选定变量后单击“确定”按钮。最后单击“折线图形设置对话框”中的“确定”按钮,完成设置。

③使用折线工具在供水系统控制画面的基本区(PIC窗口)中做表示设备状态的图形(阀门示意)。

“1#电动阀”图标;在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”,添加“0”和“1”状态,并设置“闪烁”在状态“0”、“1”时均无效,“前景”、“背景”在状态“1”时为灰白色,在状态“0”时为绿色,接着单击“属性”选项栏中的“指针化(M)”将“控制变量”设置为“VAR_40_1#_FA_CLOSE”(1#阀关,位地址为“11.5”);表示1#电动阀处在关闭状态。



图 8-20 折线图形控制变量选择对话框

“2# 电动阀”图标：在“属性”选项栏中将“类型”设为“位”，添加“0”和“1”状态，并设置“闪烁”在状态“0”、“1”时均无效，“前景”、“背景”在状态“1”时为灰白色，在状态“0”时为绿色，接着单击“属性”选项栏中的“ 指针化 (M)”将“控制变量”设置为“VAR_42_2#FA_CLOSE”（2# 阀关，位地址为“12.1”）；表示 2# 电动阀处在关闭状态。

(3) 输出域设置。

本案例只用到输出域。可以这样简单理解：输出域主要是用来显示被控系统的状态参数等。

① 在供水系统画面基本区 (PIC 窗口) 的添加输出域。

② 对自动跳出的输出域 (或双击输出域) 对话框 (见第六章中图 6-53) 进行设置：

输出域的“字体”、“颜色”设置较为简单，设计者可根据需要自行设置，在此只对“常规”选项栏的设置进行描述：

在显示栏中选择“3-D” (即三维显示数据)、“边框”、“调整”三项。

在显示 (D) 单击“▼”选择“十进制”。

在小数数目 (P) 根据精度要求选择，本案例为“2~3”位。

在 (输出显示) 域长度 (D) 根据所显示数据的要求选择，本案例为“7~8”位。

水平对齐和垂直对齐根据实际情况定。

③ 本案例中的输出域。

供水系统出口压力：数目 (V) 选择变量“VAR_51_OUT_P”，实数类型，双字地址为“VD158”。

(4) 消息记录：本案例中的消息记录只用来记录配药加药系统设备的启动、停止及蛟龙式给粉机、搅拌机、加药泵的故障状态。

1) 建立区域指针：回到“项目-PR02”，在左侧栏目中双击“区域指针”，会出现“插入新的区域指针”对话框，在对话框中选择“事件消息”，接着单击“确定”按钮，会出现“事件消息 1”对话框；同样的，在对话框中选择“报警消息”，接着单击“确定”按钮，也会出现“报警消息 1”对话框。(见第六章中图 6-55~图 6-58 等)。分别进行“事件消息”和“报警消息”的编辑设置。

① 在“事件消息 1”对话框中选择 (见图 6-56)：PLC (P) 选择：PLC_1；范围 (R) 选择：V, VW 选择：0；长度 [字] 为 1 个字；采样周期为 1s。

② 在“报警消息 1”对话框中选择 (见图 6-58)：PLC (P) 选择：PLC_1；范围 (R) 选择：V, VW 选择：2；长度 [字] 为 1 个字；采样周期为 1s。

2) 编辑“事件消息”。

单击“事件消息 1”的“确定”按钮完成区域指针的建立，同时回到“项目-PR01”。在“项目-PR01”单击“消息”，对话框右侧出现“报警消息”、“事件消息”。

双击对话框右侧的“事件消息”，会出现图“事件消息-PR01”窗口，在窗口中按顺序编辑各设备的启动文本消息 (见第六章中图 6-59、图 6-60 的方法)。

- 1#泵工频启动：对应“PLC 1”的地址为“V1.0”；
- 1#泵变频启动：对应“PLC 1”的地址为“V1.1”；
- 2#泵工频启动：对应“PLC 1”的地址为“V1.2”；
- 2#泵变频启动：对应“PLC 1”的地址为“V1.3”；
- 1#泵停止：对应“PLC 1”的地址为“V1.4”；
- 2#泵停止：对应“PLC 1”的地址为“V1.5”；
- 变频器停止：对应“PLC 1”的地址为“V1.6”；
- 变频器启动：对应“PLC 1”的地址为“V1.7”；
- 开 1#电动阀：对应“PLC 1”的地址为“V0.0”；
- 关 1#电动阀：对应“PLC 1”的地址为“V0.1”。
- 开 2#电动阀：对应“PLC 1”的地址为“V0.2”；
- 关 2#电动阀：对应“PLC 1”的地址为“V0.3”。

3) 编辑“报警消息”：与编辑“事件消息”的方法相同，只不过是双击对话框右侧的“报警消息”，会出现“报警消息-PR01”窗口（见第六章中图 6-59、图 6-61），在窗口中按顺序编辑各报警文本消息。

- 变频器故障：对应“PLC 1”的地址为“V3.0”；
- 1#泵过载：对应“PLC 1”的地址为“V3.1”；
- 2#泵过载：对应“PLC 1”的地址为“V3.2”。

4) 建立并设置“消息视图”（见第六章中图 6-62~图 6-61）：

在“消息记录”画面中，用“消息视图”工具建立一“消息视图”，会自动弹出“消息视图”对话框或选择属性也可弹出“消息视图”对话框（见图 6-62）。在“消息视图”对话框中的“常规”选项栏的“显示”中选择“消息”并选中“排队消息”和“消息被确认”，在“消息视图”对话框中的“常规”选项栏的“消息等级”中选中“报警消息”、“事件消息”、“HMI 系统消息”和“诊断事件”。

在“消息视图”对话框中的“列”选项栏的“可见的列”中选中“消息号”、“时间”、“消息状态”、“消息文本”、“日期”、“等级名称”和“确认组”；在“消息视图”对话框中的“列”选项栏的“排序”中选中“最晚的消息最先”；在“消息视图”对话框中的“列”选项栏的“列属性”中选中“标题”和“列顺序变量”。

在“消息视图”对话框中的“显示”选项栏的“显示”中选中“水平滚动条”和“垂直滚动条”，确切按钮可根据需要决定，本案例中不选；在“消息视图”对话框中的“显示”选项栏的“多行显示”中可根据需要设置“每个消息的行数”。

其他选项较为简单或在本案例中未用，故不多讲述，可根据实际情况选择。

（三）关于辅助设备

辅助设备包含给触摸屏、PLC 及压力传感器等提供电源的 24V（DC）开关电源及 PID 调节器等辅助设备，在实际制作时，尽量选择质量好的辅助设备，以保证整个系统的性能。

七、触摸屏及 PLC 控制系统的（离线）调试

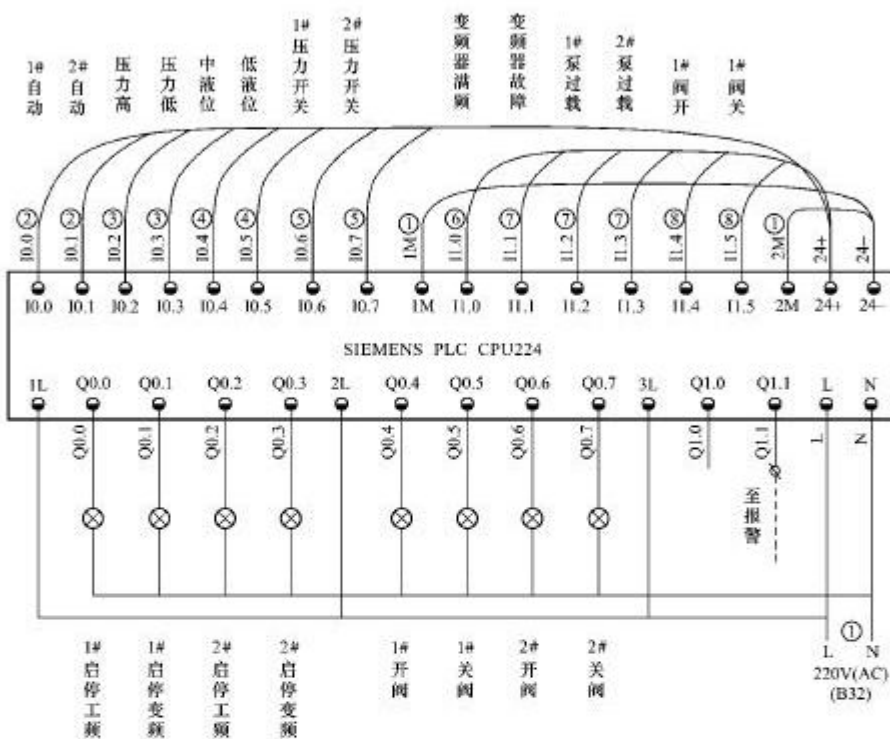
本案例中的触摸屏及 PLC 的离线调试是指对未接入电气控制系统的触摸屏及 PLC 进行的调试，其目的主要是初步调试触摸屏的控制画面及 PLC 的用户程序是否能满足供水系统的控制要求。此项工作可在没有连接变频器的情况下进行，可与变频供水电控箱的制作同时进行，互不影响，最突出的是离线调试时即便是用户程序有问题，也不会损坏被驱动的设备。如图 8-21 所示。

离线调试需将触摸屏与 PLC 连接好，步骤按图 8-21 的标注顺序进行。

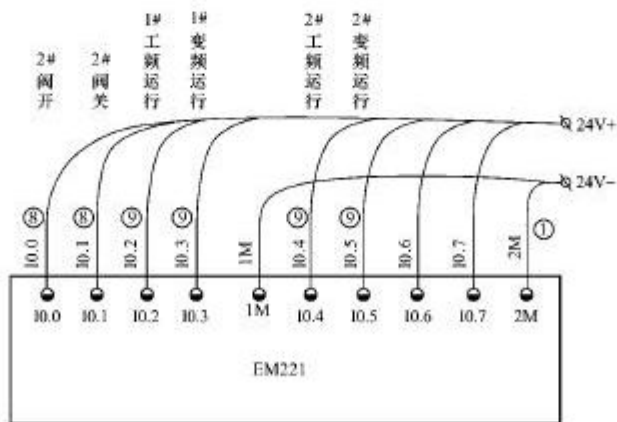
(一) 对触摸屏及 PLC 通电

①按 PLC 的要求准备好 PLC 的供电电源 [本案例为 220V (AC)], 注意观察, 通电后 PLC 通电灯亮。

将 PLC 自带 24V (DC) 电源的负极 M (24-) 分别接到 PLC 的 CPU224 和 EM221 的“1M”和“2M”端子。



(a)



(b)

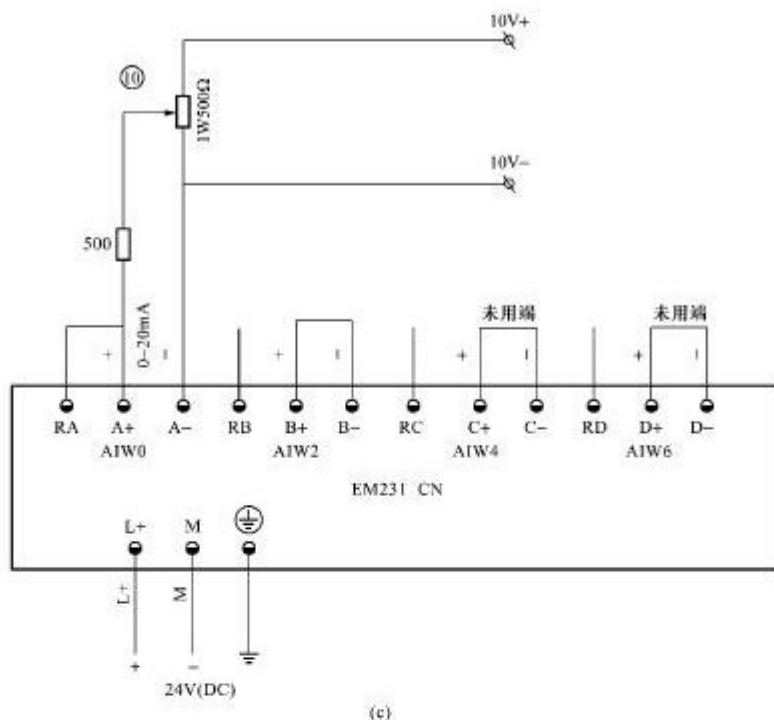


图 8-21 PLC 离线调试接线示意图

(a) CPU224 调试接线；(b) EM221 调试接线；(c) EM231 调试接线

注意：实际接线时“1M”及“10.0”、“10.1”、“10.2”、“10.3”与“2M”及“10.4”、“10.5”、“10.6”、“10.7”不在同一侧。

说明：如使用 24V (DC) 电源，只需将所有电阻换成 1.2K 即可。

将 24V (DC) 开关电源的正负极分别接到 PLC 的 EM231 的“L+”和“M”端子，将 24V (DC) 开关电源的接地端子与 EM231 的接地端子相连。

(二) 调试控制方式及液位步骤

② 调试 1# 泵和 2# 泵投入触摸屏及 PLC 的自动控制方式。

用 PLC 自带 24V (DC) 直流电源的正极 (24+) 分别 (也可同时) 接到 CPU224 “10.0” 端子 (模仿选择开关) 和接到“10.1”端子 (模仿选择开关)，注意观察，“10.0”和“10.1”输入指示灯长亮，触摸屏主画面上的 1# 泵和 2# 泵中心的绿色灯闪烁，这表示将 1# 泵和 2# 泵投入触摸屏及 PLC 的自动控制方式。

③ 试验监视“压力高”和“压力低”。

用 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 L+ (24+) 接到 CPU224 模块的“10.2”端子 (模仿“压力高”)，注意观察，“10.2”输入指示灯长亮，触摸屏供水系统画面上“压力高”方形灯闪亮，这表示供水出口“压力高”。此时，如果“Q0.0”或“Q0.2”输出指示灯是长亮 (即 1# 泵或 2# 泵以补压泵的状态运行) 的，则会熄灭 (即停止补压泵)。如将 PLC 自带 24V (DC) 直流电源的正极 L+ (24+) 从 PLC 的“10.2”端子断开，则“10.2”输入指示灯灭，触摸屏主画面上“压力高”方形灯停止闪亮，这表示供水出口压力恢复正常。

用 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 L+ (24+) 接到 CPU224 模块的“10.3”端子 (模仿

“压力低”),注意观察,“I0.3”输入指示灯长亮,触摸屏供水系统画面上“压力低”方形灯闪亮,这表示供水出口“压力低”。此时,如果1#泵或2#泵是处在补压泵的待运行的状态(用触摸屏设置),则启动补压泵(“Q0.0”或“Q0.2”输出指示灯变长亮)。如将PLC自带24V(DC)直流电源的正极L+(24+)从PLC的“I0.3”端子断开,则“I0.3”输入指示灯灭,触摸屏主画面上“压力低”方形灯停止闪亮,这表示供水出口压力恢复正常。

④试验监视“中液位”、“低液位”、“高液位”不属本系统故不用考虑。

用PLC自带24V(DC)电源的正极L+(24+)接到CPU224的“I0.4”端子(模仿“中液位”),注意观察,“I0.4”输入指示灯长亮,触摸屏供水系统画面上的水箱显示“中液位”闪亮,这表示供水箱内的水位在“中液位”。如将PLC自带24V(DC)电源的正极L+(24+)从PLC的“I0.4”端子断开,则触摸屏主画面上“中液位”停止闪亮,这表示供水箱内的水位在“中液位”以下。

用PLC自带24V(DC)电源的正极L+(24+)接到CPU224的“I0.5”端子(模仿“低液位”),注意观察,“I0.5”输入指示灯长亮,触摸屏供水系统画面上的水箱显示“低液位”闪亮,这表示供水箱内的水位在“低液位”。如将PLC自带24V(DC)电源的正极L+(24+)从PLC的“I0.5”端子断开(模仿“缺水”),则触摸屏供水系统画面上的水箱显示“缺水”闪亮,这表示供水箱内的水已快用尽。此时,如果“Q0.0”、“Q0.1”、“Q0.2”、“Q0.3”输出指示灯是长亮(即1#泵或2#泵处在运行状态)的,则会熄灭(即停止水泵)。

(三) 调试压力开关状态

⑤调控1#“压力开关”状态:将PLC自带24V(DC)电源的正极(24+)接到PLC的CPU224的“I0.6”端子(模仿压力开关动作),注意观察“I0.6”输入指示灯长亮,触摸屏供水系统画面上的1#“压力开关”中间的圆形灯的显示闪亮,这表示1#供水泵启动后出口达到工作值,并可以开启1#电动阀了。将PLC自带24V(DC)电源的正极(24+)从PLC的CPU224的“I0.6”端子断开,注意观察“I0.6”输入指示灯熄灭,触摸屏供水系统画面上的1#“压力开关”中间的圆形灯的停止闪亮,这表示1#供水泵启动后出口尚未达到工作值。

将PLC自带24V(DC)电源的正极(24+)接到PLC的CPU224的“I0.7”端子(模仿压力开关动作),注意观察“I0.7”输入指示灯长亮,触摸屏供水系统画面上的2#“压力开关”中间的圆形灯的显示闪亮,这表示2#供水泵启动后出口达到工作值,并可以开启2#电动阀了。将PLC自带24V(DC)电源的正极(24+)从PLC的CPU224的“I0.7”端子断开,注意观察“I0.7”输入指示灯熄灭,触摸屏供水系统画面上的2#“压力开关”中间的圆形灯的停止闪亮,这表示2#供水泵启动后出口尚未达到工作值。

(四) 调试变频器“满频”状态步骤

⑥调试变频器“满频”状态:将PLC自带24V(DC)电源的正极(24+)接到PLC的CPU224的“I1.0”端子(模仿触点动作),注意观察“I1.0”输入指示灯长亮,触摸屏供水系统画面上“变频器”框内的“满频”方形灯闪亮,这表示变频器的工作频率已达到“满频(50Hz)”。此时,如果1#泵或2#泵是处在补压泵的待运行的状态(用触摸屏设置),且触摸屏供水系统画面上“压力低”方形灯闪亮(即供水出口“压力低”),则自动启动补压泵(“Q0.0”或“Q0.2”输出指示灯变长亮)。如将PLC自带24V(DC)电源的正极L+(24+)从PLC的CPU224的“I1.0”端子断开,则“I1.0”输入指示灯灭,触摸屏供水系统画面上“变频器”框内的“满频”方形灯停止闪亮,这表示变频器的工作频率未达到“满频(50Hz)”状态。

(五) 调试“故障”状态

⑦调试“故障”状态步骤。变频器:将PLC自带24V(DC)电源的正极(24+)接到PLC的CPU224的“I1.1”端子(模仿触点动作),注意观察“I1.1”输入指示灯长亮,供水系统画

面上“变频器”框内的“故障”圆形黄灯闪亮，这表示变频器出现故障；此时，如果 1# 泵或 2# 泵是处在变频运行的状态（用触摸屏设置），则自动停泵（“Q0.1”或“Q0.3”输出指示灯由长亮变熄灭）。如将 PLC 自带 24V（DC）电源的正极 L+（24+）从 PLC 的 CPU224 的“IL.1”端子断开，则“IL.1”输入指示灯灭，供水系统画面上“变频器”框内的“故障”圆形黄灯停止闪亮，这表示变频器未出现故障或故障消除。

1# 泵：将 PLC 自带 24V（DC）电源的正极（24+）接到 PLC 的 CPU224 的“IL.2”端子（模仿热继电器触点动作），注意观察“IL.2”输入指示灯长亮，一号泵及电动阀控制画面上“一号泵控制”框内的“工频过载”圆形黄灯闪亮，这表示 1# 泵出现过载故障；此时，如果 1# 泵是处在工频运行的状态（用触摸屏设置），则自动停泵（“Q0.0”输出指示灯由长亮变熄灭）。如将 PLC 自带 24V（DC）直流电源的正极 L+（24+）从 PLC 的 CPU224 的“IL.2”端子断开，则“IL.2”输入指示灯灭，一号泵及电动阀控制画面上“一号泵控制”框内的“工频过载”圆形黄灯停止闪亮，这表示 1# 泵未出现过载故障或过载故障消除。

2# 泵：将 PLC 自带 24V（DC）电源的正极（24+）接到 PLC 的 CPU224 的“IL.3”端子（模仿热继电器触点动作），注意观察“IL.3”输入指示灯长亮，二号泵及电动阀控制画面上“二号泵控制”框内的“工频过载”圆形黄灯闪亮，这表示 2# 泵出现过载故障；此时，如果 2# 泵是处在工频运行的状态（用触摸屏设置），则自动停泵（“Q0.2”输出指示灯由长亮变熄灭）。如将 PLC 自带 24V（DC）电源的正极 L+（24+）从 PLC 的 CPU224 的“IL.3”端子断开，则“IL.3”输入指示灯灭，二号泵及电动阀控制画面上“二号泵控制”框内的“工频过载”圆形黄灯停止闪亮，这表示 2# 泵未出现过载故障或过载故障消除。

（六）调试电动阀的开关

⑧ 调试电动阀的开关状态的步骤。

1# 电动阀“开”：将 PLC 自带 24V（DC）电源的正极（24+）接到 PLC 的 CPU224 的“IL.4”端子（模仿电动阀“开”触点），注意观察“IL.4”输入指示灯长亮，一号泵及电动阀控制画面上“一号电动阀控制”框内的“阀开”灯闪亮，这表示一号电动阀已开到位。如将 PLC 自带 24V（DC）电源的正极 L+（24+）从 PLC 的“IL.4”端子断开，则“IL.4”输入指示灯灭，一号泵及电动阀控制画面上“一号电动阀控制”框内的“阀开”灯停止闪亮，这表示一号电动阀未开到位或处关闭状态。

1# 电动阀“关”：将 PLC 自带 24V（DC）电源的正极（24+）接到 PLC 的 CPU224 的“IL.5”端子（模仿电动阀“关”触点），注意观察“IL.5”输入指示灯长亮，一号泵及电动阀控制画面上“一号电动阀控制”框内的“阀关”灯闪亮，这表示一号电动阀已关到位。如将 PLC 自带 24V（DC）电源的正极 L+（24+）从 PLC 的“IL.5”端子断开，则“IL.5”输入指示灯灭，一号泵及电动阀控制画面上“一号电动阀控制”框内的“阀关”灯停止闪亮，这表示一号电动阀未关到位或处开阀状态。

2# 电动阀“开”：将 PLC 自带 24V（DC）电源的正极（24+）接到 PLC 的“I2.0”（EM221 的“I0.0”）的端子（模仿电动阀“开”触点），注意观察“I2.0”输入指示灯长亮，二号泵及电动阀控制画面上“二号电动阀控制”框内的“阀开”灯闪亮，这表示二号电动阀已开到位。如将 PLC 自带 24V（DC）电源的正极 L+（24+）从 PLC 的“IL.4”端子断开，则“I2.0”输入指示灯灭，二号泵及电动阀控制画面上“二号电动阀控制”框内的“阀开”灯停止闪亮，这表示二号电动阀未开到位或处关闭状态。

2# 电动阀“关”：将 PLC 自带 24V（DC）电源的正极（24+）接到“I2.1”（EM221 的“I0.1”）端子（模仿电动阀“关”触点），注意观察“I2.1”输入指示灯长亮，二号泵及电动阀控制画面上“二号电动阀控制”框内的“阀关”灯闪亮，这表示二号电动阀已关到位。如将

PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 L+ (24+) 从 PLC 的“I2.1”端子断开, 则“I2.1”输入指示灯灭, 二号泵及电动阀控制画面上“二号电动阀控制”框内的“阀关”灯停止闪亮, 这表示二号电动阀未关到位或处开阀状态。

(七) 调试监视各泵的运行方式

④ 调试监视各泵的运行方式的步骤。

1#泵工频运行状态: 将 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 (24+) 接到 PLC 的“I2.2” (EM221 的“I0.2”) 端子 (模仿接触器触点), 注意观察“I2.2”输入指示灯长亮, 一号泵及电动阀控制画面上“一号泵控制”框内的“工频运行”圆灯闪亮, 这表示 1#泵处在工频运行状态。如将 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 L+ (24+) 从 PLC 的“I2.2”端子断开, 则“I2.2”输入指示灯灭, 一号泵及电动阀控制画面上“一号泵控制”框内的“工频运行”圆灯停止闪亮, 这表示 1#泵未处在工频运行状态。

1#泵变频运行状态: 将 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 (24+) 接到 PLC 的“I2.3” (EM221 的“I0.3”) 端子 (模仿接触器触点), 注意观察“I2.3”输入指示灯长亮, 一号泵及电动阀控制画面上“一号泵控制”框内的“变频运行”圆灯闪亮, 这表示 1#泵处在变频运行状态。如将 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 L+ (24+) 从 PLC 的“I2.3”端子断开, 则“I2.3”输入指示灯灭, 一号泵及电动阀控制画面上“一号泵控制”框内的“变频运行”圆灯停止闪亮, 这表示 1#泵未处在变频运行状态。

2#泵工频运行状态: 将 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 (24+) 接到 PLC 的“I2.4” (EM221 的“I0.4”) 端子 (模仿接触器触点), 注意观察“I2.4”输入指示灯长亮, 二号泵及电动阀控制画面上“二号泵控制”框内的“工频运行”圆灯闪亮, 这表示 2#泵处在工频运行状态。如将 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 L+ (24+) 从 PLC 的“I2.4”端子断开, 则“I2.4”输入指示灯灭, 二号泵及电动阀控制画面上“二号泵控制”框内的“工频运行”圆灯停止闪亮, 这表示 2#泵未处在工频运行状态。

2#泵变频运行状态: 将 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 (24+) 接到 PLC 的“I2.5” (EM221 的“I0.5”) 端子 (模仿接触器触点), 注意观察“I2.5”输入指示灯长亮, 二号泵及电动阀控制画面上“二号泵控制”框内的“变频运行”圆灯闪亮, 这表示 1#泵处在变频运行状态。如将 PLC 自带 24V (DC) 电源的正极 L+ (24+) 从 PLC 的“I2.5”端子断开, 则“I2.5”输入指示灯灭, 二号泵及电动阀控制画面上“二号泵控制”框内的“变频运行”圆灯停止闪亮, 这表示 2#泵未处在变频运行状态。

(八) 调试数据显示步骤

④ 按照图 6-62 (c) EM231 调试接线图接线: 用一只 500Ω 的可调电阻和一只 500Ω 的普通电阻接到 AIW0 来模仿供水水泵的出口压力信号, 调节可调电阻查看触摸屏上供水系统画面上的供水水泵出口压力值。

上述的供水水泵出口压力值在线时应根据实际情况进行修正。

(九) 调试触摸屏的操作步骤

对触摸屏及 PLC 进行通电启动, 触摸屏进入启动画面 (即供水系统画面) 后再按下列步骤调试。

1. 画面切换

(1) 在“供水系统”画面中用手指单击“一号泵”按钮应能进入“一号泵及电动阀控制”画面; 在“供水系统”画面中用手指单击“二号泵”按钮应能进入“二号泵及电动阀控制”画面; 在“供水系统”画面中用手指单击“消息记录”按钮应能进入“消息记录”画面。

(2) 在“一号泵”画面中用手指单击“供水系统”按钮应能进入“供水系统”画面; 在“一

号泵”画面中用手指单击“二号泵”按钮应能进入“二号泵”画面；在“一号泵”画面中用手指单击“消息记录”按钮应能进入“消息记录”画面。

(3) 在“二号泵”画面中用手指单击“供水系统”按钮应能进入“供水系统”画面；在“二号泵”画面中用手指单击“一号泵”按钮应能进入“一号泵”画面；在“二号泵”画面中用手指单击“消息记录”按钮应能进入“消息记录”画面。

(4) 在“消息记录”画面中用手指单击“供水系统”按钮应能进入“供水系统”画面；在“消息记录”画面中用手指单击“一号泵”按钮应能进入“一号泵”画面；在“消息记录”画面中用手指单击“二号泵”按钮应能进入“二号泵”画面。

2. 供水系统画面操作

该画面主要用来监视整个供水系统及设备的状态等。除了画面切换无控制操作。

3. 1#泵及电动阀控制画面操作

(1) 操作之前，“一号泵控制”框中的“1#泵备用”圆形红色灯应当亮并闪烁。

1) 1#泵工频启动：用手指单击“一号泵控制”框中的“工频”按钮，该按钮应当亮并闪烁；接着手指单击“启动”按钮，则“一号泵控制”框中的“工频启动”圆形绿色灯应当亮并闪烁，框中的“1#泵备用”圆形红色灯应当熄灭并停止闪烁，同时，PLC上“Q0.0”输出指示灯应当亮，外接试验灯应当亮。当将PLC自带24V(DC)电源的正极(24+)接到PLC的“12.2”(EM221的“I0.2”)端子(模仿接触器触点)时，“一号泵控制”框内的“工频运行”圆形绿色灯闪亮，这表示1#泵已处在工频运行状态，此步试验完将PLC自带24V(DC)电源的正极(24+)从PLC的“12.2”(EM221的“I0.2”)端子断开，进行后面的调试。

1#泵工频停止：用手指单击“一号泵控制”框中的“停止”按钮，则“一号泵控制”框中的“工频启动”圆形绿色灯应当熄灭并停止闪烁，框中的“1#泵备用”圆形红色灯应当亮并闪烁，同时，PLC上“Q0.0”输出指示灯应当灭，外接试验灯应当灭。

1#泵变频启动：用手指单击“一号泵控制”框中的“变频”按钮，该按钮应当亮并闪烁；接着手指单击“启动”按钮，则“一号泵控制”框中的“变频启动”圆形绿色灯应当亮并闪烁，框中的“1#泵备用”圆形红色灯应当熄灭并停止闪烁，同时，PLC上“Q0.1”输出指示灯应当亮，外接试验灯应当亮。当将PLC自带24V(DC)电源的正极(24+)接到PLC的“12.3”(EM221的“I0.3”)端子(模仿接触器触点)时，“一号泵控制”框内的“变频运行”圆形绿色灯闪亮，这表示1#泵已处在变频运行状态，此步试验完将PLC自带24V(DC)电源的正极(24+)从PLC的“12.3”(EM221的“I0.3”)端子断开，进行后面的调试。

1#泵变频停止：用手指单击“一号泵控制”框中的“停止”按钮，则“一号泵控制”框中的“变频启动”圆形绿色灯应当熄灭并停止闪烁，框中的“1#泵备用”圆形红色灯应当亮并闪烁，同时，PLC上“Q0.1”输出指示灯应当灭，外接试验灯应当灭。

(2) 1#电动阀开阀：用手指单击“一号电动阀控制”框中的“启动”按钮，则在该框中的“开阀”圆形绿色灯应当亮并闪烁；PLC上“Q0.4”输出指示灯应当亮，外接试验灯应当亮。当将PLC自带24V(DC)电源的正极(24+)接到PLC的CPU224的“11.4”端子(模仿电动阀“开”触点)时，“一号电动阀控制”框内的“开阀”圆形绿色灯应当亮并闪烁，而“开阀”圆形绿色灯则应当熄灭并停止闪烁；PLC上“Q0.4”输出指示灯应当熄灭，外接试验灯应当熄灭。这表示一号电动阀已开到位。此步试验完将PLC自带24V(DC)电源的正极(24+)从PLC的CPU224的“11.4”端子断开，进行后面的调试。

1#电动阀关阀：用手指单击“一号电动阀控制”框中的“停止”按钮，则在该框中的“关阀”圆形红色灯应当亮并闪烁；PLC上“Q0.5”输出指示灯应当亮，外接试验灯应当亮。当将PLC自带24V(DC)电源的正极(24+)接到PLC的CPU224的“11.5”端子(模仿电动阀

“关”触点)时,“一号电动阀控制”框内的“阀关”圆形红色灯应当亮并闪烁,而“关阀”圆形红色灯则应当熄灭并停止闪烁;PLC上“Q0.5”输出指示灯应当熄灭,外接试验灯应当熄灭。这表示一号电动阀已关到位。此步试验完将PLC自带24V(DC)电源的正极(24+)从PLC的CPU224的“I1.5”端子断开,进行后面的调试。

4. 二号泵及电动阀控制画面操作

(1) 操作之前,“二号泵控制”框中的“2#泵备用”圆形红色灯应当亮并闪烁。

1) 2#泵工频启动:用手指单击“二号泵控制”框中的“工频”按钮,该按钮应当亮并闪烁;接着手指单击“启动”按钮,则“二号泵控制”框中的“工频启动”圆形绿色灯应当亮并闪烁,框中的“2#泵备用”圆形红色灯应当熄灭并停止闪烁,同时,PLC上“Q0.2”输出指示灯应当亮,外接试验灯应当亮。当将PLC自带24V(DC)电源的正极(24+)接到PLC的“I2.4”(EM221的“I0.4”)端子(模仿接触器触点)时,“二号泵控制”框内的“工频运行”圆形绿色灯闪亮,这表示2#泵已处在工频运行状态,此步试验完将PLC自带24V(DC)电源的正极(24+)从PLC的“I2.4”(EM221的“I0.4”)端子断开,进行后面的调试。

2#泵工频停止:用手指单击“二号泵控制”框中的“停止”按钮,则“二号泵控制”框中的“工频启动”圆形绿色灯应当熄灭并停止闪烁,框中的“2#泵备用”圆形红色灯应当亮并闪烁,同时,PLC上“Q0.2”输出指示灯应当灭,外接试验灯应当灭。

2#泵变频启动:用手指单击“二号泵控制”框中的“变频”按钮,该按钮应当亮并闪烁;接着手指单击“启动”按钮,则“二号泵控制”框中的“变频启动”圆形绿色灯应当亮并闪烁,框中的“2#泵备用”圆形红色灯应当熄灭并停止闪烁,同时,PLC上“Q0.3”输出指示灯应当亮,外接试验灯应当亮。当将PLC自带24V(DC)电源的正极(24+)接到PLC的“I2.5”(EM221的“I0.5”)端子(模仿接触器触点),“二号泵控制”框内的“变频运行”圆形绿色灯闪亮,这表示2#泵已处在变频运行状态,此步试验完将PLC自带24V(DC)电源的正极(24+)从PLC的“I2.5”(EM221的“I0.5”)端子断开,进行后面的调试。

2#泵变频停止:用手指单击“二号泵控制”框中的“停止”按钮,则“二号泵控制”框中的“变频启动”圆形绿色灯应当熄灭并停止闪烁,框中的“2#泵备用”圆形红色灯应当亮并闪烁,同时,PLC上“Q0.3”输出指示灯应当灭,外接试验灯应当灭。

(2) 2#电动阀开阀:用手指单击“二号电动阀控制”框中的“启动”按钮,则在该框中的“开阀”圆形绿色灯应当亮并闪烁;PLC上“Q0.6”输出指示灯应当亮,外接试验灯应当亮。当将PLC自带24V(DC)电源的正极(24+)接到PLC的“I2.0”(EM221的“I0.0”)端子(模仿电动阀“开”触点)时,“二号电动阀控制”框内的“阀开”圆形绿色灯应当亮并闪烁,而“开阀”圆形绿色灯则应当熄灭并停止闪烁;PLC上“Q0.6”输出指示灯应当熄灭,外接试验灯应当熄灭。这表示二号电动阀已开到位。此步试验完将PLC自带24V(DC)电源的正极(24+)从PLC的“I2.0”(EM221的“I0.0”)端子断开,进行后面的调试。

2#电动阀关阀:用手指单击“二号电动阀控制”框中的“停止”按钮,则在该框中的“关阀”圆形红色灯应当亮并闪烁;PLC上“Q0.7”输出指示灯应当亮,外接试验灯应当亮。当将PLC自带24V(DC)电源的正极(24+)接到PLC的“I2.1”(EM221的“I0.1”)端子(模仿电动阀“关”触点)时,“二号电动阀控制”框内的“阀关”圆形红色灯应当亮并闪烁,而“关阀”圆形红色灯则应当熄灭并停止闪烁;PLC上“Q0.7”输出指示灯应当熄灭,外接试验灯应当熄灭。这表示二号电动阀已关到位。此步试验完将PLC自带24V(DC)电源的正极(24+)从PLC的“I2.1”(EM221的“I0.1”)端子断开,进行后面的调试。

5. 消息画面

整个供水系统的设备在启停时,均会在“消息画面”留下记录,变频器和水泵的驱动电动机

的故障也会在“消息画面”留下记录。

八、恒压供水的变频器控制柜的设计

- (一) 变频器控制接线 (见图 8-22)
- (二) 平面布置

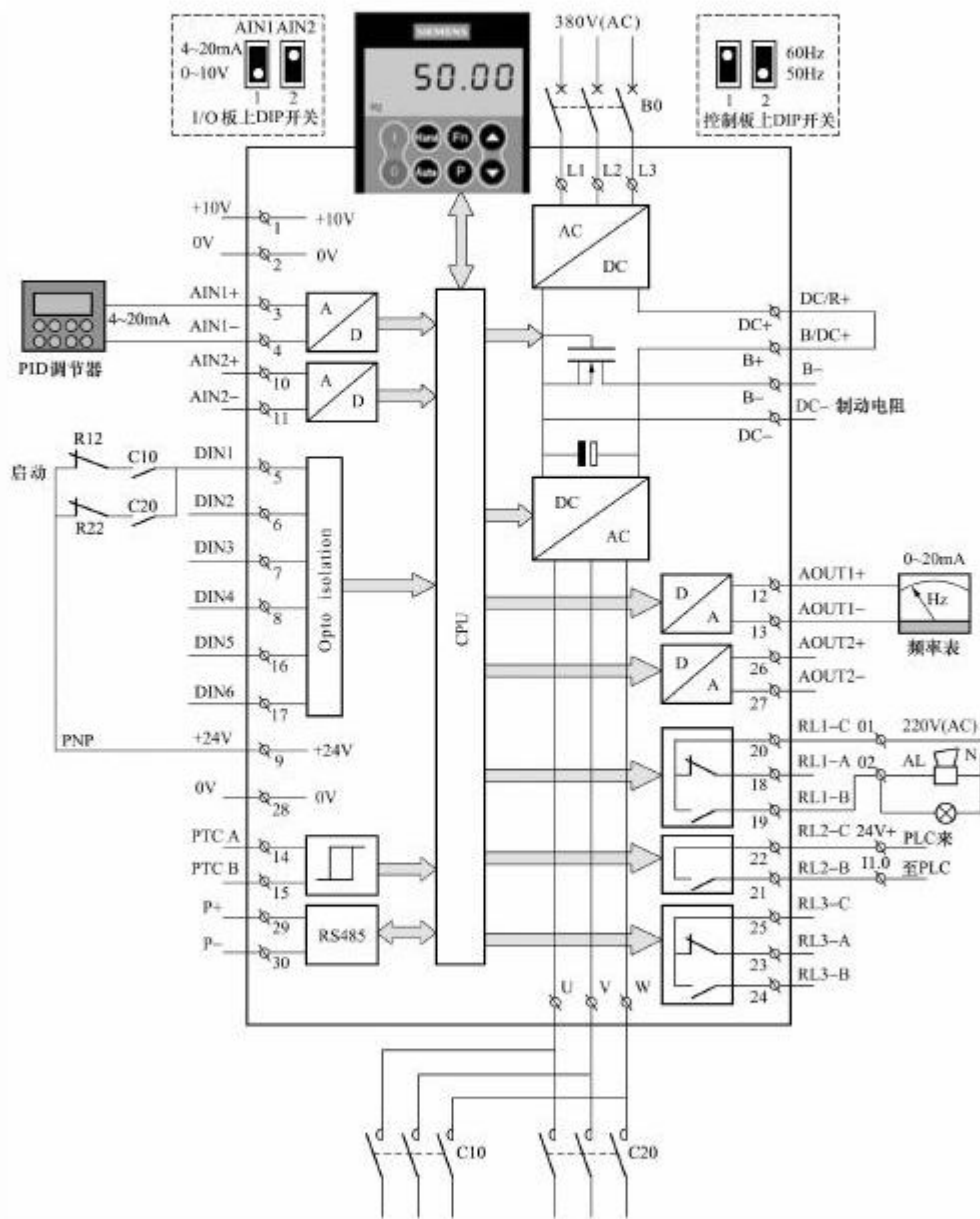


图 8-22 MM430 变频器控制示意图

1. 柜内平面布置图 (见图 8-23)

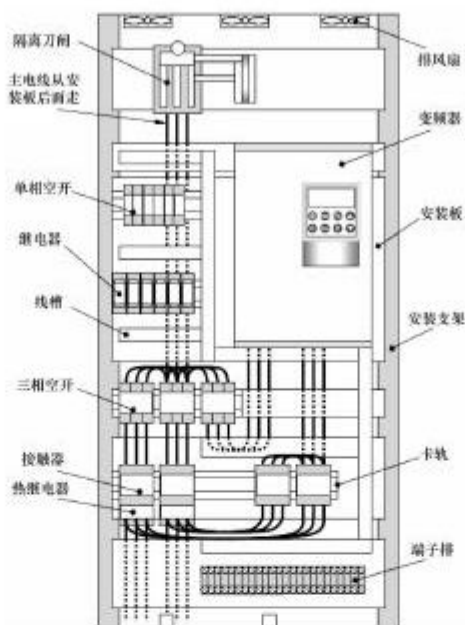


图 8-23 柜内平面布置示意图

2. 控制柜操作面板平面布置图 (见图 8-24)

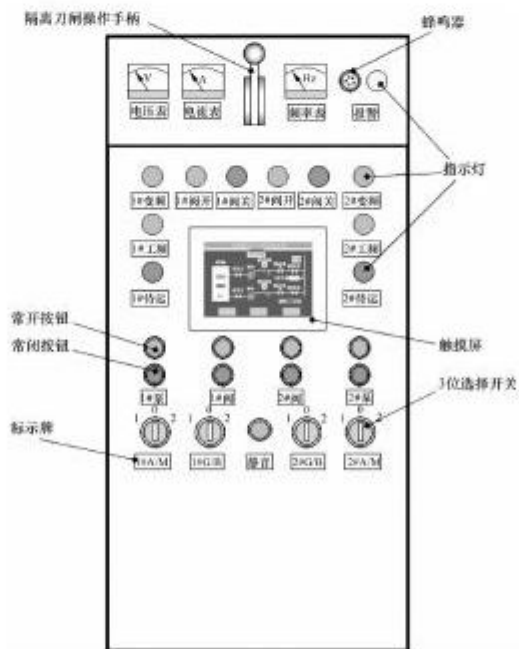


图 8-24 控制柜操作面板平面布置示意图

九、变频器的设置及初调

(一) 检查

按第七章第五节“变频器的应用服务”中的“变频器及其电气控制系统的检查与检测”步骤进行。

变频器出口接触器“C10”和“C20”延时断开整定：将时间继电器“T1”和“T2”的动作时间整定为略大于变频器 MM430 的减速时间。

(二) 变频器参数的设定及初调

1. 变频器的参数设定

关于 MM430 变频器的操作面板见第七章中图 7-6，该面板与其他的一些品牌的变频器的操作面板比较较为简单，只设“启动键”、“停止键”、“手动方式选择键”、“自动方式选择键”、“功能键”、“参数键”、“增加键”和“减少键”，各键的功能见第七章“变频器参数的设定及初调”。

关于使用 MM430 变频器的几点说明：

(1) 对变频器通电后，在未按下“启动键”或者数字输入端 5 未出现“ON（正向旋转）”信号之前，变频器的输出是被锁定的，没有输出，处于待运行（等待）状态；

(2) 如果要在 BOP-2 面板的显示器上显示输出频率，需设定参数“P0005=21”；

(3) MM430 变频器出厂时已按相同额定功率的西门子四极标准电动机的常规应用对象进行了设定。实际应用中如果采用的是其他型号的电动机，就应先将参数“P0010=1”，再输入电动机铭牌上的规格数据；输入完成后，要先将参数“P0010=0”，才可启动电动机开始运行。

(4) MM430 变频器设有三个命令数据组（CDS）。BOP-2 上的“Hand”键和“Auto”键应在命令数据组 CDS1 和 CDS2 之间触发。如果选择了命令数据组 CDS 3（通过 P0811），BOP-2 的“Hand”键和“Auto”键将是不激活的。详细情况请参看“MM430 参数表”。

2. MM430 变频器的调试

(1) 变频器调试的概述。MM430 变频器的功能很多，主要是为适用于不同场合而开发。本章中的被驱动设备是供水用的水泵，通常也只能用到变频器的一部分或者说是很少的一部分功能，与其他变频器应用相同的是，变频器的大多数参数不用设置，只需针对风机水泵这类负荷的参数进行设置。在此对西门子 MM430 变频器也使用“快速调试”方法——也是对变频器进行的一种简单的调试方法。

与很多电气调试相同的是，在进行快速调试以前，必须确认所有的机械和电气及变频器的安装工作已经完成，并进行必要的清场；对于要求严格的场合还要做好相关的安全防护工作，如按规范要求执行工作（操作）票制度，开出完善的标准的调试步骤作为工作票的附件，以保证人身和设备的安全。

(2) MM430 变频器的快速调试（P0010=1）。要对 MM430 变频器进行快速调试，必须了解掌握两个重要参数：P0010——参数过滤功能；0003——选择用户访问级别的功能。

MM 430 变频器有三个用户访问级：标准级、扩展级和专家级。进行快速调试时，访问级别较低，能够看到的参数较少。大多参数的数值或者是缺省设置，或者是在快速调试时自动地计算。

当选择 P0010=1 进行快速调试时，P0003 用户访问级用来选择要访问的参数，这一参数也可以用来选择由用户定义的、进行快速调试的参数表。快速调试的进行与参数 P3900 的设定有关，在快速调试的所有步骤都已完成以后应设定 P3900=1，以便进行必要的电动机数据计算。

当 P3900 被设定为 1 时,快速调试结束后会将其他所有的参数不包括 (P0010=1 不包括在内)恢复到它们的缺省设置值。

快速调试包括电动机的参数设定和斜坡函数的参数设定。

在 P3900 = 1,并完成快速调试以后,变频器即已做好了运行准备(这种情况只有在快速调试方式下才存在)。

对 MM430 变频器进行快速调试,须对表 8-2 中的参数进行设定。

表 8-2 参数设定参考表

参数号	参 数 名 称	访问级	Cstat	设定值
P0003	用户访问级 1:标准级 2:扩展级 3:专家级	1		根据调试工作的具体情况定
P0010	开始快速调试 0:准备运行 1:快速调试 30:工厂的缺省设置值	1		1
P0100	欧洲/北美 0:功率单位为 kW; f 的缺省值为 50 Hz 1:功率单位为 hp; f 的缺省值为 60 Hz 2:功率单位为 kW; f 的缺省值为 60 Hz =====	1	C	0
	说明: P0100 的设定值 0 和 1 应该用 DIP 关来更改,使其设定的值固定不变。DIP 开关用来建立固定不变的设定值。在电源断开后, DIP 开关的设定值优先于参数的设定值			
P0205	变频器的应用对象 0:恒转矩 1:变转矩 =====	3		1
	说明: P0205 = 0 时,只对 A, B 型和单相 C 型外形尺寸的变频器有效; P0205 = 1 时,只能用于平方 U/f 特性(水泵,风机)的负载			
P0300	选择电动机的类型 1:异步电动机 2:同步电动机 =====	2	C	1
	说明: P0300 = 2 时,控制参数被禁止			
P0304	电动机的额定电压 设定值的范围: 10~2000V, 根据铭牌键入的电动机额定电压 (V)	1	C	380
P0305	电动机的额定电流 设定值的范围: 0~2 倍变频器额定电流 (A), 根据铭牌键入的电动机额定电流 (A)。	1	C	根据电动机的实际情况选

续表

参数号	参 数 名 称	访问级	Cstat	设定值
P0307	电动机的额定功率 设定值的范围: 0.01~2000 kW, 根据铭牌键入的电动机额定功率 (kW), 如果 P0100 = 1, 功率单位应是 hp	1	C	根据电动机的实际情况选
P0308	电动机的额定功率因数 设定值的范围: 0.000~1.000 根据铭牌键入的电动机额定功率因数 ($\cos\varphi$), 只有在 P0100 = 0 或 2 的情况下 (电动机的功率单位是 kW 时) 才能显示	2	C	0.8
P0309	电动机的额定效率 设定值的范围 0.0%~99.9% 根据铭牌键入的以 % 值表示的电动机额定效率, 只有在 P0100 = 1 的情况下 (电动机的功率单位是 hp 时) 才能显示	2	C	—
P0310	电动机的额定频率 设定值的范围: 12~650 Hz, 根据铭牌键入的电动机额定频率	1	C	50
P0311	电动机的额定速度 设定值的范围: 0~40000 r/min, 根据铭牌键入的电动机额定速度 (r/min)	1	C	根据电动机的实际情况选
P0320	电动机的磁化电流 设定值的范围: 0.0%~99.9% 是以电动机额定电流 (P0305) % 值表示的磁化电流。	3	CT	根据电动机的实际情况选
P0335	电动机的冷却 0: 自冷 1: 强制冷却 2: 自冷和内置风机冷却 3: 强制冷却和内置风机冷却	2	CT	0
P0640	电动机的过载倍数 [%] (过载因子) 设定值的范围: 10.0%~400.0% 电动机过载电流的限定值, 以电动机额定电流 (P0305) 的 % 值表示	2	CUT	100
P0700	选择命令源 0: 工厂设置值 1: 基本操作面板 (BOP-2) 2: 端子 (数字输入) =====	1	CT	2
	说明: 如果选择 P0700 = 2, 数字输入的功能决定于 P0701 至 P0708。P0701 至 P0708 = 99 时, 各个数字输入端按照 BICO 功能进行参数化			
P0701	选择数字输入 1 的功能 可能的设定值 0: 禁止数字输入 1: ON/OFF1 接通正转/停车命令 1 2: ON reverse/OFF1 接通反转/停车命令 1 3: OFF2 停车命令 2 — 按惯性自由停车 4: OFF3 停车命令 3 — 按斜坡函数曲线快速降速		CT	1

续表

参数号	参 数 名 称	访问级	Cstat	设定值
P0701	<p>9: 故障确认 10: 正向点动 11: 反向点动 12: 反转 13: MOP 电动电位计升速增加频率 14: MOP 降速减少频率 15: 固定频率设定值直接选择 16: 固定频率设定值直接选择 + ON 命令 17: 固定频率设定值二进制编码选择 + ON 命令 25: 直流注入制动 29: 由外部信号触发跳闸 33: 禁止附加频率设定值 99: 使能 BICO 参数化</p> <p>下标: P0701 [0]: 第 1 命令数据组 CDS P0701 [1]: 第 2 命令数据组 CDS P0701 [2]: 第 3 命令数据组 CDS</p> <p>关联: 设定值为 99 使能 BICO 参数化时为了复位要求 - P0700 命令信号源或 - P0010=1, P3900=1 2 或 3 快速调试或 - P0010=30, P0970=1 工厂复位</p>		CT	1
P702	<p>选择数字输入 2 的功能 可能的设定值</p> <p>0: 禁止数字输入 1: ON/OFF1 接通正转/停车命令 1 2: ON reverse/OFF1 接通反转/停车命令 1 3: OFF2 停车命令 2 - 按惯性自由停车 4: OFF3 停车命令 3 - 按斜坡函数曲线快速降速 9: 故障确认 10: 正向点动 11: 反向点动 12: 反转 13: MOP 电动电位计升速增加频率 14: MOP 降速减少频率 15: 固定频率设定值直接选择 16: 固定频率设定值直接选择 + ON 命令 17: 固定频率设定值二进制编码选择 + ON 命令 25: 直流注入制动 29: 由外部信号触发跳闸 33: 禁止附加频率设定值 99: 使能 BICO 参数化</p> <p>下标: P0702 [0]: 第 1 命令数据组 CDS P0702 [1]: 第 2 命令数据组 CDS P0702 [2]: 第 3 命令数据组 CDS</p>		CT	可默认

续表

参数号	参 数 名 称	访问级	Cstat	设定值	
P703	选择数字输入 3 的功能 可能的设定值 0: 禁止数字输入 1: ON/OFF1 接通正转/停车命令 1 2: ON reverse/OFF1 接通反转/停车命令 1 3: OFF2 停车命令 2 — 按惯性自由停车 4: OFF3 停车命令 3 — 按斜坡函数曲线快速降速 9: 故障确认 10: 正向点动 11: 反向点动 12: 反转 13: MOP 电动电位计升速增加频率 14: MOP 降速减少频率 15: 固定频率设定值直接选择 16: 固定频率设定值直接选择 + ON 命令 17: 固定频率设定值二进制编码选择 + ON 命令 25: 直流注入制动 29: 由外部信号触发跳闸 33: 禁止附加频率设定值 99: 使能 BICO 参数化 下标: P0703 [0]: 第 1 命令数据组 CDS P0703 [1]: 第 2 命令数据组 CDS P0703 [2]: 第 3 命令数据组 CDS			CT	9
P704	选择数字输入 4 的功能 可能的设定值 0: 禁止数字输入 1: ON/OFF1 接通正转/停车命令 1 2: ON reverse/OFF1 接通反转/停车命令 1 3: OFF2 停车命令 2 — 按惯性自由停车 4: OFF3 停车命令 3 — 按斜坡函数曲线快速降速 9: 故障确认 10: 正向点动 11: 反向点动 12: 反转 13: MOP 电动电位计升速增加频率 14: MOP 降速减少频率 15: 固定频率设定值直接选择 16: 固定频率设定值直接选择 + ON 命令 17: 固定频率设定值二进制编码选择 + ON 命令 25: 直流注入制动 29: 由外部信号触发跳闸 33: 禁止附加频率设定值 99: 使能 BICO 参数化 下标: P0704 [0]: 第 1 命令数据组 CDS P0704 [1]: 第 2 命令数据组 CDS P0704 [2]: 第 3 命令数据组 CDS			CT	15

参数号	参数名称	访问级	Cstat	设定值
P705	<p>选择数字输入 5 的功能</p> <p>可能的设定值</p> <p>0: 禁止数字输入</p> <p>1: ON/OFF1 接通正转/停车命令 1</p> <p>2: ON reverse/OFF1 接通反转/停车命令 1</p> <p>3: OFF2 停车命令 2 — 按惯性自由停车</p> <p>4: OFF3 停车命令 3 — 按斜坡函数曲线快速降速</p> <p>9: 故障确认</p> <p>10: 正向点动</p> <p>11: 反向点动</p> <p>12: 反转</p> <p>13: MOP 电动电位计升速增加频率</p> <p>14: MOP 降速减少频率</p> <p>15: 固定频率设定值直接选择</p> <p>16: 固定频率设定值直接选择 + ON 命令</p> <p>17: 固定频率设定值二进制编码选择 + ON 命令</p> <p>25: 直流注入制动</p> <p>29: 由外部信号触发跳闸</p> <p>33: 禁止附加频率设定值</p> <p>99: 使能 BICO 参数化</p> <p>下标:</p> <p>P0705 [0]: 第 1 命令数据组 CDS</p> <p>P0705 [1]: 第 2 命令数据组 CDS</p> <p>P0705 [2]: 第 3 命令数据组 CDS</p>	CT	15	
P706	<p>选择数字输入 6 的功能</p> <p>可能的设定值</p> <p>0: 禁止数字输入</p> <p>1: ON/OFF1 接通正转/停车命令 1</p> <p>2: ON reverse/OFF1 接通反转/停车命令 1</p> <p>3: OFF2 停车命令 2 — 按惯性自由停车</p> <p>4: OFF3 停车命令 3 — 按斜坡函数曲线快速降速</p> <p>9: 故障确认</p> <p>10: 正向点动</p> <p>11: 反向点动</p> <p>12: 反转</p> <p>13: MOP 电动电位计升速增加频率</p> <p>14: MOP 降速减少频率</p> <p>15: 固定频率设定值直接选择</p> <p>16: 固定频率设定值直接选择 + ON 命令</p> <p>17: 固定频率设定值二进制编码选择 + ON 命令</p> <p>25: 直流注入制动</p> <p>29: 由外部信号触发跳闸</p> <p>33: 禁止附加频率设定值</p> <p>99: 使能 BICO 参数化</p> <p>下标:</p> <p>P0706 [0]: 第 1 命令数据组 CDS</p> <p>P0706 [1]: 第 2 命令数据组 CDS</p> <p>P0706 [2]: 第 3 命令数据组 CDS</p>		CT	15

续表

参数号	参 数 名 称	访问级	Cstat	设定值
P0731	定义数字输出 1 的信号源。 下标： P0731 [0]：第 1 命令数据组 (CDS) P0731 [1]：第 2 命令数据组 (CDS) P0731 [2]：第 3 命令数据组 (CDS) 设定值： 52.0：变频器准备 0 闭合 52.1：变频器运行准备就绪 0 闭合 52.2：变频器正在运行 0 闭合 52.3：变频器故障 0 闭合 52.4：OFF2 停车命令有效 1 闭合 52.5：OFF3 停车命令有效 1 闭合 52.6：禁止合闸 0 闭合 52.7：变频器报警 0 闭合 52.8：设定值 / 实际值偏差过大 1 闭合 52.9：PZD 控制 (过程数据控制) 0 闭合 52.A：已达到最大频率 0 闭合 52.B：电动机电流极限报警 1 闭合 52.C：电动机抱闸 (MHB) 投入 0 闭合 52.D：电动机过载 1 闭合 52.E：电动机正向运行 0 闭合 52.F：变频器过载 1 闭合 53.0：直流注入制动投入 0 闭合 53.1：变频器实际频率 $f_{act} > P2167 (f_{off})$ 0 闭合 53.2：变频器实际频率 $f_{act} \geq P1080 (f_{min})$ 0 闭合 53.3：变频器实际电流 $r0027 \geq P2170$ 0 闭合 53.4：变频器实际频率 $f_{act} > P2155 (f_{\downarrow})$ 0 闭合 53.5：变频器实际频率 $f_{act} \leq P2155 (f_{\downarrow})$ 0 闭合 53.6：变频器实际频率 $f_{act} \geq$ 设定值 0 闭合 53.7：变频器实际的 $V_{dc} r0026 < P2172$ 0 闭合 53.8：变频器实际的 $V_{dc} r0026 > P2172$ 0 闭合 53.A：PID 控制器的输出 $r2294 = P2292 (PID_{min})$ 0 闭合 53.B：PID 控制器的输出 $r2294 = P2291 (PID_{max})$ 0 闭合	2	CUT	52.3
P0732	下标： P0732 [0]：第 1 命令数据组 (CDS) P0732 [1]：第 2 命令数据组 (CDS) P0732 [2]：第 3 命令数据组 (CDS) 设定值： 52.0：变频器准备 0 闭合 52.1：变频器运行准备就绪 0 闭合 52.2：变频器正在运行 0 闭合 52.3：变频器故障 0 闭合 52.4：OFF2 停车命令有效 1 闭合 52.5：OFF3 停车命令有效 1 闭合 52.6：禁止合闸 0 闭合 52.7：变频器报警 0 闭合	2	CUT	52.A

续表

参数号	参数名称	访问级	Cstat	设定值
P0732	52.8: 设定值 / 实际值偏差过大 1 闭合 52.9: PZD 控制 (过程数据控制) 0 闭合 52.A: 已达到最大频率 0 闭合 52.B: 电动级电流极限报警 1 闭合 52.C: 电动机报闸 (MHB) 投入 0 闭合 52.D: 电动机过载 1 闭合 52.E: 电动机正向运行 0 闭合 52.F: 变频器过载 1 闭合 53.0: 直流注入制动投入 0 闭合 53.1: 变频器实际频率 $f_{act} > P2167 (f_{off})$ 0 闭合 53.2: 变频器实际频率 $f_{act} > P1080 (f_{min})$ 0 闭合 53.3: 变频器实际电流 $r0027 \geq P2170$ 0 闭合 53.4: 变频器实际频率 $f_{act} > P2155 (f_{l})$ 0 闭合 53.5: 变频器实际频率 $f_{act} \leq P2155 (f_{l})$ 0 闭合 53.6: 变频器实际频率 $f_{act} \geq$ 设定值 0 闭合 53.7: 变频器实际的 $V_{dc} r0026 < P2172$ 0 闭合 53.8: 变频器实际的 $V_{dc} r0026 > P2172$ 0 闭合 53.A: PID 控制器的输出 $r2294 = P2292 (PID_{min})$ 0 闭合 53.B: PID 控制器的输出 $r2294 = P2291 (PID_{max})$ 0 闭合	2	CUT	52.A
P0748	定义一个给定功能的继电器输出状态是高电平, 还是低电平。 位地址: 位 00: 数字输出 1 反相 0 否 1 是 位 01: 数字输出 2 反相 0 否 1 是 位 02: 数字输出 3 反相 0 否 1 是	3	CTU	0
P0756	定义模拟输入的类型, 并允许模拟输入的监控功能投入。为了从电压模拟输入切换到电流模拟输入, 仅仅修改参数 P0756 是不够的, 更确切地说, 要求端子板上的 DIP 开关也必须设定为正确的位置。DIP 开关的设定值如下: - OFF = 电压输入 (10 V) - ON = 电流输入 (20 mA) DIP 开关的安装位置与模拟输入的对应关系如下: - 左面的 DIP 开关 (DIP 1) = 模拟输入 1 - 右面的 DIP 开关 (DIP 2) = 模拟输入 2 可能的设定值: 0: 单极性电压输入 (0 ~ +10 V) 1: 带监控的单极性电压输入 (0 ~ +10 V) 2: 单极性电流输入 (0 ~ 20 mA) 3: 带监控的单极性电流输入 (0 ~ 20 mA) 4: 双极性电压输入 (-10 V ~ +10 V) 下标: P0756 [0]: 模拟输入 1 (ADC 1) P0756 [1]: 模拟输入 2 (ADC 2)	2	CT	3

续表

参数号	参数名称	访问级	Cstat	设定值
P0756	<p>关联：如果模拟标定框编程的结果得到负的设定值输出 (P0757~P0760)，则本功能被禁止。</p> <p>提示：投入监控功能并定义一个死区 (P0761) 时，如果模拟输入电压低于 50% 死区电压，将产生故障状态 (F0080)。</p> <p>受硬件的限制，模拟输入 2 (P0756 [1] = 4) 不能选择双极性电压输入 (见“可能的设定值”)。</p> <p>详细资料请参照 MM430 变频器使用大全上 P0757 至 P0760 的 ADC 标定</p>	2	CT	3
P1000	<p>选择频率设定值</p> <p>1: 电动电位计设定值</p> <p>2: 模拟设定值 1</p> <p>3: 固定频率设定值</p> <p>7: 模拟设定值 2</p> <p>=====</p> <p>说明:</p> <p>附加设定值的设置方法请参看“参数表”。如果 P1000 = 1 或 3，频率设定值的选择决定于 P0700 至 P0708 的设置</p>	1	CT	2
P1080	<p>电动机最小速度 (最小频率)</p> <p>设定值的范围: 0~650Hz</p> <p>本参数设置电动机的最小频率 (0~650Hz); 达到这一频率时, 电动机的运行速度将与频率的设定值无关。</p> <p>这里设置的值对电动机的正转和反转都是适用的</p>	1	CUT	15
P1082	<p>电动机最大速度 (最大频率), 设定值的范围: 0~650Hz, 本参数设置电动机的最大频率 (0~650Hz); 达到这, 一频率时电动机的运行速度将与频率的设定值无关。这里设置的值对电动机的正转和反转都是适用的。</p>	1	CT	
P1120	<p>斜坡上升时间</p> <p>设定值的范围: 0~650s 电动机从静止停车加速到最大电动机频率所需的时间</p>	1	CUT	15
P1121	<p>斜坡下降时间</p> <p>设定值的范围: 0~650s 电动机从其最大频率减速到静止停车所需的时间</p>	1	CUT	20
P1135	<p>OFF3 停车时的斜坡下降时间设定值的范围: 0~650s 得到 OFF3 停止命令后, 电动机从其最大频率减速到静止停车所需的斜坡下降时间</p>	2	CUT	5
P1300	<p>控制方式</p> <p>0: 线性 U/f 控制</p> <p>1: 带 FCC (磁通电流控制) 的 U/f 控制</p> <p>2: 抛物线 U/f 控制</p> <p>3: 可编程的多点 U/f 控制</p> <p>5: 用于纺织工业的 U/f 控制</p> <p>6: 用于纺织工业的带 FCC 功能的 U/f 控制</p> <p>19: 带独立电压设定值的 U/f 控制</p> <p>=====</p> <p>说明: 矢量控制方式只适用于异步电动机的控制</p>	2	CT	0 或 2

续表

参数号	参数名称	访问级	Cstat	设定值
P1500	选择转矩设定值	2	CT	可默认
P1910	选择电动机数据自动检测 0: 禁止自动检测 1: 所有参数都带参数修改的自动检测 说明: 电动机数据的自动检测必须是在冷态 (20 °C) 下进行, 如果环境温度不在允许范围 (20 °C ± 5 °C) 内, 必须修改参数 P0625 的电动机运行环境温度值。 P1910 = 1 时, 报警码 A0541 激活电动机数据自动检测功能	2	CT	1
P3900	快速调试结束 0: 结束快速调试, 不进行电动机计算或复位为工厂缺省设置值。 1: 结束快速调试, 进行电动机计算和复位为工厂缺省设置值 (推荐的方式)。 2: 结束快速调试, 进行电动机计算和 I/O 复位。 3: 结束快速调试, 进行电动机计算, 但不进行 I/O 复位。 ===== P3900 = 3 时通常为在线调试, 接通电动机, 开始电动机数据的自动检测。在完成电动机数据的自动检测以后, 报警信号 A0541 消失。快速调试结束, 变频器进入“运行准备就绪”状态	1	C	1

说明: 表中情况只适用于快速调试方式。

(3) 复位为出厂时 MM430 变频器的缺省设置值。

在实际应用时, 有时需将变频器的所有参数复位为出厂时的缺省设置值; 如进行参数复位, 可对下面参数的数值进行设置 (需使用 BOP-2 或通信选件):

- 1) 设置 P0010=30;
- 2) 设置 P0970=1。

提示: 复位过程约需 3min 才能完成。

十、空载调试

空载调试是在不带电动机的情况下进行。

(一) 检查

确认控制系统接线准确无误, 确认变频器参数的设定已经完成, 所有试验用的临时接线都已拆除, 变频器未显示故障且控制系统无异常, 可进行空载调试。

(二) 调试手动工频、变频控制系统工作是否正常

该调试主要是检测手动的电气控制系统是否正常。如调试时间紧, 可在未装 PLC 及触摸屏的情况下进行该项调试。调试步骤如下。

1. 通电

合上“B0”、“B1”、“B2”、“B31”空气开关。

2. 选择手动方式

将“SW11”和“SW21”选择开关投到“手动”位后, “RL11”和“RL21”红色指示灯亮。

3. 调试手动工频运转

将“SW12”和“SW22”选择开关投到“工频”位。

(1) 1#: 按下“BT12”按钮,注意观察“C11”接触器是否吸合,“GL11”绿色指示灯亮,“RL11”红色指示灯灭;并用万用表测量接触器出线端三相电压是否正常;按下“BT12”按钮看“C12”接触器释放,“GL11”绿色指示灯灭,“RL11”红色指示灯亮。

(2) 2#: 按下“BT22”按钮,注意观察“C21”接触器是否吸合,“GL21”绿色指示灯亮,“RL21”红色指示灯灭;并用万用表测量接触器出线端三相电压是否正常;按下“BT22”按钮看“C22”接触器释放,“GL21”绿色指示灯灭,“RL21”红色指示灯亮。

4. 调试手动变频运转

将“SW12”和“SW22”选择开关投到“变频”位。

(1) 1#: 按下“BT12”按钮,注意观察“C10”接触器是否吸合,“GL12”绿色指示灯亮,“RL11”红色指示灯灭;变频器加速到下限频率,并用万用表测量接触器出线端三相是否有电压;按下“BT12”按钮看变频器减速到零后,“C10”接触器才释放,“GL12”绿色指示灯灭,“RL11”红色指示灯亮。

(2) 2#: 按下“BT22”按钮,注意观察“C20”接触器是否吸合,“GL22”绿色指示灯亮,“RL21”红色指示灯灭;变频器加速到下限频率,并用万用表测量接触器出线端三相是否有电压;按下“BT22”按钮看变频器减速到零后,“C20”接触器才释放,“GL22”绿色指示灯灭,“RL21”红色指示灯亮。

(3) 用万用表在变频器运行状态下测试 U、V、W 三相输出电压值时,如出现缺相、三相不平衡等情况,则说明模块或驱动板等有故障,应立即对变频器停电检测。

(三) 调试自动(即触摸屏与 PLC)工频、变频控制系统工作是否正常

该调试需在触摸屏及 PLC 的离线调试完成后进行,主要是检测触摸屏与 PLC 控制是否正常,所有操作均在触摸屏上进行。调试步骤如下。

1. 通电

合上“B0”、“B1”、“B2”、“B31~B35”空气开关后,“RL11”和“RL21”红色指示灯亮。

2. 选择手动方式

将“SW11”和“SW21”选择开关投到“自动”位。

3. 调试触摸屏与 PLC 控制一号泵运转

(1) 一号泵及电动阀控制画面操作(工频)。

操作之前,“一号泵控制”框中的“1#泵备用”圆形红色灯应当亮并闪烁。

1) 1#泵工频启动:用手指单击“一号泵控制”框中的“工频”按钮,该按钮应当亮并闪烁;接着手指单击“启动”按钮,则“一号泵控制”框中的“工频启动”圆形绿色灯应当亮并闪烁,框中的“1#泵备用”圆形红色灯应当熄灭并停止闪烁,同时,PLC 上“Q0.0”输出指示灯应当亮,“C11”接触器吸合,“一号泵控制”框内的“工频运行”圆形绿色灯闪亮,这表示 1#泵已处在工频运行状态。

2) 1#泵工频停止:用手指单击“一号泵控制”框中的“停止”按钮,则“一号泵控制”框中的“工频启动”圆形绿色灯应当熄灭并停止闪烁,框中的“1#泵备用”圆形红色灯应当亮并闪烁,同时,PLC 上“Q0.0”输出指示灯应当灭,“C11”接触器释放。

(2) 一号泵及电动阀控制画面操作(变频)。

1) 1#泵变频启动:用手指单击“一号泵控制”框中的“变频”按钮,该按钮应当亮并闪烁;接着手指单击“启动”按钮,则“一号泵控制”框中的“变频启动”圆形绿色灯应当亮并闪烁,框中的“1#泵备用”圆形红色灯应当熄灭并停止闪烁,同时,PLC 上“Q0.1”输出指示灯

应当亮，“C10”接触器吸合，“一号泵控制”框内的“变频运行”圆形绿色灯闪亮，变频加速到下限频率运行。

2) 1#泵变频停止：用手指单击“一号泵控制”框中的“停止”按钮，则“一号泵控制”框中的“变频启动”圆形绿色灯应当熄灭并停止闪烁，框中的“1#泵备用”圆形红色灯应当亮并闪烁，同时，PLC上“Q0.1”输出指示灯应当灭，变频器逐渐减速到零后，“C10”接触器才释放。

4. 调试触摸屏与 PLC 控制二号泵运转

(1) 二号泵及电动阀控制画面操作（工频）：操作之前，“二号泵控制”框中的“2#泵备用”圆形红色灯应当亮并闪烁。

1) 2#泵工频启动：用手指单击“二号泵控制”框中的“工频”按钮，该按钮应当亮并闪烁；接着手指单击“启动”按钮，则“二号泵控制”框中的“工频启动”圆形绿色灯应当亮并闪烁，框中的“2#泵备用”圆形红色灯应当熄灭并停止闪烁，同时，PLC上“Q0.2”输出指示灯应当亮，“C21”接触器吸合，“二号泵控制”框内的“工频运行”圆形绿色灯闪亮，这表示2#泵已处在工频运行状态。

2) 2#泵工频停止：用手指单击“二号泵控制”框中的“停止”按钮，则“二号泵控制”框中的“工频启动”圆形绿色灯应当熄灭并停止闪烁，框中的“2#泵备用”圆形红色灯应当亮并闪烁，同时，PLC上“Q0.2”输出指示灯应当灭，“C21”接触器释放。

(2) 二号泵及电动阀控制画面操作（变频）。

1) 2#泵变频启动：用手指单击“二号泵控制”框中的“变频”按钮，该按钮应当亮并闪烁；接着手指单击“启动”按钮，则“二号泵控制”框中的“变频启动”圆形绿色灯应当亮并闪烁，框中的“2#泵备用”圆形红色灯应当熄灭并停止闪烁，同时，PLC上“Q0.3”输出指示灯应当亮，“C20”接触器吸合，“二号泵控制”框内的“变频运行”圆形绿色灯闪亮，变频加速到下限频率运行。

2) 2#泵变频停止：用手指单击“二号泵控制”框中的“停止”按钮，则“二号泵控制”框中的“变频启动”圆形绿色灯应当熄灭并停止闪烁，框中的“2#泵备用”圆形红色灯应当亮并闪烁，同时，PLC上“Q0.3”输出指示灯应当灭，变频器逐渐减速到零后，“C20”接触器才释放。

十一、触摸屏、PLC控制的变频恒压供水系统的联动（负载）调试（完全在线）

本案例中的触摸屏及 PLC 的联动调试是指对供水系统、触摸屏、PLC 控制系统全面进行的调试，此项调试是将所有的采样设备（含液位控制器、压力开关、压力传感器、PID 调节器等）、被驱动设备（含电动机、电动阀等）都进行联动的调试，其中供水水箱中要加水到中液位，其目的主要是确定整个恒压供水系统能否达到设计要求，能否投入使用。此项工作是在触摸屏、PLC 离线调试及变频器空载调试完成后进行，做之前要确定与供水系统相关的设备正常，所有供水系统的工艺设备（水泵、电动阀等）工作准确无误并已通过工艺方面的调试等。联动（负载）调试步骤如下。

（一）检查

(1) 被驱动设备的检查：对水泵进行盘车及检查，确定水泵正常未堵转。对电动阀进行手动操作，确定其动作正常。

(2) 相序：使用工频进行调试时应注意水泵的电动机的运转方向是否正确，如是反转则在电源输入侧进行调整（即将电源输入侧的任意两根线进行倒换）。变频器输出的相序根据已调整好的工频方向从变频器的设置上进行校正（也可将变频器输入侧的任意两根线进行倒换）。

(3) 如是新装电动机等, 应按相关电气规范对其进行绝缘等相关的试验。

(二) 调试手动工频、变频运行方式是否正常

调试步骤如下。

1. 通电

合上“B0”、“B1”、“B2”、“B31”空气开关。电压表显示正常。

2. 选择手动方式

将“SW11”和“SW21”选择开关投到“手动”位后, “RL11”、“RL21”、“RL12”、“RL22”红色指示灯亮。

3. 调试手动工频运转

将“SW12”和“SW22”选择开关投到“工频”位。

(1) 1#: 按下“BT12”按钮, “C11”接触器吸合, “GL11”绿色指示灯亮, “RL11”红色指示灯灭, 1#泵启动; 并用钳形电流表测量接触器出线端三相电流是否平衡(正常)并与电流表对照, 按有关规范检查电动机的温升等指标; 按下“BT12”按钮, “C12”接触器释放, “GL11”绿色指示灯灭, “RL11”红色指示灯亮, 1#泵停止。

(2) 2#: 按下“BT22”按钮, “C21”接触器吸合, “GL21”绿色指示灯亮, “RL21”红色指示灯灭; 2#泵启动; 并用钳形电流表测量接触器出线端三相电流是否平衡(正常)并与电流表对照, 按有关规范检查电动机的温升等指标; 按下“BT22”按钮看“C22”接触器释放, “GL21”绿色指示灯灭, “RL21”红色指示灯亮, 2#泵停止。

4. 调试手动变频运转

将“SW12”和“SW22”选择开关投到“变频”位。

(1) 1#: 按下“BT12”按钮, “C10”接触器是否吸合, “GL12”绿色指示灯亮, “RL11”红色指示灯灭; 变频器加速到下限频率, 1#泵启动; 并用钳形电流表测量变频器输入端三相电流是否平衡(正常)并与电流表对照; 按下“BT12”按钮看变频器减速到零后, “C10”接触器才释放, “GL12”绿色指示灯灭, “RL11”红色指示灯亮, 1#泵停止。

(2) 2#: 按下“BT22”按钮, “C20”接触器是否吸合, “GL22”绿色指示灯亮, “RL21”红色指示灯灭; 变频器加速到下限频率, 2#泵启动; 并用钳形电流表测量变频器输入端三相电流是否平衡(正常)并与电流表对照; 按下“BT22”按钮看变频器减速到零后, “C20”接触器才释放, “GL22”绿色指示灯灭, “RL21”红色指示灯亮, 2#泵停止。

(3) 变频器启动运行时, 应注意观察变频器各项参数显示是否正常, 可用钳形电流表测量变频器输出端三相电流是否平衡。变频时, 如用普通的钳形电流表测量变频器输出端三相电流与变频器输入端电流表比较, 会发现有不同。

(三) 调试自动(即在触摸屏与 PLC 控制时)工频、变频的运行情况

该调试是整个恒压供水系统的重点, 所有操作均在触摸屏上进行, 所有控制均有 PLC 完成。调试步骤如下。

1. 通电

合上“B0”、“B1”、“B2”、“B31~B35”空气开关后, “RL11”和“RL21”红色指示灯亮。PLC 显示正常, 触摸屏直接进入“供水系统”画面, 注意观察“供水系统”画面中各设备的状态及参数显示, 如参数显示差异大, 可通过 PLC 程序中的系数进行修正。

2. 选择手动方式

将“SW11”和“SW21”选择开关投到“自动”位。

3. 调试一号泵运行

(1) 一号泵工频运行。

操作之前，“一号泵控制”框中的“1#泵备用”圆形红色灯应当亮并闪烁。

1) 1#泵工频启动：用手指单击“一号泵控制”框中的“工频”按钮，该按钮应当亮并闪烁；接着手指单击“启动”按钮，则“一号泵控制”框中的“工频启动”圆形绿色灯应当亮并闪烁，框中的“1#泵备用”圆形红色灯应当熄灭并停止闪烁，同时，PLC上“Q0.0”输出指示灯应当亮，“C11”接触器吸合，“一号泵控制”框内的“工频运行”圆形绿色灯闪亮，1#泵启动并进入工频运行状态。此时应注意1#水泵出口压力是否正常，1#压力开关是否动作。

2) 1#泵工频停止：用手指单击“一号泵控制”框中的“停止”按钮，则“一号泵控制”框中的“工频启动”圆形绿色灯应当熄灭并停止闪烁，框中的“1#泵备用”圆形红色灯应当亮并闪烁，同时，PLC上“Q0.0”输出指示灯应当灭，“C11”接触器释放。1#泵停止，1#压力开关复位。

(2) 一号泵变频运行。

1) 1#泵变频启动：用手指单击“一号泵控制”框中的“变频”按钮，该按钮应当亮并闪烁；接着手指单击“启动”按钮，则“一号泵控制”框中的“变频启动”圆形绿色灯应当亮并闪烁，框中的“1#泵备用”圆形红色灯应当熄灭并停止闪烁，同时，PLC上“Q0.1”输出指示灯应当亮，“C10”接触器吸合，“一号泵控制”框内的“变频运行”圆形绿色灯闪亮，变频加速到下限频率运行。1#泵启动并进入变频运行状态。此时应注意1#水泵出口压力是否正常，1#压力开关是否能动作。

2) 1#泵变频停止：用手指单击“一号泵控制”框中的“停止”按钮，则“一号泵控制”框中的“变频启动”圆形绿色灯应当熄灭并停止闪烁，框中的“1#泵备用”圆形红色灯应当亮并闪烁，同时，PLC上“Q0.1”输出指示灯应当灭，变频器逐渐减速到零后，“C10”接触器才释放。1#泵停止，1#压力开关复位。

4. 调试二号泵运行

(1) 二号泵工频运行。

操作之前，“二号泵控制”框中的“2#泵备用”圆形红色灯应当亮并闪烁。

1) 2#泵工频启动：用手指单击“二号泵控制”框中的“工频”按钮，该按钮应当亮并闪烁；接着手指单击“启动”按钮，则“二号泵控制”框中的“工频启动”圆形绿色灯应当亮并闪烁，框中的“2#泵备用”圆形红色灯应当熄灭并停止闪烁，同时，PLC上“Q0.2”输出指示灯应当亮，“C21”接触器吸合，“二号泵控制”框内的“工频运行”圆形绿色灯闪亮，2#泵启动并进入工频运行状态。此时应注意2#水泵出口压力是否正常，2#压力开关是否动作。

2) 2#泵工频停止：用手指单击“二号泵控制”框中的“停止”按钮，则“二号泵控制”框中的“工频启动”圆形绿色灯应当熄灭并停止闪烁，框中的“2#泵备用”圆形红色灯应当亮并闪烁，同时，PLC上“Q0.2”输出指示灯应当灭，“C21”接触器释放。2#泵停止，2#压力开关复位。

(2) 二号泵及电动阀控制画面操作（变频）：

1) 2#泵变频启动：用手指单击“二号泵控制”框中的“变频”按钮，该按钮应当亮并闪烁；接着手指单击“启动”按钮，则“二号泵控制”框中的“变频启动”圆形绿色灯应当亮并闪烁，框中的“2#泵备用”圆形红色灯应当熄灭并停止闪烁，同时，PLC上“Q0.3”输出指示灯应当亮，“C20”接触器吸合，“二号泵控制”框内的“变频运行”圆形绿色灯闪亮，变频加速到下限频率运行。2#泵启动并进入变频运行状态。此时应注意2#水泵出口压力是否正常，2#压力开关是否动作。

2) 2#泵变频停止：用手指单击“二号泵控制”框中的“停止”按钮，则“二号泵控制”框中的“变频启动”圆形绿色灯应当熄灭并停止闪烁，框中的“2#泵备用”圆形红色灯应当亮并

闪烁,同时,PLC上“Q0.3”输出指示灯应当灭,变频器逐渐减速到零后,“C20”接触器才释放。2#泵停止,2#压力开关复位。

5. 电动阀开关

调试前通电时,1#、2#电动阀均处在关阀位置。开阀与关阀均应注意出水管网是否有压力,以防倒流。

(1) 触摸屏手动操作1#电动阀。用手指单击“一号电动阀控制”框中的“手动”按钮,该按钮闪烁。

1) 1#电动阀开阀:用手指单击“一号电动阀控制”框中的“启动”按钮,则在该框中的“开阀”圆形绿灯应当亮并闪烁;PLC上“Q0.4”输出指示灯应当亮,1#电动阀开始开阀;当1#阀开到位时,“一号电动阀控制”框内的“阀开”圆形绿灯应当亮并闪烁,而“开阀”圆形绿灯则应当熄灭并停止闪烁;PLC上“Q0.4”输出指示灯应当熄灭。这说明一号电动阀已开到位。

2) 1#电动阀关阀:用手指单击“一号电动阀控制”框中的“停止”按钮,则在该框中的“关阀”圆形红灯应当亮并闪烁;PLC上“Q0.5”输出指示灯应当亮,1#电动阀开始关阀;当1#阀关到位时,“一号电动阀控制”框内的“阀关”圆形红灯应当亮并闪烁,而“关阀”圆形红灯则应当熄灭并停止闪烁;PLC上“Q0.5”输出指示灯应当熄灭。这说明一号电动阀已关到位。

(2) 触摸屏手动操作2#电动阀。用手指单击“二号电动阀控制”框中的“手动”按钮,该按钮闪烁。

1) 2#电动阀开阀:用手指单击“二号电动阀控制”框中的“启动”按钮,则在该框中的“开阀”圆形绿灯应当亮并闪烁;PLC上“Q0.6”输出指示灯应当亮,2#电动阀开始开阀;当2#阀开到位时,“二号电动阀控制”框内的“阀开”圆形绿灯应当亮并闪烁,而“开阀”圆形绿灯则应当熄灭并停止闪烁;PLC上“Q0.6”输出指示灯应当熄灭。这说明二号电动阀已开到位。

2) 2#电动阀关阀:用手指单击“二号电动阀控制”框中的“停止”按钮,则在该框中的“关阀”圆形红灯应当亮并闪烁;PLC上“Q0.7”输出指示灯应当亮,2#电动阀开始关阀;当2#阀关到位时,“二号电动阀控制”框内的“阀关”圆形红灯应当亮并闪烁,而“关阀”圆形红灯则应当熄灭并停止闪烁;PLC上“Q0.7”输出指示灯应当熄灭。这说明二号电动阀已关到位。

6. 一号泵一步化开停机(开停泵时自动开关电动阀)

用手指单击“一号电动阀控制”框中的“自动”按钮,该按钮闪烁。

(1) 一号泵工频一步化开停机。操作之前,“一号泵控制”框中的“1#泵备用”圆形红灯应当亮并闪烁。

1) 1#泵工频一步化启动:用手指单击“一号泵控制”框中的“工频”按钮,该按钮应当亮并闪烁;接着手指单击“启动”按钮,则“一号泵控制”框中的“工频启动”圆形绿灯应当亮并闪烁,框中的“1#泵备用”圆形红灯应当熄灭并停止闪烁,同时,PLC上“Q0.0”输出指示灯应当亮,“C11”接触器吸合,“一号泵控制”框内的“工频运行”圆形绿灯闪亮,1#泵启动并进入工频运行状态。当1#水泵出口压力达到正常值时,1#压力动作,“一号电动阀控制”框中的“开阀”圆形绿灯应当亮并闪烁;PLC上“Q0.4”输出指示灯应当亮,1#电动阀开始开阀;当1#阀开到位时,“一号电动阀控制”框内的“阀开”圆形绿灯应当亮并闪烁,而“开阀”圆形绿灯则应当熄灭并停止闪烁;PLC上“Q0.4”输出指示灯应当熄灭。这说明一号电动阀已开到位。1#泵完成了工频一步化开机。

2) 1#泵工频一步化停止: 用手指单击“一号泵控制”框中的“停止”按钮, 则“一号电动阀控制”框中的“关阀”圆形红色灯应当亮并闪烁; PLC上“Q0.5”输出指示灯应当亮, 1#电动阀开始关阀; 当1#阀关到位时, “一号电动阀控制”框内的“关阀”圆形红色灯应当亮并闪烁, 而“关阀”圆形红色灯则应当熄灭并停止闪烁; PLC上“Q0.5”输出指示灯应当熄灭, 一号电动阀已关到位。接着“一号泵控制”框中的“工频启动”圆形绿色灯应当熄灭并停止闪烁, 框中的“1#泵备用”圆形红色灯应当亮并闪烁, 同时, PLC上“Q0.0”输出指示灯应当灭, “C11”接触器释放。1#泵停止, 1#压力开关复位。1#泵完成了工频一步化停机。

(2) 一号泵变频一步化开停机。

1) 1#泵变频一步化启动: 用手指单击“一号泵控制”框中的“变频”按钮, 该按钮应当亮并闪烁; 接着手指单击“启动”按钮, 则“一号泵控制”框中的“变频启动”圆形绿色灯应当亮并闪烁, 框中的“1#泵备用”圆形红色灯应当熄灭并停止闪烁, 同时, PLC上“Q0.1”输出指示灯应当亮, “C10”接触器吸合, “一号泵控制”框内的“变频运行”圆形绿色灯闪亮, 变频加速到下限频率运行。1#泵启动并进入变频运行状态。当1#水泵出口压力达到正常值时, 1#压力动作, “一号电动阀控制”框中的“开阀”圆形绿色灯应当亮并闪烁; PLC上“Q0.4”输出指示灯应当亮, 1#电动阀开始开阀; 当1#阀开到位时, “一号电动阀控制”框内的“开阀”圆形绿色灯应当亮并闪烁, 而“开阀”圆形绿色灯则应当熄灭并停止闪烁; PLC上“Q0.4”输出指示灯应当熄灭。这说明一号电动阀已开到位。1#泵完成了变频一步化开机。

2) 1#泵变频一步化停止: 用手指单击“一号泵控制”框中的“停止”按钮, 则“一号电动阀控制”框中的“关阀”圆形红色灯应当亮并闪烁; PLC上“Q0.5”输出指示灯应当亮, 1#电动阀开始关阀; 当1#阀关到位时, “一号电动阀控制”框内的“关阀”圆形红色灯应当亮并闪烁, 而“关阀”圆形红色灯则应当熄灭并停止闪烁; PLC上“Q0.5”输出指示灯应当熄灭, 一号电动阀已关到位。接着“一号泵控制”框中的“变频启动”圆形绿色灯应当熄灭并停止闪烁, 框中的“1#泵备用”圆形红色灯应当亮并闪烁, 同时, PLC上“Q0.1”输出指示灯应当灭, 变频器逐渐减速到零后, “C10”接触器才释放。1#泵停止, 1#压力开关复位。1#泵完成了变频一步化停机。

7. 二号泵一步化开停机 (开停泵时自动开关电动阀)

用手指单击“二号电动阀控制”框中的“自动”按钮, 该按钮闪烁。

(1) 二号泵工频一步化开停机。操作之前, “二号泵控制”框中的“2#泵备用”圆形红色灯应当亮并闪烁。

1) 2#泵工频一步化启动: 用手指单击“二号泵控制”框中的“工频”按钮, 该按钮应当亮并闪烁; 接着手指单击“启动”按钮, 则“二号泵控制”框中的“工频启动”圆形绿色灯应当亮并闪烁, 框中的“2#泵备用”圆形红色灯应当熄灭并停止闪烁, 同时, PLC上“Q0.2”输出指示灯应当亮, “C21”接触器吸合, “二号泵控制”框内的“工频运行”圆形绿色灯闪亮, 2#泵启动并进入工频运行状态。当2#水泵出口压力达到正常时, 2#压力开关动作, “二号电动阀控制”框中的“开阀”圆形绿色灯应当亮并闪烁, PLC上“Q0.6”输出指示灯应当亮, 2#电动阀开始开阀; 当2#阀开到位时, “二号电动阀控制”框内的“开阀”圆形绿色灯应当亮并闪烁, 而“开阀”圆形绿色灯则应当熄灭并停止闪烁; PLC上“Q0.6”输出指示灯应当熄灭。这说明二号电动阀已开到位。2#泵完成了工频一步化开机。

2) 2#泵工频一步化停止: 用手指单击“二号泵控制”框中的“停止”按钮, 则“二号电动阀控制”框中的“关阀”圆形红色灯应当亮并闪烁, PLC上“Q0.7”输出指示灯应当亮, 2#电动阀开始关阀; 当2#阀关到位时, “二号电动阀控制”框内的“关阀”圆形红色灯应当亮并闪烁, 而“关阀”圆形红色灯则应当熄灭并停止闪烁; PLC上“Q0.7”输出指示灯应当熄灭, 二

号电动阀已关到位。接着“二号泵控制”框中的“工频启动”圆形绿色灯应当熄灭并停止闪烁，框中的“2#泵备用”圆形红色灯应当亮并闪烁，同时，PLC上“Q0.2”输出指示灯应当灭，“C21”接触器释放。2#泵停止，2#压力开关复位。2#泵完成了工频一步化停机。

(2) 二号泵变频一步化开停机。

1) 2#泵变频一步化启动：用手指单击“二号泵控制”框中的“变频”按钮，该按钮应当亮并闪烁；接着手指单击“启动”按钮，则“二号泵控制”框中的“变频启动”圆形绿色灯应当亮并闪烁，框中的“2#泵备用”圆形红色灯应当熄灭并停止闪烁，同时，PLC上“Q0.3”输出指示灯应当亮，“C20”接触器吸合，“二号泵控制”框内的“变频运行”圆形绿色灯闪亮，变频加速到下限频率运行。2#泵启动并进入变频运行状态。当2#水泵出口压力达到正常时，2#压力开关动作，“二号电动阀控制”框中的“开阀”圆形绿色灯应当亮并闪烁，PLC上“Q0.6”输出指示灯应当亮，2#电动阀开始开阀；当2#阀开到位时，“二号电动阀控制”框内的“阀开”圆形绿色灯应当亮并闪烁，而“开阀”圆形绿色灯则应当熄灭并停止闪烁；PLC上“Q0.6”输出指示灯应当熄灭。这说明二号电动阀已开到位。2#泵完成了变频一步化开机。

2) 2#泵变频一步化停止：用手指单击“二号泵控制”框中的“停止”按钮，则“二号电动阀控制”框中的“关阀”圆形红色灯应当亮并闪烁，PLC上“Q0.7”输出指示灯应当亮，2#电动阀开始关阀；当2#阀关到位时，“二号电动阀控制”框内的“阀关”圆形红色灯应当亮并闪烁，而“关阀”圆形红色灯则应当熄灭并停止闪烁；PLC上“Q0.7”输出指示灯应当熄灭，二号电动阀已关到位。接着“二号泵控制”框中的“变频启动”圆形绿色灯应当熄灭并停止闪烁，框中的“2#泵备用”圆形红色灯应当亮并闪烁，同时，PLC上“Q0.3”输出指示灯应当灭，变频器逐渐减速到零后，“C20”接触器才释放。2#泵停止，2#压力开关复位。2#泵完成了变频一步化停机。

十二、关于变频节能与投资

(一) 变频调速常用的闭环调节方法

用水泵的出口水压（或水温、温差）作为采样信号，转换成电量信号后送至调节器，调节器将该信号与设定值进行比较（PID）运算后输出一信号至变频器，决定变频器的输出频率，以达到改变水泵的转速并节能的目的。

(二) 投资回报

变频系统的初次投资容易给投资者一种投资高、风险大的感觉，这主要是对变频节能效果不很了解或将变频系统的初次投资与传统的一些如液力耦合、滑叉电机、变级等调速装置的初次投资在未充分考虑节能效果及变频器功能的情况下进行比较，以及对变频器的质量、稳定性、售后服务等还不太了解；变频节能系统（装置）在各类调速系统中使用时，其节能效果对于单台设备可做到5%~75%，在风机水泵这类设备的一般应用的节能效果中，这些均值也可做到8%~50%，在未受到其他因素影响的情况下一般可取上限节能效果平均值，是在实际应用中得到，权威性数据可由市场上公开出售的资料（书）查到；通过这些数据再进行一些简单的投资回收率的计算可知：变频节能系统（装置）的投资回收期一般为4~20个月（这是经验值也是权威数据）。

采用变频调速节能技术最直接的经济效益是通过变频节能功能实现投资的回收。其回收期可根据所节约的水、电费之差值得到。其综合效益可从降低单位能耗、提高电网功率因数、减少维护费用等项支出中得出。

触摸屏一类的监控系统同样容易给投资者一种投资高、风险大的感觉，这也是因为对触摸屏监控系统的作用、所产生的经济效益以及未来的发展等不十分了解，或是拿触摸屏监控系统

与传统的控制（监控）系统在未作充分考虑触摸屏监控系统的优势而进行比较才有的感觉而已。触摸屏与PLC的监控系统因其自动化成度高，同样可以为企业增收节支带来收回投资。

采用变频—工频双回路恒压供水装置及触摸屏监控使各类供水最大限度地得到经济、稳定和持续的保障。

综上所述，采用自动化程度较高的变频恒压供水系统，不仅能够最大限度地提高整个系统效率、延长系统寿命、节约能源，而且灵活性较好，能构成复杂的、功能强大的供水系统。