

电工电子技术 全图解丛书

DIANGONG DIANZI JISHU QUANTUJIE CONGSHU

PLC 技术 速成全图解

数码维修工程师鉴定指导中心 组织编写
韩雪涛 韩广兴 吴瑛 编著

内容新颖实用 • 技能快速精通 • 操作完全图解 • 专家亲自指导



超值附赠 50元学习卡

化学工业出版社



■ 本书内容以“技能速成”和“全图解”为特色，根据PLC技术的特点，结合实际工作对技能的要求，详细介绍了PLC技术相关知识与技能，内容包括：PLC基础知识、PLC的编程语言、PLC系统的设计与维护、PLC在电动机控制电路中的应用、PLC在机床电气控制电路中的应用、PLC在其他电路中的应用等。

■ 为了与实际工作相结合，书中还收集了大量实际案例，使读者不仅能够掌握PLC技术，更重要的是能够举一反三，将PLC技术灵活应用在实际工作中。

■ 本书以图解文、内容实用、特色鲜明，注重知识性、系统性、操作性的结合，可供电工与电子技术人员学习使用，也可供职业学校相关专业的师生参考使用，还可作为职业技能培训教材使用。

电工电子技术 全图解丛书

DIANGONG DIANZI JISHU QUANTUJIE CONGSHU

- 《电工识图速成全图解》
- 《电工技能速成全图解》
- 《家装电工技能速成全图解》
- 《电子技术速成全图解》
- 《电子电路识图速成全图解》
- 《电子元器件检测技能速成全图解》
- 《示波器使用技能速成全图解》
- 《万用表使用技能速成全图解》
- 《家电维修技能速成全图解》
- **《PLC技术速成全图解》**
- 《变频技术速成全图解》

ISBN 978-7-122-12416-6



9 787122 124166 >

定价：38.00元
销售分类建议：PLC技术

电工电子技术
全图解丛书

DIANGONG DIANZI JISHU QUANTUJIE CONGSHU

PLC技术 速成全图解

数码维修工程师鉴定指导中心 组织编写
韩雪涛 韩广兴 吴瑛 编著

内容新颖实用

技能快速精通

操作完全图解

专家亲自指导



超值附赠50元学习卡



化学工业出版社

·北京·



图书在版编目 (CIP) 数据

PLC技术速成全图解/数码维修工程师鉴定指导中心组织编写;韩雪涛,韩广兴,吴瑛编著. —北京:化学工业出版社, 2011. 12

(电工电子技术全图解丛书)

ISBN 978-7-122-12416-6

I . P… II . ①数…②韩…③韩…④吴… III . PLC技术-图解 IV . TM571. 6-64

中国版本图书馆CIP数据核字 (2011) 第196595号

责任编辑: 李军亮
责任校对: 郑捷

文字编辑: 云雷
装帧设计: 尹琳琳

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装订: 三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张15 字数351千字 2012年2月北京第1版第1次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686)

售后服务: 010-64518899

网址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 38.00元

版权所有 违者必究



编委会

主任：韩雪涛

副主任：韩广兴 吴 瑛

委员：(按姓氏笔画排序)

马 楠

王新霞

孙 涛

吴 玮

吴 瑛

宋永欣

宋明芳

张丽梅

张鸿玉

张雯乐

郭海滨

梁 明

韩广兴

韩雪冬

韩雪涛



随着科学技术的进一步发展，生产生活中的电气化程度越来越高，同时也有越来越多的人从事与电工电子技术相关的工作。为了能跟上电工电子技术发展的潮流，对于那些从事或希望从事电工电子技术工作的人员来说，都需要不断学习与电工电子技术相关的知识和技能。比如说，电工电子识图技能、工具仪表的使用技能、电器维修技能以及PLC、变频等新技术应用技能等。这些知识与技能在实际应用中不仅相互交叉，而且技术发展日新月异，所以如何能够快速准确地学习电工电子技术，并能跟上时代的发展，是很多技术人员所面临的主要问题。

针对上述情况，为帮助广大电工与电子技术人员能够迅速掌握实用技术，我们组织相关专家和专业技术人员，按照实际的岗位需求，结合行业技能的特点，编写了这套《电工电子技术全图解丛书》（以下简称《丛书》），包括：《电工识图速成全图解》、《电工技能速成全图解》、《家装电工技能速成全图解》、《电子技术速成全图解》、《电子电路识图速成全图解》、《电子元器件检测技能速成全图解》、《示波器使用技能速成全图解》、《万用表使用技能速成全图解》、《家电维修技能速成全图解》、《PLC技术速成全图解》、《变频技术速成全图解》共11种图书。

《丛书》内容突出技能特色，注重实用性，并将职业标准融入到知识与技能中，无论是在内容结构还是编写形式上都力求创新，具体特点如下。

一、丛书层次分明

本《丛书》立足于初学者，在整体分类上，将电工识图、电子电路识图、电子元器件检测三项基本的技能分别作为三本基础图书进行讲解，将电子技术、PLC实用技术、变频技术作为三本应用技术类图书进行讲解，最后分别按照电工电子行业的岗位需求划分成家电维修、电工实用技能、家装电工、示波器使用、万用表使用五本专业技能类图书，这使得本《丛书》的知识技能层次更加分明。

二、编写形式独特

《丛书》突出“技能速成”和“全图解”两大特色。为方便读者学习，在书中都设置有【目标】、【图解】、【提示】、【扩展】四大模块。每讲解一项技能之前，都会通过【目标】告诉读者学习的内容、实现的目标、掌握的技能。在讲解过程中，会对内容关键点通过【提示】和【扩展】模块向读者传递相关的知识要点。【图解】模块则是将技能以“全图解”的形式表现出来，让读者非常直观地学习操作技能，达到最佳的学习效果。

三、内容新颖实用

《丛书》以电工电子行业岗位的要求为目标设置内容，力求让读者能够在最短的时间内掌握相应的岗位操作技能。书中的理论知识完全以操作技能为依托，知识点以实用、够用为原则，所有的操作技能都来自于生产实践，并尽可能将各种技能以图解的方式表现出来，以达到“技能速成”的目的。

四、专家贴身指导

为确保图书内容的权威性、规范性和实用性，《丛书》由数码维修工程师鉴定指导中心组织编写，由全国电子行业资深专家韩广兴教授亲自指导，编写人员由资深行业专家、一线教师和高级维修技师组成。此外，《丛书》在编写过程中，还得到了SONY、松下、佳能、JVC等多家专业维修机构的大力支持。

五、技术服务到位

为了更好地满足读者的需求，达到最佳的学习效果，读者除可得到免费的专业技术咨询外，还可获得书中附赠的价值50元的数码维修工程师远程培训基金（培训基金以“学习卡”的形式提供）。读者可凭借此卡登录数码维修工程师的官方网站（www.chinadse.org）获得超值技术服务，随时了解最新的行业信息，获得大量的视频教学资源、电路图纸、技术手册等学习资料以及最新的数码维修工程师培训信息，实现远程在线视频学习，还可通过网站的技术论坛进行交流与咨询。读者也可以通过电话（022-83718162/83715667）、邮件（chinadse@163.com）或信件（天津市南开区榕苑路4号天发科技园8-1-401，邮编300384）的方式与我们进行联系。

作为《丛书》之一，《PLC技术速成全图解》根据PLC的技术特点，结合实际应用，将内容划分成：PLC基础知识、PLC的编程语言、PLC系统的设计与维护、PLC在电动机控制电路中的应用、PLC在机床电气控制电路中的应用、PLC在其他电路中的应用等。为了将知识技能与实际工作紧密结合，书中收集了大量的实际案例，并围绕案例展开讲解，使读者不仅能够掌握PLC技术的相关知识与应用，更重要的是能够举一反三，将知识灵活应用在实际工作中。

希望本书的出版能够帮助读者快速掌握PLC技术，同时欢迎广大读者给我们提出宝贵建议！如书中存在什么问题，可发邮件至qdlea2004@163.com与编辑联系！

目录

CONTENTS

第 1 章

PLC 的基础知识

▶▶▶ 1

1.1 PLC 的优势	2
1.2 PLC 及 PLC 控制系统的分类	8
1.2.1 PLC 的种类	8
1.2.2 PLC 控制系统的类型	9
1.3 PLC 的强大功能	11
1.4 PLC 技术的应用案例	12
1.5 PLC 的基本组成和工作原理	16
1.5.1 PLC 的基本组成	16
1.5.2 PLC 的工作原理	17
1.5.3 PLC 循环扫描的工作方式	18
1.6 PLC 典型产品介绍	19
1.6.1 松下 PLC	19
1.6.2 西门子 PLC	22
1.6.3 欧姆龙 PLC	24
1.6.4 三菱 PLC	27

第 2 章

PLC 的编程语言

▶▶▶ 31

2.1 PLC 的梯形图	32
2.1.1 梯形图的基本概念	32
2.1.2 梯形图的识读方法	36
2.2 PLC 指令语句表	45
2.2.1 指令语句表的基本概念	45
2.2.2 指令语句表的识读方法	54
2.3 PLC 的顺序功能图	57
2.3.1 顺序功能图的基本概念	57
2.3.2 顺序功能图的识读方法	62

第 3 章

PLC 系统的设计与维护

▶▶▶ 71

3.1 PLC 系统的设计流程与注意事项	72
----------------------------	----

3.1.1	PLC系统的设计流程	72
3.1.2	PLC系统的设计注意事项	78
3.2	PLC的设计方法	78
3.2.1	PLC的硬件系统设计	79
3.2.2	PLC的软件系统设计	81
3.3	PLC的安装	102
3.3.1	PLC的安装要求	102
3.3.2	PLC的安装操作	104
3.4	PLC系统的维护	109
3.4.1	PLC系统的定期检查	109
3.4.2	PLC系统的日常维护	109



第4章

PLC在电动机控制电路中的应用

▶▶▶ 111

4.1	三相交流感应电动机连续控制线路的PLC控制	112
4.1.1	三相交流感应电动机连续控制线路的电气结构	112
4.1.2	三相交流感应电动机连续控制线路的PLC控制原理	115
4.2	三相交流感应电动机降压启动控制线路的PLC控制	118
4.2.1	三相交流感应电动机降压启动控制线路的电气结构	118
4.2.2	三相交流感应电动机降压启动控制线路的PLC控制原理	120
4.3	三相交流感应电动机Y- Δ 降压启动控制线路的PLC控制	124
4.3.1	三相交流感应电动机Y- Δ 降压启动控制线路的电气结构	124
4.3.2	三相交流感应电动机Y- Δ 降压启动控制线路的PLC控制原理	126
4.4	三相交流感应电动机正反转控制线路的PLC控制	130
4.4.1	三相交流感应电动机正反转控制线路的电气结构	131
4.4.2	三相交流感应电动机正反转控制线路的PLC控制原理	132
4.5	两台电动机顺序启/停控制线路的PLC控制	136
4.5.1	两台电动机顺序启/停控制线路的电气结构	136
4.5.2	两台电动机顺序启/停控制线路的PLC控制原理	137
4.6	三相交流感应电动机反接制动控制电路的PLC控制	141
4.6.1	三相交流感应电动机反接制动控制电路的电气结构	141
4.6.2	三相交流感应电动机反接制动控制电路的PLC控制原理	144



第5章

PLC在机床电气控制电路中的应用

▶▶▶ 148

5.1	C620-1型卧式车床的PLC控制	149
5.1.1	C620-1型卧式车床的结构	149

5.1.2	C620-1型卧式车床的PLC控制原理	151
5.2	Z35型摇臂钻床的PLC控制	154
5.2.1	Z35型摇臂钻床的结构	154
5.2.2	Z35型钻床的PLC控制原理	158
5.3	X52K型立式升降台铣床的PLC控制	165
5.3.1	X52K型立式升降台铣床的结构	165
5.3.2	X52K型立式升降台铣床的PLC控制原理	169
5.4	M1432A型万能外圆磨床的PLC控制	176
5.4.1	M1432A型万能外圆磨床的结构	176
5.4.2	M1432A型万能外圆磨床的PLC控制原理	180
5.5	B690型液压牛头刨床的PLC控制	186
5.5.1	B690型液压牛头刨床的结构	186
5.5.2	B690型液压牛头刨床的PLC控制原理	188



第6章

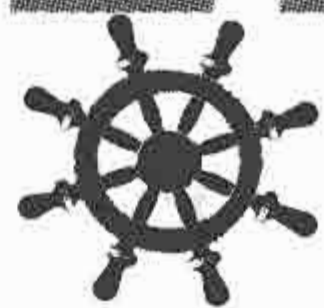
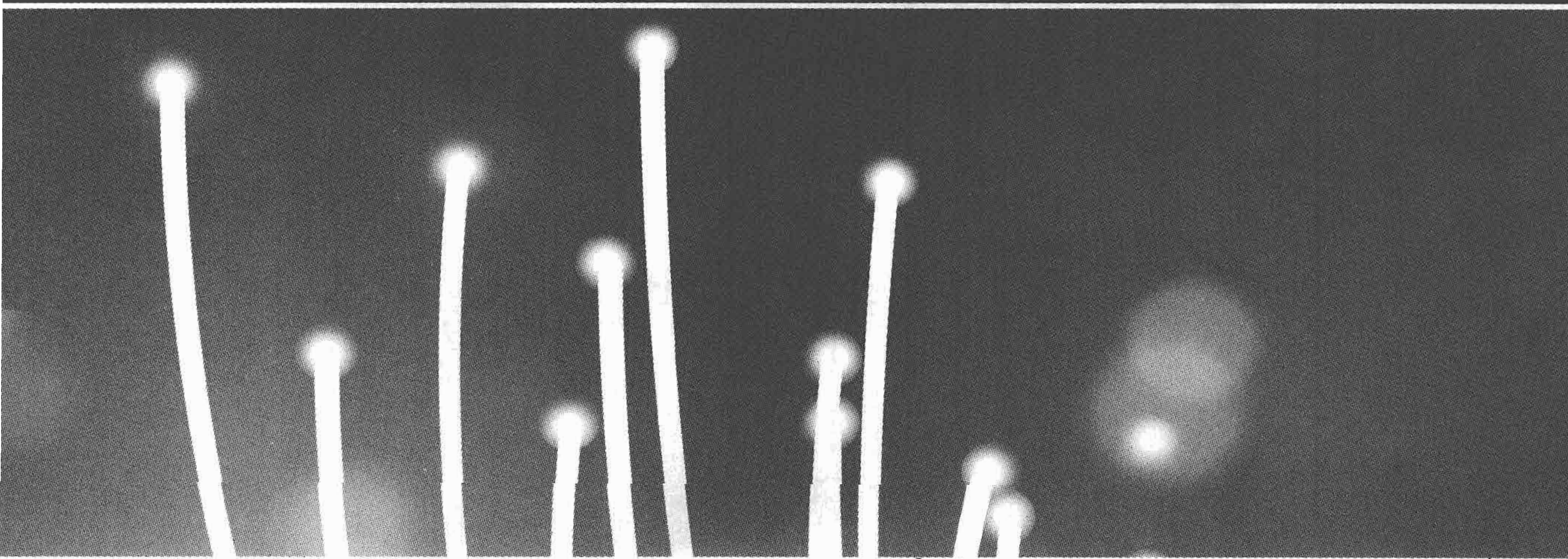
PLC在其他电路中的应用

▶▶▶ 192

6.1	电动葫芦的PLC控制	193
6.1.1	电动葫芦的结构	193
6.1.2	电动葫芦的PLC控制原理	195
6.2	运料小车往返运行的PLC控制	199
6.2.1	运料小车往返运行的基本结构	199
6.2.2	运料小车往返运行的PLC控制原理	200
6.3	自动门的PLC控制	205
6.3.1	自动门的PLC控制基本结构	205
6.3.2	自动门的PLC控制原理	206
6.4	混凝土搅拌机控制电路的PLC控制	210
6.4.1	混凝土搅拌机控制线路的结构	210
6.4.2	混凝土搅拌机控制线路的PLC控制原理	212
6.5	蓄水池双向进排水控制线路的PLC控制	218
6.5.1	蓄水池双向进排水控制线路的功能结构	218
6.5.2	蓄水池双向进排水控制线路的PLC控制原理	220
6.6	雨水利用系统的PLC控制	223
6.6.1	雨水利用系统的PLC控制的基本结构	223
6.6.2	雨水利用系统的PLC控制原理	224
6.7	流水线分拣系统的PLC控制原理	227
6.7.1	流水线分拣系统的基本结构	227
6.7.2	流水线分拣系统的PLC控制原理	229

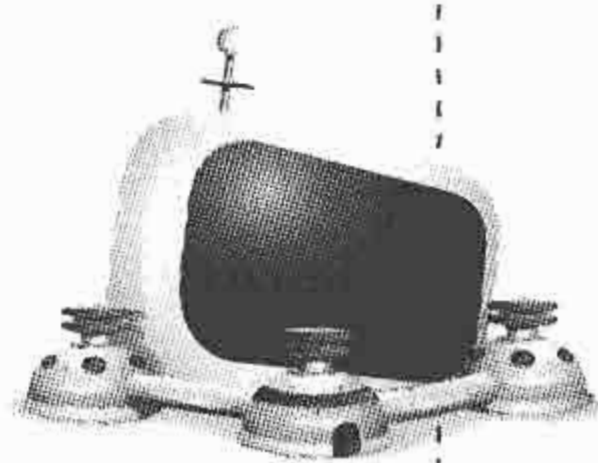


PLC的基础知识



目标

本章主要的目标是让读者初步了解PLC的结构和种类特点，在电路中所实现的功能以及在各种领域中的具体应用，通过对PLC基本结构及原理的介绍，使读者了解PLC的工作过程，为进一步识读PLC控制电路奠定基础。





PLC的英文全称为Programmable Logic Controller, 即可编程控制器。PLC是在继电器、接触器控制和计算机技术的基础上, 逐渐发展起来的以微处理器为核心, 集微电子技术、自动化技术、计算机技术、通信技术为一体, 以工业自动化控制为目标的新型控制装置。PLC具有通用性强、使用方便、适用范围广、可靠性高、编程简单、抗干扰能力强、易于扩展等特点, 在建材、电力、机械制造、化工、交通运输等行业有着广泛的应用。典型PLC实物外形见图1-1。

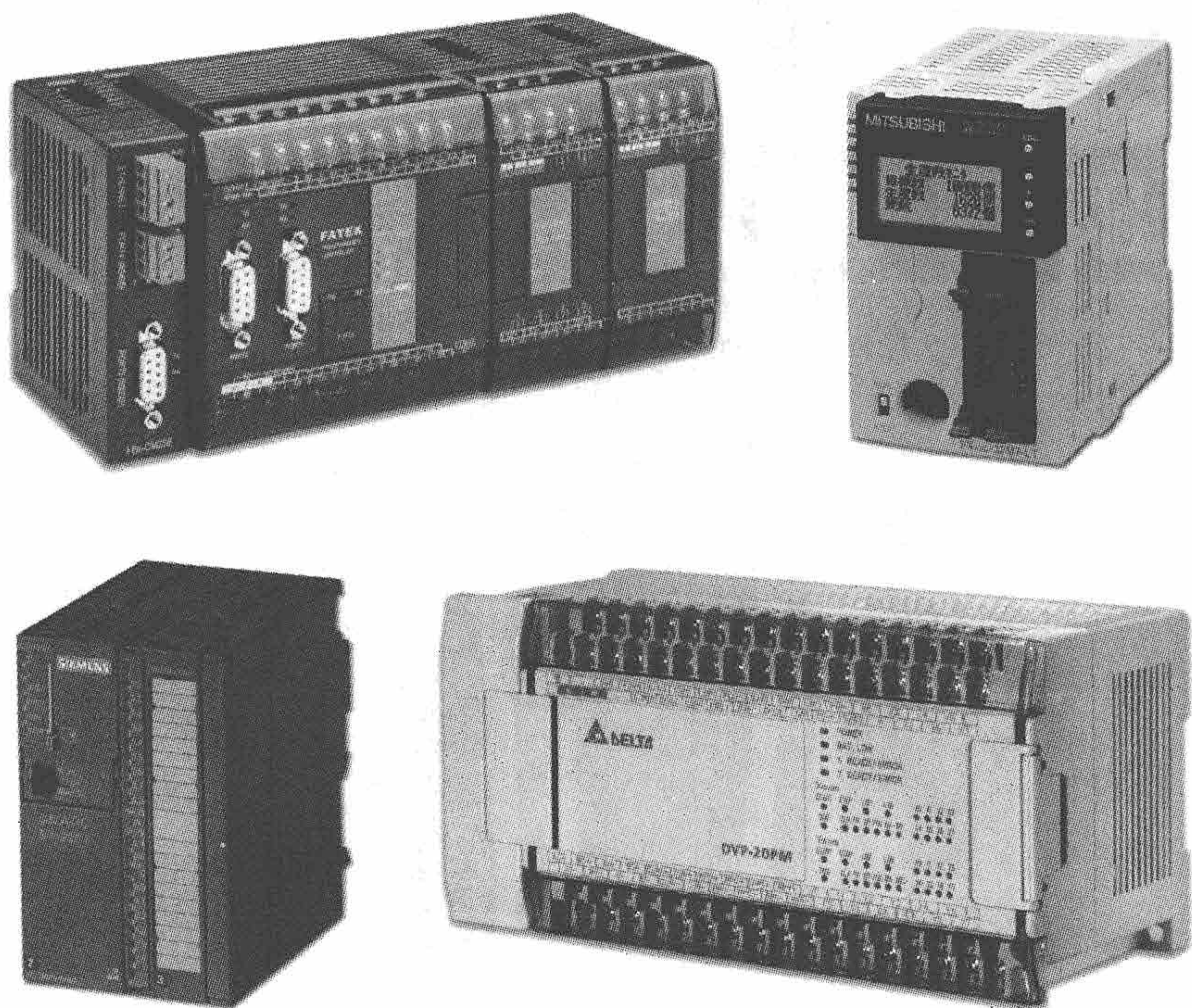


图1-1 典型PLC实物外形

1.1

PLC的优势

早在PLC问世以前, 继电器控制是工业控制领域的主导方式, 结构简单、价格低廉、容易操作。但是, 该控制方式适应性差, 变更调整不够灵活, 一旦任务和工艺发生变化, 必须重新设计, 还必须改变硬件结构。

现代生产设备和流水线控制必须适应多变的市场需求, 固定的工作模式, 简单的控制逻辑已不能满足社会生产的需求。为了弥补继电器控制系统中的不足, 同时降低成本, 更加先进的自动控制装置——可编程控制器(PLC)应运而生。

PLC控制系统通过软件控制取代了硬件控制, 用标准接口取代了硬件安装连接。用大规模集成电路与可靠元件的组合取代线圈和活动部件的搭配。不仅大大简化了整个控制系



统，而且也使得控制系统的性能更加稳定，功能更加强大。而且在拓展性和抗干扰能力方面也有了显著的提高。如图1-2所示为工业控制继电器-接触器控制系统与PLC控制系统的效果对比。

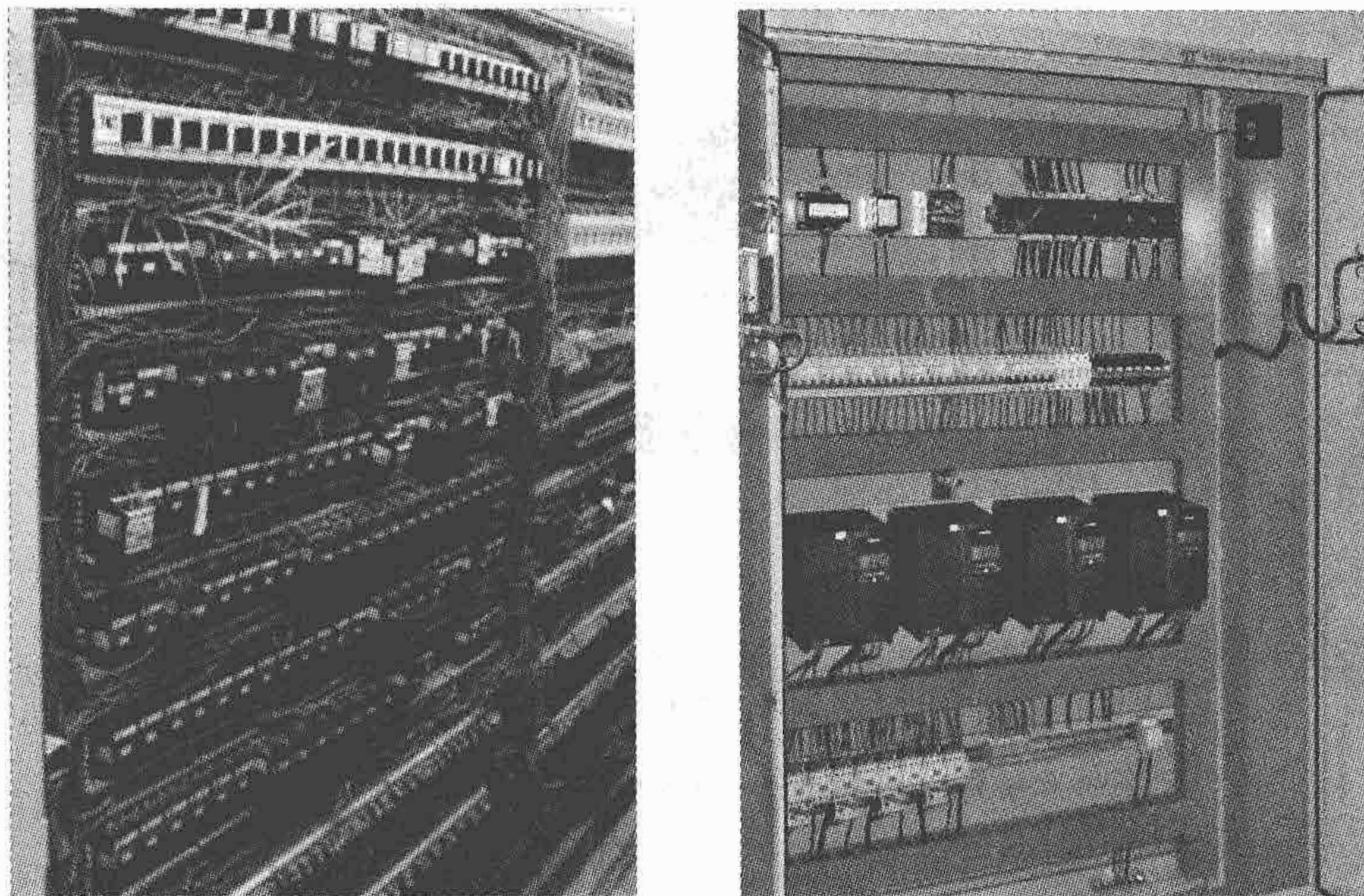


图1-2 继电器-接触器控制系统与PLC控制系统的效果对比

PLC不仅实现了控制系统的简化，而且在改变控制方式和效果时不需要改动电气部件的物理连接线路，只需要重现编写PLC内部的程序即可。下面通过不同控制方式的系统连接示意图的对比来了解PLC控制方式的优势特点和基本功能。



图解

采用继电器-接触器的控制系统是通过许多开关、控制按钮、继电器和接触器的连接组合来实现对两个电动机的控制。单从连接的线路来看，虽然电路功能比较简单，但线路连接已经感觉比较复杂。如图1-3所示为十分典型的采用继电器-接触器的控制系统连接示意图。

相比较而言，采用PLC进行控制管理，省略掉了许多接触器和继电器，控制按钮也采用触摸屏方式，线路连接更加简化，各输入、输出设备都通过相应的I/O接口连接，如图1-4所示为十分典型的采用PLC的控制系统连接示意图。若整个控制过程需要改造，只需将编制程序重新输入到PLC内部，输入、输出部件直接通过I/O接口即可实现增减。无论是系统的连接、控制还是改造、维护，都十分简便。

下面通过不同控制方式的实用案例（三相交流感应电动机的控制）的对比来了解PLC控制方式的优势特点和基本功能。



图解

例如，采用继电器进行控制的三相交流感应电动机控制电路见图1-5。

图中灰色阴影的部分即为控制电路部分，合上电源总开关，按下启动按钮SB1，交流接触器KM1线圈得电，其常开触点KM1-2接通实现自锁功能；同时常开触点KM1-1接通，电源经

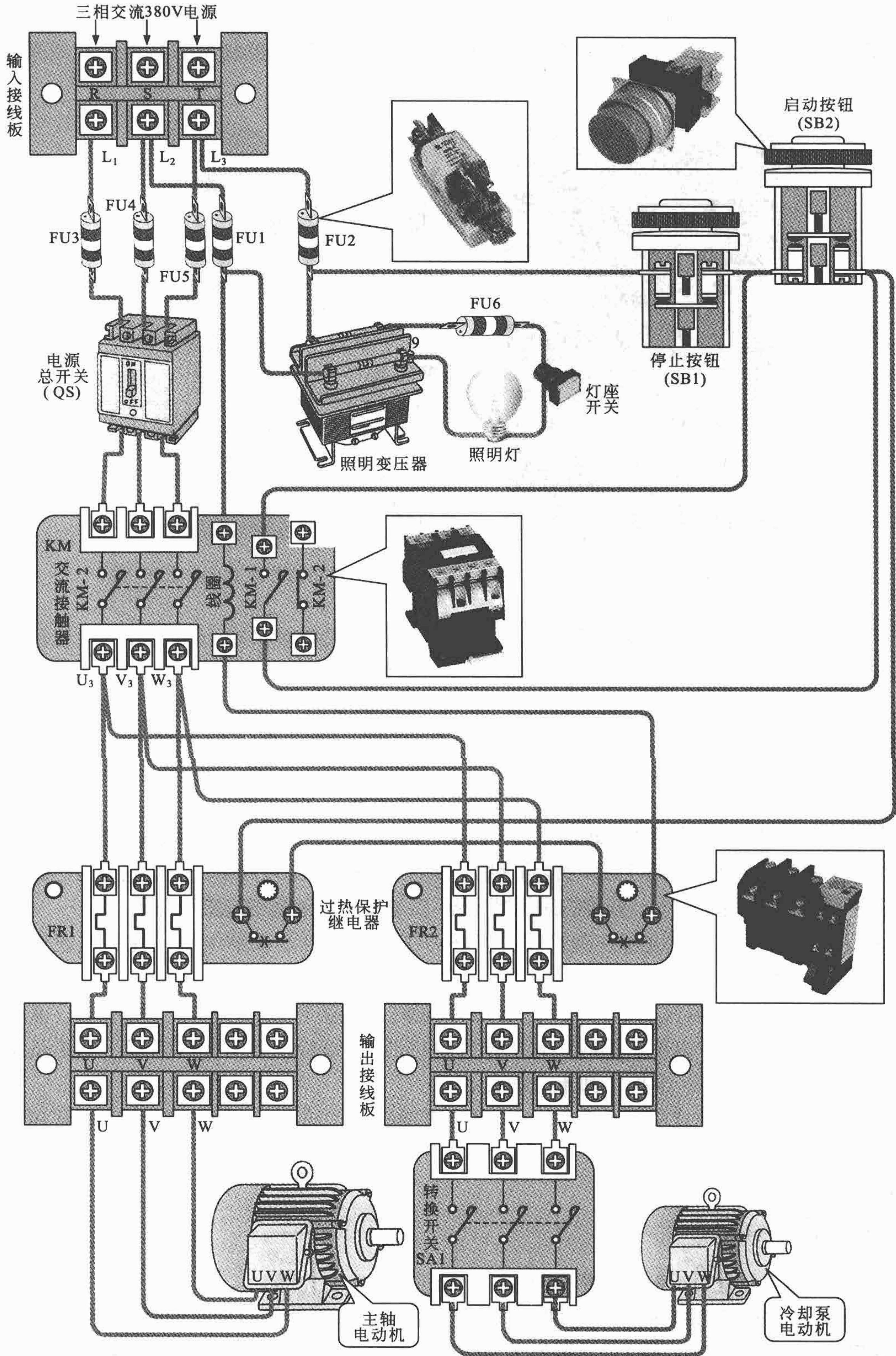


图 1-3 采用继电器-接触器的控制系统连接示意图

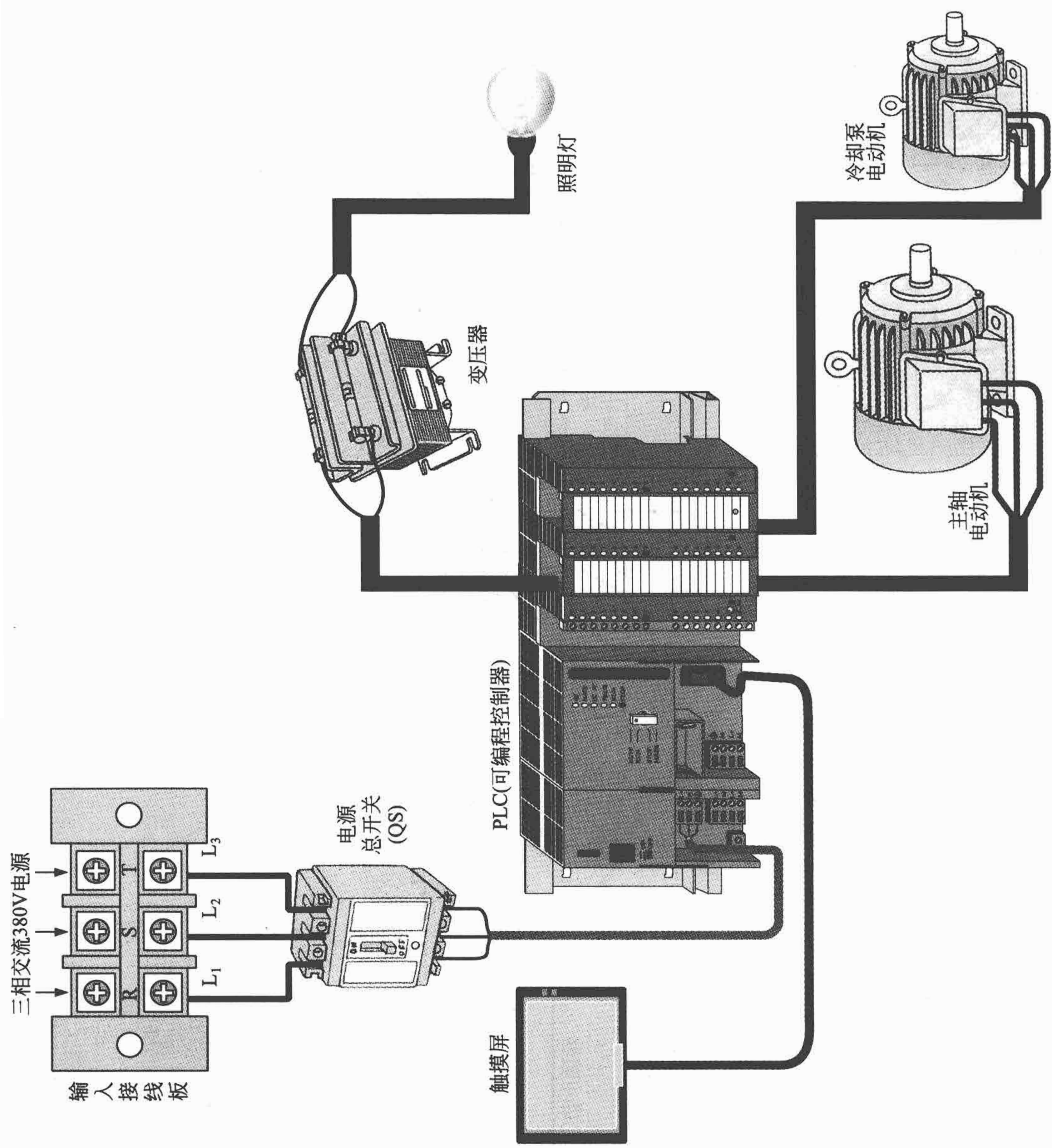
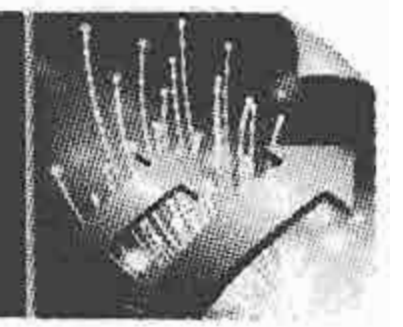


图1-4 采用PLC的控制系统连接示意图

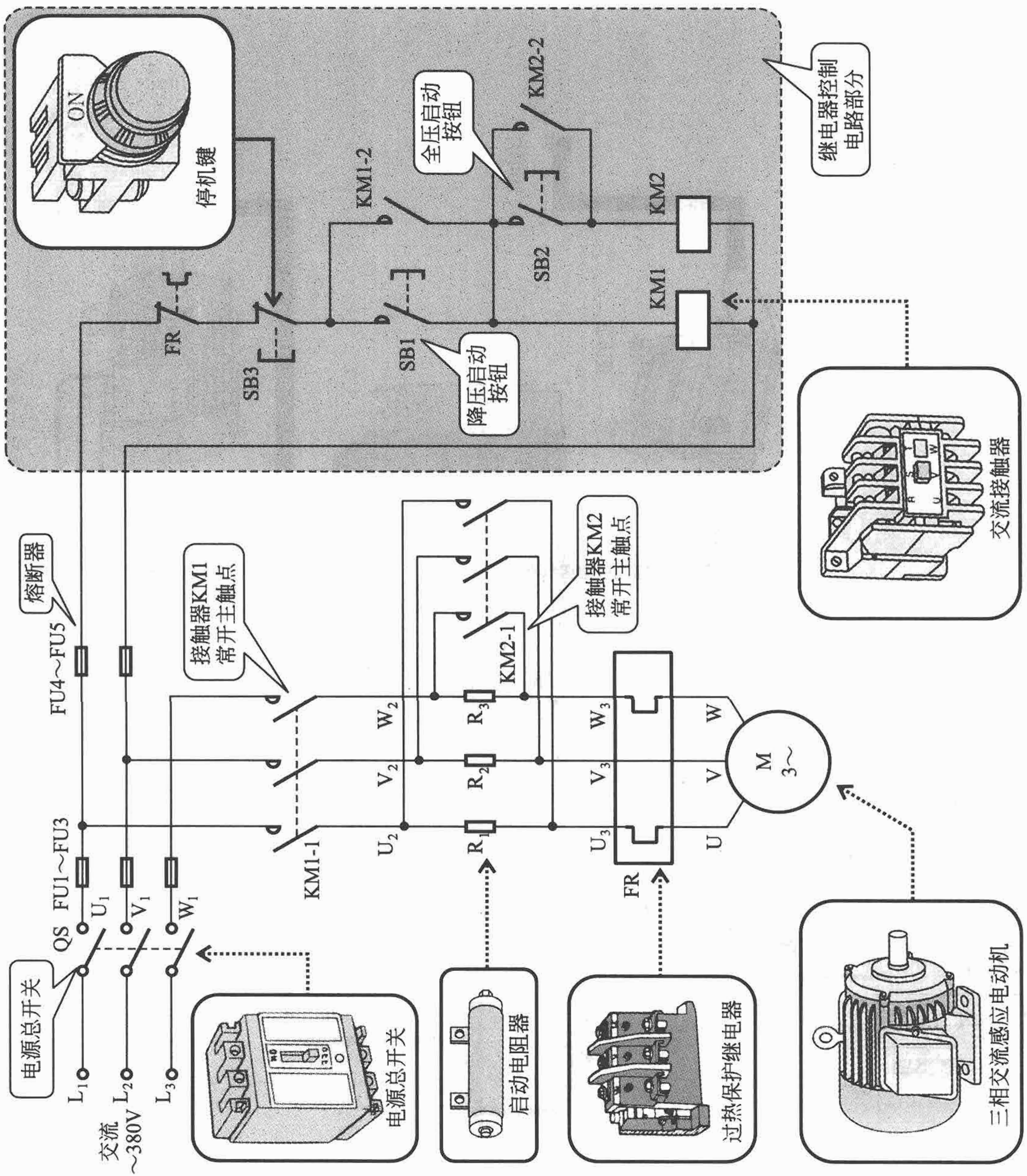


图1-5 采用继电器控制的三相交流感应电动机控制电路（电阻器式降压启动）

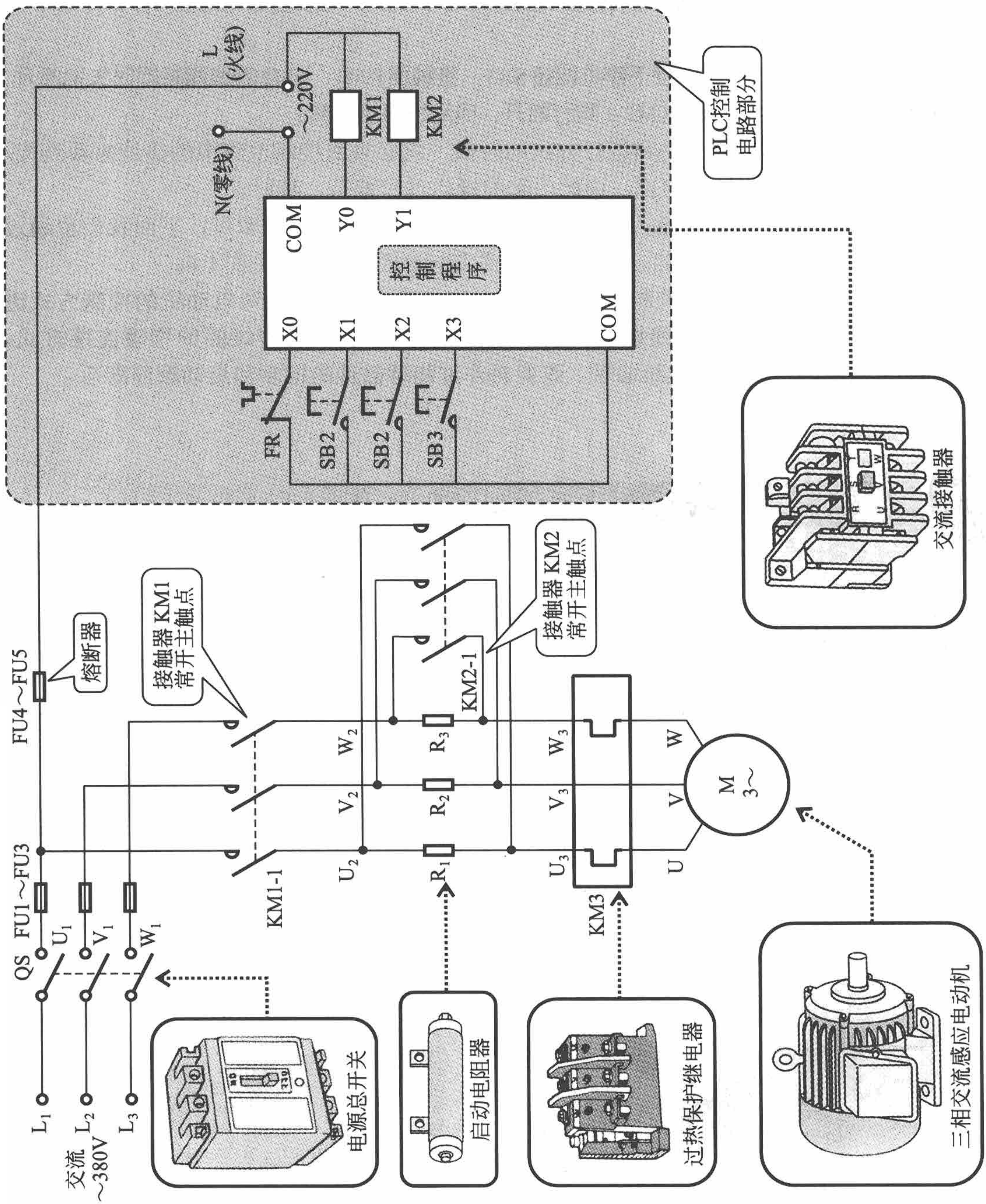
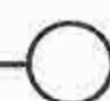


图 1-6 采用 PLC 进行控制的三相交流感应电动机控制系统



串联电阻器 R_1 、 R_2 、 R_3 为电动机供电，电动机降压启动开始。

当电动机转速接近额定转速时，按下全压启动按钮SB2，交流接触器KM2的线圈得电，常开触点KM2-2接通实现自锁功能；同时常开触点KM2-1接通，短接启动电阻器 R_1 、 R_2 、 R_3 ，电动机在全压状态下开始运行。

当需要电动机停止工作时，按下停机按钮SB3，接触器KM1、KM2的线圈将同时失电断开，接着接触器的常开触点KM1-1、KM2-1同时断开，电动机停止运转。

如果需要改变电动机的启动和运行方式的时候，就必须将控制电路中的接线重新连接，再根据需要进行设计、连接和测试，由此引起的操作过程繁杂、耗时。

而对于PLC控制的系统来说，仅仅需要改变PLC中的应用程序即可，下面我们也通过图示进行说明。采用PLC进行控制的三相交流感应电动机控制系统见图1-6。

图中灰色阴影的部分即为控制电路部分，在该电路中，若需要对电动机的控制方式进行调整，无需改变电路中交流接触器、启动/停止开关以及接触器线圈的物理连接方式，只需要将PLC内部的控制程序重新编写，改变对外部物理器件的控制和启动顺序即可。



1.2 PLC及PLC控制系统的分类

1.2.1 PLC的种类

随着PLC的发展和应用领域的扩展，PLC的种类越来越多。根据其内部结构的不同，PLC主要可以分成整体式PLC和组合式PLC两大类。

(1) 整体式PLC

整体式PLC是将CPU、I/O接口、存储器、电源等部分全部固定安装在一块或几块印制电路板上，使之成为统一的整体。如图1-7所示为整体式PLC的实物外形。这种PLC体积小，目前，小型、超小型PLC多采用整体式结构。

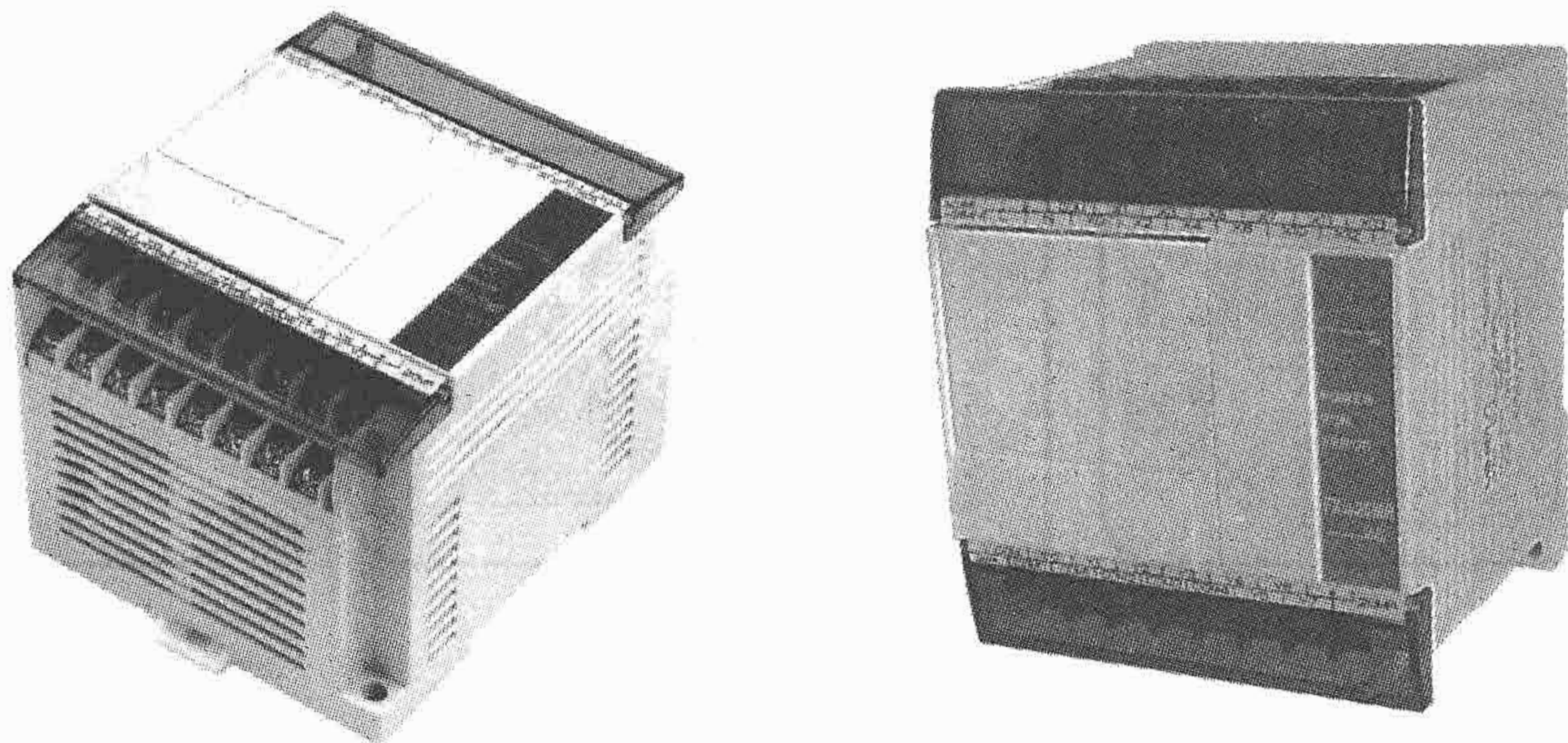


图1-7 整体式PLC的实物外形



(2) 组合式 PLC

如图 1-8 所示, 组合式 PLC 的 CPU、I/O 接口、存储器、电源等部分都是以模块形式按一定规则组合配置而成(因此也称模块式 PLC)。这种 PLC 可以根据实际需要进行灵活配置。中型或大型 PLC 多采用组合式结构。

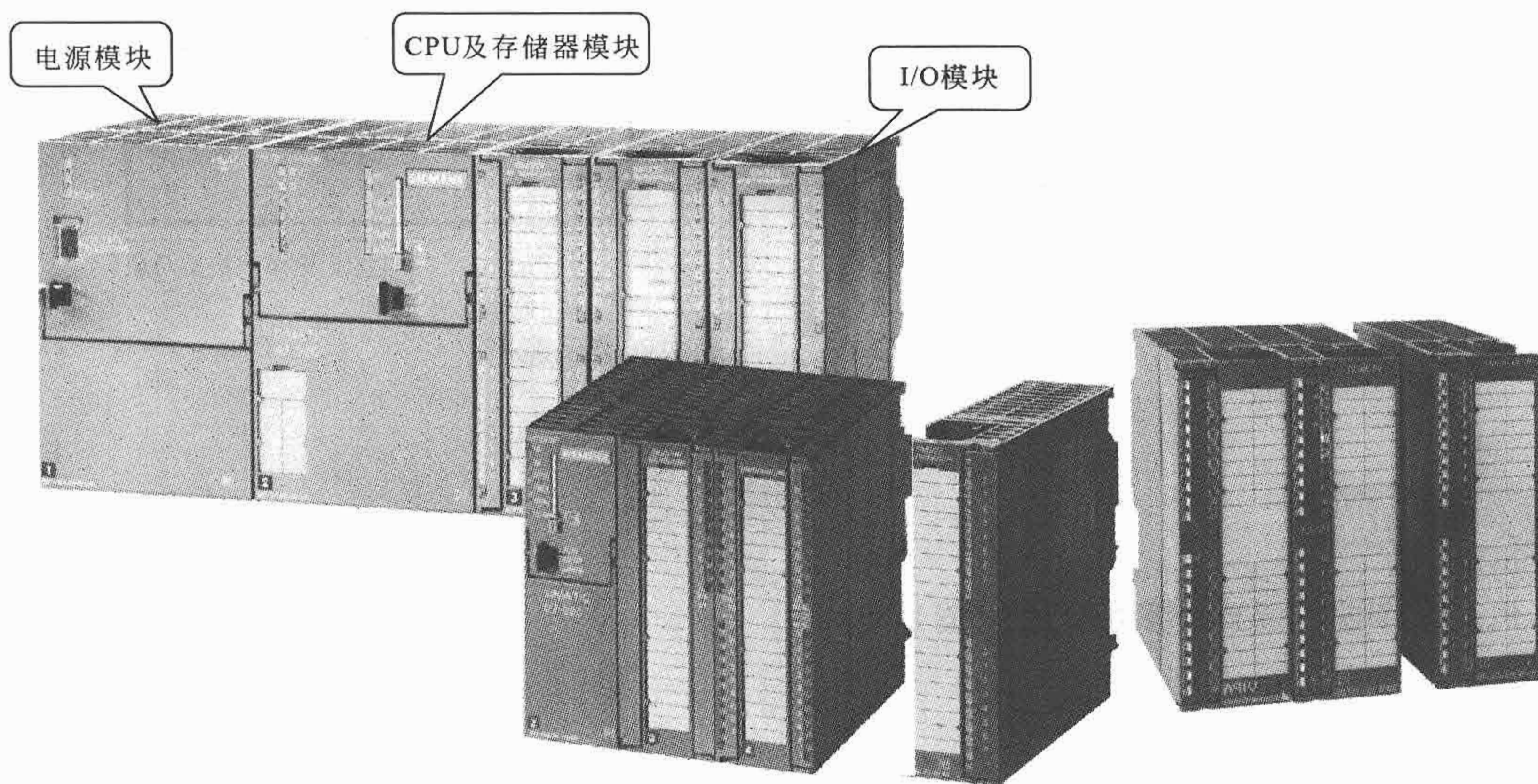


图 1-8 组合式 PLC 的实物外形

1.2.2 PLC 控制系统的类型

依托计算机及现代电子技术的发展, 大规模和超大规模集成电路已经应用到了 PLC 中, 使得 PLC 的功能不断提升, PLC 控制系统的组合形式也更加灵活。特别是计算机技术和通信技术的融合应用, 使得 PLC 不仅可以应对单机控制模式, 而且也可以实现集中控制和网络分布控制。

(1) PLC 单机控制模式

PLC 单机控制模式是通过一台 PLC 只控制一部单独设备的控制方式。这种控制方式常应用于小型自动化生产加工设备中。



PLC 单机控制模式连接示意图见图 1-9。

(2) PLC 集中控制模式

PLC 集中控制模式是通过一台 PLC 可以控制多部设备。工作时, 每部被控设备都与 PLC 的 I/O 接口相连, 由 PLC 统一进行控制。这种控制方式常用于多台设备或多条流水线作业的生产加工系统。

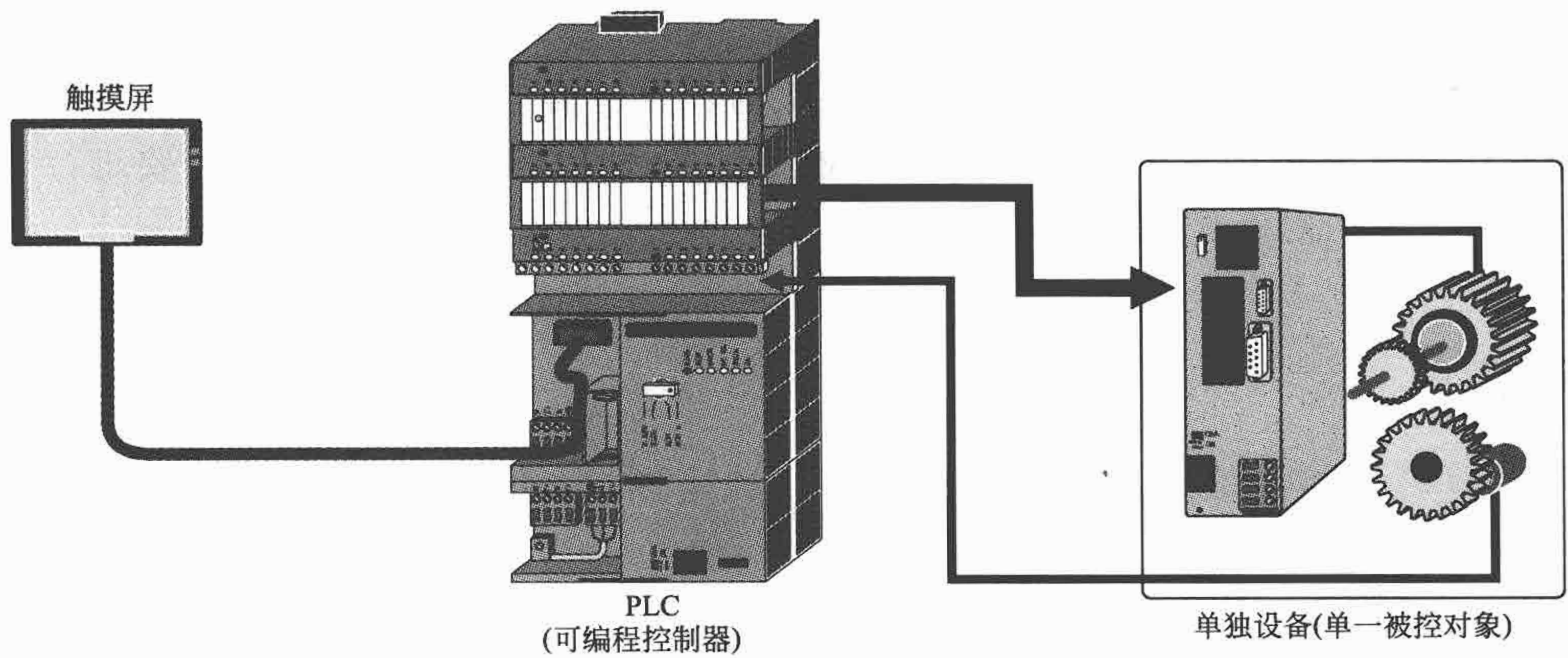


图 1-9 PLC 单机控制模式连接示意图



PLC 集中控制模式连接示意图见图 1-10。

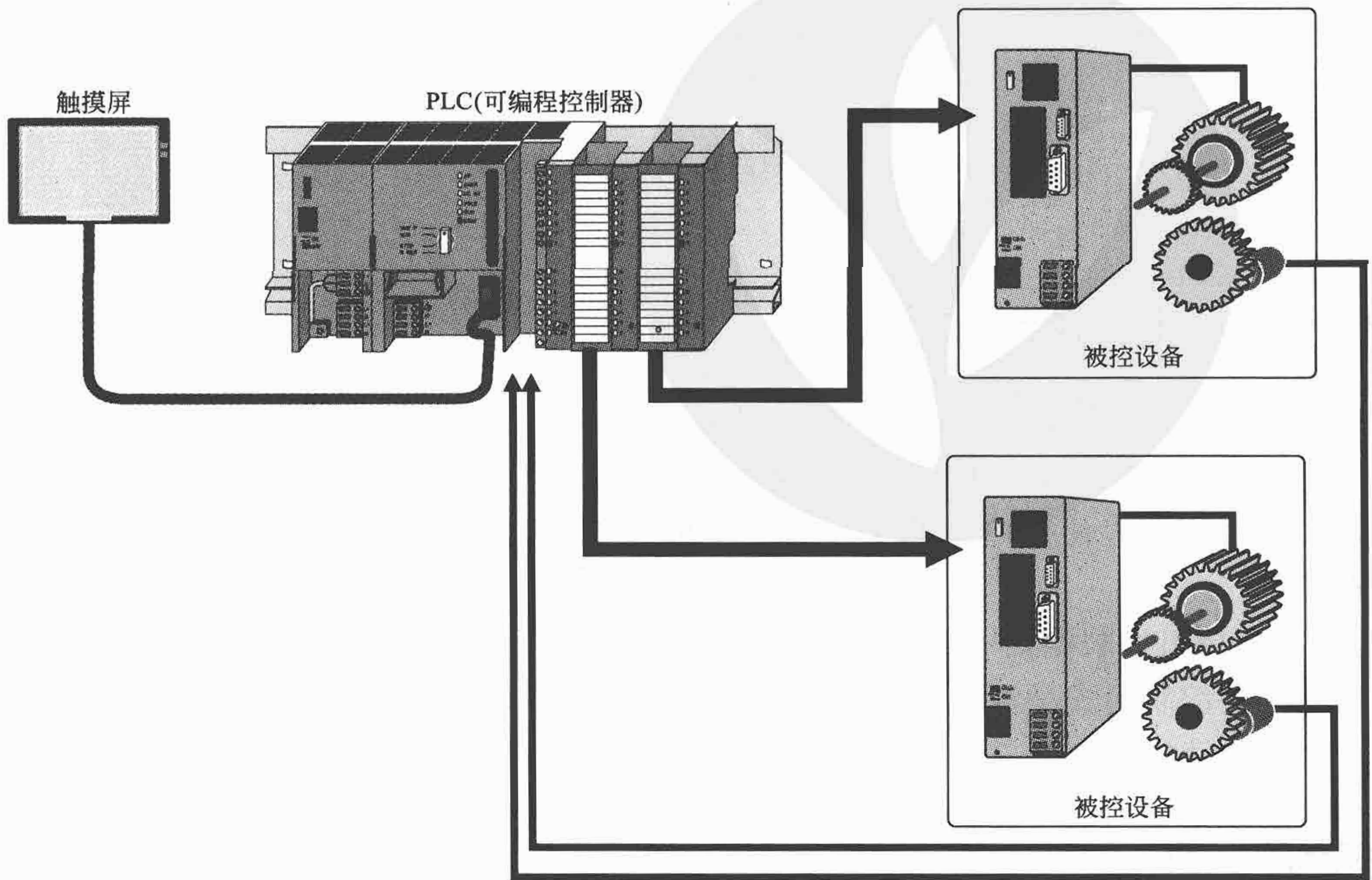


图 1-10 PLC 集中控制模式连接示意图

(3) PLC 网络分布控制模式

PLC 网络分布控制模式是通过网络互联系统，将多台具备网络通信功能的 PLC 进行连接，每台 PLC 都可控制多台被控设备。这种控制方式常用于大型的工业生产控制或监测管理系统。借助网络，PLC 的控制范围可以无限扩大、延伸。同时，在整个网络控制系统中，



上位计算机可以很好地完成监测数据的存储、处理和输出，并能够将控制过程以图形化的形式体现。如果用户需要，还可将实时结果通过打印机打印输出。为大型管理控制提供了非常人性化的技术支持。



PLC 网络分布控制模式连接示意图见图 1-11。

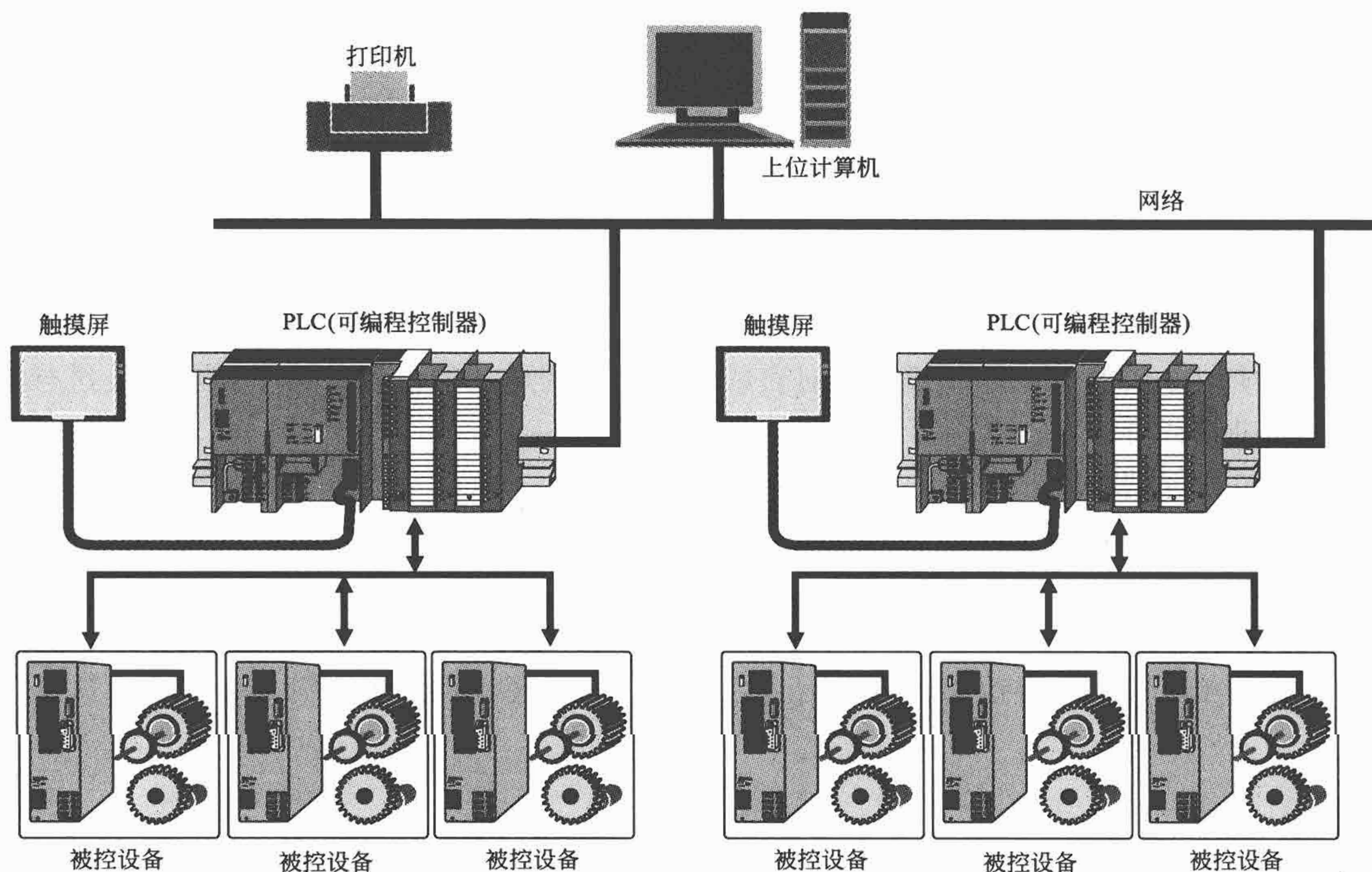


图 1-11 PLC 网络分布控制模式连接示意图

1.3 PLC 的强大功能

PLC 的发展如此迅速，主要是因为具备了很多其他控制系统没有的技术优势。计算机技术、网络技术、通信技术的飞速发展，并且与 PLC 控制系统的紧密融合，使得 PLC 的应用领域得到进一步的急速扩展。

(1) 可编程、调试功能

PLC 通过存储器中的程序对 I/O 接口外接的设备进行控制，存储器中的程序可根据实际情况和应用进行编写，一般可将 PLC 与计算机通过编程电缆进行连接，实现对其内部程序的编写、调试、监视、实验和记录。这也是区别于继电器等其他控制系统最大的功能优势。



(2) 通信联网功能

PLC具有通信联网功能,可以与远程I/O、与其他PLC之间、与计算机之间、与智能设备(如变频器、数控装置等)之间进行通信。

(3) 数据采集、存储与处理功能

PLC具有数学运算、数据的传送、转换、排序、位操作等功能,可以完成数据的采集、分析、数据处理、模拟数据处理等。这些数据还可以与存储在存储器中的参考值进行比较,完成一定的控制操作,也可以将数据进行传输或直接打印输出。数据处理一般用于大型控制系统,如无人控制的柔性制造系统,如造纸、冶金、食品工业中的一些大型控制系统。

(4) 开关逻辑和顺序控制功能

PLC的开关逻辑和顺序功能是其应用最为广泛的领域,是用以取代传统继电器的组合逻辑控制、定时、计数、顺序控制等。既可用于单台设备的控制,也可用于多机群控及自动化流水线。如注塑机、印刷机、订书机械、组合机床、磨床、包装生产线、电镀流水线等。

(5) 运动控制功能

PLC使用专用的运动控制模块,对直线运动或圆周运动的位置、速度和加速度进行控制。例如机床、机器人、电梯等。

(6) 过程控制功能

过程控制是指对温度、压力、流量、速度等模拟量的闭环控制。作为工业控制计算机,PLC能编制各种各样的控制算法程序,完成闭环控制。另外,为了使PLC能够完成加工过程中对模拟量的自动控制,还可以实现模拟量(Analog)和数字量(Digital)之间的A/D转换及D/A转换。过程控制一般在冶金、化工、热处理、锅炉控制等场合有非常广泛的应用。



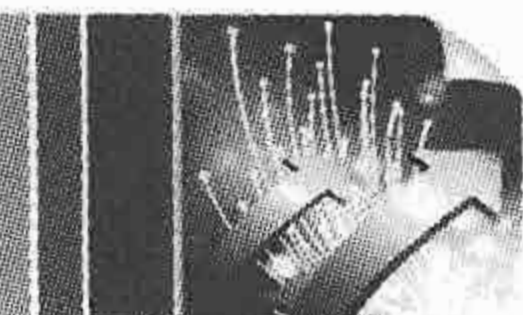
1.4 PLC技术的应用案例

1968年,美国通用汽车公司(GM)为了在每次汽车改型或改变工艺流程时不改动原有继电器柜内的接线,降低成本,缩短开发周期,提出了研制新型逻辑顺序控制装置的设想。

1969年,美国数据设备公司(DEC)研制出世界上第一台可编程控制器,并成功地应用在GM公司的生产线上。这一时期PLC主要功能是实现顺序控制,只能进行逻辑运算,故被称为可编程序逻辑控制器(Programmable Logic Controller, PLC)。该控制系统用计算机代替继电器和控制盘;用程序代替硬件接线;输入/输出电平可与外部装置直接连接;结构易于扩展。

70年代后期,随着微电子、计算机和通信技术的迅猛发展,使PLC从开关量的逻辑控制扩展到数字控制及生产过程控制领域,真正成为计算机工业控制装置。

PLC控制系统器件体积小、耗能低、功能强大、适应性强、可靠性高,关键是系统的设计、安装、调试简单易行,后期检修和维护方便,已被广泛应用于钢铁、石化、机械制



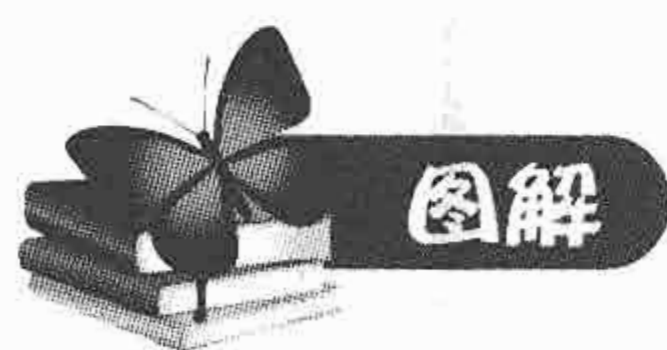
造、汽车装配、电力、轻纺等众多行业。

中国 PLC 工业控制的应用发展相对较晚，直到 20 世纪 70 年代才相继引进了 PLC 控制系统及生产线，但是后续普及应用还是比较迅速的，进入 90 年代，PLC 的应用已经进入了社会生产的各个领域。

目前，PLC 已经成为生产自动化、现代化的重要标志。众多电子器件生产厂商都投入到了 PLC 产品的研发中，PLC 的品种越来越丰富，功能越来越强大，应用也越来越广泛，无论是生产、制造还是管理、检验，都可以看到 PLC 的身影。

(1) PLC 在电子产品制造设备中的应用

PLC 在电子产品制造设备中应用主要用来实现自动控制功能。PLC 在电子元件加工、制造设备中作为控制中心，使元件的输送定位驱动电机、加工深度调整电机、旋转电机和输出电机能够协调运转，相互配合实现自动化工作。



PLC 在电子产品制造设备中的应用见图 1-12。

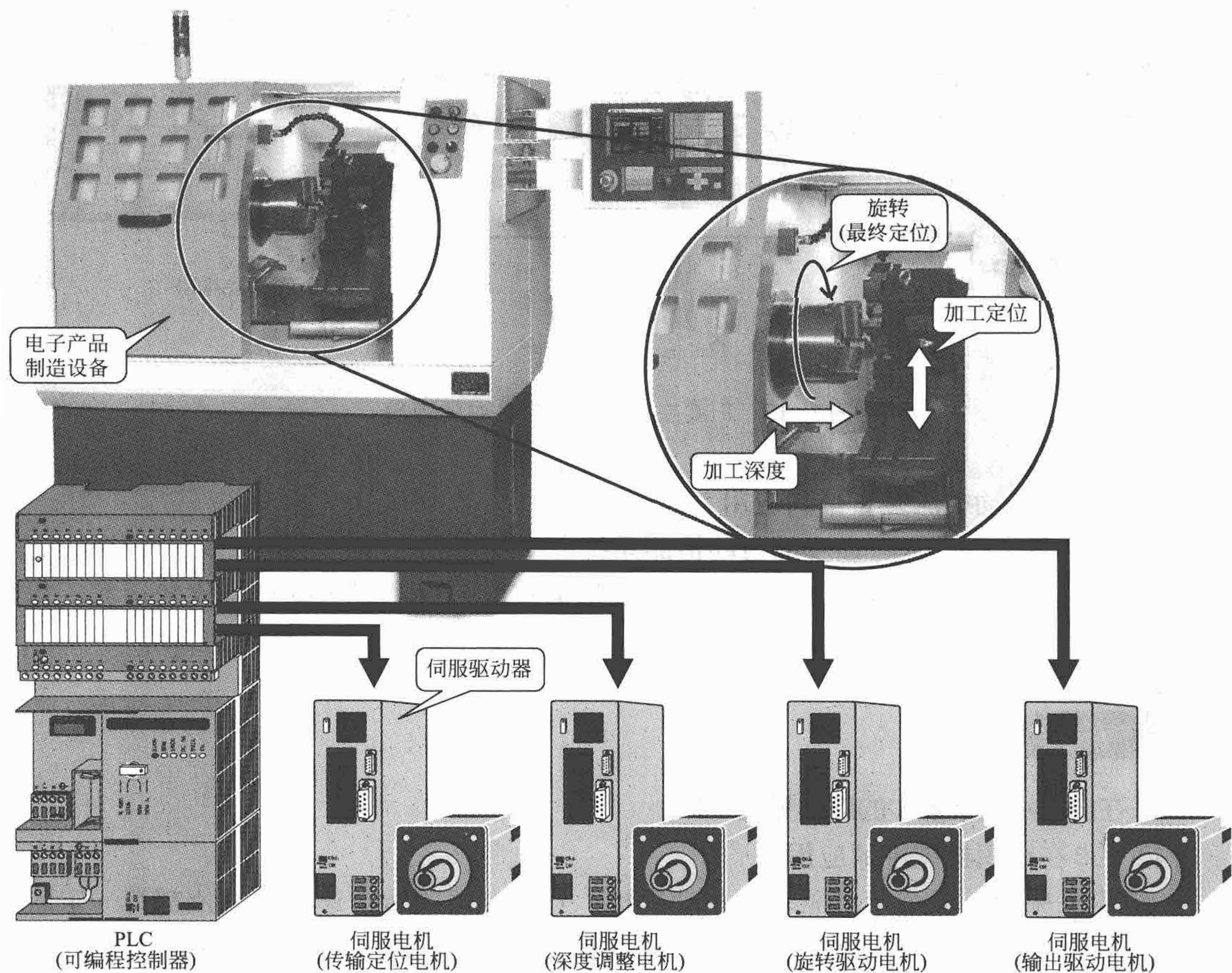


图 1-12 PLC 在电子产品制造设备中的应用

(2) PLC在自动包装系统中的应用

在自动包装控制系统中，产品的传送、定位、包装、输出等一系列都按一定的时序（程序）进行动作，PLC在预先编制的程序控制下，由检测电路或传感器实时监测包装生产线的运行状态，根据检测电路或传感器传输的信息，实现自动控制。



PLC在自动包装系统中的应用见图1-13。

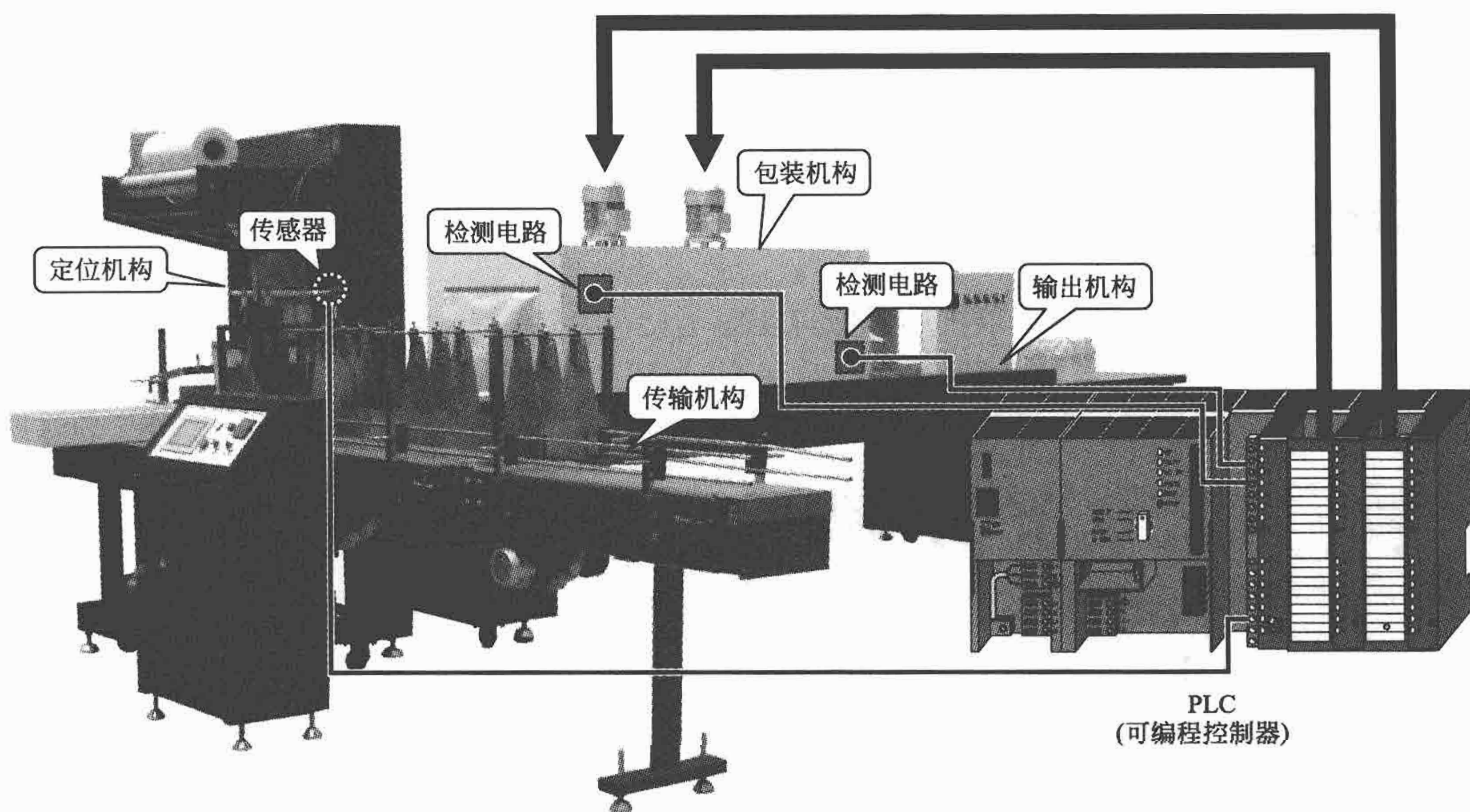
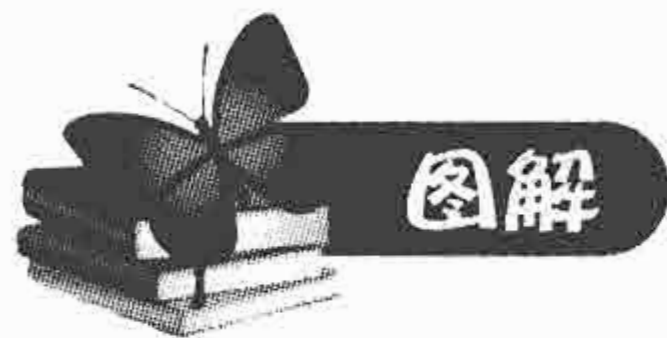


图1-13 PLC在自动包装系统中的应用

(3) PLC在自动检测装置中的应用

用以检测所生产零件弯曲度的自动检测系统中，检测流水线上设置有多个位移传感器，每个传感器将检测的数据送给PLC，PLC即会根据接收到的测量数据进行比较运算，得到零部件弯曲度的值，并与标准进行比对，从而自动完成对零部件是否合格的判定。



PLC在自动检测装置中的应用见图1-14。

(4) PLC在纺织机械中的应用

在纺织机械中有多个电机驱动的传动机构，互相之间的转动速度和相位都有一定的要求。通常，纺织机械系统中的电动机普遍采用通用变频器控制，所有的变频器则统一由PLC控制。工作时，每套传动系统将转速信号通过高速计数器反馈给PLC，PLC根据速度信号即可实现自动控制，使各部件协调一致工作。

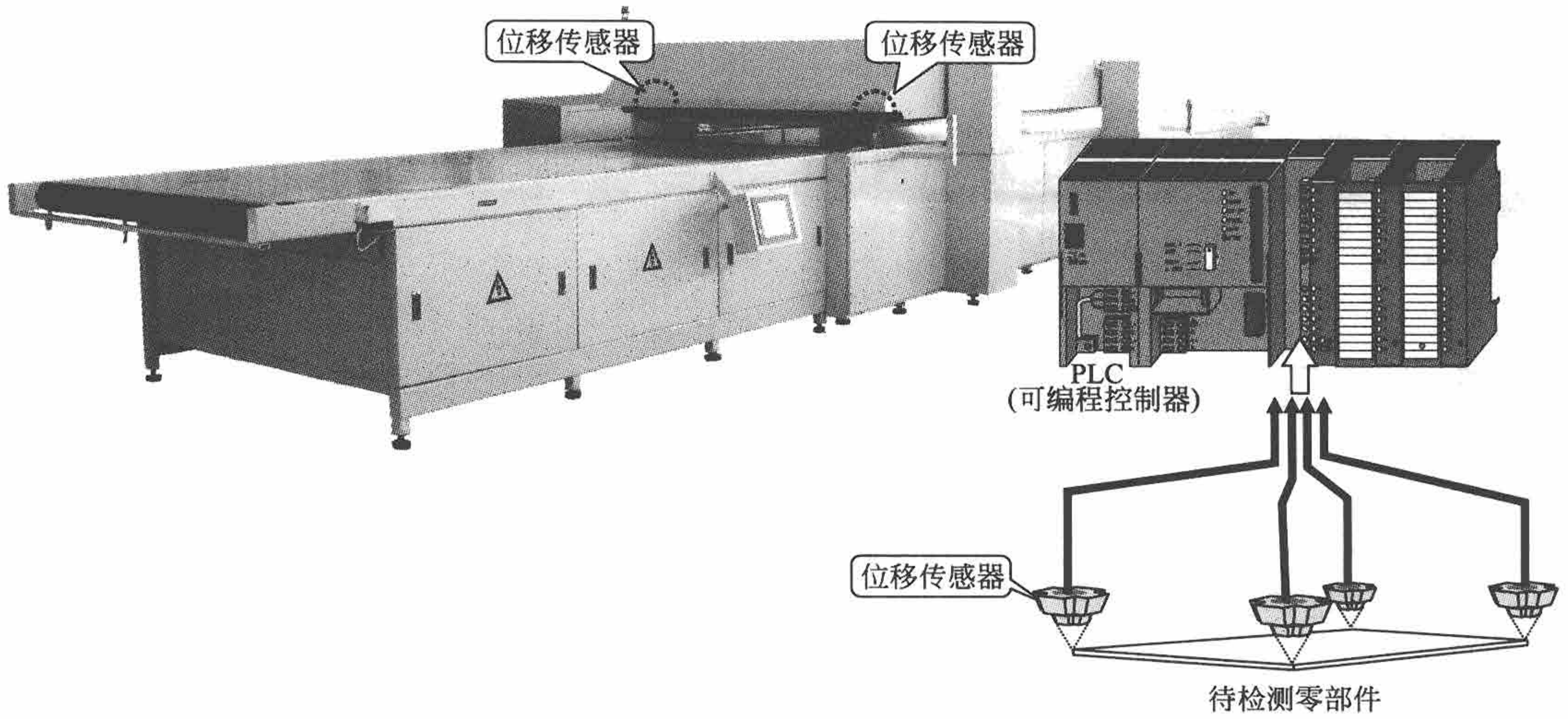
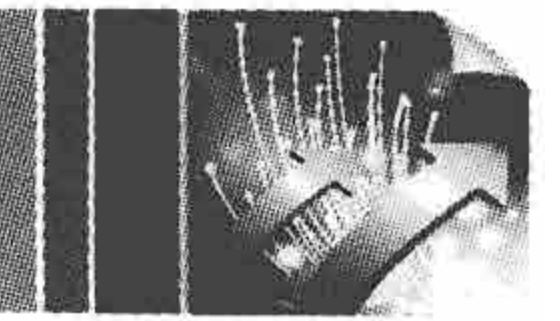


图 1-14 PLC 在自动检测装置中的应用



PLC 在纺织机械中的应用见图 1-15。

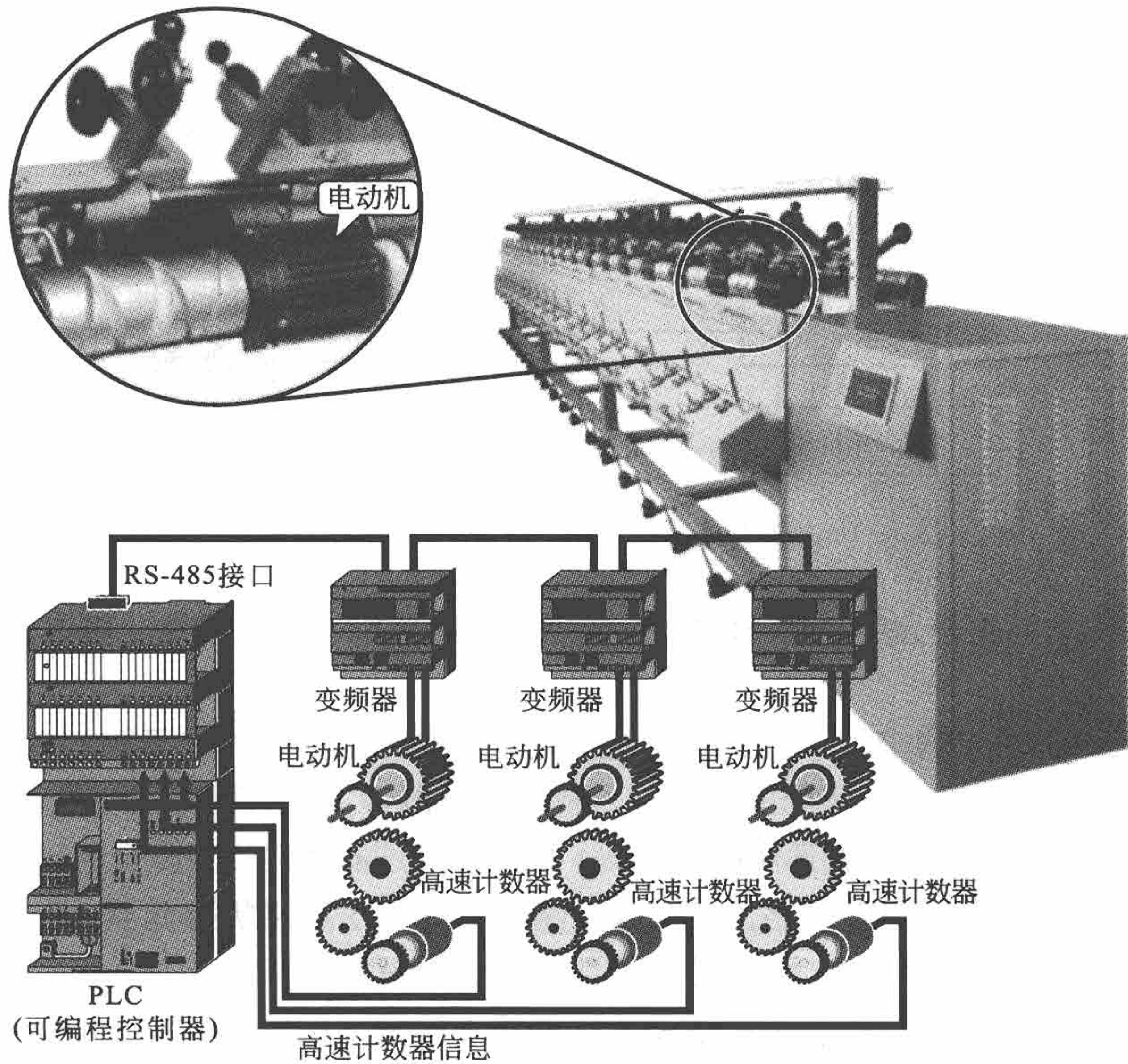
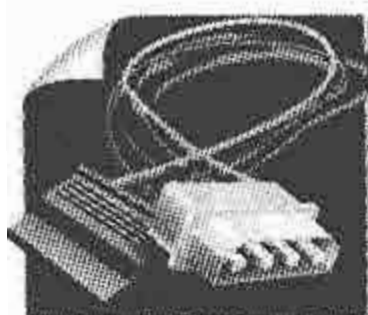


图 1-15 PLC 在纺织机械中的应用

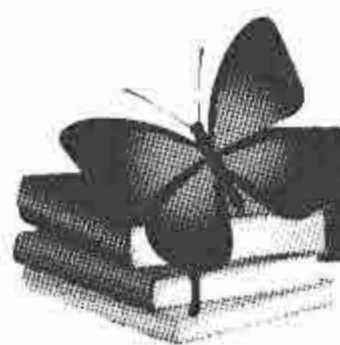


1.5

PLC的基本组成和工作原理

1.5.1 PLC的基本组成

PLC属于精密的电子设备，从功能电路上讲，主要是由输入电路、运算控制电路、输出电路等构成的。输入电路的作用是将被控对象的各种控制信息及操作命令转换成PLC输入信号，然后送给运算控制电路分；运算控制电路以内部的CPU为核心，按照用户设定的程序对输入信息进行处理，然后由输出电路输出控制信号，这个过程实现算术运算和逻辑运算等多种处理功能；输出电路由PLC输出接口和外部被控负载构成，CPU完成的运算结果由PLC输出接口提供给被控负载。其中，输入部分和输出部分都具备人机对话功能。



图解

不同的电路功能需要借助不同的电路和内部程序协作完成，如图1-16所示为典型PLC电路结构及协同工作原理示意图。

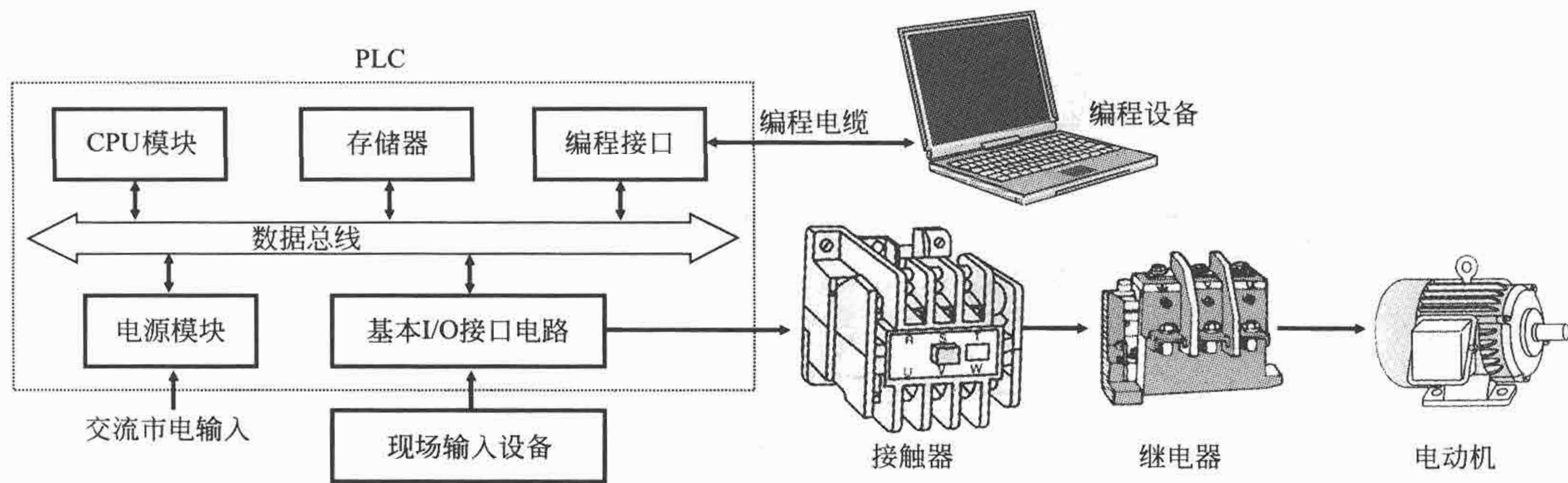


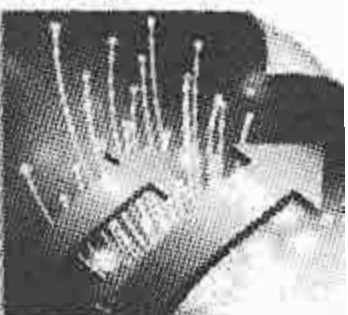
图1-16 典型PLC电路结构及协同工作原理示意图

PLC的硬件电路主要是由CPU模块、存储器、编程接口、电源模块、基本I/O接口电路五部分组成。

- CPU模块是PLC的核心，CPU的性能决定了PLC的整体性能。不同的PLC配有不同的CPU，主要承担着将外部输入信号的状态写入输入存储器中，然后将处理结果送到输出映像寄存器中。CPU常用的微处理器有通用微处理器、单片微处理器和位片式微处理器。

- 存储器主要是存储用户程序，由只读存储器（ROM）和随机存储器（RAM）两大部分构成。系统程序存放在ROM中，用户程序和中间运算数据存放在RAM中，

- 编程接口通过编程电缆与编程设备（计算机）连接，电脑通过编程电缆对PLC进行编程、调试、监视、试验和记录。



● 基本 I/O 接口电路可以分为 PLC 输入电路和 PLC 输出电路两种，现场输入设备将输入信号送入 PLC 输入电路，经 PLC 内部 CPU 处理后，由 PLC 输出电路输出送给外部设备。

● PLC 内部配有一个专用开关式稳压电源，为 PLC 内部电路提供多路工作电压。

PLC 软件系统和硬件电路共同构成 PLC 系统的整体。PLC 软件系统又可分为系统程序 and 用户程序两大类。

● 系统程序是由 PLC 制造厂商设计编写的，用不能直接读写和更改，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。

● 用户程序是用户根据控制要求，按系统程序允许的编程规则，用厂家提供的编程语言编写的程序。

1.5.2 PLC 的工作原理

PLC 是一种以微处理器为核心的数字运算操作的电子系统装置，是专门为大中型工业用户现场的操作管理而设计，它采用可程序的存储器，用以在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时/计数和算术运算等操作指令，并通过数字式或模拟式的输入、输出接口，控制各种类型的机械或生产过程。PLC 的整机工作原理示意图如图 1-17 所示。

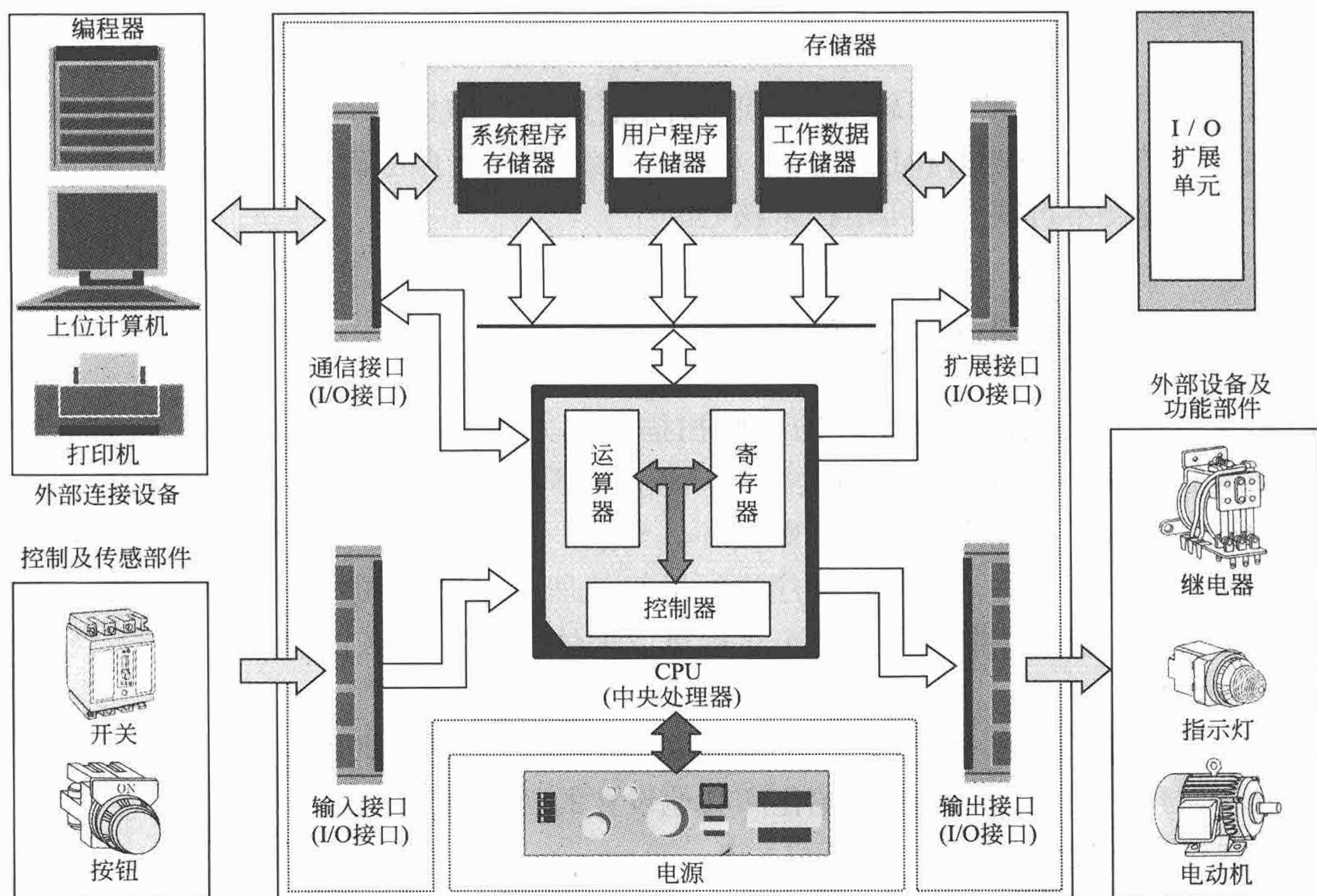


图 1-17 PLC 的整机工作原理示意图

其中，CPU（中央处理器）是 PLC 的控制核心，它主要由控制器、运算器和寄存器三部分构成。通过数据总线、控制总线和地址总线与 I/O 接口相连。

PLC 的程序是由工程技术人员通过编程设备（简称编程器）输入的。目前，PLC 的编



程有两种方式：一种是通过PLC手持式编程器编写程序，然后传送到PLC内。另一种是利用PLC通信接口（I/O接口）上的RS232串口与计算机相连，然后，通过计算机上专门的PLC编程软件向PLC内部输入程序。

编程器或计算机输入的程序输入到PLC内部，存放在PLC的存储器中。通常，PLC的存储器分为系统程序存储器、用户程序存储器和工作数据存储器。

用户编写的程序主要存放在用户程序存储器中，系统程序存储器中主要用于存放系统管理程序、系统监控程序以及对用户编制程序进行编译处理的解释程序。

当用户编写的程序存入后，CPU会向存储器发出控制指令，从系统程序存储器中调用解释程序将用户编写的程序进行进一步的编译，使之成为PLC认可的编译程序。

存储器中的工作数据存储器是用来存储工作过程中的指令信息和数据的。通过控制及传感部件发出的状态信息和控制指令通过输入接口（I/O接口）送入到存储器的工作数据存储器中。在CPU控制器的控制下，这些数据信息会从工作数据存储器中调入CPU的寄存器，与PLC认可的编译程序结合，由运算器进行数据分析、运算和处理。最终，将运算结果或控制指令通过输出接口传送给继电器、电磁阀、指示灯、蜂鸣器、电磁线圈、电动机等外部设备及功能部件。这些外部设备及功能部件即会执行相应的工作。

在整个工作过程中，PLC中的电源始终为各部分电路提供工作所需的电压。确保PLC工作的顺利进行。

由此可见，PLC作为全新型的工业控制装置，有效地将传感控制技术、计算机控制技术和通信技术融合在一起，用软件编程逻辑代替了硬件布线逻辑，拓展了功能、提升了效率、增强了系统的控制能力和抗干扰能力，并有效地降低了故障发生的几率。目前，以成为工业自动化发展不可缺少的实用技术核心。

1.5.3 PLC循环扫描的工作方式

PLC的工作方式采用不断循环的顺序扫描工作方式（串行工作方式）。CPU从第一条指令开始执行程序，按顺序逐条地执行用户程序直到用户程序结束，然后返回第一条指令开始新一轮扫描。如此周而复始不断循环。当然，整个过程是在系统软件控制下进行的，顺次扫描各输入点的状态，按用户程序进行运算处理（用户程序按先后顺序存放），然后顺序向输出点发出相应的控制信号。整个过程可以大体分为以下多个阶段。

（1）初始化

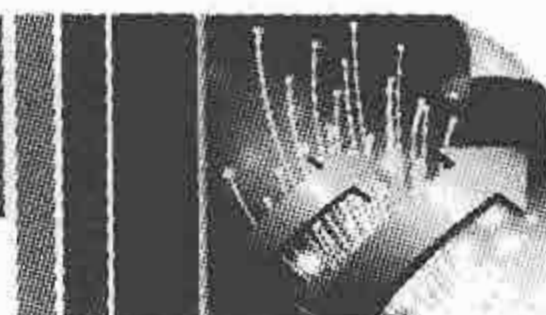
PLC接通电源后，市电电压经内部电路处理后为PLC整机供电。系统首先执行自身的初始化操作，包括硬件、软件的初始化和其他设置的初始化处理。

（2）自诊断处理

自诊断处理的检查对象包括CPU、电池电压、程序存储器、I/O和通信等，若发现异常，马上传递出错代码，特别是出现致命错误时，CPU立刻进入“STOP”（停止）方式，所有的扫描停止。PLC每扫描一次，执行一次自诊断检查。

（3）通信处理

PLC自诊断处理完成后，先检查有无通信任务，如有则调用相应进程，完成PLC之间、或PLC与其他设备的通信处理，并对通信数据作相应处理。例如：PLC与外部编程器、显



示器、打印机等是否有通信信息需要传递。PLC每扫描一次，执行一次通信处理。

(4) 输入信息处理

将输入端子导入的外部输入信息存入映像寄存器中。PLC每扫描一次，执行一次输入信息处理。

(5) 用户程序执行

用户程序由若干条指令组成，指令在存储器中按照序号顺序排列。从首地址开始按自上而下、从左到右的顺序逐条扫描执行，并从输入映像寄存器中“读入”输入端子状态，从元件映像寄存器“读入”对应元件（软继电器）的当前状态，然后，根据指令要求执行相应的运算，运算结果再存入元件映像寄存器中。

(6) 输出信息处理

所有指令执行完毕后，进入输出信息处理阶段。将运算处理完毕的结果信息存入输出映像寄存器中，并进一步传输至外部被控设备。PLC每扫描一次，执行一次输出信息处理。

至此，一个扫描过程完毕，这整个工作周期称为扫描周期。为了确保控制能正确实时地进行，在每个扫描周期的作业时间必须被控制在一定范围内。通常用PLC执行1KB指令所需时间来说明其扫描速度，一般为零点几毫秒到上百毫秒。PLC运行正常时，程序扫描周期的长短与CPU的运算速度、与I/O点的情况、与用户应用程序的长短及编程情况等有关。



1.6 PLC 典型产品介绍

目前，PLC在全世界的工业控制中被大范围采用。PLC的生产厂家不断涌现，推出的产品种类繁多，功能各具特色。其中，美国的AB公司、通用电气公司，德国的西门子公司，法国的TE公司，日本的欧姆龙、三菱、富士等公司，都是目前市场上非常主流且极具有代表性的生产厂家。目前国内也自行研制、开发、生产出许多小型PLC，应用于更多的有各类需求的自动化控制系统中。

目前，在世界范围内（包括国内市场），松下、西门子、欧姆龙、三菱的产品占有率较高、普及应用较广，下面大致介绍一下这些典型PLC的功能特点、相关参数以及系统配置。

1.6.1 松下PLC

松下PLC是目前国内比较常见的PLC产品之一，其功能完善，性价比较高，如图1-18所示为松下PLC不同系列产品的实物外形图。松下PLC可分为小型的FP-X、FP0、FP1、FP Σ 、FP-e系列产品；中型的FP2、FP2SH、FP3系列；大型的EP5系列等。

下面具体介绍松下PLC的主要功能特点。

- 具有超高速处理功能，处理基本指令只需 $0.32\mu\text{s}$ ，还可快速扫描。
- 程序容量大，容量可达到32k步。

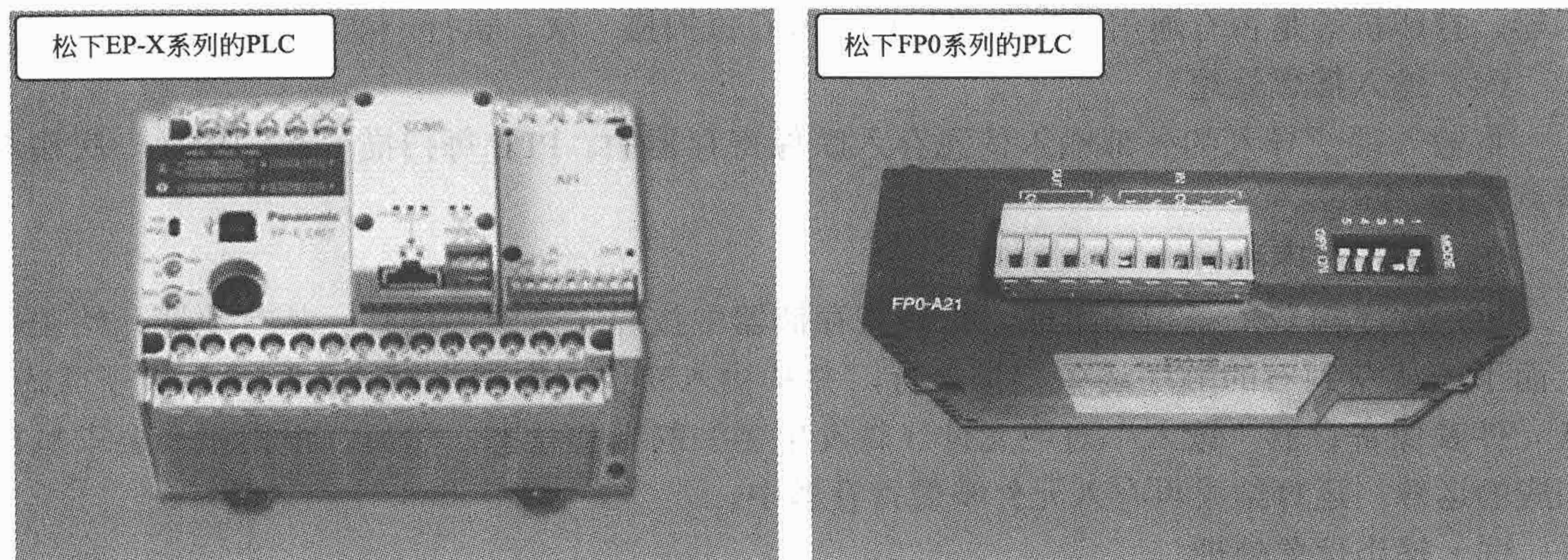


图1-18 松下系列的PLC实物外形图

- 具有广泛的扩展性，I/O最多为300点。还可通过功能扩展插件、扩展FP0适配器，使扩展范围更进一步扩大。

- 可靠性和安全性可以保证，8位密码保护和禁止上传功能，可以有效地保护系统程序。

- 通过普通USB电缆线（AB型）即可与计算机实现连接。

- 部分产品具有指令系统，功能十分强大。

- 部分产品采用了可以识别FP-BASIC语言的CPU及多种智能模块，可以设计十分复杂的控制系统。

- FP系列都配置通信机制，并且使用的应用层通信协议具有一致性，可以设计多级PLC网络控制系统。

下面以松下PLC典型几款产品为例，详细了解一下相关参数和系统配置。

(1) 松下FP1系列PLC

松下FP1系列有C14、C16、C24、C40、C56、C72多种规格产品，虽然是小型机，但性价比却很高，该产品比较适合于中小型企业中。

FP1硬件配置除主机外，还可外加I/O扩展模块、A/D（模/数转换）、D/A（数/模转换）模块等智能单元。最多可配置几百点，机内有高速计数器，可输入频率高达10kHz的脉冲，并可同时输入两路脉冲，还可输出可调的频率脉冲信号（晶体管输出型）。

FP1有190多条功能指令，除基本逻辑运算外，还可进行+、-、×、÷四则运算。有8位、16位、32位数字处理功能，并能进行多种码制变换。FP1还有中断程序调用、凸轮控制、高速计数、字符打印、步进等特殊功能指令。

FP1监控功能很强，可实现梯形图监控、列表继电器监控、动态时序图监控（可同时监控16个I/O点的时序）等功能，具有几十条监控命令，多种监控方式。指令和监控结果可用日本、英国、德国、意大利四种文字显示。

FP1系列典型产品的主要性能参数见表1-1。



表 1-1 FP1 系列 PLC 典型产品的主要性能参数

项 目	FP1-C16	FP1-C40
I/O 分配	8/8	24/16
最大 I/O 点数	32	120
程序容量	900 步	2720 步
指令数	126	154
内部继电器	256	1008
特殊继电器	64	64
定时/计数器	128	144
数据计数器	256	1660
串行通信	—	1HC RS232C
存储器类型	EEPOM RAM (备份电池) 和 EPROM	
运行速度	1.6 μ s/步	
高速计数	X0、X1 为计数输入, 可加可减	

(2) 松下 FP Σ 系列 PLC

FP Σ 系列 PLC 保持机身小巧、使用简便的同时, 加载了中型 PLC 的功能。采用通信模块插件大幅增强了通信功能, 可以实现最大 100 kHz 的位置控制; 具有数据备份结构, 可以对数据寄存器区进行完全备份, 日历、时钟的数据也能由电池备份, I/O 注释可以与程序一同写入, 大幅提高了系统保存性; 具有高速、丰富的实数运算功能; FP Σ 型的 PLC 实现了 PID 控制的指令, 可以进行自整, 实现简便、高性能的控制; 为了防止出厂后的意外改写程序或保护原始程序不被窃取, FP Σ 还可以设置密码功能。

(3) 松下 FP2/FP2SH 系列 PLC

FP2 系列 PLC 有 FP2-C1, FP2-C1D, FP2-C1SL, FP2-C1A 等型号产品, 外形结构紧凑, 但保持了中规模 PLC 的功能, 具有多种高功能单元, 使得本系统能够从事诸如模拟量控制、联网和位置控制。FP2 系列集多种功能于一体, 具有优良的性能价格比, I/O 点数基本结构最大 768 点, 扩展结构最大 1600 点, 使用远程 I/O 系统最大 2048 点。它的 CPU 单元配有一个 RS232 编程口, 可直接与人机界面相连。此外还带有一个用于远程监控和通过调制解调器进行维护的高级通信接口。

FP2SH 系列 PLC 的扫描时间为 1ms/20k 步, 实现了超高速处理, 它的程序容量最大为 120k 步, 具有足够的程序容量。同时还配备了小 PC 卡, 可用于程序备份或用作扩张数据内存, 应用与大量数据进行处理。此外, 它内置注释和日历定时器功能。

(4) 松下 FP3/FP10SH 系列 PLC

FP10SH 系列 PLC 的特点如下: 高速 CPU; 最多可控制 2048 个 I/O 点; 可利用中继功能执行高优先级的中断程序; 编程器可在程序中插入注释, 便于后期的检查与调试; 具有高精度定时功能/日历功能; 具备 16k 步的大程序容量; 288 条方便指令功能; EPPROM 写入功能; 还有就是网络的连接及安装十分简便。



1.6.2 西门子PLC

德国西门子(SIEMENS)公司的可编程序控制器SIATIC S5系列产品在中国的推广较早,在很多的工业生产自动化控制领域,都曾有过经典的应用。并且西门子(SIEMENS)公司还开发了一些起标准示范作用的硬件和软件。从某种意义上说,西门子系列PLC决定了现代可编程序控制器发展的方向。如图1-19所示为1996年西门子公司推出的西门子S7系列产品实物外形图,S7系列PLC包括小型OLC S7-200、中型OLC S7-300和大型OLC S7-400。

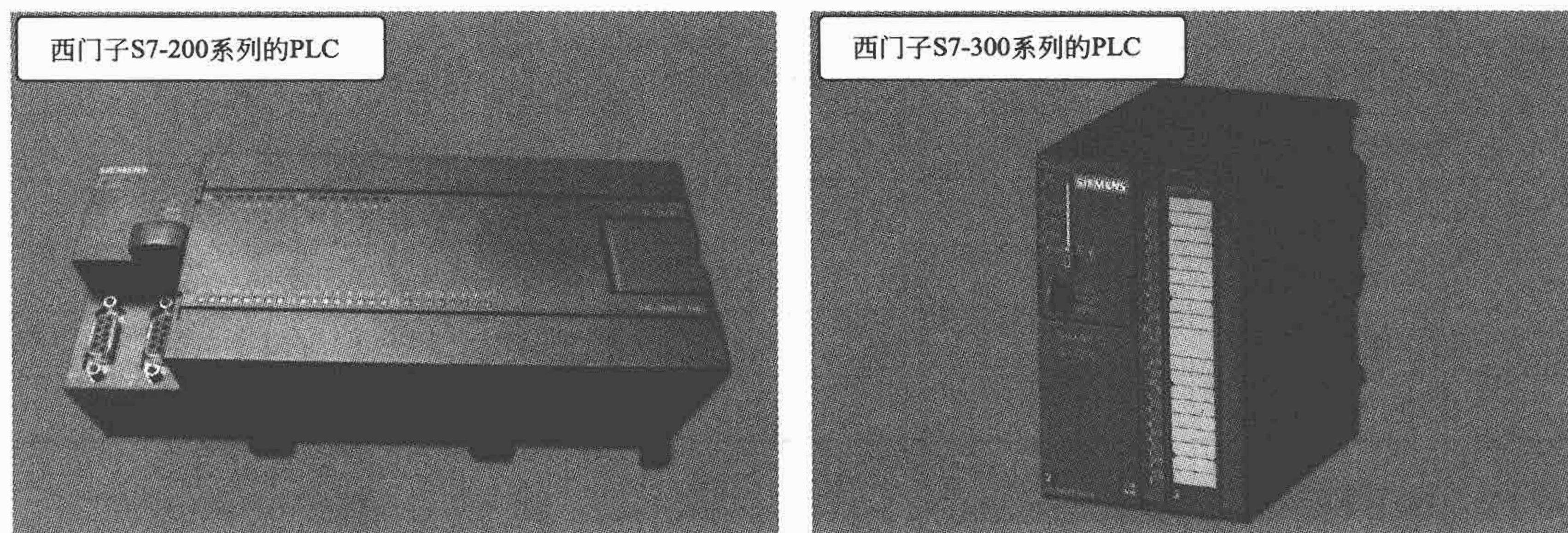


图1-19 西门子S7系列的PLC实物外形图

- 采用模块化紧凑设计,可按积木式结构进行系统配置,功能扩展非常灵活方便。
- 以极快的速度处理自动化控制任务,S7-200和S7-300的扫描速度为 $0.37 \mu\text{s}$ 指令。
- 具有很强的网络功能,可以将多个PLC按照工艺或控制方式连接成工业网络,构成多级完整的生产过程控制系统,既可实现总线联网也可实现点到点通信。
- 在软件方面,允许在Windows操作平台下,使用相关的程序软件包、标准的办公室软件和工业通信网络软件,识别C++等高级语言环境。
- 编程工具更为开放,可使用普通计算机或笔记本电脑。

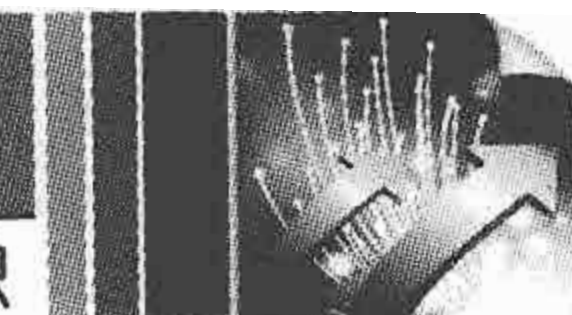
下面以典型西门子S-200系列、S-300系列为例,详细了解一下相关参数及性能配置。

(1) 西门子S-200系列小型PLC

西门子S-200系列小型PLC主要性能参数见表1-2。

表1-2 西门子S-200系列小型PLC主要性能参数

项 目	技术指标	项 目	技术指标
用户存储器类型	EEPROM	10 ms 定时器	16个
最大数字量I/O影响区	128点入, 128点出	100 ms 定时器	236个
最大模拟量I/O影响区	32点入, 32点出	计数器总数(超级电容或电池保存)	256个
内部标志位(M寄存器)	256位	布尔量运算执行速度	$0.37 \mu\text{s}$ /指令
掉电永久保存	112位	顺序控制继电器	256点



续表

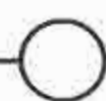
项 目	技术指标	项 目	技术指标
超级电容或电池保存	256位	定时中断	2个, 1 ms分辨率
定时器总数	256个	硬件输入边沿中断	4个
1 ms 定时器	4个	可选滤波时间输入	0.2 ~ 12.8 ms

(2) 西门子 S-300 系列中型 PLC

西门子 S-300 系列中型 PLC 主要性能参数见表 1-3。

表 1-3 西门子 S-300 系列小型 PLC 主要性能参数

CPU 型号	CPU312IFM	CPU314
程序存储量语句/字节	2/6KB	8/24KB
程序存储量子模块	无	8/24KB
每 1024 语句处理时间, 二进制	0.6 ms	03ms
每 1024 语句处理时间, 混合	1.2 ms	0.8ms
数字输入/输出量/本机	102/6 出	无
数字输入/输出量/最大	128	512
模拟输入/输出量/最大	32	64
机架组态	1 排	4 排
扩展模块最多	8 块	32 块
内部位存储器	1024/max, 40000	1024/max, 190000
计数器 (保持型)	32 (16)	32 (64)
定时器 (保持型)	64 (0)	128 (128)
MPI 网络 18.7Kbit/s	4 主动节点	4 主动节点
可编址的 MPI 结点	32	32
可组态的功能模块	有	有
指令集	位逻辑, 扩号优先结果分配, 存储计数, 时间传送, 比较, 跳转, 块调, 特殊功能字逻辑, 算术运算 (定点 32 位浮点的 +、-、*、:) 脉冲沿评估和环标志	
程序组织结构	线性或结构化的	
程序处理	循环时间控制/或中断控制	
系统电源 (供电电压)	DC 24V	
环境温度	0 ~ 60°C	
负载电源 (进线)	AC 120/230	
负载电源 (DC24 V 输出)	2A/5A/10A	
数字输入	DC 16×24V, AC8×120/230V, AC16×120V	
数字输出	DC 8×继电器 30V, 0.5 A 或 AC 250V, 3A	
模拟量输入 10, 12, 14 位 (可设定参数)	8 路模拟量输入; 2 路模拟量输入 ±10V; ±50mV, ±1V, ±20mA, 4 ~ 20 mA, Pt100、NI100, 热电偶型 E、N、J、K (线性化)	



1.6.3 欧姆龙PLC

日本欧姆龙（OMRON）公司的PLC较早进入中国市场，开发了最大的I/O点数在140点以下的C20P、C20等微型PLC；最大I/O点数在2048点的C2000H等大型PLC，如图1-20所示为欧姆龙PLC系列产品的实物外形图。公司产品被广泛用于自动化系统设计的产品中。

欧姆龙公司对可编程控制器及其软件的开发有自己的特殊风格。例如：C2000H大型PLC是将系统存储器、用户存储器、数据存储器 and 实际的输入输出接口、功能模块等，统一按绝对地址形式组成系统。它把数据存储和电器控制使用的术语合二为一。命名数据区为I/O继电器、内部负载继电器、保持继电器、专用继电器、定时器/计数器。

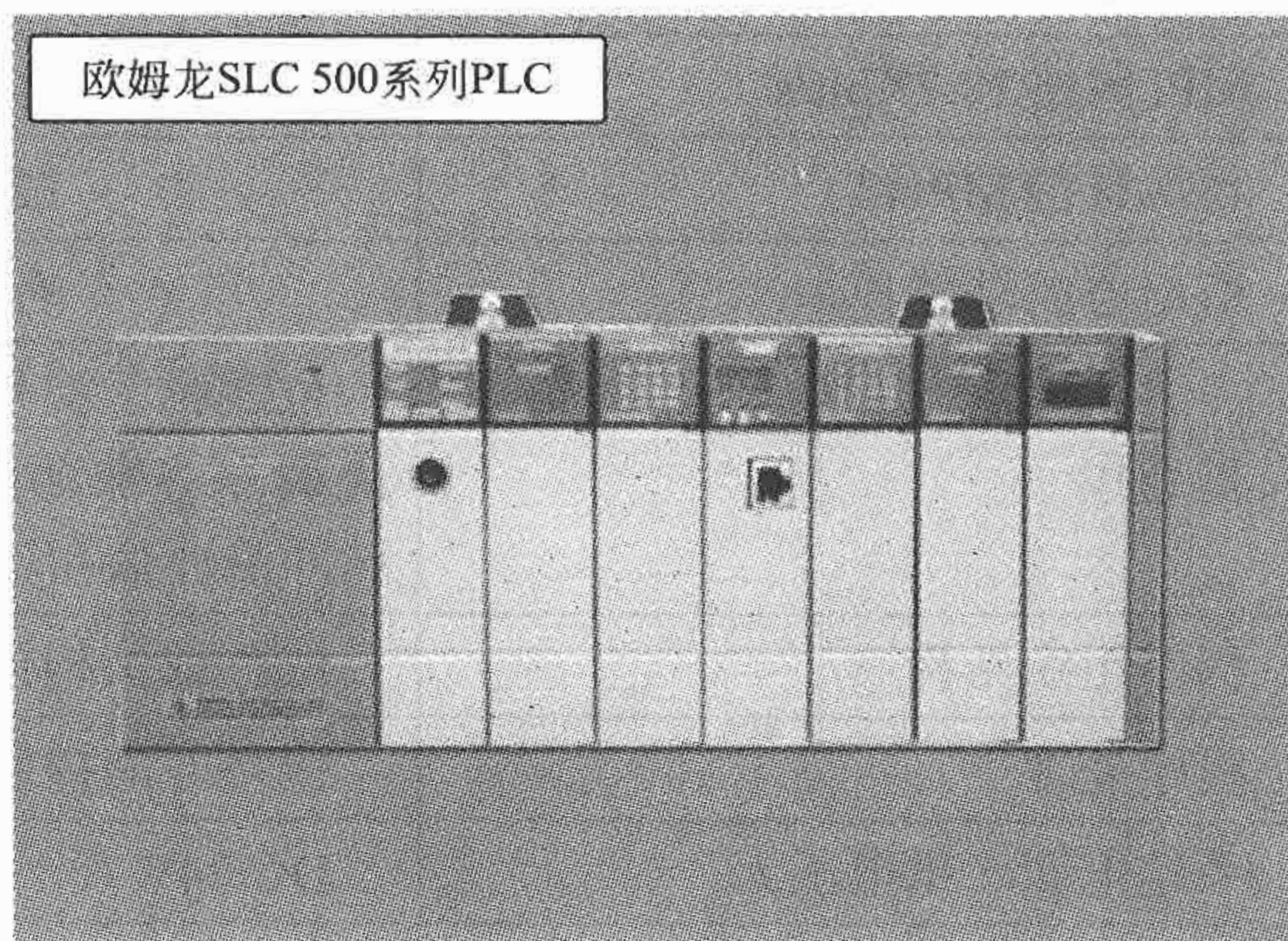
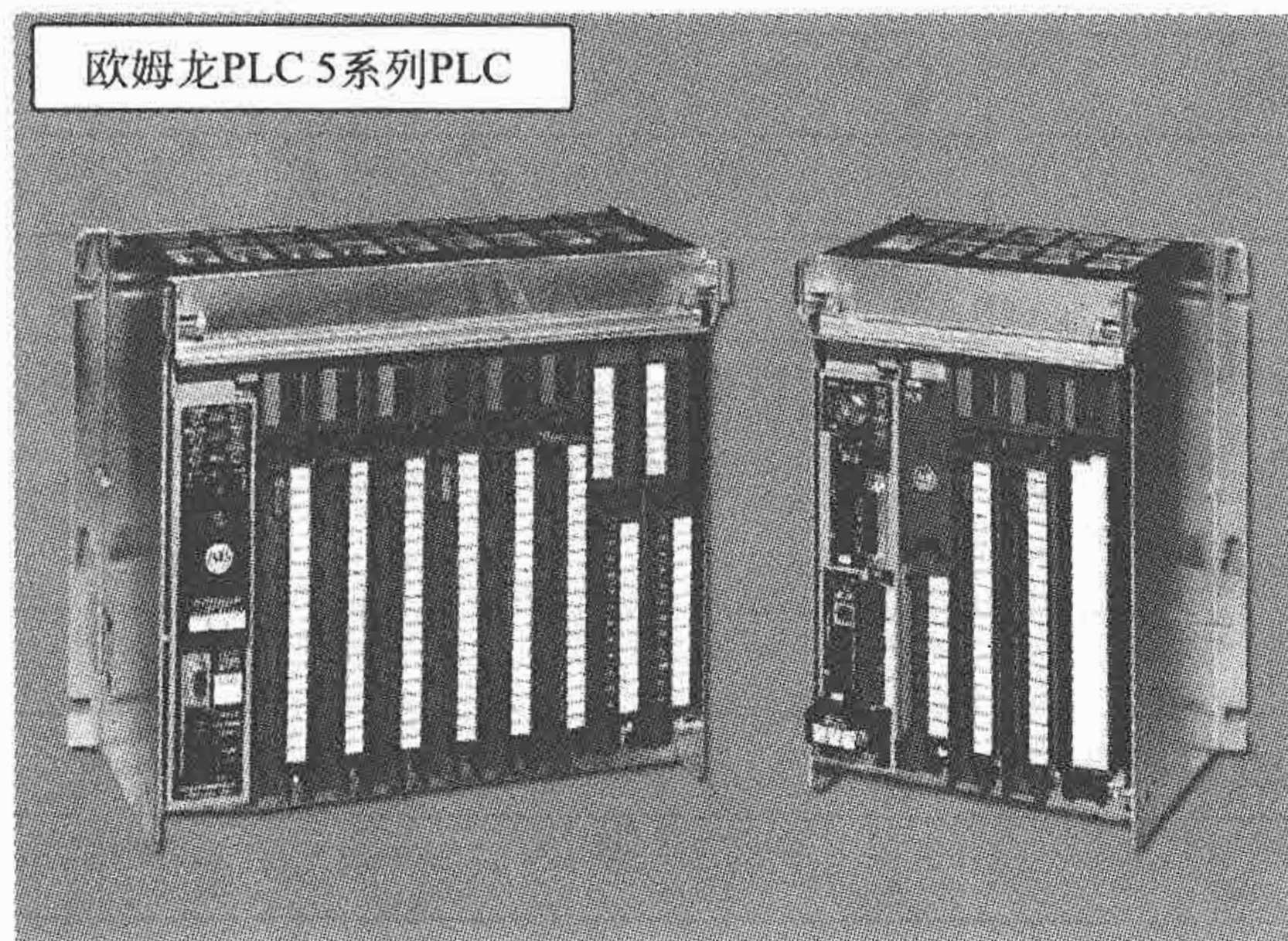
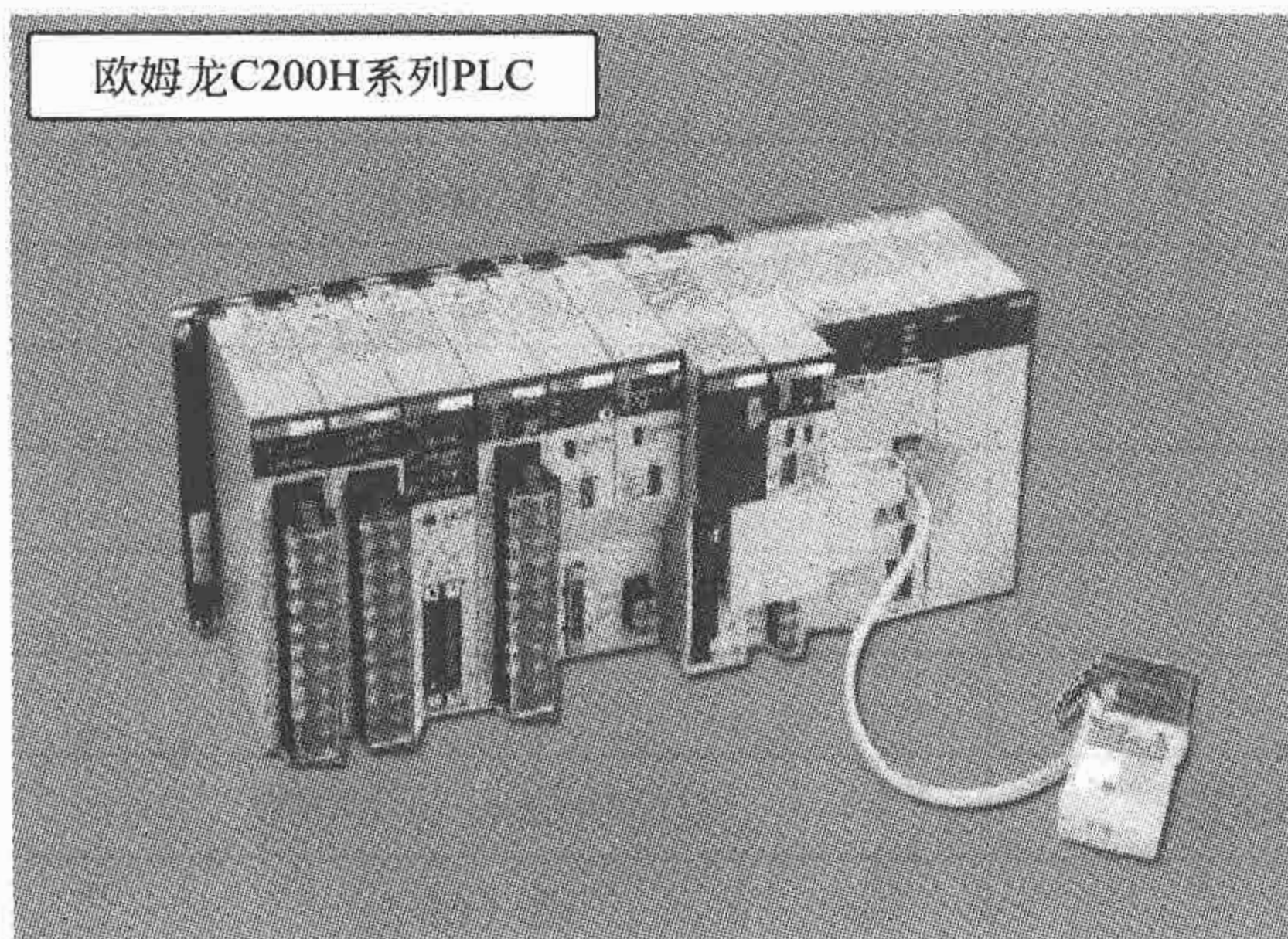


图1-20 欧姆龙的PLC实物外形

下面以典型欧姆龙CP1L型系列PLC为例，详细了解一下相关参数及性能配置。欧姆龙CP1L型系列PLC部分产品的主要性能参数见表1-4。

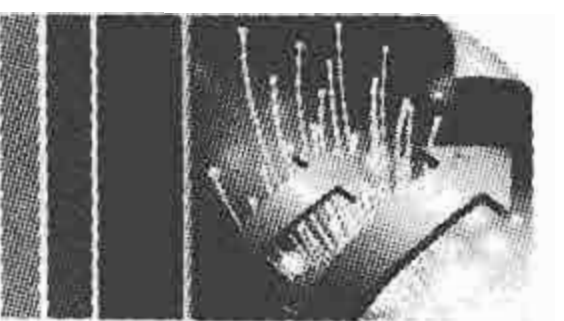
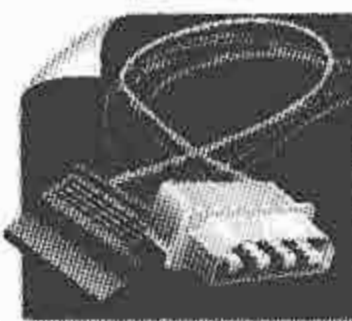


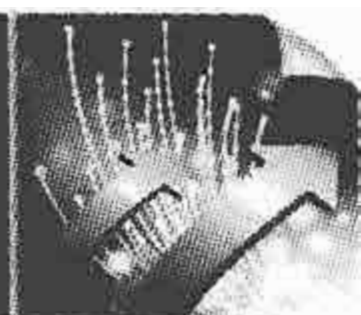
表 1-4 欧姆龙 CP1L 型系列 PLC 主要性能参数

项目	产品类型型号				
	CP1L-M60	CP1L-M30	CP1L-L20	CP1L-L10	
控制方式	存储程序方式				
输入输出控制方式	循环扫描方式和每次处理方式并用				
程序语言	梯形图方式				
功能块	功能块定义最大数 128, 瞬时最大数 256 功能块定义内可以使用语言: 梯形图、结构文本 (ST)				
指令长度	1 ~ 7 步 / 1 指令				
指令种类	约 500 种类				
指令执行时间	基本指令: 0.55 μs 应用指令: 4.1 μs				
共同处理时间	0.4ms				
程序容量	10k 步		5k 步		
任务数	288 个 (循环执行任务 32 个、中断任务 256 个)				
	定时中断任务	1 个 (No.2 固定)			
	输入中断任务	6 个 (No.140 ~ 145)	2 个 (No.140 ~ 145)		
子程序数最大值	256 个				
跨跳数最大值	256 个				
通道区	输入继电器	36 点 0.00 ~ 0.11 1.00 ~ 1.11、 2.00 ~ 2.11	18 点 0.00 ~ 0.11、 1.00 ~ 1.05	12 点 0.00 ~ 0.11	6 点 0.00 ~ 0.05
	输出继电器	24 点 100.00 ~ 100.07、 101.00 ~ 101.07、 102.00 ~ 102.07	12 点 100.00 ~ 100.07、 101.00 ~ 101.03	8 点 100.00 ~ 100.07	4 点 100.00 ~ 100.03
	1 比 1 链接继电器区域	1024 点 (64CH) 3000.00 ~ 3063.15 (3000 ~ 3063CH)			
	串行 PLC 连接继电器	1440 点 (90CH) 3100.00 ~ 3189.15 (3100 ~ 3189CH)			
内部辅助继电器	8192 点 (512CH) W0.00 ~ W511.15 通道 I/O 37 504 点 (2344CH) 3800.00 ~ 6143.15 (3800 ~ 6143CH)				
暂时记忆继电器	16 点 TR0 ~ TR15				
保持继电器	8192 点 (512CH) H0.00 ~ H511.15 (H0 ~ H511)				
特殊辅助继电器	读出专用 (写入禁止) 7168 位 (448CH) A0.00 ~ A447.15 (A0 ~ A447CH) 可读出/写入 8192 点 (512CH) A448.00 ~ A959.15 (A448 ~ A959CH)				
定时器	4096 位 T0 ~ T4095				
计数器	4096 位 C0 ~ C4095				



续表

项目	产品类型型号			
	CP1L-M60	CP1L-M30	CP1L-L20	CP1L-L10
数据存储	32K 字 D0 ~ D32767		10K 字 D0 ~ D9999、D32000 ~ D32767	
数据寄存器	16 个 (16 位) DR0 ~ DR15			
索引寄存器	16 个 (32 位) IR0 ~ IR15			
任务标志区	32 个 TK0000 ~ TK0031			
追踪存储	4000 字			
内存盒	可以安装专用内存盒 (CP1W-ME05M)			
时钟功能	有			
通信功能	内置并联端口 (USB1.1) × 1			
	2 个串行通信端口		1 个串行通信端口	不可
内存备份	闪存: 用户程序、参数 (PC 系统设定等)、可将注释信息和数据存储器的全部区域保存到闪存中 (数据存储器的初始值) 电池备份: 保持继电器、DM 区、计数器位			
电池寿命	25°C 以下 5 年			
内置输入输出点数	60 点 (输入 36 点、输出 24 点)	30 点 (输入 18 点、输出 12 点)	20 点 (输入 12 点、输出 8 点)	10 点 (输入 6 点、输出 4 点)
可以连接的扩展 I/O 数	3 台		1 台	不可
最大输入输出点数	180 点 (内置 60 点 + 扩展 40 点 × 3 台)	150 点 (内置 30 点 + 扩展 40 点 × 3 台)	60 点 (内置 20 点 + 扩展 40 点 × 1 台)	10 点 (内置)
输入中断	6 点 (响应时间: 0.3ms)			2 点 (响应时间: 0.3ms)
输入中断计数器模式	6 点 (总计最大 5kHz) 数值范围: 16 位加法计算或减法计算			2 点 (总计最大计 5kHz) 数值范围: 16 位加法计算或减法计算
脉冲捕捉输入	6 点 (最小脉冲输入: 50 μs 以上)			2 点 (最小脉冲输入: 50 μs 以上)
定时中断	1 点			
高速计数器	4 点/2 轴 (DC24V 输入) 相位差 (4 倍速) 50kHz; 单相 (脉冲+方向、加/减、增量) 100kHz; 数值范围: 32 位线性模式/环形模式; 中断: 目标值一致比较/带域比较			
脉冲输出 (仅限晶体管输出型)	脉冲输出	梯形加减速/S 形加减速 2 点 1Hz ~ 100kHz		
	PWM 输出	占空比 0.0 ~ 100.0% 可变 2 点 0.1 ~ 6553.5Hz 与 1 ~ 32800Hz		
模拟量容量	1 点 (设定范围: 0 ~ 255)			
外部模拟量输入	1 点 (分辨率: 1/256 输入范围: 0 ~ 10V) 非绝缘			



1.6.4 三菱PLC

三菱PLC在中国市场常见的系列产品有FR-FX1N FR-FX1S FR-FX2N FR-FX3U FR-FX2NC、FR-A、FR-Q等，如图1-21所示为三菱系列的PLC实物外形图。

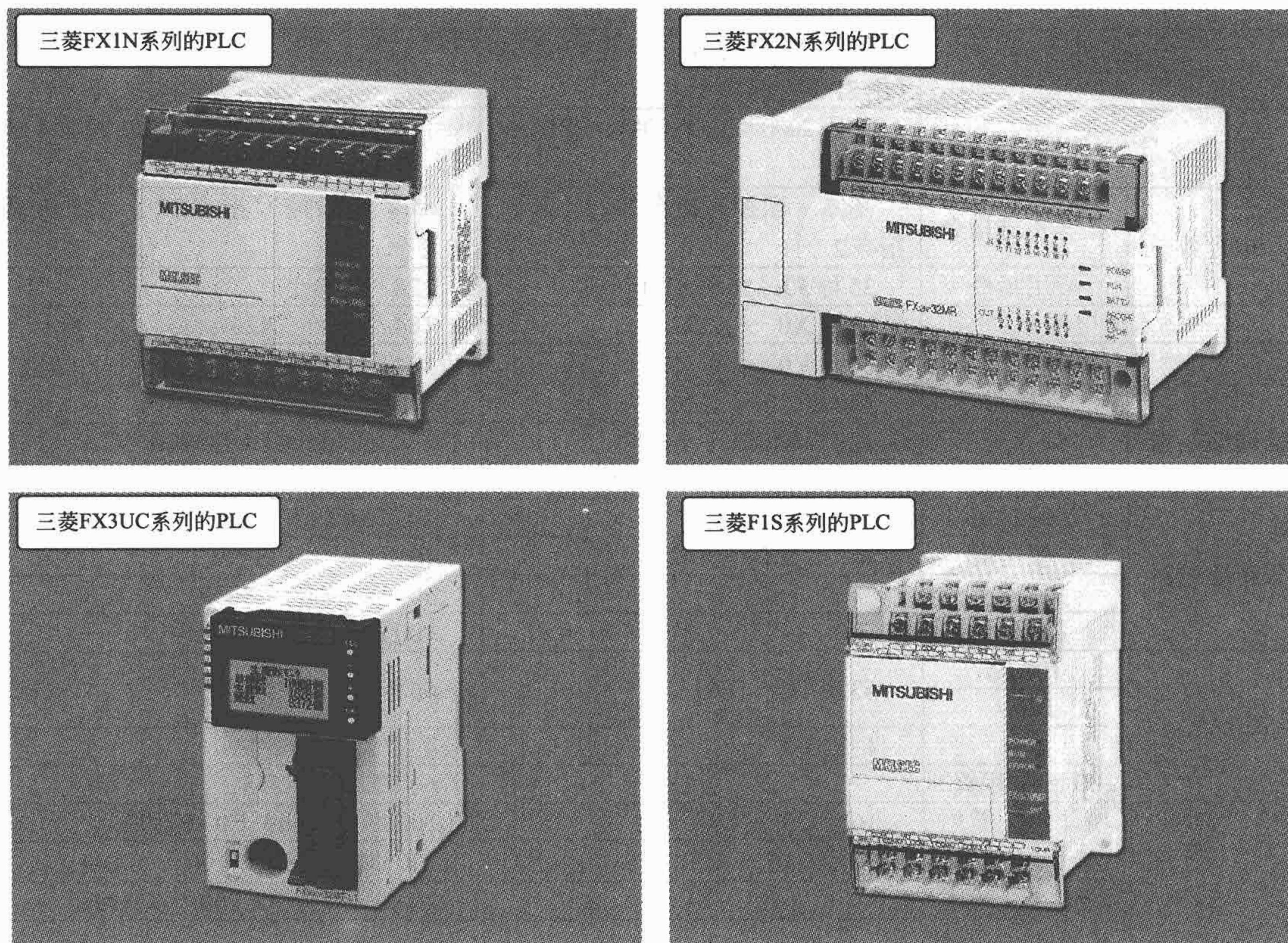


图1-21 三菱系列的PLC实物外形图

下面以部分典型系列为例，详细了解一下其功能特点、相关参数及性能配置。

(1) 三菱FX0N、FX2N系列PLC

三菱FX0N系列PLC可进行24~1281点灵活输入输出组合。在24/40/60典型的基本单元上，可以采用最小8点的扩展模块进行扩展。利用模拟输入2点、输出1点的FX0N~3A型模拟输入输出模块(8BIT)，还可以进行模拟输入输出处理。使用FX0N~16NT型MELSCNET/MINI用接口，作为A系列的子站，进行联网。

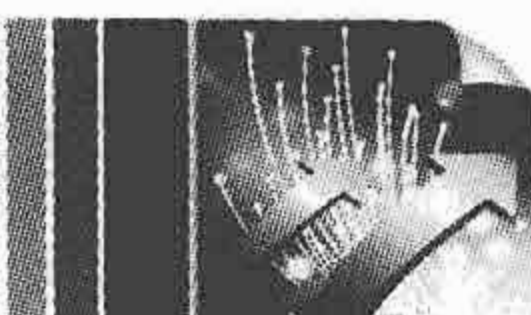
三菱FX2N系列PLC属于超小型程序装置，是FX家族中较先进的系列。具有高速的处理速度，在基本单元上连接扩展单元或扩展模块，可进行16~256点的灵活输入输出组合，为工厂自动化应用提供最大的灵活性和控制能力。还可在基本单元上连接单元或扩展，可进行16~256点的灵活输入输出组合。

主要性能参数见表1-5。



表1-5 三菱FX0N、FX2N系列PLC主要性能参数

项目		FX0N系列	FX2N系列	
运算处理方式		存储程序反复运算方式(专用LSI)	存储程序反复运算方式(专用LSI)	
输入/输出控制方式		批处理方式(在执行EXD指令时),但有输入输出刷新指令	批处理方式,但有输入输出刷新指令	
程序语言		继电器符号语言+步进方式(用SPC表示)	(用SPC表示)	
程序容量/存储器形式		内附2000步EEPROM、EPROM存储卡	内附8000步EEPROM最大为16k步	
指令数	基本步进指令	基本(顺控)指令20个,步进指令2个	基本(顺控)指令27个,步进指令2个	
	应用指令	35种50,36种51个	128种298个	
输入继电器		84点X0~X127	184点X0~X267	
输出继电器		64点Y0~Y77	184点Y0~Y267	
			合计 256点	
辅助继电器	一般用	348点M0~M383	5008点M0~M499	
	锁存用	128点M384~M511	2572点M500~M3700	
	特殊用	57点M0000~M0254	256点M8000~M8256	
状态继电器	初始化用	10点S0~S9	10点S0~S9	
	一般化用	118点S10~S127	400点S10~S499	
	锁存用		400点S500~S899	
	报警用		100点S900~S999	
定时器	100ms	63点T0~T63	56点T0~T55	
	10ms			
	1ms	1点T63	4点T246~255	
	100ms(积算)		6点T250~255	
计数器	增计数	一般用	16点C0~C15	100点(16bit)C0~C99
		锁存用	16点C16~C31	100点(16bit)C100~C199
	增/减计数	一般用		20点(32位)C200~C219
		锁存用		15点(32位)C220~C234
	高速用	1相5kHz、4点或二相2kHz、1点	1相5kHz、2点,10kHz、4点或二相30kHz、1点,50kHz、1点	
数据寄存器	通用数据寄存器	一般用	128点(16位)D0~D127	200点(16位)D0~D199
		锁存用	128点(16位)D120~D255	7800点(16位)D200~D7900
	特殊用	128点(16位)D0~D8255	256点(16位)D8000~D8255	
	编址用	2点V0,Z0	16点V0~V7,Z0~Z7	
	文件寄存器	MAX1500点(16位)D8255	普通寄存器的D1000以后在500个单位设定文件寄存	
指针跳步	转移用	64点	128点P0~P127	
	中断用	4点	4点	
频率		8点	8点N0~N7	
常数	十进制K	16位:32768~32767 32位	16位:32768~32767 32位	
	十六进制H	16位:0000~FFFF 32位:00000000~FFFFFFFF	16位:0000~FFFF 32位:00000000~FFFFFFFF	



(2) 三菱FX1S系列PLC

三菱FX1S系列PLC属于集成型小型单元式PLC，主要性能参数详见表1-6。

表1-6 三菱FX1S系列PLC主要性能参数

项目		FX1S系列
运算处理方式		循环扫描，支持中断
输入输出控制方法		批处理方法（当执行END指令时）
运转处理时间		基本指令：0.55 μ s ~ 0.7 μ s
		应用指令：0.55 μ s ~ 几百微秒
编程语言		逻辑梯形图和指令清单
程序容量		内置2 k步EEPROM
指令数目		基本顺序指令：27 步进梯形指令：2 应用指令：85
I/O配置		最大硬件I/O由主处理单元设置
辅助继电器 (M线圈)	一般	384点M0 ~ M383
	锁定	128点(子系统)M384 ~ M511
	特殊	256点M8000 ~ M8255
状态继电器 (S线圈)	一般	128点S0 ~ S127
	初始	10点(子系统)S0 ~ S9
定时器(T)	100 ms	范围：0 ~ 3276.7 s 63点T0 ~ T55
	10 ms	范围：0 ~ 327.67 s 31点(当特殊M线圈工作时T32 ~ T62)
	1 ms	范围：0.001 ~ 32.767s 4点T63
计数器(C)	一般	范围：0 ~ 32767数16点C0 ~ C15(16位上计数器)
	锁定	184点C16 ~ C199子系统(16位上计数器)
	一般	范围：1 ~ 32767数20点C200 ~ C199(32位上计数器)
	锁定	15点C220 ~ C234子系统(32位上计数器)
高速计数器 (C)	单相	范围：-2 147 483 648 ~ +2 147 483 647数4点 C235 ~ C238点
	单相C/W起 始/停止输入	C241(锁定)、C242和C244(锁定)3点
	双相	C246、C247和C249(都锁定)3点
	A/B相	C251、C252和C254(都锁定)3点
数据寄存器 (D)	一般	128点D0 ~ D127
	锁定	7872点D128 ~ D7999
	文件	7000点D1000 ~ D7999
	外部调节	2点 范围：0 ~ 255，模拟电位器间接输入D8030、D8031
	特殊	256点D8000 ~ D8255
	变址	16点V和Z
指标(P)	用于CALL	128点P0 ~ P127
	用于中断	6点100* ~ 130*(上升触发*=1，下降触发*=0)
嵌套层次		用于MC和MRC时8点NO ~ N7
常数	十进制K	16位：-32768 ~ +32768
		32位：-2147483648 ~ +2147483647
	十六进制	16位：0000 ~ FFFF
		32位：00000000 ~ FFFFFFFF



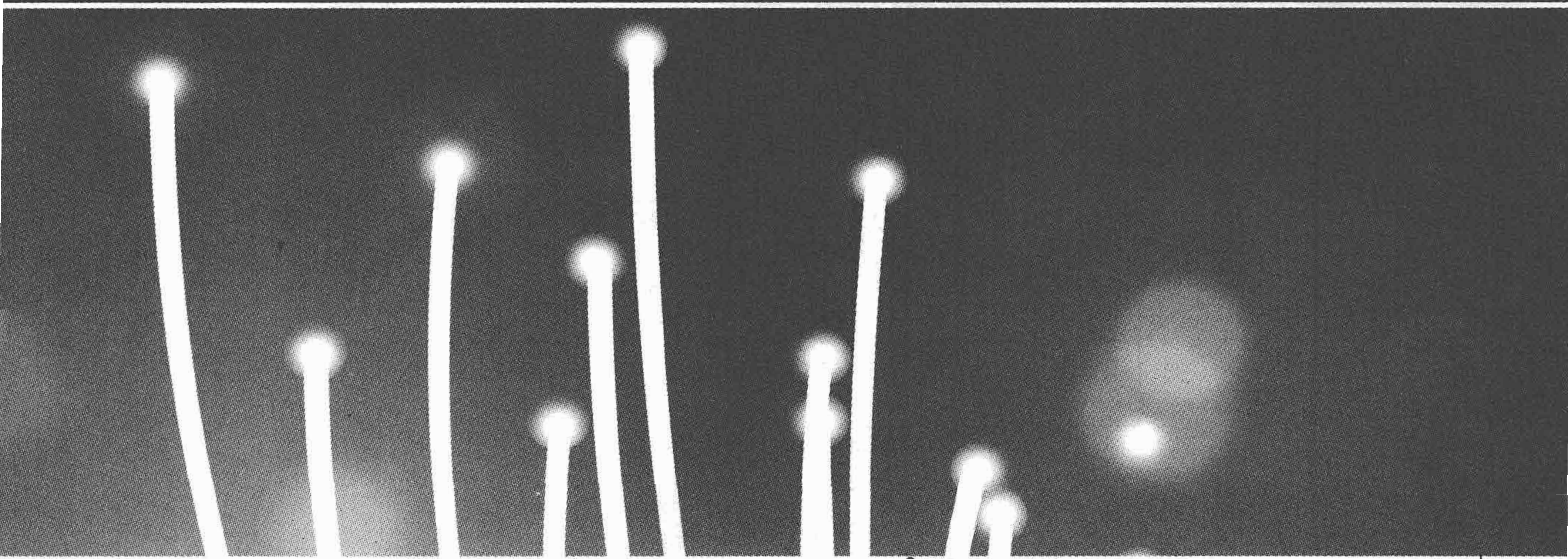
(3) 三菱Q系列PLC

三菱Q系列PLC其实是三菱公司原先A系列的升级产品，属于中、大型PLC系列产品。Q系列PLC采用了模块化的结构形式，系列产品的组成与规模灵活可变，最大输入输出点数达到4096点；最大程序存储器容量可达252k步；采用扩展存储器后可以达到32M；基本指令的处理速度可以达到34ns；整个系统的处理速度得到很大的提升，多个CPU模块可以在同一基板上的安装，CPU模块间可以通过自动刷新来进行定期通信，或通过特殊指令进行瞬时通信。三菱Q系列PLC被广泛应用于各种中大型复杂机械、自动生产线的控制场合。





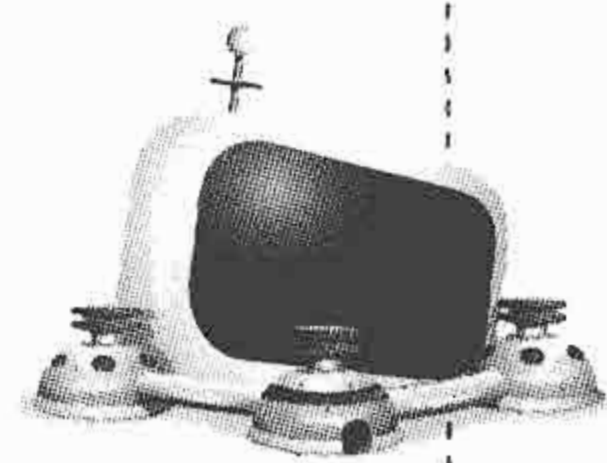
PLC的编程语言



目标

本章的主要目标是让读者了解PLC基本编程语言的基本概念和识读方法。不同厂家、不同型号的PLC的编程语言只能适应自己的产品，但它们构成的基本元素及所表达程序实现功能是有一定通性的，因此，我们从三种最基本的编程语言：梯形图、

指令语句表、顺序功能图的基本概念入手进行介绍，然后，在此基础上对每种编程语言所编写的程序进行识读介绍，让读者在了解什么是PLC编程语言的同时，掌握其识读方法，为进一步了解其设计和应用打好基础。



2.1 PLC的梯形图

2.1.1 梯形图的基本概念

梯形图(LAD)是一种目前用得最多的PLC编程语言。它是将原电气控制系统中常用的接触器、继电器变成简化了的符号而形成的,并与电气控制原理图相呼应。它具有形象、直观和实用的特点。



图解

电气控制原理图与梯形图的关系见图2-1。

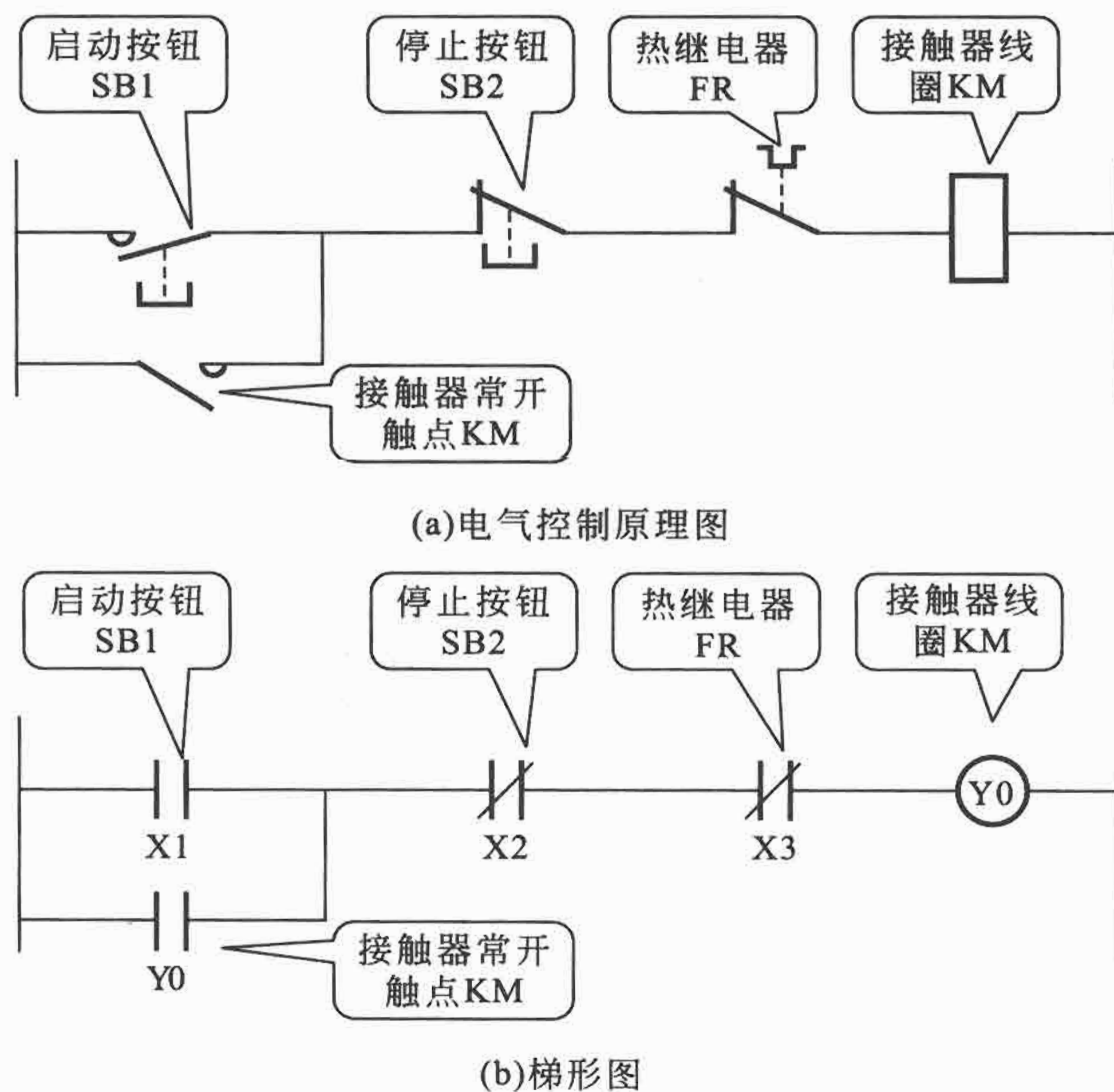


图2-1 电气控制原理图与梯形图的关系

梯形图中,用类似继电器控制电路中的触点符号及线圈符号来表示PLC的编程元件。

(1) 梯形图构成符号的含义

梯形图主要是由母线、触点、线圈或功能方框构成的,其中图2-1中左、右的垂直线称为左、右母线;触点代表逻辑输入条件,对应电气控制原理图中的开关、按钮、继电器等电气部件;线圈通常代表逻辑输出结果,用来控制外部的指示灯、电动机接触器、中间继电器等。



梯形图中的符号含义见图 2-2。

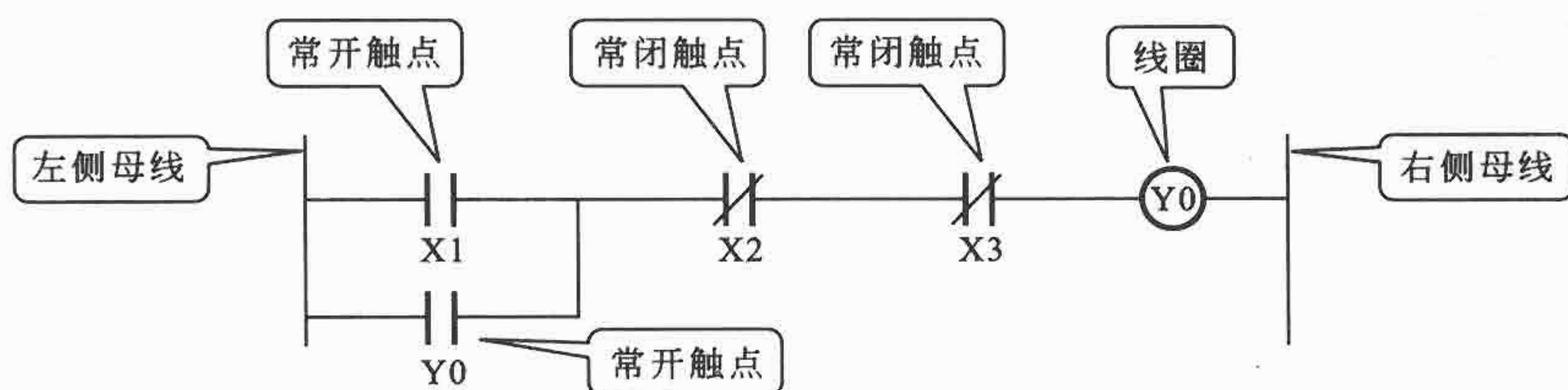


图 2-2 梯形图中的符号含义

PLC 梯形图符号的具体含义及对照关系见表 2-1。

表 2-1 PLC 梯形图符号的具体含义及对照关系

名称	物理继电器符号	PLC 继电器梯形图含义
线圈		或 ()
常开触点		
常闭触点		或

(2) 梯形图中的软继电器

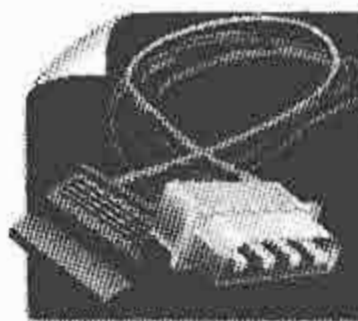
PLC 梯形图中的一些编程元件沿用了继电器这一名称，如输入继电器、输出继电器、内部辅助继电器等，一般情况下：X 代表输入继电器，用于直接输入给 PLC 的物理信号；Y 代表输出继电器，用于从 PLC 直接输出物理信号；M 代表辅助继电器，PLC 内部运算标志；S 代表状态继电器，PLC 内部运算标志；T 代表定时器；C 代表计数器；D 代表数据寄存器等。



PLC 梯形图中所说编程元件中的继电器并不是真的硬件物理继电器，而是一些存储单元（也叫软继电器），每一个软继电器与 PLC 存储器中映像寄存器的一个存储单元相对应。如果该存储单元为“1”状态，则表示梯形图中对应软继电器的线圈“通”，此时其常开触点接通，常闭触点断开，称这种状态是该软继电器的“1”或“ON”状态。如果该存储单元为“0”状态，则标识梯形图中对应软继电器的线圈“断”，此时其常开触点断开，常闭触点闭合，称这种状态是该软继电器的“0”或“OFF”状态。

(3) 梯形图中母线和能流概念

梯形图中两侧的竖线称为母线，在分析梯形图的逻辑关系时，可参照继电器电路原理图的分析方式，假定两侧母线分别标识电源和地，母线之间有“能流”自左向右流动，通



常右侧母线可以省略。

能流是一种假想的“能量流”或“电流”，在梯形图中从左向右流动，与执行用户程序时的逻辑运算的顺序一致。



图解

梯形图中的能流见图 2-3。

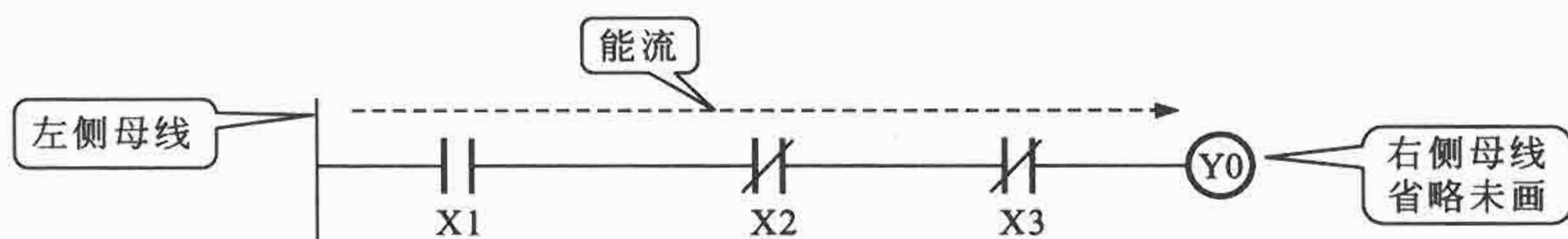
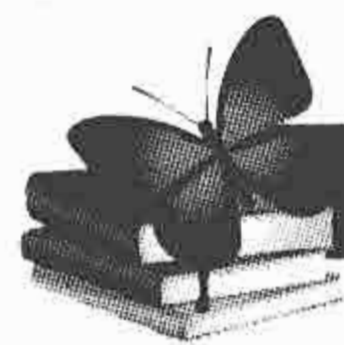


图 2-3 梯形图中的能流

梯形图中的能流只能从左向右流动，根据该原则，不仅对理解和分析梯形图很有帮助，在进行设计时也起到关键的作用。



图解

能流概念在梯形图设计中的作用见图 2-4。

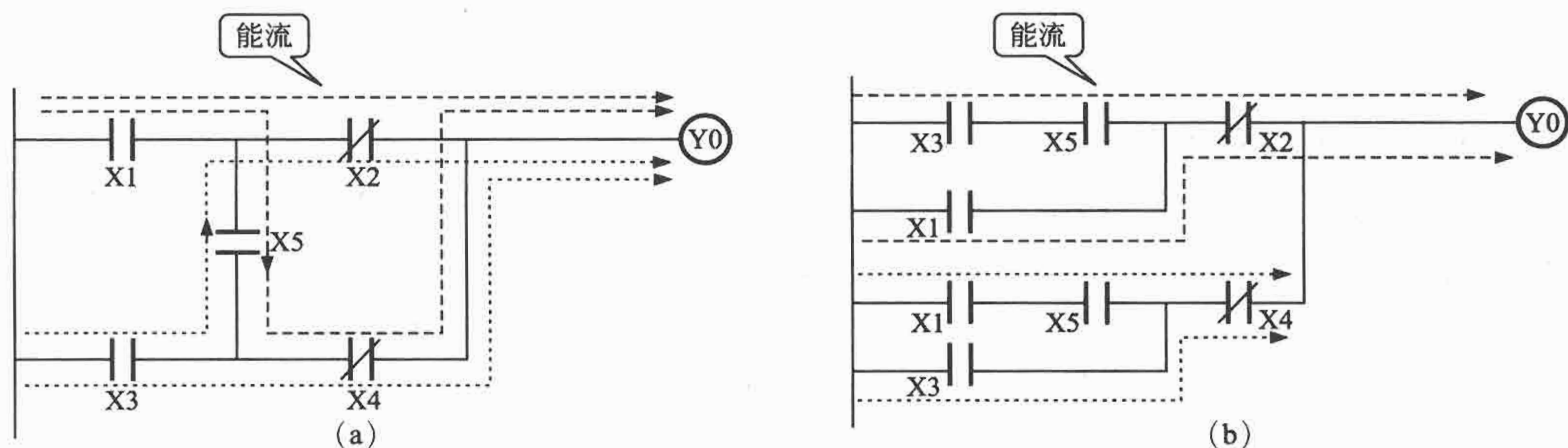


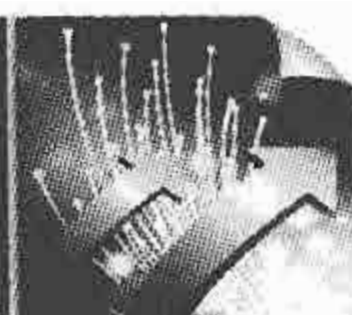
图 2-4 能流概念在梯形图设计中的作用

图 (a) 中，根据从左向右的原则，能流的流动“线路”为：

- ① 经过触点 X1、X2；
- ② 经过触点 X1、X5、X4；
- ③ 经过触点 X3、X4；

④ 经过触点 X3、X5、X2，由此可知，触点 5 可能有两个方向的能流流过触点 5，不符合能流只能自左向右流动的原则，因此在设计时一般不采用这种方式，可将其改为图 (b) 方式，此时能流的流动“线路”为：

- ① 经过触点 X3、X5、X2
- ② 经过触点 X1、X2；
- ③ 经过触点 X1、X5、X4；
- ④ 经过触点 X3、X4，均符合自左向右的原则。



提示

能流不是真实存在的物理量，它是为了理解、分析和设计梯形图而假象出来的类似“电流”的一种形象表示。

(4) 梯形图的特点和功能

梯形图由多个梯级组成，每个梯级表示一个因果关系，事件发生的条件表示在梯形的左面，事件发生的结果表示在梯级的右面。

- 梯形图每一行都是从左母线开始，线圈接在最右边。在继电器控制原理图中，继电器的触点可以放在线圈的右边，但在梯形图中触点不允许放在线圈的右边。



图解

梯形图中继电器与线圈的位置关系见图 2-5。

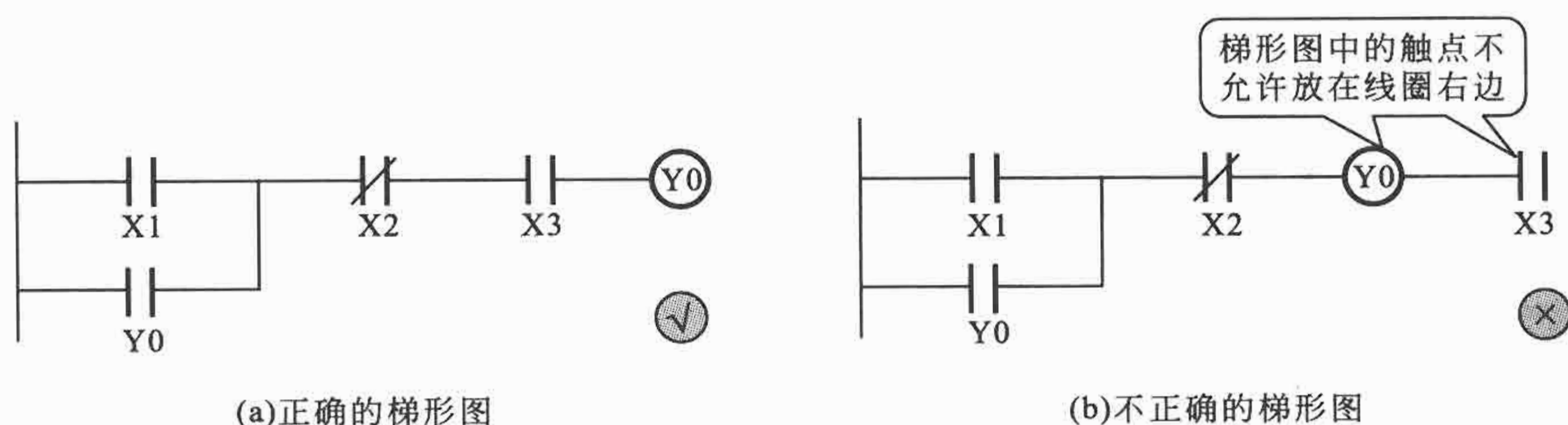


图 2-5 梯形图中继电器与线圈的位置关系

- 线圈输出作为逻辑结果必须有条件，体现在梯形图中时，即线圈不能直接与左母线相连。



图解

梯形图中线圈的位置关系见图 2-6。

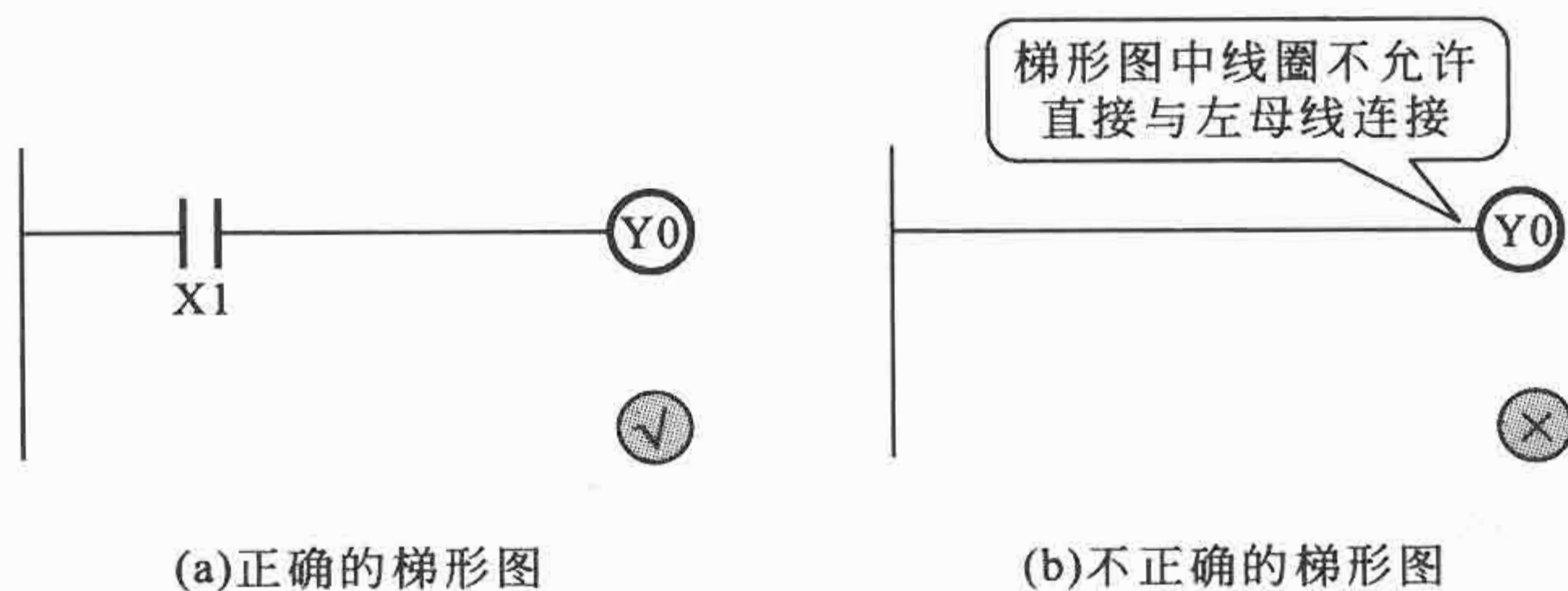


图 2-6 梯形图中线圈的位置关系

- 两个或两个以上的线圈可以并联，但不能串联。



图解

梯形图中对线圈串并联关系的要求见图 2-7。

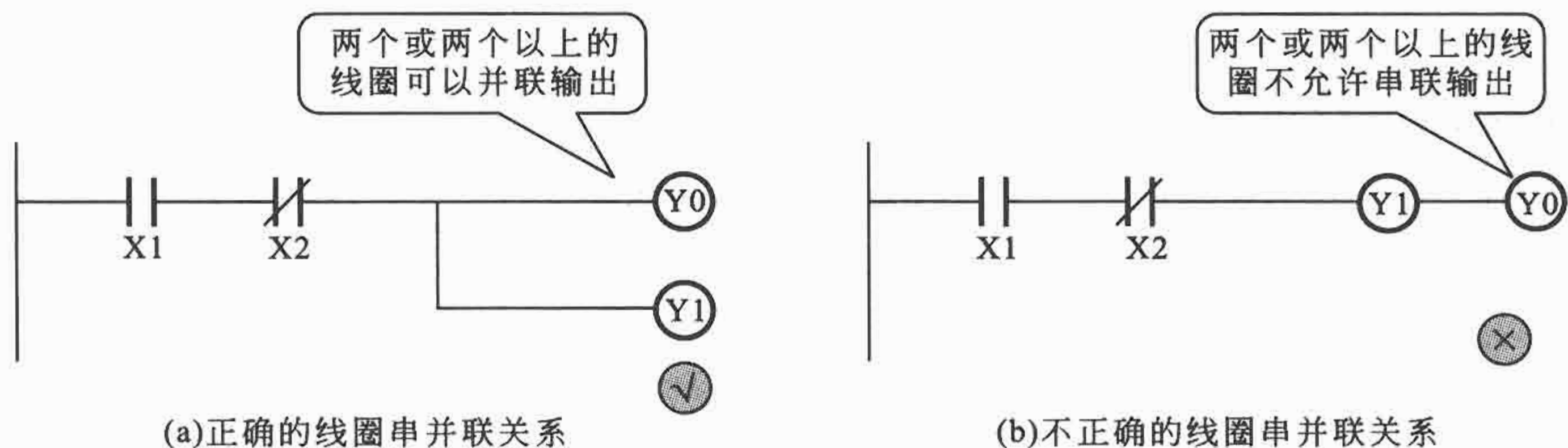


图 2-7 梯形图中对线圈串并联关系的要求

- 梯形图中输出线圈只对应输出状态表的相应位，不能用该编程元素直接驱动实际物理执行元件，该位的状态必须通过 I/O 模块上对位的输出晶体管、继电器等，才能驱动物理执行元件。

- 外部输入/输出继电器、内部继电器、定时器、计数器等软元件的触点可重复使用，没有必要特意采用复杂程序结构来减少触点的使用次数。



图解

梯形图中触点的使用原则见图 2-8。

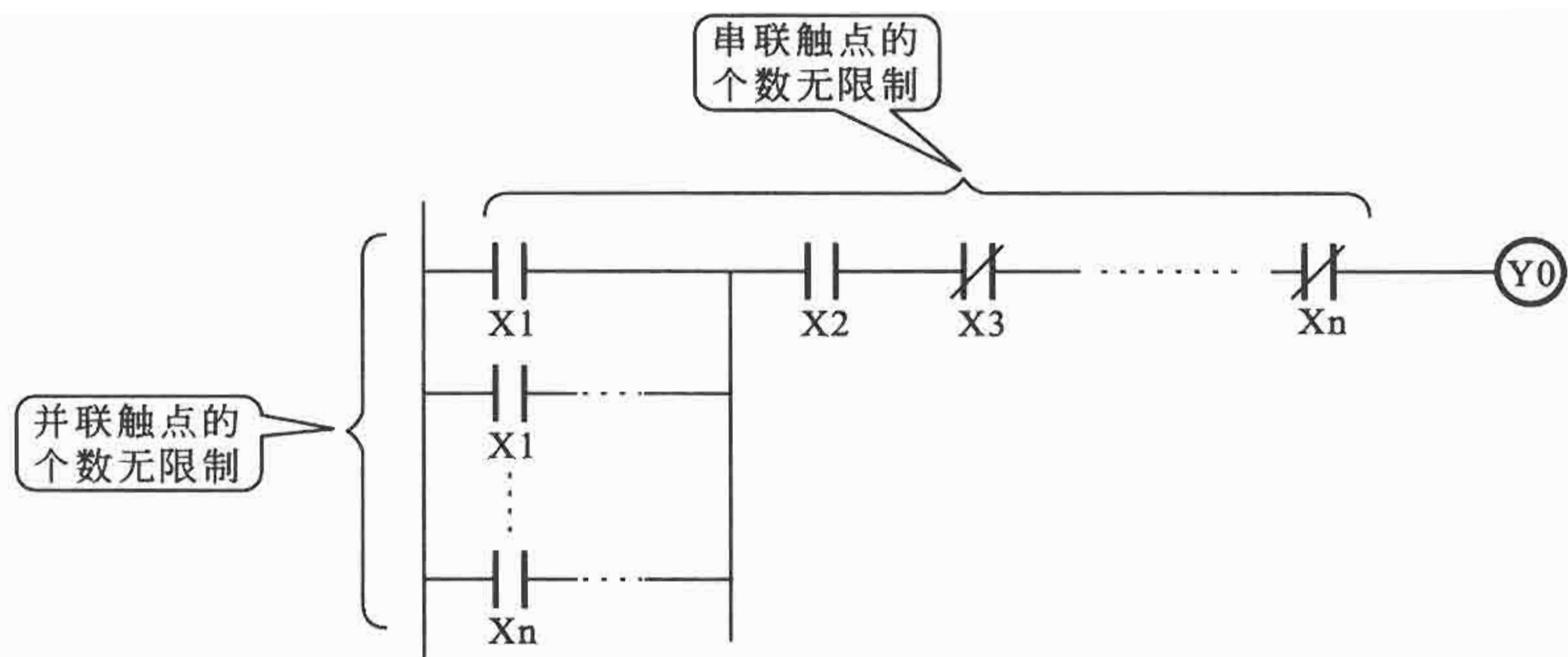


图 2-8 梯形图中触点的使用原则

2.1.2 梯形图的识读方法

(1) 梯形图识图的基本步骤

① 了解控制系统功能 对梯形图进行识读，首先要了解该语言程序系统所需完成的控制任务，即系统分析对控制对象的工作特点、功能等。



图解

例如，典型电动机的启、停控制电路电气原理图见图2-9。

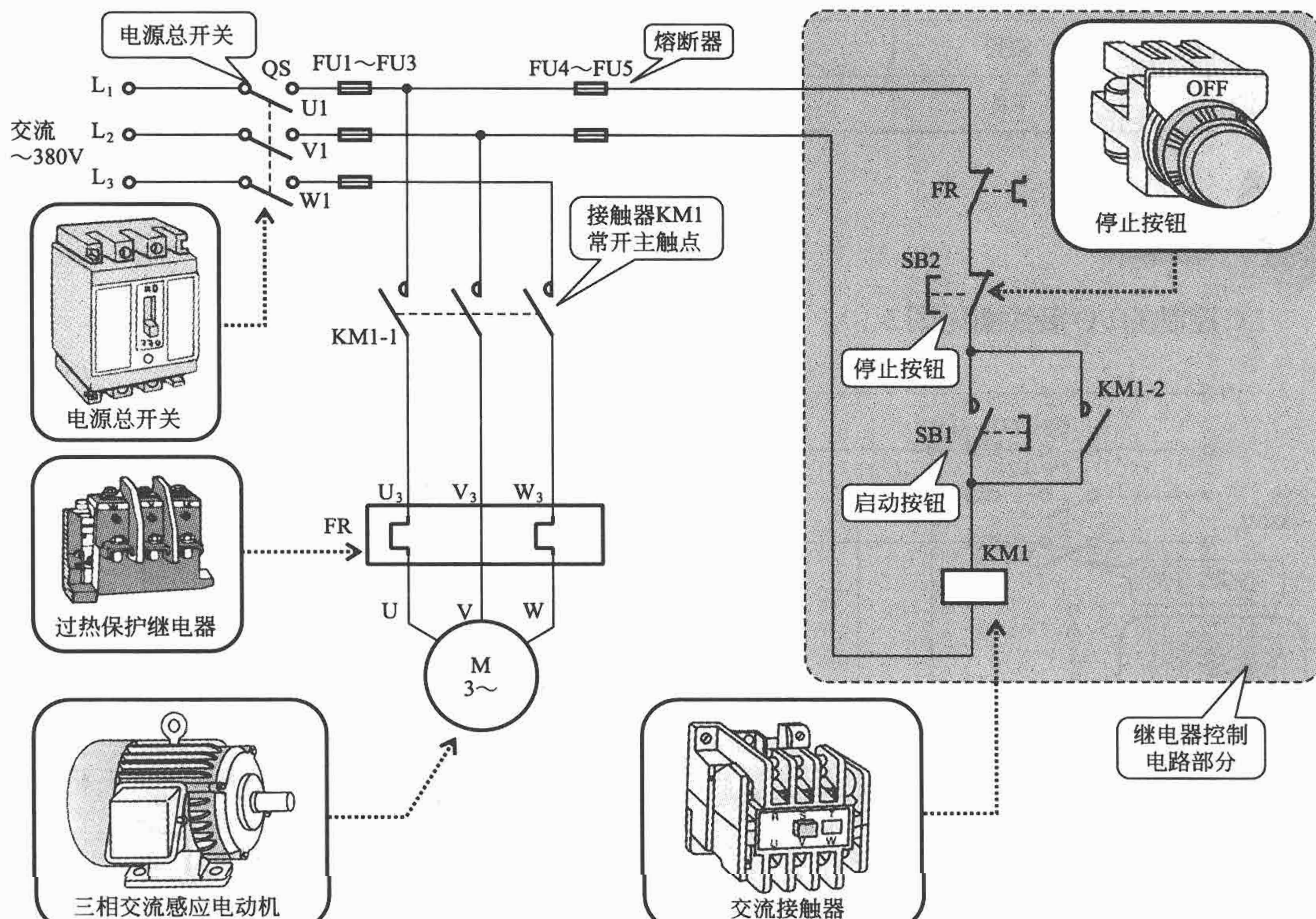


图2-9 典型电动机的启、停控制电路电气原理图（继电器—接触器控制电路图）

电路实现的是对三相交流电动机的启动和停止控制，当按下启动按钮SB1时，交流接触器KM1得电吸合，交流接触器的常开触点KM1-2闭合，实现自锁功能，同时交流接触器的主触点KM1-1闭合，电动机启动运转；

当按下停止按钮SB2时，控制电路断电，交流接触器线圈KM1失电，常开触点KM1-2断开，解除自锁，同时接触器主触点KM1-1断开，电动机停转。

那么由PLC的梯形图编写程序所实现的功能应与上述功能和工作过程相呼应，由此先了解对应梯形图的大体功能。

② 分析梯形图中编号及编程元件（继电器）所对应的负载 梯形图作为一种编程语言，在设计之初所应用的I/O分配表和PLC的I/O接线图十分重要，其标明了所有输入继电器和输出继电器对应的编程元件编号，了解该编号及编程元件所对应的负载对识读梯形图很有帮助。

梯形图编程中的I/O分配表见表2-2。



表2-2 I/O分配表(三菱FX2N系列)

输入信号			输出信号		
部件名称	代号	输入点编号	部件名称	代号	输出点编号
启动按钮	SB1	X1	接触器	KM	Y0
停止按钮	SB2	X2			
热继电器	FR	X0			



PLC控制的I/O接线图见图2-10。

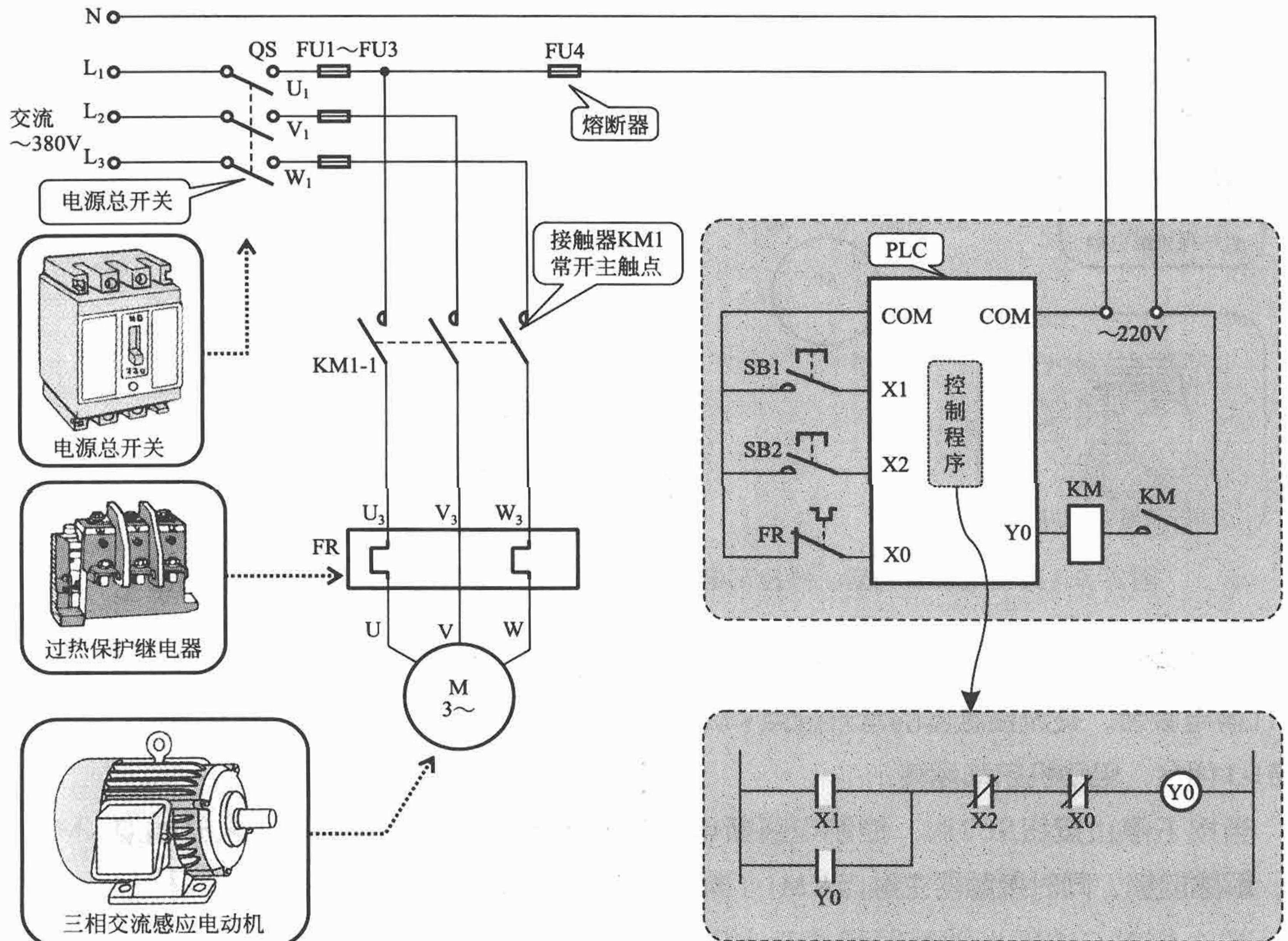


图2-10 PLC控制的I/O接线图

③ 对照I/O分配表和接线图在梯形图中标识编号所对应控制负载名称 根据I/O分配表和I/O接线图的信息内容,在梯形图中表示出编程元件所对应的负载器件。



标识梯形图中编程元件对应负载器件见图2-11。

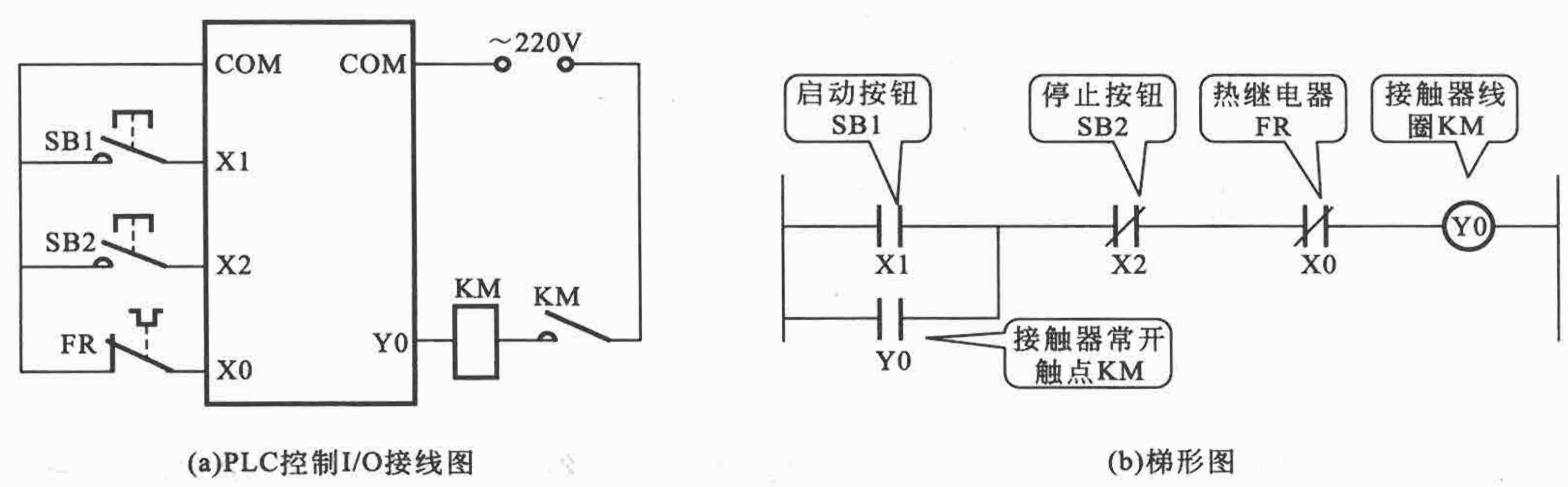
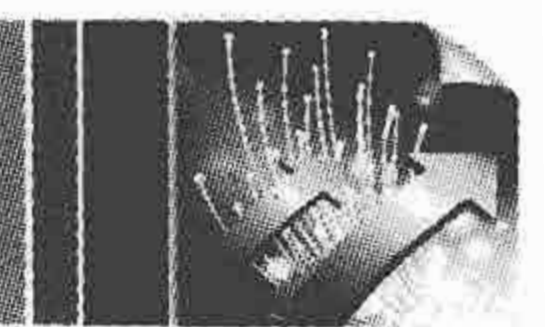


图 2-11 标识梯形图中编程元件对应负载器件

根据标识梯形图中各编程元件的“含义”，该梯形图中：
 编程元件“X1”对应启动按钮SB1，该部件为一个常开触点；
 编程元件“X2”对应停止按钮SB2，该部件为一个常闭触点；
 编程元件“X0”对应热继电器FR，该部件为一个常闭触点；
 编程元件“Y0”对应接触器KM的线圈和常开触点。

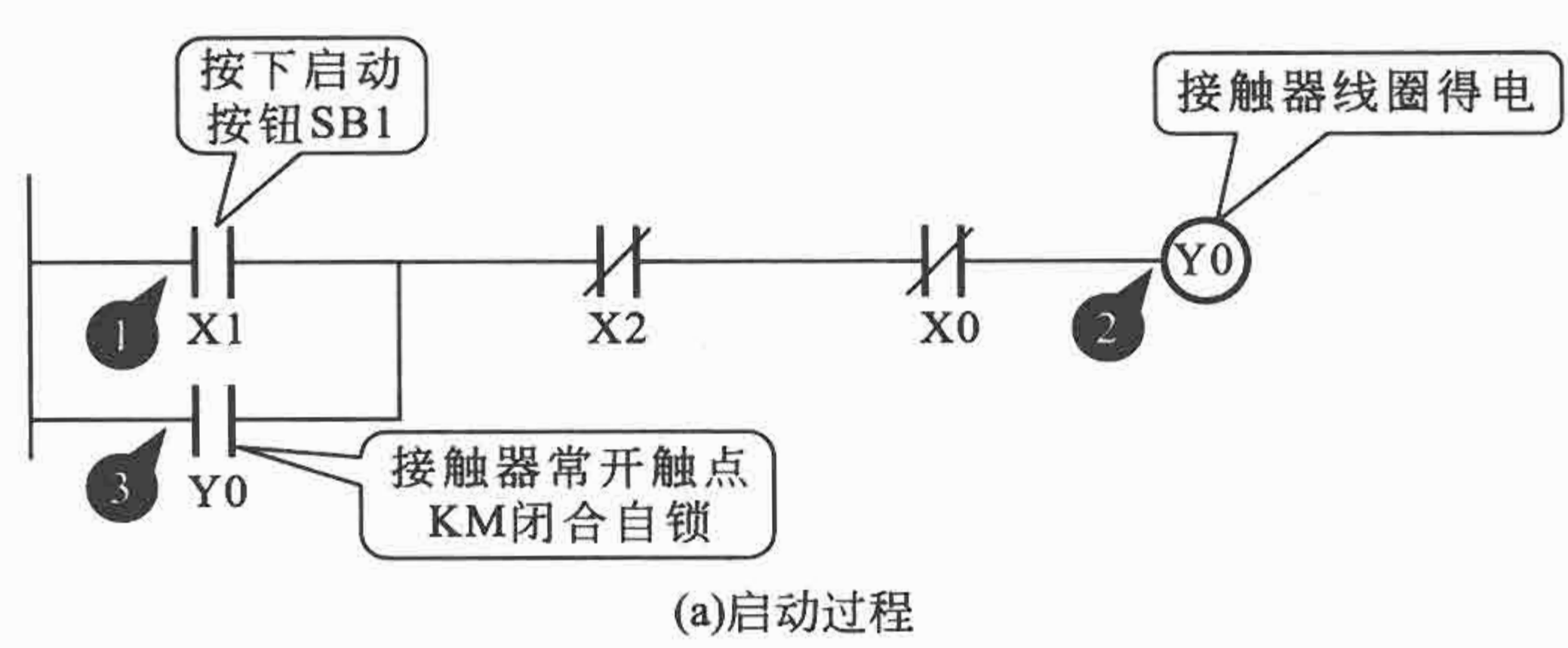
重要提示

进行PLC编程时，绘制PLC控制I/O接线图时，输入端控制元件，如SB1、SB2等若在电气原理图中使用常闭触头的，在接线图中都改用常开触头，而梯形图中与对应的继电器—接触器控制电路中触点的常开、常闭类型完全相同。

④ 根据自左向右、自上而下的扫描顺序按梯级顺序逐级识图 通常，从第一个梯级第一行开始看梯形图。通常第一行为程序启动行，按启动按钮，接通某继电器，该输入继电器的所有常闭触点断开，常开触点闭合。

图解

识读图2-9（电动机启、停控制电路）的具体方法见图2-12。



(a)启动过程

图 2-12

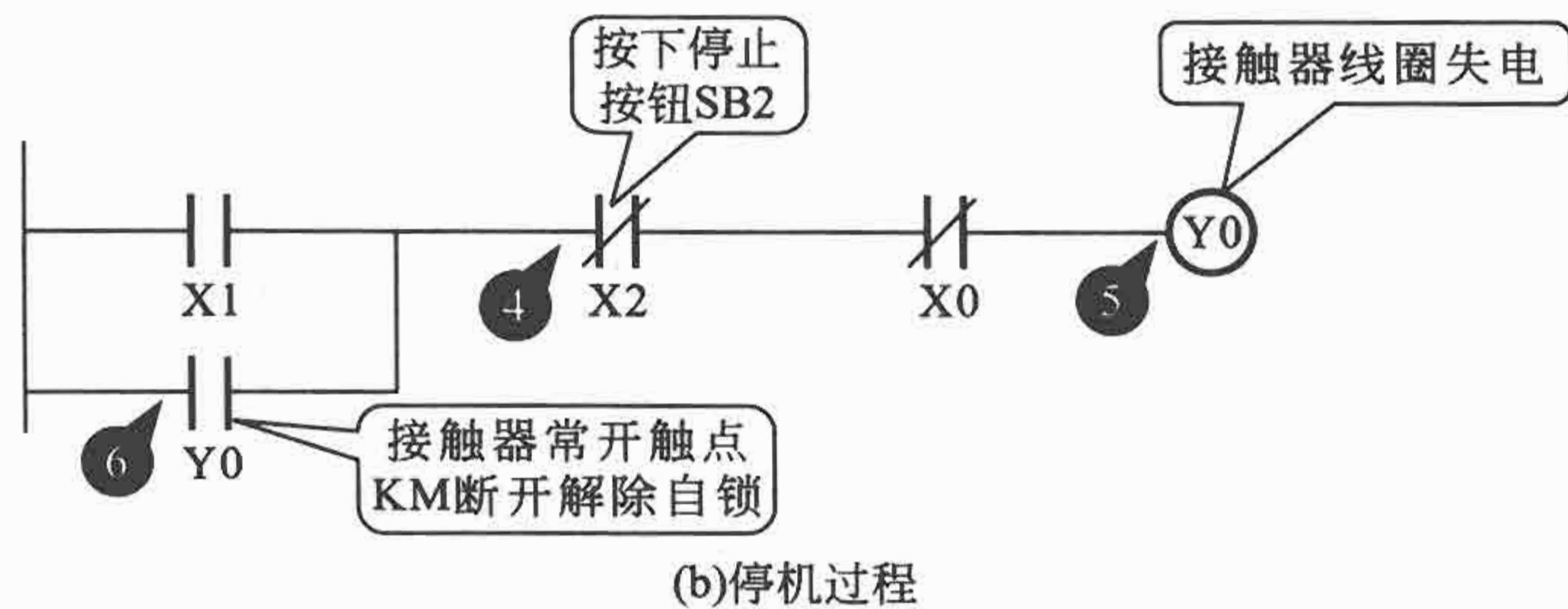
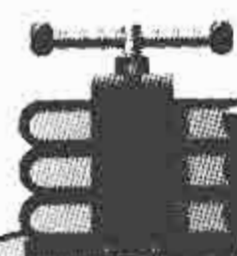


图2-12 电动机启、停控制PLC梯形图的具体识读方法

启动过程：当按下启动按钮SB1时，交流接触器KM1得电吸合，交流接触器的常开触点KM1-2闭合，实现自锁功能，同时交流接触器的主触点KM1-1闭合。

停机过程：当按下停止按钮SB2时，控制电路断电，交流接触器线圈KM失电，常开触点KM1-2断开，解除自锁，同时接触器主触点KM1-1断开。



提示

在PLC梯形图中，我们常常会看到编程元件上的编号有所不同，两种常见编号方式见图2-13。

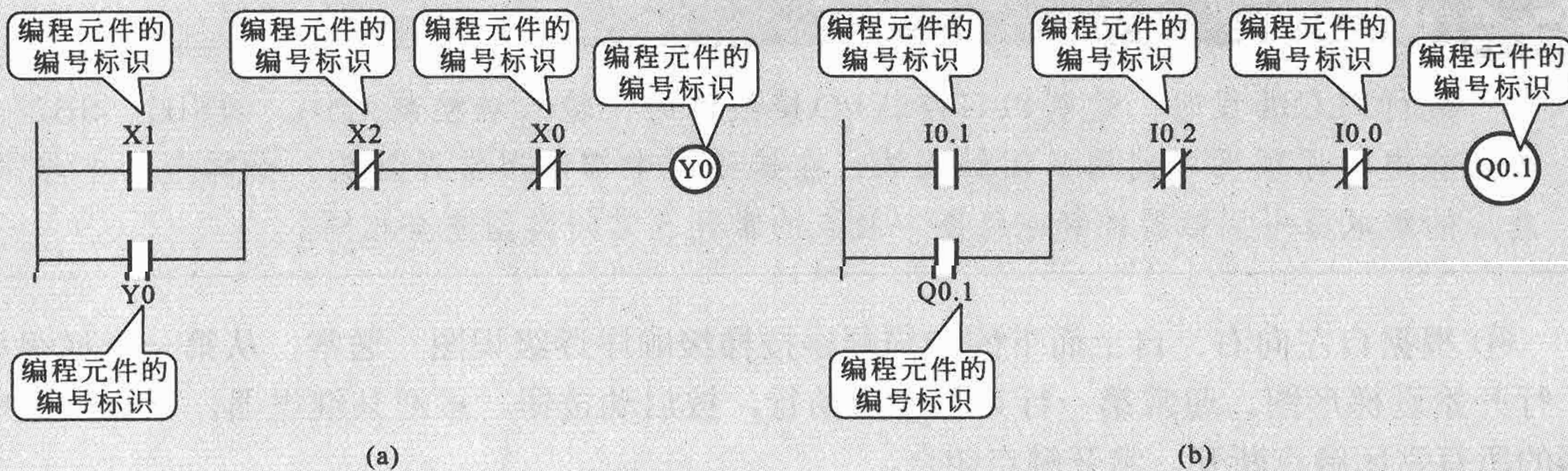


图2-13 PLC梯形图中编程元件的编号标识

编程元件的编号标识有X0、X1、X2、…、Y0、Y1等，还有I0.0、I0.1、…、Q0.0、Q0.1等，它们分别标识的是不同生产厂家的PLC所应用的元件编号，其中X0、Y0…是三菱的PLC常用元件编号方式；I0.1、Q0.1则是西门子的PLC常用元件编号方式。

(2) 梯形图的识图案例

梯形图的识图过程即为具体实现可编程控制器控制的过程，下面我们以PLC控制的典型实例，具体介绍梯形图的识读方法。



图解

典型游泳池的自动抽水PLC梯形图见图2-14。

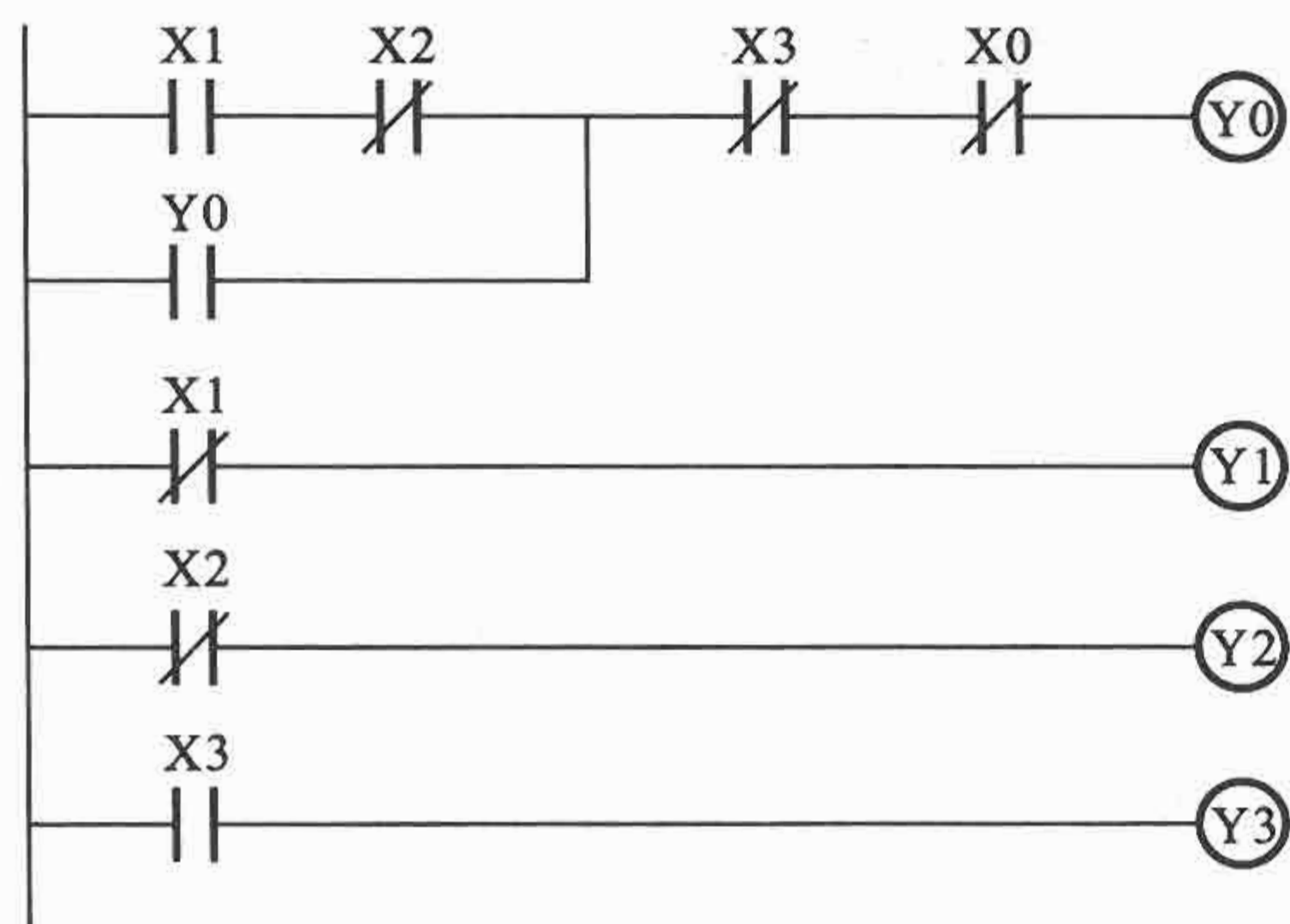


图2-14 典型游泳池的自动抽水PLC梯形图

① 根据前述的识图步骤，我们首先了解一下该控制系统的主体功能。游泳池的自动抽水控制电路主要是通过游泳池内部设置的不同水位的传感器感知水位的高低，并通过传感器将水位信息传递到控制电路中，通过控制电路实现对抽水机的自动控制，实现低水位自动抽水，高水位或游泳池干时，停止抽水，并通过指示灯指示当前游泳池的水位状态。



游泳池的自动抽水功能见示意图2-15。

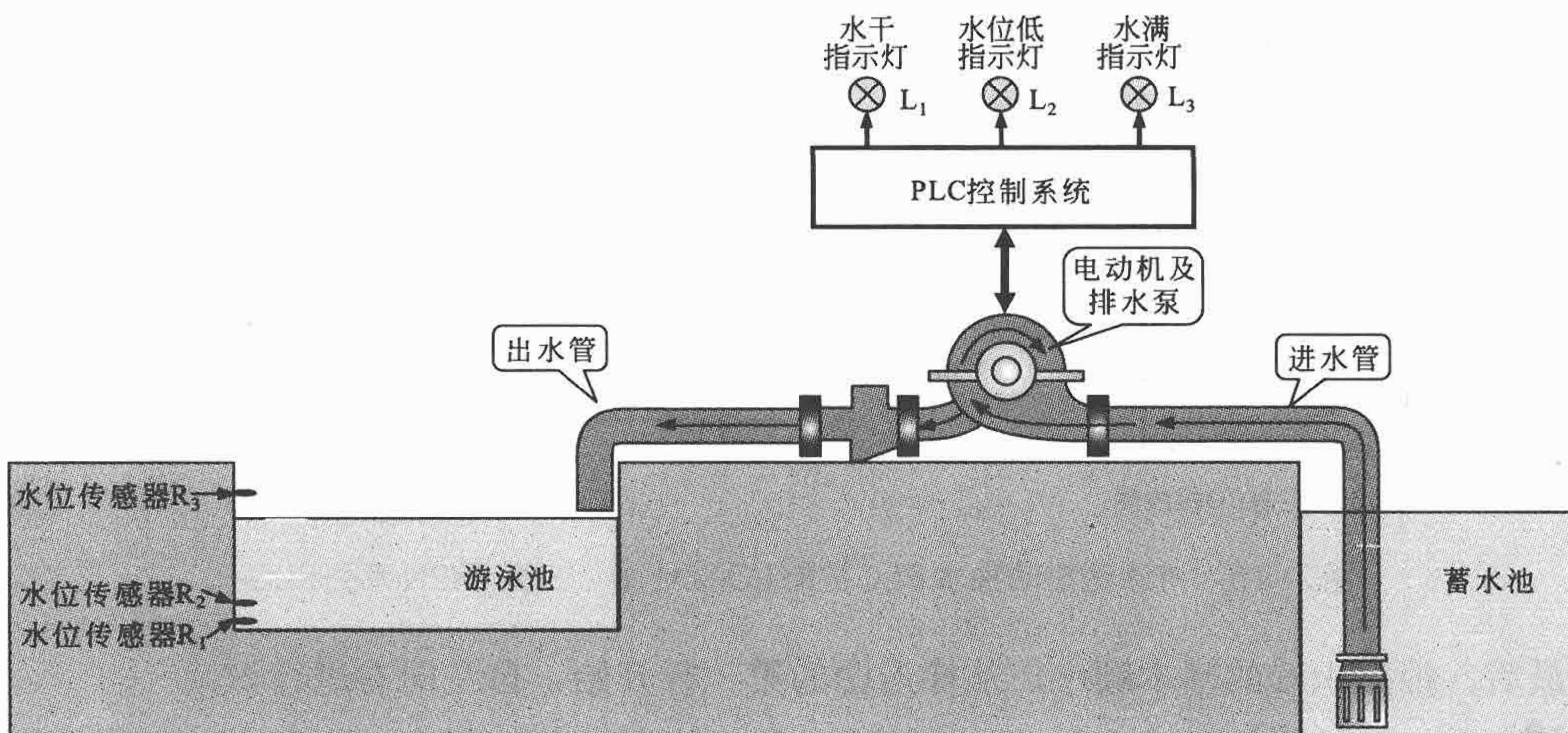


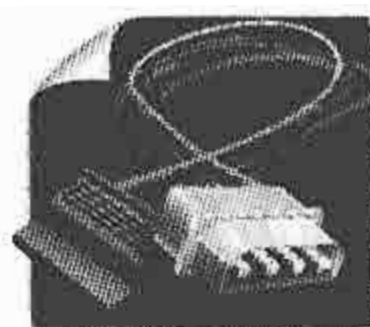
图2-15 游泳池的自动抽水功能示意图

图中，水位传感器 R_1 为游泳池中水干时检测传感器， R_2 为游泳池水位偏低时检测传感器， R_3 为游泳池水位满时检测传感器。相对应 L_1 为水干指示灯， L_2 为水位偏低指示灯， L_3 为水满指示灯。水位传感器均为检测到有水时动作，即常闭触点断开，常开触点闭合。

PLC控制系统则实现：

当水位低于 R_2 时，控制水泵抽水，偏低指示灯亮；

当水位高于 R_3 时，控制水泵停转停止抽水，水满指示灯亮；



当水位低于 R_1 时，控制水泵停转停止抽水，水干指示灯亮。

② 根据PLC控制I/O分配表（见表2-3），了解梯形图中编程元件对应的电气部件。

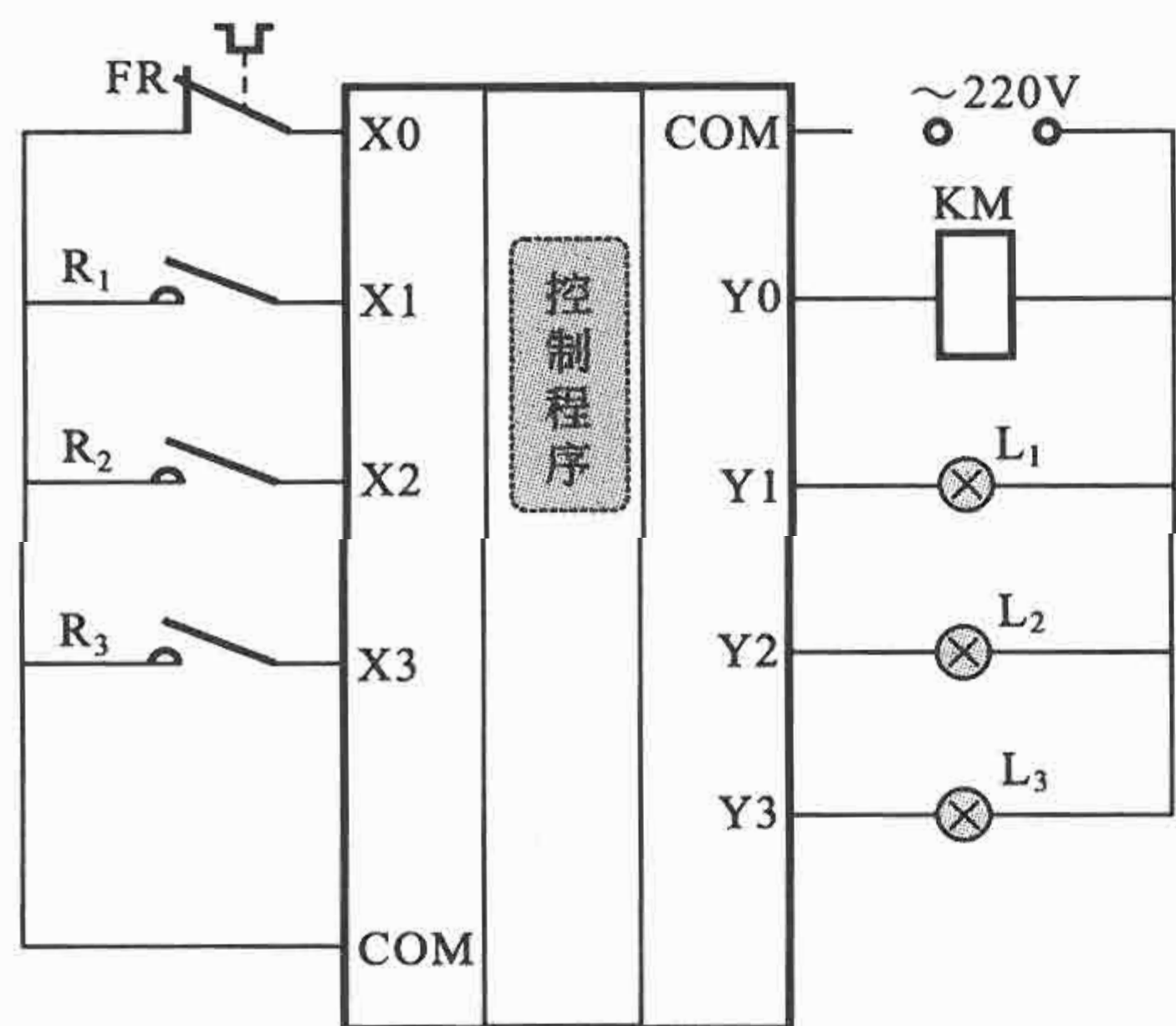
表2-3 游泳池自动抽水PLC控制I/O分配表（三菱FX2N系列PLC）

输入信号			输出信号		
部件名称	代号	输入点编号	部件名称	代号	输出点编号
水位传感器	R_1	X1	接触器	KM	Y0
水位传感器	R_2	X2	水干指示灯	L_1	Y1
水位传感器	R_3	X3	水位低指示灯	L_2	Y2
过热保护继电器	FR	X0	水满指示灯	L_3	Y3

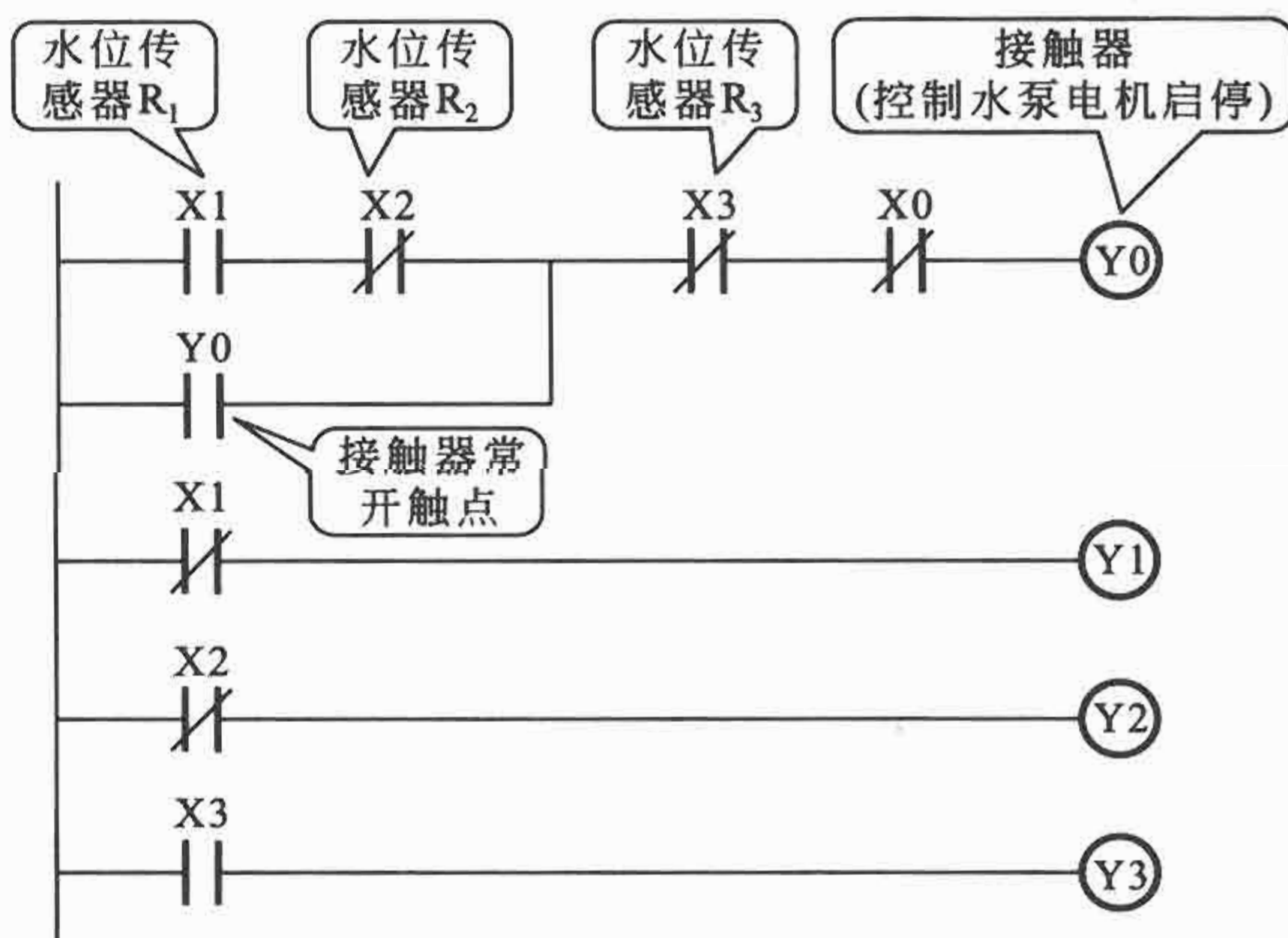
然后，根据I/O接线图，了解梯形图所对应的负载器件。



PLC控制I/O接线图见图2-16。



(a) PLC控制I/O接线图



(b) 标识梯形图中的相关信息

图2-16 游泳池自动抽水PLC控制I/O接线图（三菱FX2N系列PLC）

最后，根据识读的基本顺序，从梯形图的第一行开始，自左向右进行识读。



梯形图第一行的初始状态见图2-17。

X1 对应水位传感器 R_1 ，常开触点，无水时断开；

X2 对应水位传感器 R_2 ，常闭触点，无水时闭合；

X3 对应水位传感器 R_3 ，常闭触点，无水时闭合。

在该系统中，当传感器检测到有水时，相应触点动作。如当游泳池中的水位高于 R_1 、低于 R_2 时，触点X1动作。

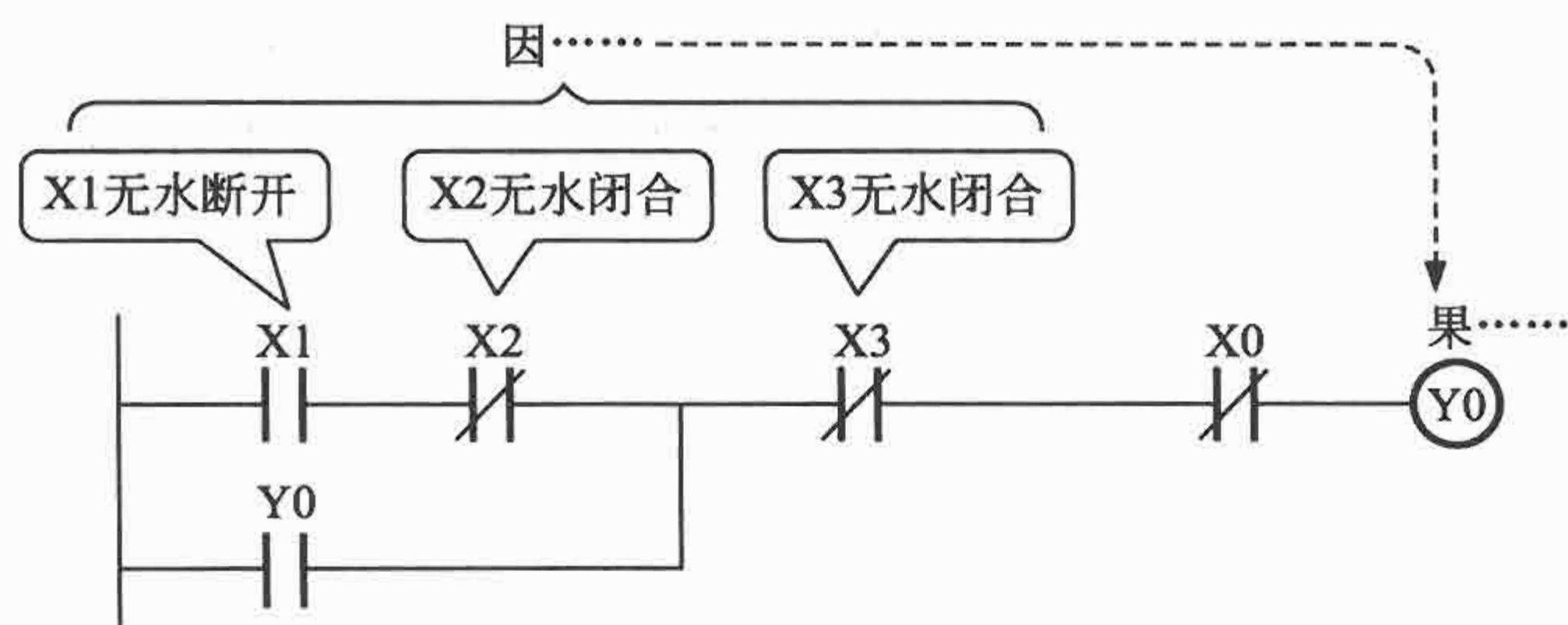


图2-17 梯形图第一行的初始状态



当游泳池中的水位高于R₁、低于R₂时控制过程见图2-18。

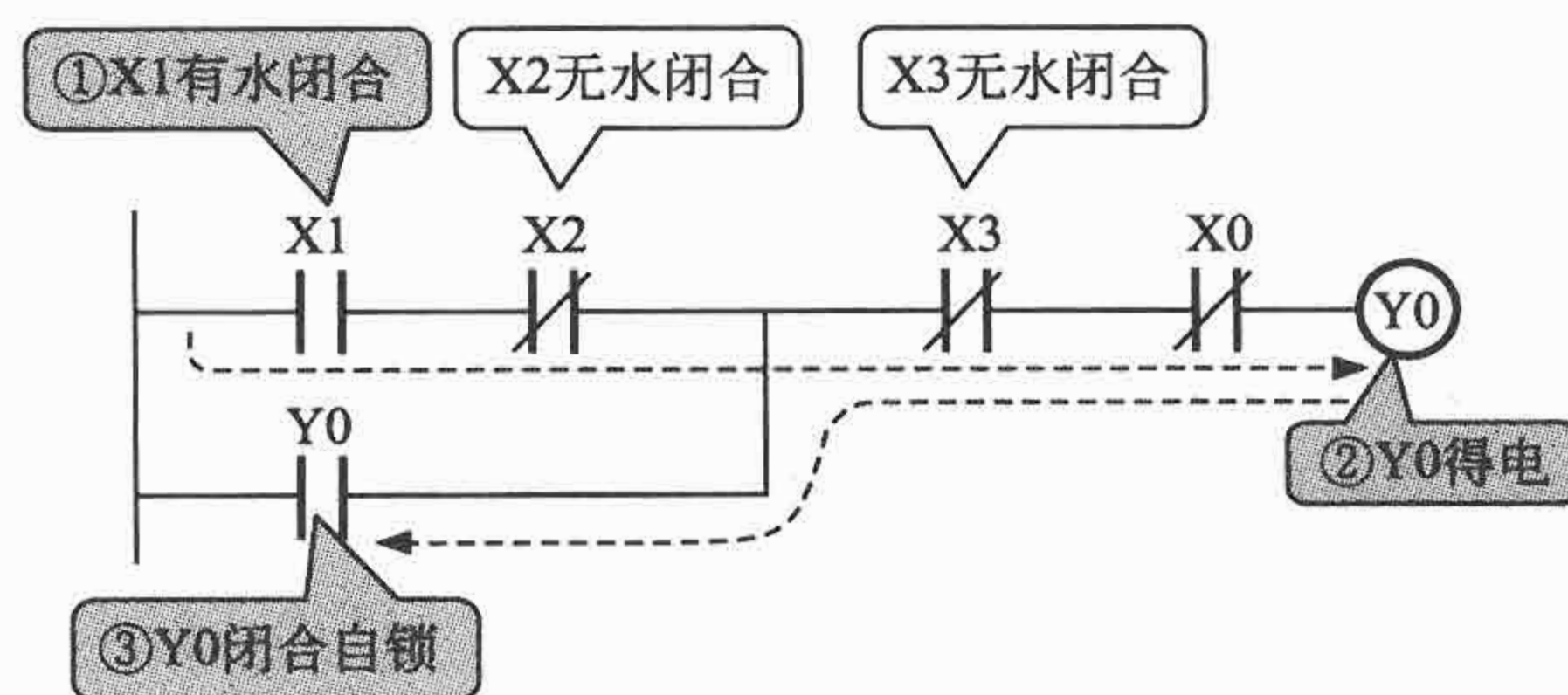


图2-18 当游泳池中的水位高于R₁、低于R₂时控制过程

也就是说，R₁检测到有水，R₂、R₃无水，那么当前R₁因检测到水，触点X1动作，由常开变为闭合（步骤①），此时电路接通，线圈Y0得电（步骤②），同时线圈常开触点闭合自锁（步骤③），带动水泵开始抽水。

当游泳池中的水位上升至R₂，低于R₃时，触点X2动作。



当游泳池中的水位高于R₂、低于R₃时控制过程见图2-19。

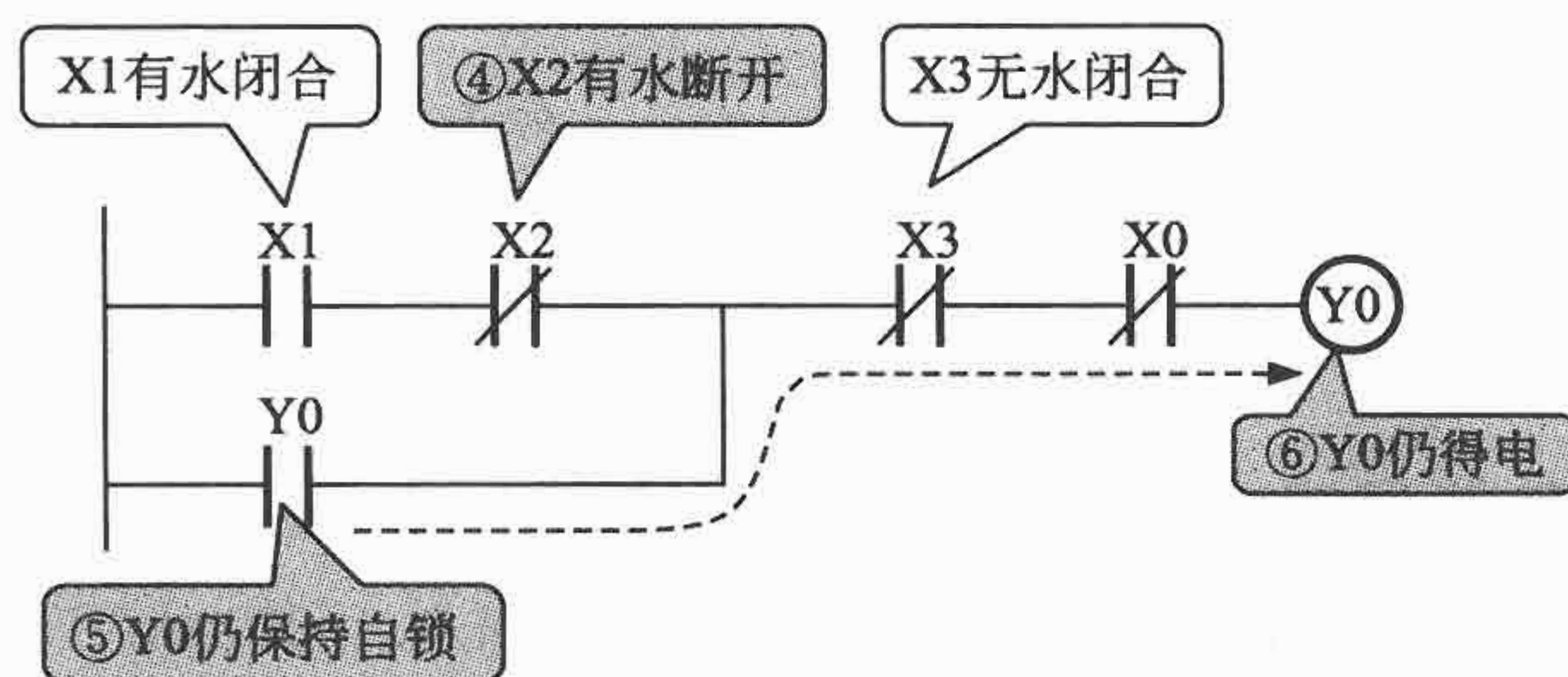


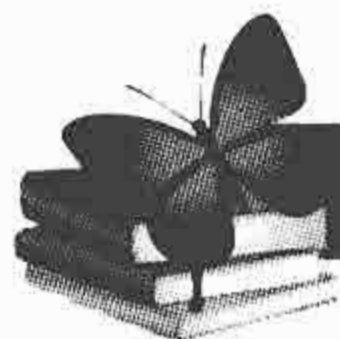
图2-19 当游泳池中的水位高于R₂、低于R₃时控制过程

也就是说，R₂检测到有水，R₃无水，那么当前R₂因检测到有水，触点X2动作：由常闭触



点变为断开(步骤④),此时触点X1合、X2断、X3合,但由于Y0触点保持自锁(步骤⑤),线路中触点Y0、触点X3、X0、线圈Y0仍保持电路通(步骤⑥),水泵仍带动电动机抽水。

当游泳池中的水位上升至 R_3 ,触点X3动作。



图解

当游泳池中的水位高于 R_3 时控制过程见图2-20。

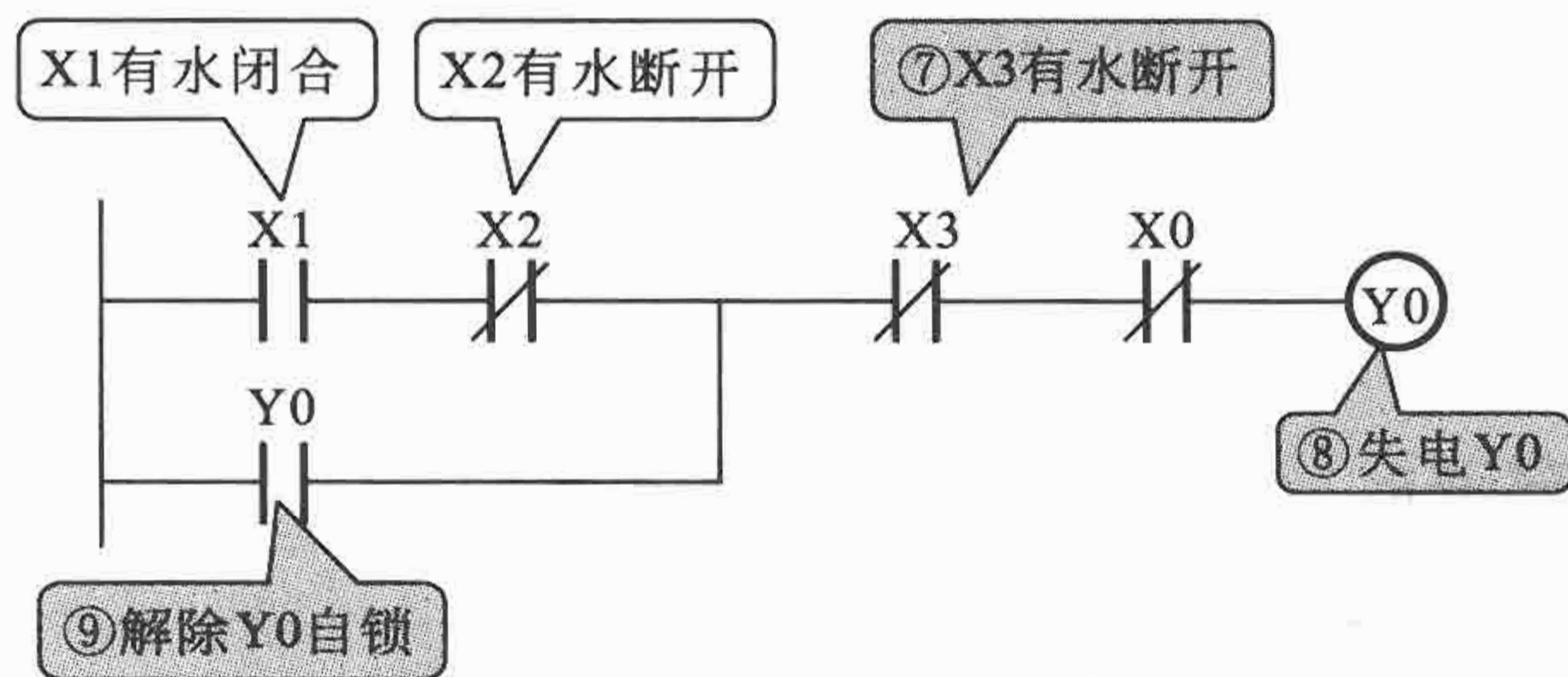


图2-20 当游泳池中的水位高于 R_3 时控制过程

也就是说, R_3 检测到有水,触点X3动作:由常闭触点变为断开(步骤⑦),此时电路断开,线圈Y0失电,触点Y0断开(步骤⑧),水泵停转,停止抽水。

游泳池自动抽水的PLC梯形图第2行、第3行和第4行的识读方法与上述方法基本相同,也就是说,通过了解传感器是否检测到水,来判断触点的通电,以及相应控制负载的状态。



图解

游泳池自动抽水的PLC梯形图第2行、第3行和第4行的识读方法见图2-21。

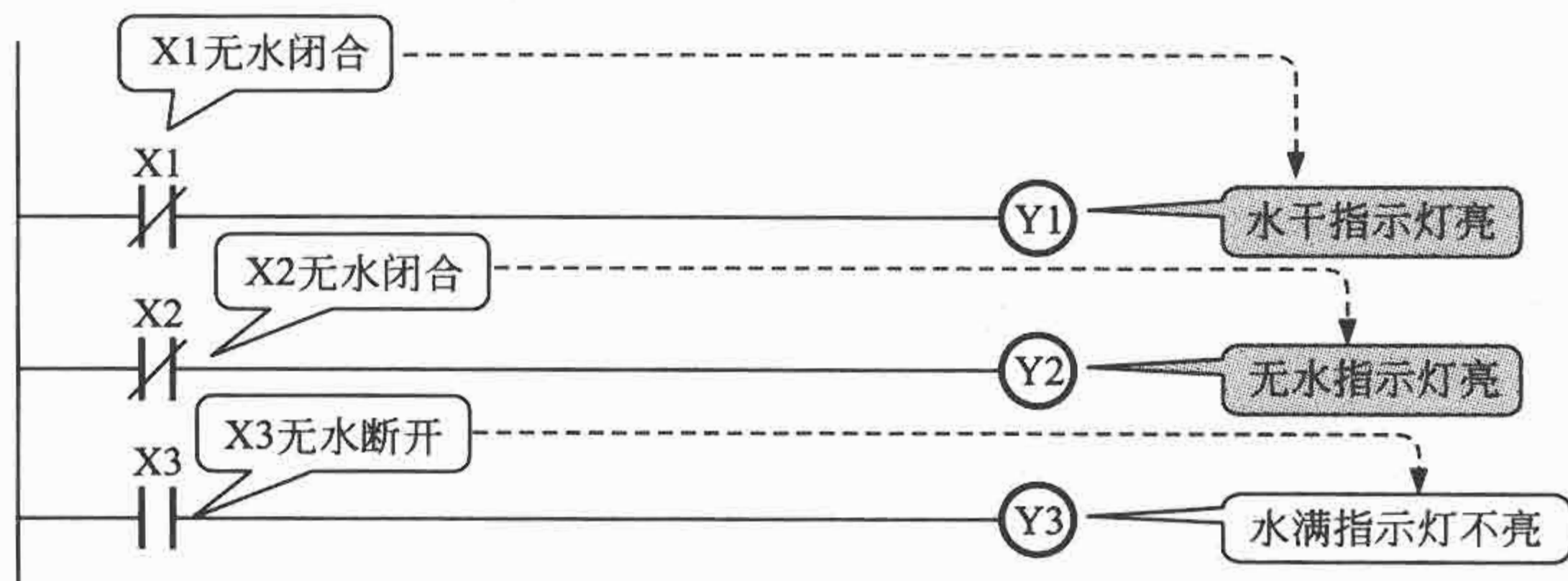
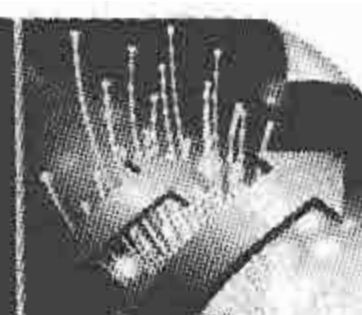


图2-21 梯形图第2行、第3行和第4行的识读方法

根据该程序所实现功能可知,水位传感器 R_1 检测无水时,触点为初始的闭合状态,水干指示灯Y1点亮;检测到有水时,触点动作,即由常闭转为断开,水干指示灯Y1熄灭。

同样,水位传感器 R_2 检测无水时,无水指示灯亮,那么对应看梯形图,其初始状态无水闭合,此时无水指示灯亮,符合实际要求;当 R_2 检测到水时,触点动作,由常闭触点转换为断开,此时无水指示灯熄灭。



而对于水漫指示灯控制则与上述相反，初始状态，设置X3为常开触点，此时水满指示灯不亮，而当R₃检测到水时，触点X3动作，常开触点闭合，水满指示灯点亮，符合实际设计要求。

提示

识读梯形图的关键是要了解控制触点动作的基本条件，如上例中，所有传感器在检测到有水时动作，根据这一关键信息，梯形图中触点和线圈的因果关系便能够很好地理解和对应。另外，值得注意的是，梯形图中触点与线圈之间是前因与后果的关系，但梯级之间没有前后顺序，因为它们是并联关系，如图2-22所示，分析梯形图时要注意这一点。

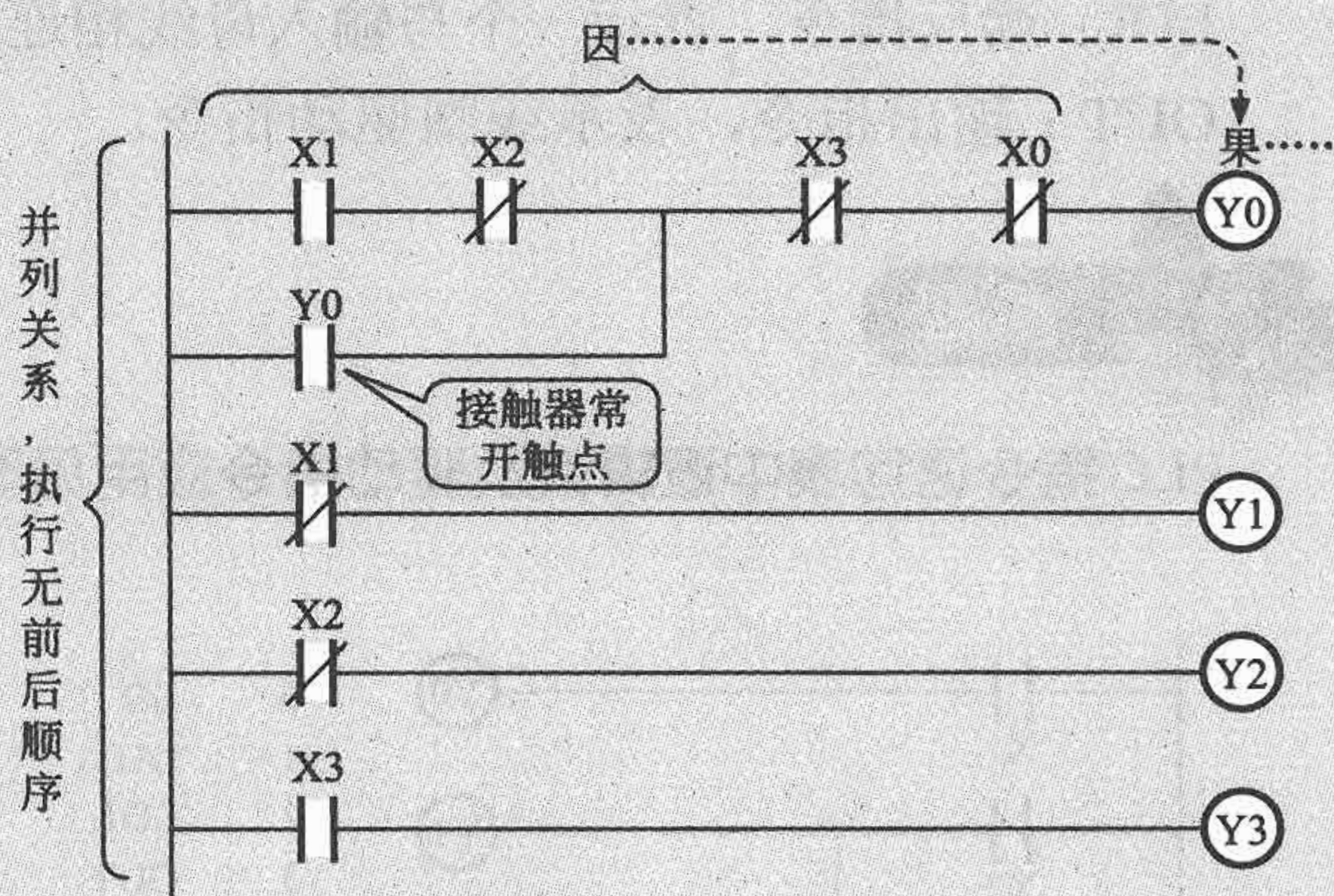


图2-22 梯形图中的时序关系

2.2

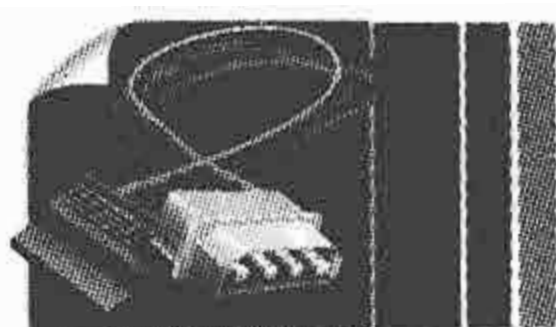
PLC 指令语句表

2.2.1 指令语句表的基本概念

指令语句表(IL)是PLC另一种常见的编程语言，一般由梯形图转换而来。它是用一系列操作指令(助记符)组成的控制流程，通过编程器存入PLC中。需要注意的是，不同厂家的PLC指令语句表使用的助记符并不相同，例如，表2-4所列为几种不同厂家的PLC中常用的助记符。

表2-4 几种不同厂家的PLC中常用的助记符

功 能	三菱FX系列	欧姆龙C系列	STEP5 语言
读入指令(逻辑段开始-常开触点)	LD	LOAD	
“与”指令	AND	AND	U
“与非”指令	ANI	AND NOT	UN
“或”指令	OR	OR	O
“或非”指令	ORI	OR NOT	ON
输出指令(驱动线圈指令)	OUT	OUT	=



下面我们以三菱FX系列为例，具体介绍一下这些指令的具体概念和编写原则。

(1) 逻辑读及驱动指令的应用 (LD、LDI、OUT)

逻辑读及驱动指令包括LD、LDI、OUT三个基本指令，含义如下。

LD：读指令，表示一个与输入母线相连的常开触点指令，即常开触点逻辑运算起始。

LDI：读反指令，表示一个与输入母线相连的常闭触点指令，即常闭触点逻辑运算起始。

OUT：输出指令，表示线圈驱动指令。



PLC指令语句表中逻辑读及驱动指令应用见图2-23。

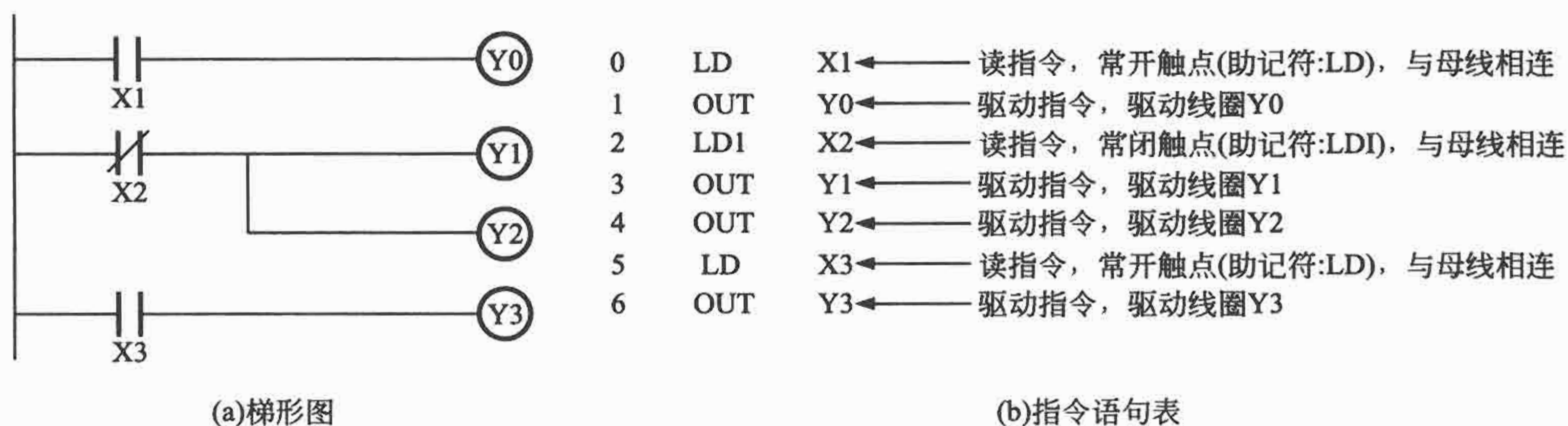


图2-23 PLC指令语句表中逻辑读及驱动指令的应用

也就是说，在简单的PLC中，每条电路的第一个触点用LD或LDI指令，用于将触点接到母线上；在具有串并联电路模块中，每块中的第一个触点使用LD或LDI指令。

OUT指令则是对输出继电器、辅助继电器、定时器、计数器等线圈的驱动指令，不能对输入继电器使用。



若使用OUT指令驱动定时器T、计数器C时，必须设置常数K，如图2-24所示。

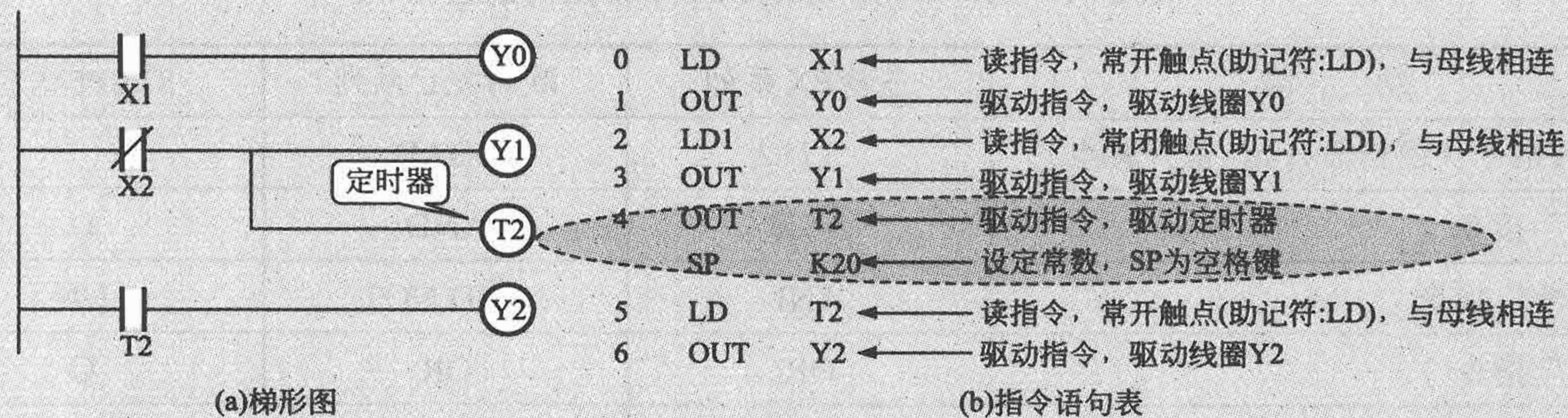


图2-24 OUT指令中常数K的应用

常数K值设定范围参见表2-5。

表2-5 K值设定范围

定时器, 计数器	K的设定范围	实际的设定值	步数
1ms 定时器	1 ~ 32767	0.001 ~ 32.767s	3
10ms 定时器		0.01 ~ 327.67s	3
100ms 定时器		0.1 ~ 3276.7s	3
16位计数器		1 ~ 32767s	3
32位计数器	-2147483648 ~ +2147483648	-2147483648 ~ +2147483648	5

(2) 与和与非指令（非触点串联）的应用（AND、ANI）

与和与非指令包括AND、ANI两个基本指令，含义如下。

AND：与指令，用于单个常开触点的串联。

ANI：与非指令，用于单个常闭触点的串联。



图解

PLC指令语句表中与和与非指令的应用见图2-25。

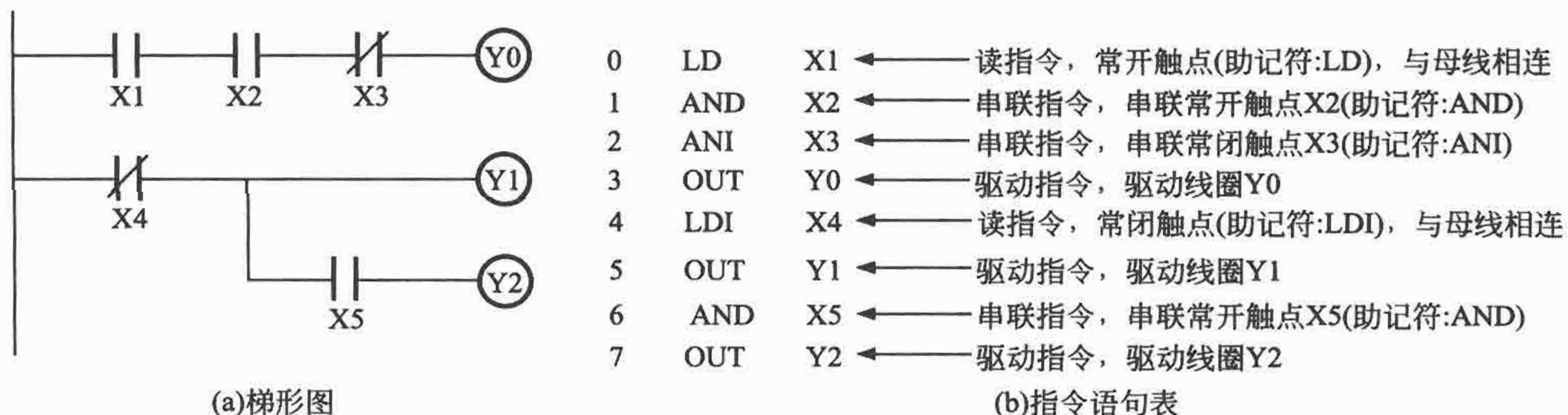


图2-25 PLC指令语句表中与和与非指令的应用

也就是说，在简单的PLC中，用AND、ANI指令可进行触点的简单串联连接。AND用于常开触点的串联，ANI用于常闭触点的串联。串联触点的个数没有限制，该指令可以多次重复使用。

(3) 或和或非指令（触点并联）的应用（OR、ORI）

或和或非指令包括OR、ORI两个基本指令，含义如下。

OR：或指令，用于单个常开触点的并联。

ORI：或非指令，用于单个常闭触点的并联。



图解

PLC指令语句表中或和或非指令的应用见图2-26。



图2-26 PLC指令语句表中或和或非指令的应用

也就是说, 在简单的PLC中, 用OR、ORI指令可进行触点的简单并联连接。OR用于常开触点的并联, ORI用于常闭触点的并联。并联触点的个数没有限制, 该指令可以多次重复使用。

(4) 串联电路块或指令的应用 (ORB)

串联电路块或指令是指, 串联电路块再进行并联的指令。其中, 串联电路块是指两个或两个以上的触点串联连接的电路模块, 当这种电路模块之间进行并联连接时, 分支的开始用LD、LDI指令, 串联结束后分支的结果用ORB指令。

串联电路块的并联指令ORB是一种无操作元件号的指令。



PLC指令语句表中串联电路块或指令的应用见图2-27。

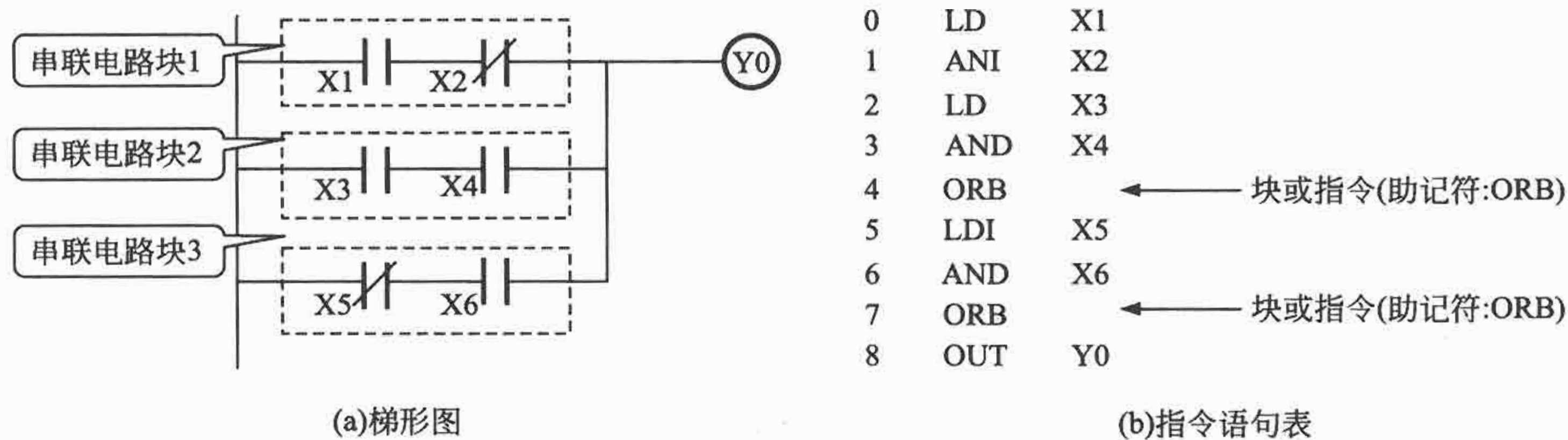


图2-27 PLC指令语句表中串联电路块或指令的应用

也就是说, 在PLC中, 用ORB表示电路块与电路块之间的并联, 该指令可以连续使用, 并联电路块的个数没有限制。但值得注意的是, 该编程方法中, 重复使用LD、LDI指令的次数不能超过8次。

(5) 并联电路块与指令的应用 (ANB)

并联电路块与指令是指, 并联电路块再进行串联的指令。其中, 并联电路块是指两个或两个以上的触点并联连接的电路模块, 当这种电路模块之间进行串联连接时, 分支的开始用LD、LDI指令, 并联结束后分支的结果用ANB指令。

并联电路块的串联指令也是一种无操作元件号的指令。



图解

PLC 指令语句表中串联电路块与指令的应用见图 2-28。

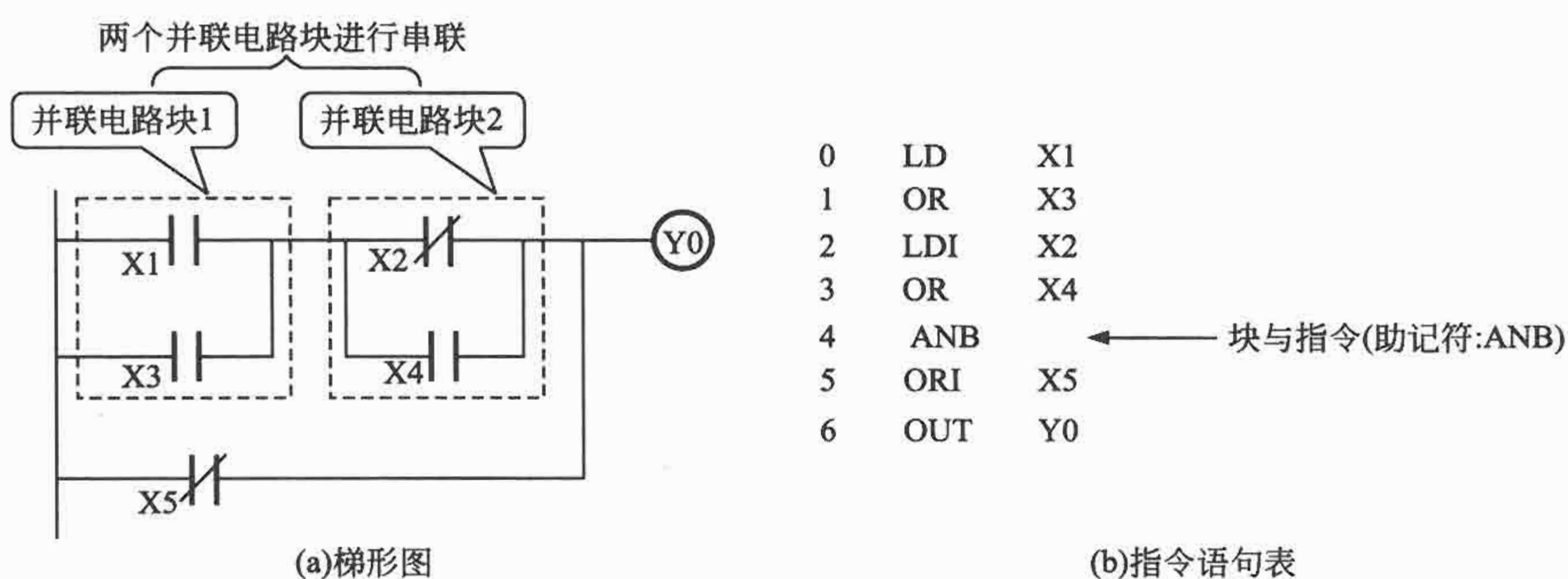


图 2-28 PLC 指令语句表中串联电路块与指令的应用

也就是说，在 PLC 中，用 ANB 表示电路块与电路块之间的串联，该指令可以连续使用，串联电路块的个数没有限制。但值得注意的是，该编程方法中，重复使用 LD、LDI 指令的次数不能超过 8 次。

(6) 多重输出指令的应用 (MPS、MRD、MPP)

多重输出指令包括三个指令，即进栈指令 MPS、读栈指令 MRD 和出栈指令 MPP。



扩展

这里我们提到了栈的概念，下面我们具体介绍 PLC 中栈表示的含义。三菱 FX 系列 PLC 中有 11 个存储运算中间结果的存储器，称其为栈存储器。这种存储器采用先进后出的数据存储方式。栈存储器见图 2-29。

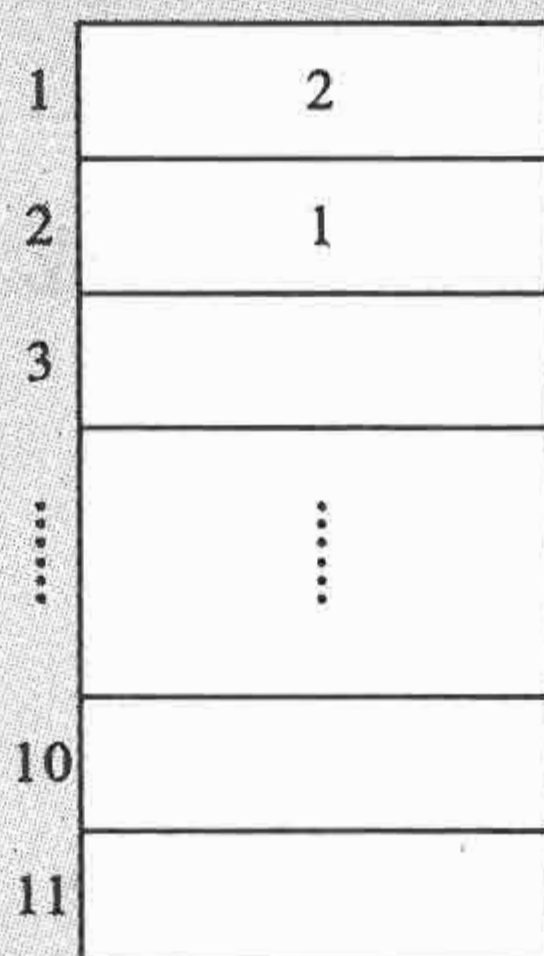


图 2-29 栈存储器

MPS，进栈指令，是指将运算结果送入栈的第一个单元（栈顶），同时让栈中原有的数据顺序下移一个栈单元。MPS 进栈指令操作见图 2-30。

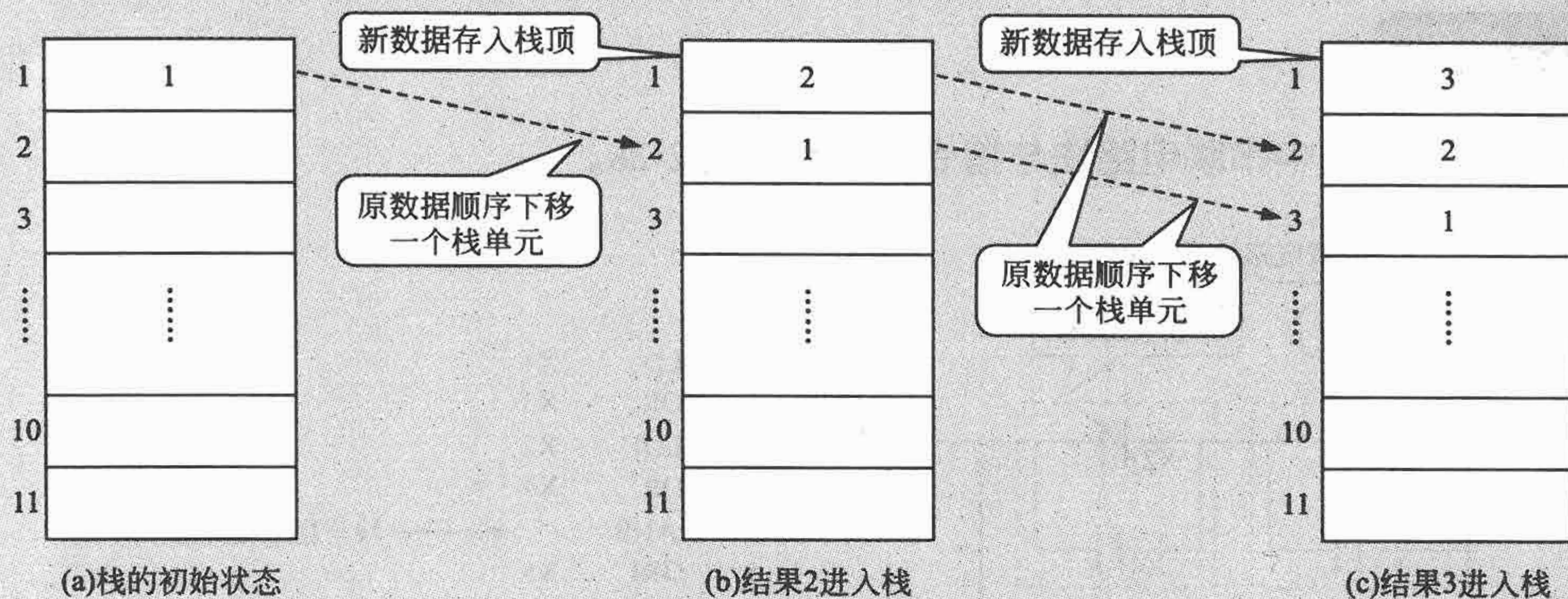


图2-30 MPS进栈指令操作

MRD, 读栈指令, 是指将栈中栈顶的数据读出, 读出时, 栈中数据不发生移动。
MPP, 出栈指令, 是指将栈中栈顶的数据取出, 原栈中的数据依次上移一个栈单元。MPP出栈指令操作见图2-31。

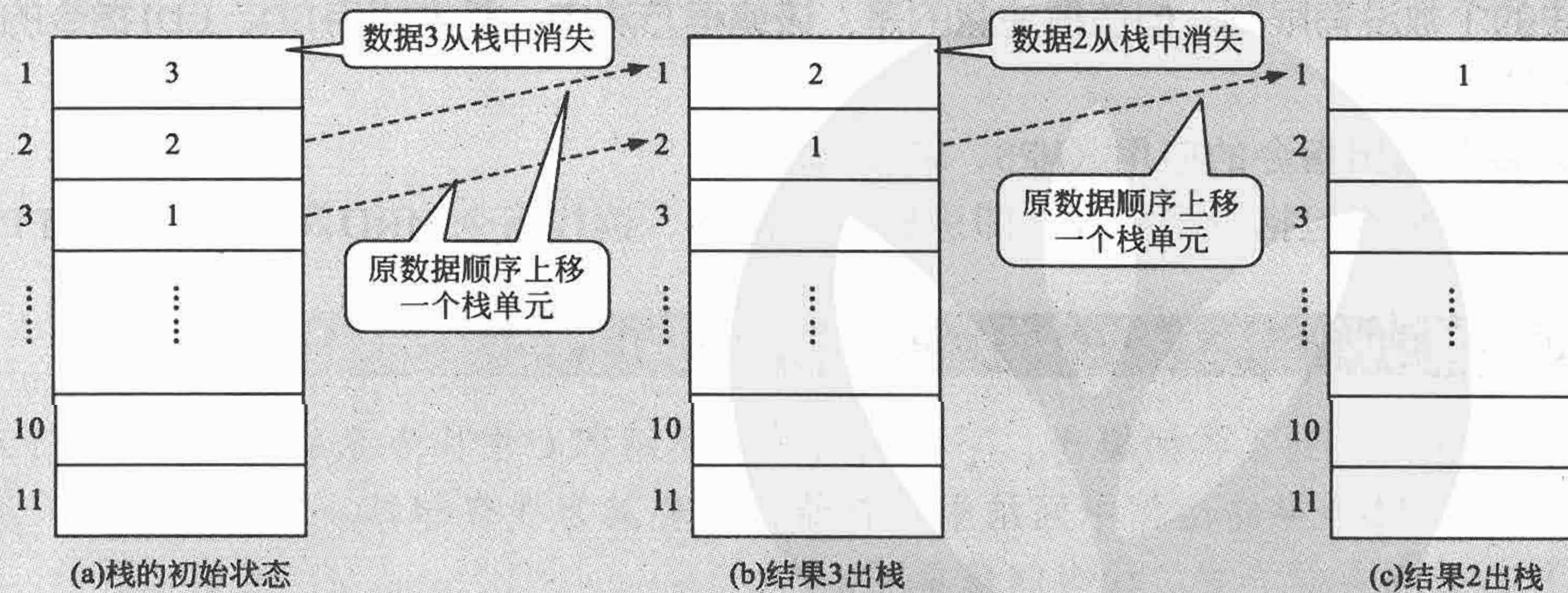


图2-31 MPP出栈指令操作

多重输出指令中, MPS指令和MPP指令必须成对使用, 而且连续使用次数应少于11。多重输出指令也是一种无操作元件号的指令。



PLC指令语句表中多重输出指令的应用见图2-32。

(7) 主控及主控复位指令 (MC、MCR)

主控及主控复位指令是指MC和MCR指令, 其中MC为主控指令, 用于公共串联接点的连接; MCR为主控复位指令, 也就是对MC进行复位的指令。

使用主控及主控复位指令可以有效地实现多个线圈同时受一个或一组触点控制, 节省存储器单元。

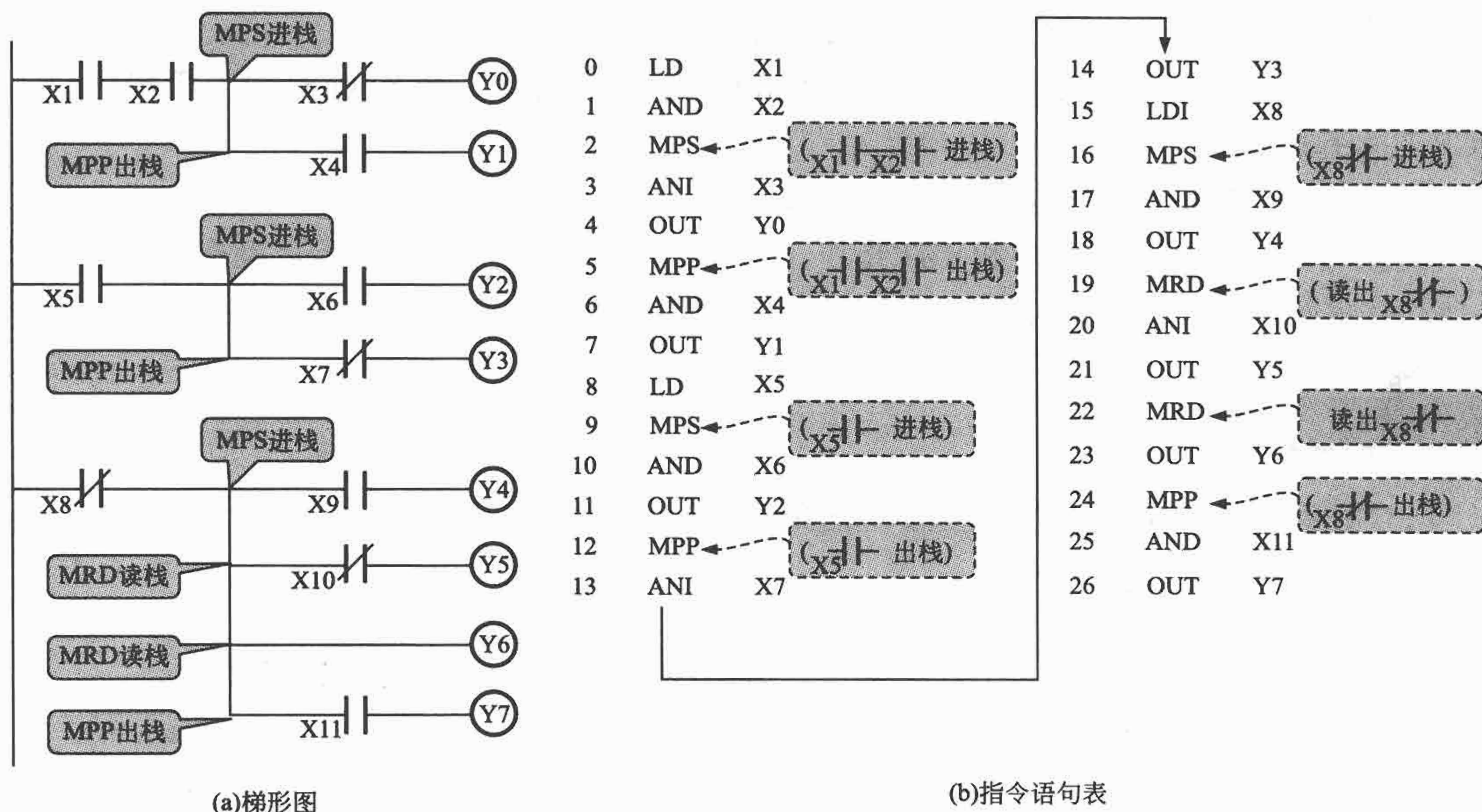
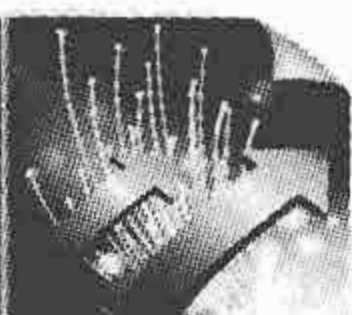


图2-32 PLC指令语句表中多重输出指令的应用

一般将使用主控指令的触点称为主控触点，它在梯形图中与一般的接点垂直，是与母线相连接的常开触点。



PLC指令语句表中主控及主控复位指令的应用见图2-33。

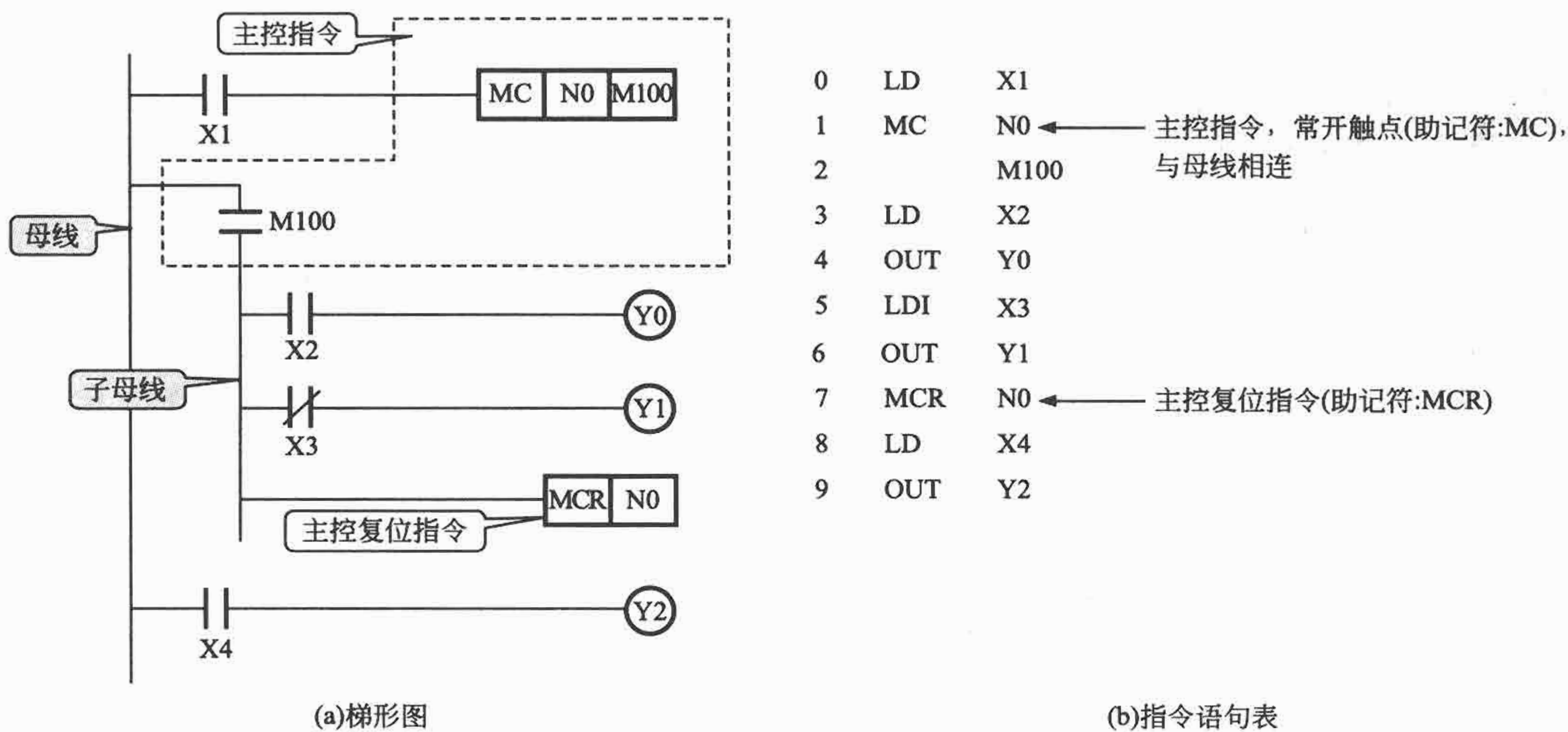


图2-33 PLC指令语句表中主控及主控复位指令的应用

主控指令即为借助辅助继电器M100，在其常开触点后新加了一条子母线，该母线后的所有触点与它之间都用LD（或LDI）连接，当M100控制的逻辑行执行结束后，应用主控复位指令



MCR结束子母线，后面的触点仍与母线进行连接。

在图2-33中，当X1接通后，执行MC与MCR之间的指令；当X1断开时，不执行MC与MCR之间的指令。

(8) 置位与复位指令的应用 (SET、RST)

置位与复位指令是指SET和RST指令，其中SET为置位指令，表示使操作对象置“1”，并使动作保持；RST为复位指令，表示使操作对象复位为“0”，使保持动作复位。



PLC指令语句表中置位与复位指令的应用见图2-34。

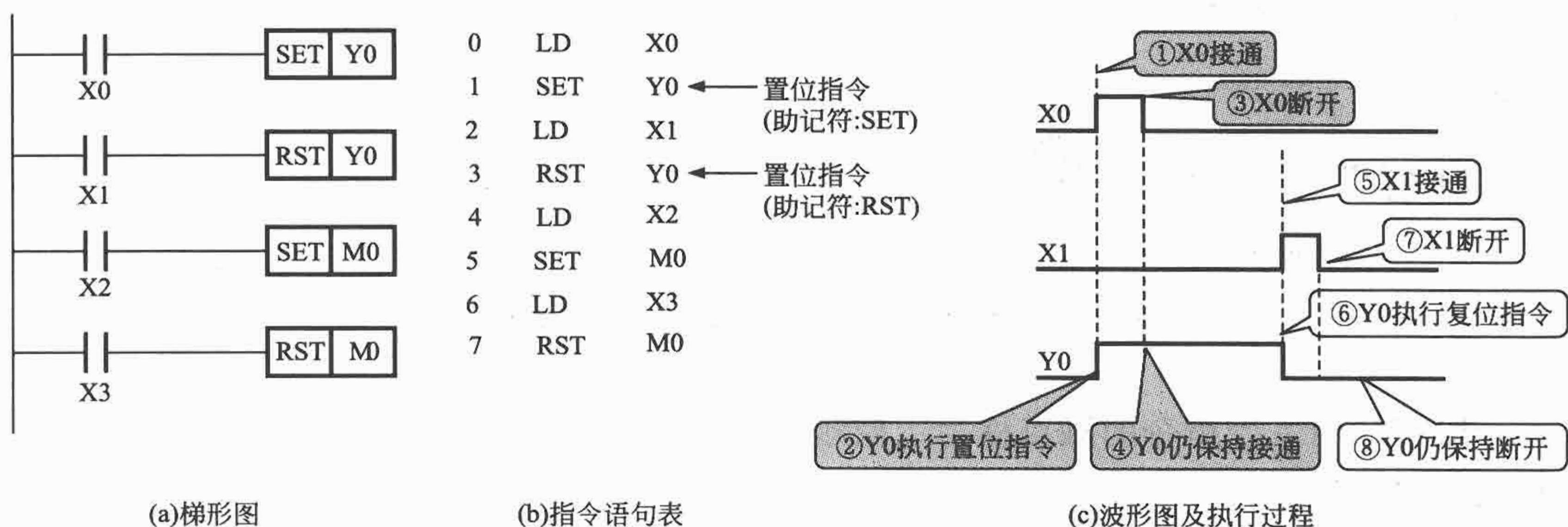


图2-34 PLC指令语句表中置位与复位指令的应用

也就是说，在PLC中，当X0接通后，驱动线圈Y0执行置位指令接通；当X0断开后，Y0仍保持接通状态。当X1接通后，线圈Y0执行复位指令，被复位断开；当X1断开后，线圈Y0仍保持复位断开状态。



PLC的置位与复位指令中，SET指令的操作目标元件为Y（输出继电器）、M（辅助继电器）、S（状态继电器）。RST指令的操作目标元件为Y（输出继电器）、M（辅助继电器）、S（状态继电器）、D（数据寄存器）、V、Z、T（定时器）、C（内部计数器）。另外，用RST指令可以对计数器、定时器、数据存储寄存器、变址寄存器的内容清零。

(9) 脉冲输出指令的应用 (PLS、PLF)

脉冲输出指令包括PLS和PLF指令，其中PLS指令在输入信号上升沿产生一个扫描脉冲输出；PLF指令则为在输入信号下降沿产生一个扫描脉冲输出。



PLC指令语句表中脉冲输出指令的应用见图2-35。

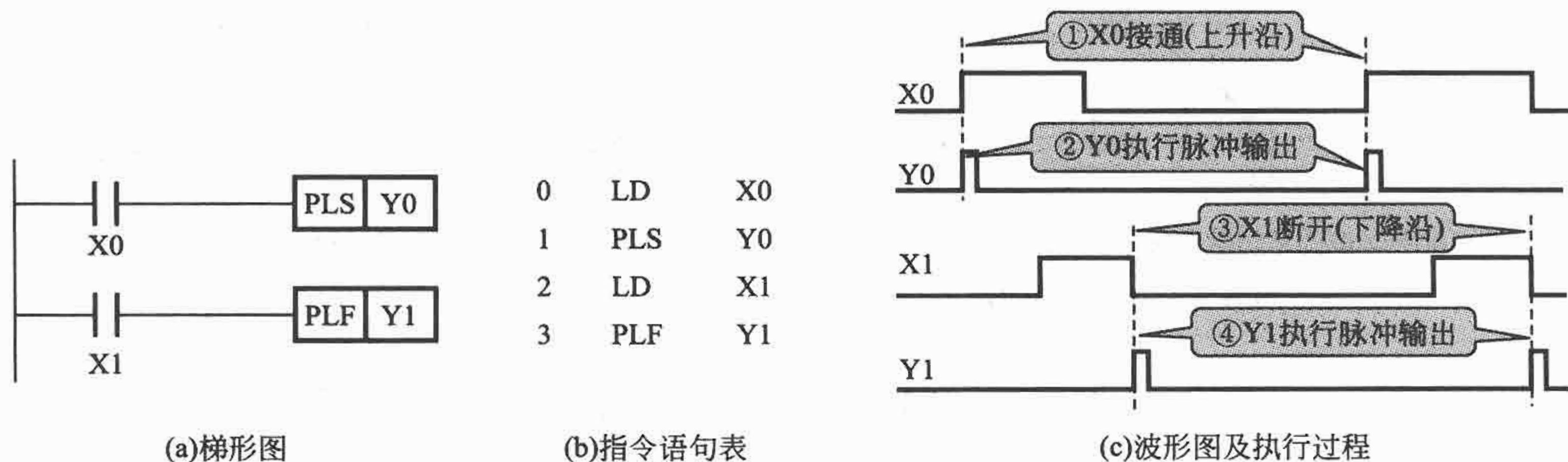


图 2-35 PLC 指令语句表中脉冲输出指令的应用

也就是说，在 PLC 中，使用 PLS 命令，元件 Y 仅在驱动输入接通后（上升沿）的一个扫描周期内动作。使用 PLF 命令，元件 Y 仅在驱动输入断开后（下降沿）的一个扫描周期动作。



PLC 指令语句表中置位和复位指令与脉冲输出指令同时使用见图 2-36。

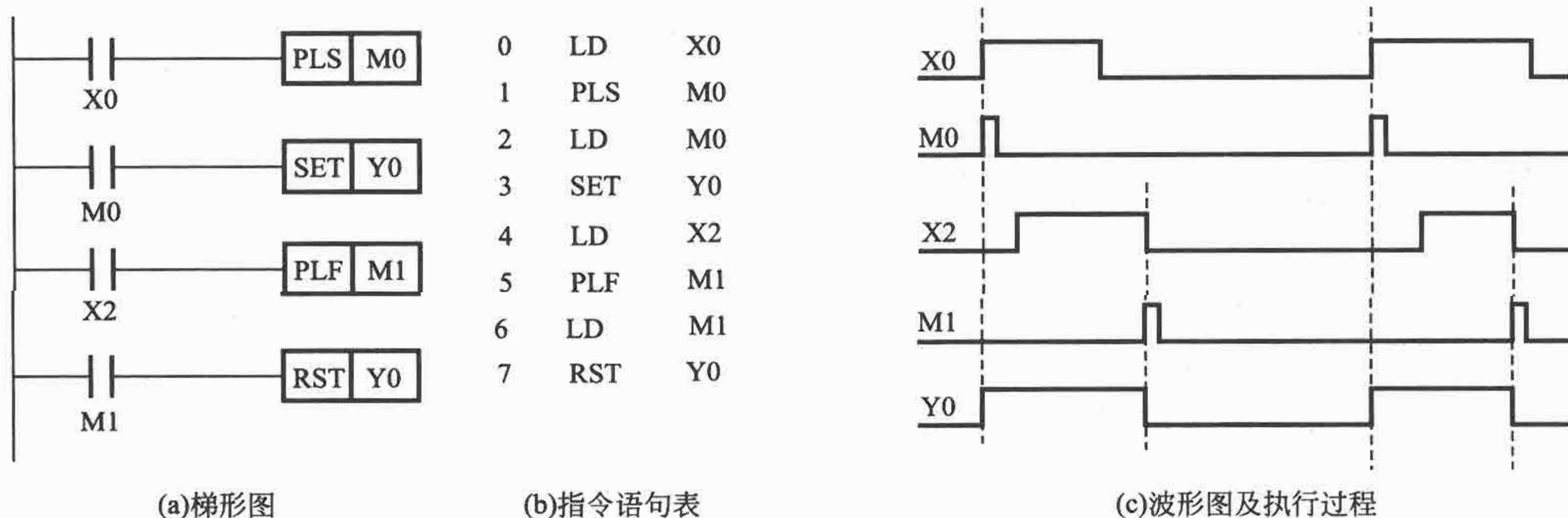


图 2-36 置位和复位指令与脉冲输出指令同时使用

(10) 空操作和程序结束指令的应用 (NOP、END)

空操作指令 NOP 是一条无动作、无目标元件的指令，主要用于改动或追加程序时使用。

结束指令 END 也是一条无动作、无目标元件的指令，对于复杂的 PLC 程序若在一段程序后写入 END 指令，则 END 以后的程序不再执行，可将 END 前面的程序结果进行输出。



PLC 指令语句表中空操作指令的应用见图 2-37。

也就是说，在 PLC 中，使用空操作命令，可将程序中的触点短路、输出短路或将某点前部分的程序全部短路不再执行。

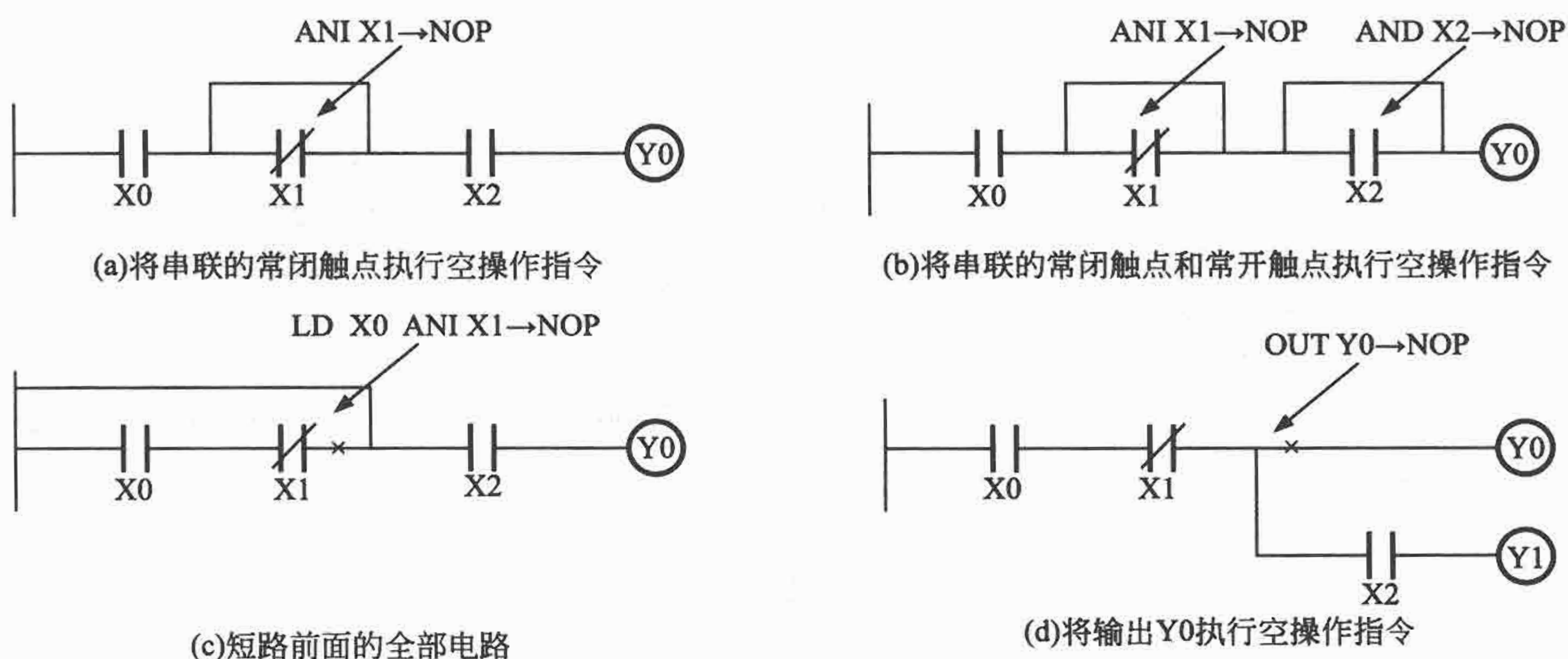
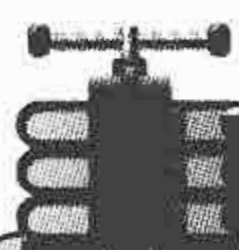


图 2-37 PLC 指令语句表中空操作指令的应用



提示

程序结束指令多应用于复杂程序的调试中，我们将复杂程序划分为若干段，每段后写入END指令后，可分别检验程序执行是否正常，当所有程序段执行无误后再依次删除END指令即可。

2.2.2 指令语句表的识读方法

指令语句表的逻辑关系通常不容易看出，因此对该编程语言进行直接识读比较困难，下面我们对其具体的识读方法进行介绍。

(1) 指令语句表识读的基本方法

① 结合梯形图进行识读 指令语句表通常直接由梯形图转化而来，因此识读时，可结合梯形图进行，更容易理清其中的逻辑关系。

② 对指令语句表划分段落

● 根据语句表中的基本指令特点划分段落

根据上节内容我们可以了解到，指令语句表中很多指令需要成对出现，如主控及主控复位指令MC、MCR，置位和复位指令SET、RST等，可根据该对应关系对指令语句表进行划分。

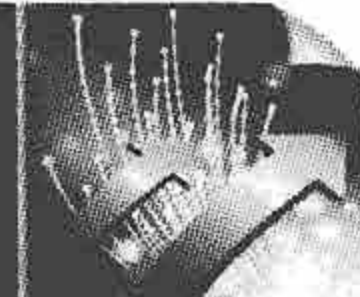
另外，指令语句表的基本指令中，块或和块与指令（ORB、ANB）没有操作目标元件，识读时根据各电路块从含有LD或LDI的指令开始，在下一条含有LD或LDI或ORB、ANB指令之前结束的原则，明确电路中各个电路块之间的串并联关系。

● 根据语句表中的一个输入点和一个输出点划分段落

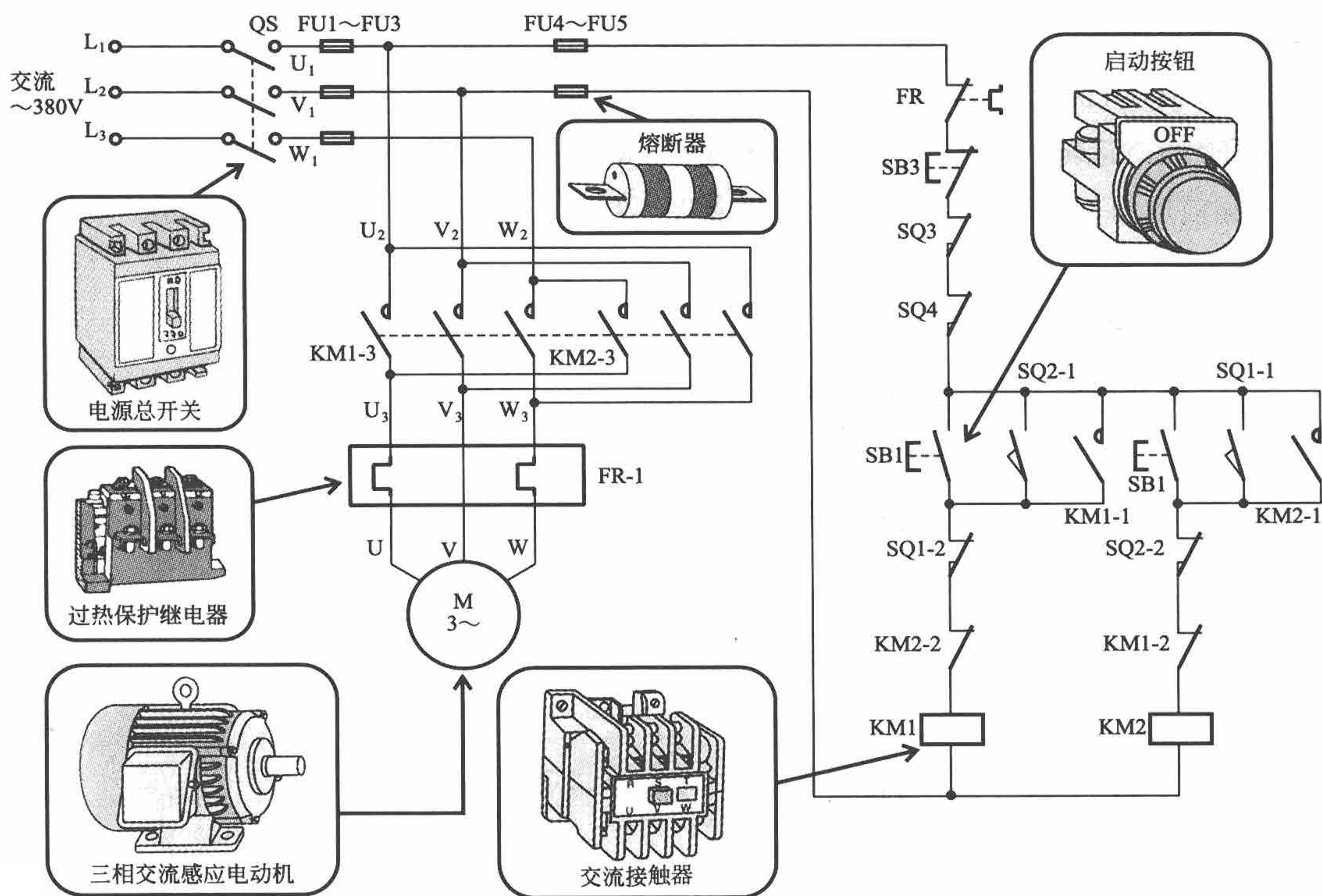
划分段落一般可根据一个或几个梯级为一段，即根据输入继电器LD或LDI X指令与之最近的OUT Y作为分段的重要依据。

(2) 指令语句表的识读实例

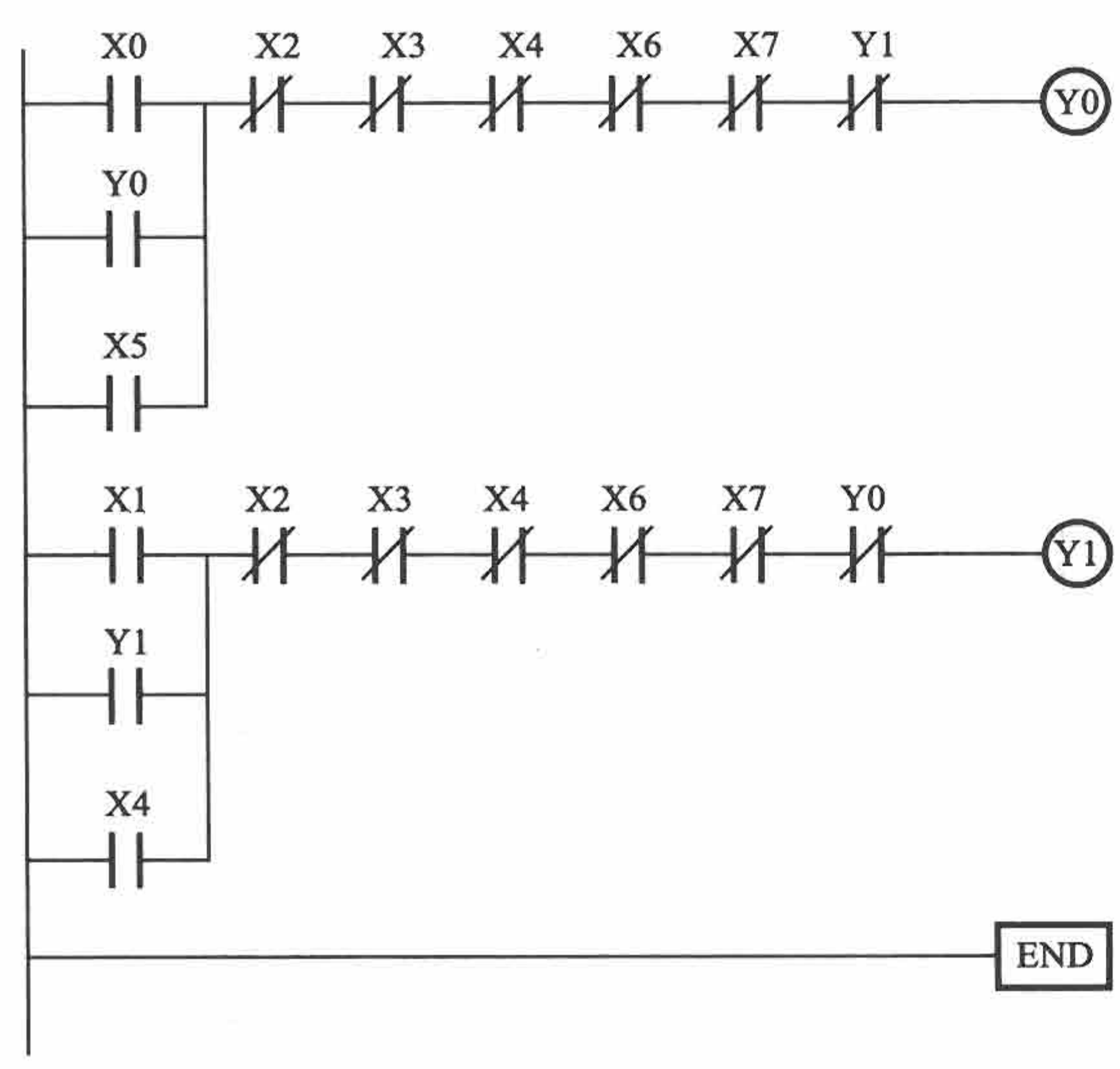
下面我们以典型指令语句表编程实例，介绍其识读方法。



典型的三相电动机的PLC正反转控制原理、梯形图及指令语句表见图2-38。



(a)工作原理



(b)梯形图

0	LD	X0
1	OR	Y0
2	OR	X5
3	ANI	X2
4	ANI	X3
5	ANI	X4
6	ANI	X6
7	ANI	X7
8	ANI	Y1
9	OUT	Y0
10	LD	X1
11	OR	Y1
12	OR	X4
13	ANI	X2
14	ANI	X3
15	ANI	X4
16	ANI	X6
17	ANI	X7
18	ANI	Y0
19	OUT	Y1
20	END	

(c)指令语句表

图2-38 典型的三相电动机的PLC正反转控制梯形图及指令语句表



该控制电路的基本原理为：

当按下正向启动按钮SB1，接触器KM1得电吸合，其主触点KM1-3闭合，电动机接通电源正向启动；同时，接触器KM1的常开触点KM1-1闭合自锁，常闭触点KM1-2断开；当电动机运行到正向限位位置时，限位开关SQ1-1受压闭合，常闭触点SQ1-2断开，接触器线圈KM1失电释放，主触点断开，KM1-1断开、KM1-2闭合，电动机正向运行停止。

此时，SQ1-1闭合接通接触器KM2，该线圈得电吸合，其主触点KM2-3闭合，电动机电源接通，开始反向运转。同时，接触器的常开触点KM2-1闭合自锁，KM2-2断开。

根据前述的基本识读方法，我们首先将图2-38所示指令语句表进行段落划分。



对图2-38进行段落划分的依据和方法见图2-39。

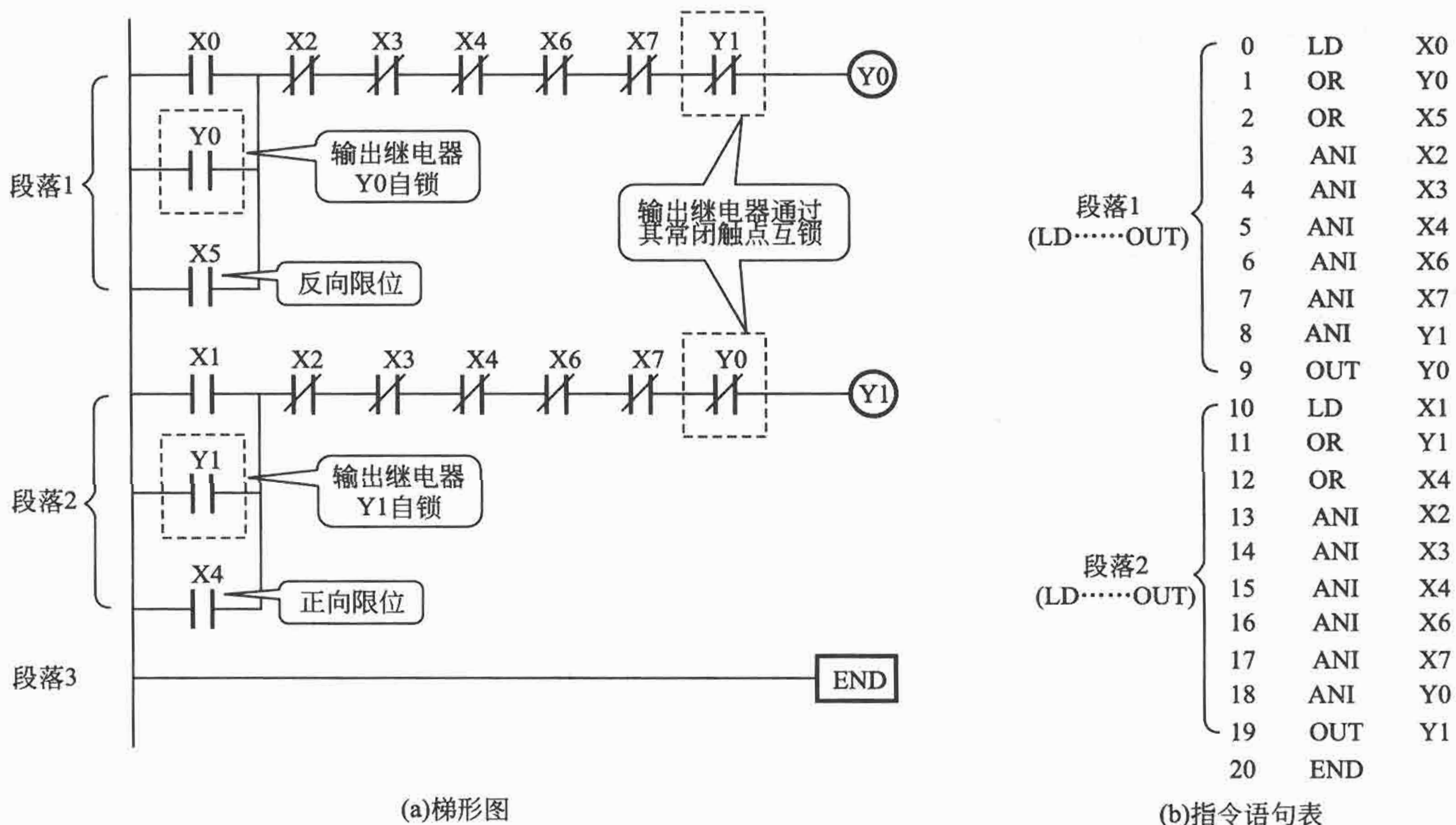
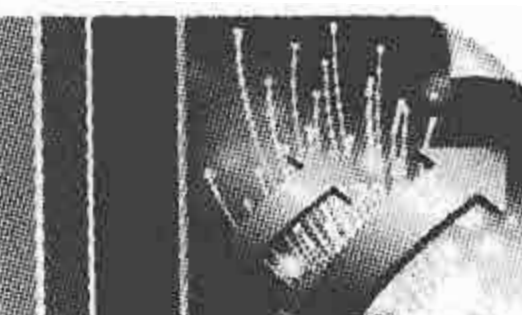


图2-39 对图2-38进行段落划分的依据和方法

参照梯形图，将指令语句表中第一组(LD……OUT)划分为一个段落；将第二组(LD……OUT)划分为第二个段落，对该编程语言进行识读时首先识读其第一个段落：LD X0表示X0为起始触点(输入继电器)；OR Y0和OR X5则表示触点Y0和X5与起始触点并联；ANI表示与常闭触点的串联指令，由此可知，接下来即为X2、X3、X4、X6、X7、Y1与起始触点X0串联。

指令语句表第二个段落各触点关系及控制方式与第一个段落基本相同。了解了语句表各指令关系及含义后，查找该PLC中关于输入/输出设备的I/O分配表，了解程序中各指令目标元件的控制负载，即可完成对整个控制过程的识读。



提示

对指令语句表的识读关键是要掌握各基本指令的含义和应用，关于这部分的内容我们已在前一节进行具体的介绍，读者应重点理解和掌握。

2.3 PLC的顺序功能图

2.3.1 顺序功能图的基本概念

顺序功能图（SFC）是一种用来表达顺序控制过程的程序，特别是对于一个复杂的顺序控制系统编程，由于其内部的连锁关系极其复杂，直接用梯形图编写程序可能达数百行，可读性较差，这种情况下采用顺序功能图为顺序控制类程序的编制提供了很大方便。

（1）顺序功能图的基本构成

顺序控制功能图简称功能图，又叫状态功能图、状态流程图或状态转移图。它是专用于工业顺序控制程序设计的一种功能说明性语言，能完整地描述控制系统的工作过程、功能和特性，是分析、设计电气控制系统控制程序的重要工具。

顺序功能图主要由步、有向连线、转换、转换条件和动作组成。



顺序功能图的一般形式见图 2-40。

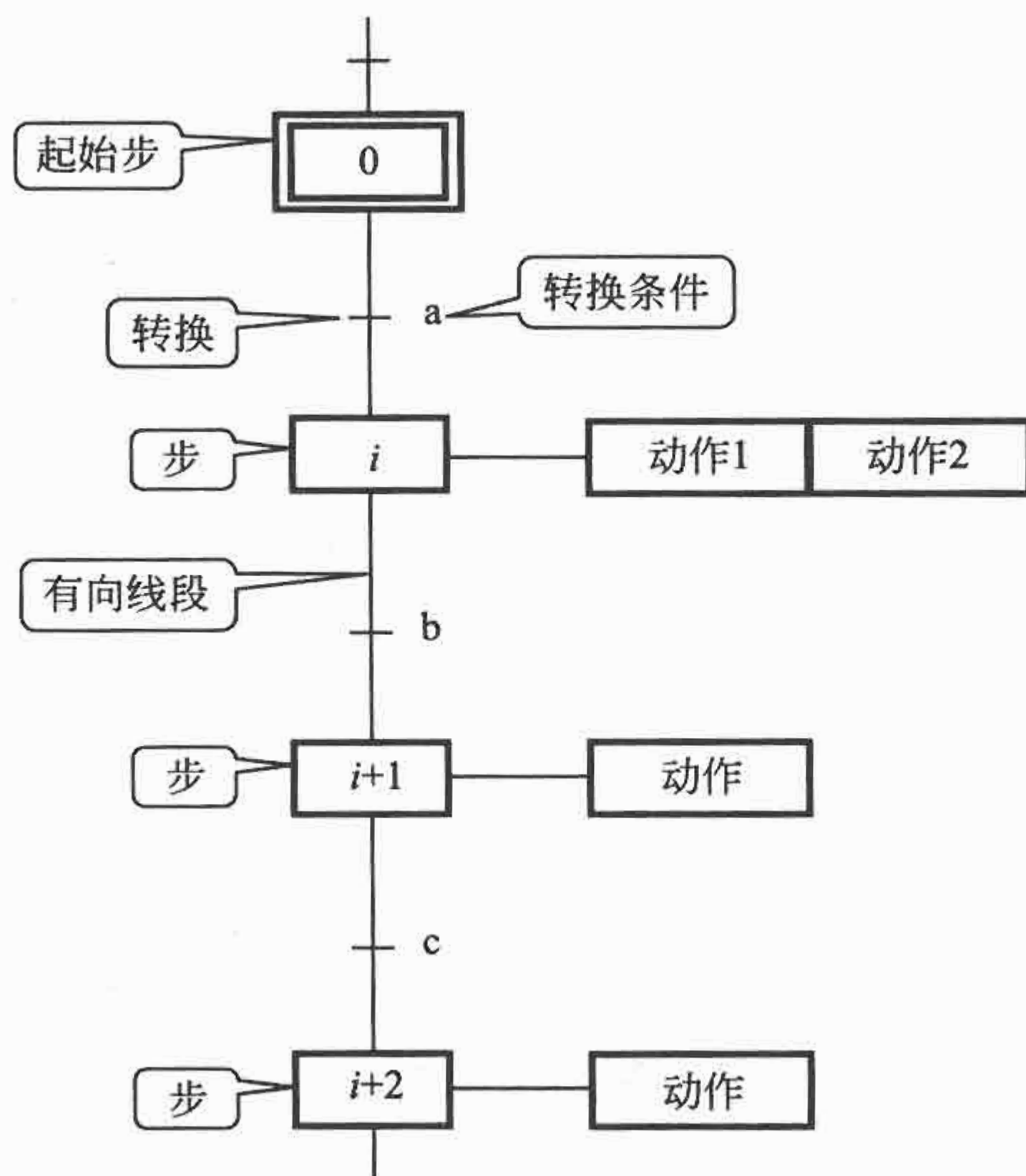
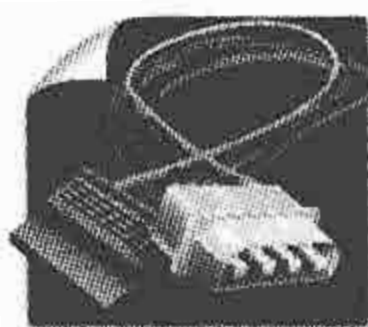


图 2-40 顺序功能图的一般形式



① 步 步是根据系统输出量的变化，将系统的一个工作循环过程分解成若干个顺序相连的阶段，步对应于系统的一个稳定的状态，并不是PLC的输出触点动作。

步用矩形框表示，框中的数字或符号是该步的编号，通常将控制系统的初始状态称为起始步，是系统运行的起点，用双线框表示。



步的表示方法见图2-41。

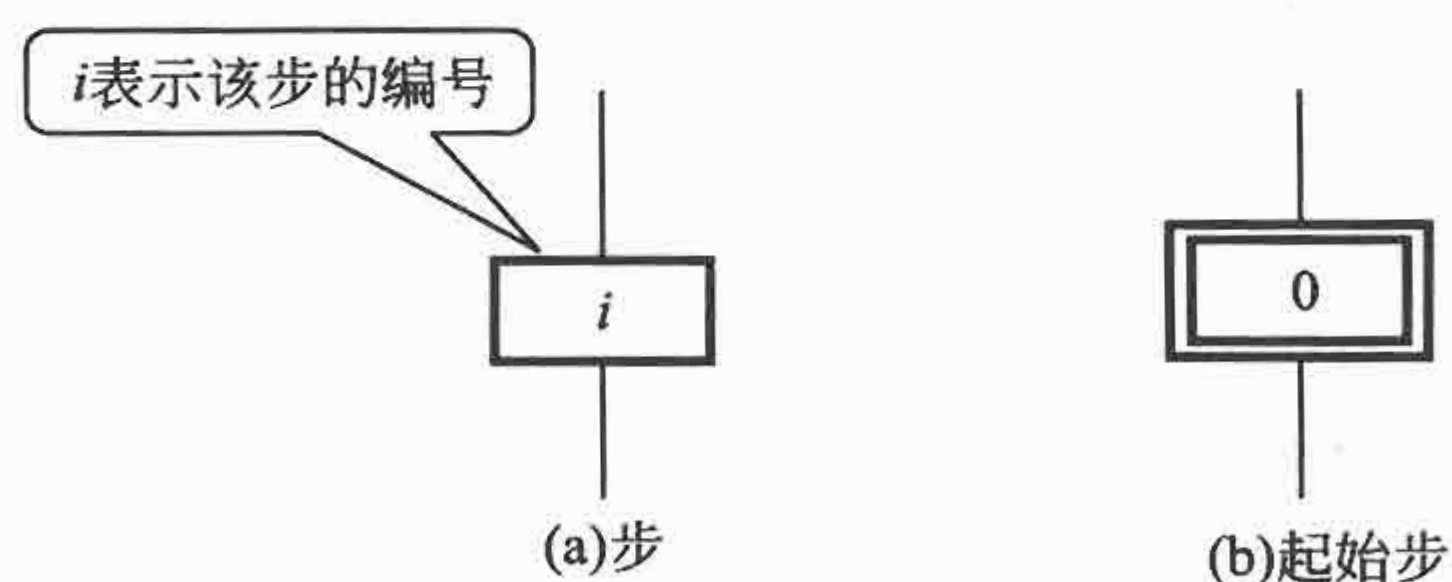
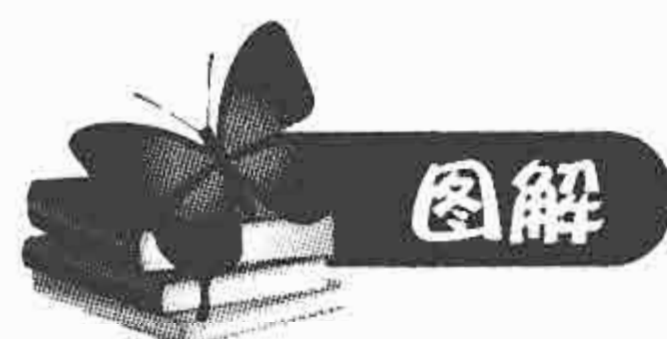


图2-41 步的表示方法

通常，我们将正在执行的步称为活动步，其他为不活动步，一个控制系统至少有一个起始步。

② 有向连线 带箭头的有向连线用来表示功能图中步和步之间执行的顺序关系。



PLC顺序功能图中的有向连线见图2-42。

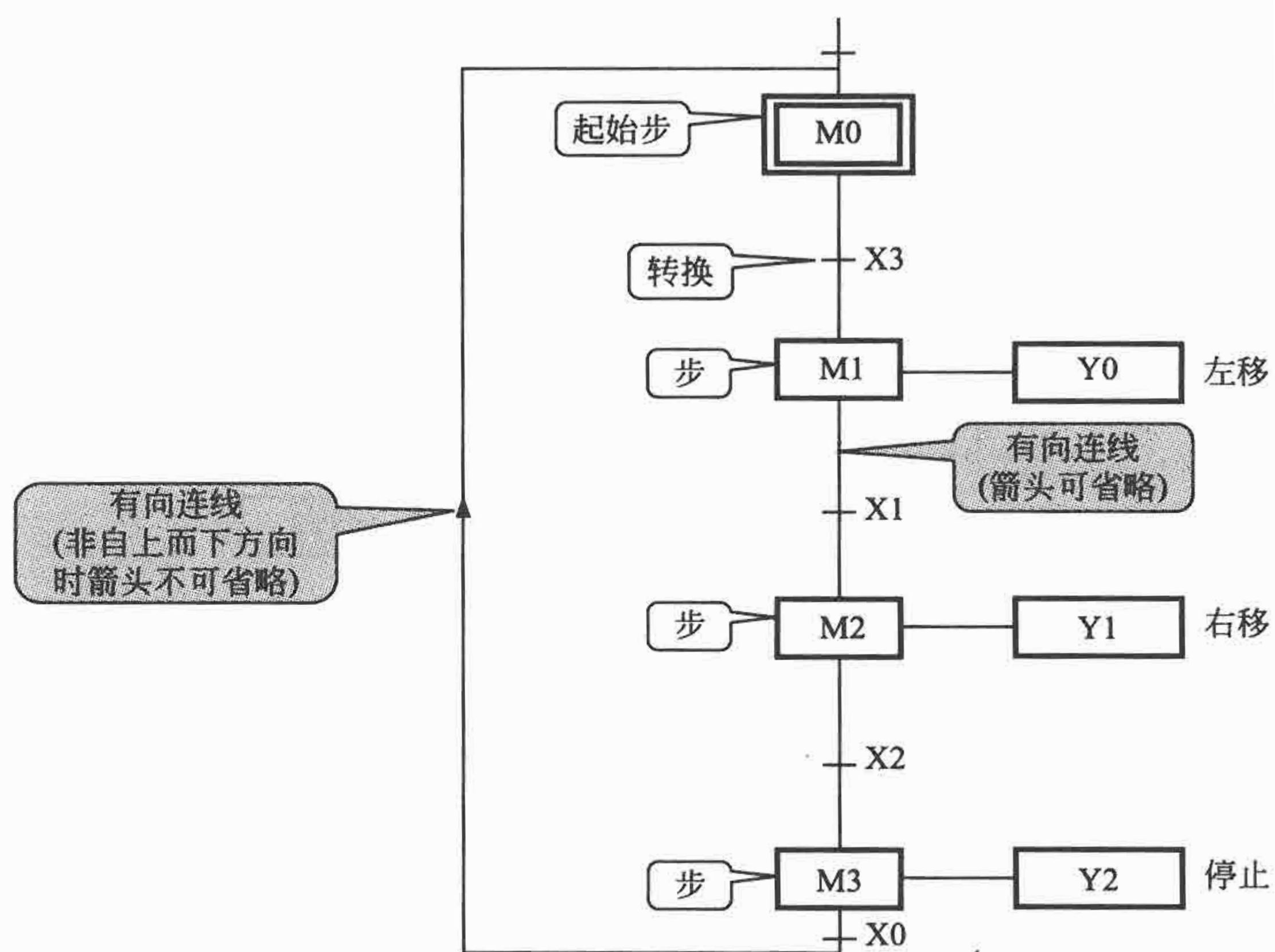
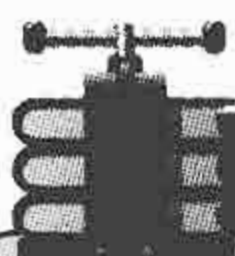


图2-42 PLC顺序功能图中的有向连线



提示

由于功能图中的步通常是按运行时工作的顺序排列的，其活动状态习惯的进展方向是从上到下从左到右，通常这两个方向上的有向连线的箭头可以省略，其他方向不可省略。

③ 转换和转换条件 转换一般用有向连线上的短划线表示，用于分隔两个相邻的步，实现步活动状态的转化。

转换条件是转换相关的逻辑命题，可以用文字、布尔表达式、图形符号等标注在表示转换的短线旁边。



图解

PLC顺序功能图中的转换和转换条件见图2-43。

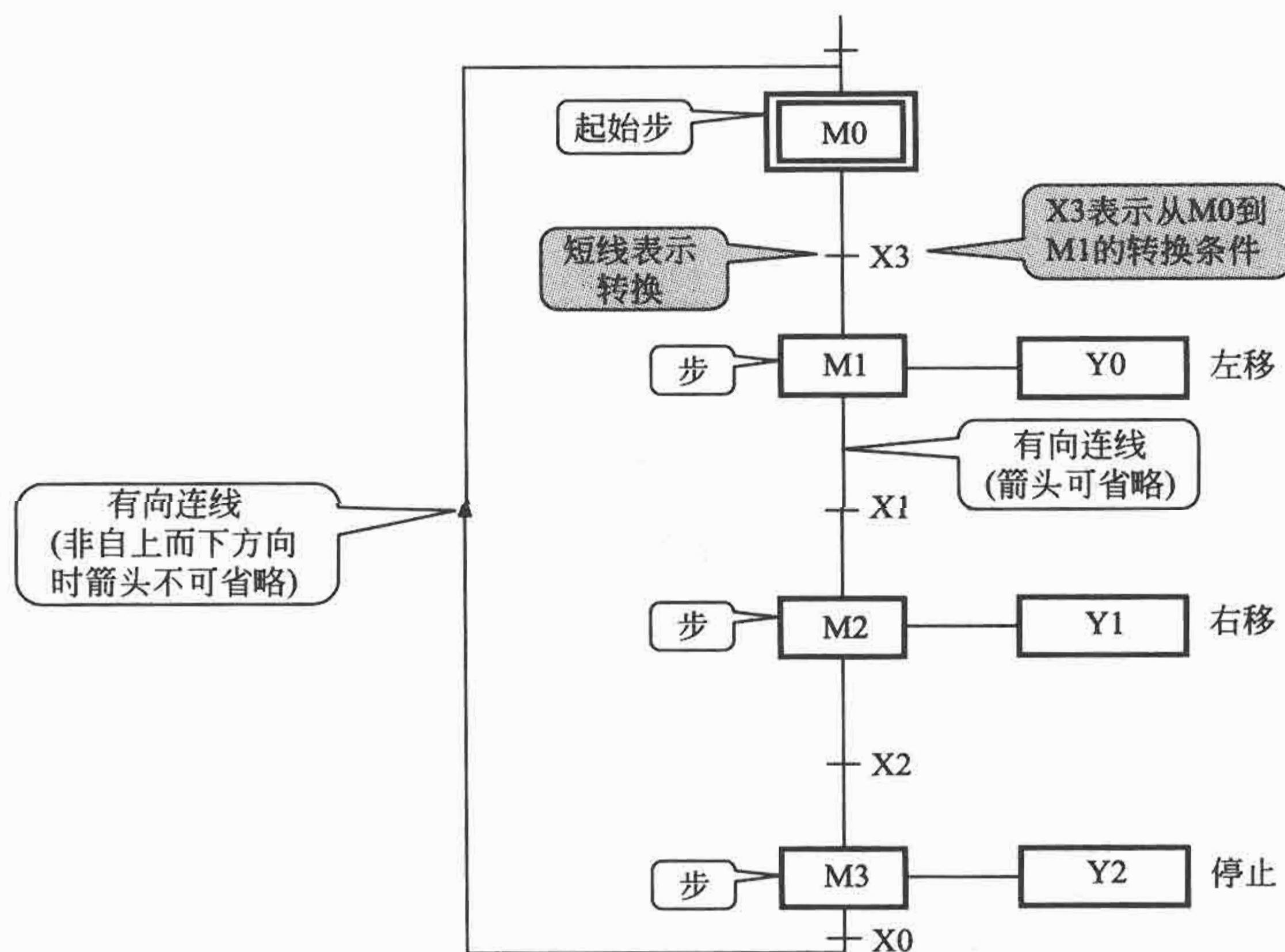


图2-43 PLC顺序功能图中的转换和转换条件

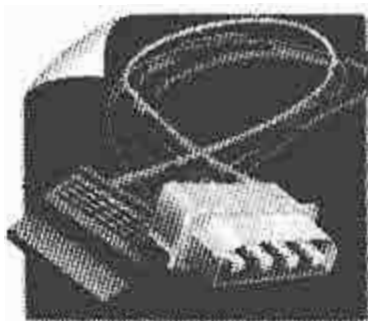


提示

步与步之间不允许直接相连，需用转换隔开；转换与转换之间也不允许直接相连，需用步隔开。

④ 动作 动作是指当某步处于活动步时，PLC向被控系统发出的命令，或被控系统应执行的动作。一个步表示控制过程中的稳定状态，它可以对应一个或多个动作。

步通常用带有文字说明或符号的矩形框表示，矩形框通过横线与相对应的步进行连接。



PLC 顺序功能图中的动作见图 2-44。

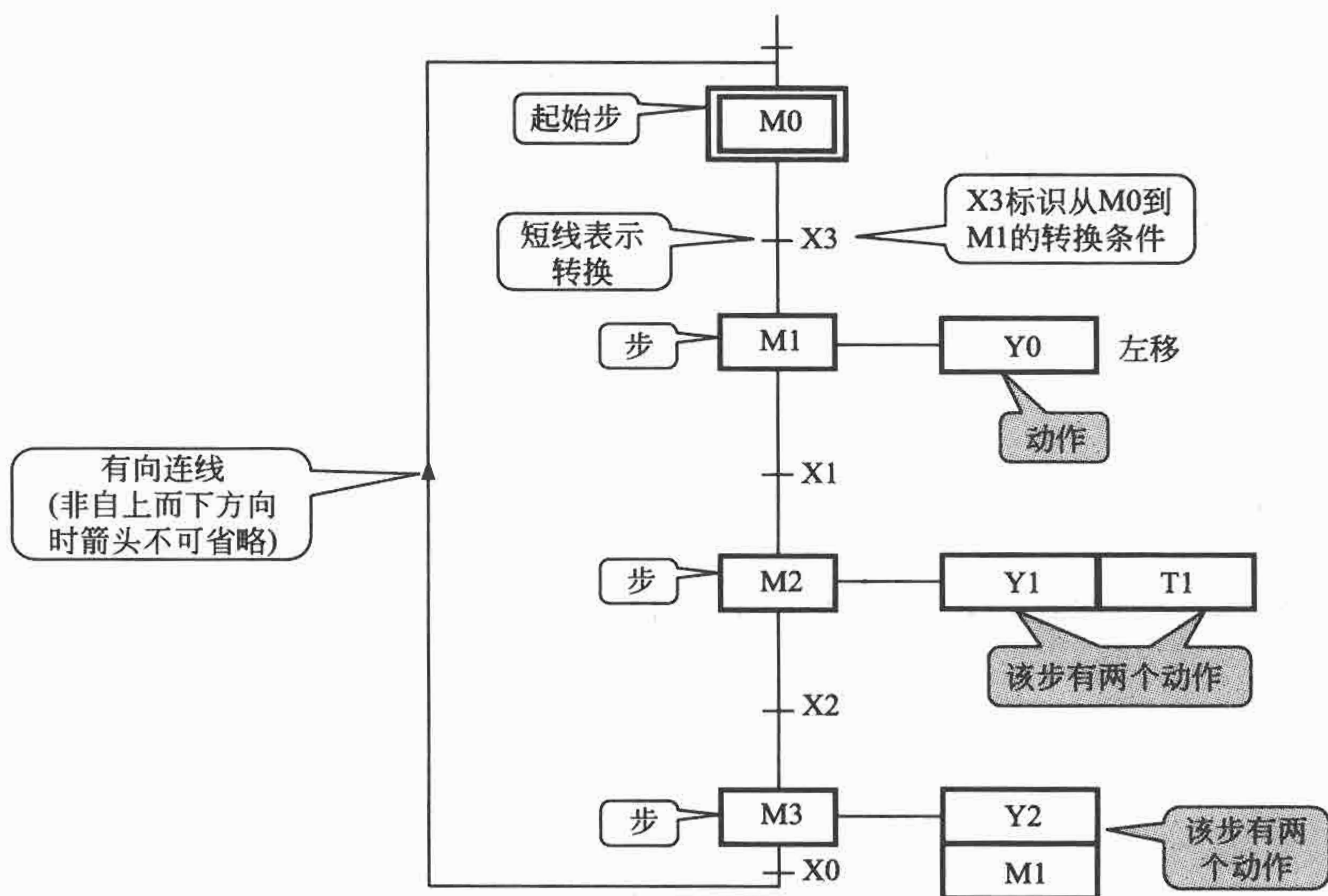


图 2-44 PLC 顺序功能图中的动作

一个步可对应多个动作，一步中的动作是同时进行的，动作之间没有顺序关系。在 PLC 中动作可分为保持型和不保持型两种，保持型是指其对应步为活动步时执行动作，当步为不活动步时，动作仍保持执行；不保持型是指其对应步为活动步时执行动作，当步为不活动步时，动作停止执行。

(2) 顺序功能图的结构类型

顺序功能图按照步与步之间转换的不同情况，可分为三种结构类型：单序列结构、选择序列结构和并列序列结构。

① 单序列结构 顺序功能图单序列结构由若干顺序激活的步组成，每步后面有一个转换，每个转换后也仅有一个步。



顺序功能图单序列结构形式见图 2-45。

顺序功能图单序列结构即为一步步顺序执行的结构，一个步执行完接着执行下一步，无分支。

② 选择序列结构 顺序功能图选择序列结构是指当一个步执行完后，其下面有两个或两个以上的分支步骤供选择，每次只能选择其中一个步执行。在选择列结构中，多个分支序列分支开始和结束处用水平连线将各分支连起来。

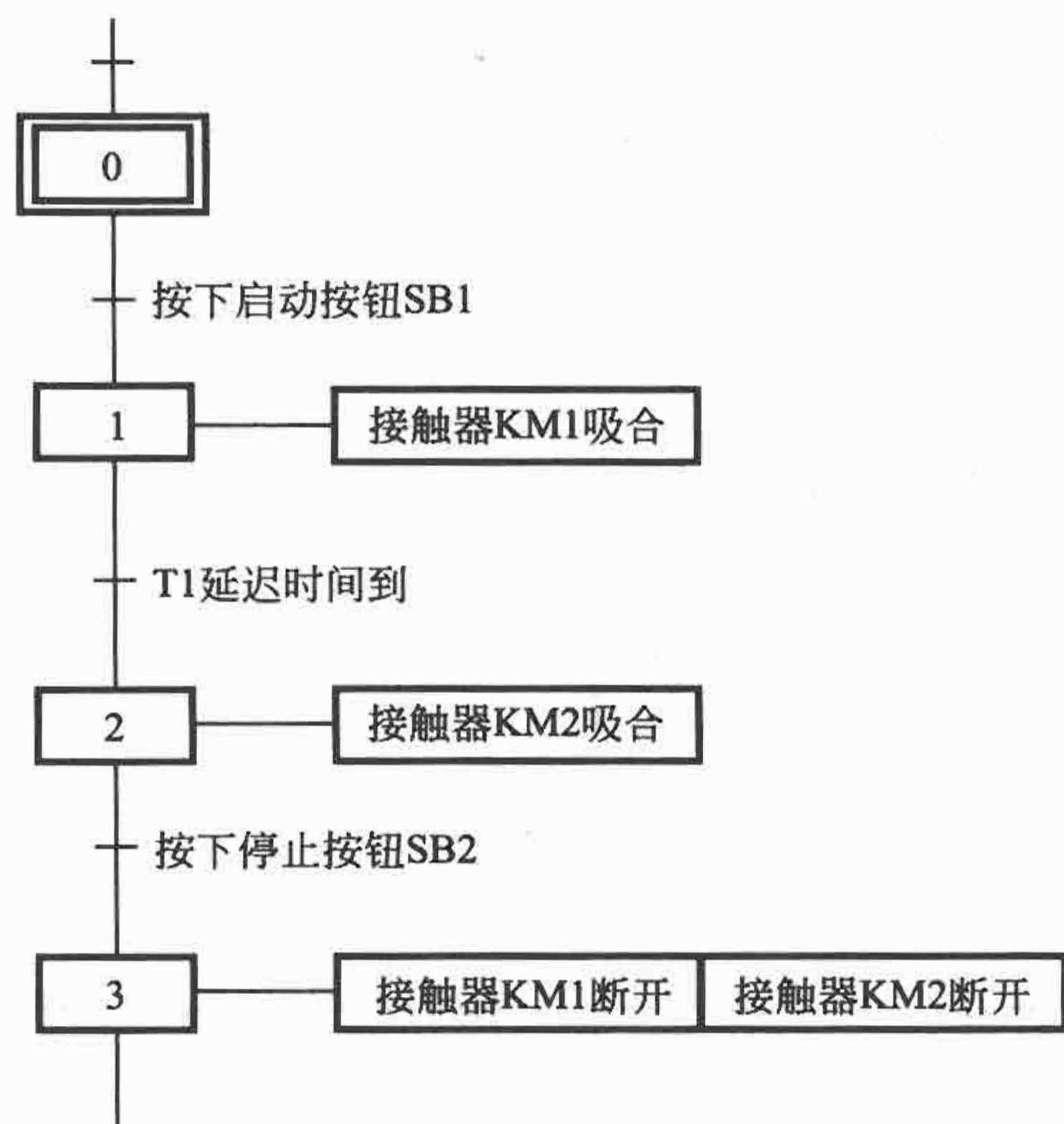


图 2-45 顺序功能图的单序列结构



顺序功能图的选择序列结构形式见图 2-46。

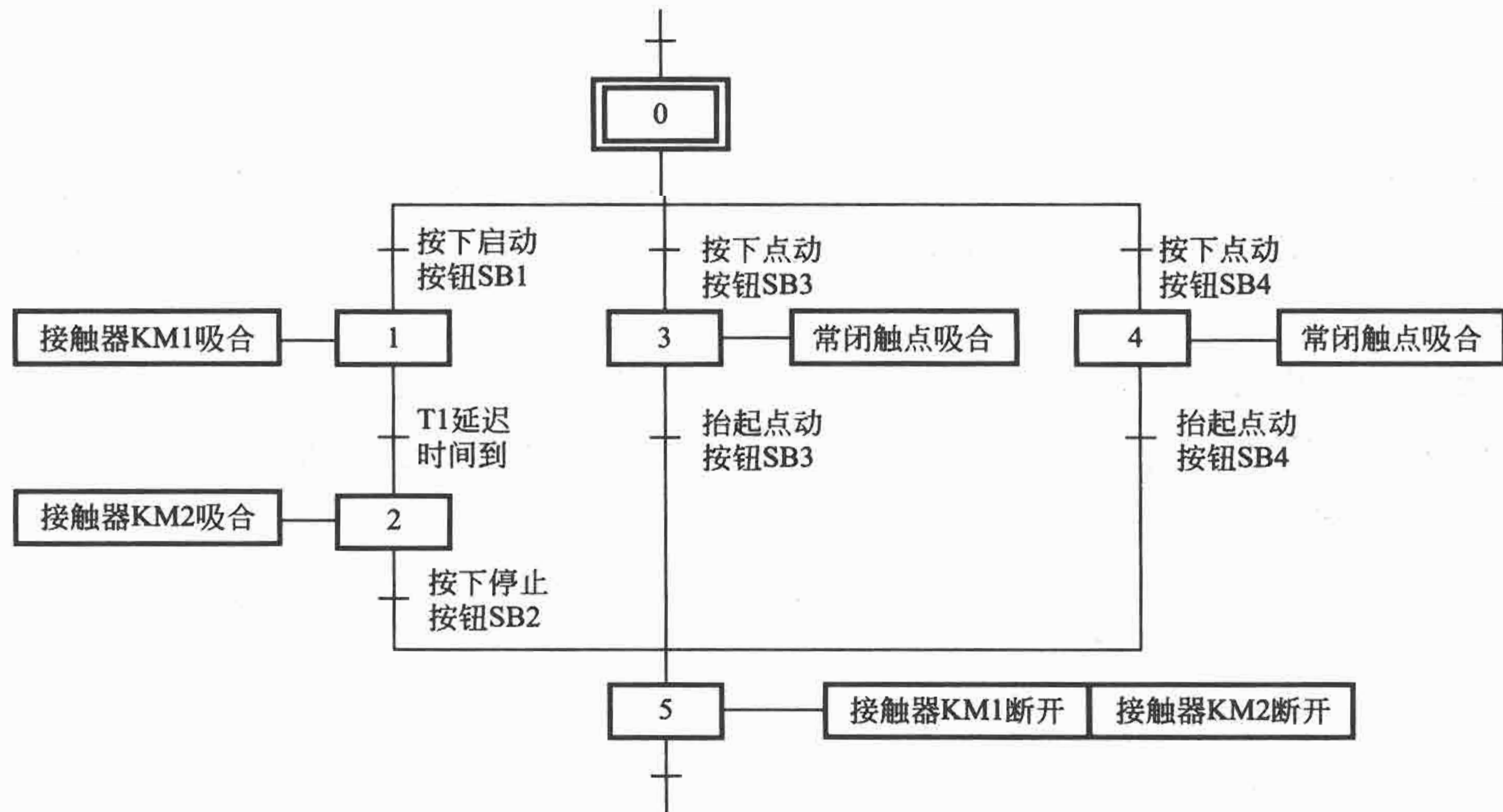


图 2-46 顺序功能图的选择序列结构

在选择序列的开始，称为分支，转换符号（短横线）只能标注在水平连线之下；选择序列的结束称合并，合并处的转换符号只能标注在水平线之上，每个分支结束处都有自己的转换条件。

选择分支处，程序将转到满足转换条件的分支执行，一般只允许选择一个分支，两个分支条件同时满足时，优先选择左侧分支。

③ 并列序列结构 一个步执行后，当其转换条件实现时，其后面的几个步同时激活执

行，这些步称为并列序列。也就是说，当转换条件满足时，并列分支中的所有分支序列将同时激活，用于表示系统中的同时工作的独立部分。



顺序功能图的并列序列结构形式见图2-47。

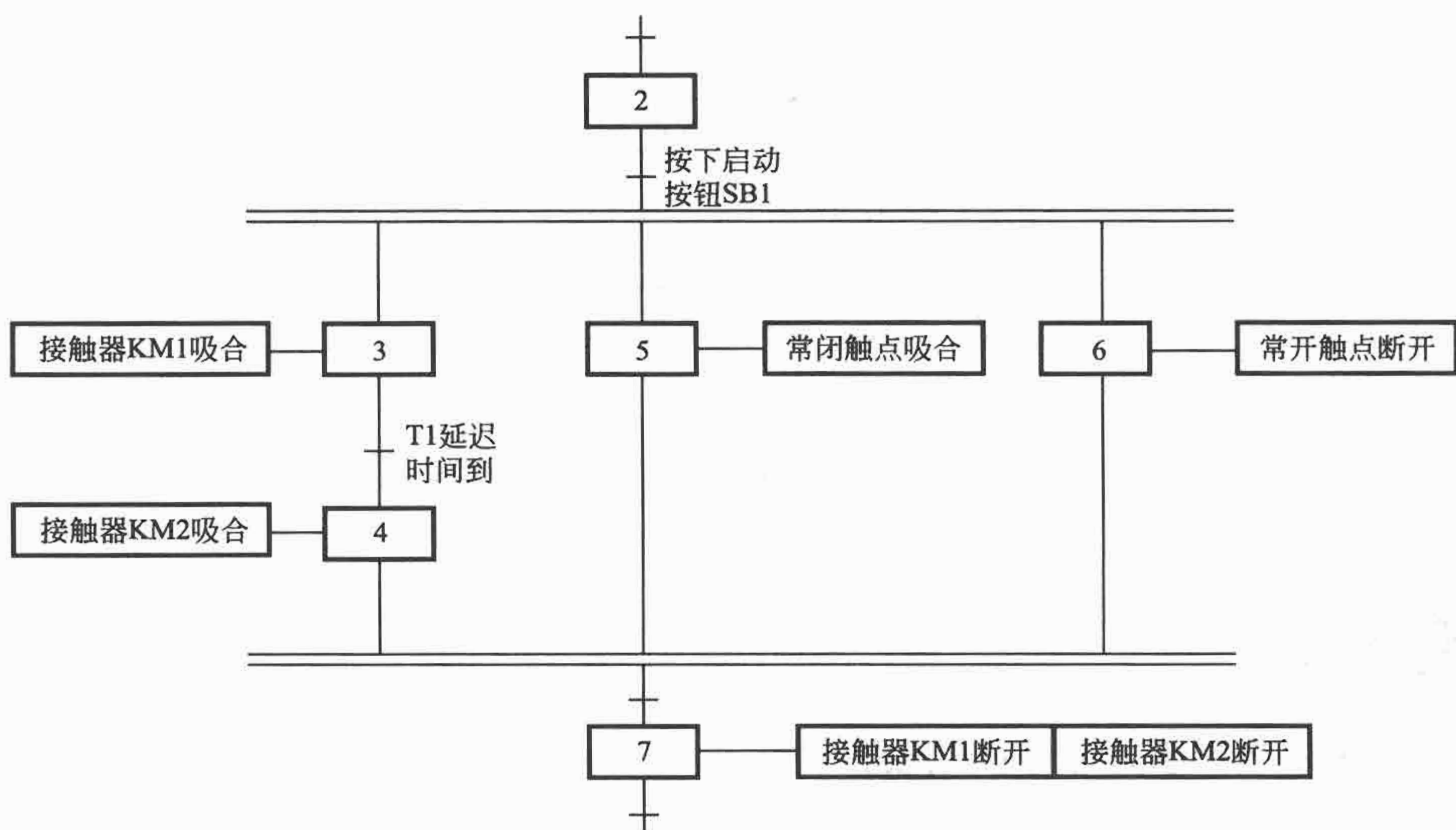


图2-47 顺序功能图的并列序列结构

并列序列中为强调转换的同步实现，并列分支用双水平线表示。在并列分支的入口处只有一个转换，转换符号必须画在双水平线的上面，当转换条件满足时，双线下连接的所有步变为活动步。

并列序列的结束称为合并，合并处也仅有一个转换条件，必须画在双线的下面，当连接在双线上面的所有前级步都为活动步且转换条件满足时，才转移到双线下方的步。

(3) 顺序功能图中转换实现的基本条件

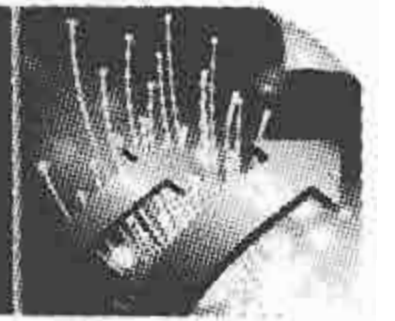
在顺序功能图中，步的活动状态是由转换的实现来完成的。转换实现必须同时满足两个条件：

- 该转换所有的前级步都是活动步；
- 该步相应的转换条件得到满足。

转换实现后，使所有由有向连线与相应转换条件相连的后续步都变为活动步；使所有由有向连线与相应转换条件相连的前级步都变为不活动步。

2.3.2 顺序功能图的识读方法

对顺序功能图的识读，也就是将顺序功能图转换为梯形图并识读出该程序的具体控制过程。通常我们将根据顺序功能图转换为梯形图的过程称为顺序功能图的编程方法。下面我们仍以三菱系列PLC中常采用的编程方法进行讲解。



目前，将顺序功能图转换为梯形图的编程方法有三种：使用启停保电路的编程方法、使用STL指令的编程方法和以转换为中心的编程方法。

顺序功能图转换为梯形图时，一般用辅助继电器M代表步。

(1) 使用启停保电路的编程方法

启停保电路编程是指，某步变为活动步的条件为前级步为活动步并且转换条件得到满足，因此：某步的启动条件=前级步的状态 and 转换条件；

也就是说，将顺序功能图转换为梯形图时，某步的启动回路应为前级步的常开触点和转换条件的常开触点串联，并与自身常开触点并联实现自保持。

当某步的下一步变为活动步时，该步就由活动变为不活动，因此可以用后续步的常闭触点作为该步的停止条件。



图解

使用启停保电路的编程方法见图2-48。

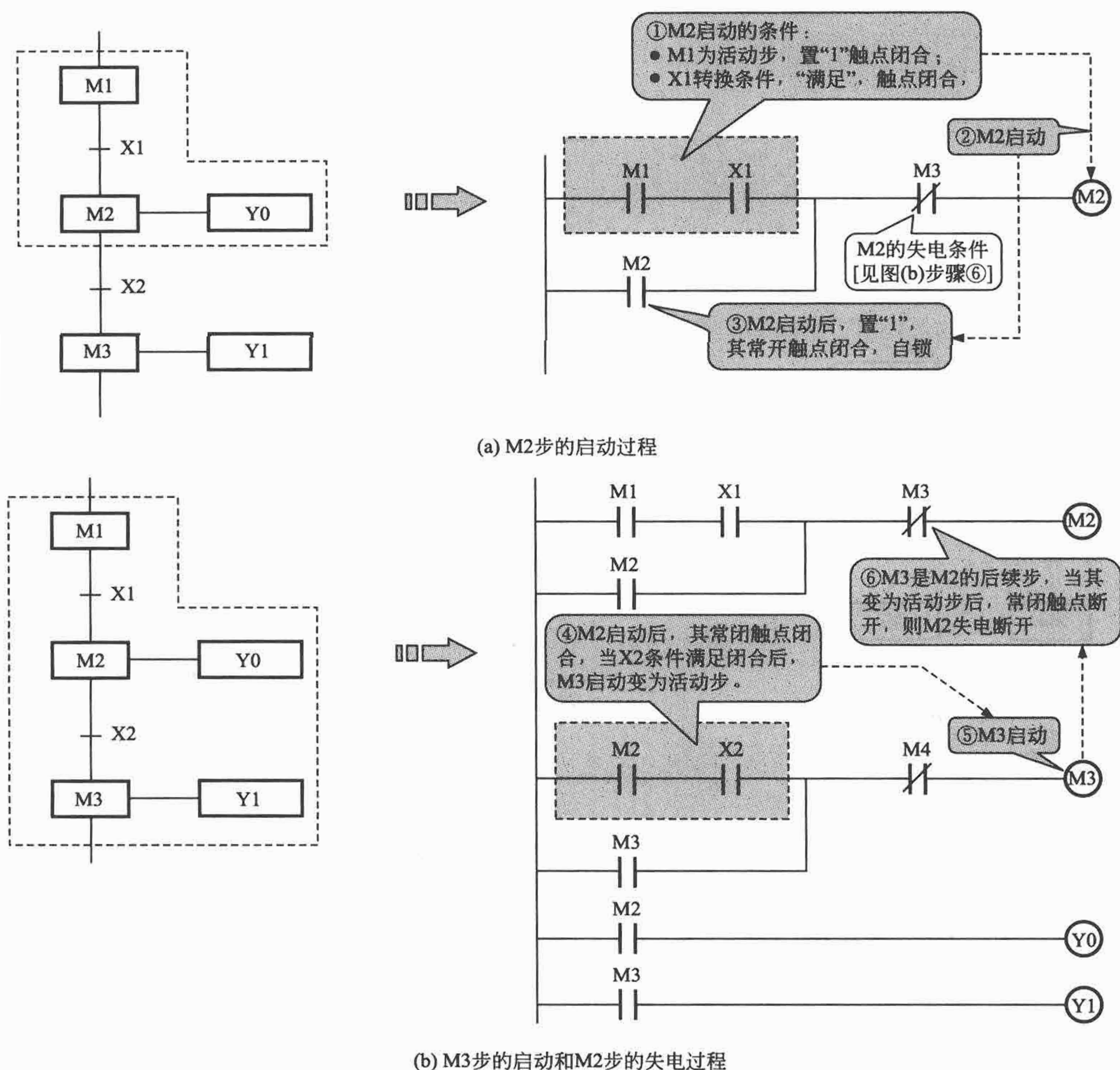


图2-48 使用启停保电路的编程方法

图(a)中,当M1为活动步时,又能够满足转换条件X1,则M1的常开触点闭合,X1转换条件常开触点闭合(步骤①),M2启动(步骤②)。

M2启动后其常开触点闭合,形成自锁(步骤③)。

图(b)中,经过上一步,M2变为活动步,满足了其后续步M3启动的条件之一,此时若又能满足转换条件X2(步骤④),则其使M3步启动(步骤⑤)。

M3步启动后,其常开触点闭合形成自锁,常闭触点断开,切断M2步,使其失电,继而M2转为非活动步(步骤⑥)。而此时由于M3步本身形成自锁,即使该启动回路中M2转换为非活动步,M3仍能够保持启动。

扩展

若图2-48中包含后续步M4,甚至后续步M5,其分析过程与上述过程和方法相同,见图2-49。

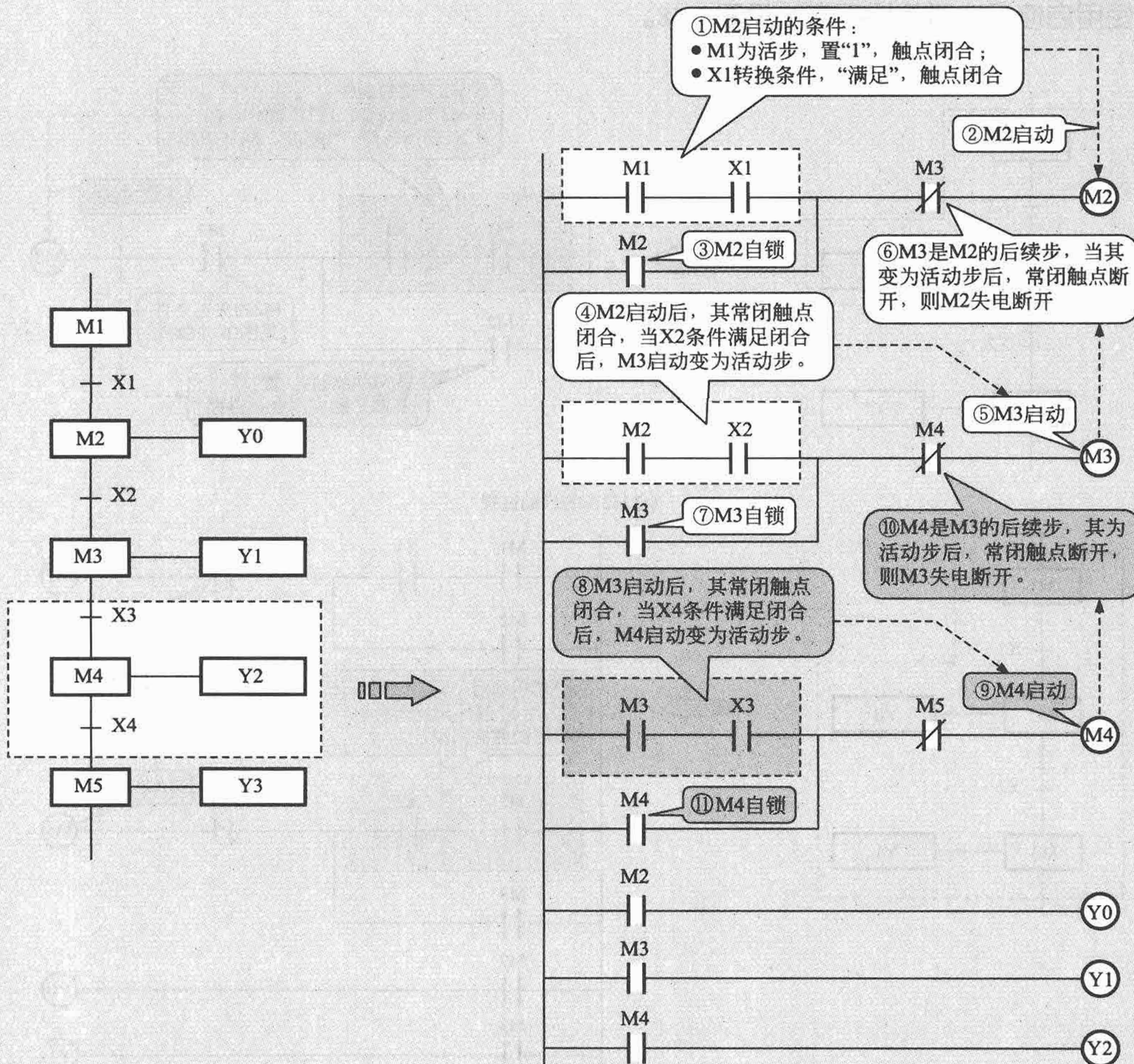
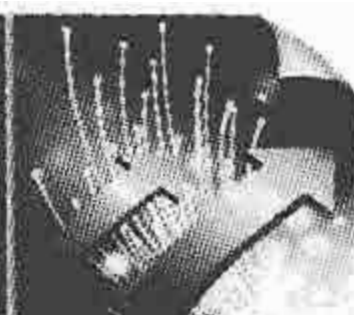


图2-49 使用启停保电路的编程方法



其控制过程为：

经过上一步，M3变为活动步，满足了其后续步M4启动的条件之一，此时若又能满足转换条件X3，则其使M4步启动。

M4步启动后，其常开触点闭合形成自锁，常闭触点断开，切断M3步，使其失电，继而M3转为非活动步。而此时由于M4步本身形成自锁，即使该启动回路中M3转换为了非活动步，M4仍能够保持启动。

另外，当M2步启动的同时，其常开触点闭合，则Y0得电；当M3步启动的同时，其常开触点闭合，则Y1得电；当M4步启动的同时，其常开触点闭合，则Y2得电。




提示

通常，初始化脉冲M8002的常开触点为起始步的转换条件，该条件将起始步预置为活动步。

(2) 使用STL指令的编程方法

顺序功能图的STL指令编程法即为步进梯形指令编程法，其编程元件主要包括步进梯形指令STL和状态继电器S，只有当步进梯形指令STL与状态继电器S配合才能实现步进功能。

在STL指令编程中，使用STL指令的状态继电器的常开触点称为STL触点，用符号“”表示，没有常闭STL触点。



图解

使用STL指令的编程方法见图2-50。

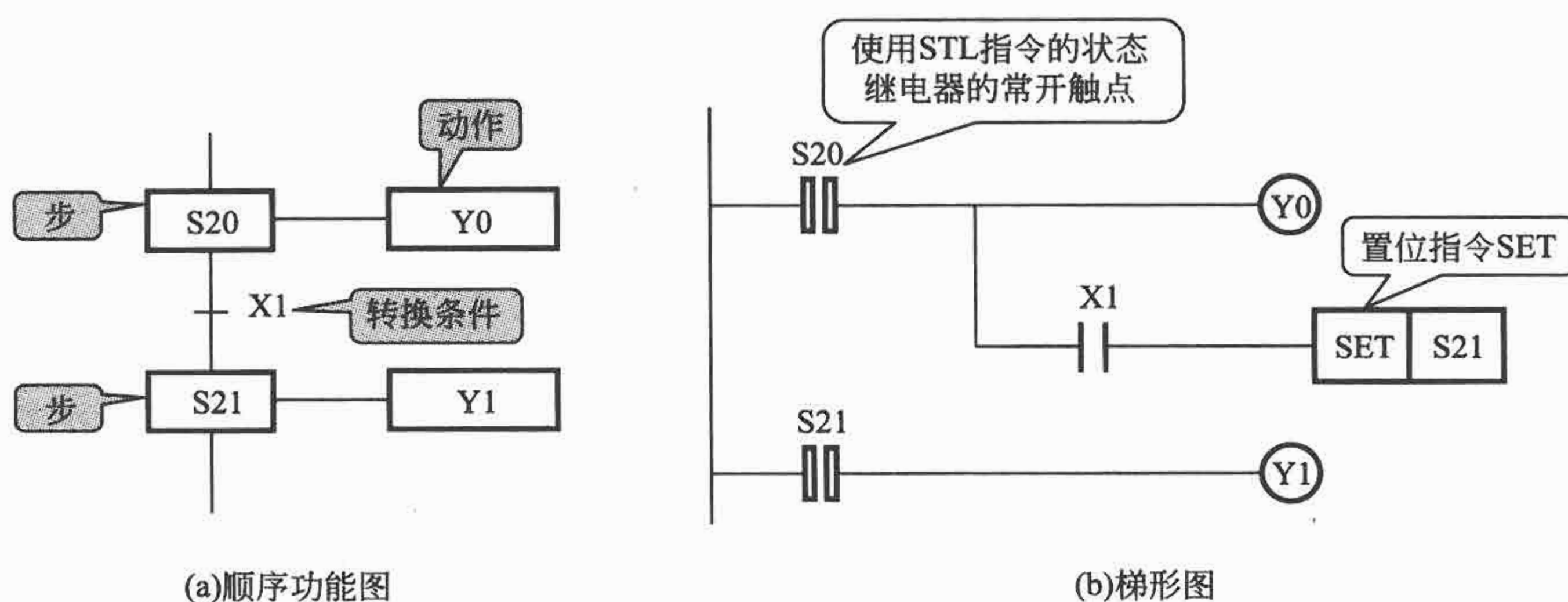


图2-50 使用STL指令的编程方法

对该顺序功能图，可参考指令语句表进行识读。



使用STL指令程序的识读方法见图2-51。

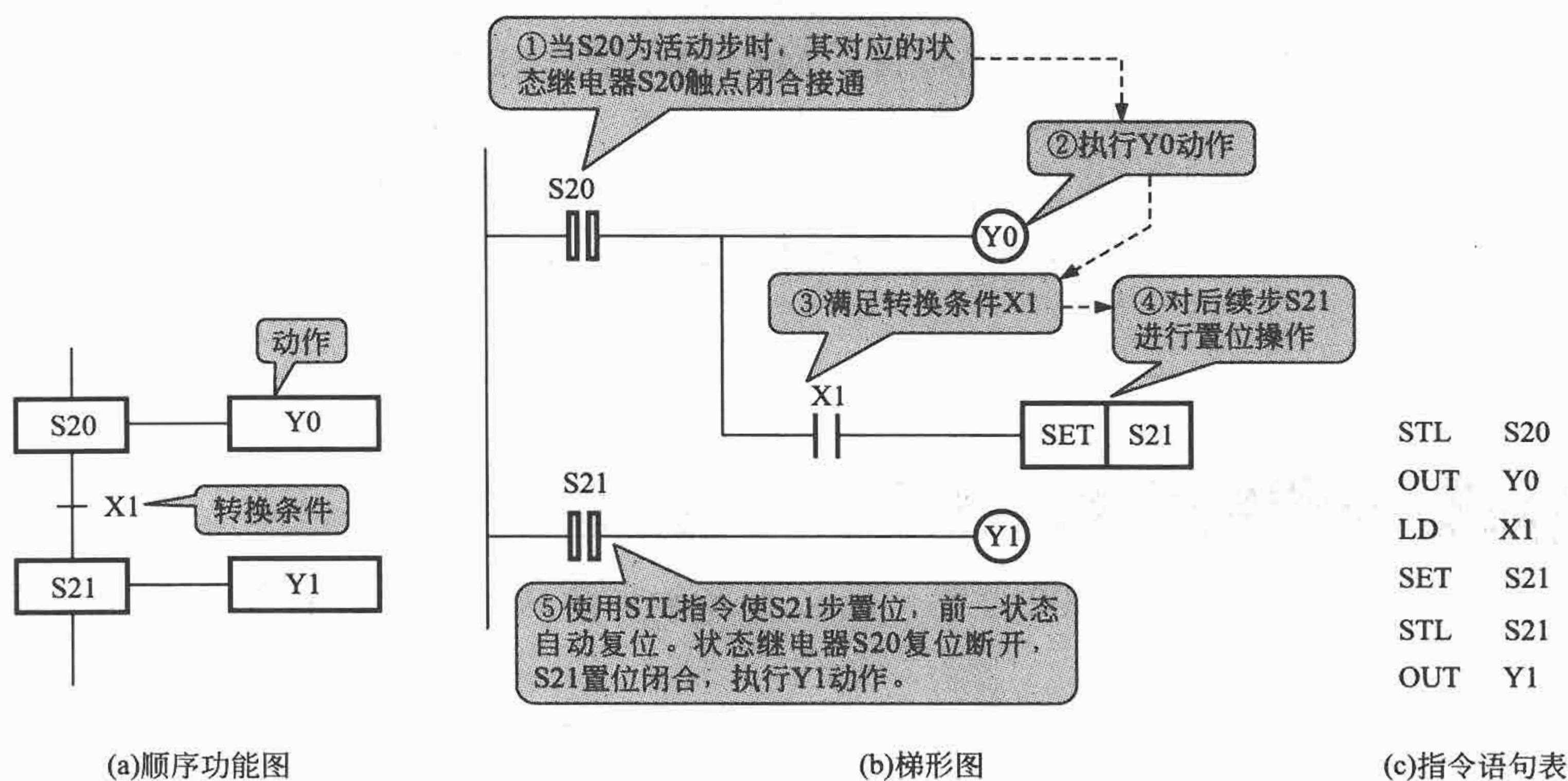


图2-51 使用STL指令程序的识读方法

STL指令的执行为：当S20为活动步时，其对应的状态继电器S20触点闭合接通（步骤①），执行Y0动作（步骤②）。

此时若转换条件X1能够实现（步骤③），则对后续步S21进行置位操作（SET指令，步骤④），同时前级步S20自动断开，动作Y0停止执行。

接着，使用STL指令使后续步S21状态置位，状态继电器S21常开触点闭合，执行Y1动作（步骤⑤），同时，前一状态继电器S20复位，常开触点断开。

提示

STL指令编程中，通常用编号为S0～S9标识初始步，S10～S19用于自动返回原点。且一般状态继电器的常开触点，即STL触点与母线相连接。

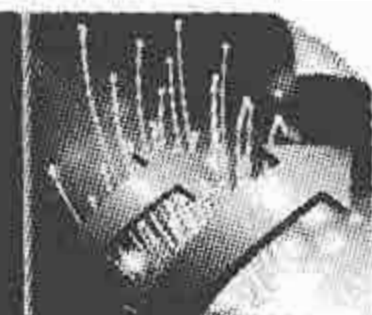
另外，在三菱FX系列PLC中，还有一条使STL指令复位的RET指令。

(3) 以转换为中心的编程方法

根据前述内容我们了解到，在顺序功能图中，如果某一转换的前级步是活动步且相应的转换条件能够满足，则该转换可以实现。

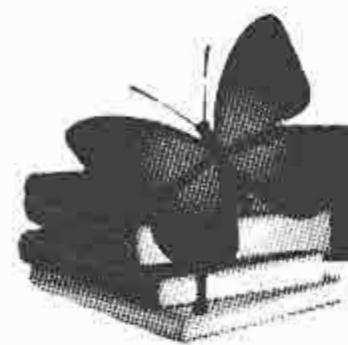
以转换为中心的编程，则是指实现程序编写的过程和执行过程是以该步相应的转换为中心的。也就是说，用当前转换的前级步所对应的辅助继电器的常开触点和该转换的转换条件对应的触点串联构成启动回路，作为启动后续步对应继电器置位，前级步对应继电器复位的条件。

即该编程方法中，条件是：当前转换的前级步所对应的辅助继电器的常开触点和该转



换的转换条件对应的触点串联构成启动回路。

执行结果是：当前转换的后续步对应继电器置位（使用SET指令）和当前转换的前级步对应继电器复位（使用RST）。



图解

以转换为中心的编程方法见图2-52。

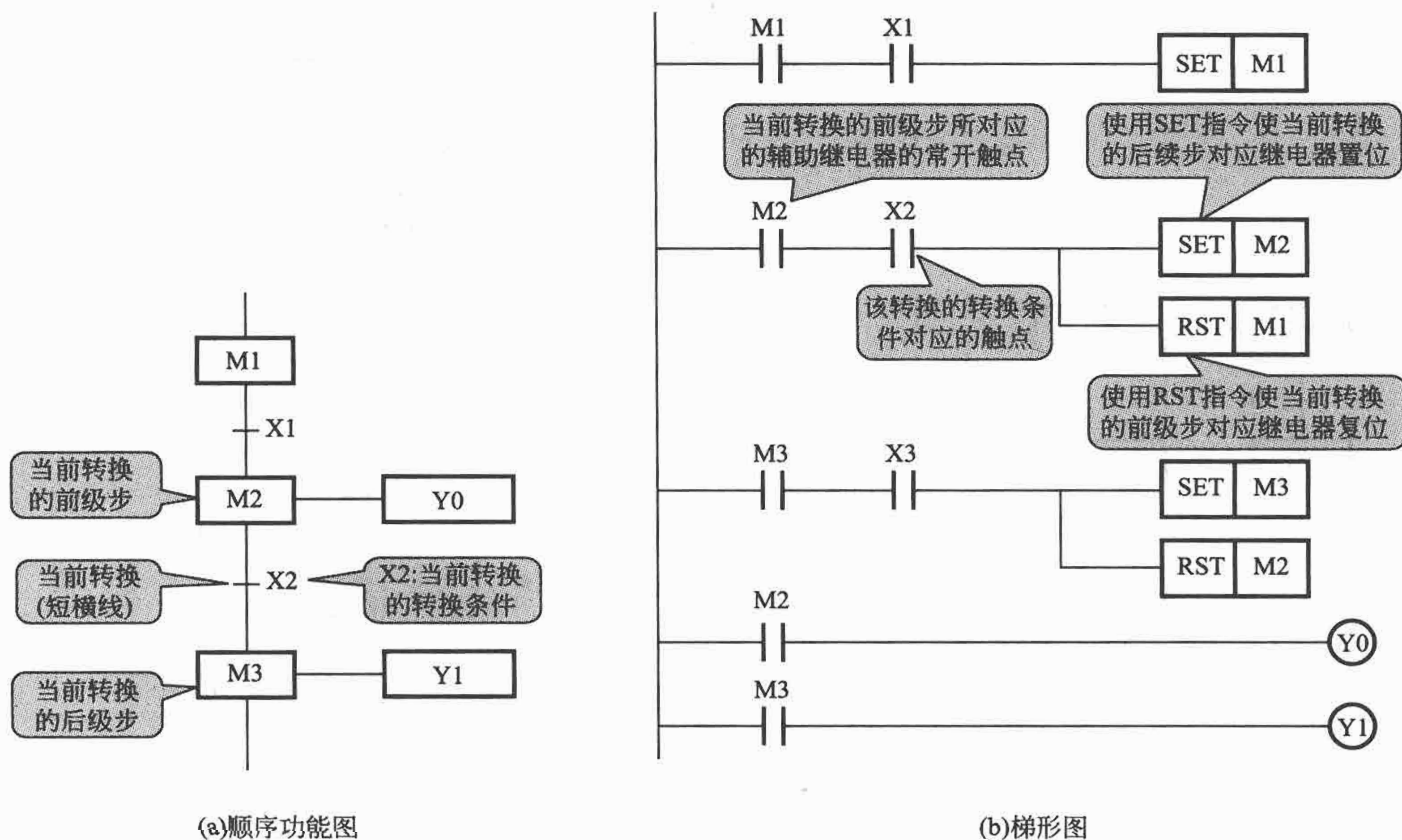


图2-52 以转换为中心的编程方法

以转换为中心的编程方法有很多规律，对于一些复杂的顺序功能图，采用该编程方法转换为梯形图时，很容易掌握。



提示

需要注意的是，在这种编程方法中，不可将步所对应的动作（输出继电器线圈Y0、Y1等）与置位指令（SET）和复位指令（RST）并联，只需根据顺序功能图中的执行顺序，用其对应步的辅助继电器的常开触点进行驱动 [参照图2-52 (b) 中Y0、Y1的编程方法]。

在识读与转换为中心编程方法编写的程序时，按照识读的一般规则，即从左到右，从上到下的顺序即可。



图解

采用以转换为中心的编程方法编写的程序的执行过程见图2-53。

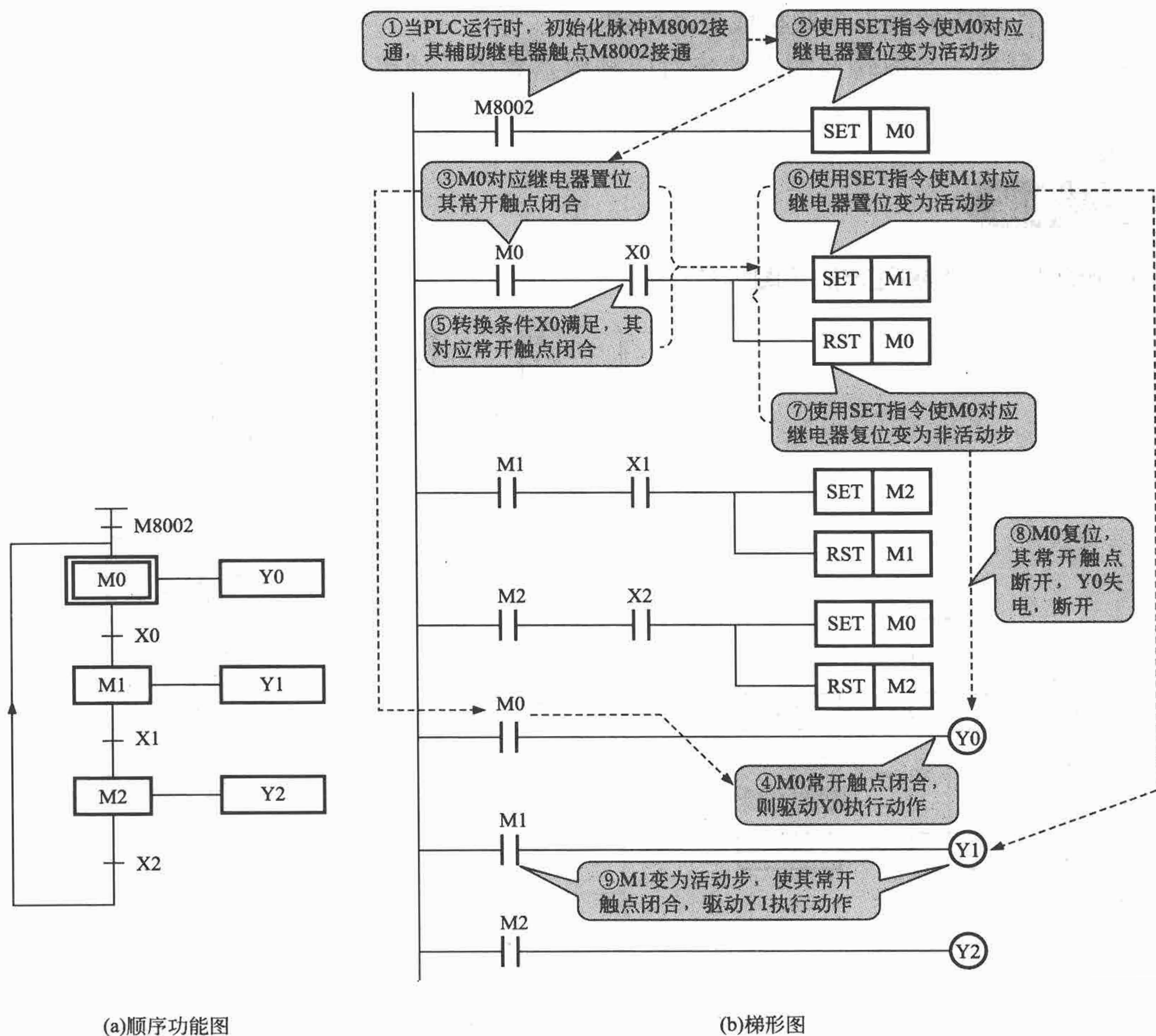


图 2-53 采用以转换为中心的编程方法编写的程序的执行过程

具体执行过程为：

当 PLC 运行时，初始化脉冲 M8002 条件满足，其辅助继电器触点 M8002 接通（步骤①），满足 M0 启动回路接通，此时使用 SET 指令时 M0 对应继电器置位变为活动步（步骤②）。

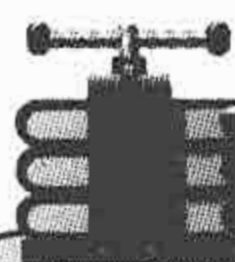
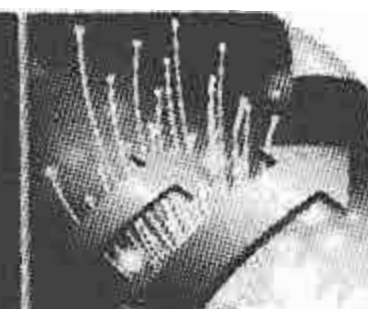
当 M0 变为活动步后，其对应辅助继电器的常开触点闭合（步骤③），则驱动 Y0 执行动作（步骤④）。

当 M0 处于活动步时，又能满足转换条件 X0，转换条件对应的继电器常开触点闭合（即步骤④和步骤⑤同时满足），则使用 SET 指令使该转换的后级步 M1 置位，变为活动步（步骤⑥），同时用 RST 指令使该转换前级步 M0 复位，变为非活动步（步骤⑦）。

M0 复位后，其继电器常开触点也复位断开，则 Y0 失电，断开（步骤⑧）。

而 M1 置位后，变为活动步，其常开触点闭合，则驱动 Y1 执行动作（步骤⑨）。

那么，接下来，M2 步的执行过程则与 M1 步相同，参考上述分析过程即可很容易完成识读过程，这里不再重复。



提示

对于西门子的顺序功能图的编写方法及指令语句与三菱系列的PLC编程方法有所不同，如：

① 步开始指令为LSCR (Load Sequence Control Relay) 步开始指令的功能是标记某一个步的开始，当该状态继电器(S)为1时，该步变为活动步。

② 步转移指令为SCRT (Sequence Control Relay Transition) 步转移指令的功能是将当前的活动步切换到下一步。当输入有效时进行活动步的转换，即停止当前的活动步，启动下一个活动步。

③ 步结束指令为SCRE (Sequence Control Relay End) 步结束指令的功能是标记一个SCR步的结束，每个SCR步必须使用步结束指令来表示该步的结束。

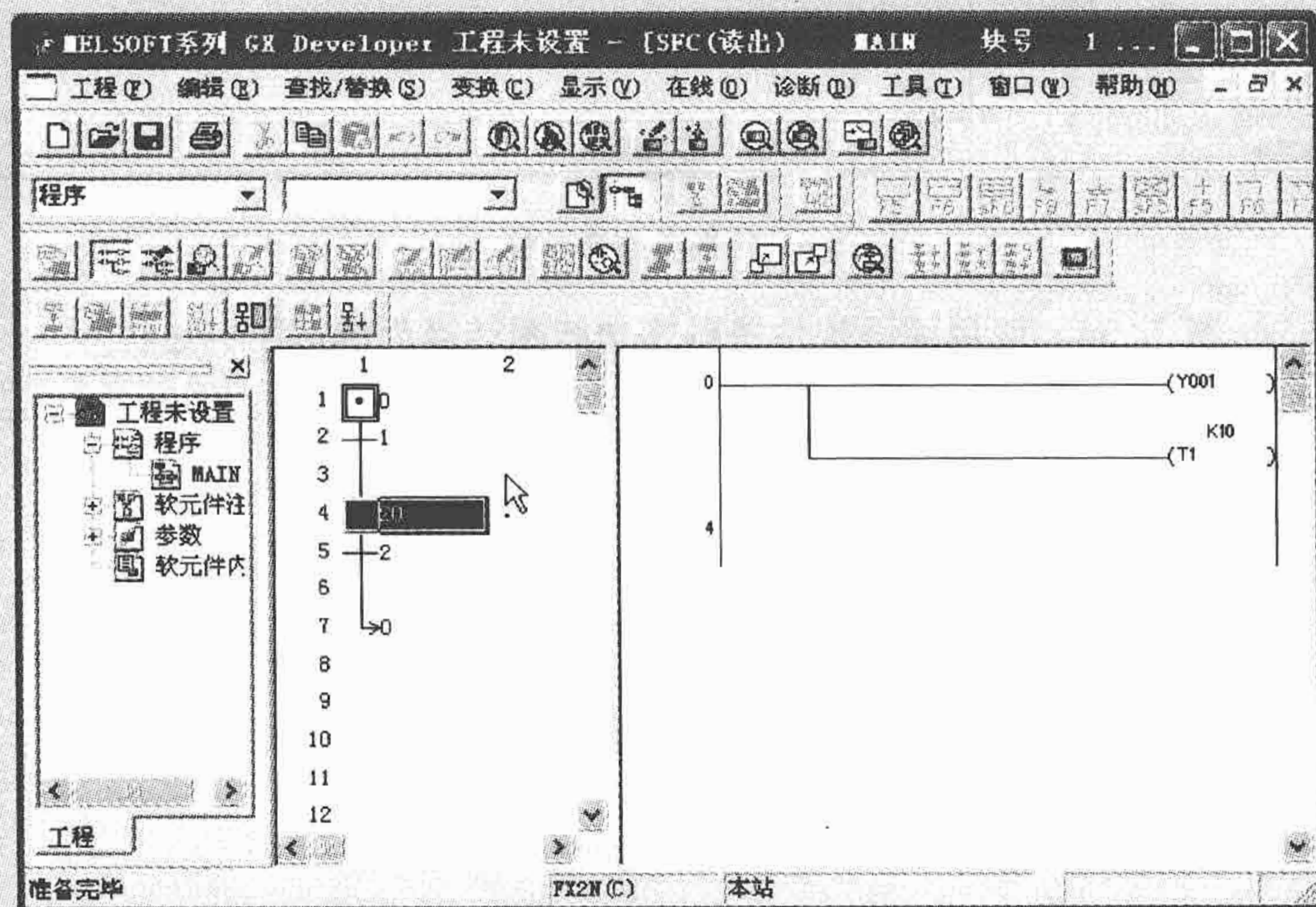
具体的编程和识读方法可以参考西门子PLC编程指南进行学习，值得注意的是，不管其形式和编码标识如何变换，它们的理论基础是相通的，每一个指令和动作的形成都需要条件的满足，了解这一点后，学习其他PLC的编程和识读方法也就容易多了。



扩展

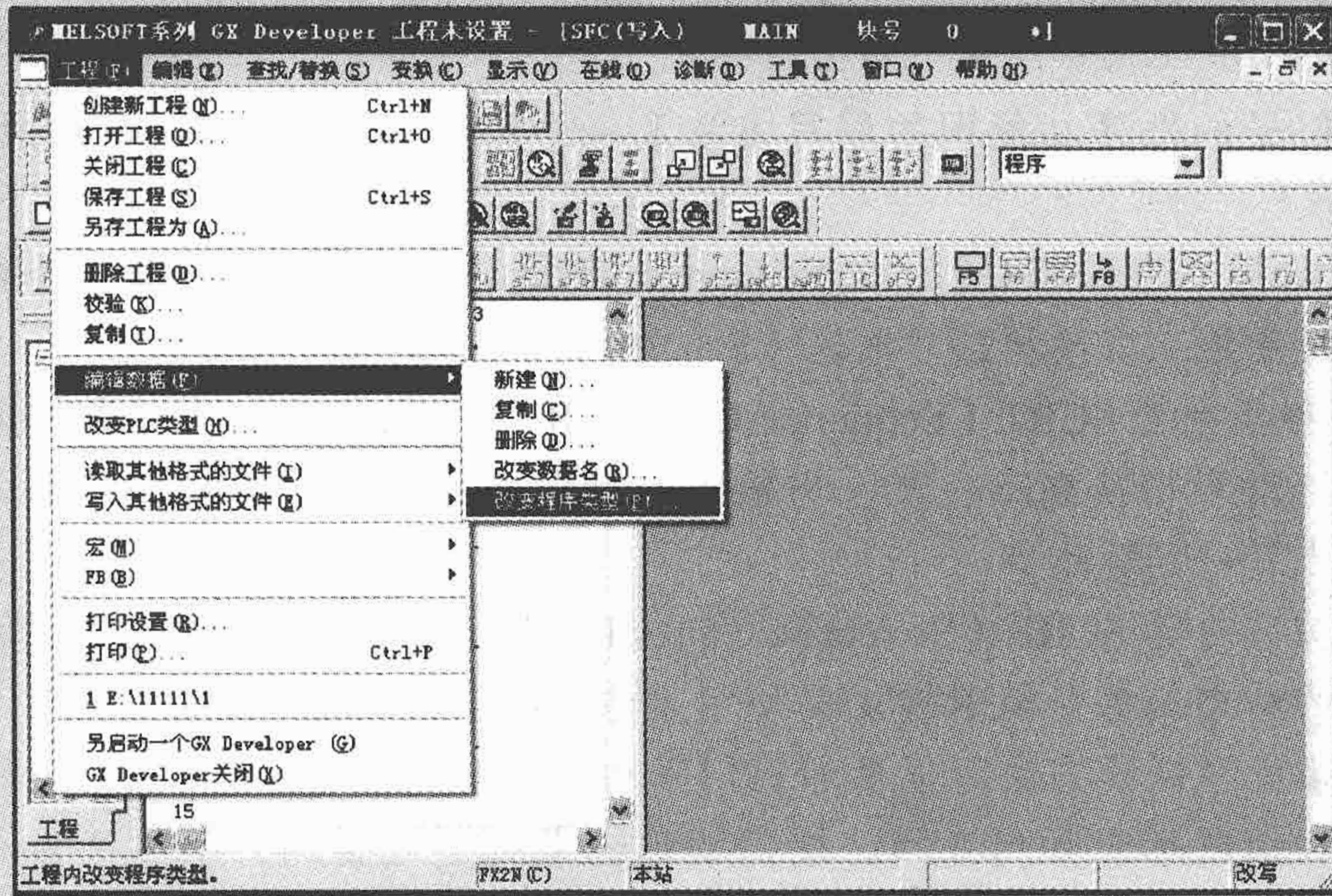
在一般采用顺序控制设计而成的控制电路时，一般首先根据生产工艺过程画出顺序功能图，该图使程序的调试、修改和阅读都比较容易，能够大大提高程序设计的效率，该图是一种描述控制系统具体工作流程和图形的一种图形。

通过编程软件可以将顺序功能图转换成梯形图或指令语句表。例如，三菱系列编程软件中，可先根据企业需要或生产工艺画出顺序功能图，再用该软件转化为相应的梯形图或指令语句表，见图2-54。

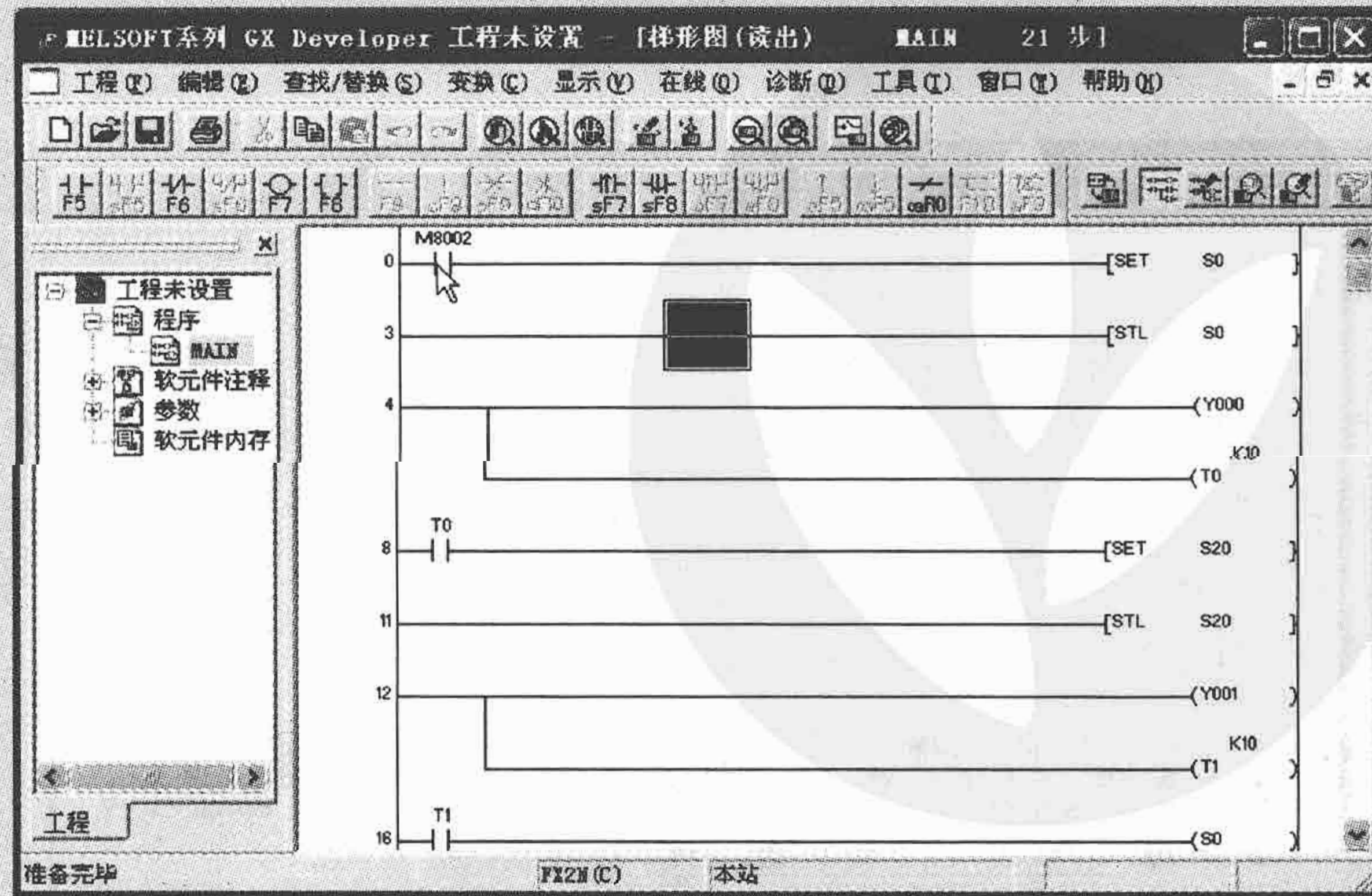


(a) 编写好的SFC (顺序功能图) 程序

图2-54



(b) 将顺序功能图进行程序类型的转换



(c) 转换后的梯形图

图 2-54 使用编程软件将顺序功能图转换为梯形图的过程



PLC系统的设计与维护

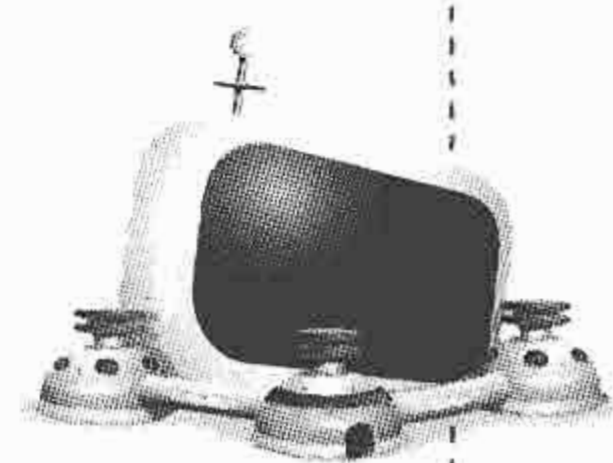


目标

本章的主要目标是让读者了解PLC系统的设计与维护的方法，PLC是一种新型的自动化电气控制设备，在前面的章节中已经介绍，PLC系统是由软件和硬件两部分组成的，因此在进行PLC系统的设计时，应从这两个方面入手。

本章从PLC系统的设计流程和注意事项入手，再介绍典型PLC硬件系统和软件系统

的设计方法，让读者对PLC系统的设计有一定的了解后，再进行PLC系统安装方法的介绍，从实际操作的角度，让读者了解PLC系统的连接方法。最后再介绍PLC系统的维护方法。最终让读者单独地进行PLC系统的设计与维护工作。





3.1 PLC系统的设计流程与注意事项

设计是建造一个成功的PLC控制系统的第一步，科学合理的设计PLC系统，可以满足系统的生产要求，并长期稳定的工作，在进行PLC系统的设计前，应首先了解PLC系统的设计流程以及设计注意事项。

3.1.1 PLC系统的设计流程

PLC系统的设计主要分为两个部分，即原理设计和施工设计，原理设计是指通过设计出符合要求的控制系统电气原理图，并进行电气元件的选择。施工设计是指在原理设计完成后，依据电气控制原理图和电气元件明细表，进行电气设备的安装设计。



PLC系统的设计流程见图3-1。

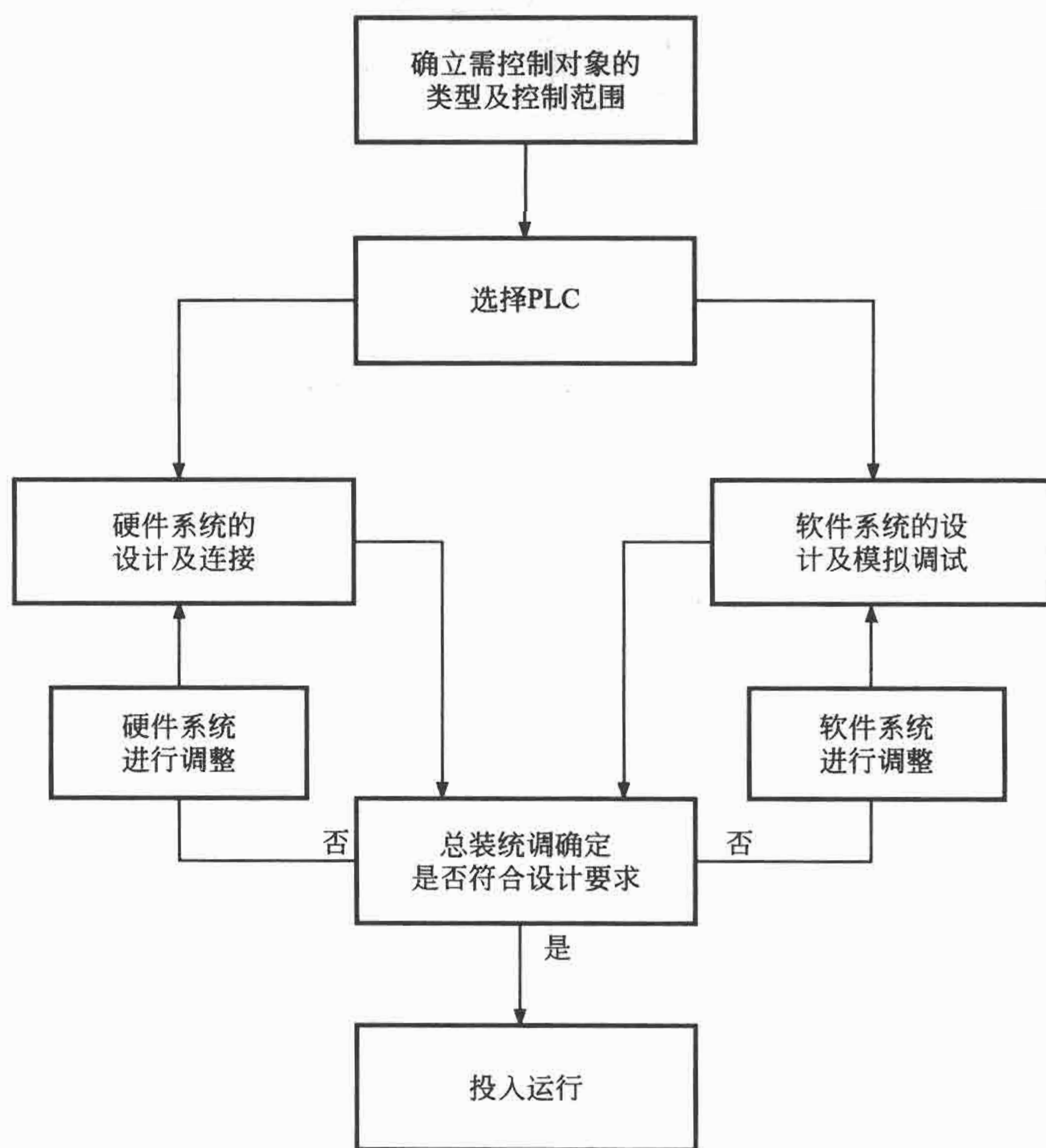
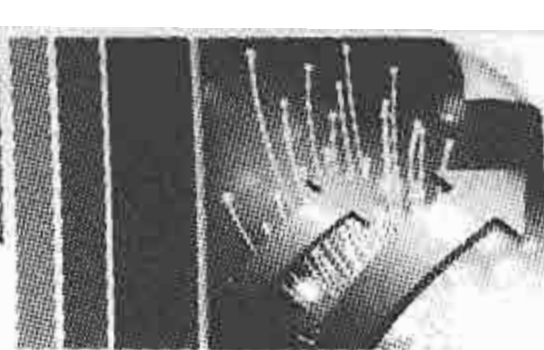


图3-1 PLC系统的设计流程



总体来说, PLC系统的设计主要可以分为确立需控制对象、选择PLC、硬件系统的设计及连接、软件系统的设计及模拟调试、总装及调试、投入运行等部分。

(1) 确立需控制对象

在进行PLC系统设计时, 首先要了解被控制对象的类型, 需要使用何种方式对其进行控制, 以及对PLC的控制范围进行进一步的确定。一般来说, 一些不容易使用人工进行控制的场合, 例如工作量大、操作复杂的场合, 利用人工操作容易出现错误, 或者由于操作过于复杂, 人工操作无法达到工艺要求的场合, 往往会使用PLC进行控制。

此外还需根据生产工艺过程的需要, 来选择控制方式, 来控制需完成的动作, 例如动作条件、动作顺序、保护和连锁等, 以及操作方式, 例如手动、自动、半自动、连续、单周期、单步等。

(2) 选择PLC

确立了需控制的对象, 以及对控制方式选择完毕后, 进行PLC设备的选择, 对机型、输入及输出的类型进行选择, 尽量选择机型及输入输出满足控制对象的要求, 并能够长期稳定地对设备进行控制。

① PLC类型的选择 随着PLC的普及, PLC的类型也越来越多, 不同类型的PLC控制的范围和对象也有所差异, 而且其结构、性能、价格、编程方式、指令系统等也可不相同。因此在考虑PLC能够满足要求的情况下, 还应能够正常、稳定的工作, 并使其具有维护方便以及性价比高等特点。

● 结构形式的选择: PLC从结构上可以分为整体式和模块式PLC, 在一些使用环境比较固定和维修量较少、控制规模不大的场合, 可以选择整体式的PLC; 而在一些使用环境比较恶劣、维修较多、控制规模较大的场合, 可以选择模块式的PLC设备。



模块式和整体式PLC的实物外形见图3-2。

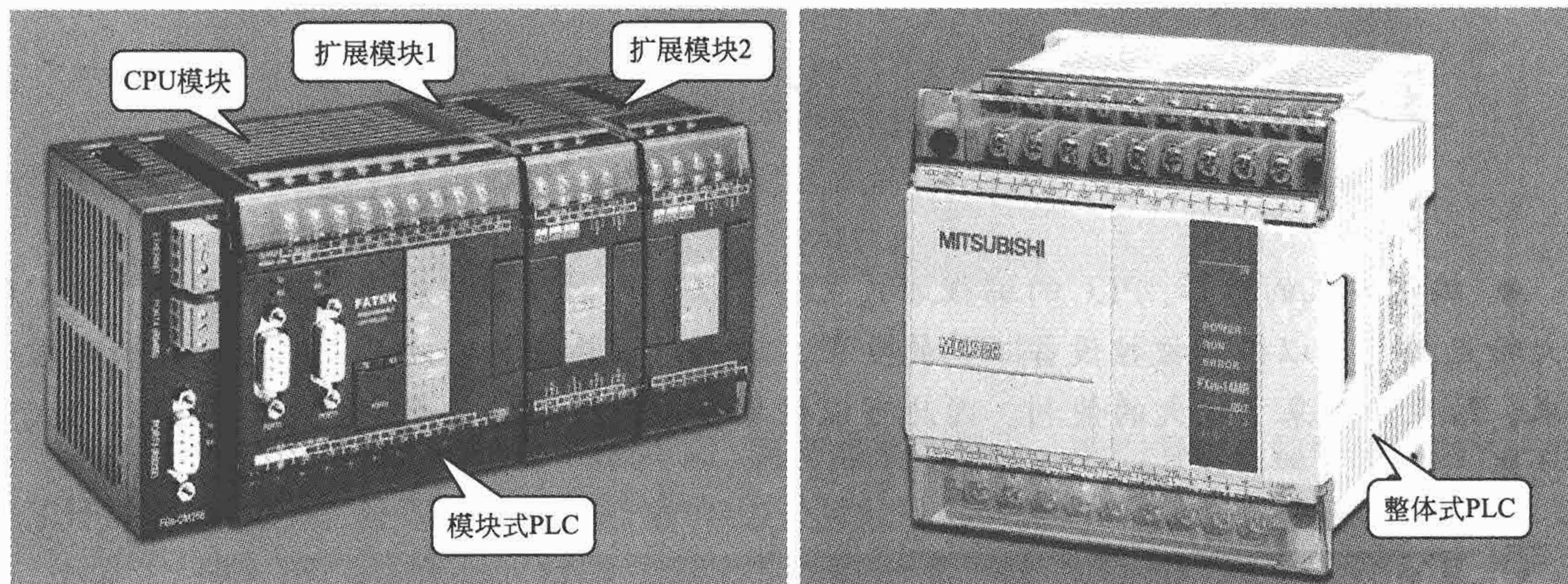
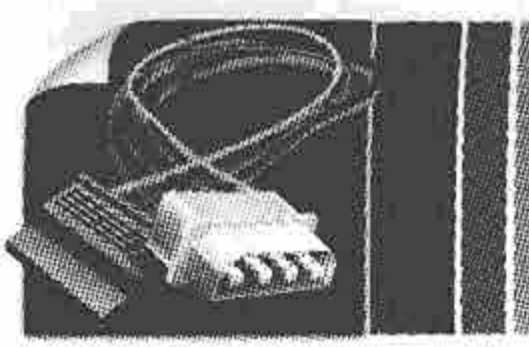


图3-2 模块式和整体式PLC的实物外形

● 功能的选择: 对PLC功能的要求主要是合理, 即对PLC的控制速度和控制量进行选择。PLC根据其功能主要可以分为低档机、中档机和高档机。



对于一些采用开关量进行控制的线路中,若无须考虑控制的速度,则采用低档机便可以满足要求。对于一些控制比较复杂、控制功能要求较高的控制线路中,例如要求实现PID运算、电动机闭环控制、联网通信等场合,则应视其规模及复杂程度,选择指令功能强大、具有较高运算速度的中档机或高档机进行控制。

● 机型选择应统一:由于相同机型的PLC,其功能和编程方法也相同,因此使用相同机型组成的PLC系统,不仅仅便于设备的采购与管理,也有助于技术人员的培训以及对技术水平进行提高和开发。还由于PLC设备的通用性,其资源可以共享,使用一台计算机就可以将多台PLC设备连接成一个控制系统,进行集中的管理。因此在进行PLC机型的选择时,尽可能选择同一机型的PLC设备。



多台相同的PLC设备组成的PLC系统见图3-3。

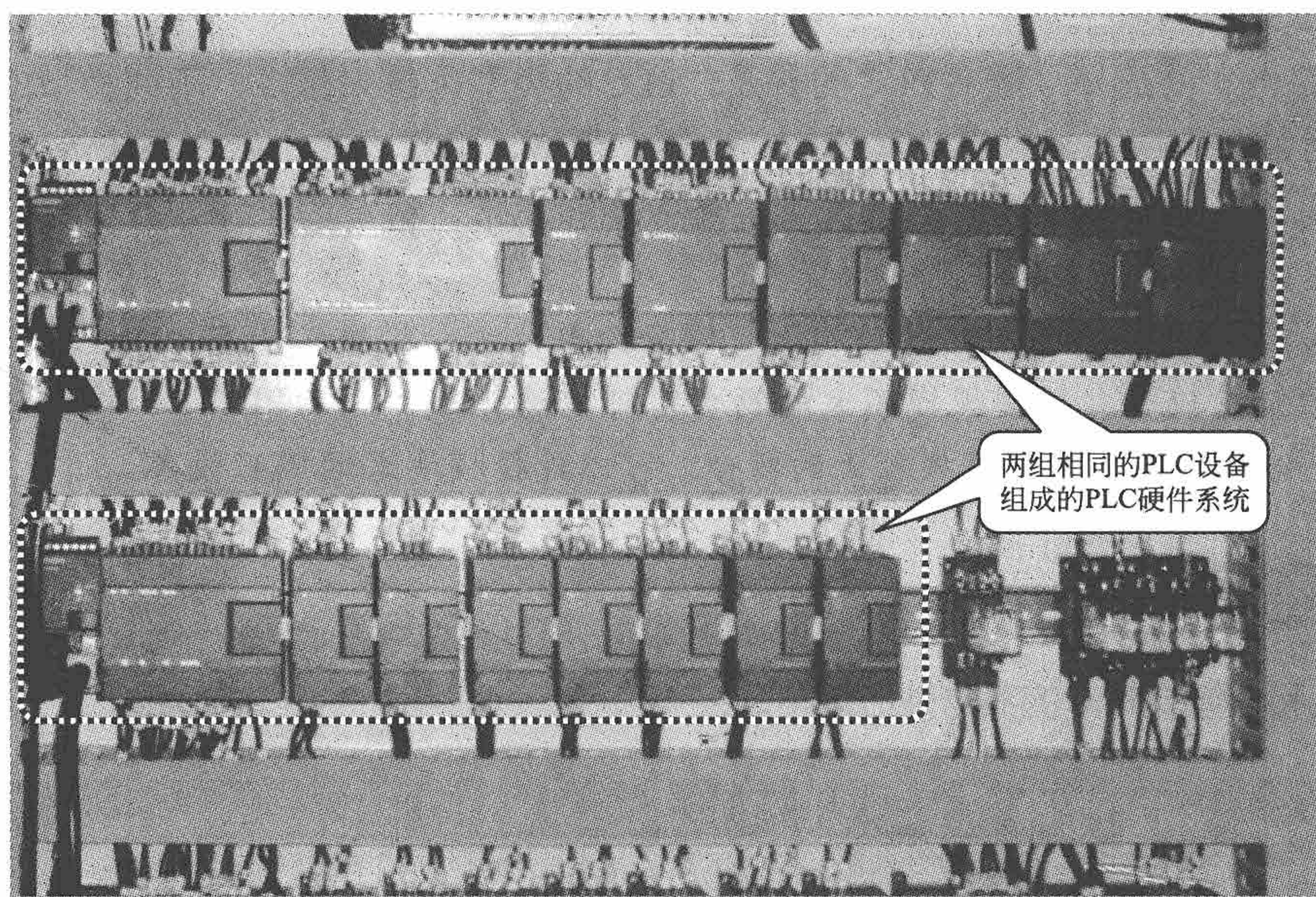


图3-3 多台相同的PLC设备组成的PLC系统

● 编程方式的选择:PLC的编程方式主要可以分为离线编程和在线编程两种,PLC的最大特点就是可以根据被控设备工艺的要求,只需对程序进行修改,便可以满足新的控制要求,给生产带来了极大的便利。因此可以根据被控制设备的要求,对PLC的编程方式进行选择。



离线编程是PLC的主机和编程器共用一个微处理器(CPU),通过编程器上设置有“编程/运行”的开关或按钮,就可以对两种状态进行切换。切换到编程状态时,编程器对CPU进行控制,可以对PLC进行编程,此时PLC无法对设备进行控制。在



程序编写完毕后，再选择运行状态，此时CPU按照所设定的程序，对需控制的设备进行控制。由于该类PLC中的编程器和主机共用一个CPU，因此节省了硬件和软件设备，造价也比较便宜，适用于一些中、小型的PLC设备中。

在线编程是指PLC的主机拥有一个CPU，用来对设备进行控制。编程器用一个CPU可以随时对程序进行编写，输入各种指令信号，再通过连接线送往PLC的CPU中。由于目前计算机PLC编程软件的流行，用户可以通过编程软件设计所需要的程序，并通过数据线直接送入PLC主机的CPU和存储器中，从而实现设备的控制。该方式具有操作简便、应用领域较宽等特点，广泛用于大型PLC设备中。

② 输入输出的选择 在进行PLC的选择时，应对PLC输入和输出接口的数量进行估算和选择，输入和输出接口的选择与接入的输入输出设备有关，估算出所需的I/O点数（输入输出接口的个数）后，才可以选择与点数相当的PLC，在选择时最好留有10%~15%的余量。



典型的小型PLC控制器见图3-4。

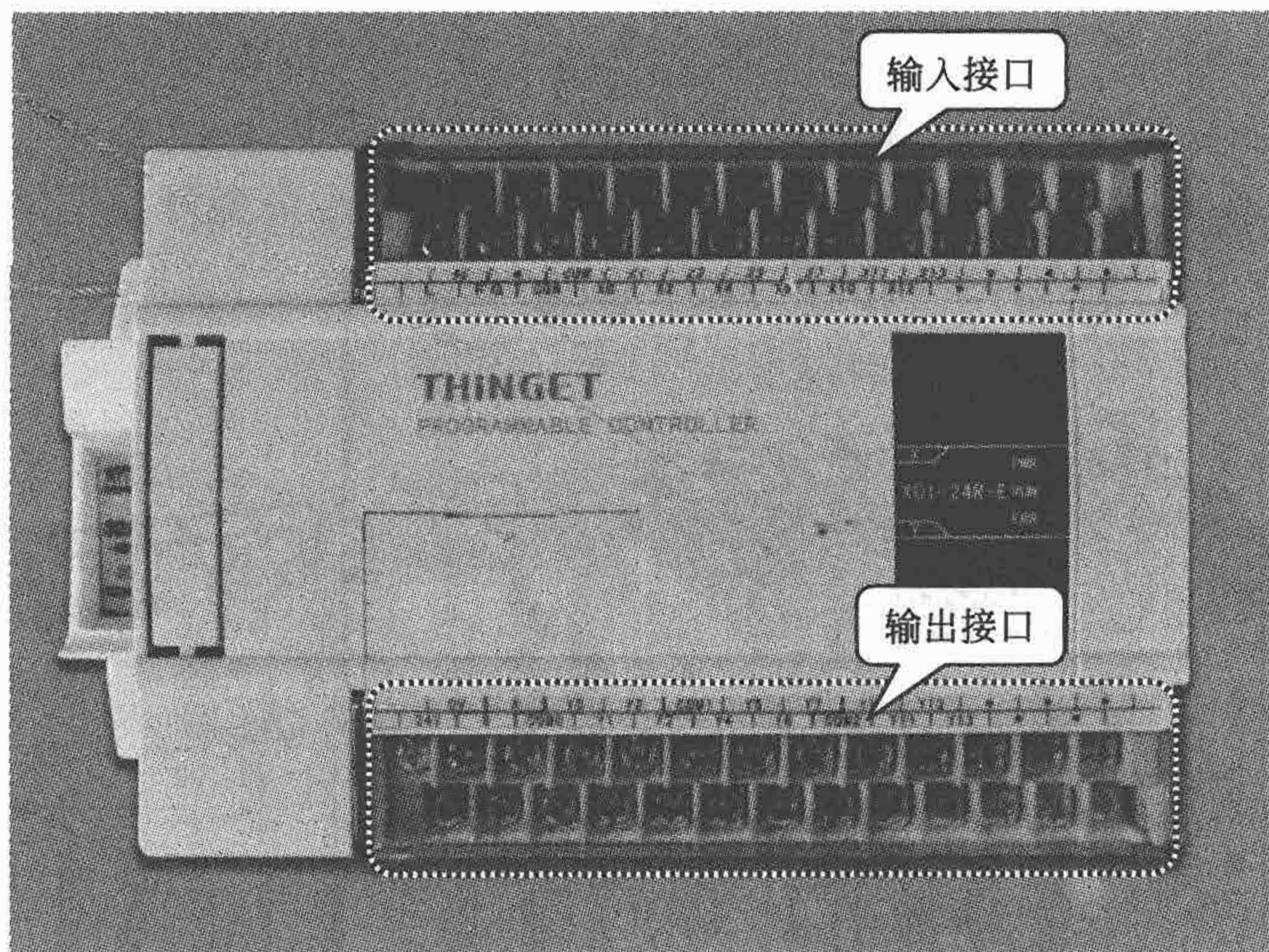


图3-4 典型的小型PLC控制器

小型PLC的I/O点数一般在256点以下，其特点是体积小、结构紧凑，整个硬件融为一体，除了开关量I/O以外，还可以连接模拟量I/O以及其他各种特殊功能模块。它能执行包括逻辑运算、计时、计数、算术运算、数据处理和传送、通信联网以及各种应用指令。



典型的中型PLC控制器见图3-5。

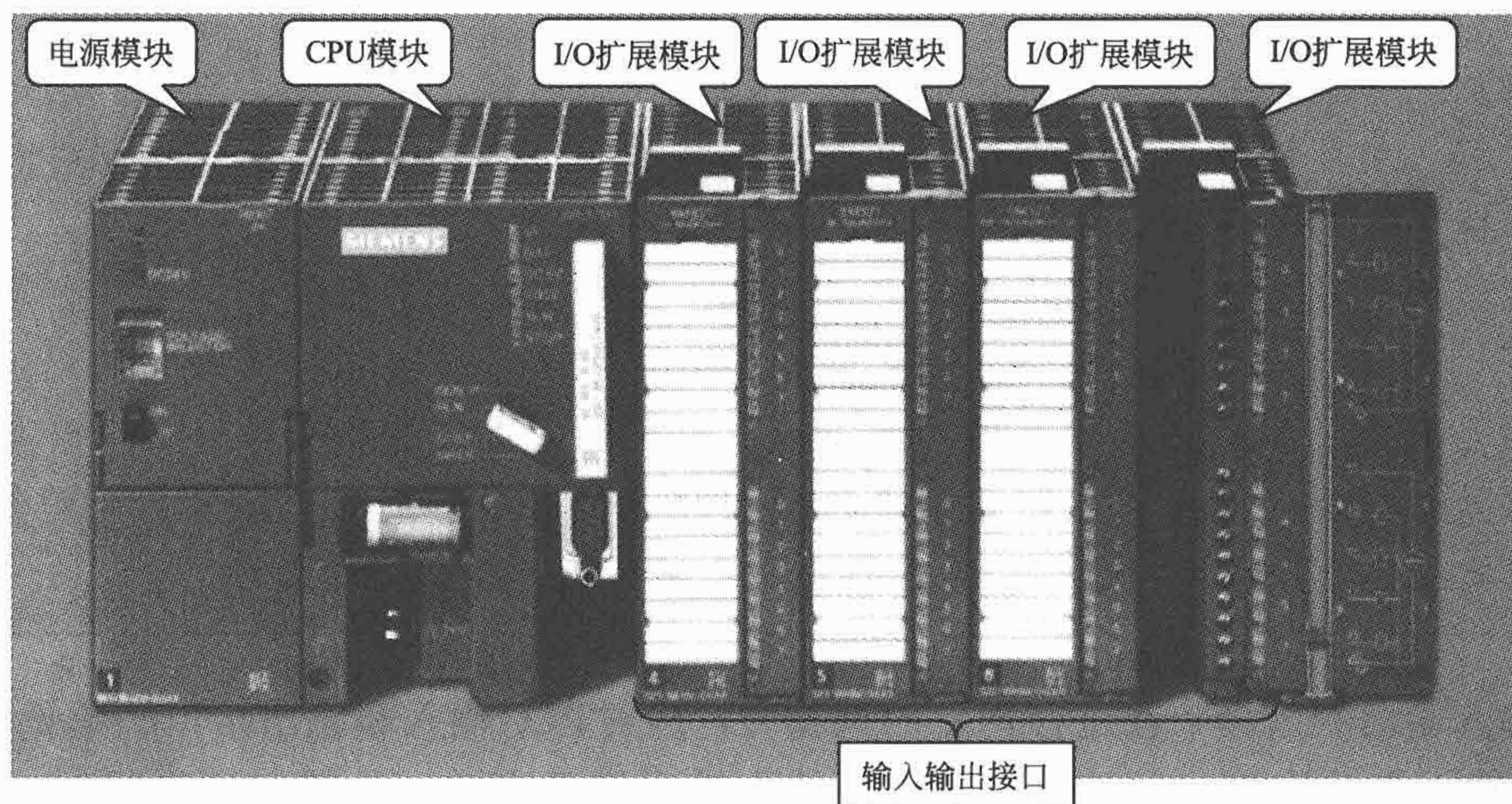


图3-5 典型的中型PLC控制器

中型PLC采用模块化结构，其I/O点数一般在256 ~ 1024点之间。I/O的处理方式除了采用一般PLC通用的扫描处理方式外，还能采用直接处理方式，即在扫描用户程序的过程中，直接读输入，刷新输出。它能连接各种特殊功能模块，通信联网功能更强，指令系统更丰富，内存容量更大，扫描速度更快。



图解

典型的大型PLC控制器见图3-6。

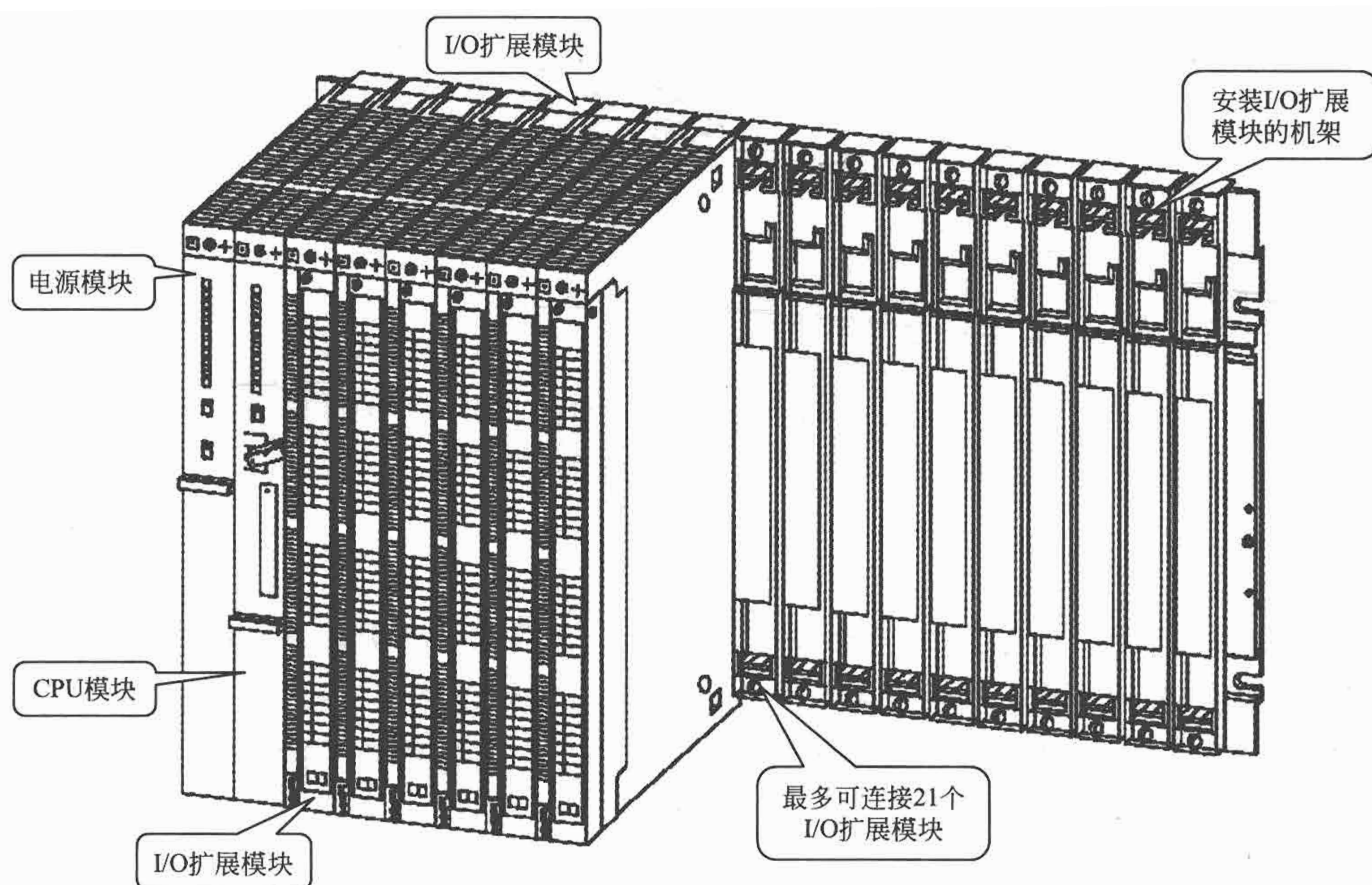


图3-6 典型的大型PLC控制器



一般I/O点数在1024点以上的称为大型PLC。大型PLC的软、硬件功能极强。具有极强的自诊断功能。通信联网功能强，有各种通信联网的模块，可以构成三级通信网，实现工厂生产管理自动化。大型PLC还可以采用三CPU构成表决式系统，使机器的可靠性更高。

(3) 硬件和软件系统的设计

在确定了需控制的对象和PLC的类型后，下面就需要进行硬件系统的设计及连接，以及软件系统的设计和模拟调试。

① 硬件系统的设计及连接 在明白了需控制对象的控制任务和选择好PLC设备后，下面根据其要求，对PLC或其他控制器件进行设计，选择输入和输出的设备，并分配输入和输出接口的地址，下面就可以进行设备的连接操作。



典型硬件系统的设计及连接见图3-7。

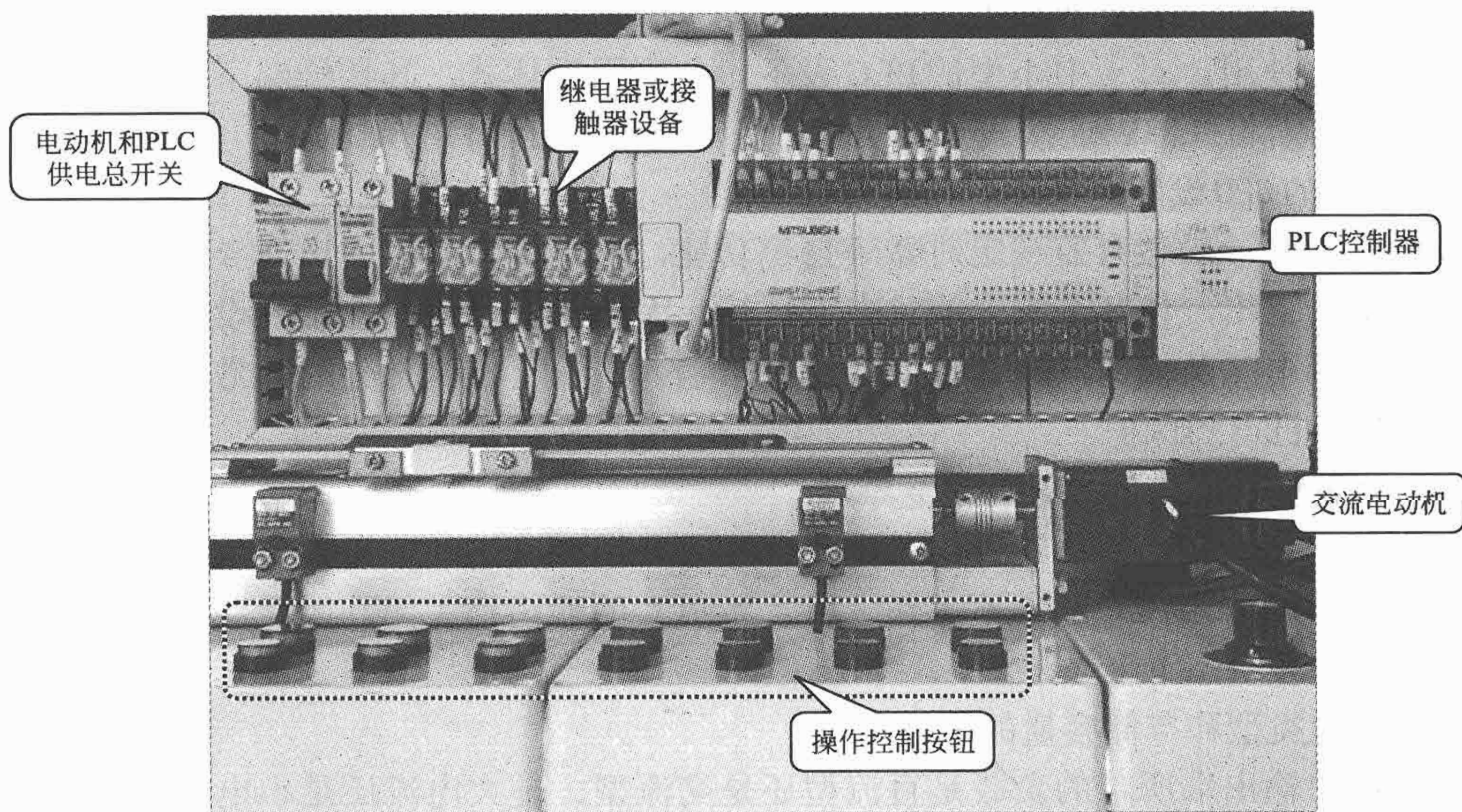


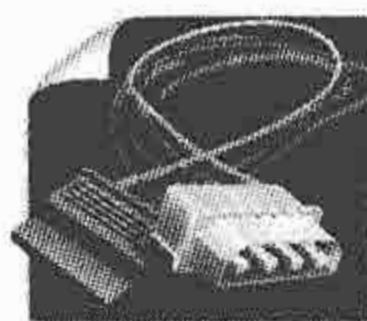
图3-7 典型硬件系统的设计及连接

② 软件系统的设计和模拟调试 在进行硬件系统的设计和连接的同时，可以进行软件系统的设计工作，即使用PLC编程软件进行程序的编写，编程的语言一般采用梯形图、指令语句表和顺序功能图的形式，其具体的编程方法在上个章节中已经介绍，在此不再复述。

程序编写完毕后，需要对编写的程序进行调试，目前不少的PLC厂商提供自己产品的模拟调试软件，通过这些软件便可以进行模拟的调试操作，在确定无误后，才可将PLC接入控制系统中。

(4) 总装统调

最后进行系统的总装及调试，对转配的PLC设备外部连接线做仔细的检查，看连接是否准确，有无漏装或多装的连接线。为了安全，一般会将主电路断开，对系统进行预调，当控制电路动作无误后，再接通主电路进行调试，直到各电路能够正常的工作。



3.1.2 PLC系统的设计注意事项

在进行PLC系统的设计时，应注意以下几个注意事项，以免在设计的过程中出现不必要的麻烦。

(1) 保护电路的设计

进行PLC系统的设计时，安全性是最重要的一点，即在外部电源出现异常，PLC出现故障或操作失误时，也能保证整个系统工作在安全的状态下，因此在PLC的外部应设计有保护电路，例如紧急停止电路、保护电路、正转逆转操作的相反连锁电路，定位的上限/下限连锁电路等。

(2) 设计方便的安装方式

PLC的硬件的安装方式有很多种，不同种类的硬件安装方式也有所不同，因此在对PLC的硬件系统进行安装时，尽量选择安装简单、组装容易的方式。

对于大型的PLC而言，一般外部设有接线器，接线比较简单，更换所控制的设备时，若接线需要改变，只需将接线器安装在新的模块中即可，再使用软件编程设定，设计好软件程序后即可使用。对于中小型的PLC设备，多采用整体式，其接线端子也比较少，因此在安装时，只需将外部的连接线与接线端子进行连接即可。

(3) PLC的CPU设置监视定时器等自检功能

PLC的CPU一般带有监视定时器等自检功能，CPU检测系统中出现异常的现象时，则会关闭全部的输出，使其在安全的状态下运行，因此在进行PLC系统的设计时，应设计有监视定时器的电路及机构，PLC的CPU检测出输入或输出控制部分的异常时，就不输出控制信号，使整机得到保护。

(4) 外置传感器电源的设计注意事项

在进行PLC系统电路的设计时，由于传感器会消耗一定的电量，其负荷越大，则供电电压会自动下降，除PLC输入不工作之外，将PLC的输出都关闭，因此需设计外电路和机构，使其在安装状态下工作。

(5) 负载类型和存储容量的设计

根据PLC输出端所带的负载是直流型还是交流型，是大电流还是小电流，以及PLC输出动作的频率和负载的性质（电感性、电阻性）等，确定PLC输出端的类型是采用继电器输出还是晶体管输出，或晶闸管输出。

在存储容量与速度的设计上，一般存储容量越大、速度越快的PLC价格就越高，应根据系统的大小合理设计PLC系统。



3.2 PLC的设计方法

在进行PLC系统的设计前，应首先了解PLC硬件系统和软件系统的设计方法，首先对PLC的系统进行设计，然后根据设计的线路和连接图，再进行设备的连接与安装。



3.2.1 PLC的硬件系统设计

PLC的硬件系统设计是指在对硬件系统进行安装前,对所有的硬件设备的连接进行设计,画出草图,根据草图对硬件系统进行连接,以减少在实际的连接中,由于反复对线路进行拆卸,造成不必要的麻烦。



图解

典型PLC的硬件系统见图3-8。

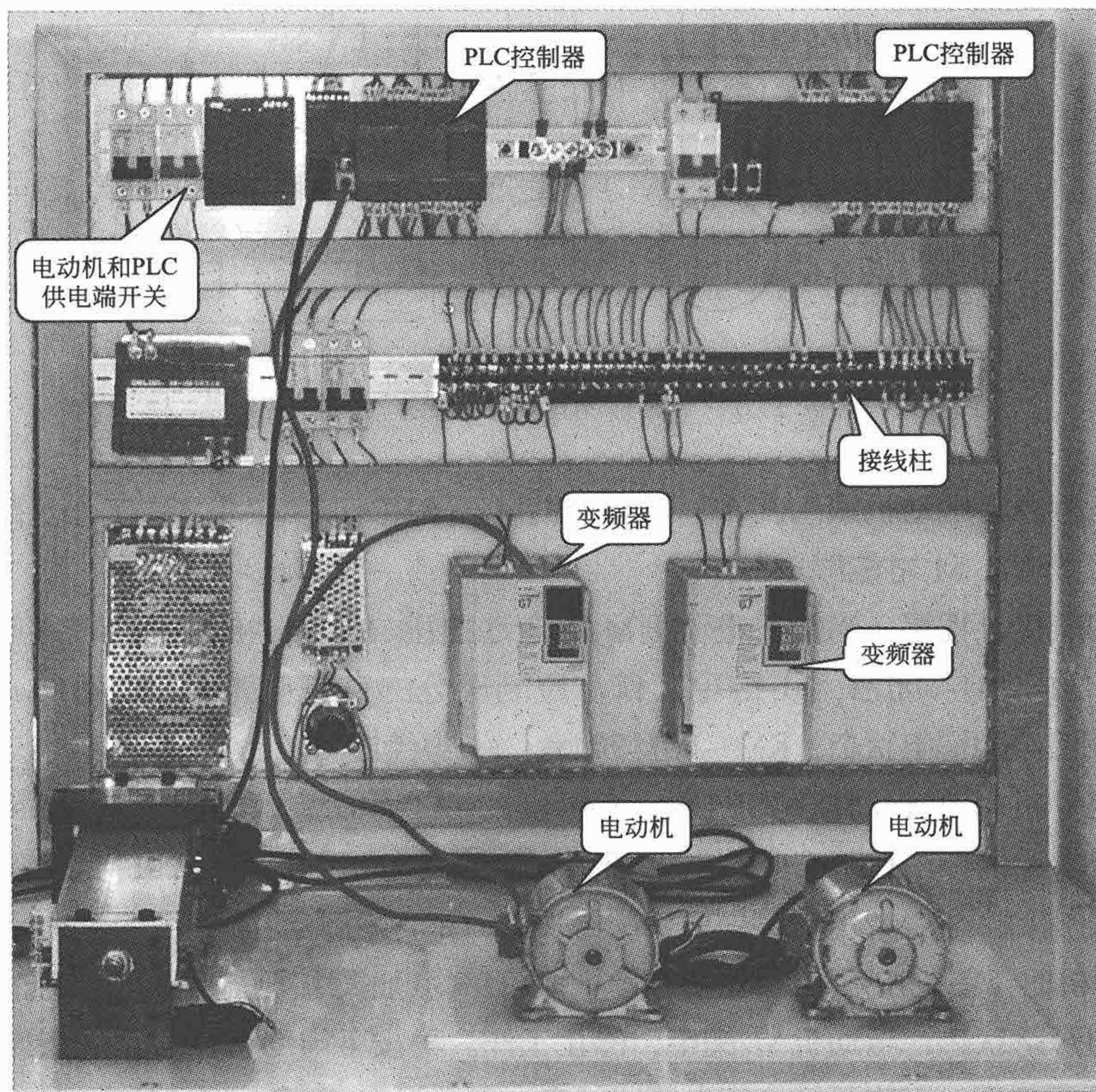
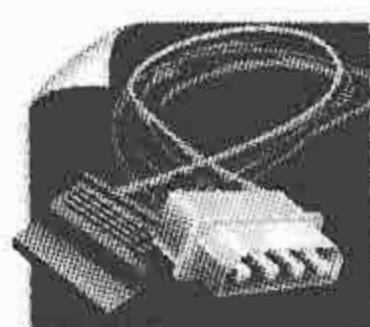


图3-8 典型的PLC硬件系统

图3-8为一个典型的PLC硬件系统组成图,该图中使用两个变频器控制电动机进行工作,并使用PLC对变频器进行控制,电源和PLC开关、PLC、变频器、接线柱等组成了PLC的硬件系统,使电动机能够根据人工设定的方向和转速进行旋转。

在进行PLC硬件系统设计之前,应首先了解硬件系统的组成部件,以及需要控制的设备的控制方式。在了解了这些资料后,才能对硬件系统进行设计。下面以三相异步电动机的顺序控制电路为例,介绍其硬件系统的设计方法。



图解

三相异步电动机顺序控制电路见图3-9。

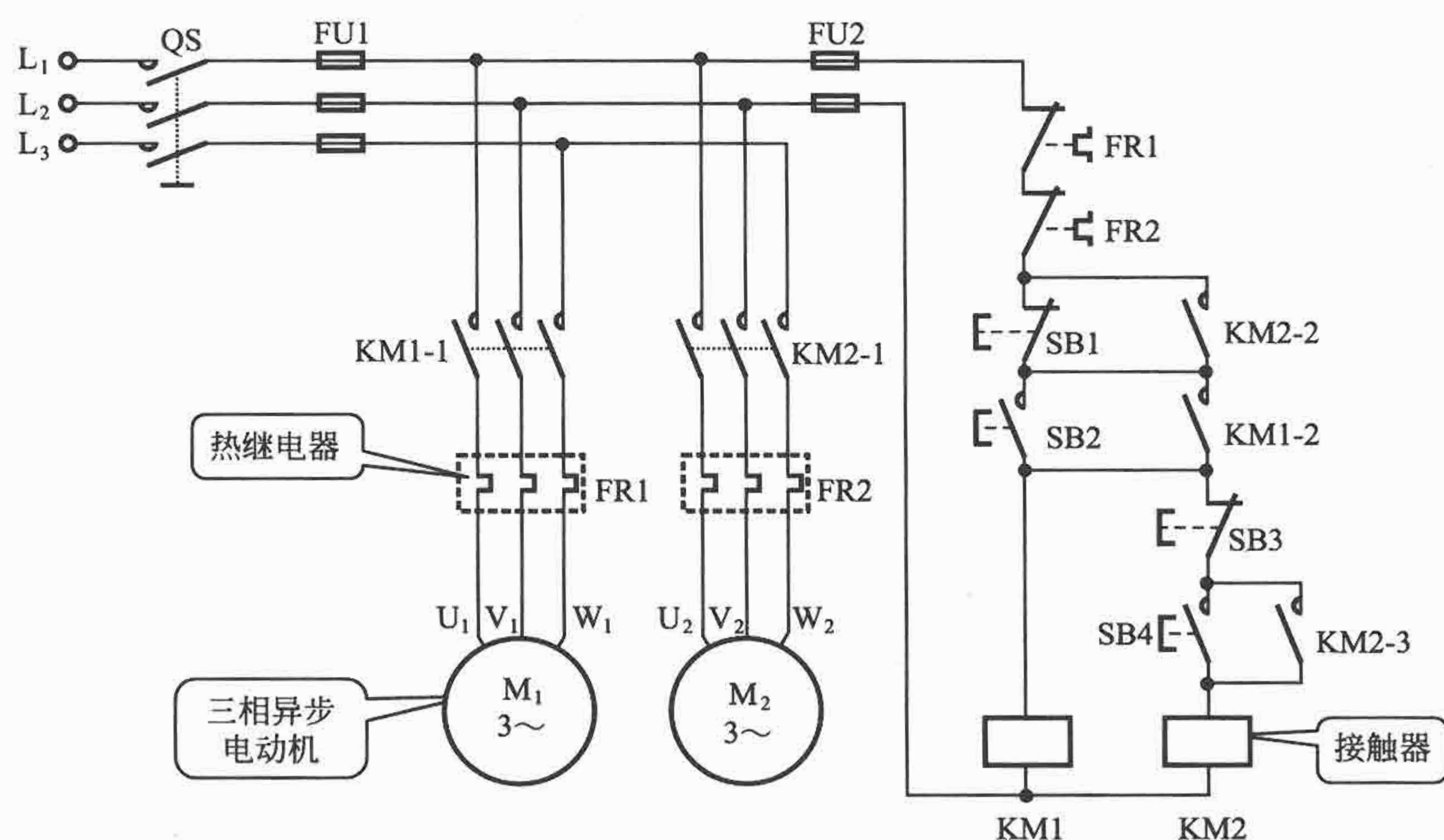


图3-9 三相异步电动机顺序控制电路

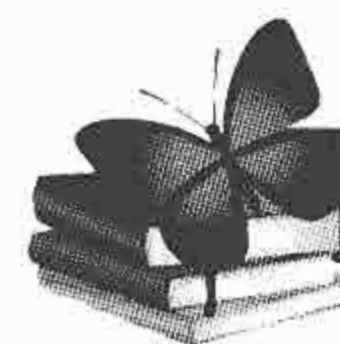
图中，三相异步电动机顺序旋转，即电动机 M_1 开始工作后， M_2 才能工作。而停止时，电动机 M_2 停止工作后， M_1 才能停止工作。

该电路的工作过程是：当按下电动机 M_1 的启动按钮SB2后，接触器KM1得电吸合，其常开触点KM1-1和KM1-2闭合， M_1 得电工作，控制部分的交流电源经SB1和KM1-2后继续为KM1供电，保持线圈得电状态，KM1-1继续闭合， M_1 继续旋转。

当按下电动机 M_2 的启动按钮SB4后，接触器KM2得电吸合，其常开触点KM2-1、KM2-2和KM2-3闭合， M_2 得电工作，此时控制部分的交流电源经SB1、KM2-2、KM1-2、SB3和KM2-3后继续为接触器KM2的线圈供电，保持KM2-1的闭合状态。

在进行停机时，首先按下电动机 M_2 的停止按钮SB3，此时接触器KM2的线圈部分失电，其常开触点变为开路状态，电动机 M_2 失电，停止工作。再按下电动机 M_1 的停止按钮SB1后，接触器KM1的线圈失电，其常开触点变为开路状态，电动机 M_1 失电，停止转动。FR1和FR2为热继电器，待电动机过热后，其常闭触点断开，使电动机失电，起到保护的作用。

根据该电路的结构和功能可知，该电路通过接触器控制三相异步电动机的转动与停止，并设置有热继电器，对该电路进行保护。利用PLC进行控制时，便可以省去各种按钮，将电路进行简化。



图解

使用PLC控制的三相异步电动机顺序控制电路见图3-10。

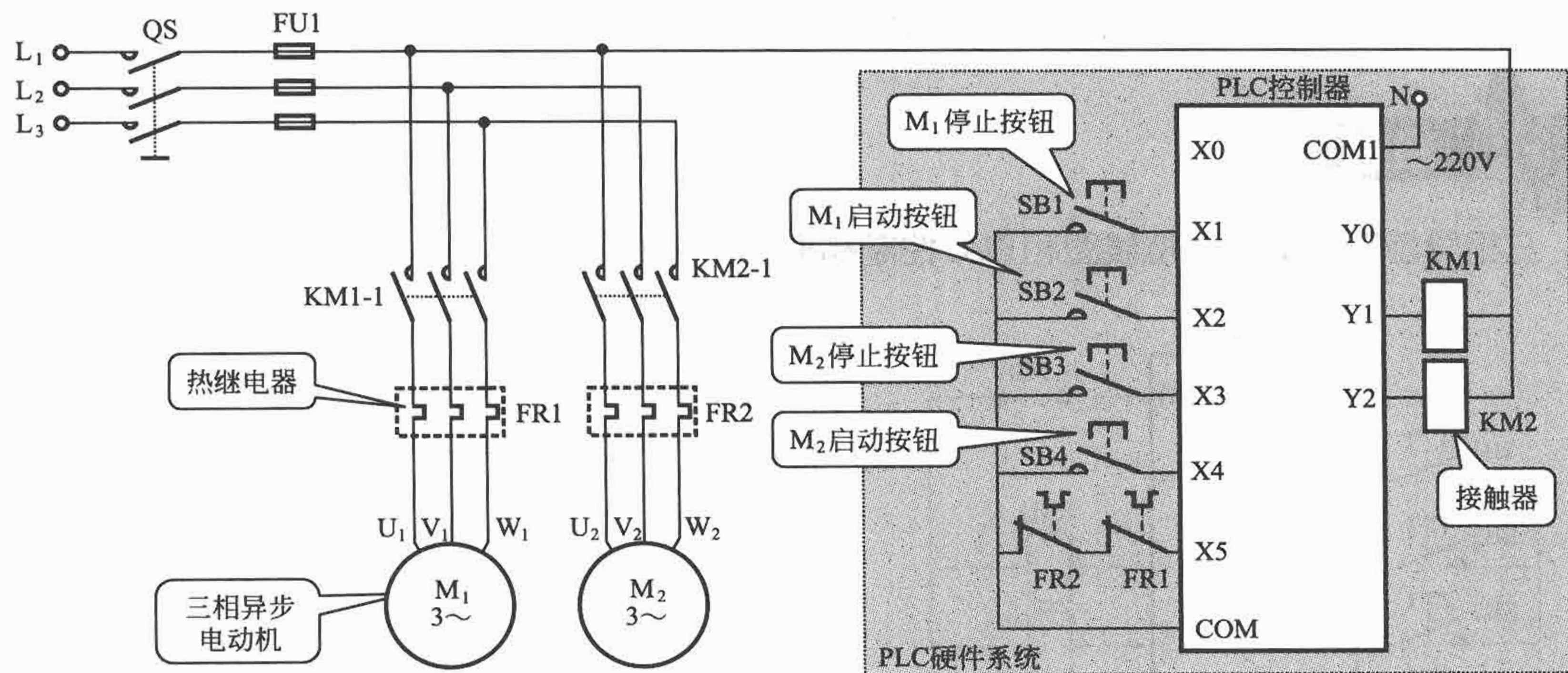


图3-10 使用PLC控制的三相异步电动机顺序控制电路

该电路的PLC硬件系统主要是由PLC控制器，控制PLC的按钮SB1、SB2、SB3、SB4以及接触器KM1、KM2等组成的，其中M₁停止按钮SB1与PLC控制器的X1端连接，M₁启动按钮SB2与X2端连接，M₂停止按钮SB3与X3端连接，M₂启动按钮SB4与X4端连接，热继电器FR2、FR1与X5端进行连接，另外一端与COM端连接。接触器KM1和KM2分别和PLC的Y1和Y2端进行连接。

3.2.2 PLC的软件系统设计

由前面的章节可知，PLC的生产厂商主要可以分为三菱、西门子和欧姆龙，根据其生产厂家的不同，其编程软件也不相同，下面就以典型的三菱和西门子的编程软件为例，介绍PLC的软件系统设计方法。为了体现出两者的区别，在此选用同一个电路进行程序的编写。

(1) 使用三菱PLC编程软件的设计方法

使用三菱PLC编程软件（三菱FN_{2N}系列）进行编程时，首先要确定控制I/O接口的分配关系，并对输入点和输出点进行编号，三相异步电动机顺序控制电路的I/O接口分配见表3-1。

表3-1 三相异步电动机顺序控制电路的I/O接口分配

输入信号			输出信号		
名称	代号	输入点地址编号	名称	代号	输出点地址编号
M ₁ 停止按钮	SB1	X1	M ₁ 接触器	KM1	Y1
M ₁ 启动按钮	SB2	X2	M ₂ 接触器	KM2	Y2
M ₂ 停止按钮	SB3	X3			
M ₂ 启动按钮	SB4	X4			
M ₁ 、M ₂ 热继电器	FR1、FR2	X5			

下面进行PLC接线图和PLC控制梯形图的设计。



三相异步电动机PLC接线图和PLC控制梯形图见图3-11。

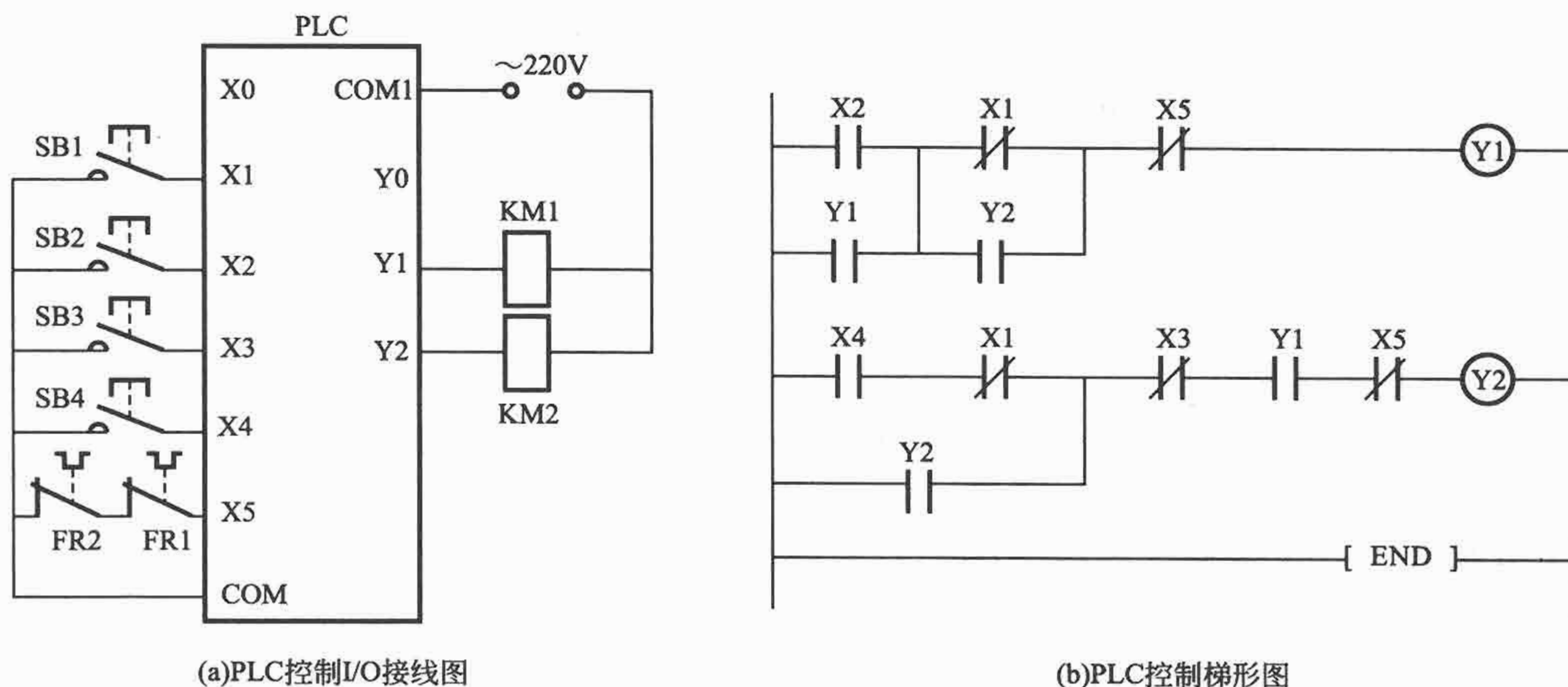


图3-11 三相异步电动机PLC接线图和PLC控制梯形图

设计完毕梯形图后，根据所设计的梯形图，使用相应的三菱PLC编程软件进行编写。下面用GX Developer Version 8编程软件来进行程序的编写。



GX Developer Version 8编程软件的主界面见图3-12。

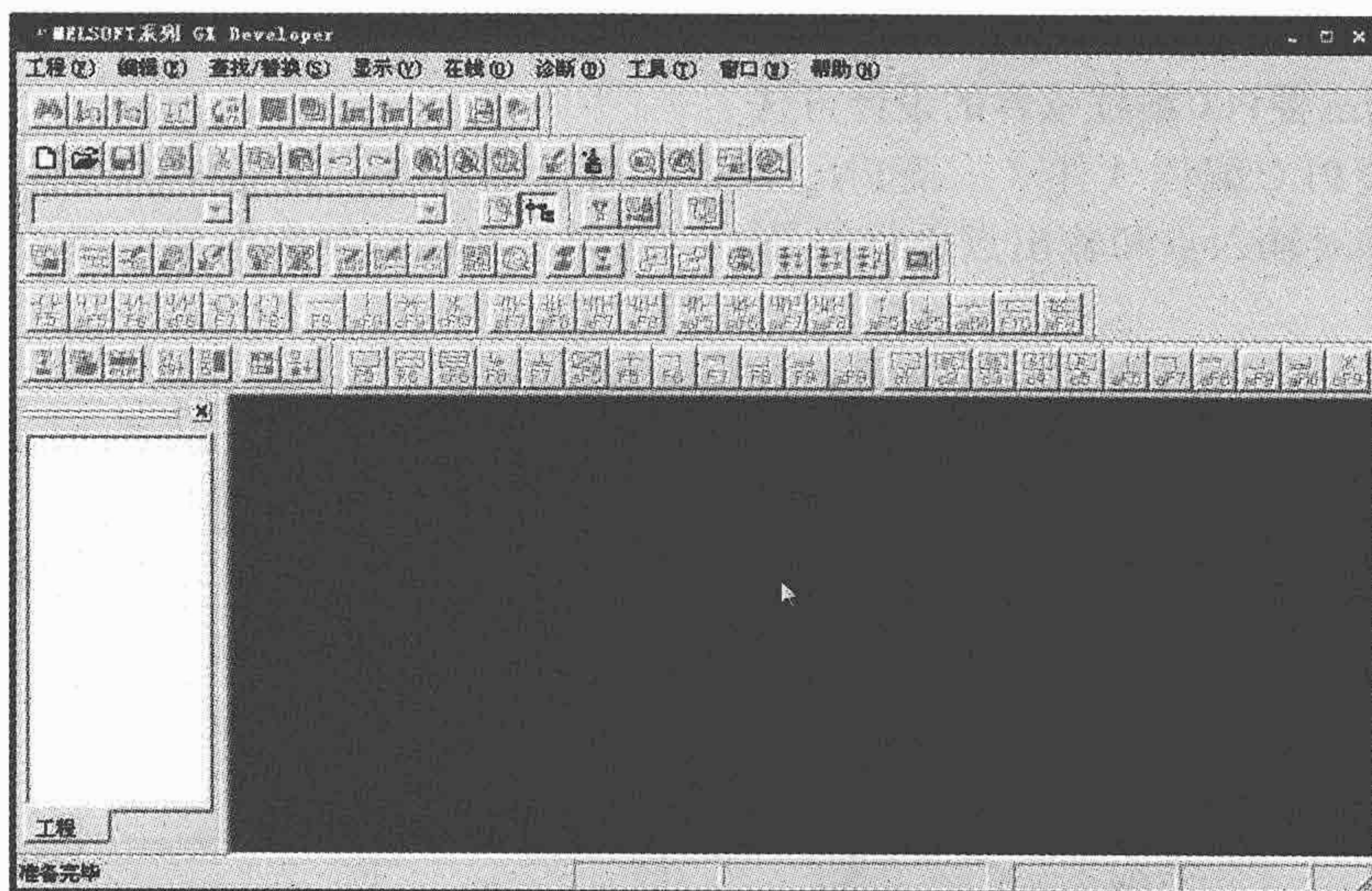


图3-12 GX Developer Version 8编程软件的主界面



在打开的界面中，可以进行新建工程和打开工程等操作。下面就通过上面的梯形图，使用该软件进行程序的编写。



新建工程的操作见图3-13。

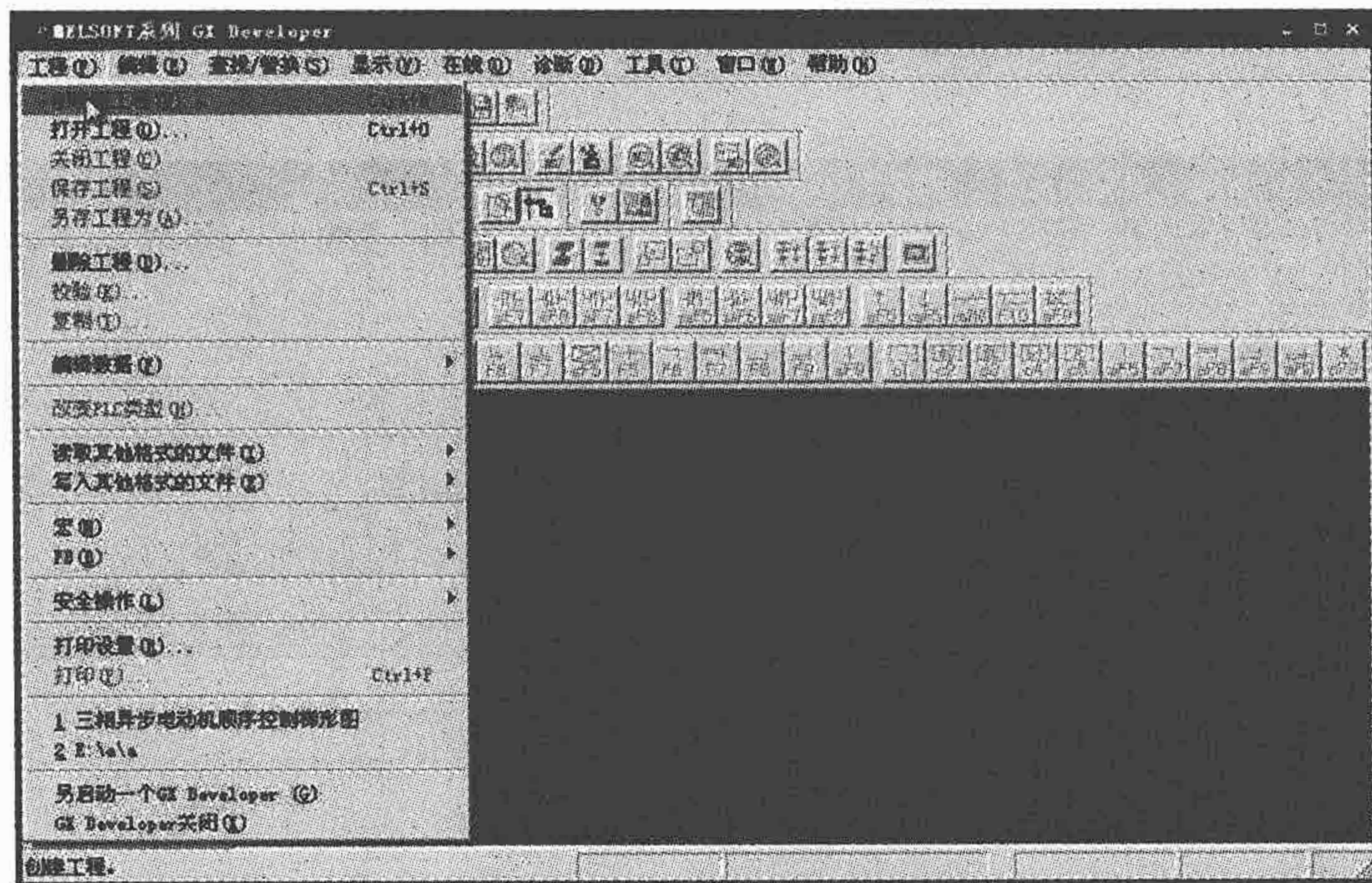


图3-13 新建工程的操作

执行“工程”菜单下的“创建新工程”命令，也可使用快捷键“Ctrl+N”，进行新建工程的操作。

执行该命令后，会弹出“创建新工程”的对话框。



创建新工程的对话框见图3-14。

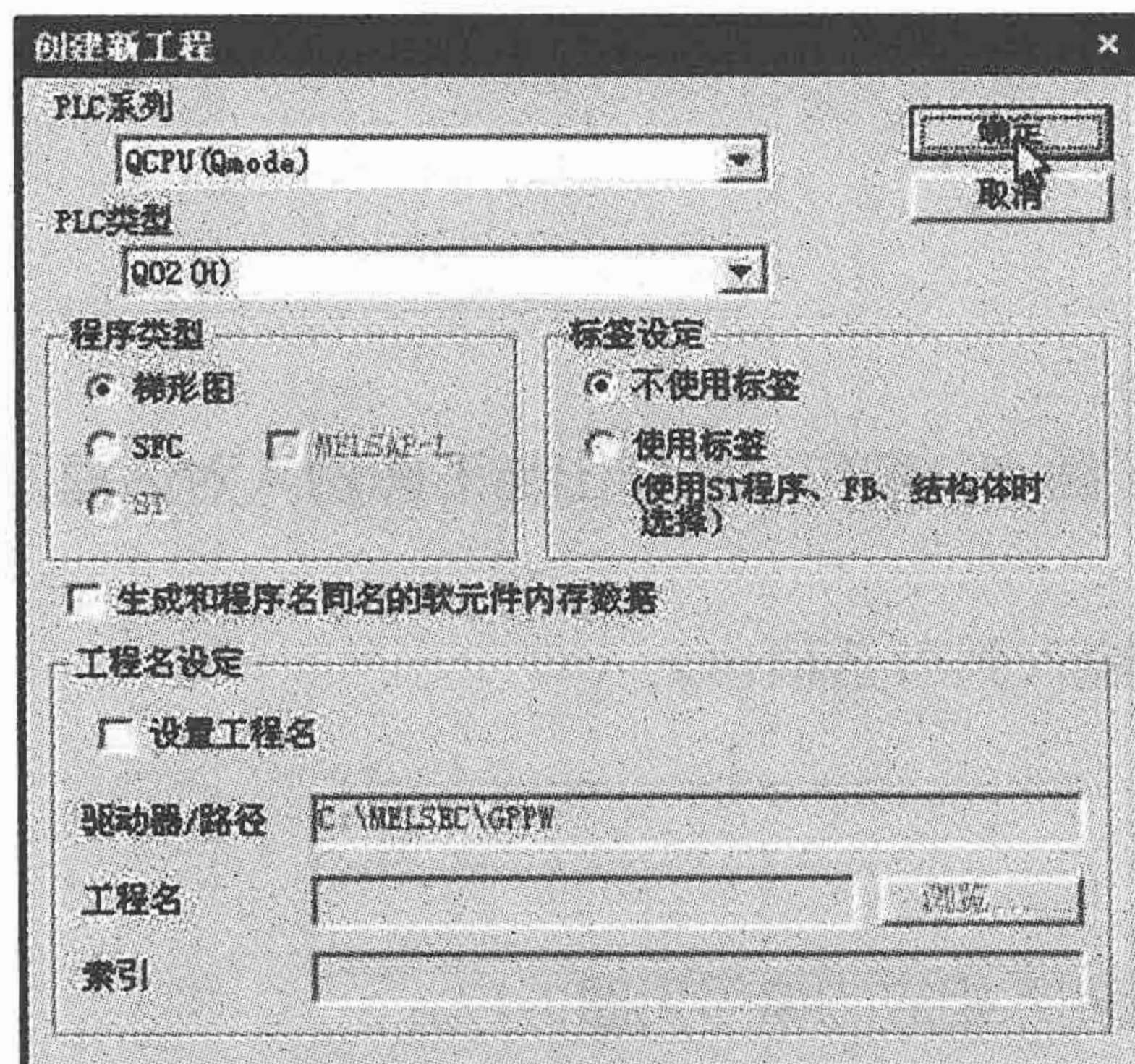
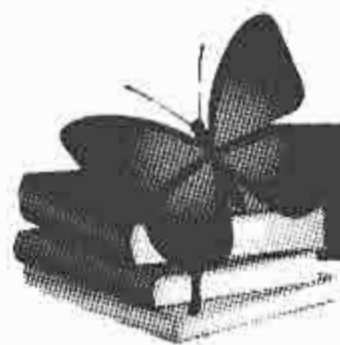


图3-14 创建新工程的对话框



在创建新工程的对话框中，选择PLC的系列及类型，在此选择PLC系列为“QCPU”，PLC的类型为“Q02（H）”，并选择程序的类型为梯形图。

选择完毕后点击“确定”按钮，即可新建一个工程。



图解

创建新工程后的主界面见图3-15。

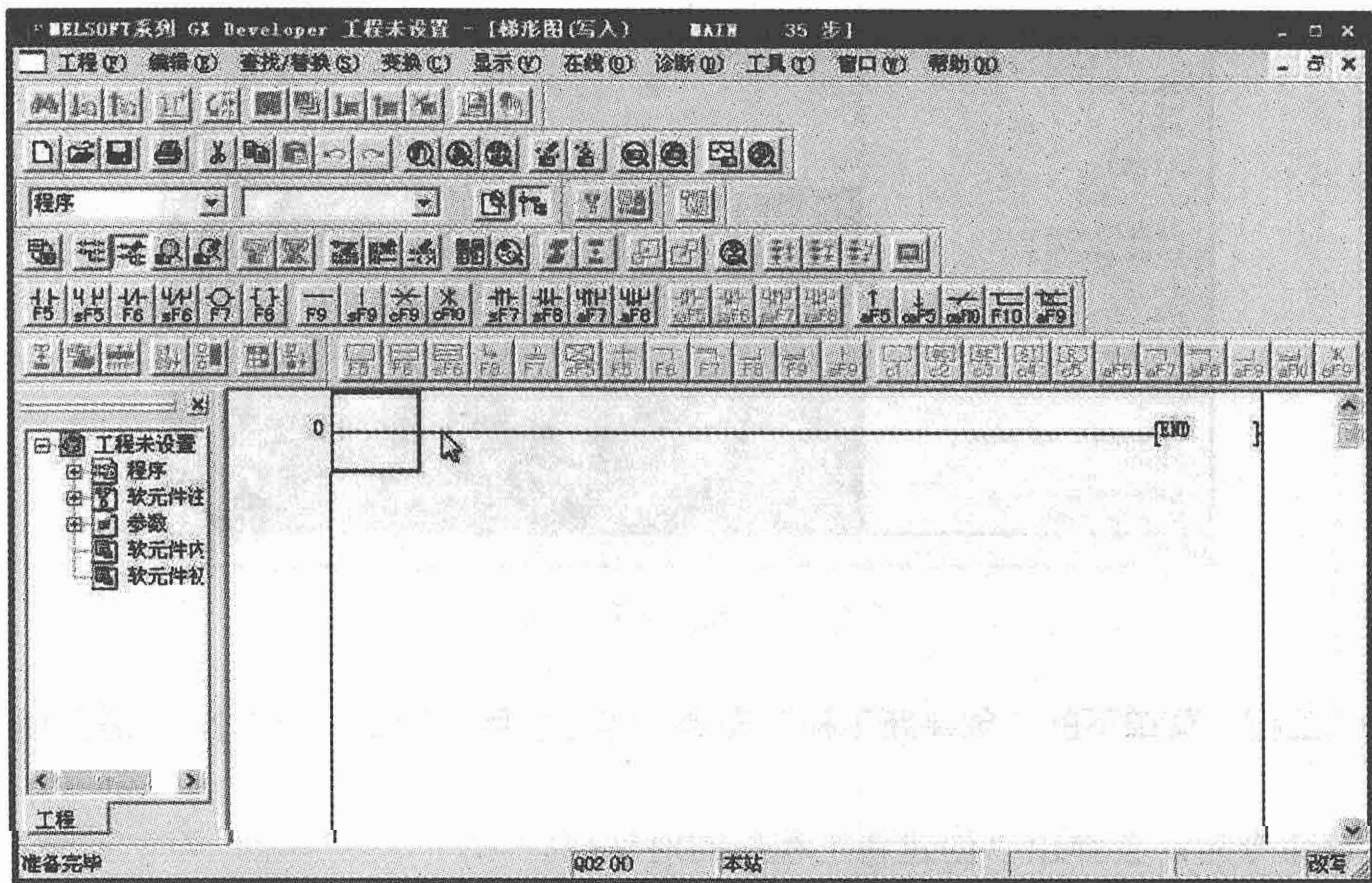


图3-15 创建新工程后的主界面

创建新工程后，界面中的许多灰显按钮变为可用模式，即可使用这些按钮进行程序的编写操作。下面就将梯形图的程序编写入该程序中。



图解

插入常开触点见图3-16。

点击工具栏上的“常开触点”按钮，将弹出梯形图输入对话框，在该对话框内，便可以选择插入的类型。

然后将输入点的编号输入到对话框内。



图解

在梯形图输入对话框内输入相应的编号见图3-17。

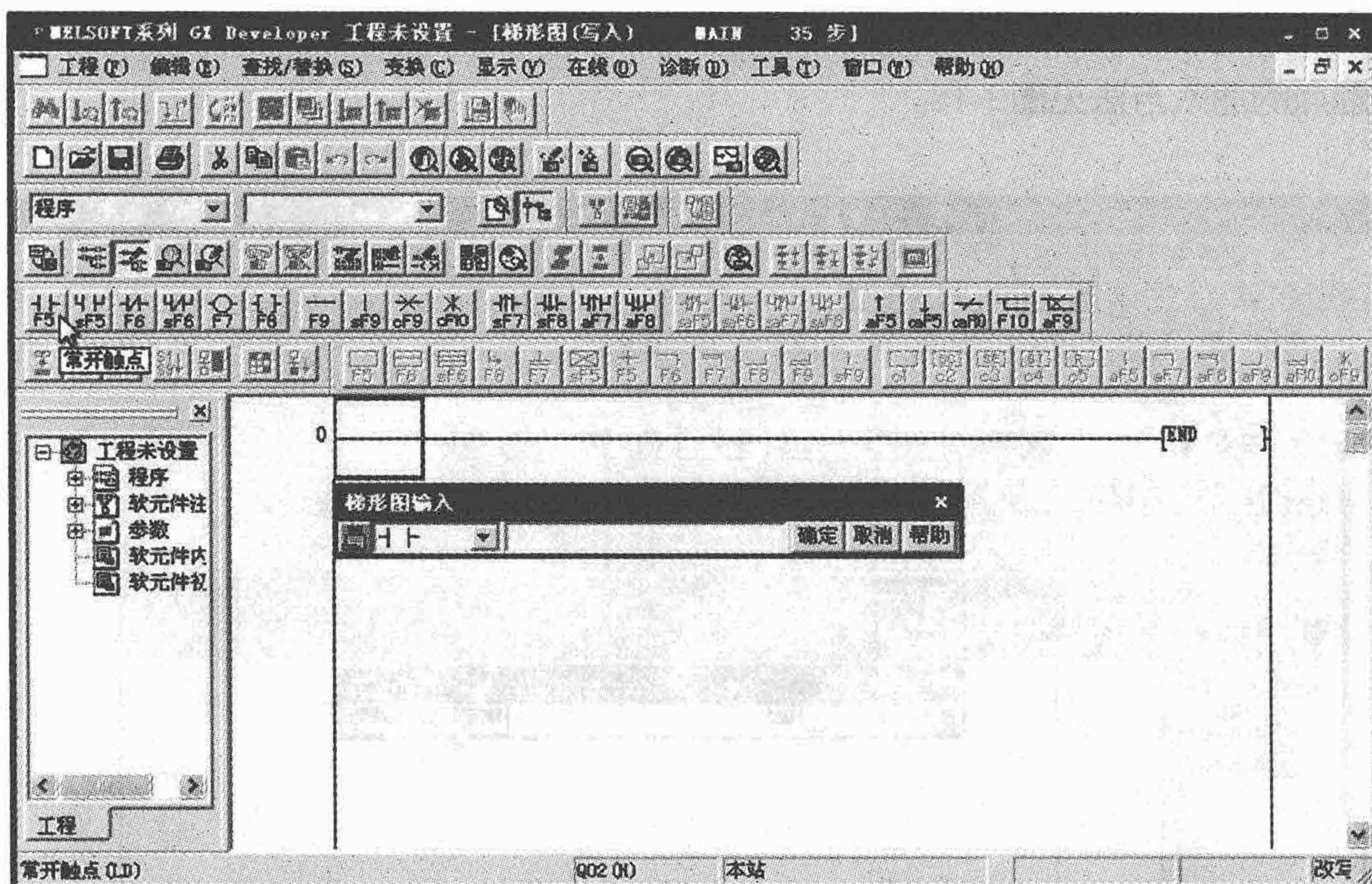


图3-16 插入常开触点

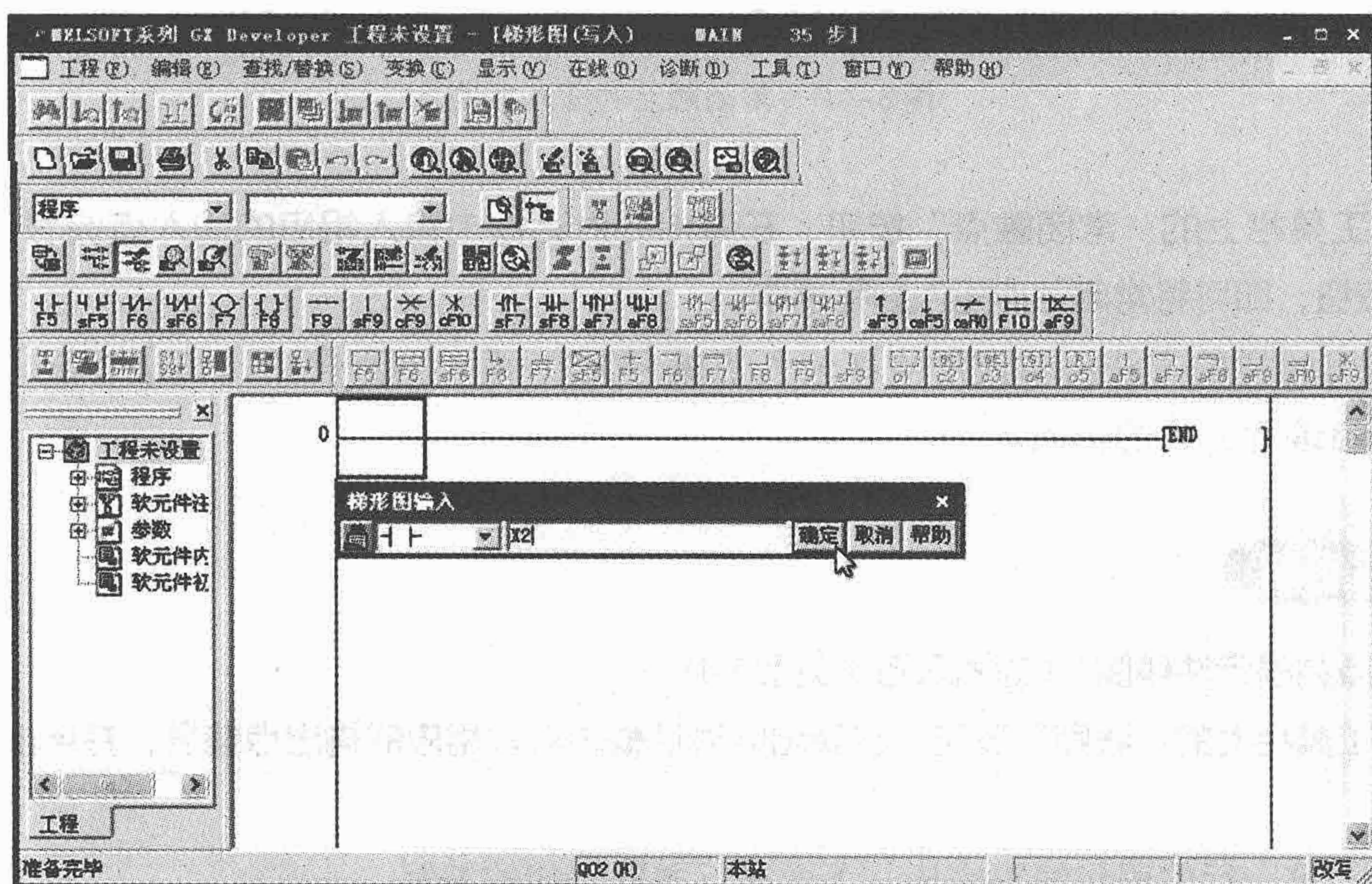
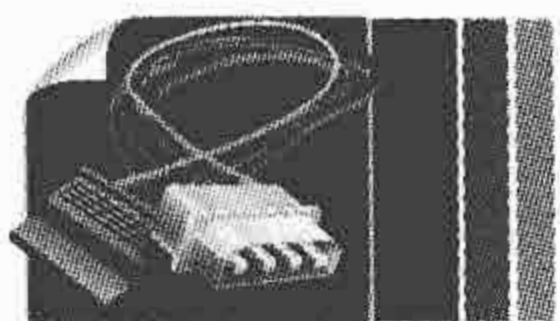


图3-17 在梯形图输入对话框内输入相应的编号

输入相应的输入点编号后，单击“确定”按钮，即可将该编程元件输入到工程内。接着，用同样的方法将串联的常闭触点插入到该程序中。



图解

常闭触点的插入方法见图3-18。

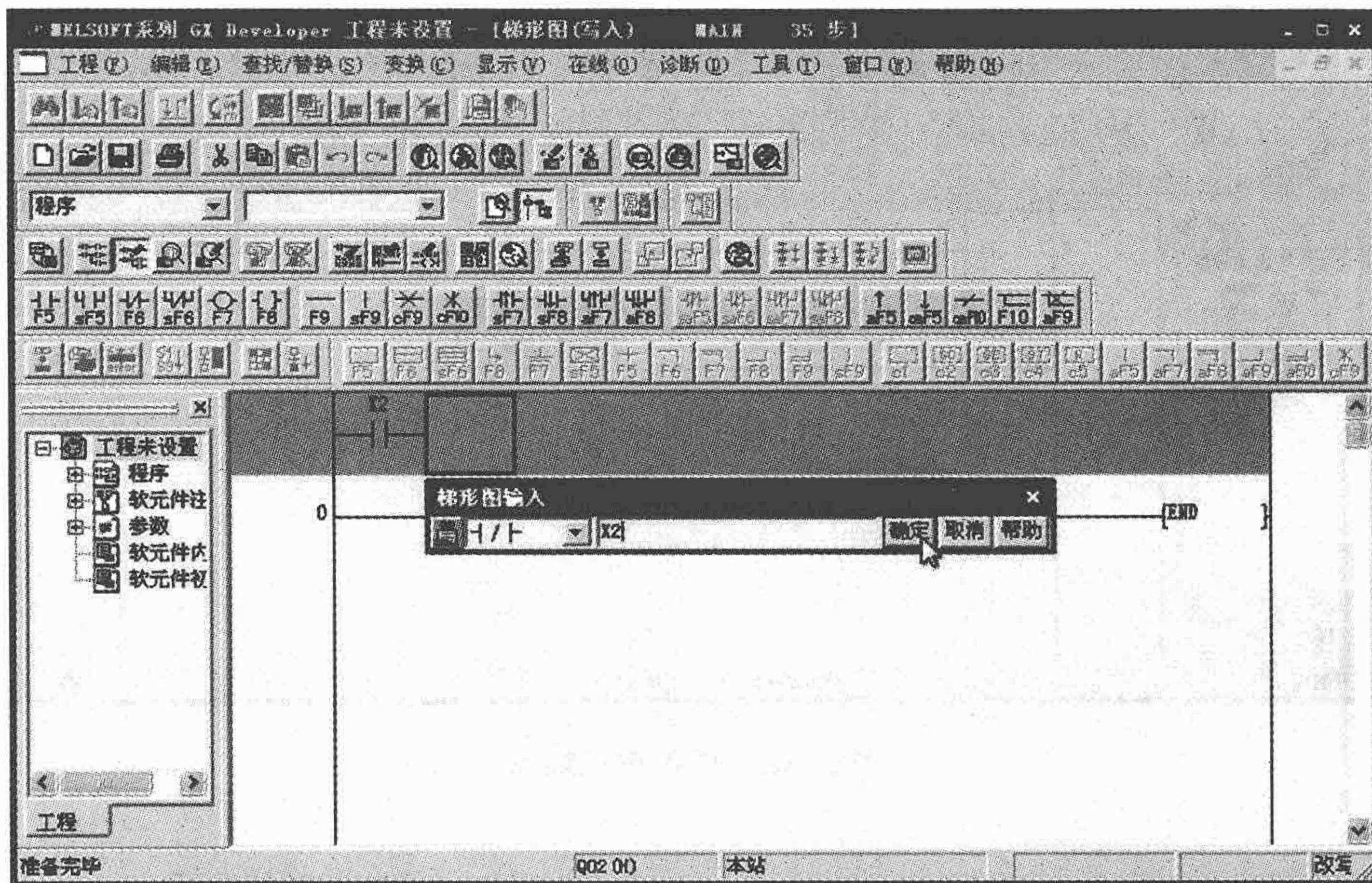


图3-18 常闭触点的插入方法

单击工具栏上的“常闭触点”按钮，在弹出的对话框中输入相应的输入点编号，并单击“确定”按钮，即可将常闭触点插入到程序中。

接着用同样的方法将常闭触点（输入点编号X5）插入到程序中，再进行继电器KM1线圈输出点编程元件的插入。



图解

输出点编程元件线圈Y1的插入方法见图3-19。

单击工具栏上的“线圈”按钮，在弹出的对话框内输入相应的输出点编号，并单击“确定”按钮即可。

至此，第一行的语句编写完毕，下面进行并联语句的编写。



图解

接触器KM1常开触点编程元件的插入见图3-20。

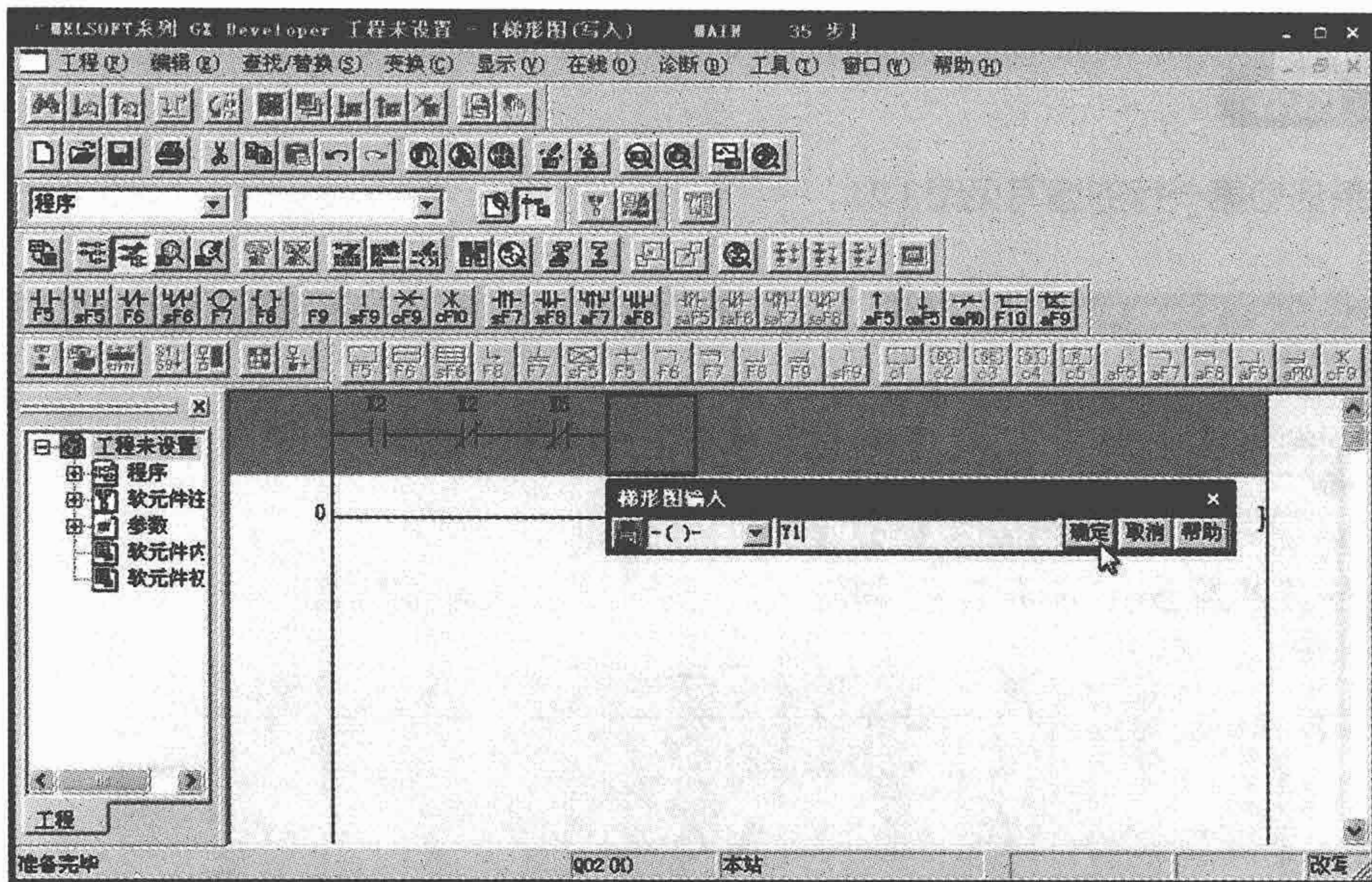


图3-19 输出点编程元件线圈Y1的插入方法

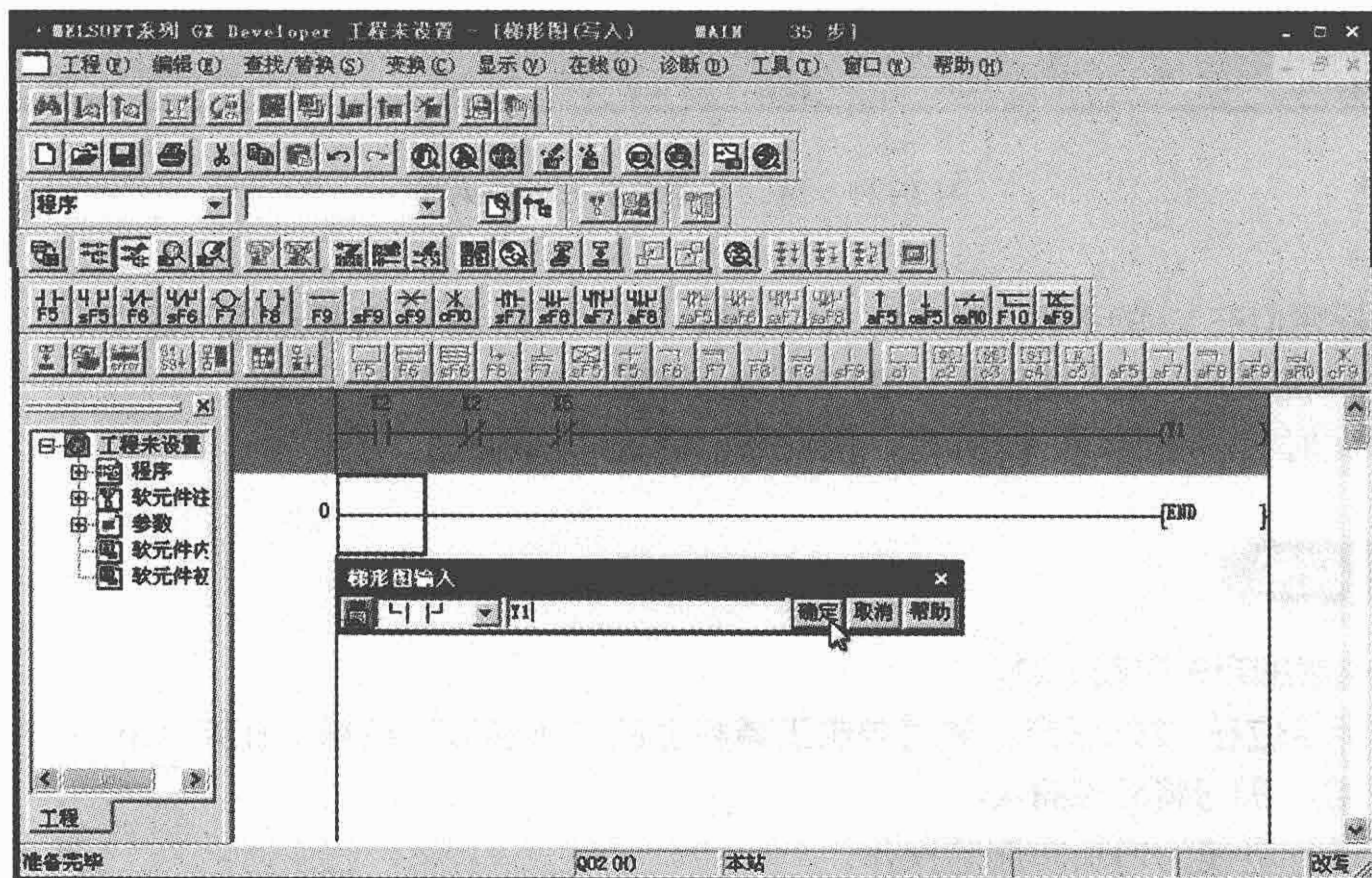
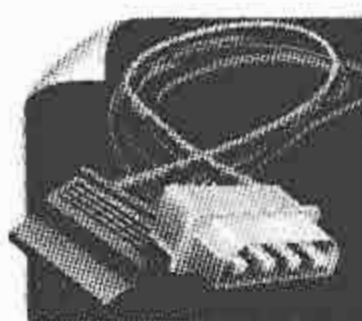


图3-20 接触器KM1常开触点编程元件的插入

将光标定位到输入点地址编号X1的下方，单击工具栏上的“并联常开触点”按钮，在弹出的对话框内输入接触器KM1的编号（Y1）后，单击“确定”按钮，将并联的编程元件插入。

用上述方法将接触器KM2的常开触点（编号为Y2）插入后，即完成该段语句的编写，下面对第二条语句进行编写。



图解

第二条语句第一行的编写见图3-21。

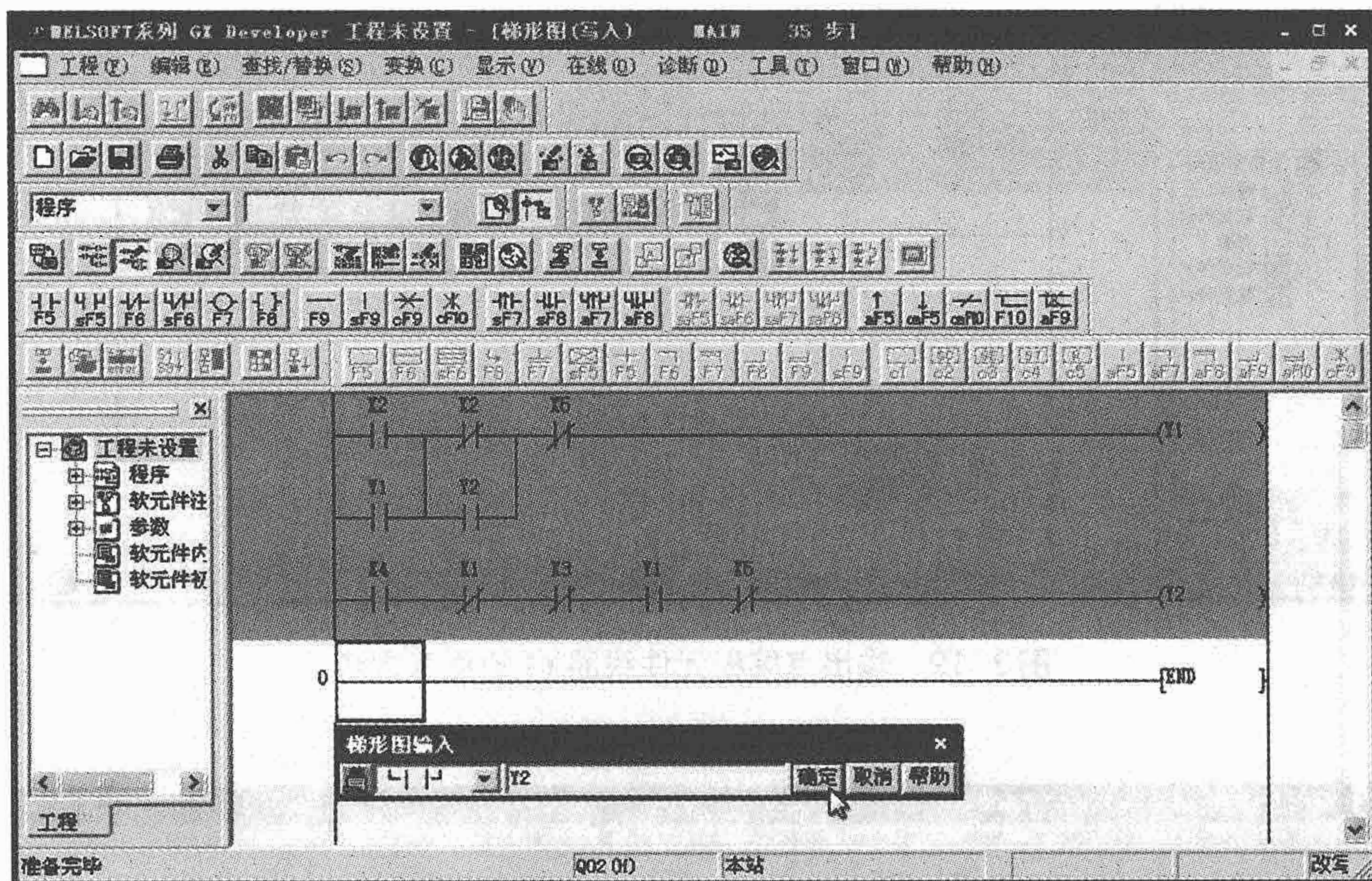


图3-21 第二条语句第一行的编写

将光标定位在Y1的下方，将X4、X1、X3、Y1、X5以及Y2等相继写入程序中，然后将光标定位在X4的下方，插入继电器Y2的常开触点编号，单击“确定”按钮。

由于此时程序为X4和Y2并联，因此还需将X1并联进去。



图解

插入横线的方法见图3-22。

将光标定位在Y2的后方，然后单击工具栏上的“画横线”按钮，在弹出的对话框中单击“确定”按钮，即可将横线插入。

下面进行竖线的增加和删除操作。



图解

插入竖线的方法见图3-23。

将光标定位在X3上，然后单击工具栏中的“画竖线”按钮，在弹出的对话框中单击“确定”按钮，即可将竖线插入。

此时，在流程图中多了一条竖线，应将其删除。

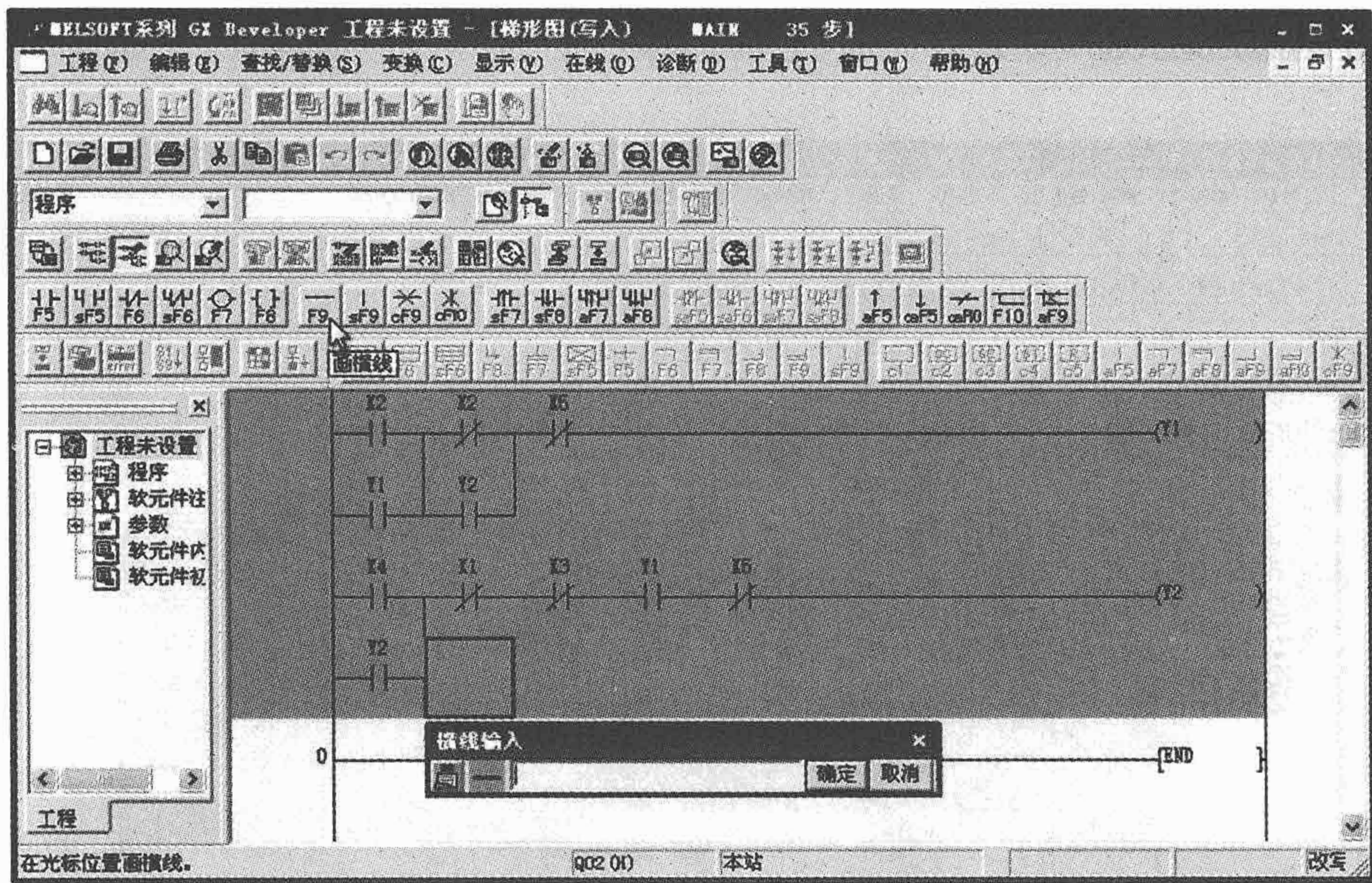
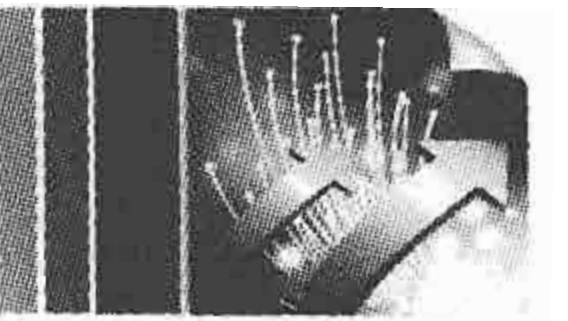


图3-22 插入横线的方法

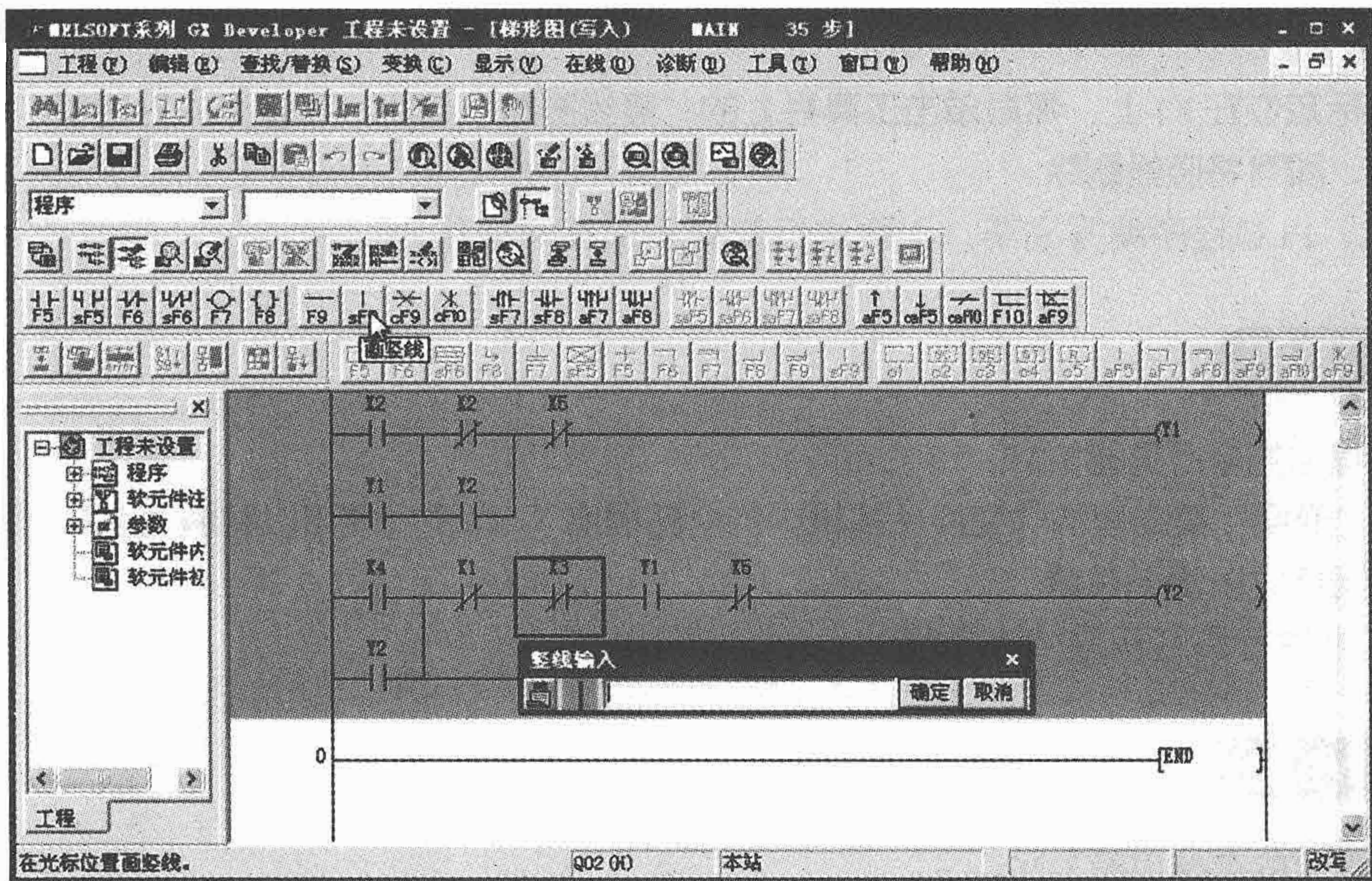


图3-23 插入竖线的方法



图解

竖线的删除方法见图3-24。

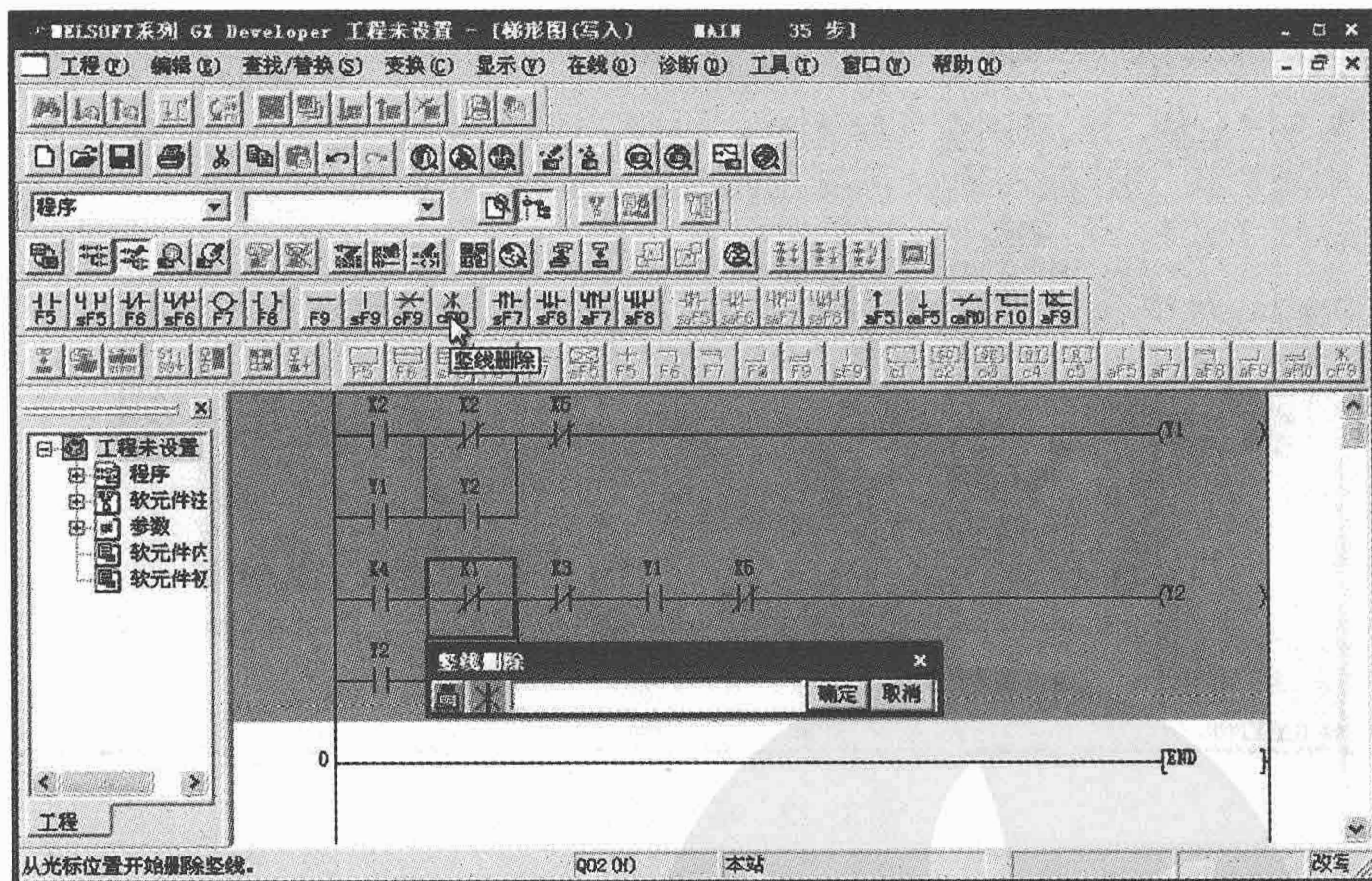


图3-24 竖线的删除方法

将光标定位在X1上，然后单击工具栏上的“竖线删除”按钮，在弹出的对话框中单击“确定”按钮，即可将竖线删除。

至此，PLC程序编写完毕，下面进行变换和保存等操作。



图解

编写程序的变换见图3-25。

执行“变换”菜单里的“变换（编辑中的全部程序）”命令，便可以将编写完成后的语句全部转换为程序，以便于存储。

接下来进行编写程序的存储操作。



图解

编写程序的存储见图3-26。

执行“文件”菜单里的“保存工程”命令，即可弹出“另存工程为”对话框，选择相应的路径，输入相应的工程名后，单击“保存”按钮即可。

单击“保存”按钮后，便可以弹出是否新建工程的对话框。

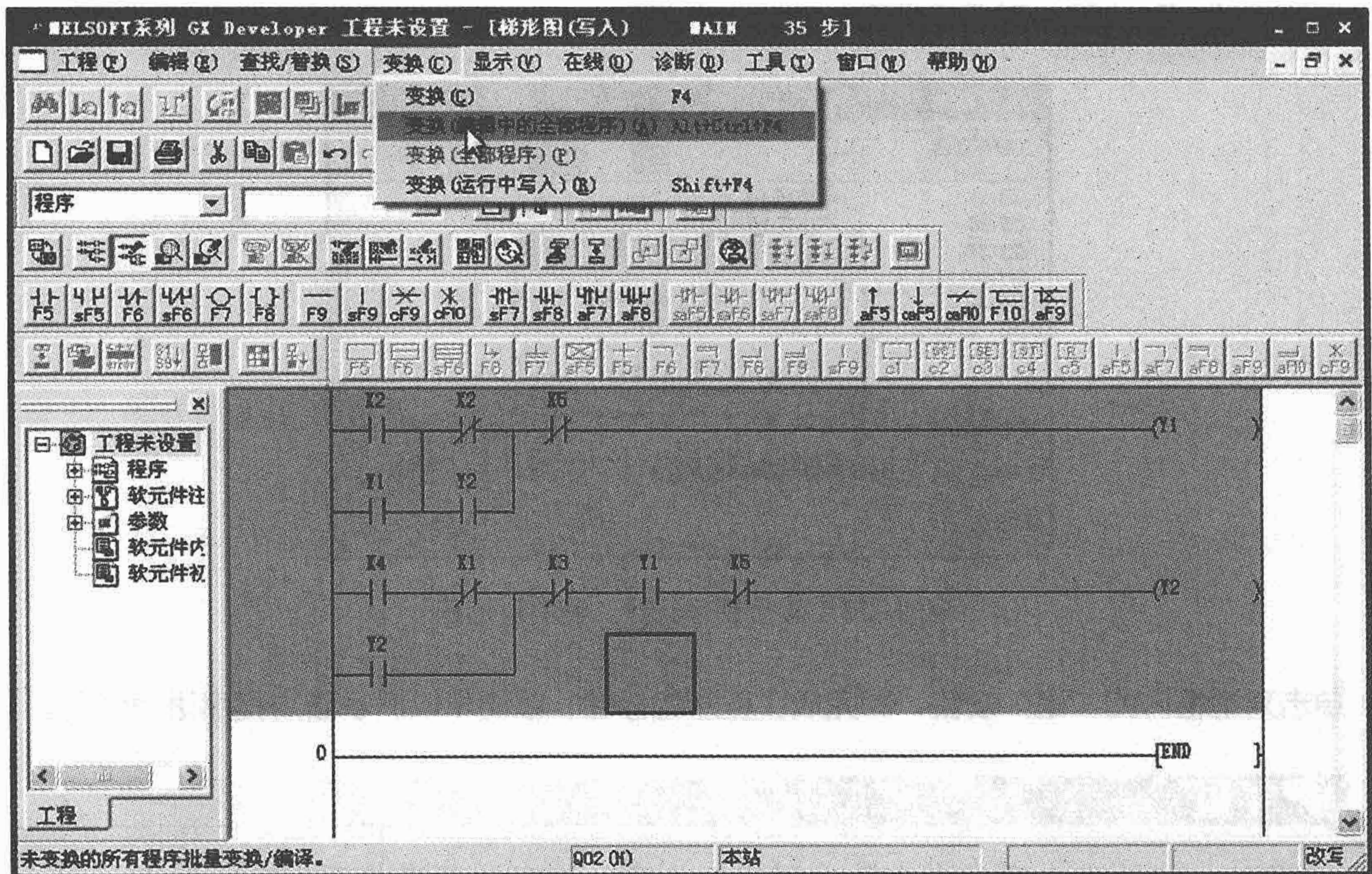
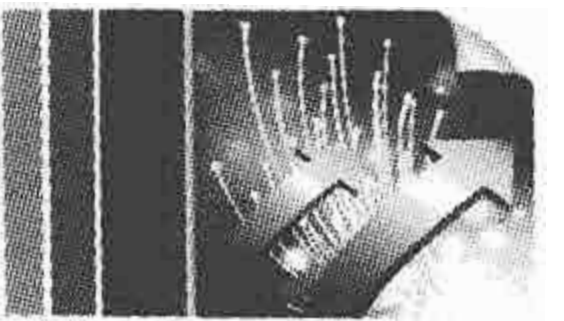


图 3-25 编写程序的变换

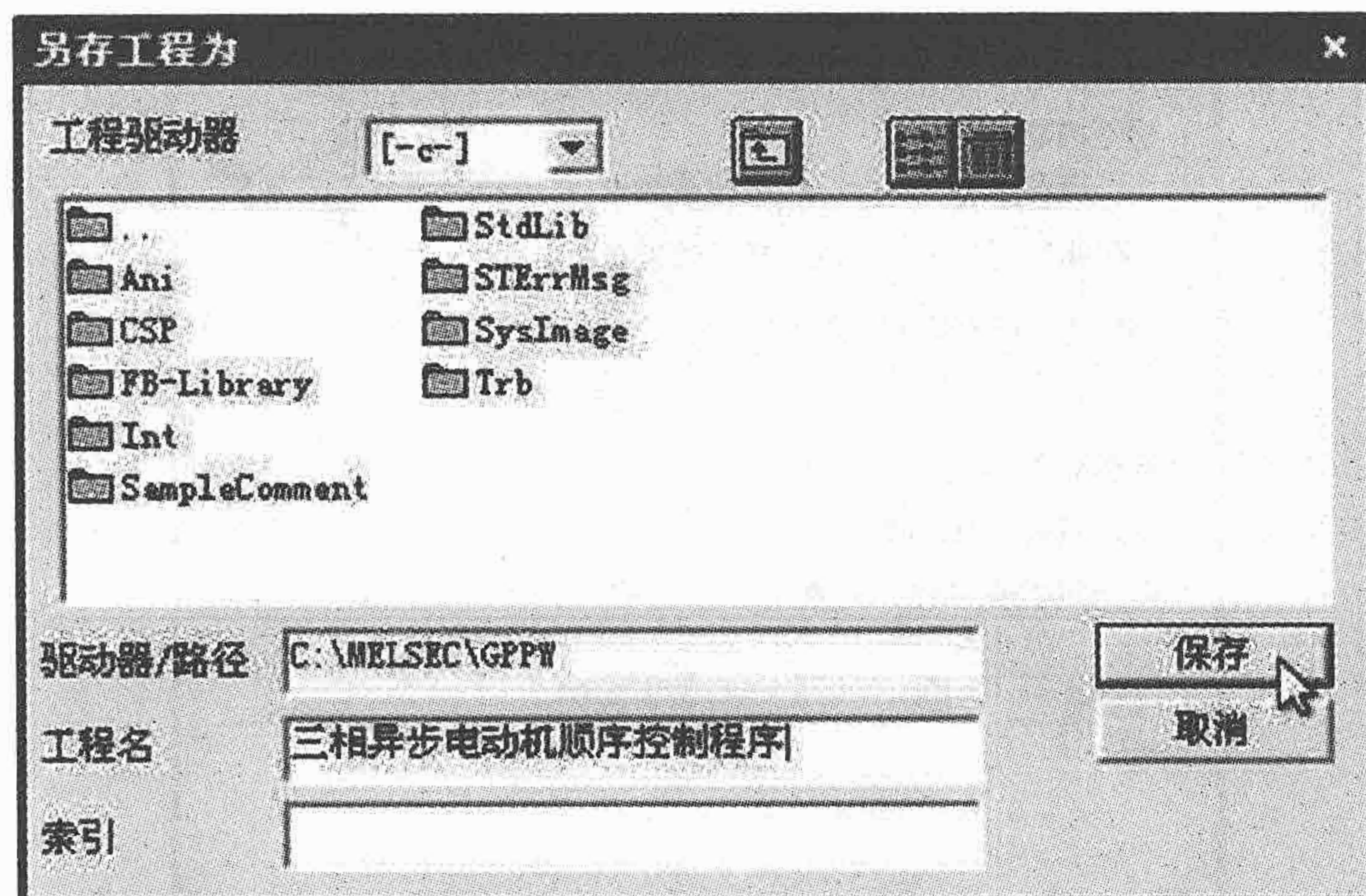


图 3-26 编写程序的存储



弹出是否新建工程的对话框见图3-27。

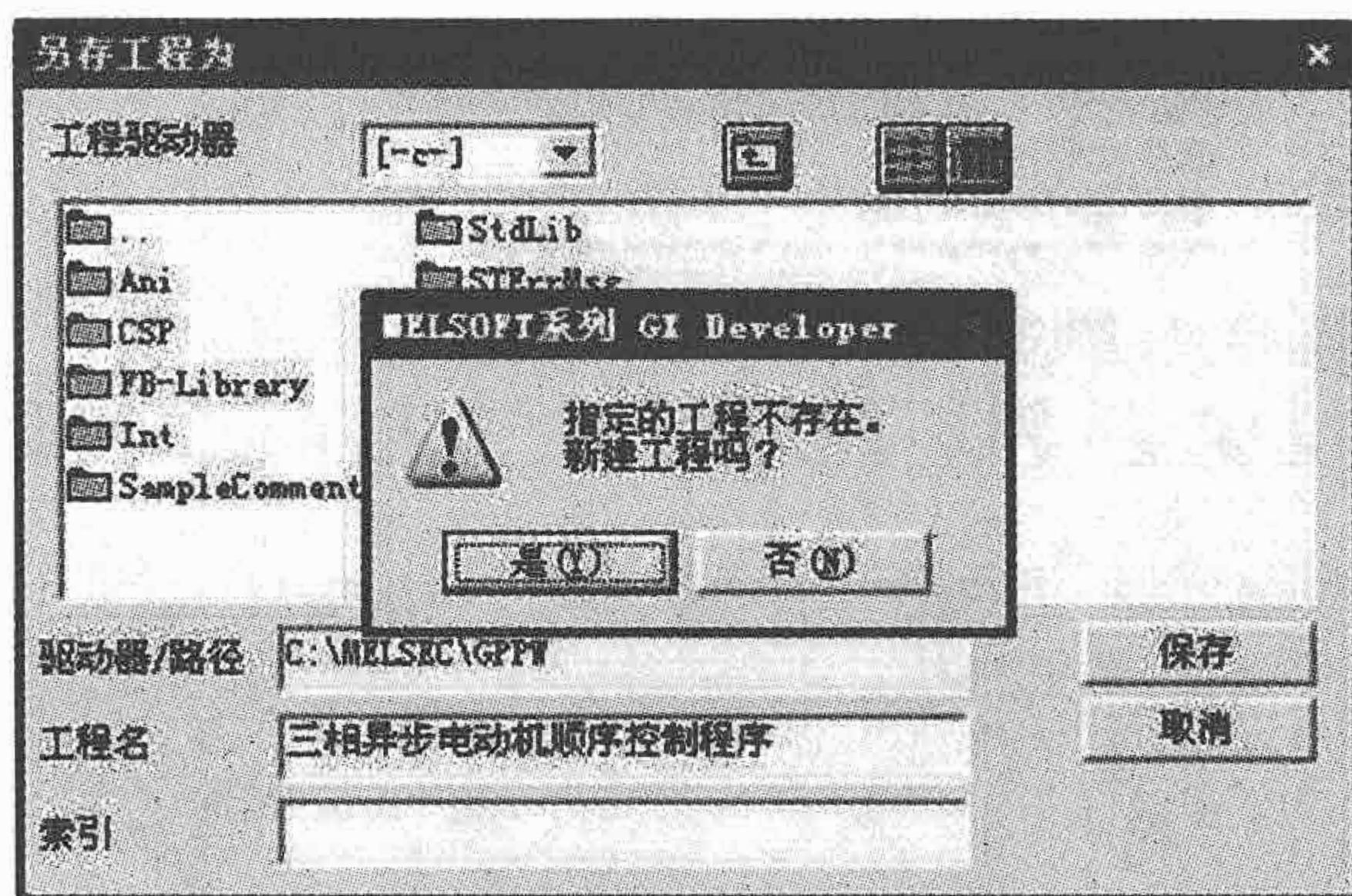


图3-27 弹出是否新建工程的对话框

单击对话框内的“是”按钮，即完成了程序的存储，以便于以后重新对程序进行调用。

扩展

此外，该软件内还带有自动检测PLC设备及编写的程序是否正确的功能，执行“工具”菜单下的“程序检查”命令，便可以弹出“程序检查”对话框，选择相应的选项，单击“执行”按钮，如图3-28所示。若程序编写正确，在下面的对话框中会出现“没有错误”的提示。

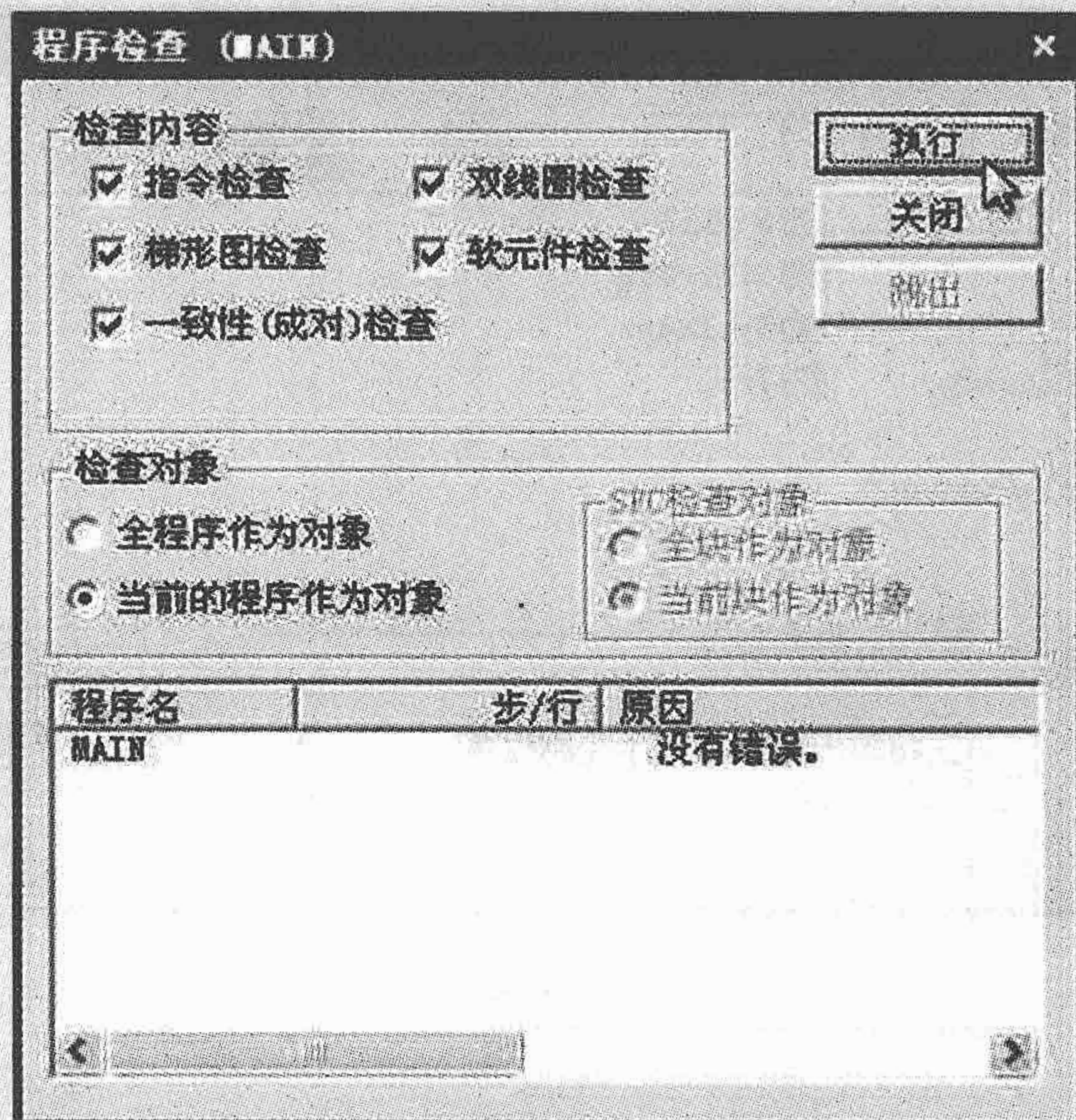


图3-28 “程序检查”对话框



图解

将编写的程序写入PLC（见图3-29）。

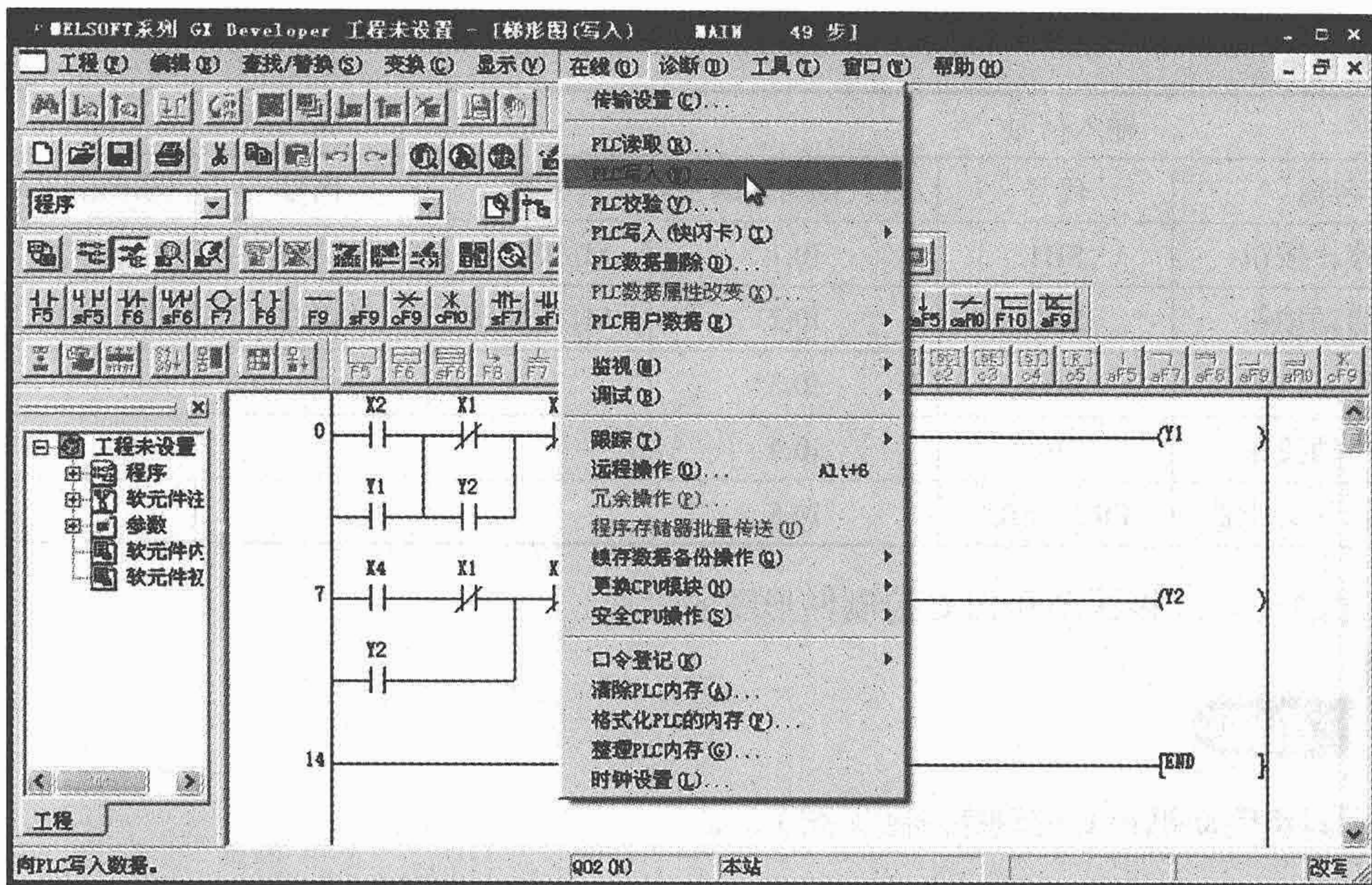


图3-29 将编写的程序写入PLC

执行“在线”菜单下的“PLC写入”命令，即可将编写的程序写入PLC中。

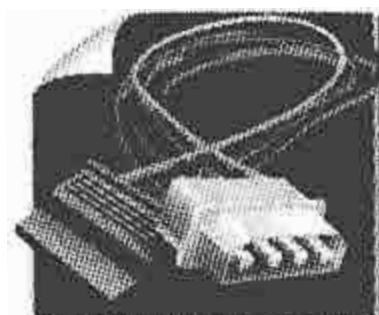


扩展

若PLC连接不正确，则会弹出对话框如图3-30所示。主要有以下原因：通信超时、电缆异常、PLC电源关闭或在复位状态以及USB线路故障，需对这些部位进行检查。



图3-30 出现错误后的对话框



(2) 使用西门子PLC编程软件的设计方法

使用西门子PLC编程软件（S7-200型PLC）进行编程时，首先要确定控制I/O接口的分配关系，并对输入点和输出点进行编号，三相异步电动机顺序控制电路的I/O接口分配见表3-2。

表3-2 三相异步电动机顺序控制电路的I/O接口分配表

输入信号			输出信号		
名称	代号	输入点地址编号	名称	代号	输出点地址编号
M ₁ 停止按钮	SB1	I0.1	M ₁ 接触器	KM1	Q0.1
M ₁ 启动按钮	SB2	I0.2	M ₂ 接触器	KM2	Q0.2
M ₂ 停止按钮	SB3	I0.3			
M ₂ 启动按钮	SB4	I0.4			
M ₁ 、M ₂ 热继电器	FR1、FR2	I0.5			

下面进行PLC接线图和PLC控制梯形图的设计。



三相异步电动机PLC控制梯形图见图3-31。

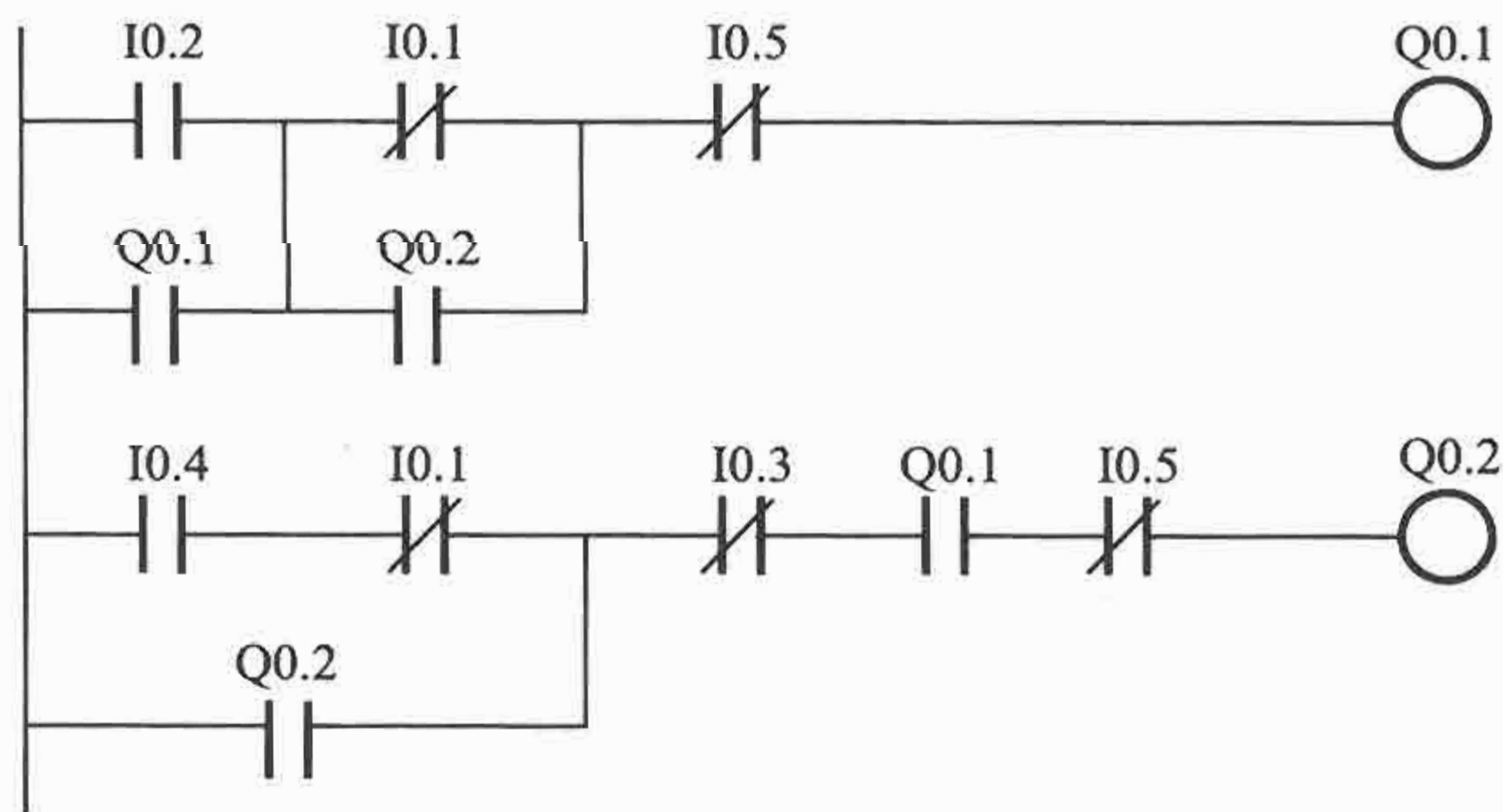


图3-31 三相异步电动机PLC控制梯形图

设计完毕梯形图后，根据所设计的梯形图，使用相应的西门子PLC编程软件进行编写。下面用STEP 7 V5.4编程软件来进行程序的编写。打开该软件后，若第一次使用，则应使用软件自带的“新建项目”向导功能新建一个工程，然后再插入新的对象。



插入新对象的方法见图3-32。

在界面的空白处单击鼠标右键，在弹出的选项中选择“插入新对象”里的“S7程序”命令，新建一个程序。

所有编写的程序都需在新建的程序内进行。

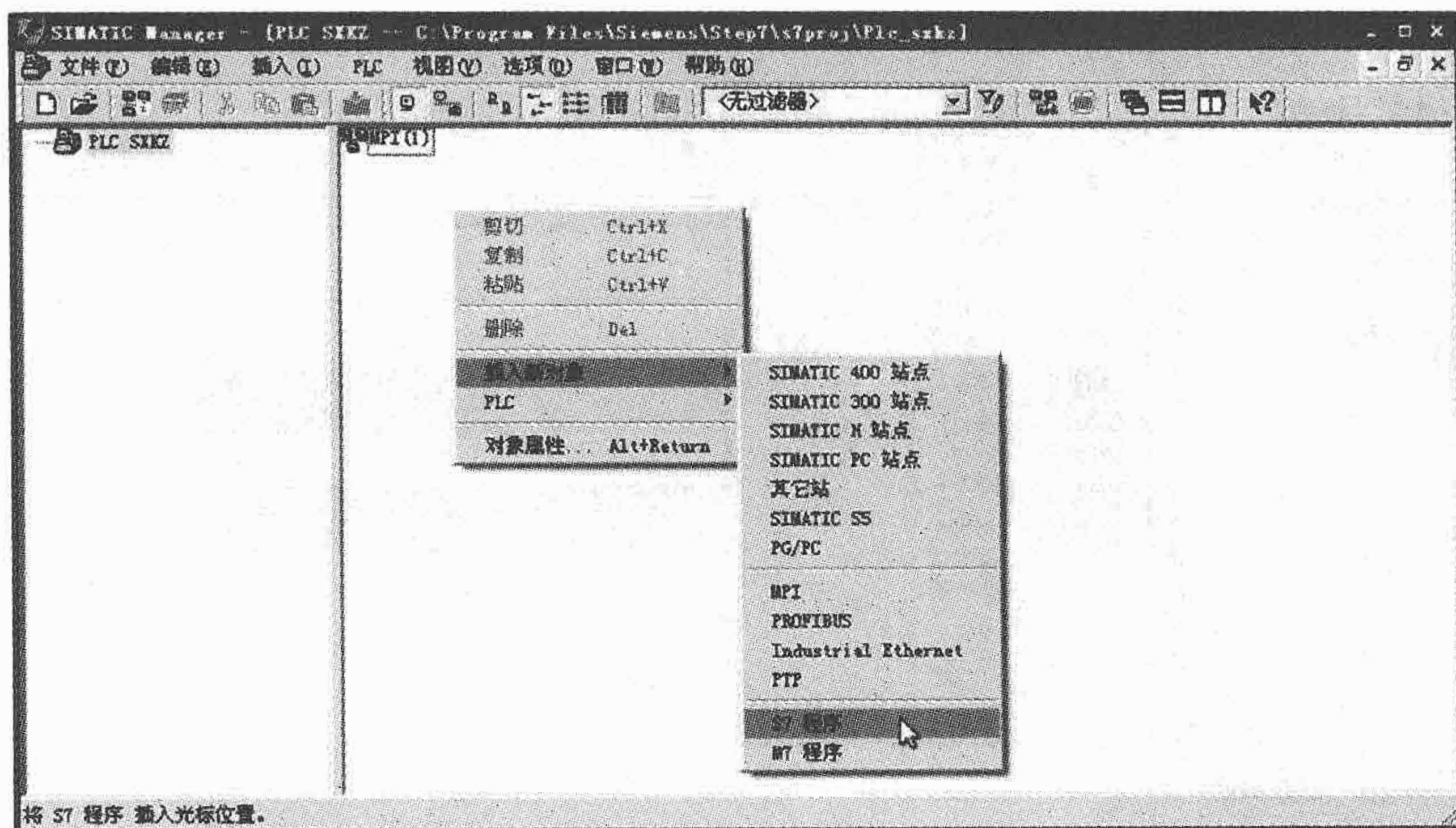
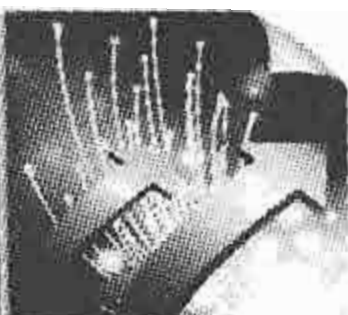


图 3-32 插入新对象的方法



图解

打开程序中相应的块见图 3-33。

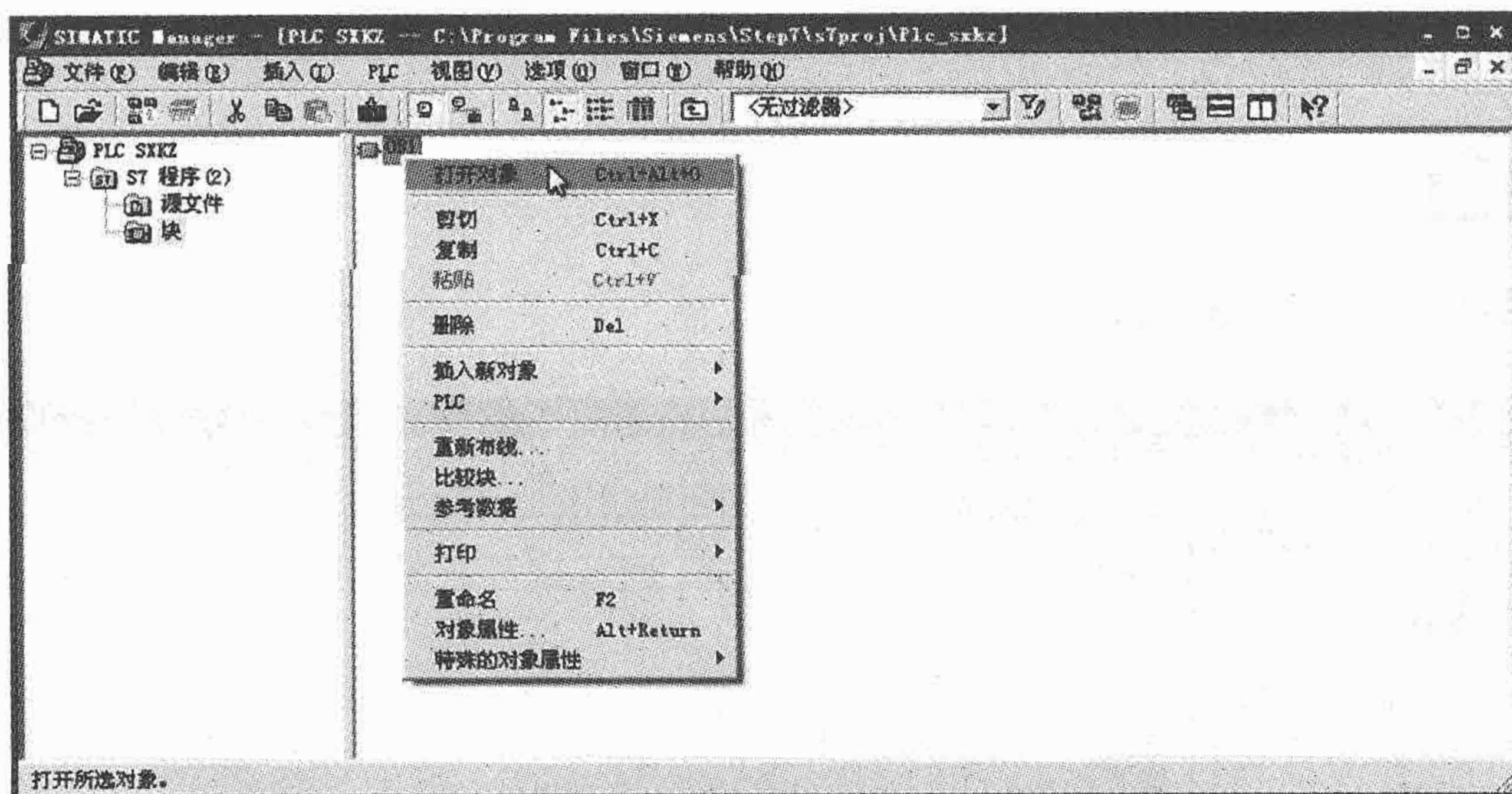


图 3-33 打开程序中相应的块

选中块中的 DB1, 然后单击鼠标右键, 选择“打开对象”命令, 即可在该对象中进行程序的编写。

此外, 通过双击鼠标, 也可以打开对象, 打开对象后, 就可以进行视图的选择, 该编程软件既可使用梯形图, 也可使用指令语句进行程序的编写。



图解

选择视图为梯形图见图 3-34。

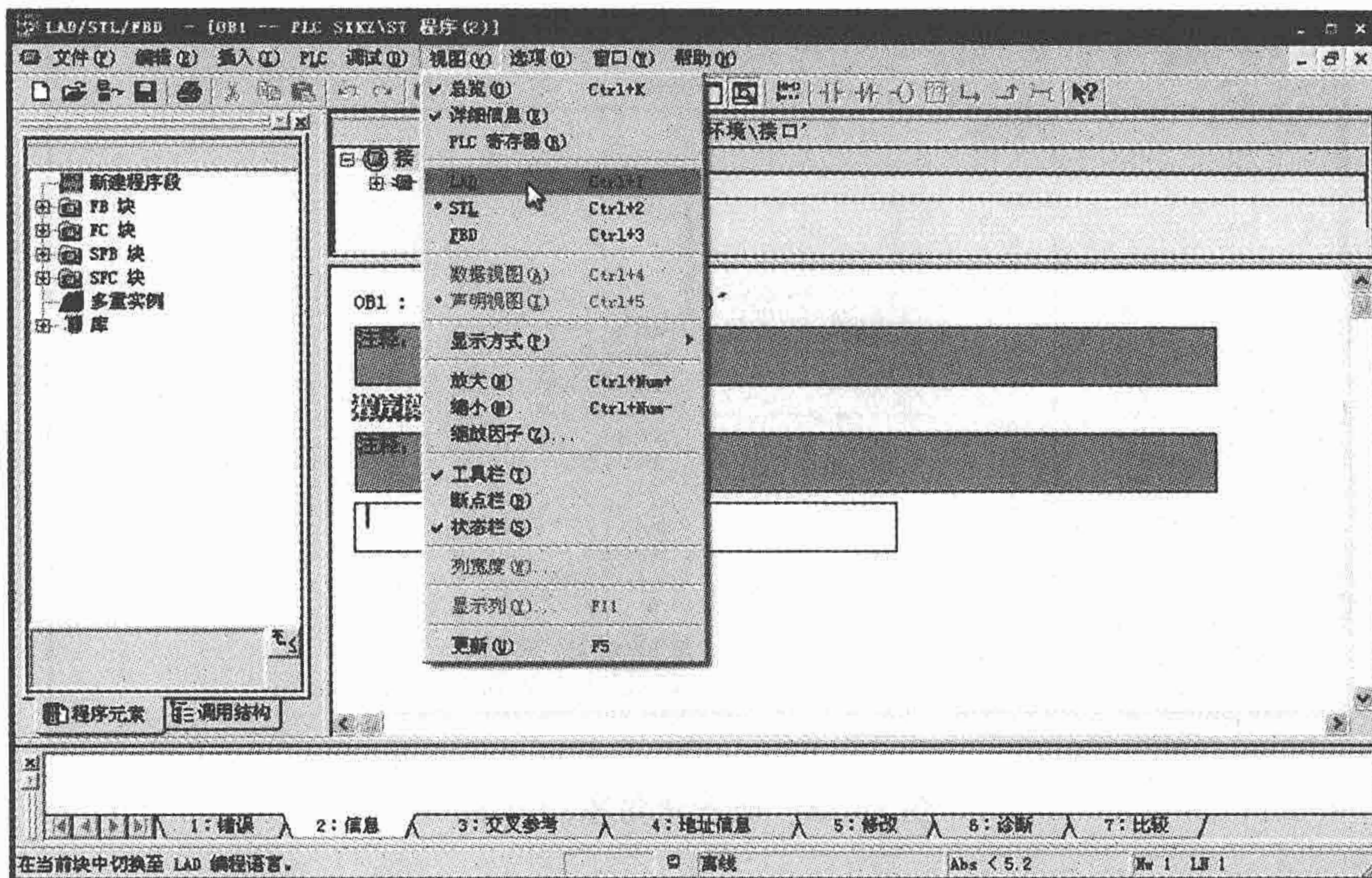
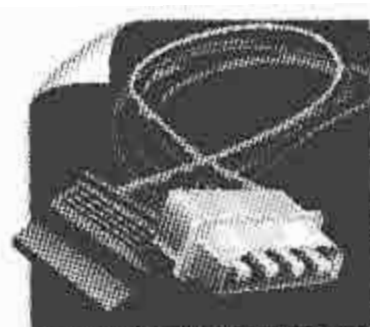


图3-34 选择视图为梯形图

在打开的界面中，选择“视图”菜单下的“LAD”命令，即可使用梯形图模式进行程序的编写。

由于STEP 7 V5.4编程软件为分段式编程模式，其默认的程序段为“程序段1”。



打开位逻辑中的子目录见图3-35。

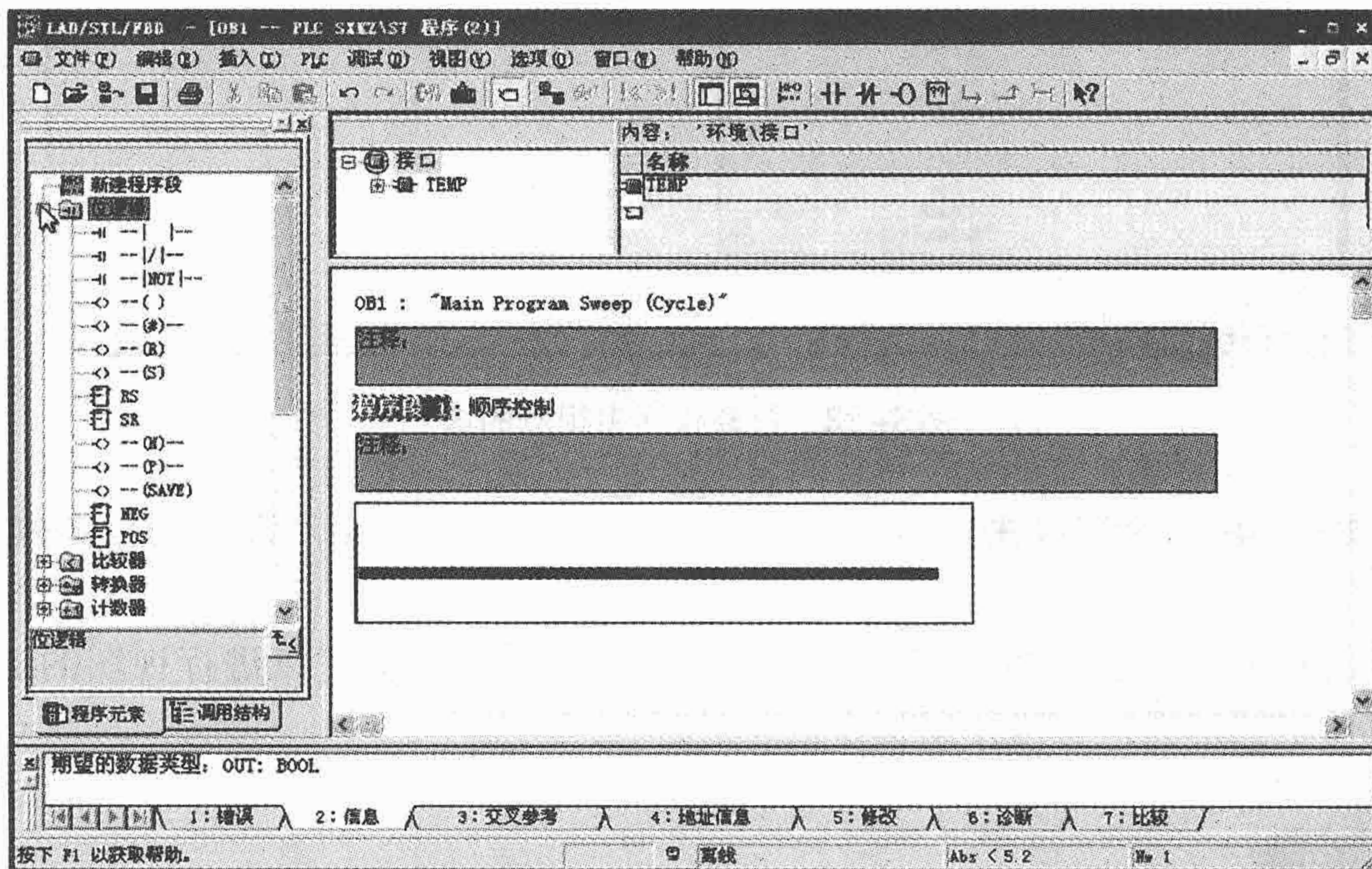
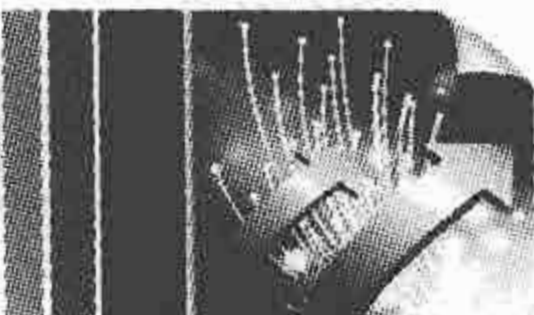


图3-35 打开位逻辑中的子目录



点击界面左侧位逻辑的“+”号，即可将子目录打开，里面有各种程序元件的图标，通过双击图标便可将相应的程序元件插入到语句中。

然后为程序段进行命名，在此命名为“顺序控制”，若有相应的注释，则注释语句可以写在“注释：”框中。下面带有母线的部分即可进行程序的编写。



图解

插入程序元件I0.2见图3-36。

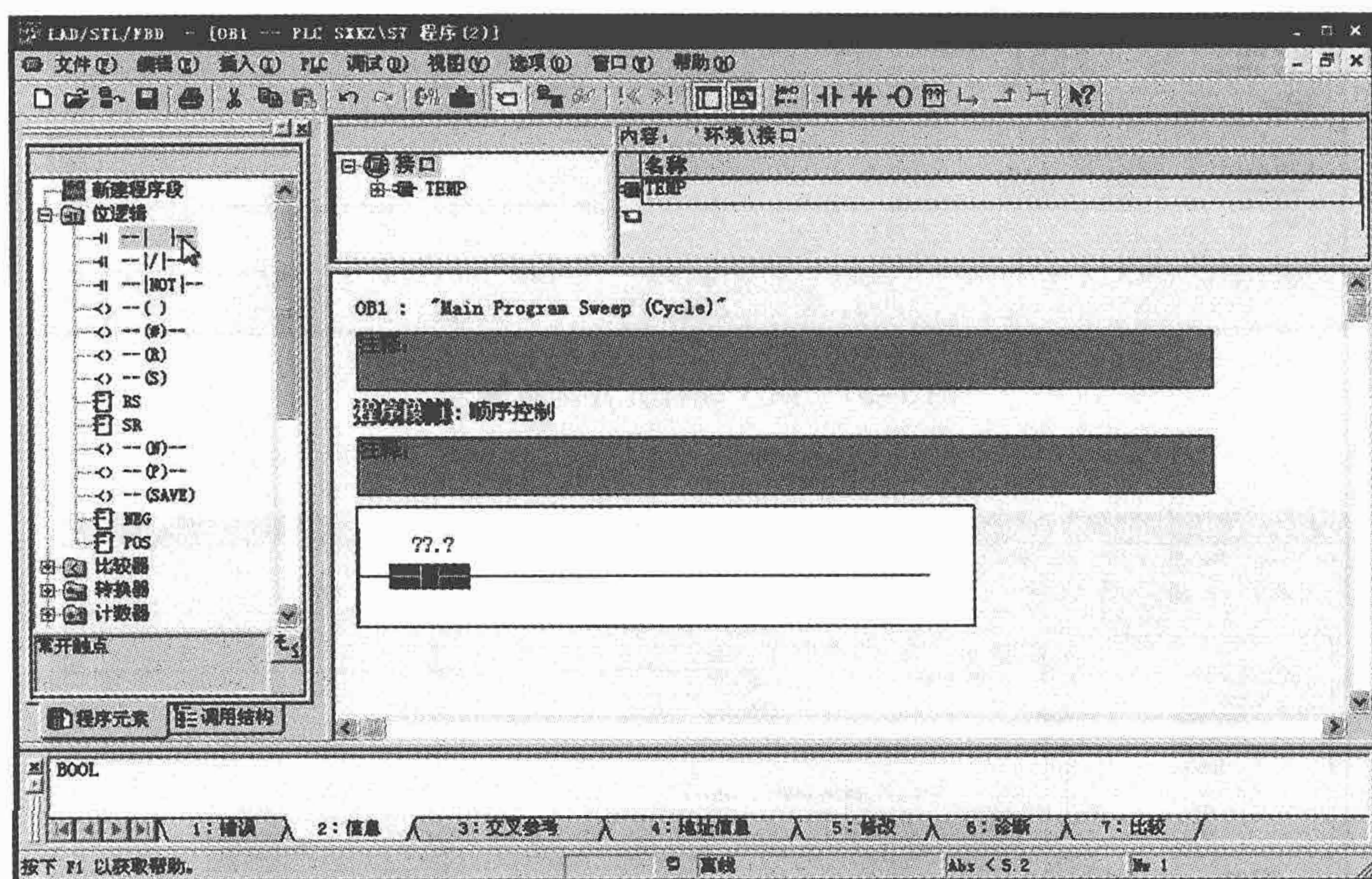
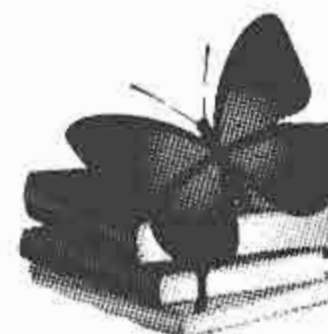


图3-36 插入程序元件I0.2

将光标定位在横线上，然后双击位逻辑子目录上的“常开触点”，即可将相应的编程元件插入到程序中。

插入后在该编程元件的上方会显示“??.”字符，该处可以插入相应的输入点地址编号。

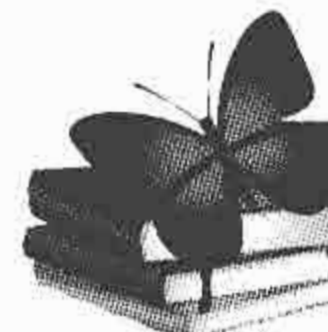


图解

赋予编程元件地址编号见图3-37。

用鼠标左键单击“??.”字符，然后输入该编程元件的地址编号“I0.2”即可。

然后用同样的方法将该行中的其他编程元件一一插入到程序中。



图解

并联编程元件的插入见图3-38。

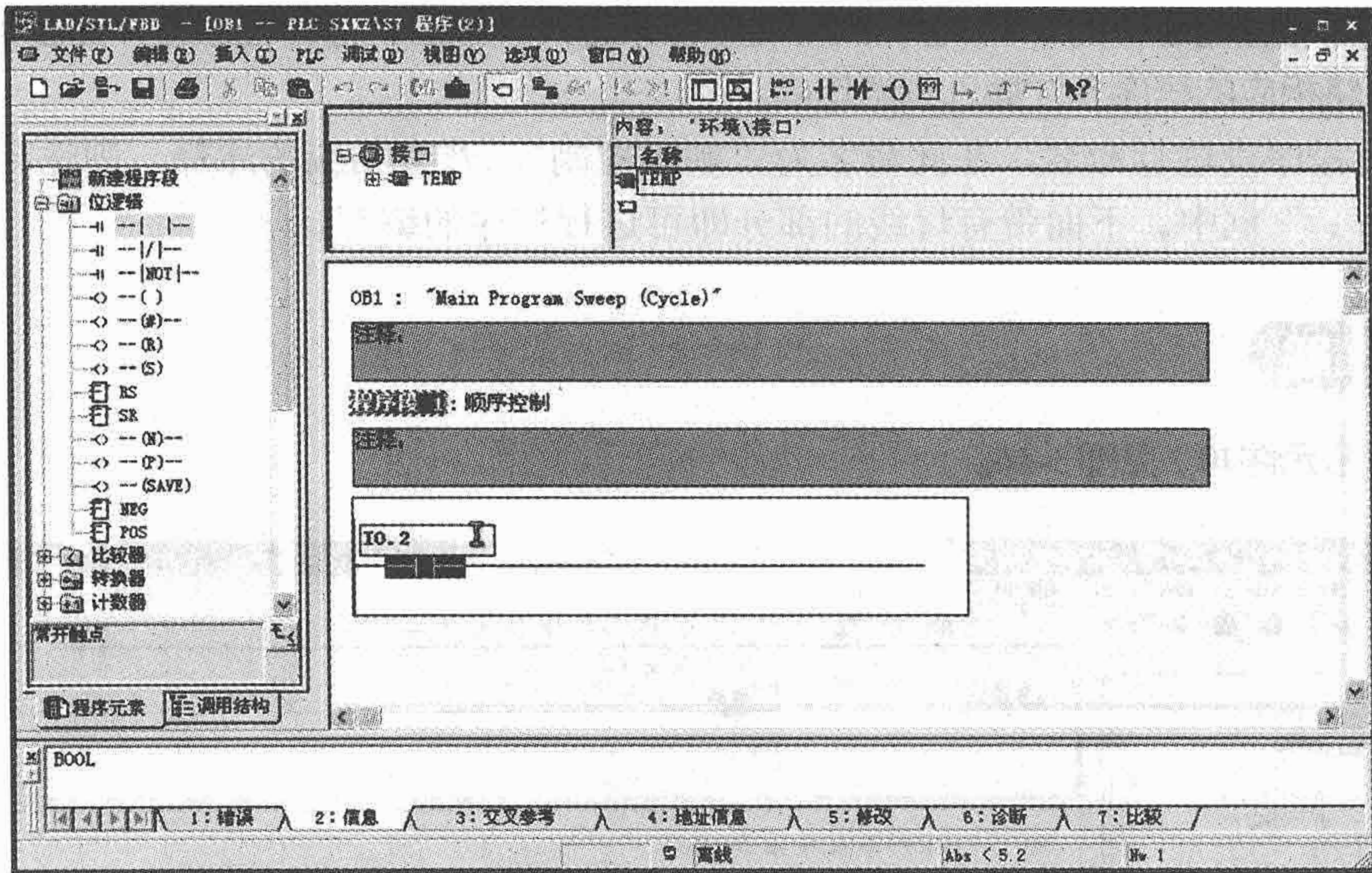


图 3-37 赋予编程元件地址编号

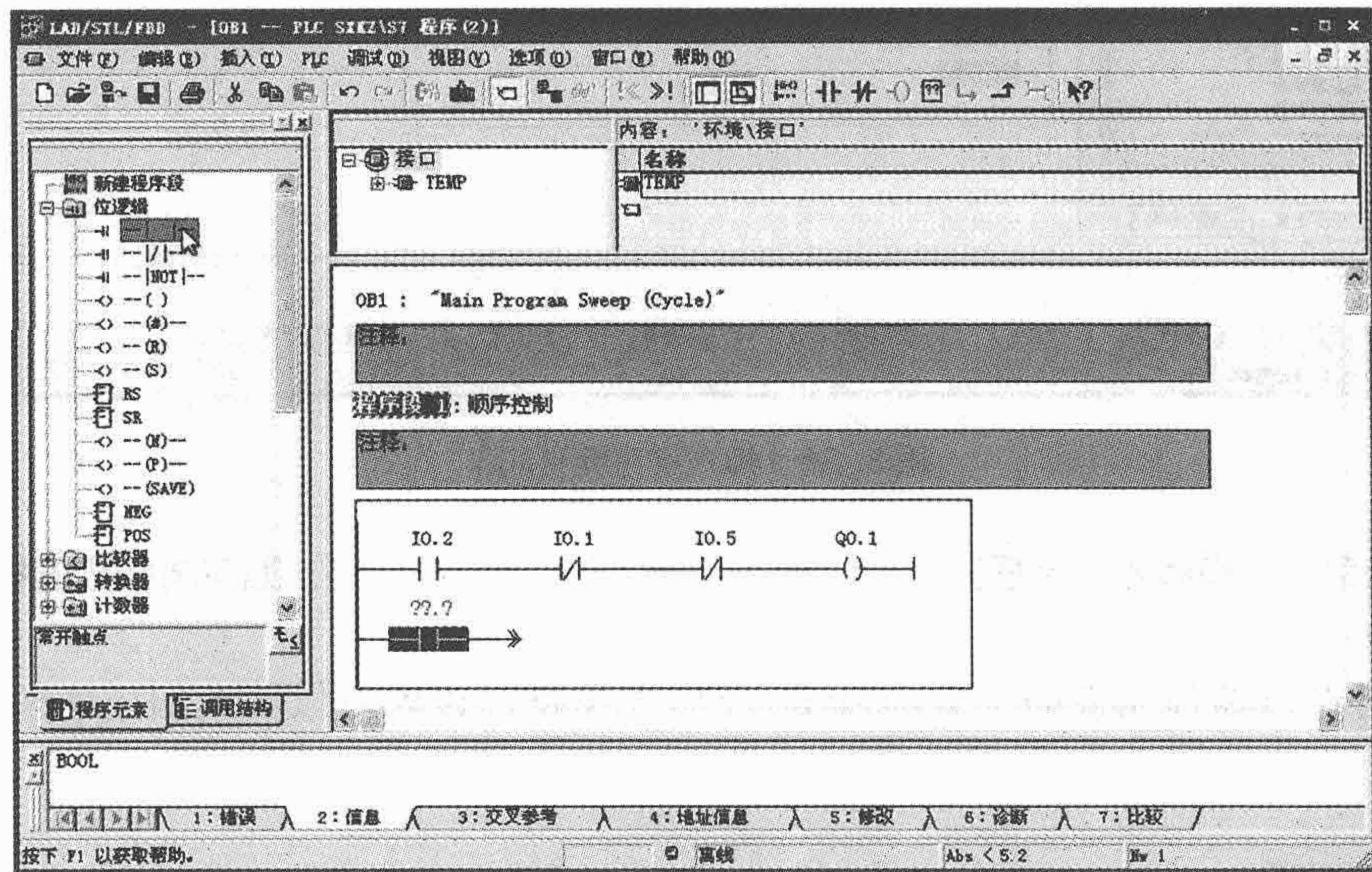


图 3-38 并联编程元件的插入

将光标定位到母线上，然后双击位逻辑子目录上的“常开触点”，并输入相应的地址编号。接下来，进行并联编程元件的闭合操作。



图解

并联编程元件的闭合操作见图 3-39。

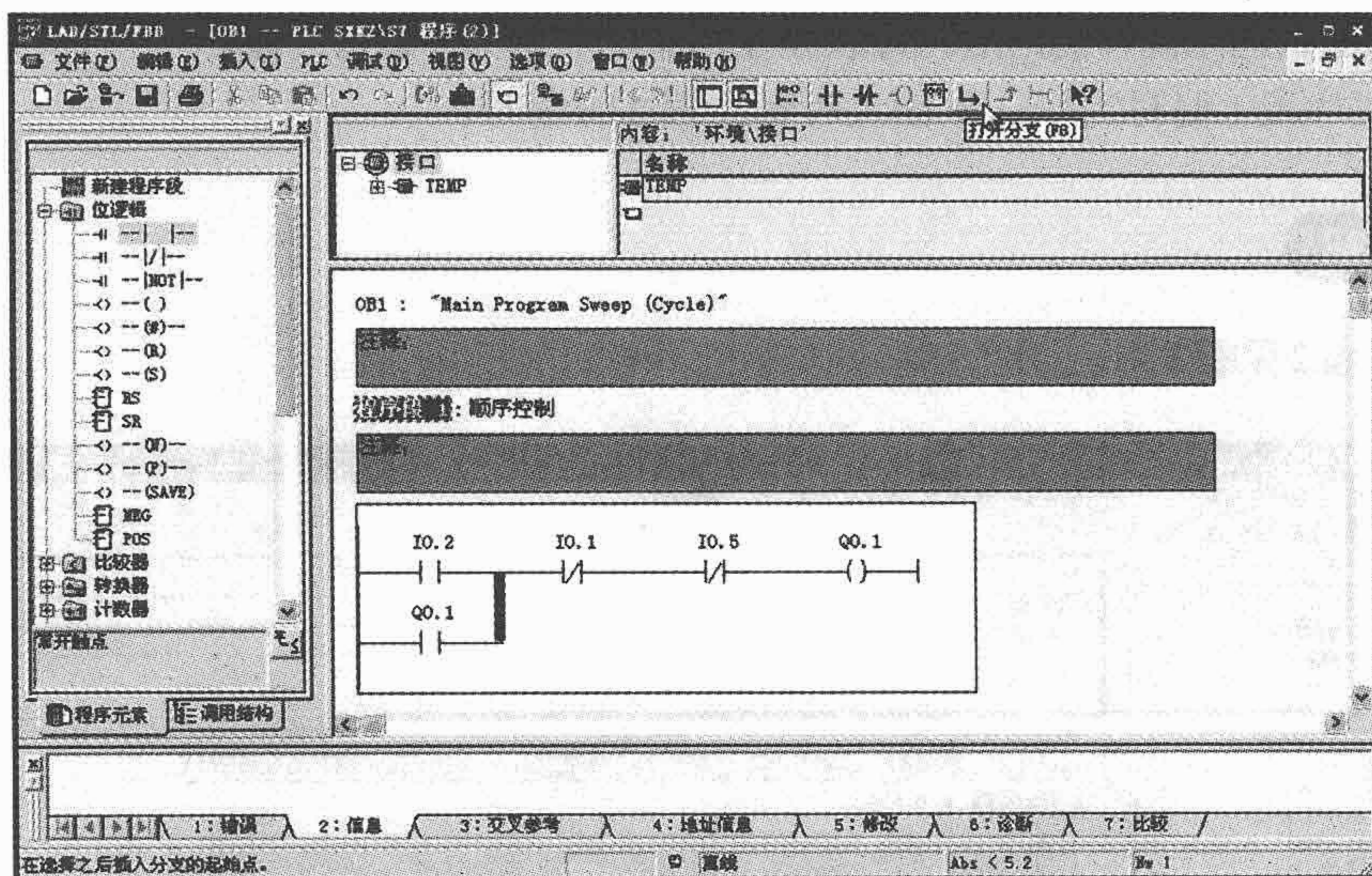
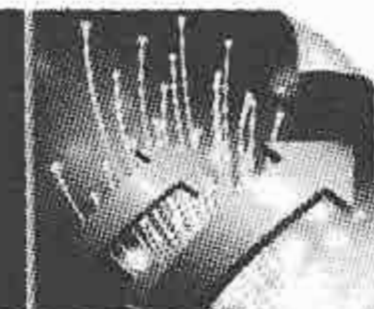


图3-39 并联编程元件的闭合操作

将光标定位在“—>”上，然后单击工具栏上的“关闭分支”按钮，即可将Q0.1与IO.2进行并联。

接下来进行并联元件Q0.2的并联操作。



并联元件Q0.2的并联操作见图3-40。

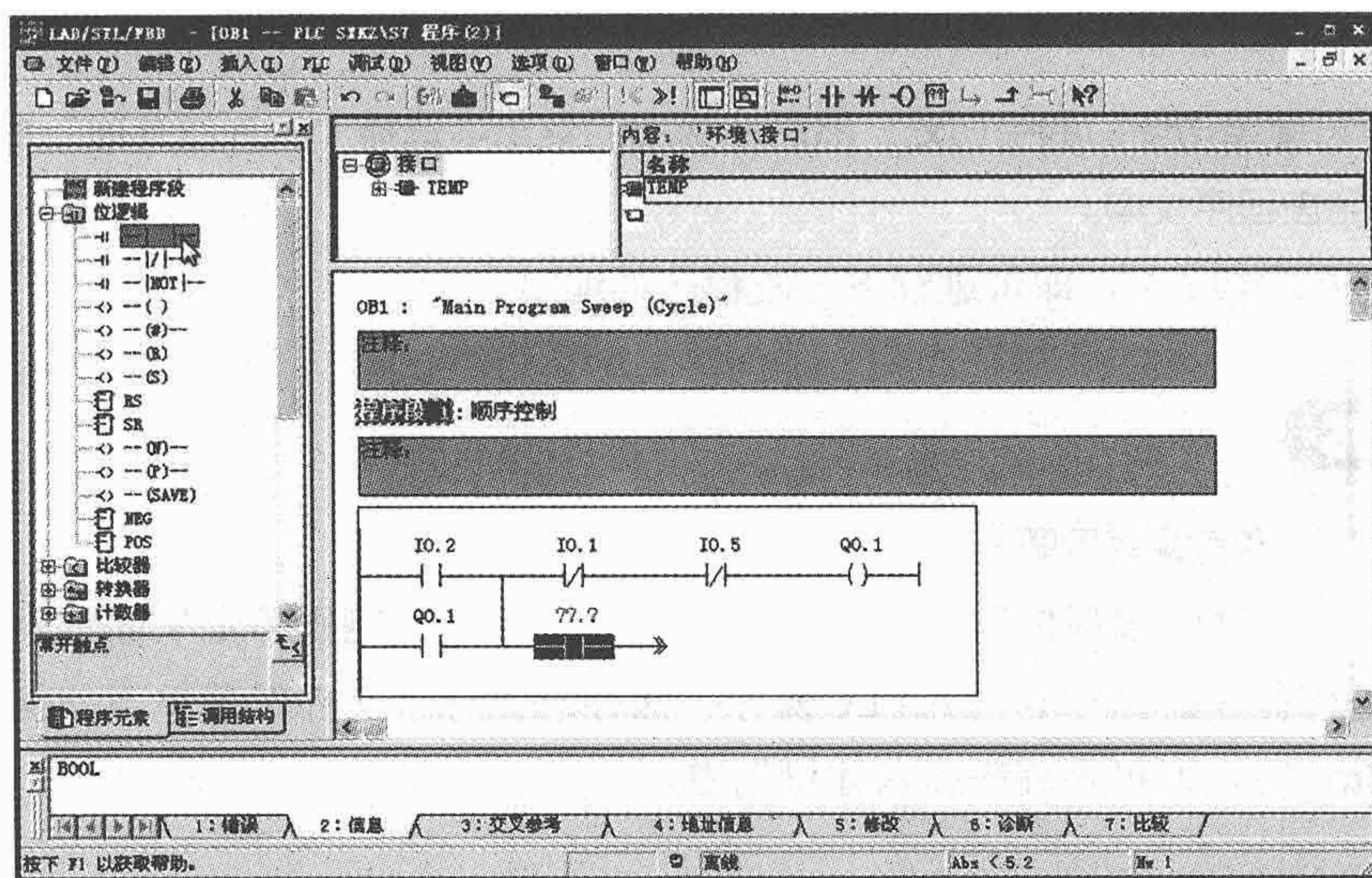


图3-40 并联元件Q0.2的并联操作

将光标定位在编程元件Q0.1右边的竖线上，鼠标左键双击位逻辑子目录中的“常闭触点”，



插入编程元件后，再用同样的方法将并联编程元件Q0.2与I0.1进行并联。

至此，程序段1编写完毕，下面进行程序段2的编写。



图解

新建程序段2见图3-41。

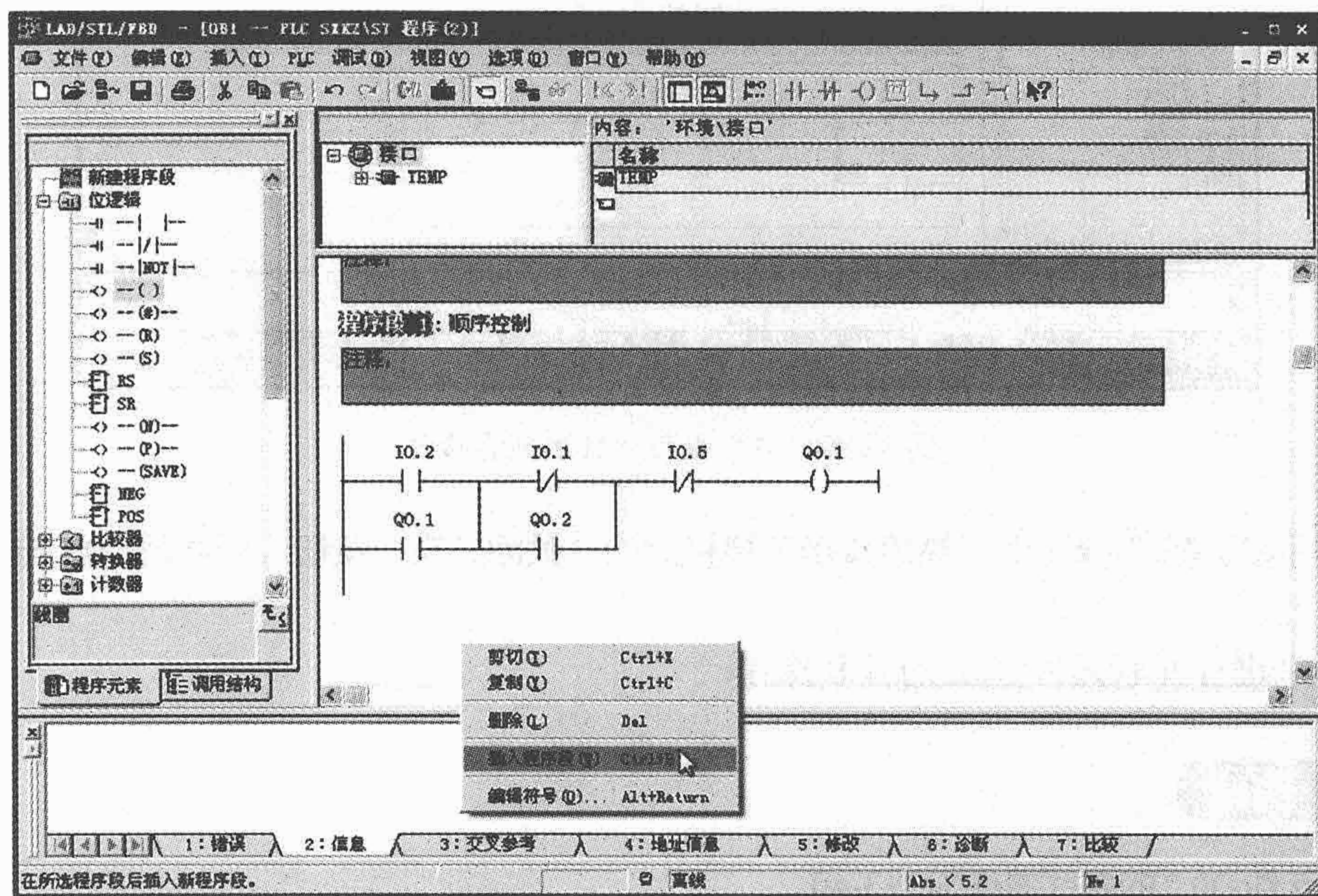


图3-41 新建程序段2

使用鼠标右键单击窗口的空白处，然后在弹出的菜单中选择“插入程序段”命令，即可将程序段2插入到该程序块中。

在新建的程序段2中，即可进行下一段程序的编写。



图解

程序段2中程序的编写见图3-42。

将程序段2命名为“顺序控制2”，然后用同样的方法将相应的程序元件插入到程序中即可。

接下来进行程序的保存和写入PLC操作。保存时执行“文件”菜单下的保存命令，或用快捷键“Ctrl+S”，即可将程序存入计算机中。



图解

将程序下载到PLC中见图3-43。

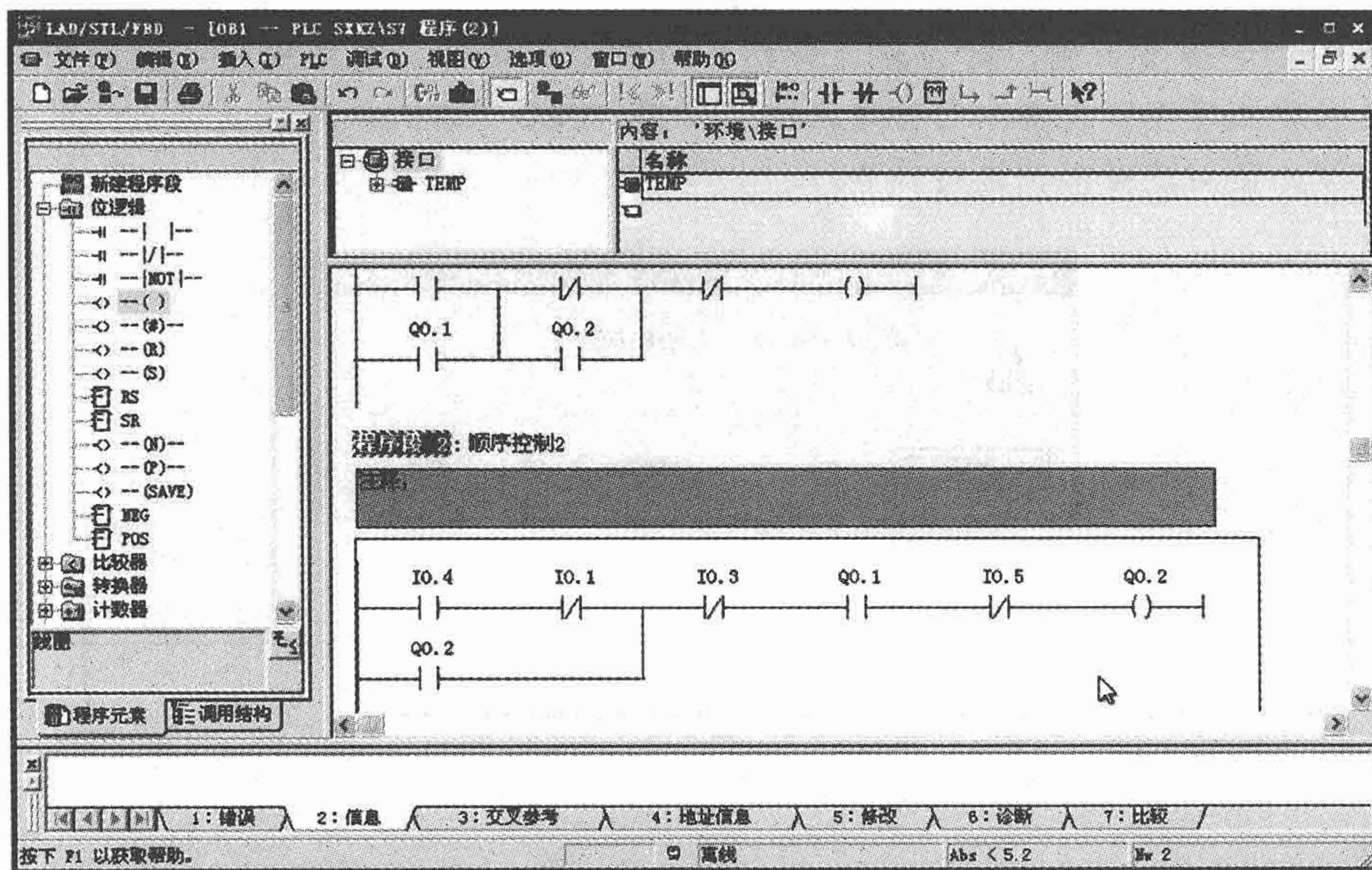


图 3-42 程序段 2 中程序的编写

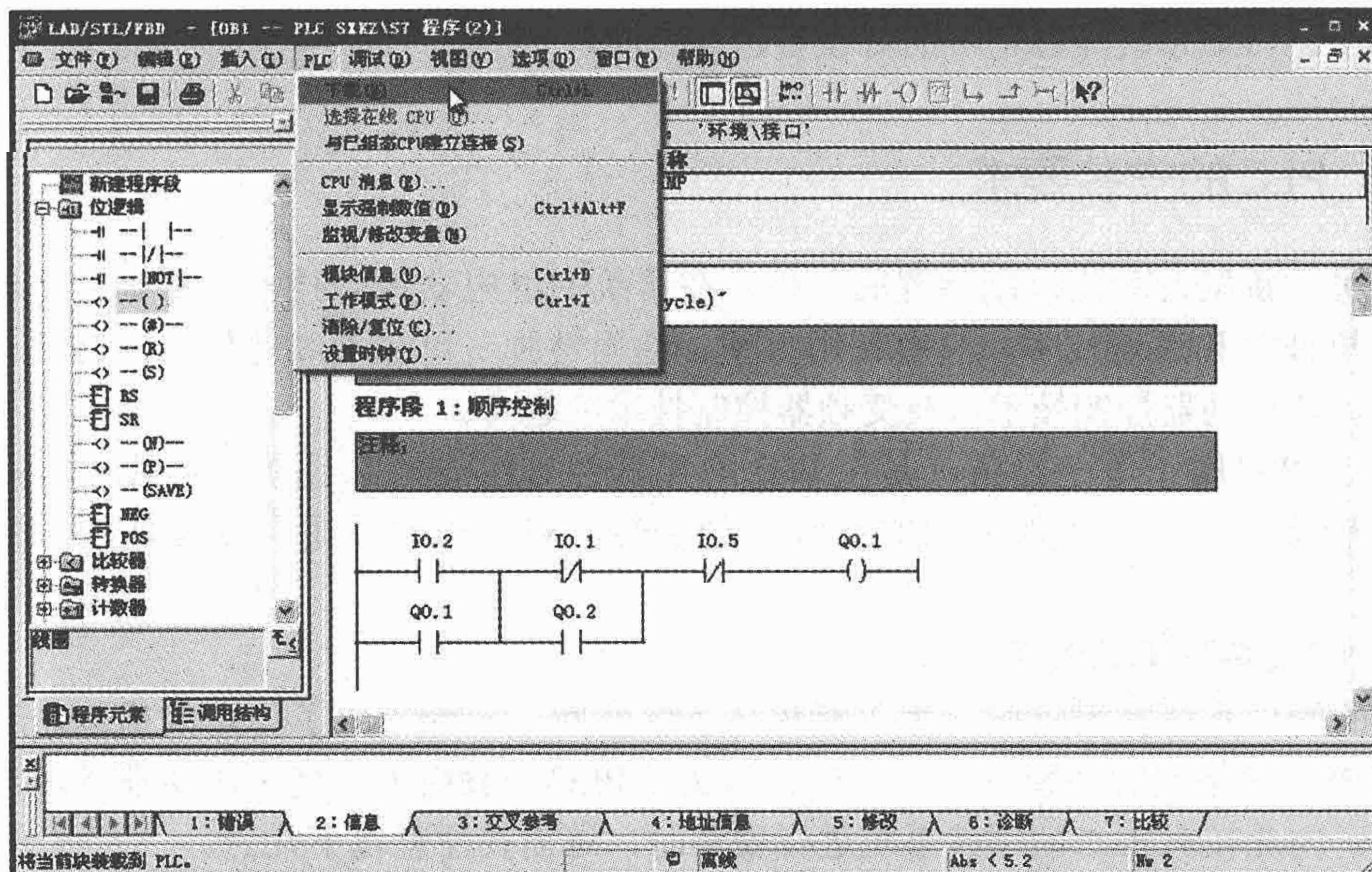


图 3-43 将程序下载到 PLC 中

在 PLC 设备与计算机连接正确的情况下，执行“PLC”菜单中的“下载”命令，即可将所编写的程序写入 PLC 中。



扩展

若PLC连接不正确,则会弹出如图3-44所示对话框,提示用户不能在PC/PG和PLC之间建立连接。主要原因有通信电缆异常、PLC电源关闭或在复位状态以及USB线路故障,需对这些部位进行检查。

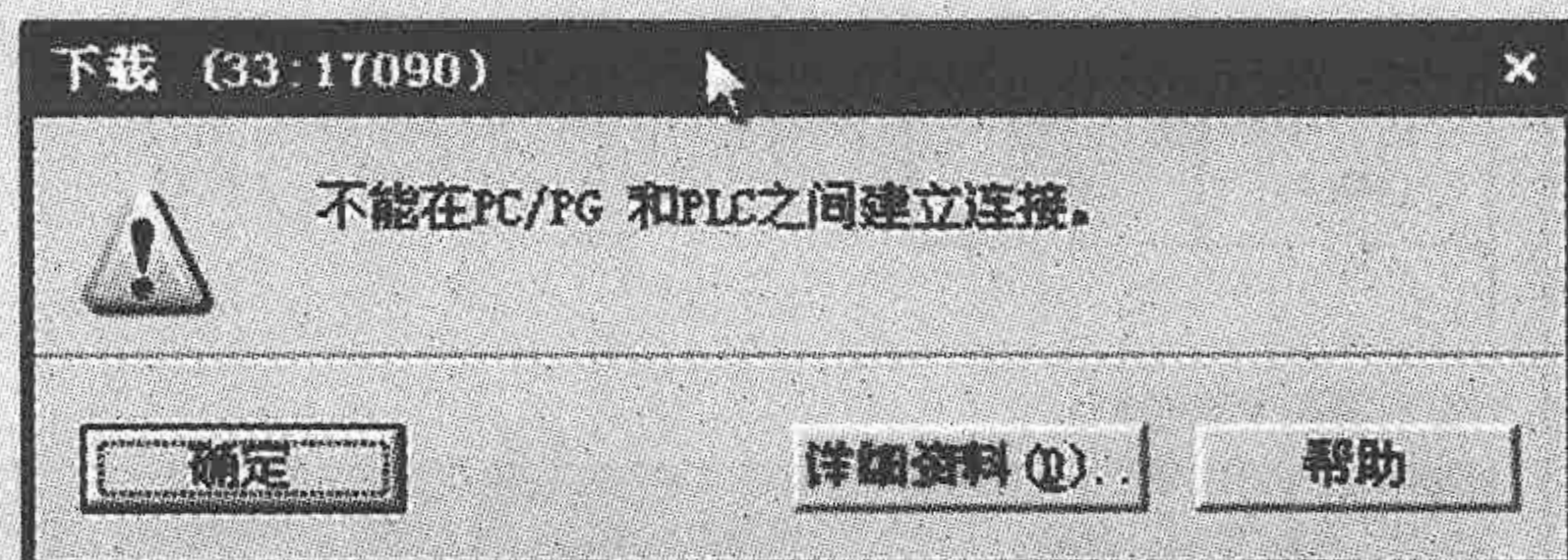


图3-44 出现错误后的对话框

3.3 PLC的安装

PLC的安装是指通过PLC的设计方案,将PLC的硬件系统进行连接,以及将软件进行安装,以保证PLC系统能够正常的对设备进行控制。

3.3.1 PLC的安装要求

PLC属于新型自动化控制装置的一种,在传统的继电器控制技术的基础上,添加了新型的计算机技术和通信技术,具有使用方便、通用性强、可靠性高等优点,有取代继电器控制技术、软启动器控制技术以及变频器控制技术的趋势。

但由于PLC属于电子设备,是由基本的元器件等组成的,且使用环境比较恶劣、干扰源也比较多,因此为了保证PLC系统的稳定性,对于PLC使用和安装环境,也有一定的要求。

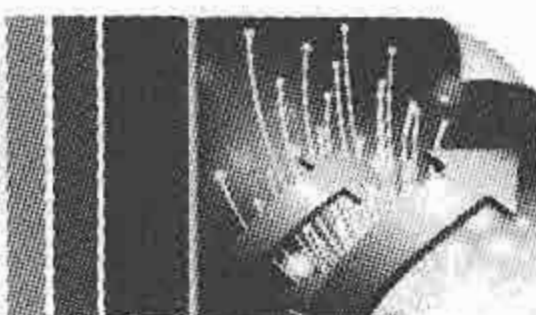
(1) PLC安装环境的要求

PLC的硬件系统在设计时,为了避免环境的影响,已经采取了一定的措施,这些措施可以保证PLC在基本的环境下进行工作。但由于PLC一般用于一些工矿企业等环境比较恶劣的场合,因此在对PLC的硬件系统进行安装时,还需要注意以下几点。

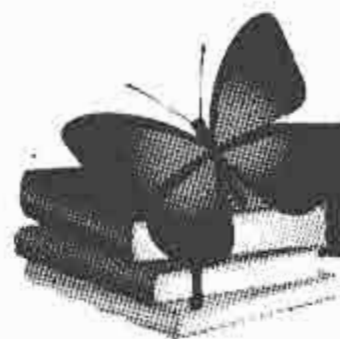
- 太阳光不能直接照射,且温度不能超过 $0 \sim 50^{\circ}\text{C}$,当温度过高或过低时,其内部的元器件便会工作失常。

- 空气中的湿度不能过大(85%以下),也不能安装在有露水凝聚的地方,湿度太大会使PLC内部元器件的导电性增强,可能会出现元器件击穿损坏的现象。

- PLC不能安装在振动比较频繁的环境里(振动频率为 $10 \sim 55\text{ Hz}$ 、幅度为 0.5 mm),若振动过大则可能会使PLC内部的固定螺钉或元器件脱落、焊点虚焊。



- 环境里不能有氯化氢、硫化钾、铁屑、灰尘等污物，以及腐蚀性和易燃性气体，以免腐蚀PLC内部的元器件或部件。



图解

典型PLC硬件系统的控制柜见图4-45。

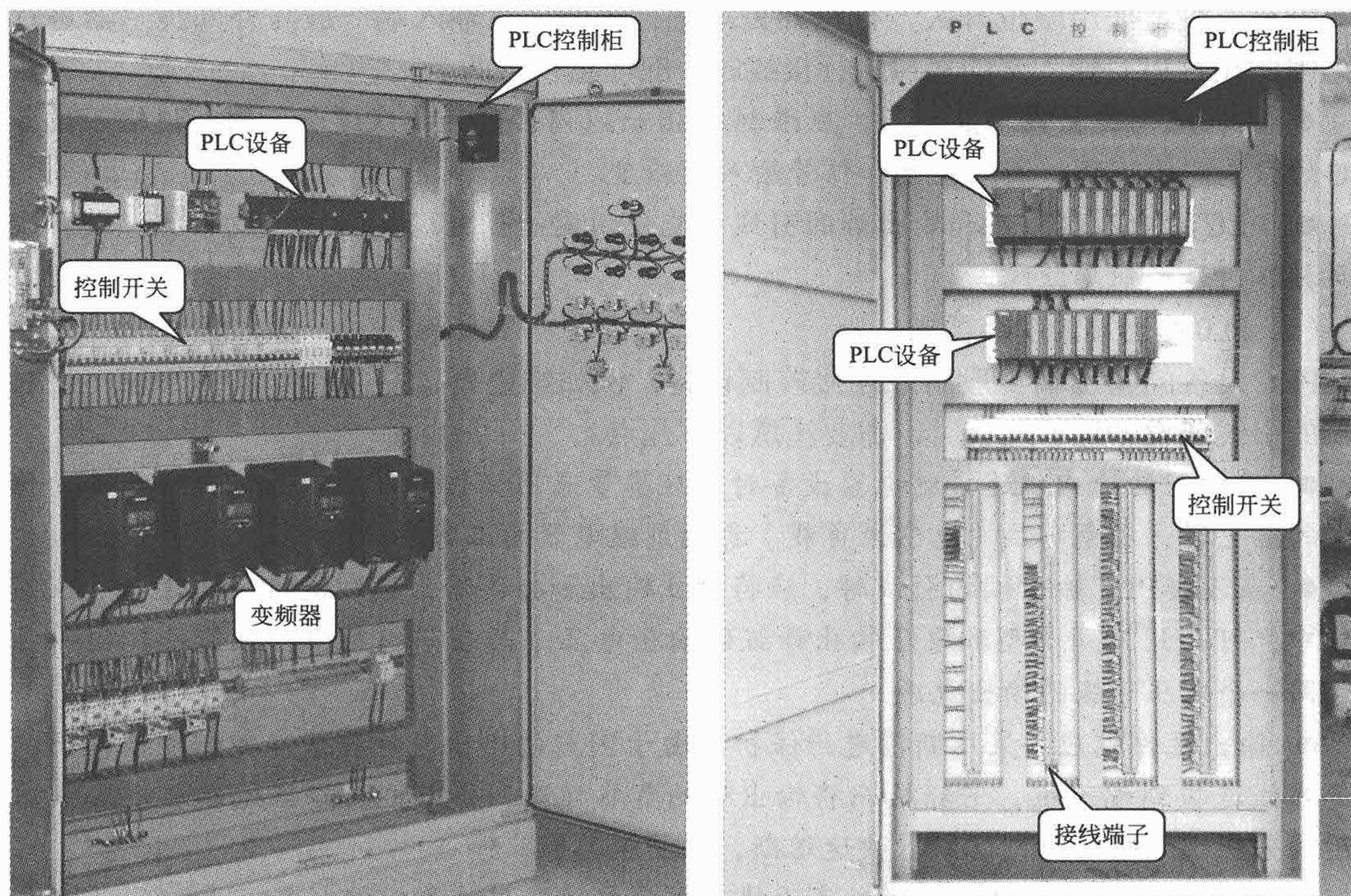


图3-45 典型PLC硬件系统的控制柜

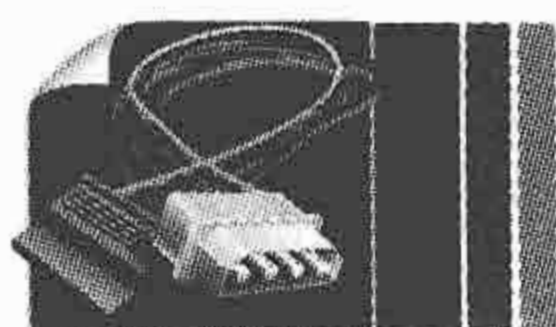
PLC硬件系统一般安装在PLC控制柜内，防止灰尘、油污、水滴等进入PLC内部，造成电路短路，从而造成PLC损坏。为了保证PLC在工作状态下其温度保持在规定环境温度范围内，安装PLC的控制柜应有足够的通风空间，PLC的基本单元和扩展单元之间要有30 mm以上间隔。如果周围环境温度超过55℃，要安装电风扇，强迫通风。

(2) PLC供电的安装要求

PLC若要正常的工作，最重要的一点就是要保证其供电线路的正常。一般情况下PLC供电电源的要求为交流220 V/50 Hz，三菱FX系列的PLC还有一路24 V的直流输出引线，用来连接一些光电开关、接近开关等传感器件。

在电源突然断电的情况下，PLC的工作应在小于10 ms时不受影响，以免电源电压突然的波动影响PLC工作。在电源断开时间大于10 ms时，PLC应停止工作。

PLC设备本身带有抗干扰能力，可以避免交流供电电源中的轻微的干扰波形，若供电电源中的干扰比较严重时，则需要安装一个1 : 1的隔离变压器，以减少干扰。



(3) PLC接地的安装要求

有效地接地可以避免脉冲信号的冲击干扰，因此在对PLC设备或PLC扩展模块进行安装时，应保证其良好的接地，以免脉冲信号损坏PLC设备。

在连接PLC设备的接地端时，应尽量避免与电动机或其他设备的接地端相连，以免受其他设备的干扰，且接地端应尽量靠近PLC。

(4) PLC输入端的安装要求

PLC一般是使用限位开关、行程开关等进行控制，且输入端一般与外部传感器进行连接，因此在对PLC输入端的接口进行接线时，应注意以下两点。

- 输入端的连接线不能太长，应限制在30 m以内，若连接线过长，则会使输入设备对PLC的控制能力下降，影响控制和信号输入的精度。

- PLC的输入端引线和输出端的引线不能使用同一根电缆，以免造成干扰，或引线绝缘层损坏时造成短路故障。

(5) PLC输出端的安装要求

PLC设备的输出端一般用来连接控制设备，例如继电器、晶闸管、晶体管等，在对输出端的引线或设备进行连接时，需要注意以下几点。

- 若PLC的输出端连接继电器设备时，应尽量选用工作寿命比较长（内部开关动作次数）的继电器，以免负载（电感性负载）影响到继电器的工作寿命。

- 在连接PLC输出端的引线时，应将独立输出和公共输出分别进行分组连接。在不同的组中，可采用不同类型和电压输出等级的输出电压；而在同一组中，只能选择同一种类型、同一个电压等级的输出电源。

- 输出元件端应安装熔断器进行保护，由于PLC的输出元件安装在印制电路板上，使用连接线连接到端子板，若错接而将输出端的负载短路，则可能会烧毁电路板。安装熔断器后，若出现短路故障则熔断器快速熔断，保护电路板。

- PLC的输出负载可能产生噪声干扰，因此要采取措施加以控制。

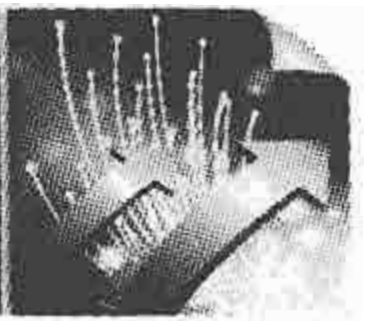
- 除了使用PLC中设置控制程序防止对用户造成伤害，还应设计外部紧急停止工作电路，在PLC出现故障后，能够手动或自动切断电源，防止危险发生。

- 直流输出引线和交流输出引线不应使用同一个电缆，且输出端的引线要尽量远离高压线和动力线，避免并行或干扰。

3.3.2 PLC的安装操作

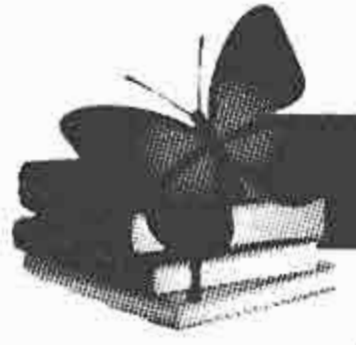
前面的章节中，介绍了PLC硬件系统和软件系统的设计方法，因此在对应的PLC系统中，其安装操作也主要分为硬件系统的安装操作和软件系统的安装操作两种。软件系统的安装就是指将需要的编程软件安装在电脑上即可，该软件在网络或PLC的生产厂家可以获得，其安装方法比较简单，下面重点介绍PLC硬件系统的安装和连线方法。

PLC的硬件系统主要是由CPU和扩展模块（I/O接口模块或电源供电模块）、输入设备、输出设备等组成的，这些设备通常安装在PLC控制柜内，避免灰尘、污物等侵入，并通过数据线与电脑进行连接，用来进行程序的写入和PLC的控制操作。



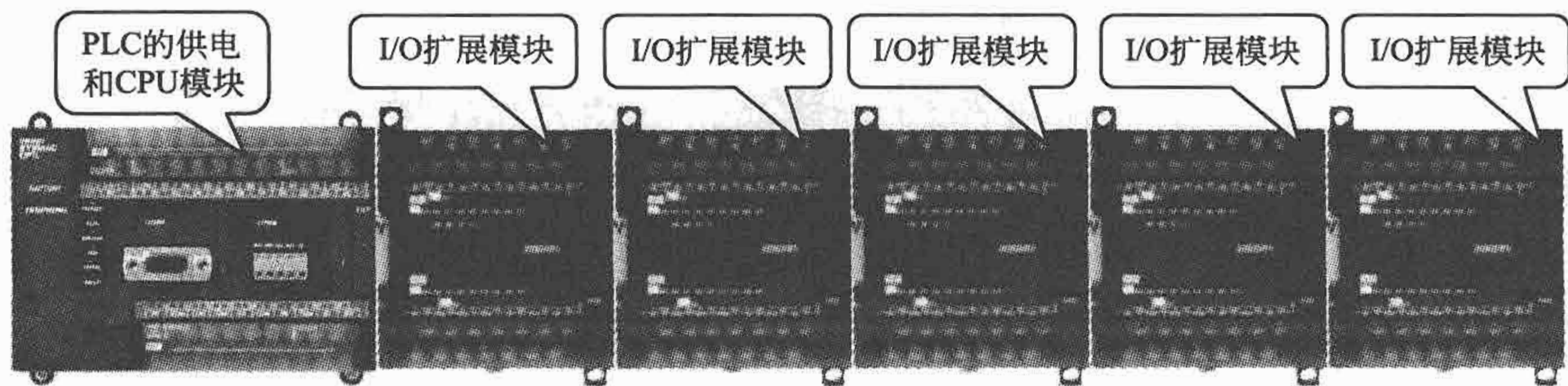
(1) CPU和扩展模块的安装与连接

大多数的PLC主要是由CPU和扩展模块（I/O接口模块或电源供电模块）组成的，因此应首先将这些设备安装在PLC控制柜内，使CPU与扩展模块进行连接。

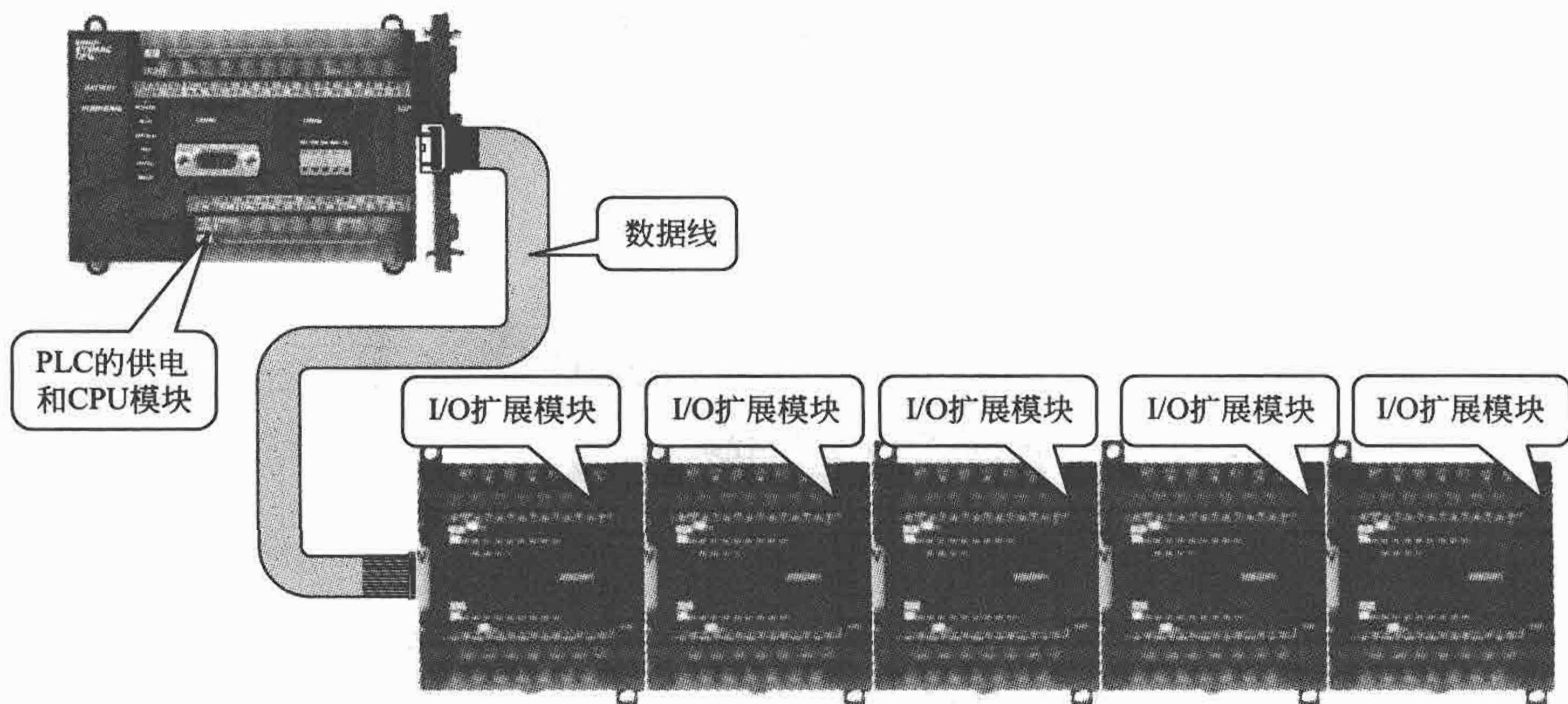


图解

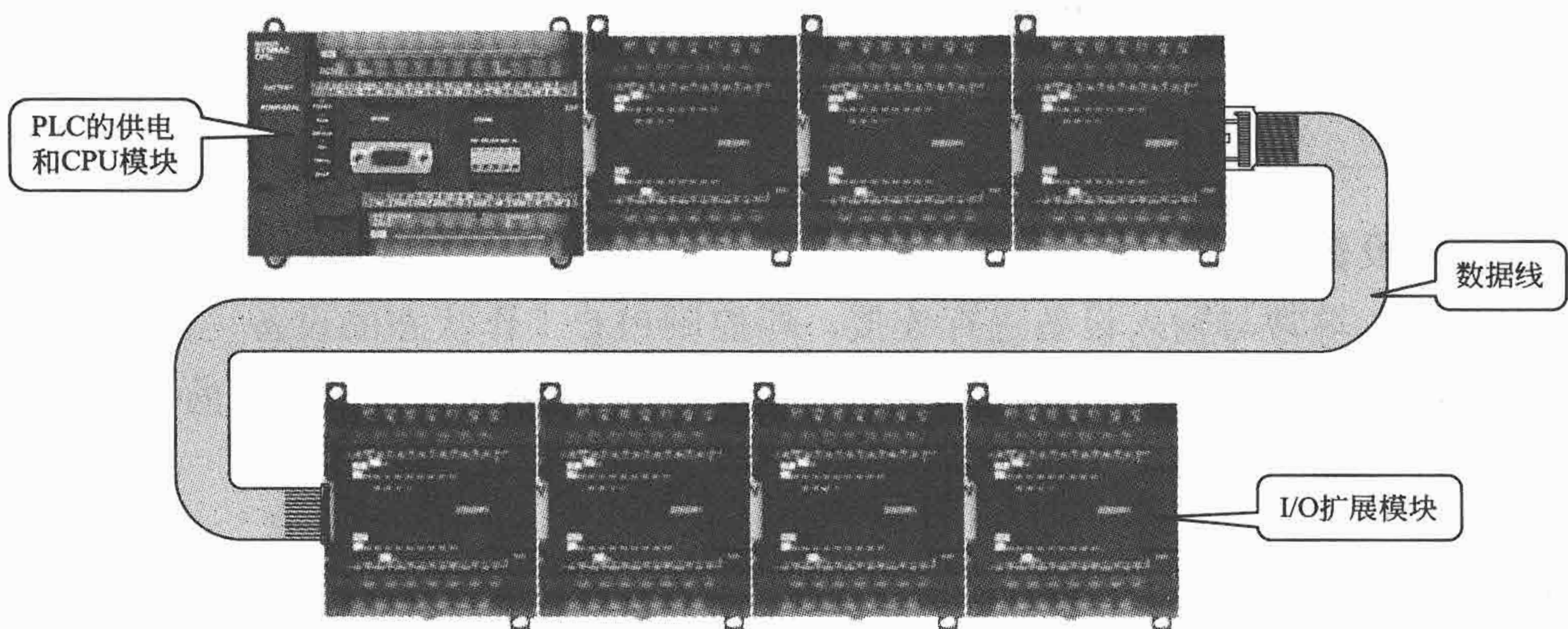
PLC的CPU与扩展模块的安装方法见图3-46。



(a)CPU与扩展模块的直接连接



(b)CPU与扩展模块使用数据线连接(一)



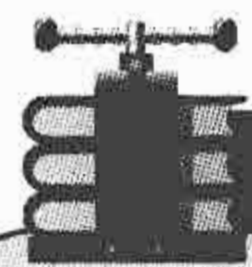
(c)CPU与扩展模块使用数据线连接(二)

图3-46 PLC的CPU与扩展模块的安装方法

PLC的CPU与扩展模块的连接方式主要有两种，即直接连接和使用数据线连接，其连接方



式见图3-46。直接连接可以将PLC的CPU与扩展模块安装在一排上，而使用数据线进行连接时，可以使PLC的CPU与扩展模块分排连接，用来满足不同PLC控制柜的规格。



提示

使用数据线进行CPU模块与扩展模块的安装时，不可以随意的安装，如图3-47所示为两种错误的连接方式。

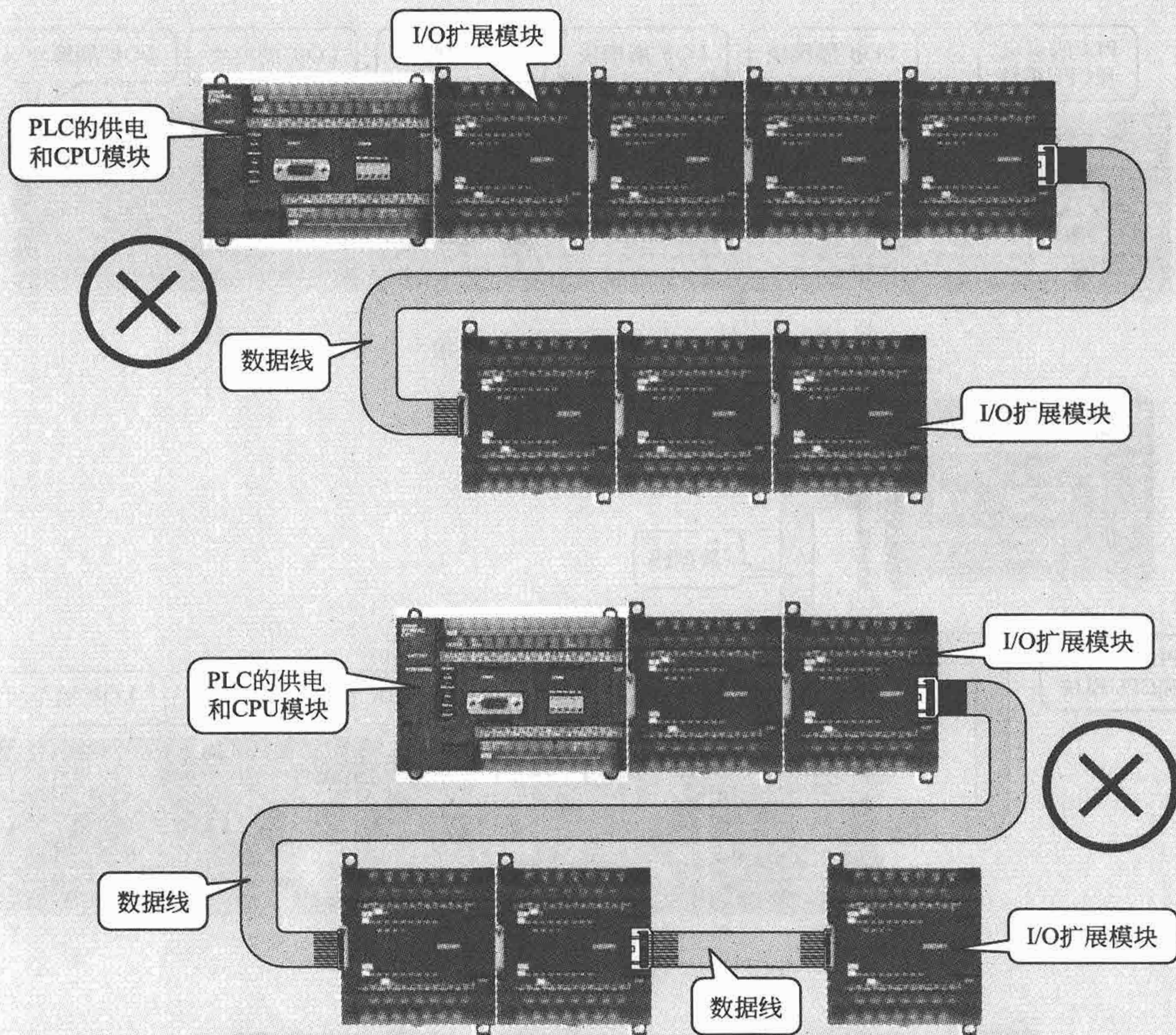


图3-47 CPU与扩展模块错误的连接方式

(2) 输入设备的安装

PLC的输入端常与输入设备进行连接，即控制PLC工作状态的设备，例如控制按钮、过热保护继电器，因此在进行输入设备的安装时，要将输入设备与PLC的输入端接口和COM（公共）端进行连接。



图解

PLC与输入设备的连接安装见图3-48。

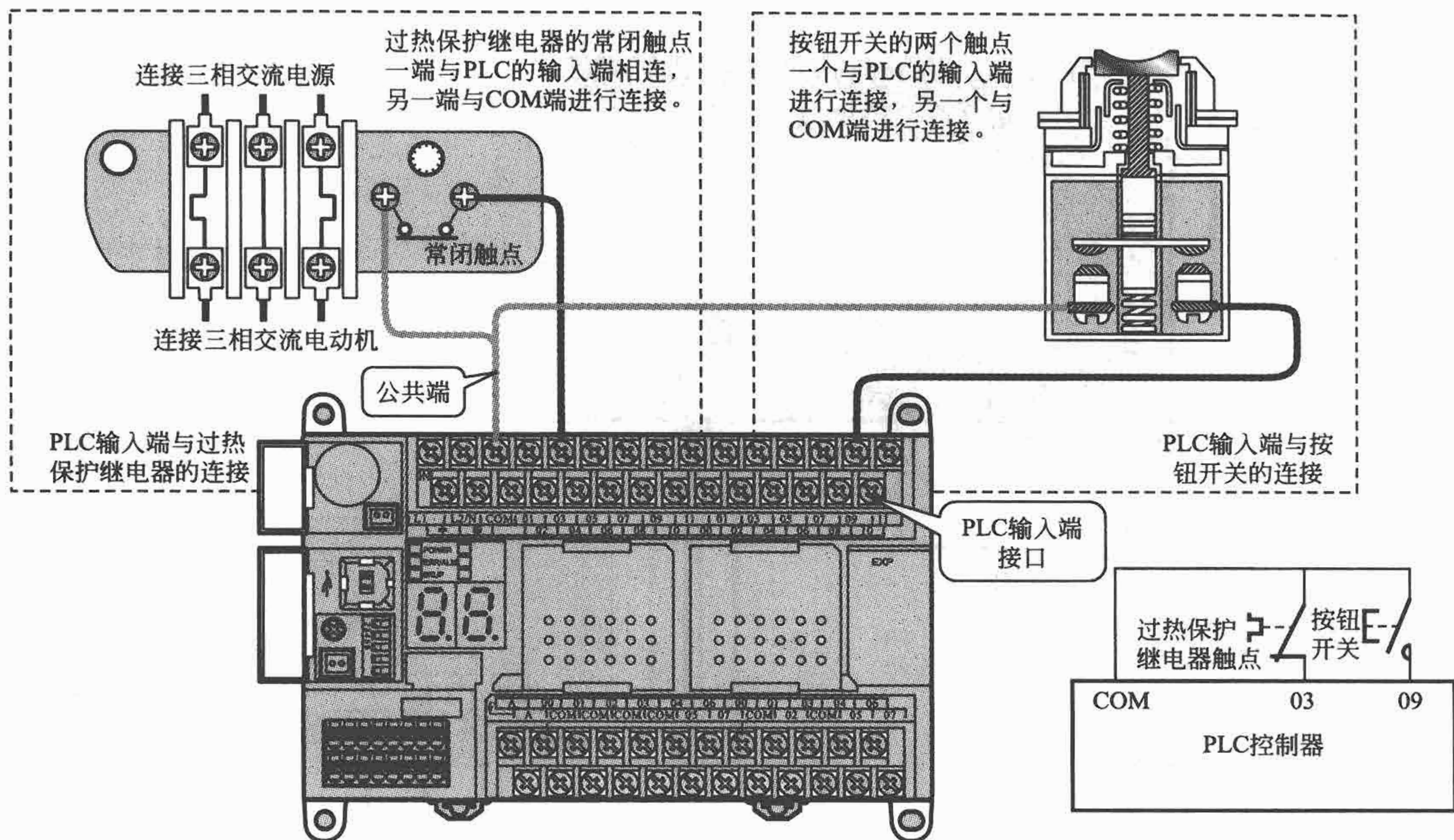


图3-48 PLC与输入设备的连接安装

PLC硬件系统中，PLC的输入端常与过热保护继电器的常闭触点以及按钮开关进行连接。其中按钮开关的一个触点与输入端的接口进行连接，另一个触点与公共端（COM）进行连接；过热保护继电器常闭触点的一端与输入端的接口进行连接，另一端与公共端进行连接。若需连接其他的控制设备，其连接方法与上述方法基本相同，只需按照设计方案，为其分配不同的编号即可。

（3）输出设备的安装

PLC的输出端外接控制（输出）设备，例如接触器、继电器、晶体管、变频器等，用来控制其工作。



图解

PLC与输出设备的连接安装见图3-49。

进行PLC输出端设备的连接时，应首先了解被接设备的类型，例如连接接触器或继电器时，只需将线圈串联接入220 V火线中，再与PLC的输出端端子连接，零线连接PLC的COM端。而在连接变频器时，只需将PLC的控制信号输出端与变频器的控制信号输入端使用连接线进行连接即可，编程时其端子编号要与梯形图中的编号相对应。

（4）PLC与电脑主机的安装连接

大多数PLC所需程序的编写都是借助于电脑，在编程软件上编写的，因此在程序编写完毕后，还需将PLC与电脑主机进行连接，将编写的程序写入PLC中，PLC才能根据这些指令输出控制信号。

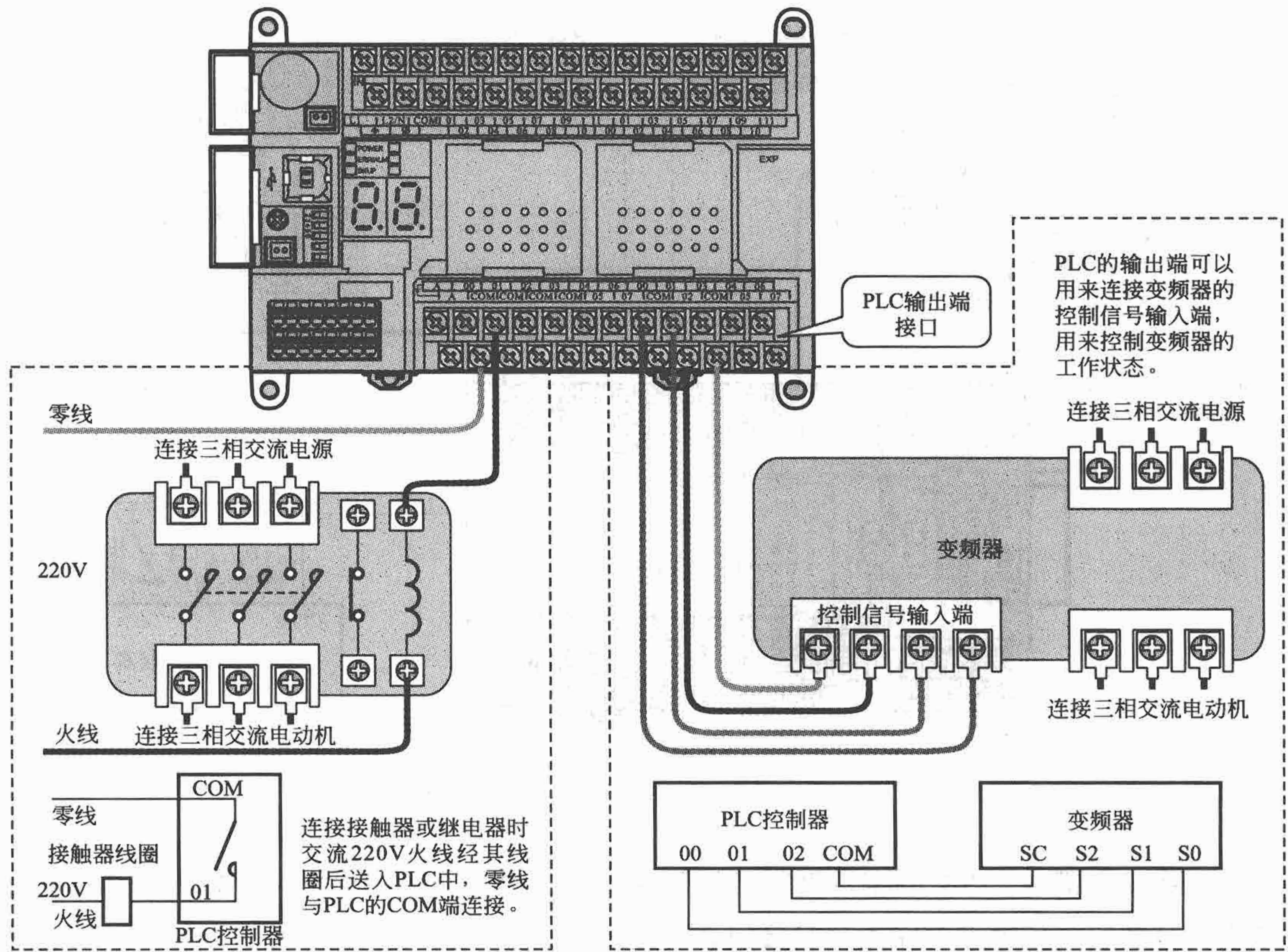
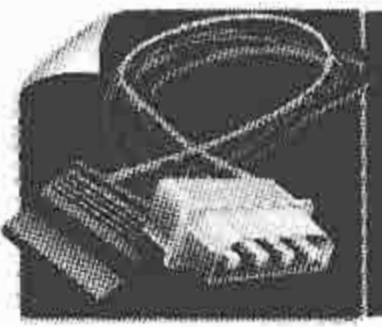


图3-49 PLC与输出设备的连接安装



PLC与电脑主机的安装连接方法见图3-50。

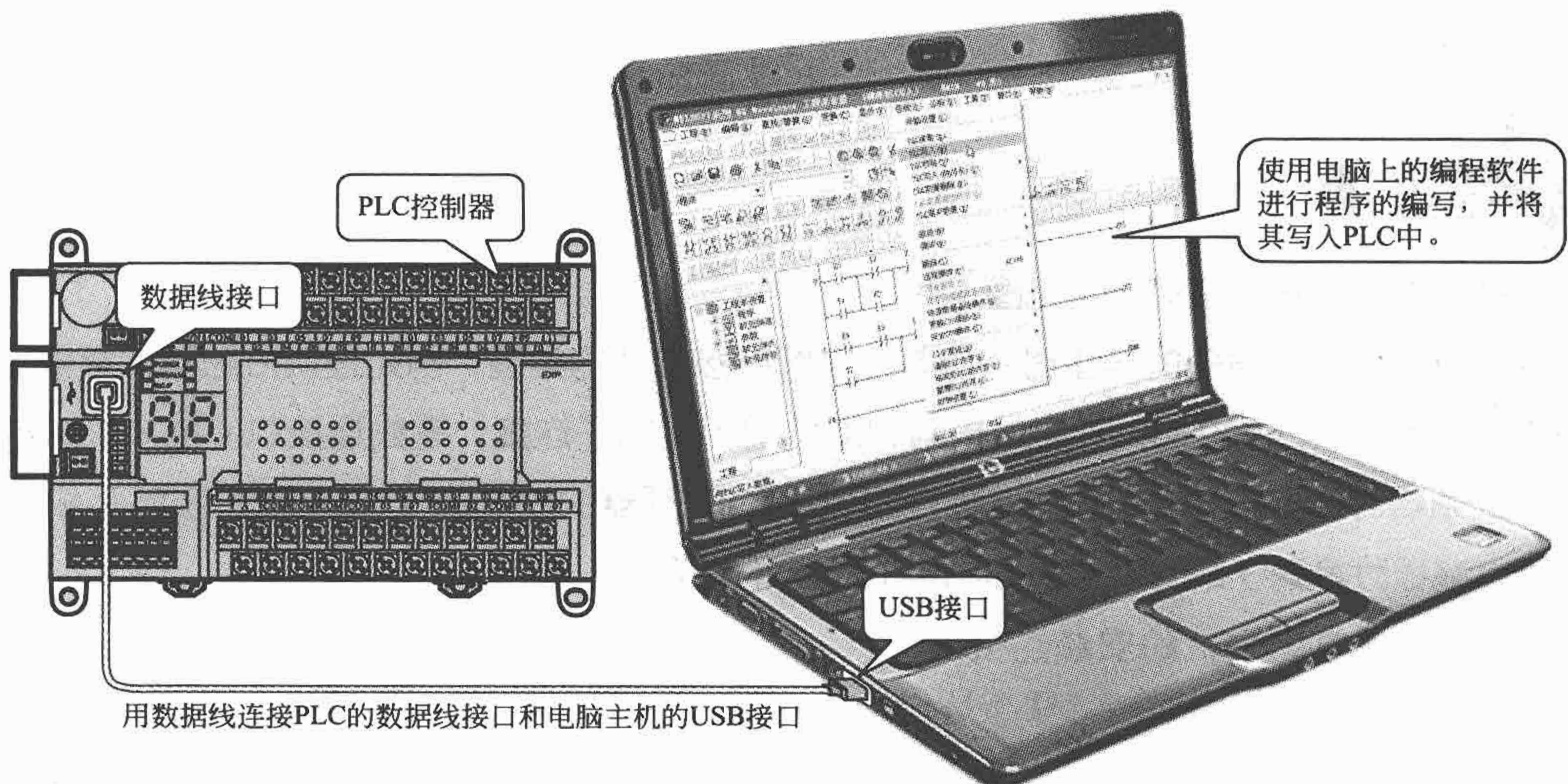
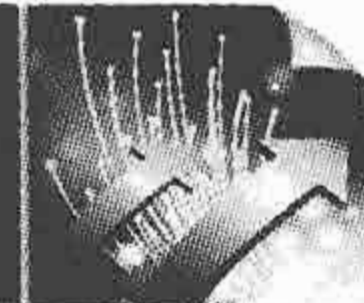


图3-50 PLC与电脑主机的安装连接方法



将数据线的一侧与电脑主机上的USB或并行数据传输接口进行连接,另一端与PLC上的数据线接口进行连接,然后将所需的程序下载到PLC中即可。



3.4 PLC系统的维护

为了保障PLC系统的正常运行,在PLC系统安装完毕后或运行过程中,应定期对PLC系统进行检查和维护,及时对出现的故障或隐患进行排除。

3.4.1 PLC系统的定期检查

PLC是一种工业中使用的控制设备,在出厂时尽管在可靠性方面采取了许多防护措施,但由于其工作环境的影响,可能会造成PLC寿命的缩短或出现故障,所以应定期地对PLC做检查,看PLC的工作环境是否符合标准,PLC的定期检查项目见表3-3。

表3-3 PLC的定期检查项目

维护和检查项目	维护和检查内容	判断标准	处理方法
电源检查	① 电源端子上的电压是否为额定值 ② 电压是否出现频繁的变化	电源电压必须在工作电压范围内,其波动不能超过10%	检查供电线路
环境条件	① 周围温度是否适当 ② 周围湿度是否适当 ③ 是否有灰尘、污物	① 温度在0~50℃之间 ② 湿度在85%之内,无结霜现象 ③ 无灰尘、污物	① 降低或升高温度 ② 适度将水分烘干 ③ 清理灰尘和污物
安装状态	① 各单元连接是否良好 ② 连接线有无松动、断裂或破损等现象 ③ 控制柜密封性是否良好	各单元及连接线连接良好,无松动、断裂和破损的现象;控制柜密封性良好	重新对连接线进行连接;更换断裂或破损的连接线;更换PLC控制柜
寿命元件	① PLC内置锂电池电压是否正常 ② 输出继电器寿命是否良好	① 锂电池电压在额定范围之内 ② 输出继电器电气寿命在30万次以下,机械寿命在1000万次以下	

3.4.2 PLC系统的日常维护

在PLC系统中,除了PLC内置的锂电池和继电器的输出触点外,并无其他易损元器件,因此在日常的维护中,重点应对锂电池和继电器进行维护。锂电池的寿命大约为5年,在



恶劣的使用环境下，其寿命会缩短，因此当锂电池的电压下降到一定程度时，应对锂电池进行更换。

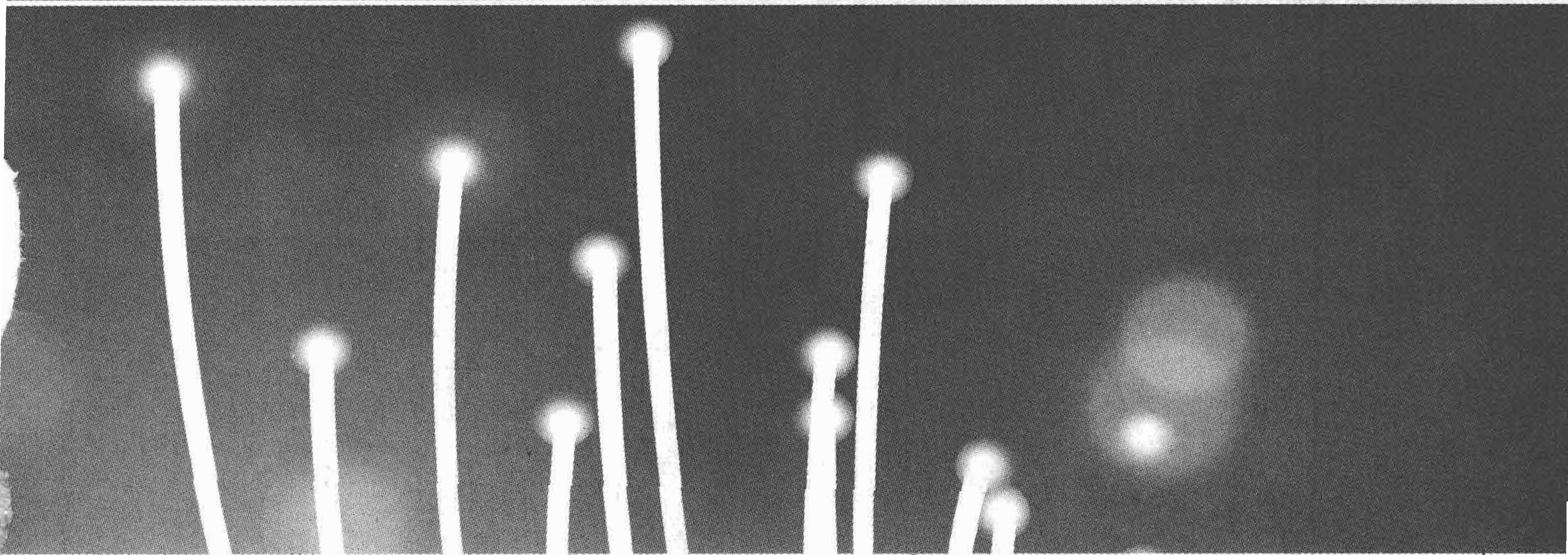
在进行锂电池的更换时，应首先让PLC通电15 s以上，再断开PLC的交流电源，将旧电池拆下，装上新电池即可。在更换电池时，一般不允许超过3min，若等待时间过长，则存储器中存储的程序将消失，还需重新写入。

此外，若发现PLC模块的周围有污物、灰尘等现象，应及时进行清理。若模块与模块之间有污物、氧化等造成接触不良的现象时，则应使用干净的纯棉布蘸工业酒精后进行清理，清理干净后再进行安装。





PLC在电动机控制电路中的应用

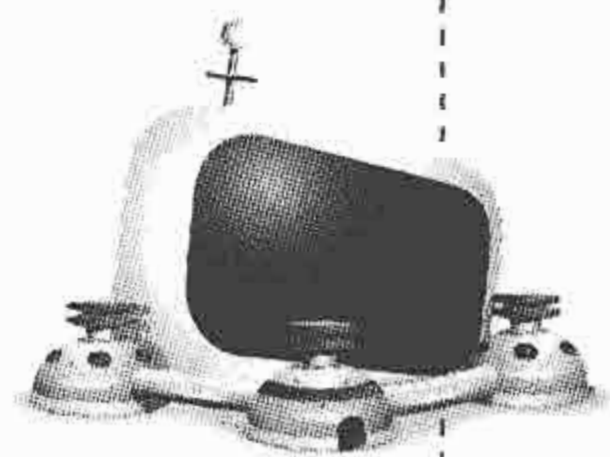


目标

目前，继电器/接触器被广泛应用于电动机的各种控制电路中，本章将详细介绍有关PLC在电动机控制电路中的应用，通过实际案例对各种电动机的PLC控

制原理进行讲解。

通过本章的学习，读者应重点掌握各种电动机控制电路的电气原理图，通过对电器图的分析，绘制出与其对应的PLC控制电路、PLC梯形图。并对PLC梯形图中各种器件的功能及工作状态进行正确的分析。





4.1 三相交流感应电动机连续控制线路的PLC控制

4.1.1 三相交流感应电动机连续控制线路的电气结构

(1) 三相交流感应电动机的基本结构

三相交流感应电动机是利用三相交流电源供电的电动机，一般供电电压为380V。三相交流感应电动机根据其运行方式可分为三相异步电动机和三相同步电动机。其中三相异步电动机的应用较为广泛。



图解

三相交流感应电动机的实物外形见图4-1。

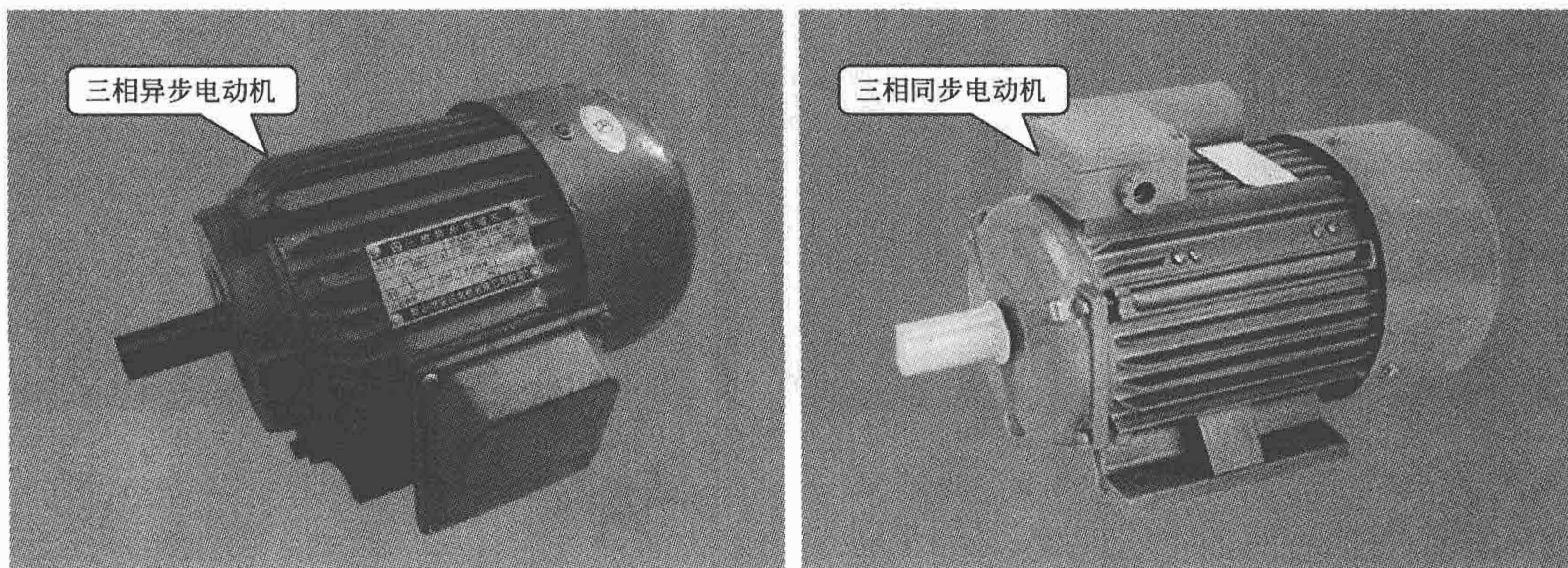


图4-1 三相交流感应电动机实物外形

三相交流感应电动机是由静止的定子和转动的转子两个主要部分构成的。其中定子部分包含了定子绕组、定子铁芯和外壳，而转子部分包含了转子、转轴、轴承等。该电动机具有运行可靠、过载能力强及使用、安装、维护方便等优点，广泛应用于工农业机械设备中。



图解

三相交流感应电动机的内部结构、剖面示意图及整机分解见图4-2。

定子铁芯是电动机磁路的一部分，由0.35 ~ 0.5 mm厚并且表面涂有绝缘漆的薄硅钢片叠压而成。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。

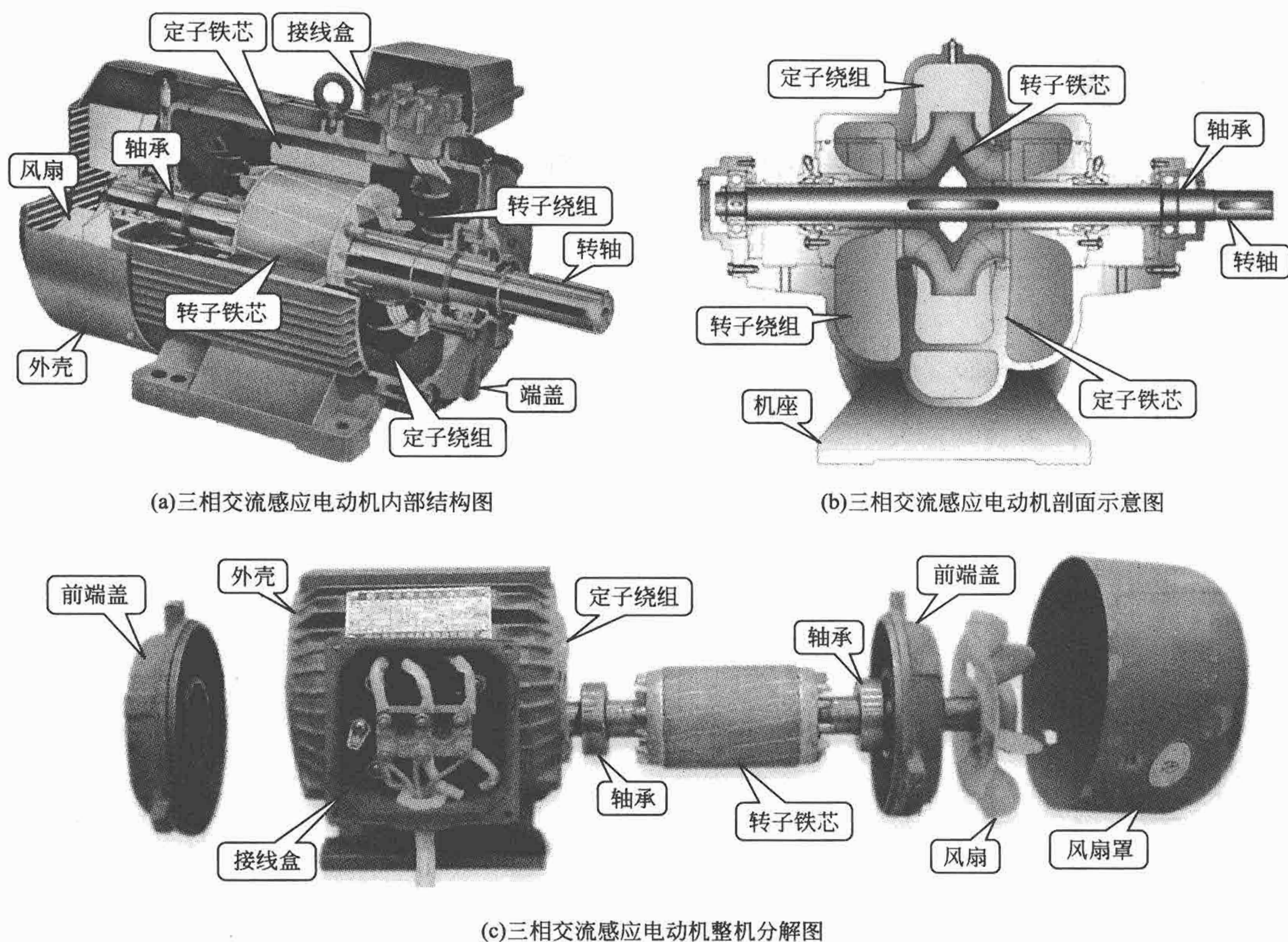
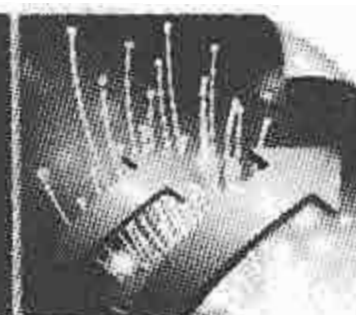


图 4-2 三相交流感应电动机的内部结构、剖面示意图及整机分解

定子绕组是定子中的电路部分，其作用是通入三相交流电后产生旋转磁场。三相交流感应电动机有三相独立的绕组，每个绕组包括若干线圈，当通入三相电流时，就会产生旋转磁场。

三相交流感应电动机的转子是电动机的旋转部分，由转子铁芯、转子绕组、转轴和轴承等部分组成。转轴一般是用中碳钢制成的，轴的两端用轴承支撑。

三相交流感应电动机除了定子和转子部件外，还有端盖和轴承盖。端盖的作用是支撑转子，它把定子和转子连成一个整体，使转子能在定子铁芯内膛中转动。轴承盖与端盖连在一起，它主要起固定轴承位置和保护轴承的作用。

此外，在三相交流感应电动机的定子和转子之间还存在一定的气隙（空隙），气隙的大小对电动机性能的影响很大，气隙过大，电动机空载电流大，电动机输出功率下降；气隙太小，定子、转子之间容易相互碰撞而转动不灵活，一般气隙在 $0.2 \sim 1 \text{ mm}$ 为宜。

(2) 三相交流感应电动机连续控制线路的电气结构

电动机的连续控制线路也是由电动机供电电路和启/停控制电路构成的，所谓连续控制是指按下电动机启动键后再松开，控制电路仍保持接通状态，电动机能够继续正常运转，在运转状态按下停机键，电动机停止运转，松开停机键，复位后，电动机仍处于停机状态，上述这种控制方式也称为自锁控制。

图解

三相交流感应电动机连续控制线路的电气结构见图4-3。

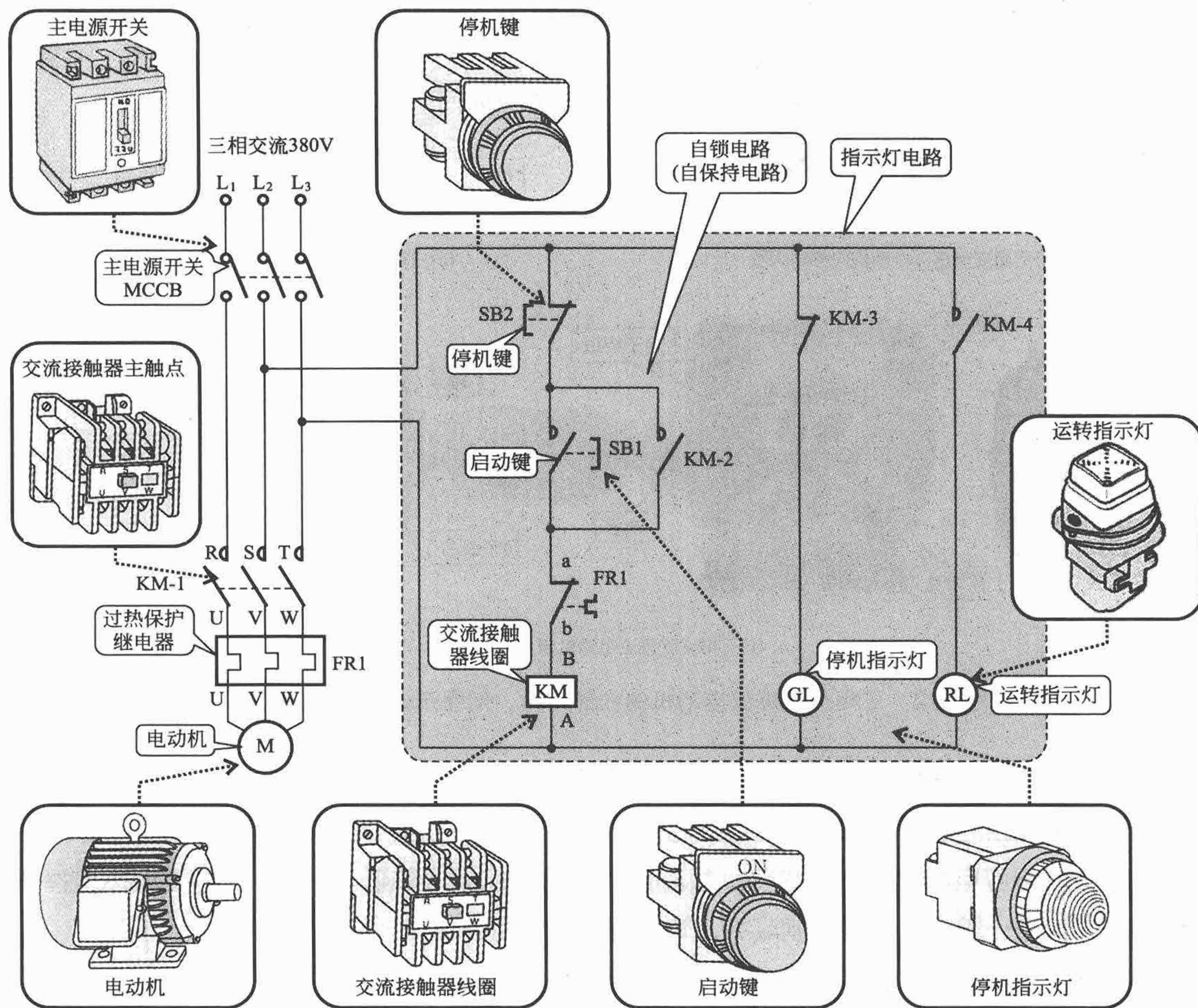


图4-3 三相交流感应电动机连续控制线路的电气结构

该电路是一种典型的三相交流感应电动机的连续控制电路。它主要是由主电源开关、交流接触器、过热保护继电器、启动键、停机键以及启停指示灯等部分构成的。

主电源开关用于接通或切断交流三相380 V电源。

交流接触器主要用于控制接通或断开送给电动机供电的电源。

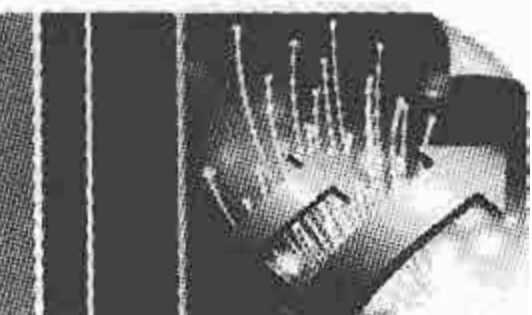
过热保护继电器接在电动机的供电电路中，在温度过高的情况下自动切断电动机的供电，进行自动保护。

启动键用于为交流接触器提供启动电压，使电路进入启动运转状态。

停机键的功能是切断交流接触器的供电通道，通过交流接触器使电动机停机。

指示灯为操作者提供工作状态的指示。

该线路主要分为电源供电电路、控制电路和过流、过热保护电路四部分。



① 电源供电电路 电源供电电路主要由380 V交流电压、交流接触器KM的常开触点KM-1、过热保护继电器FR1及三相交流电动机等部件构成。经控制电路的控制，由380 V电压为三相交流电动机进行供电，实现电动机的启/停运转。

② 控制电路 控制电路主要是由启动键、停止键和交流接触器KM等部件组成的。电动机的连续控制是通过启动键、停止键与交流接触器的线圈串联，并在启动键两端并联交流接触器的常开辅助触点实现的。

③ 过流保护过程 交流接触器本身具有过流检测和过流保护功能，当出现过流情况时，交流接触器会自动切断为电动机供电的触点开关，电动机停转，从而实现过流保护。

④ 过热保护过程 当温度超过85℃时，过热保护继电器（FR1）会动作，使接在交流接触器供电电路中的触点开关（FR1的a～b端）断开，交流接触器便断电，从而使电动机进入停机状态。

4.1.2 三相交流感应电动机连续控制线路的PLC控制原理

三相交流感应电动机连续控制线路基本上采用了交流继电器、接触器的控制方式，该控制方式由于电气部件的连接过多存在人为因素的影响，具有可靠性低、线路维护困难等缺点，将直接影响企业的生产效率。因此，很多生产型企业中采用PLC控制方式对其进行控制。

下面我们具体介绍用PLC实现对三相交流感应电动机连续控制的原理。



三相交流感应电动机的PLC连续控制电路见图4-4。

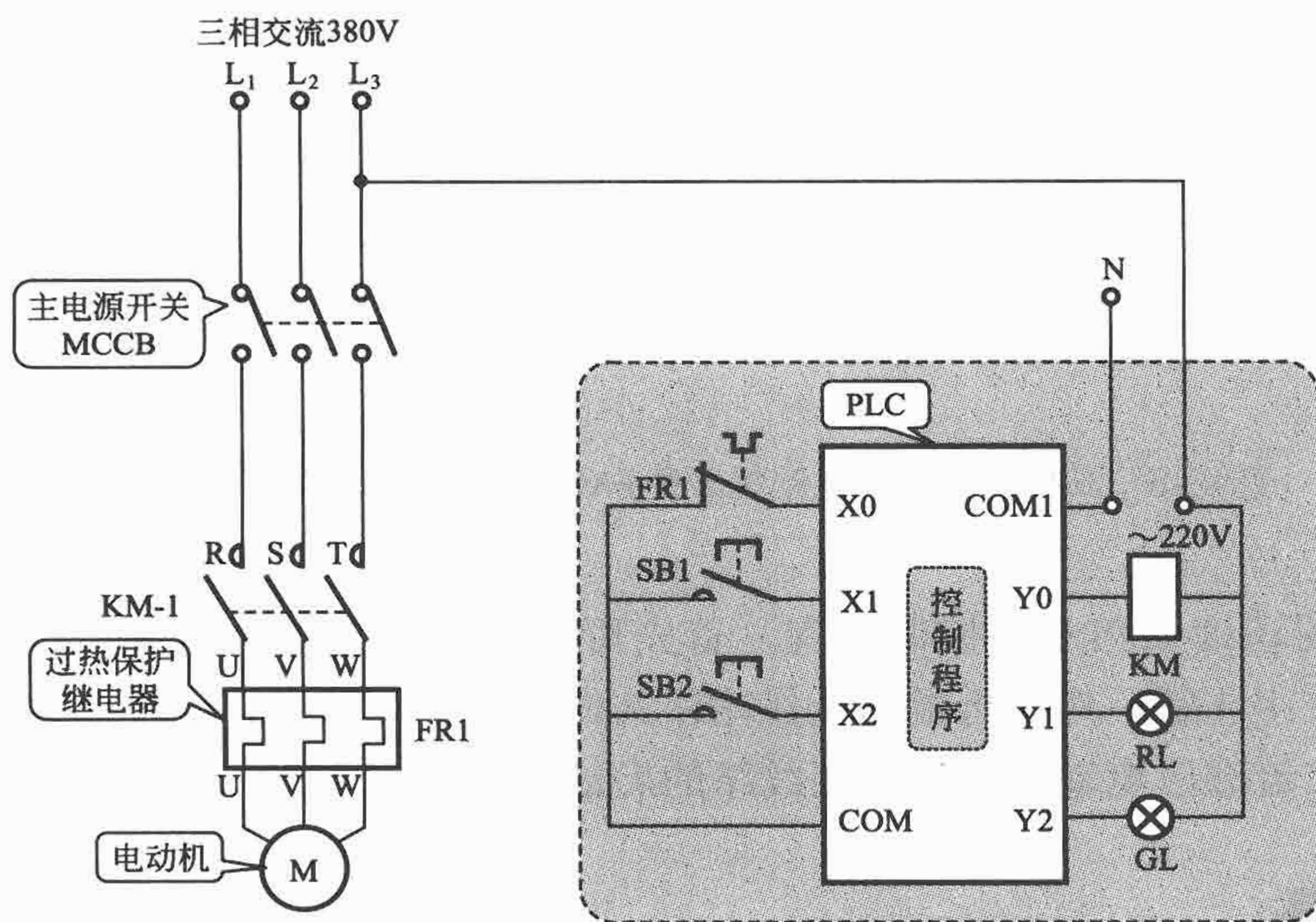


图4-4 三相交流感应电动机的PLC连续控制电路



该控制电路采用三菱FX2N系列PLC，电路中PLC控制I/O分配表见表4-1。

表4-1 三相交流感应电动机三菱FX2N系列PLC控制I/O分配表

输入信号及地址编号			输出信号及地址编号		
名称	代号	输入点地址编号	名称	代号	输出点地址编号
过热保护继电器	FR1	X0	交流接触器	KM	Y0
启动键	SB1	X1	运行指示灯	RL	Y1
停机键	SB2	X2	停机指示灯	GL	Y2

图4-4中，通过PLC的I/O接口与外部电器部件进行连接，提高了系统的可靠性，并能够有效地降低故障率，维护方便。当使用编程软件向PLC中写入控制程序，便可以实现外接电器部件及负载电动机等设备的自动控制。想要改动控制方式时，只需要修改PLC中的控制程序即可，这大大提高了调试和改装效率。



三相交流感应电动机三菱FX2N系列PLC连续控制梯形图见图4-5。

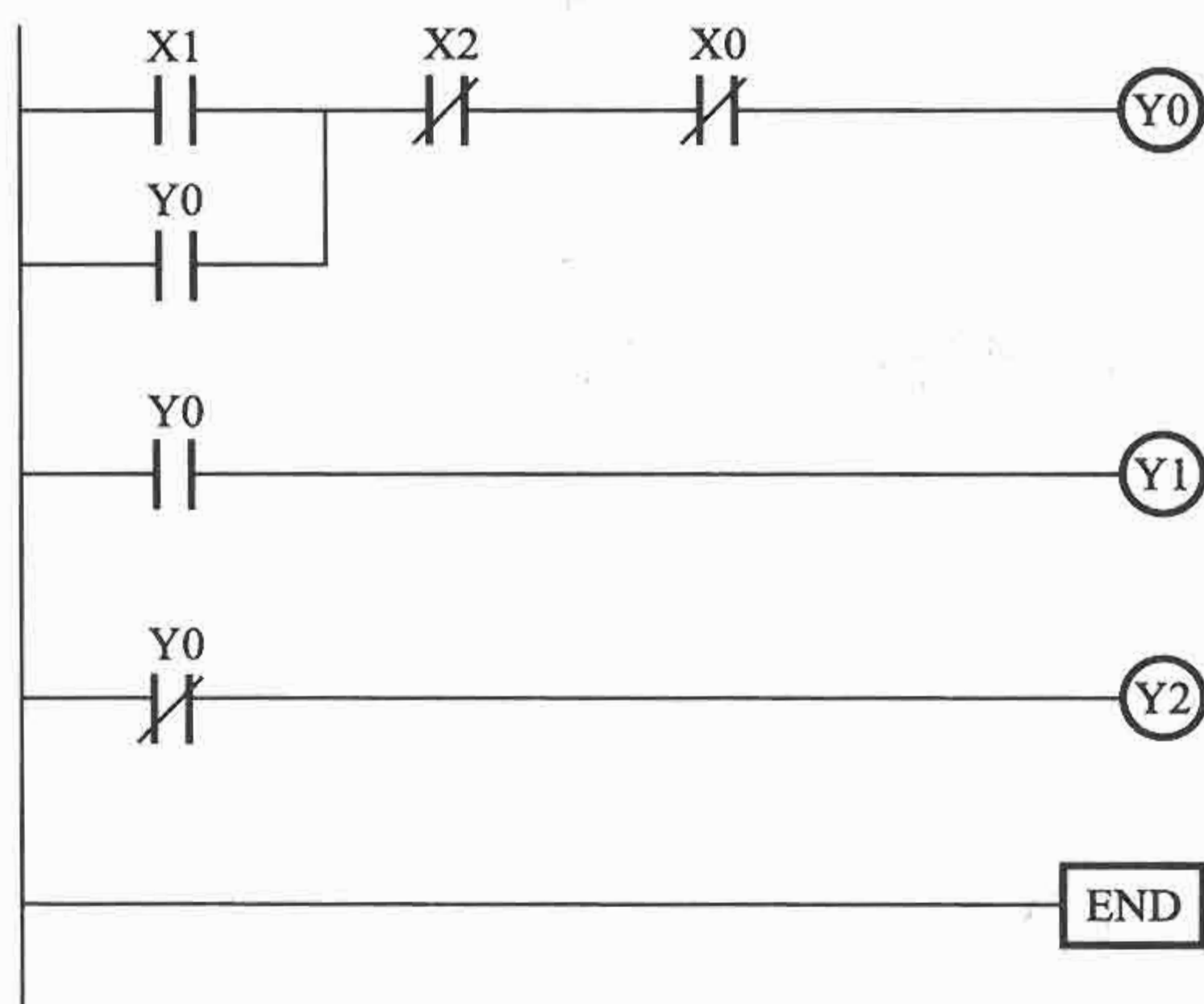


图4-5 三相交流感应电动机三菱FX2N系列PLC连续控制梯形图

根据梯形图识读该PLC的控制过程，首先可对照PLC控制电路和I/O分配表，在梯形图中进行适当文字注解，然后再根据操作动作具体分析启动和停止的控制原理。

(1) 三相交流感应电动机连续控制线路的启动过程



三相交流感应电动机三菱FX2N系列PLC连续控制电路的启动过程见图4-6。

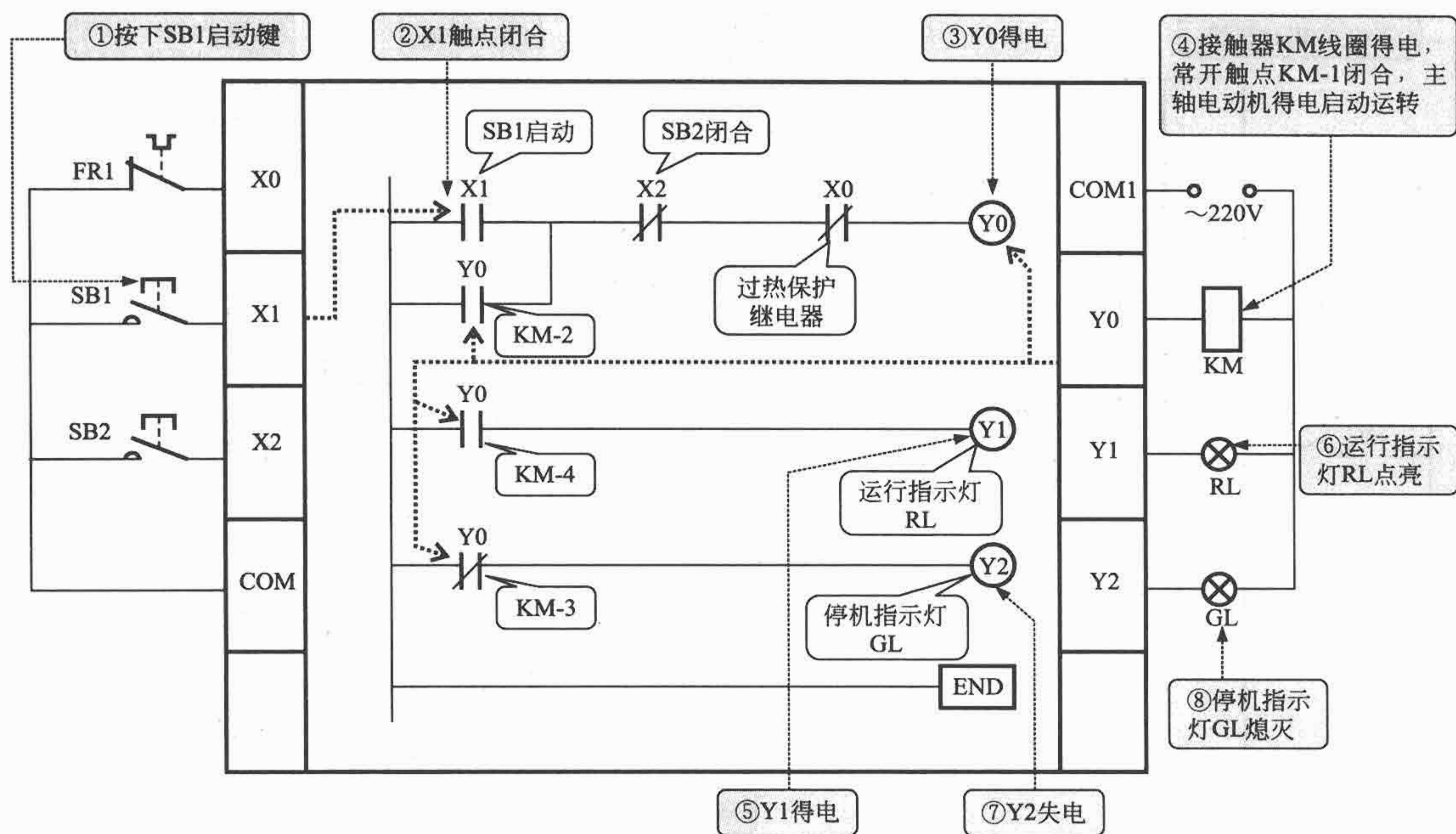


图 4-6 PLC 连续控制下三相交流感应电动机的启动过程

该控制线路中电动机的启动过程如下：

当按下启动键 SB1 时，其将 PLC 内的 X1 置“1”，即该触点接通，使得 Y0 得电，控制 PLC 外接交流接触器 KM 线圈得电。

Y0 得电，常开触点 Y0 (KM-2) 闭合自锁，使启动按钮断开，电动机仍然会保持运行，因此启动键常采用点动式开关，按一下即可启动，手松开后电动机仍保持运行，有效降低启动部件电气损耗和安全性、可靠性；控制 Y0 的常开触点 Y0 (KM-4) 接通，Y1 得电，运行指示灯 RL 点亮；常闭触点 Y0 (KM-3) 断开，Y2 失电，停机指示灯 GL 熄灭。

同时，KM1 线圈得电，常开触点 KM-1 闭合，接通电动机电源，电动机启动运转。

(2) 三相交流感应电动机连续控制线路的停止过程



三相交流感应电动机三菱 FX2N 系列 PLC 连续控制线路的停止过程见图 4-7。

具体控制过程为：

当按下停机键 SB2 时，其将 PLC 内的 X2 置“0”，即该触点断开，使得 Y0 失电，PLC 外接交流接触器线圈 KM 失电。

Y0 失电，常开、常闭触点 Y0 (KM-2、KM-3、KM-4) 复位，Y1 失电，Y2 得电，运行指示灯 RL 熄灭，停机指示灯 GL 点亮。

KM 失电，主电路中的常开触点 KM-1 断开，电动机停止运转。

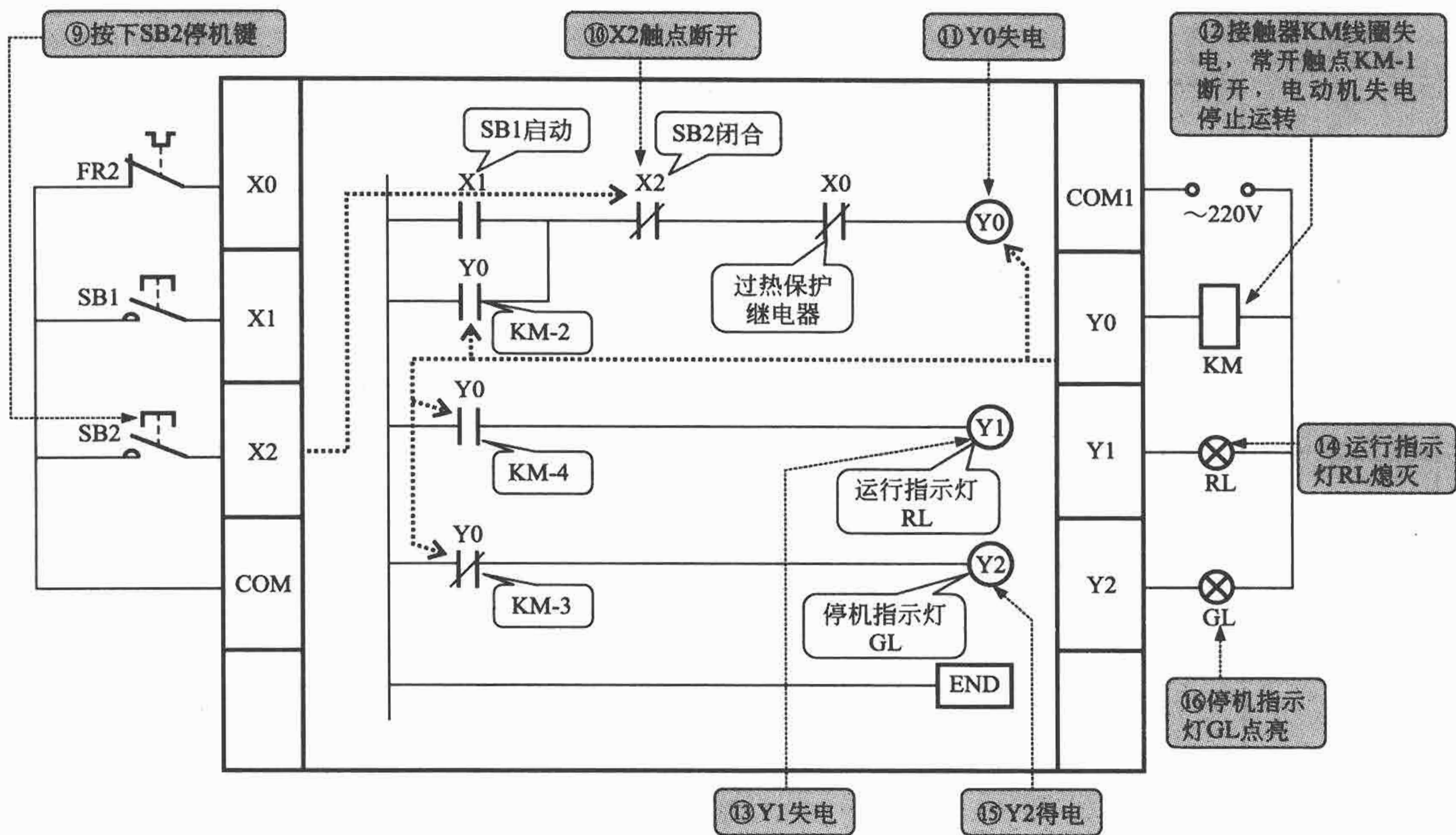


图4-7 PLC连续控制下三相交流感应电动机的停止过程

4.2

三相交流感应电动机降压启动控制线路的PLC控制

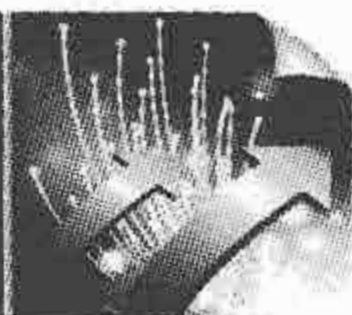
电动机按其启动方式不同可分为全电压直接启动和降压启动两种方式。其中，采用全电压直接启动的方式时，电动机定子绕组所加的电压为电动机的额定电压。但有些容量在10 kW以上的电动机或由于其他原因不允许直接启动时，电动机应采用降压启动方式。

所谓降压启动，是指在电动机启动时，加在定子绕组上的电压小于额定电压，当电动机启动后，再将在定子绕组上的电压升至额定电压，从而大大减小了启动电流的启动方式。

常见的降压启动方式主要有定子串电阻降压启动、Y- Δ 降压启动、自耦变压器降压启动、延边三角形降压启动等，下面我们以定子串电阻降压启动方式和Y- Δ 降压启动方式为例，介绍其控制线路的结构原理以及PLC控制原理。

4.2.1 三相交流感应电动机降压启动控制线路的电气结构

定子绕组串电阻降压启动是指，在电动机定子电路中串入电阻器，启动时利用串入的电阻器起到降压限流作用，当电动机启动完毕后，再通过电路将串联的电阻短接，从而使电动机进入全压正常运行状态。



采用定子串电阻式降压启动控制线路的电气结构图见图4-8。

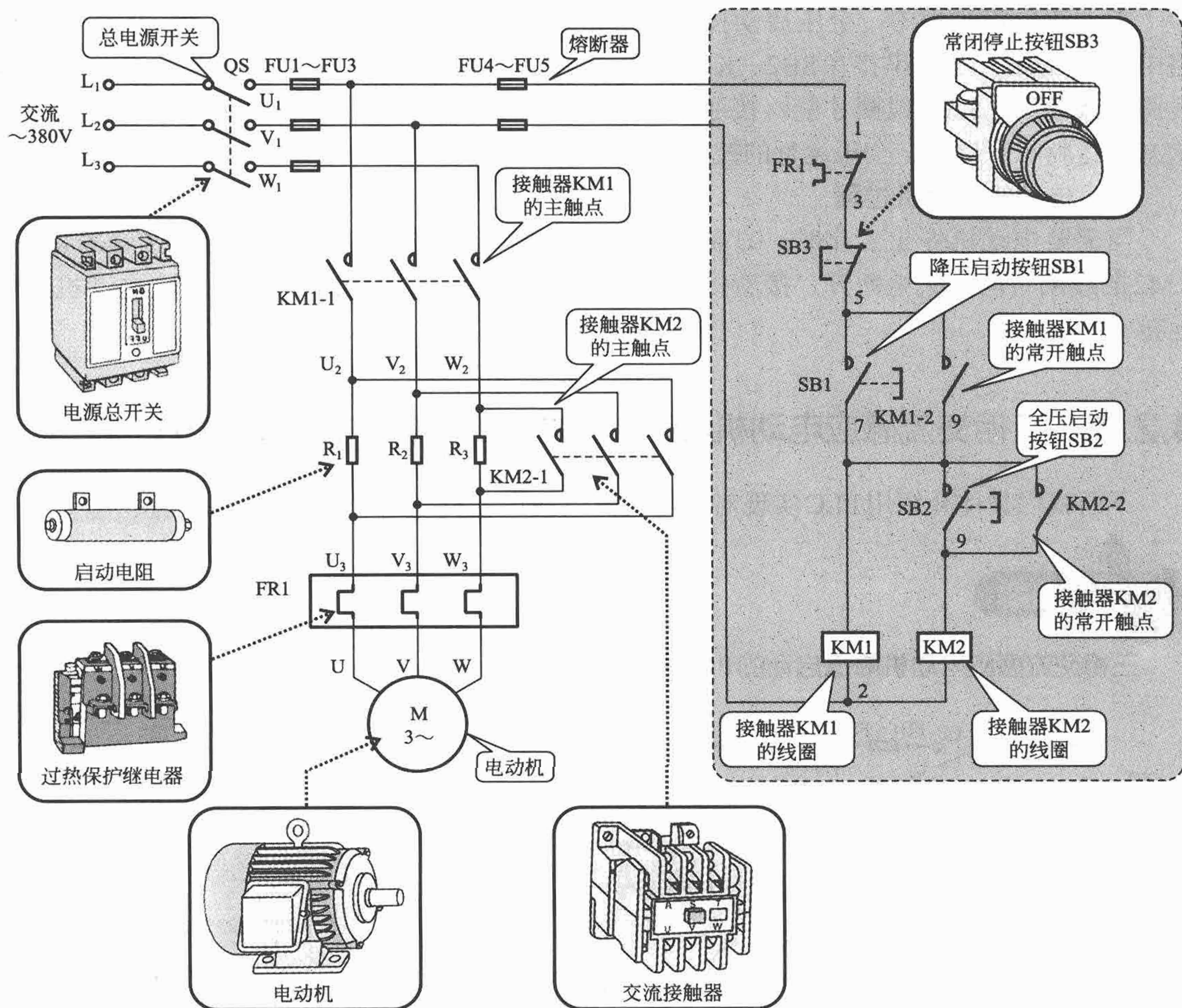


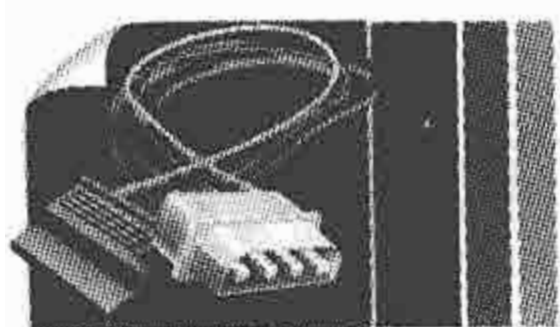
图4-8 采用定子串电阻式降压启动控制线路的电气结构图

该电路主要由供电电路和控制电路两部分构成。供电电路是由总电源开关QS、熔断器FU1 ~ FU3、交流接触器KM1、KM2的主触点(KM1-1、KM2-1)、启动电阻 $R_1 \sim R_3$ 、过热保护继电器FR1以及电动机M等构成的。控制电路是由熔断器FU4、FU5, 控制电路部分的常闭停止按钮SB3、全压启动按钮SB2、降压启动按钮SB1、交流接触器KM1、KM2的线圈以及常开触点(KM1-2、KM2-2)等构成的。

其电路的控制流程如下。

(1) 电动机的降压启动过程

首先合上总电源开关QS后, 按下降压启动按钮SB1后, 交流接触器KM1线圈得电吸合, 接触器KM1的常开触点KM1-2闭合自锁, 接触器KM1的主触点KM1-1闭合, 此时电动机串联电阻线路接通, 降压启动。



(2) 电动机的全压启动过程

当电动机转速升至接近额定转速时，按下全压启动按钮SB2，交流接触器KM2的线圈通电吸合，接触器KM2的常开触点KM2-2闭合自锁，接触器KM2的主触点KM2-1闭合，此时启动电阻R被短接，电动机在全压状态下开始运行。

在上述电路过程中，全压启动按钮SB2和降压启动按钮SB1具有顺序控制的能力，电路中KM1的常开触头串接在SB2、KM2线圈支路中起顺序控制的作用，也就是说只有KM1线圈先接通后，KM2线圈才能够接通，即电路先进入降压启动状态后，才能进入全压运行状态，达到降压启动、全压运行的控制目的。

(3) 电动机的停机过程

当需要电动机停止工作时，只要按下控制线路部分的停机按钮SB3后，接触器KM1、KM2的线圈将同时失电断开，接着接触器的主触点KM1-1、KM2-1同时断开，电动机停止运转。

4.2.2 三相交流感应电动机降压启动控制线路的PLC控制原理

下面我们具体介绍用PLC实现对三相交流感应电动机降压启动的控制原理。



三相交流感应电动机降压启动的PLC控制电路见图4-9。

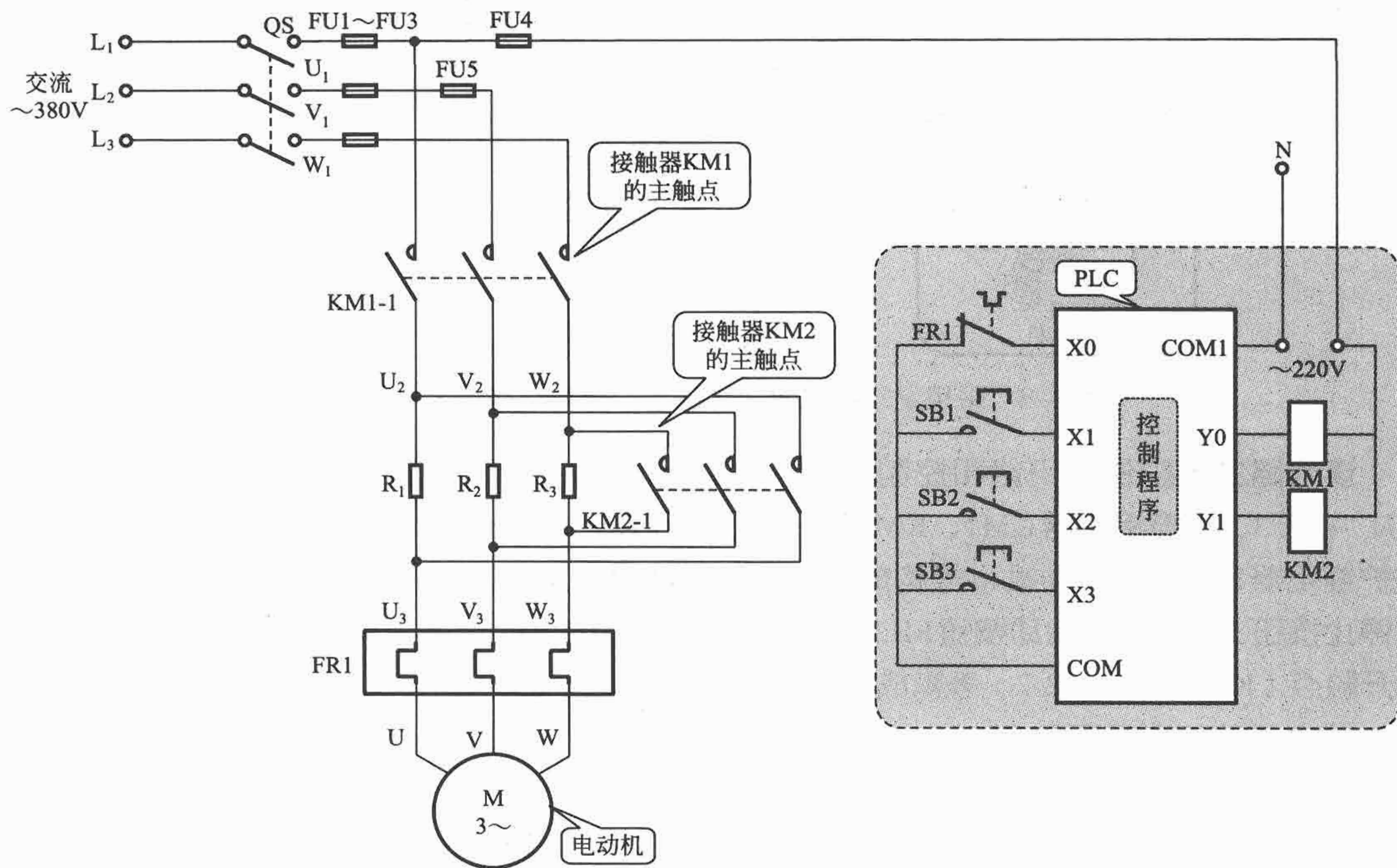
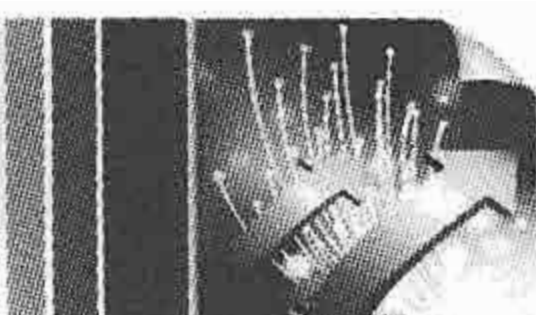


图4-9 三相交流感应电动机降压启动的PLC控制电路



该控制电路采用三菱FX2N系列PLC，电路中PLC控制I/O分配表见表4-2。

表4-2 三相交流感应电动机降压启动的三菱FX2N系列PLC控制I/O分配表

输入信号及地址编号			输出信号及地址编号		
名称	代号	输入点地址编号	名称	代号	输出点地址编号
过热保护继电器	FR1	X0	降压启动接触器	KM1	Y0
降压启动按钮	SB1	X1	全压启动接触器	KM2	Y1
全压启动按钮	SB2	X2			
停机按钮	SB3	X3			

图4-9中，通过PLC的I/O接口与外部电器部件进行连接，提高了系统的可靠性，并能够有效地降低故障率，维护方便。当使用编程软件向PLC中写入控制程序时，便可以实现外接电器部件及负载电动机等设备的自动控制。想要改动控制方式时，只需要修改PLC中的控制程序即可，大大提高了调试和改装效率。



三相交流感应电动机三菱FX2N系列PLC降压启动控制梯形图见图4-10。

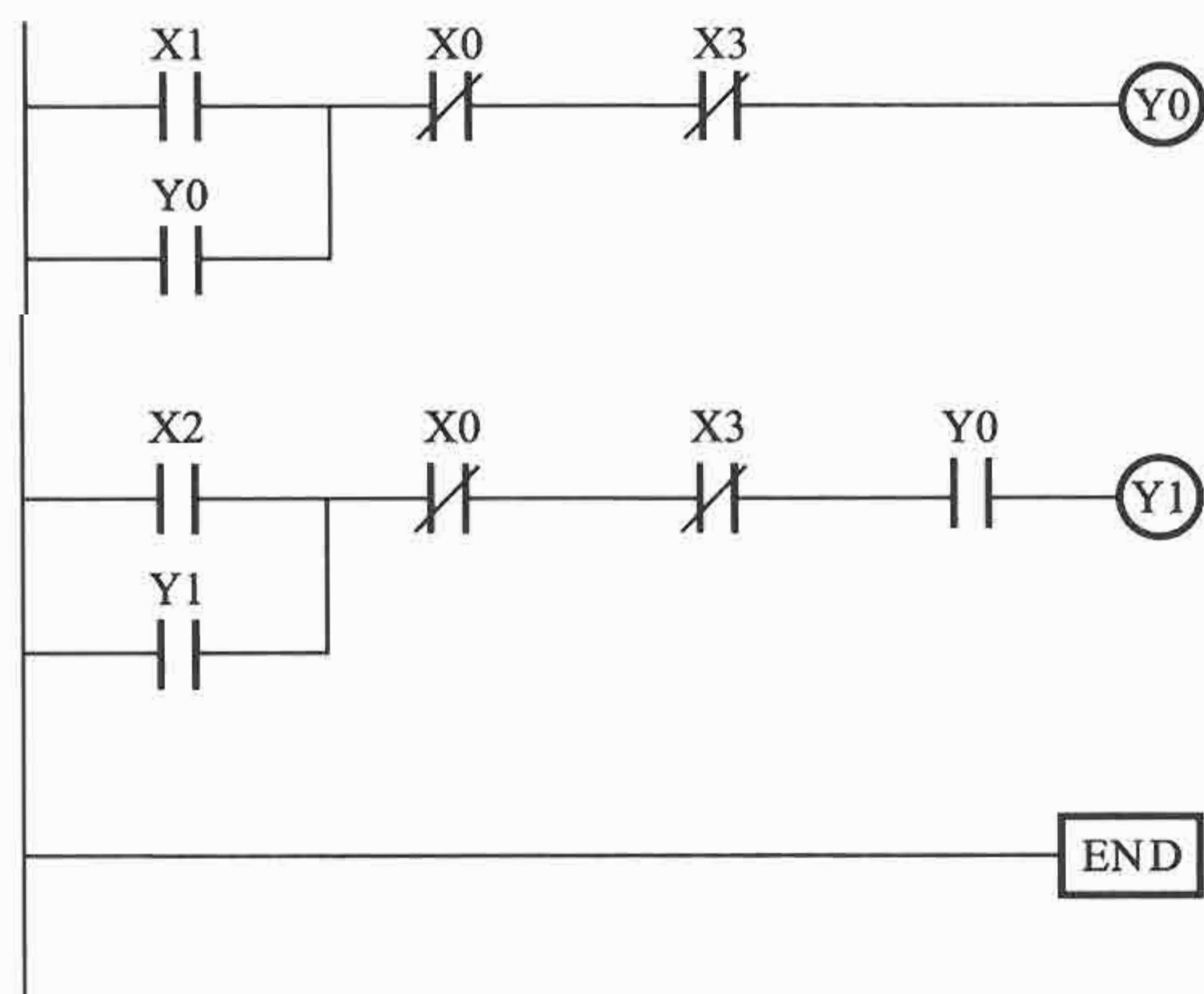


图4-10 三相交流感应电动机三菱FX2N系列PLC降压启动控制梯形图

根据梯形图识读该PLC的控制过程，首先可对照PLC控制电路和I/O分配表，在梯形图中进行适当文字注解，然后再根据操作动作具体分析降压启动、全压启动和停止的控制原理。

(1) PLC控制下三相交流感应电动机的降压启动过程



三相交流感应电动机三菱FX2N系列PLC控制电路的降压启动过程见图4-11。

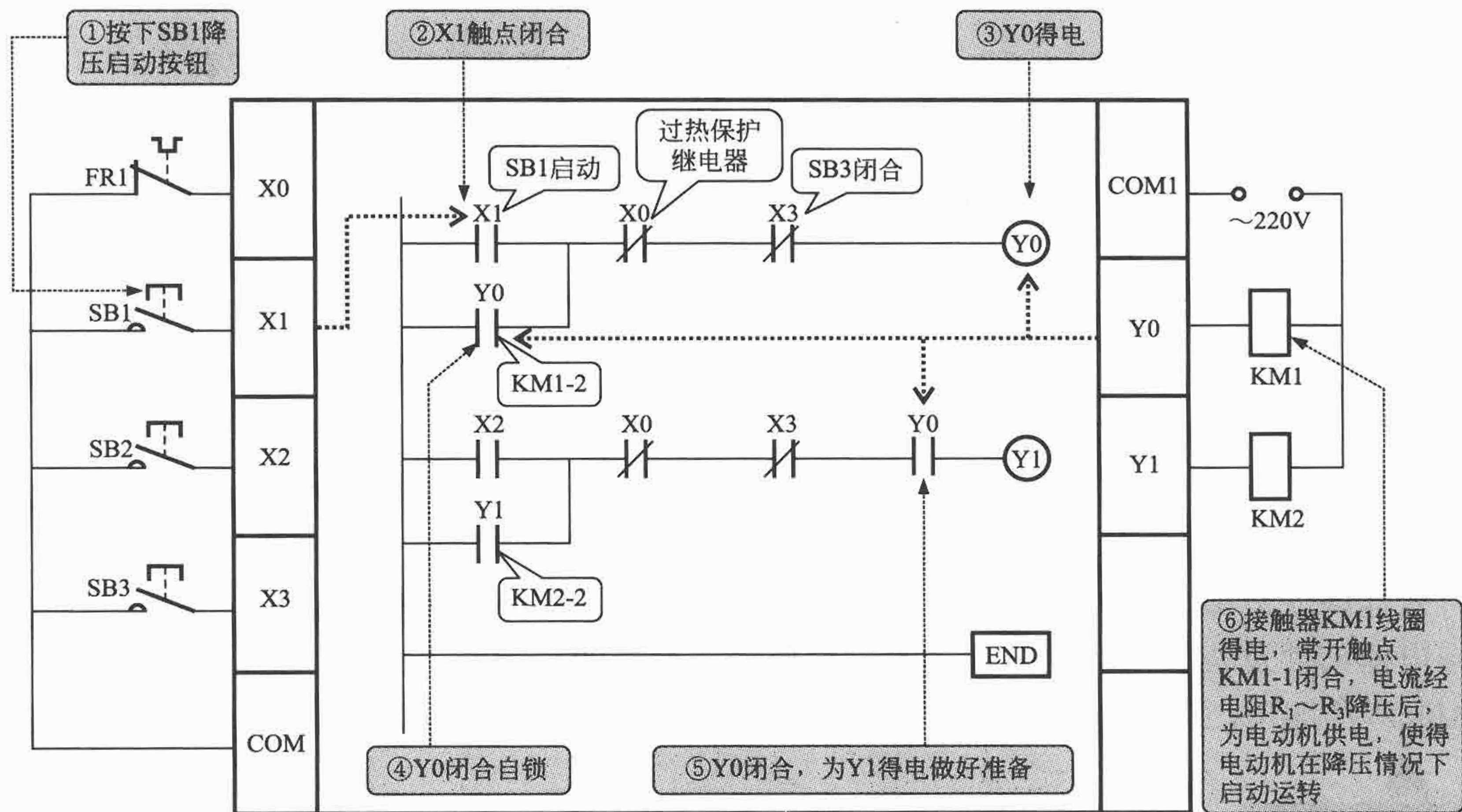
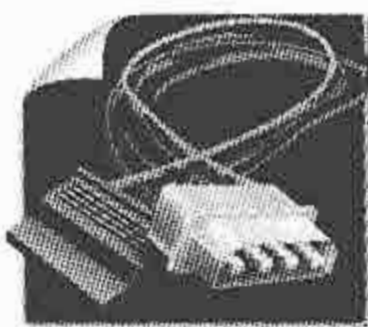


图4-11 PLC控制下三相交流感应电动机的降压启动过程

具体过程为：

当按下降压启动按钮SB1时，其将PLC内的X1置“1”，即该触点接通，使得Y0得电，控制PLC外接交流接触器KM1线圈得电。

Y0得电，常开触点Y0（KM1-2）闭合自锁；Y1线路上的Y0闭合，为Y1的得电做好准备，即为全压启动做好准备。

KM1得电，常开触点KM1-1闭合，电流经电阻 $R_1 \sim R_3$ 降压后，为电动机供电，使得电动机在降压情况下启动运转。

(2) PLC控制下三相交流感应电动机的全压启动过程



三相交流感应电动机三菱FX2N系列PLC控制电路的全压启动过程见图4-12。

具体过程为：

当按下全压启动按钮SB2时，其将PLC内的X2置“1”，即该触点接通，使得Y1得电，控制PLC外接交流接触器线圈KM2得电。

Y1得电，常开触点Y1（KM2-2）闭合自锁；KM2得电，常开触点KM2-1闭合，此时启动电阻 $R_1 \sim R_3$ 被短接，电流经接触器常开触点KM1-1、KM2-1，过热保护继电器FR1后，为电动机进行全压供电。

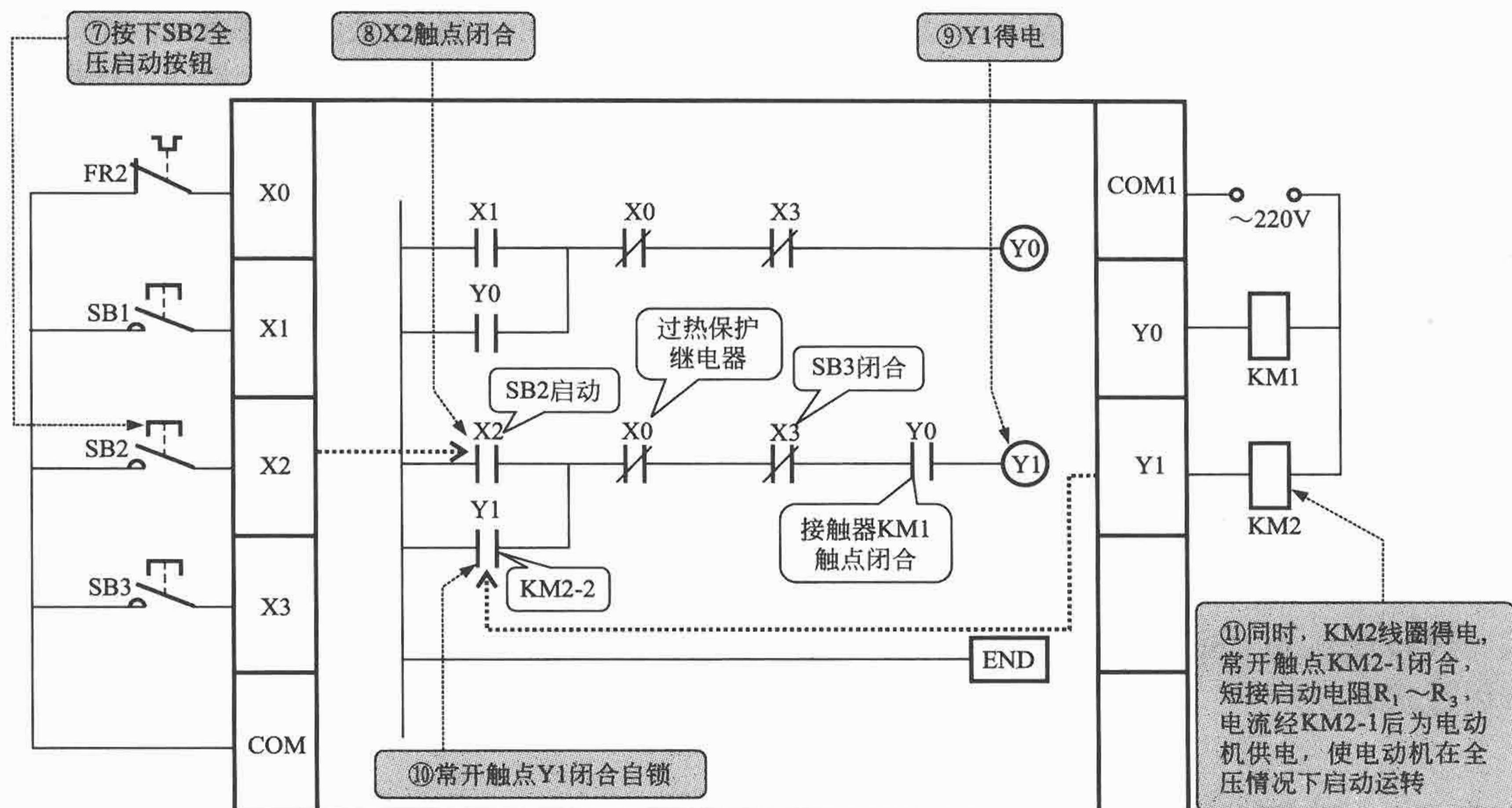
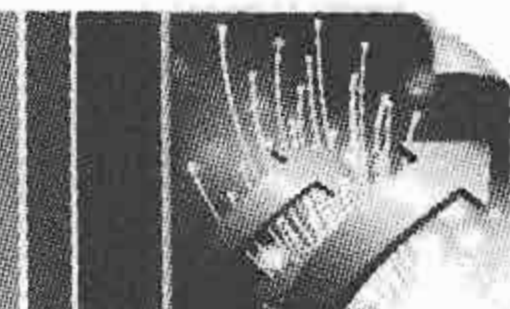


图4-12 PLC控制下三相交流感应电动机的全压启动过程

(3) PLC控制下三相交流感应电动机的停止过程



三相交流感应电动机三菱FX2N系列PLC控制电路的停止过程见图4-13。

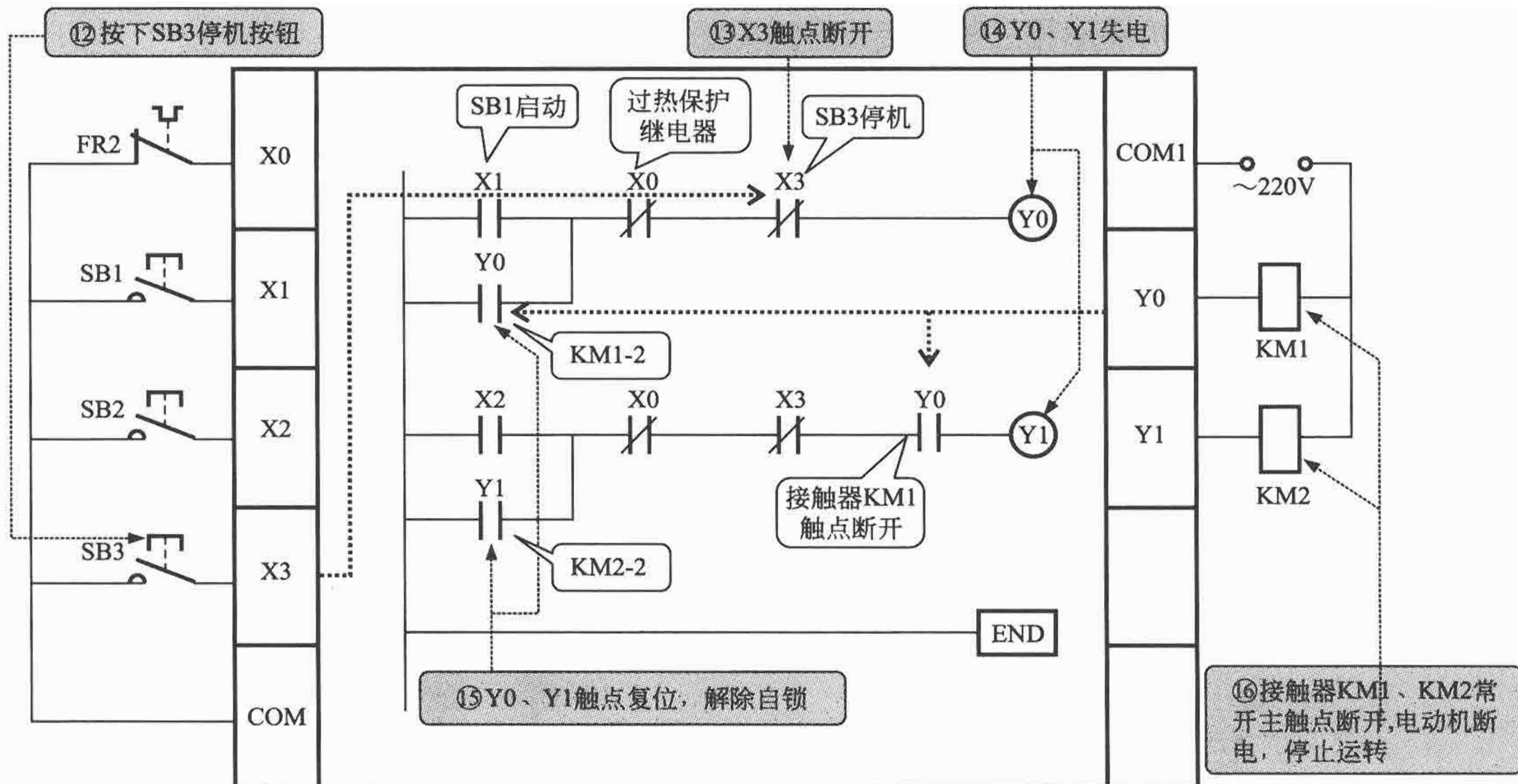
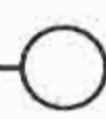
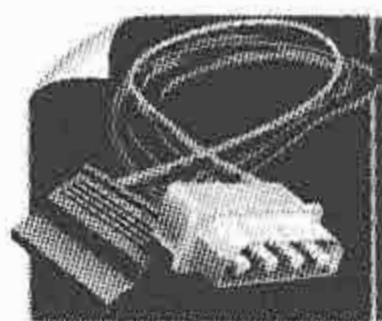


图4-13 PLC控制下三相交流感应电动机的停止过程

具体控制过程为：

当按下停机按钮SB3时，其将PLC内的X3置“0”，即该触点断开，使得Y0、Y1失电，常



开触点Y0 (KM1-2)、Y1 (KM2-2) 复位断开, 接触自锁。PLC外接交流接触器线圈KM1、KM2失电, 主电路中的主触点KM1-1、KM2-1 复位断开, 切断电动机电源, 电动机停止运转。

4.3

三相交流感应电动机Y- Δ 降压启动控制线路的PLC控制

三相交流感应电动机的接线方式主要有星形连接 (Y) 和三角形连接 (Δ) 两种方式。对于接在电源电压为 380 V 的电动机来说, 当电动机星形连接时, 电动机每相承受的电压为 220 V, 当电动机采用三角形接线方式时, 电动机每相承受的电压为 380 V。

对于电动机的Y- Δ 降压启动是指电动机启动时, 由电路控制定子绕组先连接成星形方式, 待转速达到一定值后, 再由电路控制定子绕组换接成三角形, 此后电动机进入全压正常运行状态。

4.3.1 三相交流感应电动机Y- Δ 降压启动控制线路的电气结构

(1) 三相交流感应电动机Y- Δ 的连接方式

普通电动机一般将三相绕组的端子共6根导线引出到接线盒内。电动机的接线方法一般有两种, 星形 (Y) 和三角形 (Δ) 接法。



三相交流感应电动机星形和三角形接线方法见图4-14。

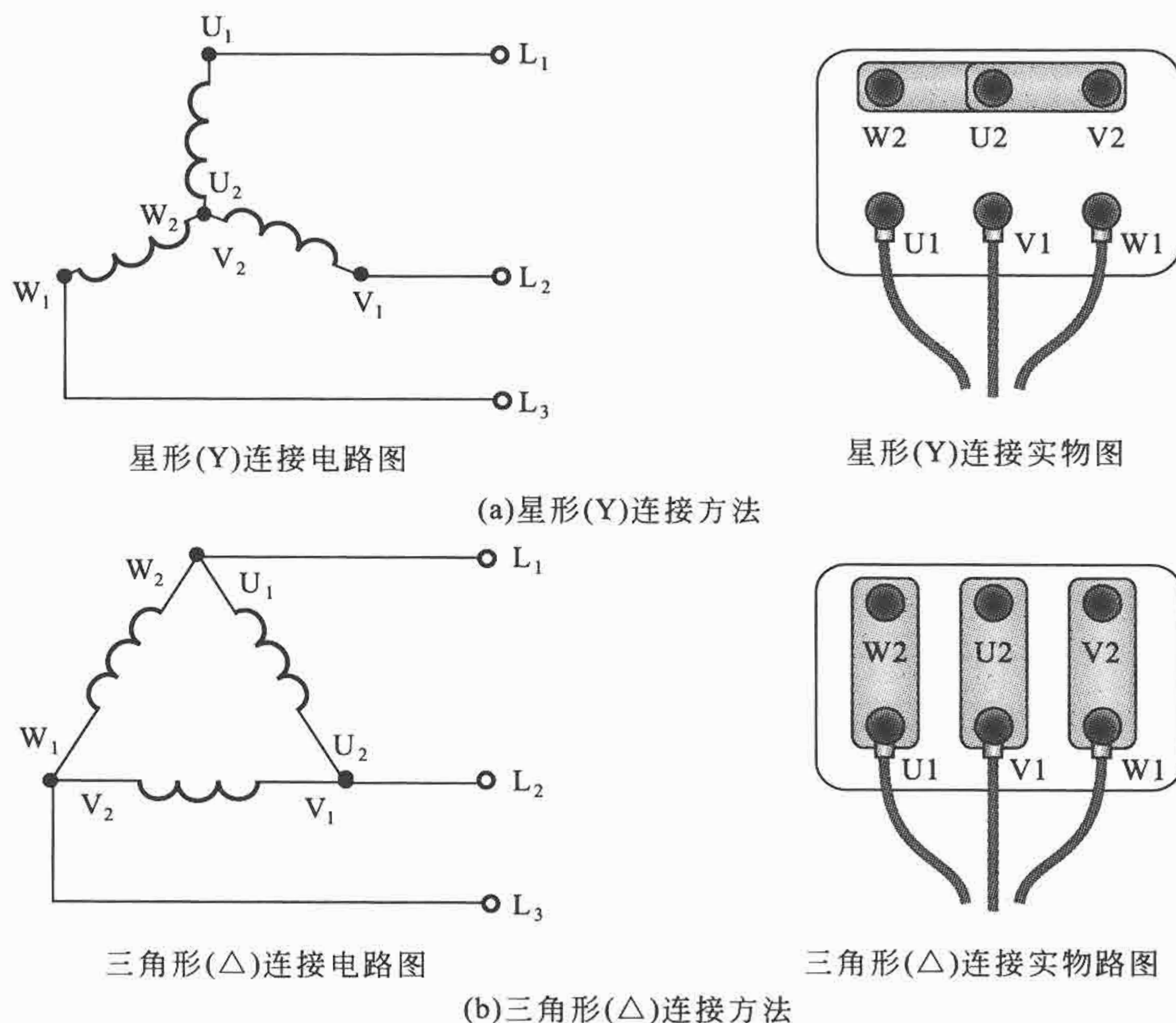


图4-14 三相交流感应电动机星形和三角形接线方法

(2) 三相交流感应电动机Y-Δ降压启动控制线路的电气结构



三相交流感应电动机Y-Δ降压启动控制线路的电气结构见图4-15。

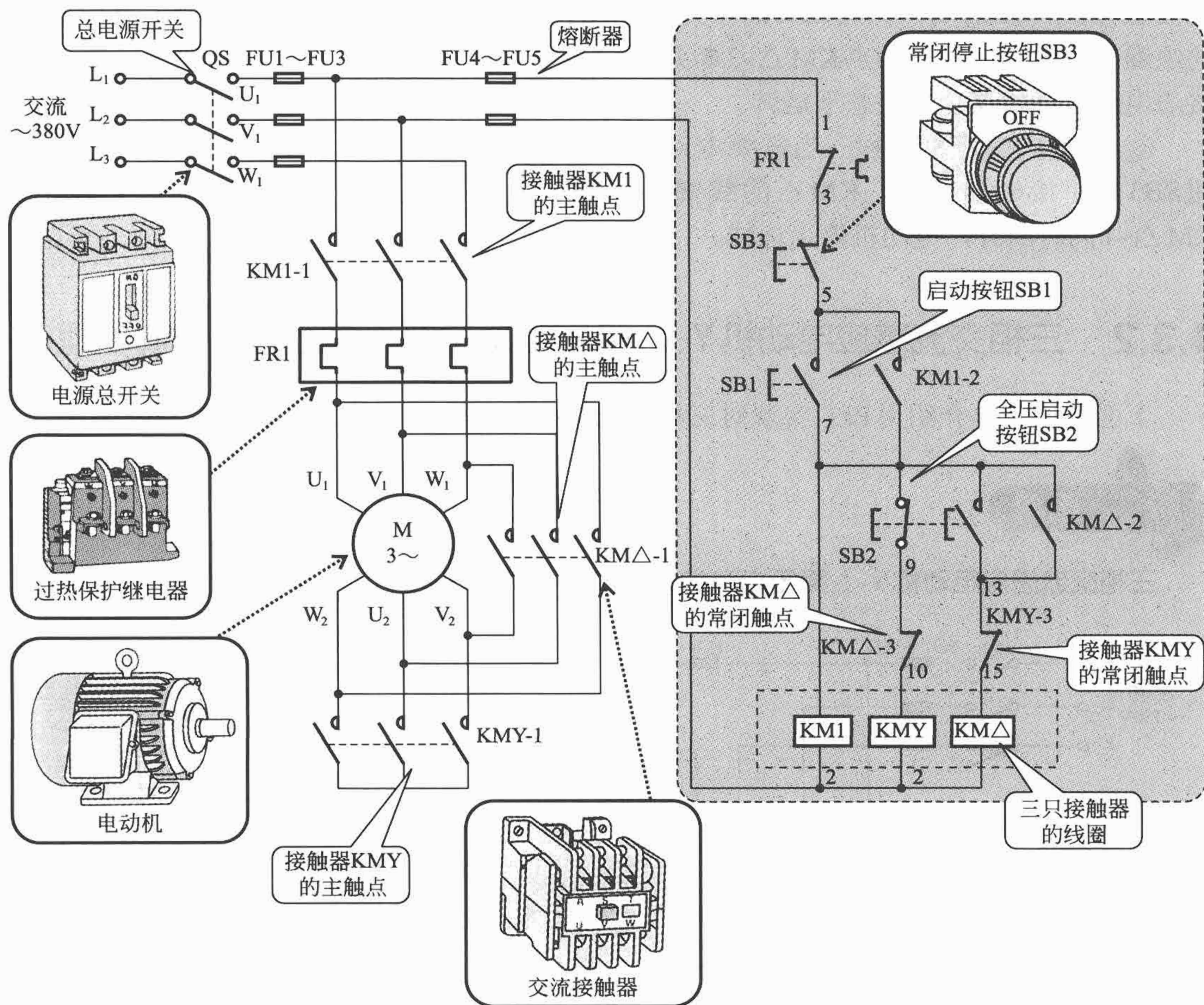
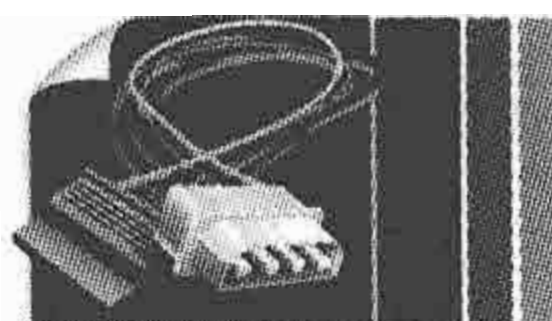


图4-15 三相交流感应电动机Y-Δ降压启动控制线路的电气结构

该电路主要由供电电路和控制电路两部分构成。供电电路是由总电源开关QS、熔断器FU1 ~ FU3、过热保护继电器FR1、交流接触器KM1、KMΔ、KMY的主触点(KM1-1、KMΔ-1、KMY-1)以及电动机M等构成的。控制电路是由熔断器FU4、FU5，控制电路部分的常闭停止按钮SB3、启动按钮SB1、全压启动按钮SB2(复合按钮)、三只交流接触器(KM1、KMΔ、KMY)的线圈、KM1的常开自锁触点KM1-2、KMΔ的常开自锁触点KMΔ-2等构成的。

其电路的控制流程如下。

① 电动机的降压启动过程 首先合上总电源开关QS，按下启动按钮SB1，交流接触器KM1线圈得电吸合，常开触点KM1-2闭合自锁，常开主触点KM1-1闭合，为电动机的启动做好准备；同时，交流接触器KMY线圈也得电吸合，常闭触点KMY-3断开，保证KMΔ



的线圈不会得电，常开主触点KMY-1闭合，此时电动机以星形（Y）方式接通电路，降压启动。

② 电动机的全压运转过程 当电动机转速升至接近额定转速时，按下全压运转按钮SB2，SB2的常闭触点断开，常开触点闭合。

当SB2常闭触点断开时，接触器KMY线圈因断电而断开，其常开触点KMY-1断开，电动机停止降压启动，同时SB2的常开触点闭合，接通接触器KM△的线圈。此时KM△的线圈得电吸合，常闭触点KM△-3断开，KM△的主触点闭合，此时电动机为三角形方式接通电路，开始在全压状态下运转。

③ 电动机的停机过程 当需要电动机停止工作时，只要按下控制线路部分的停止按钮SB3后，接触器KM1、KM△的线圈将同时失电断开，接着接触器的主触点KM1-1、KM△-1同时断开，电动机停止运转。

4.3.2 三相交流感应电动机Y-△降压启动控制线路的PLC控制原理

下面我们具体介绍用PLC实现对三相交流感应电动机Y-△降压启动的控制原理。



三相交流感应电动机Y-△降压启动的PLC控制电路见图4-16。

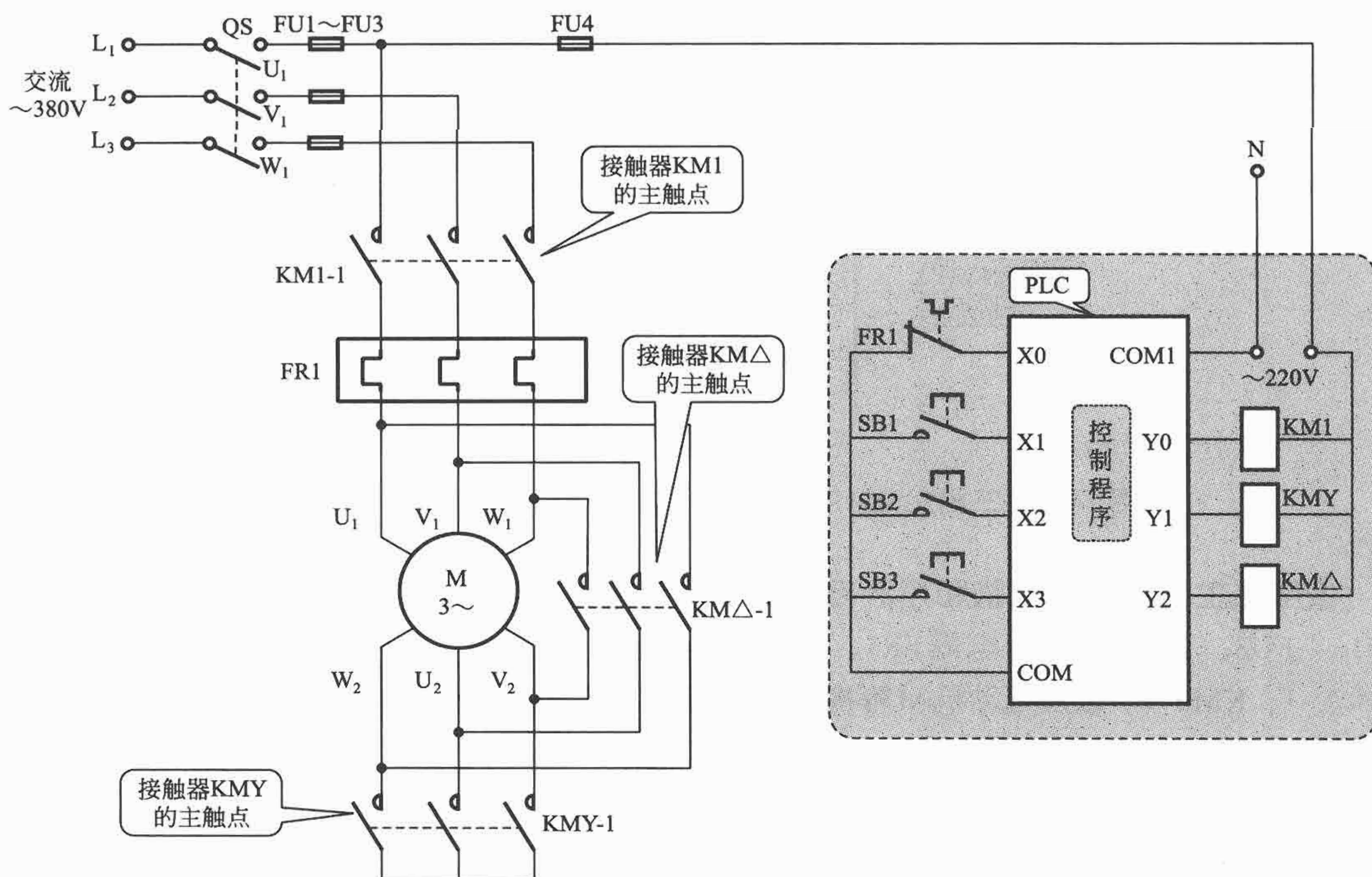


图4-16 三相交流感应电动机Y-△降压启动的PLC控制电路

该控制电路采用三菱FX2N系列PLC，电路中PLC控制I/O分配表见表4-3。

表4-3 三相交流感应电动机Y- Δ 降压启动的三菱FX2N系列PLC控制I/O分配表

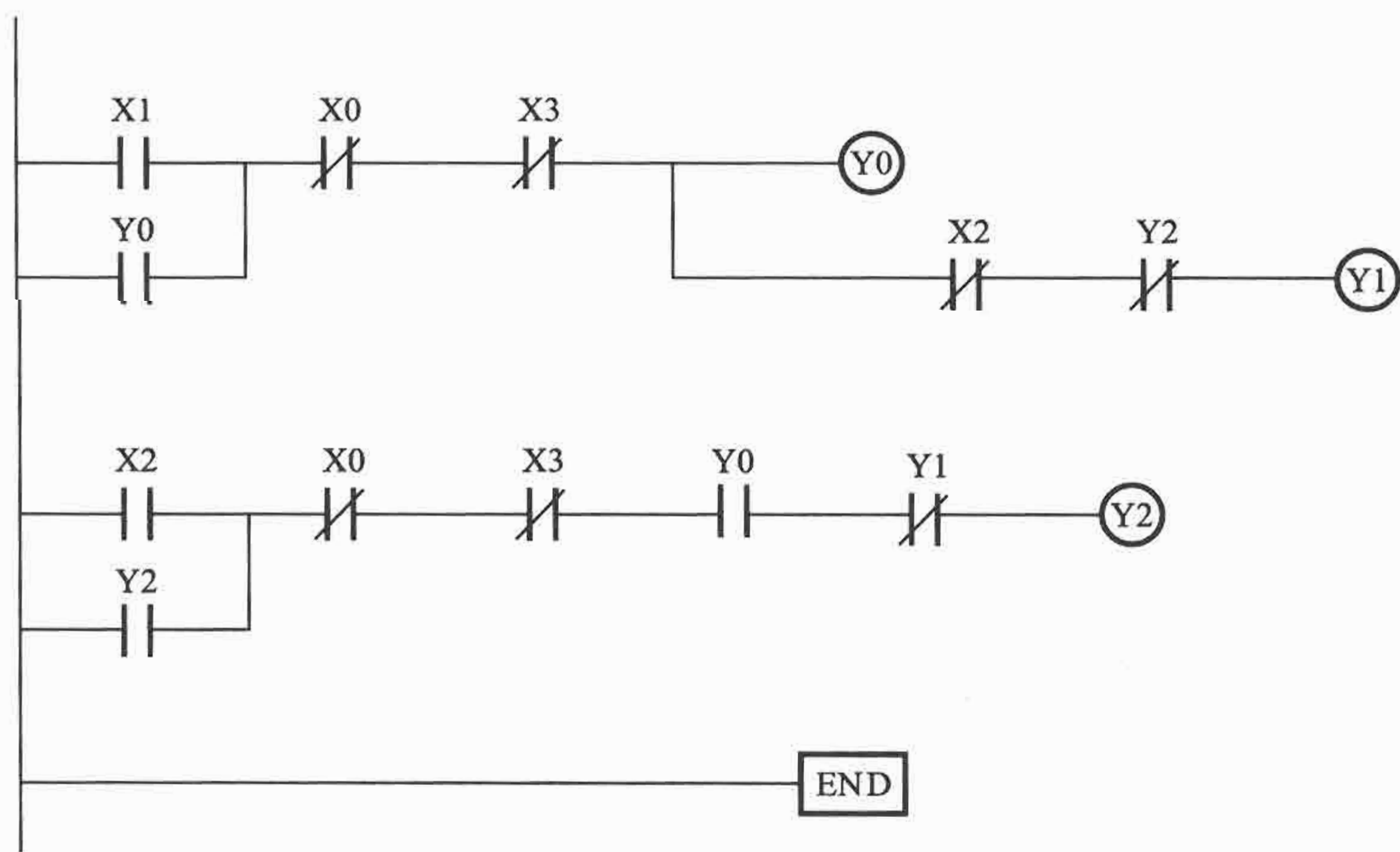
输入信号及地址编号			输出信号及地址编号		
名称	代号	输入点地址编号	名称	代号	输出点地址编号
过热保护继电器	FR1	X0	主电动机接触器	KM1	Y0
Y形降压启动按钮	SB1	X1	Y形电动机接触器	KMY	Y1
Δ 形全压启动按钮	SB2	X2	Δ 形电动机接触器	KM Δ	Y2
停止按钮	SB3	X3			

图4-16中,通过PLC的I/O接口与外部电器部件进行连接,提高了系统的可靠性,并能够有效地降低故障率,维护方便。当使用编程软件向PLC中写入控制程序,便可以实现外接电器部件及负载电动机等设备的自动控制了。想要改动控制方式时,只需要修改PLC中的控制程序即可,大大提高了调试和改装效率。



图解

三相交流感应电动机Y- Δ 三菱FX2N系列PLC降压启动控制梯形图见图4-17。

图4-17 三相交流感应电动机Y- Δ 三菱FX2N系列PLC降压启动控制梯形图

根据梯形图识读该PLC的控制过程,首先可对照PLC控制电路和I/O分配表,在梯形图中进行适当文字注解,然后再根据操作动作具体分析降压启动、全压启动和停止的控制原理。

(1) PLC控制下三相交流感应电动机Y形降压启动过程



图解

三相交流感应电动机Y形三菱FX2N系列PLC控制电路的降压启动过程见图4-18。

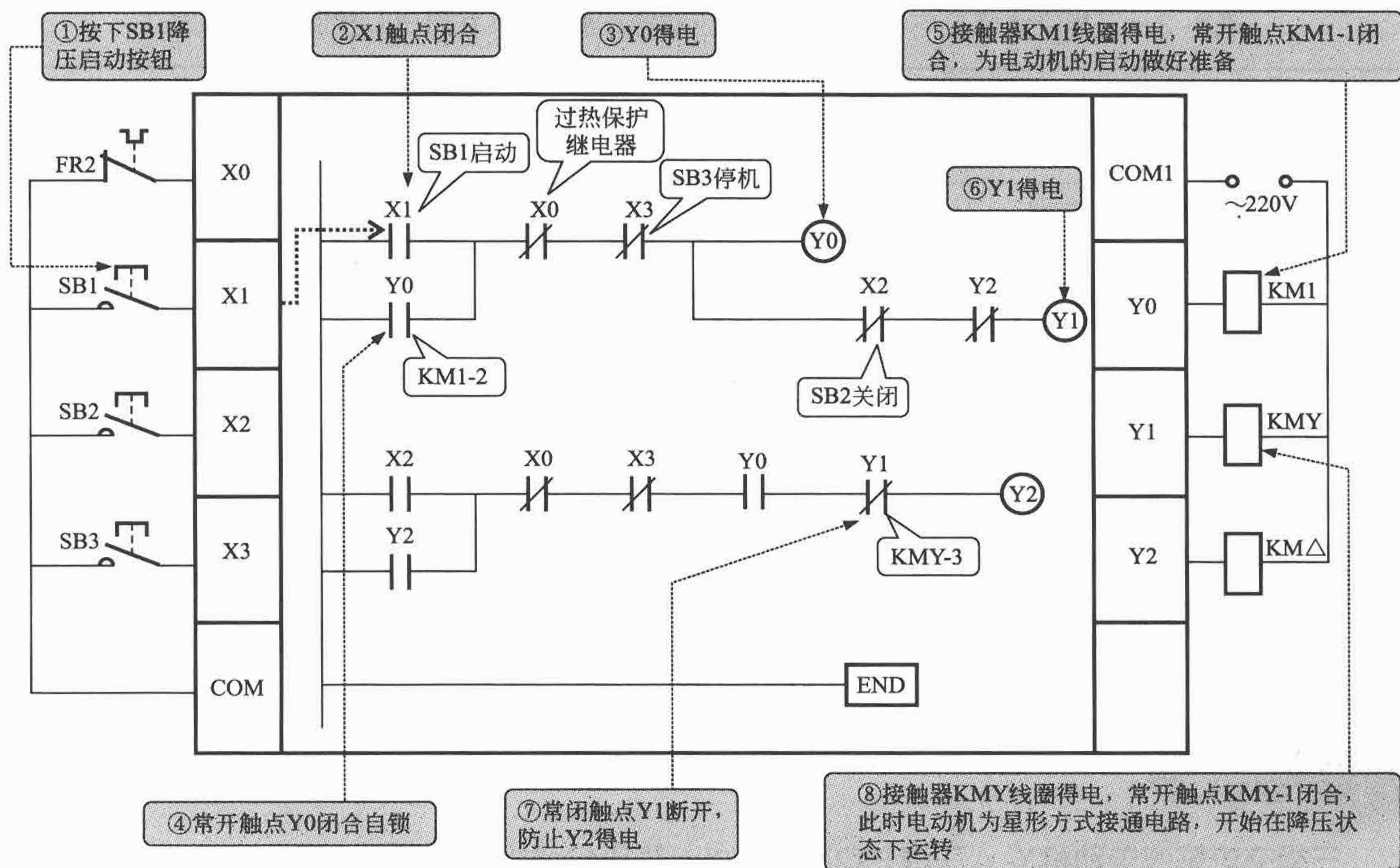
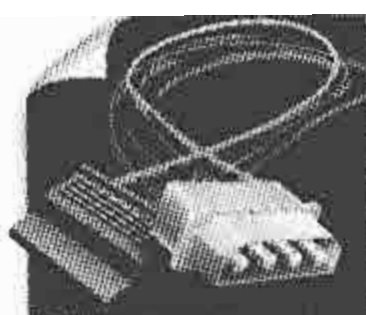


图 4-18 PLC 控制下三相交流感应电动机 Y 形的降压启动过程

具体过程为：

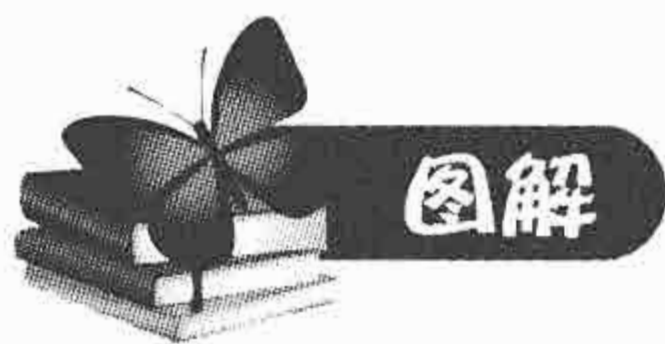
当按下降压启动按钮 SB1 时，其将 PLC 内的 X1 置“1”，即该触点接通，使得 Y0 得电，控制 PLC 外接交流接触器线圈 KM1 得电，

Y0 得电，常开触点 Y0 (KM1-2) 闭合自锁，即使启动按钮断开，电动机仍然会保持运行。

KM1 得电，常开主触点 KM1-1 接通，为电动机的启动做好准备。

此时，Y1 也得电，常闭触点 Y1 (KMY-3) 断开，防止 Y2 得电，即防止 KM Δ 得电，电动机进入全压启动；同时 PLC 外接交流接触器 KMY 线圈得电，常开触点 KMY-1 闭合，实现三相交流感应电动机 Y 形的降压启动过程。

(2) PLC 控制下三相交流感应电动机 Δ 形的全压启动过程



三相交流感应电动机 Δ 形三菱 FX2N 系列 PLC 控制电路的全压启动过程见图 4-19。

具体过程为：

当按下全压启动按钮 SB2 时，其将 PLC 内的 X2 的常闭触点置“0”，该触点断开，Y1 失电，触点复位，KMY 失电，触点复位，电动机停止降压启动；X2 的常开触点置“1”。即该触点接通，Y2 得电，常开触点 Y2 (KM Δ -2) 闭合自锁，常闭触点 Y2 (KM Δ -3) 断开，防止 Y1 得电，同时 PLC 外接交流接触器 KM Δ 得电，主电路中的常开主触点 KM Δ -1 闭合，接通电动机电源，电动机全压启动运转。

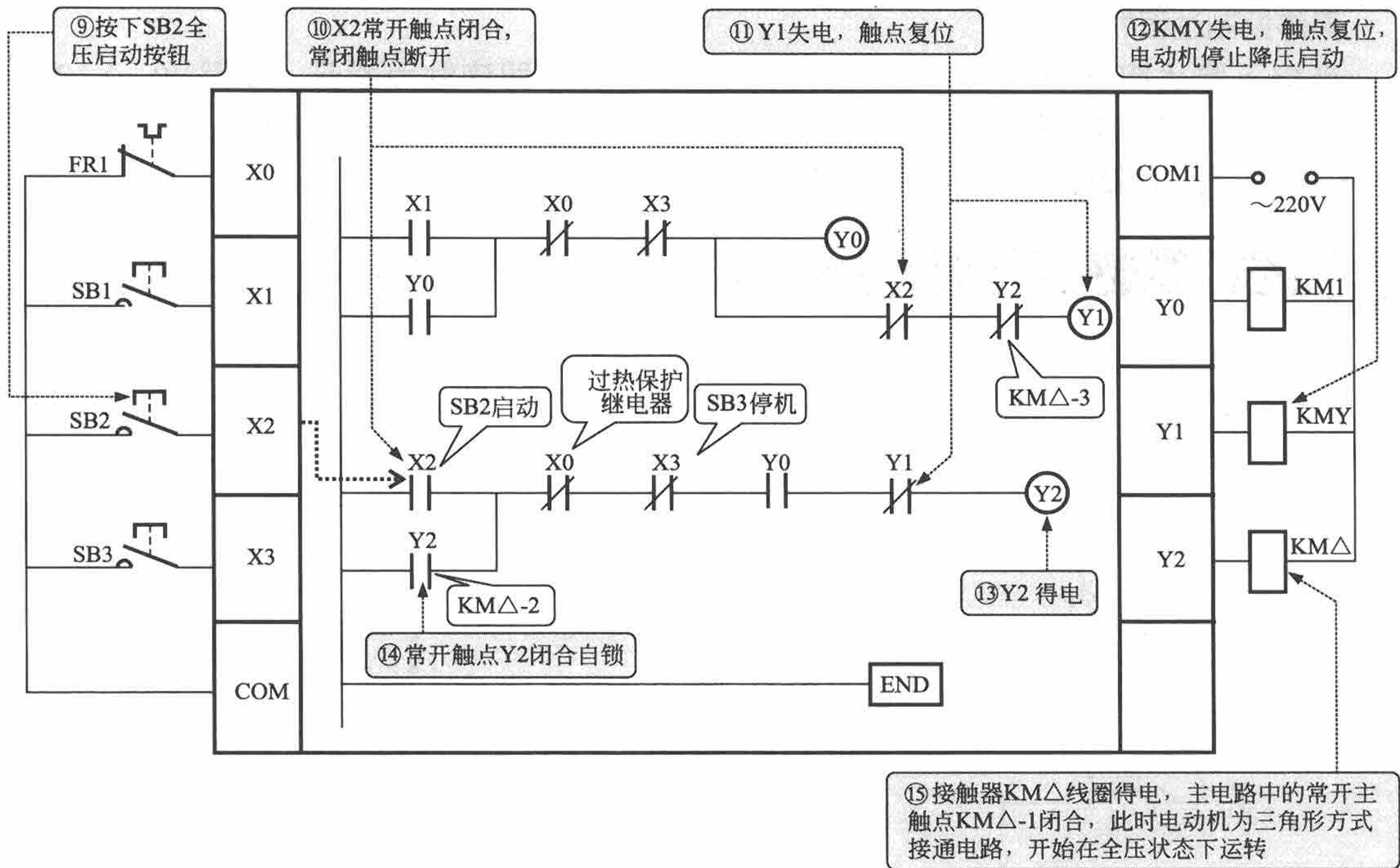
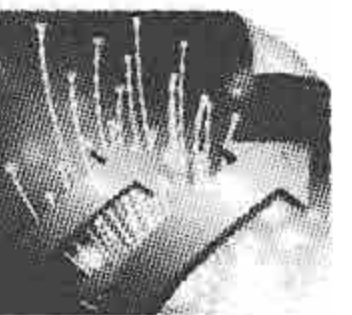


图4-19 PLC控制下三相交流感应电动机Δ形的全压启动过程

(3) PLC控制下三相交流感应电动机Y-Δ的停止过程



三相交流感应电动机Y-Δ三菱FX2N系列PLC控制电路的停止过程见图4-20。

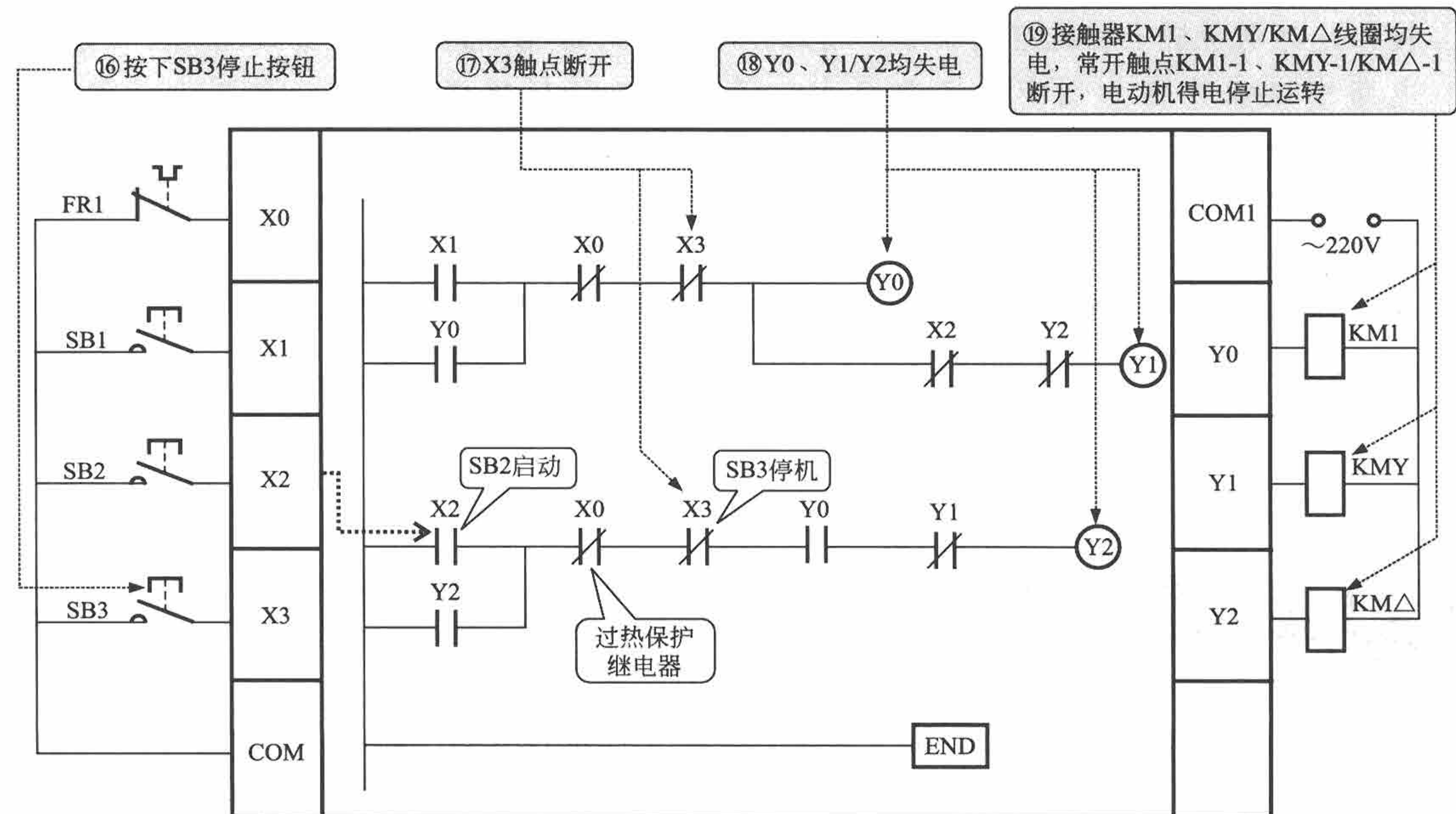
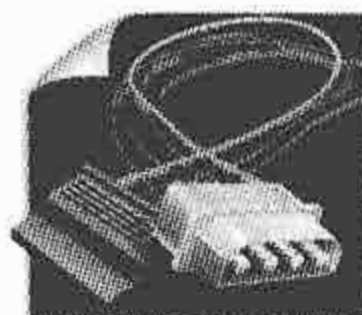


图4-20 PLC控制下三相交流感应电动机Y-Δ的停止过程



具体控制过程为：

当按下停止按钮SB3时，其将PLC内的X3置“0”，即该触点断开，使得Y0、Y1/Y2均失电，PLC外接交流接触器线圈KM1、KMY/KM Δ 均失电，主电路中的常开主触点KM1-1、KMY-1/KM Δ -1均复位断开，切断电动机电源，电动机停止运转。



扩展

三相电动机定子绕组的连接方法除本例介绍的简单 Δ 形和Y形接法外，常见的还有低速 Δ 形接法和高速YY接法，具体方法见图4-21。

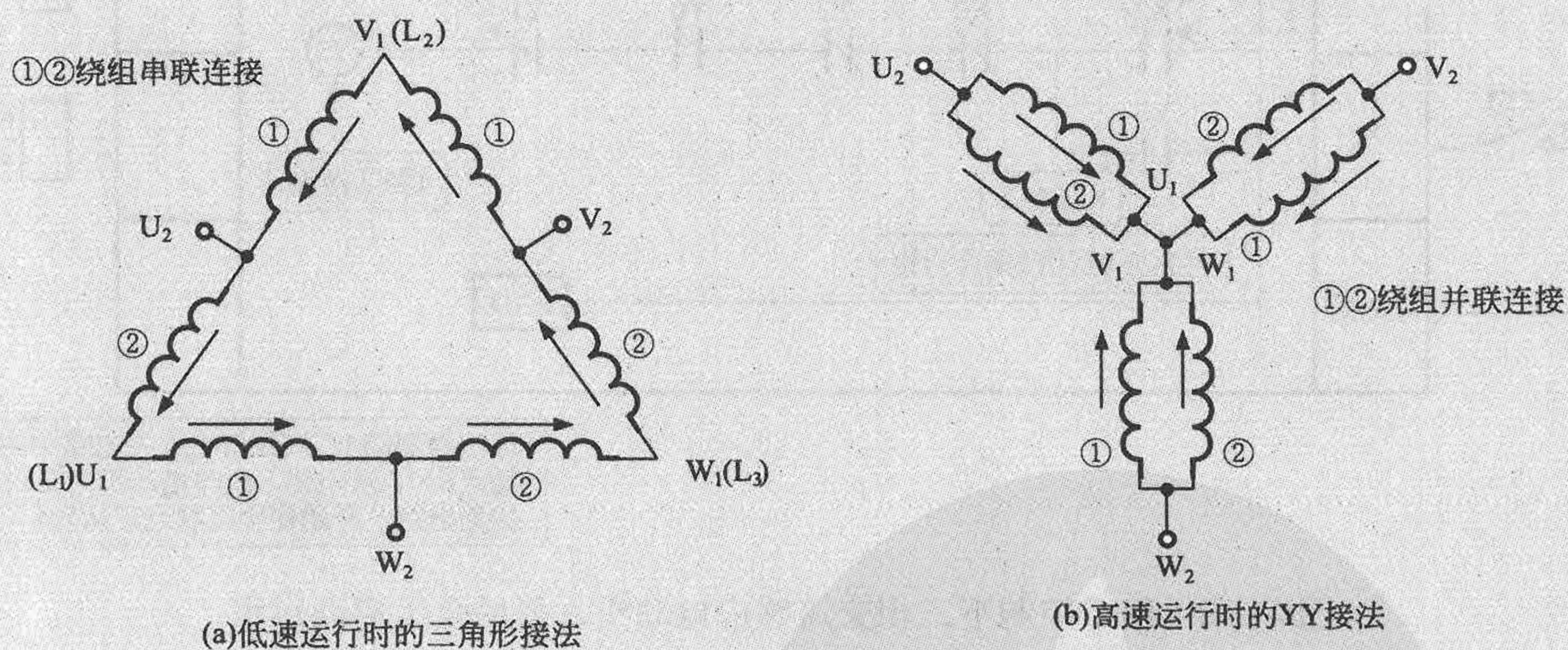


图4-21 双速电动机定子绕组的连接方法

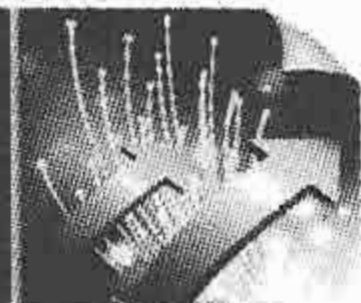
图4-21 (a) 所示为低速运行时电动机定子的三角形 (Δ) 连接方法。这种接法中，电动机的三相定子绕组接成三角形，三相电源线 L_1 、 L_2 、 L_3 分别连接在定子绕组三个出线端 U_1 、 V_1 、 W_1 上，且每相绕组的中点接出的接线端 U_2 、 V_2 、 W_2 悬空不接，此时电动机三相绕组构成了三角形连接，此时每相绕组的①、②线圈相互串联，电路中电流方向如图中的箭头所示。若此时电动机磁极为4极，则同步转速为1500r/min。

图4-21 (b) 所示为高速运行的YY连接。这种连接是指将三相电源 L_1 、 L_2 、 L_3 连接在定子绕组的出线端 U_2 、 V_2 、 W_2 上，且将接线端 U_1 、 V_1 、 W_1 连接在一起，此时电动机每相绕组的①、②线圈相互并联，电流方向如图中箭头方向。此时电动机磁极为2极，同步转速为3000r/min。



4.4 三相交流感应电动机正反转控制线路的PLC控制

在工业生产中常常需要运动部件进行正反两个方向的运动，如起重机悬吊重物时的上升与下降，机床工作台的前进与后退，车床主轴的正转与反转等，这些工作都要求拖动机



械设备的电动机能灵活实现正、反两个方向的运转,能够实现这种控制方式的接线形式称为电动机的正、反转控制电路。

4.4.1 三相交流感应电动机正反转控制线路的电气结构

电动机的正、反转控制通常采用改变接入电动机绕组的电源相序来实现。



三相交流感应电动机正反转控制线路的电气结构见图 4-22。

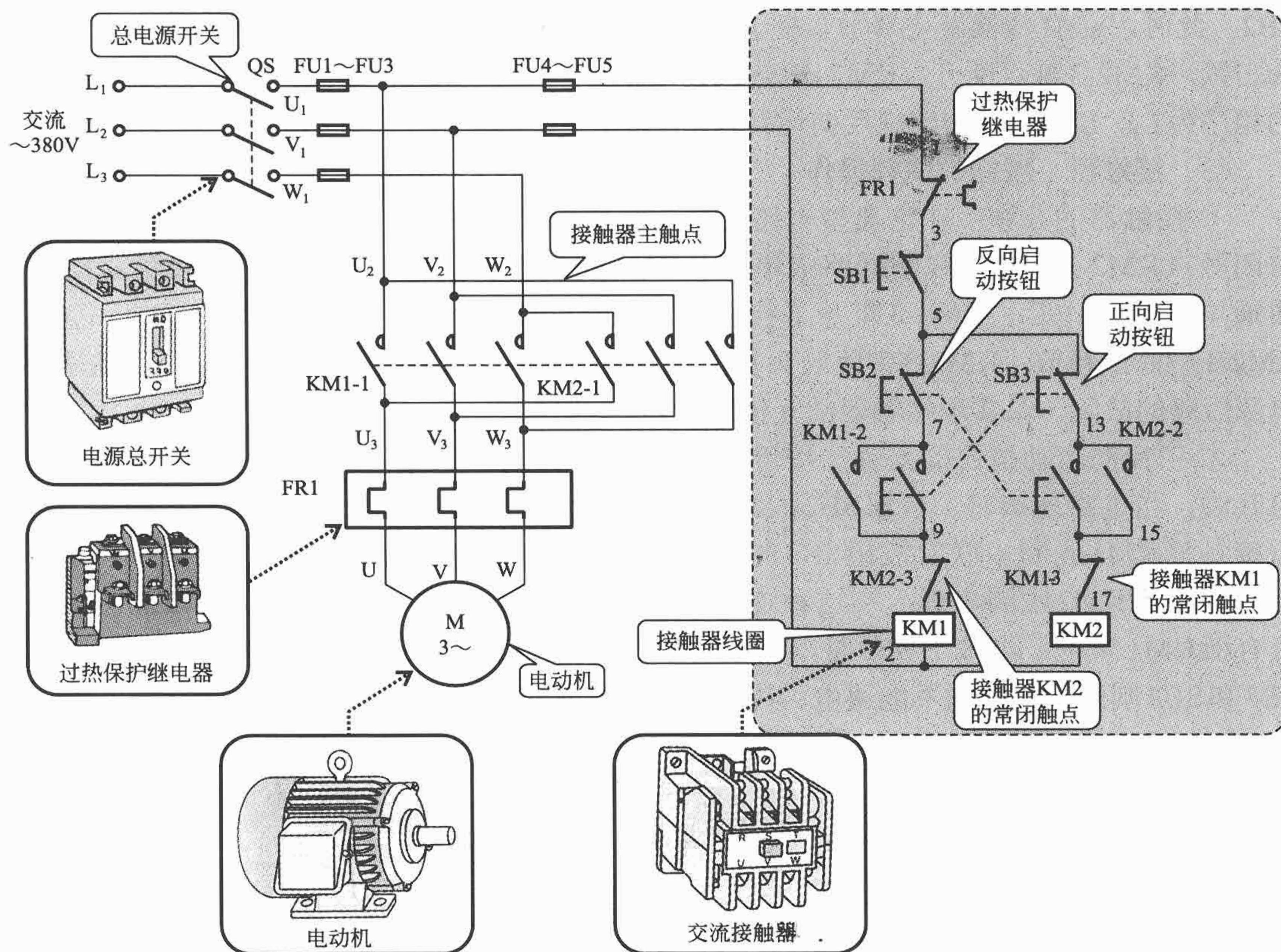


图 4-22 三相交流感应电动机正反转控制线路的电气结构

该电路主要由电动机供电电路和控制电路构成。供电电路是由总电源开关QS、熔断器FU1 ~ FU3、交流接触器KM1、KM2的主触点(KM1-1、KM2-1)、过热保护器FR1以及电动机M等构成的。控制电路由熔断器FU4、FU5、控制电路部分的停止按钮SB1,正、反向启动按钮SB2、SB3,交流接触器KM1、KM2的线圈自锁触点(KM1-2、KM2-2)和常闭触点(KM1-3、KM2-3)等构成。

电路中采用了两只交流接触器(KM1、KM2)来换接电动机三相电源的相序,同时为保证两个接触器不能同时吸合(否则将造成电源短路事故),在控制电路中采用了按钮和接触器联



锁方式，即在接触器KM1线圈支路中串入KM2的常闭触点，KM2线圈支路中串入KM1常闭触点，并将正反转启动按钮SB2、SB3的常闭触点分别与对方的常开触点串联。

其电路的控制流程如下。

(1) 电动机的正向启动过程

首先合上总电源开关QS，接通三相电源，按下正向启动按钮SB3后，SB3常闭触点断开，常开触点闭合；接触器KM1的线圈通电吸合，此过程中，KM1的自锁触点KM1-2闭合；常闭触点KM1-3断开，使接触器KM2断开电路；主触点KM1-1闭合，电动机接通电源相序 L_1 、 L_2 、 L_3 正向启动运行。

(2) 电动机的反向启动过程

在该电路中，实现电动机反向启动控制时，松开SB3按钮，然后按下反向启动按钮SB2，此时，KM1线圈断电释放，断开正向电源，KM2线圈通电吸合，常开触点KM2-2闭合自锁，KM2-3触点断开，KM2主触点KM2-1闭合接通电动机，此时电动机接入三相电源的相序为 L_3 、 L_2 、 L_1 ，即实现反向运转。

(3) 接触器、按钮的联锁操作

① 接触器的互锁 在该典型电路中，接触器KM1的线圈回路中串入了接触器KM2的常闭触点KM2-3，KM2线圈回路中串入了KM1的常闭触点KM1-3。当正转接触器KM1线圈通电吸合动作后，KM1-3断开了接触器KM2的线圈的供电电路。当KM1-1得电吸合，KM2-1应断电释放，KM2-3常闭触头复位，由此有效防止了KM1、KM2同时吸合造成三相电源短路的故障，又实现接触器的互锁功能。

② 正反向启动按钮的互锁 按钮SB2、SB3是具有—对常开触点和—对常闭触点的按钮开关。当电路连接时，按钮SB2的常开触点与接触器KM2的线圈串联，SB2的常闭触点与接触器KM1线圈串联；按钮SB3的常开触点与接触器KM1的线圈串联，SB3的常闭触点与接触器KM2线圈串联。在这种连接方式下，当按下SB2时，接触器KM2的线圈通电吸合而KM1断电；当按下SB3时，接触器KM1的线圈通电吸合而KM2断电；若同时按下SB2和SB3则两只线圈均不能通电，达到线路按钮互锁的作用。

(4) 电动机的停机过程

若要求机械设备停止作业时，则需按下按钮停机键SB1。此时，不论电动机处于正向运转状态还是反向运转状态，都可实现断开电路停机的作用。

(5) 电路的过载、过流保护

电路中熔断器FU1～FU3为三相供电电路中的过流保护器件；FU4、FU5为控制电路部分的过流保护器件；过热保护继电器FR1作为电动机的过热保护器件。

4.4.2 三相交流感应电动机正反转控制线路的PLC控制原理

下面我们具体介绍用PLC实现对三相交流感应电动机正反转的控制原理。



三相交流感应电动机正反转的PLC控制电路见图4-23。

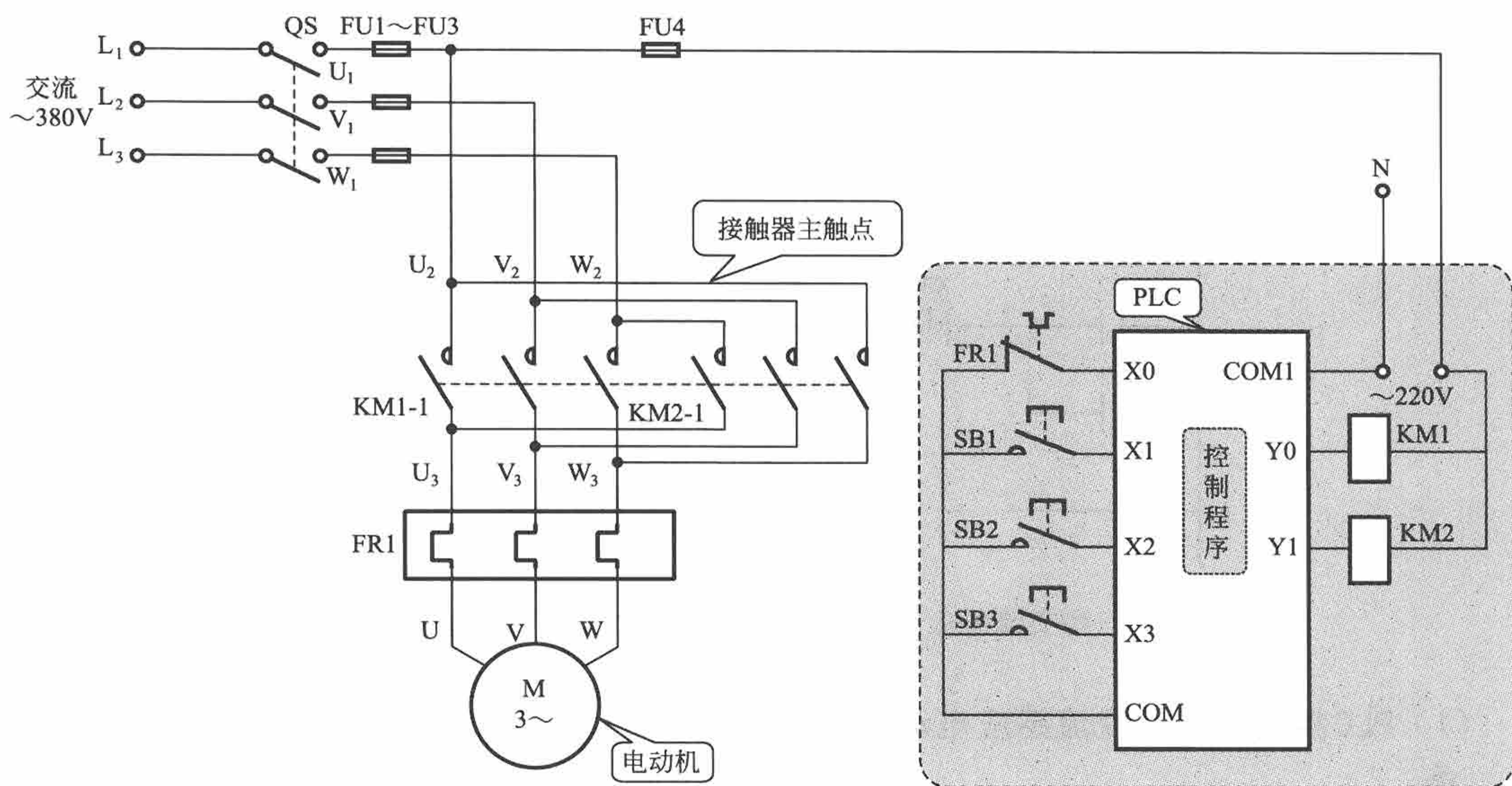
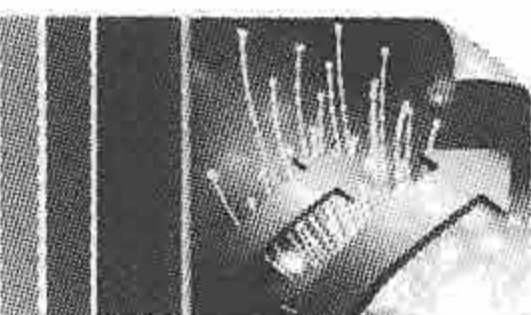


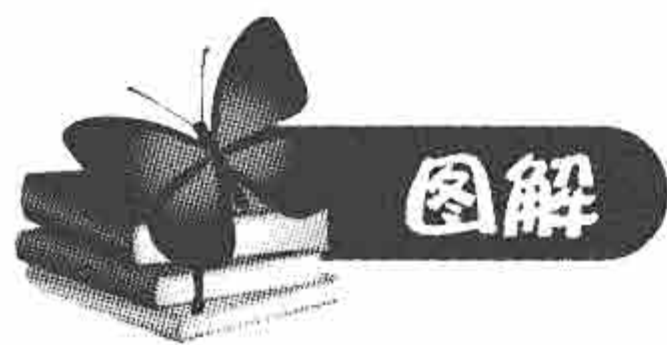
图4-23 三相交流感应电动机正反转的PLC控制电路

该控制电路采用三菱FX2N系列PLC，电路中PLC控制I/O分配表见表4-4。

表4-4 三相交流感应电动机正反转的三菱FX2N系列PLC控制I/O分配表

输入信号及地址编号			输出信号及地址编号		
名称	代号	输入点地址编号	名称	代号	输出点地址编号
过热保护继电器	FR1	X0	正向启动接触器	KM1	Y0
停止按钮	SB1	X1	反向启动接触器	KM2	Y1
反向启动按钮	SB2	X2			
正向启动按钮	SB3	X3			

图4-22中，通过PLC的I/O接口与外部电器部件进行连接，提高了系统的可靠性，并能够有效地降低故障率，维护方便。当使用编程软件向PLC中写入控制程序，便可以实现外接电器部件及负载电动机等设备的自动控制。想要改动控制方式时，只需要修改PLC中的控制程序即可，大大提高了调试和改装效率。



三相交流感应电动机三菱FX2N系列PLC正反转控制梯形图见图4-24。

根据梯形图识读该PLC的控制过程，首先可对照PLC控制电路和I/O分配表，在梯形图中进行适当文字注解，然后再根据操作动作具体分析正、反向启动和停止的控制原理。

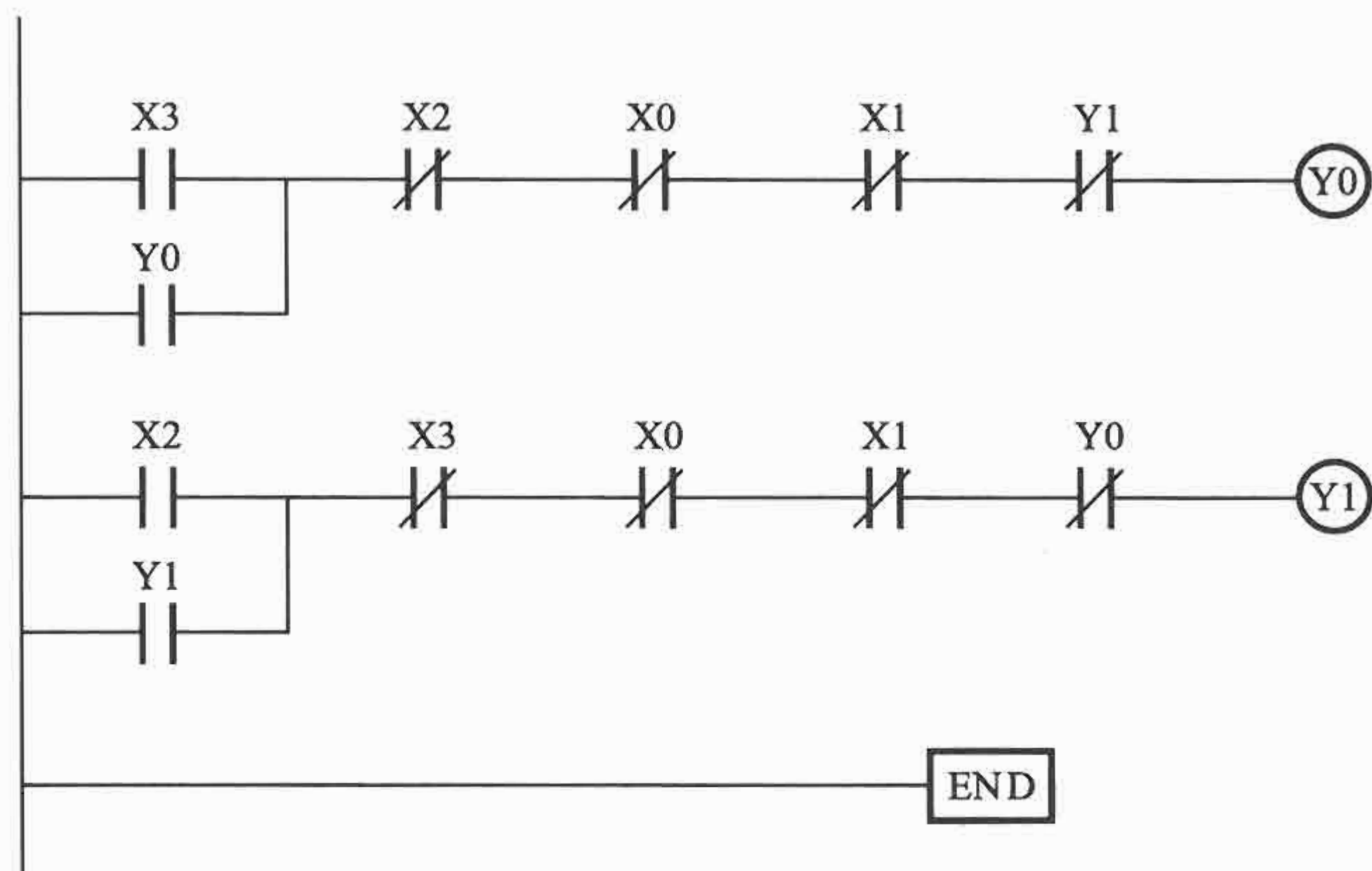


图4-24 三相交流感应电动机三菱FX2N系列PLC正反转控制梯形图

(1) PLC控制下三相交流感应电动机的正向启动过程



三相交流感应电动机三菱FX2N系列PLC控制电路的正向启动过程见图4-25。

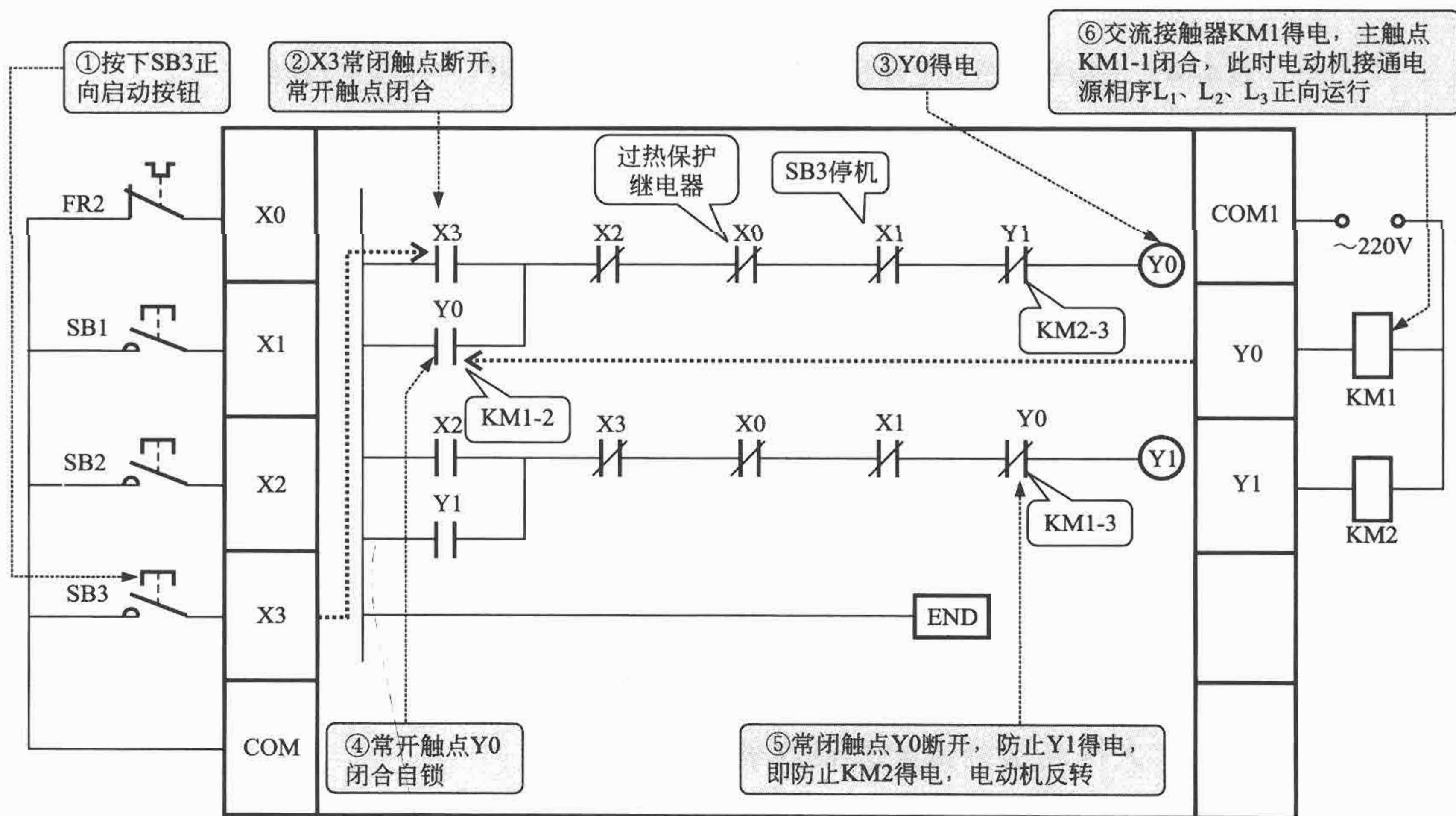
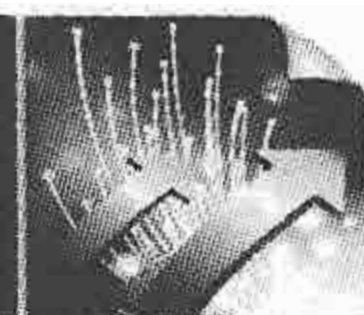


图4-25 PLC控制下三相交流感应电动机的正向启动过程

具体过程为：

当按下正向启动按钮SB3时，其将PLC内的X3的常闭触点置“0”，即该触点断开，防止Y1得电，即防止KM2得电，电动机反转，其常开触点X3置“1”，使其闭合，Y0得电，PLC外接的交流接触器KM1的线圈得电。



Y0得电后, 其自锁触点Y0 (KM1-2) 闭合; 常闭触点Y0 (KM1-3) 断开, 防止Y1得电, 使接触器KM2 断开电路;

KM1 线圈得电, 主电路中的常开主触点KM1-1 闭合, 此时电动机接通电源相序为 L_1 、 L_2 、 L_3 正向运行。

(2) PLC控制下三相交流感应电动机的反向启动过程



三相交流感应电动机三菱FX2N系列PLC控制电路的反向启动过程见图4-26。

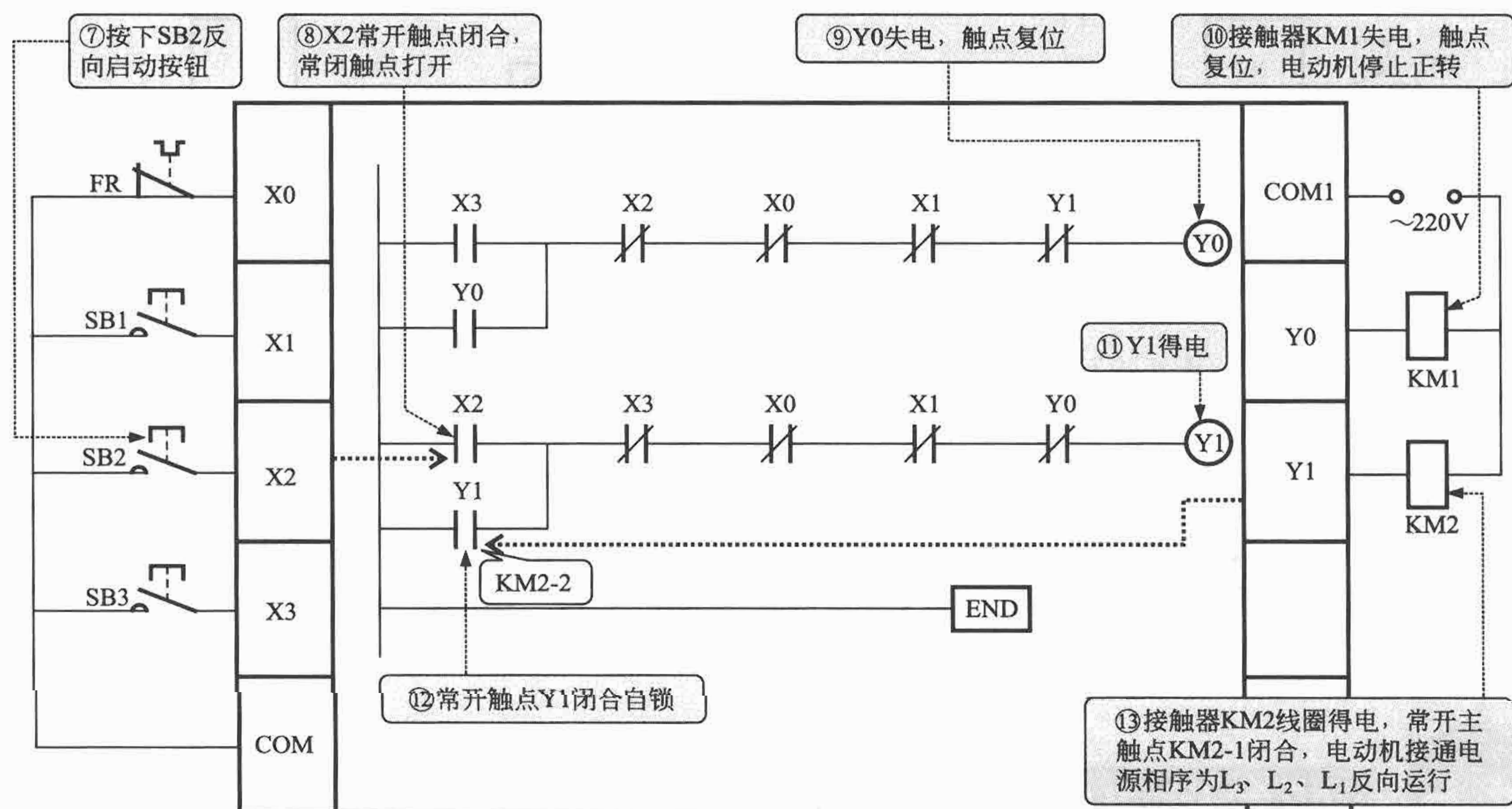


图 4-26 PLC控制下三相交流感应电动机的反向启动过程

具体过程为：

当按下反向启动按钮SB2时, 其将PLC内的X2的常闭触点置“0”, 即触点断开, 使其Y0失电, 断开正向电源; 常开触点X2置“1”, 即触点闭合, Y1得电, PLC外接交流接触器KM2得电。

Y1得电, 其常闭触点Y1 (KM2-2) 闭合自锁。

KM2得电, 主电路中的常开主触点KM2-1 闭合, 此时电动机接入三相电源的相序为 L_3 、 L_2 、 L_1 , 即实现反向运转。

(3) PLC控制下三相交流感应电动机的停止过程



三相交流感应电动机三菱FX2N系列PLC控制电路的停止过程见图4-27。

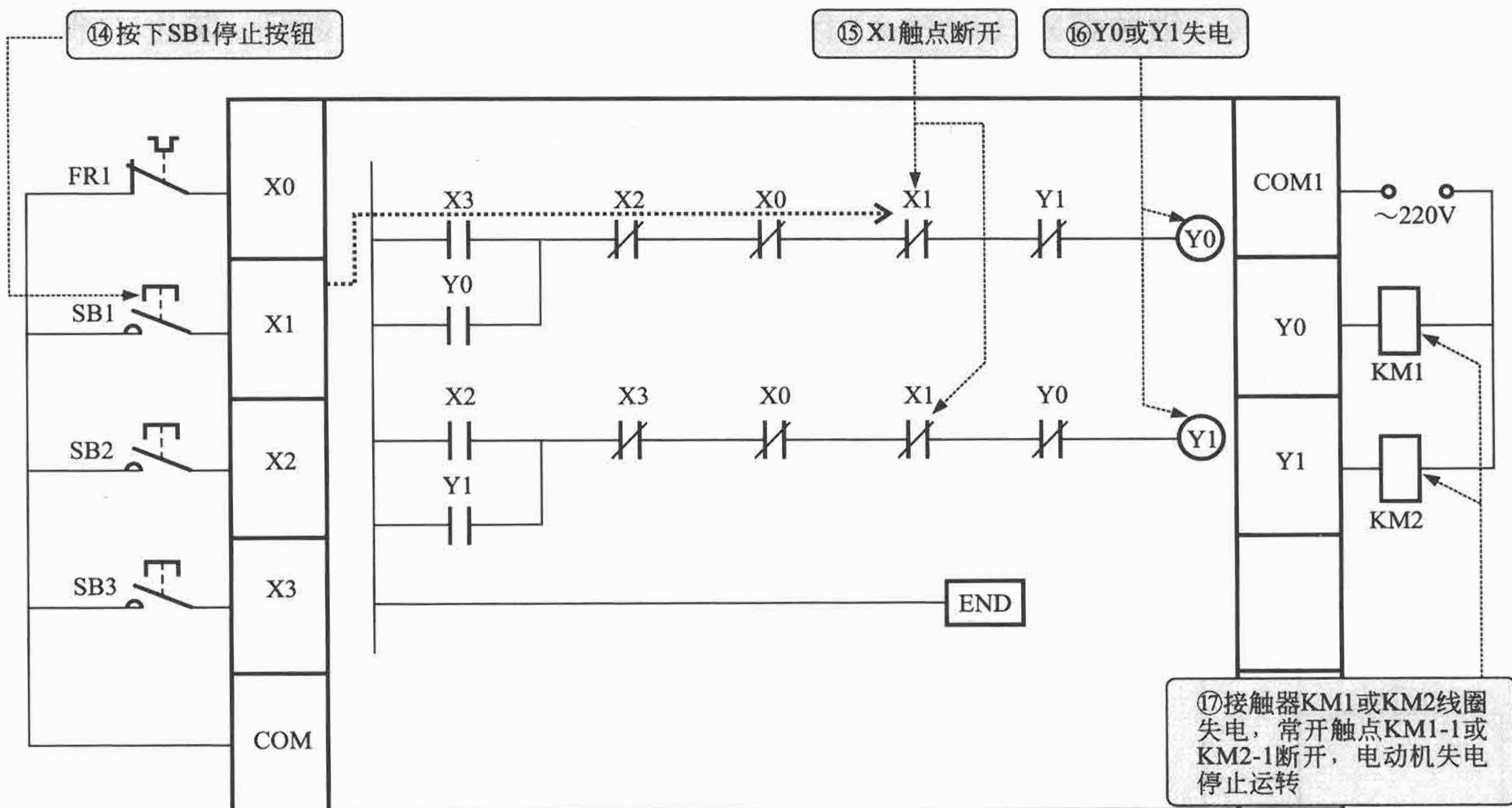


图4-27 PLC控制下三相交流感应电动机Y-Δ的停止过程

具体控制过程为：

当按下停止按钮SB1时，其将PLC内的X1置“0”，即该触点断开，使得Y0或Y1失电，PLC外接交流接触器线圈KM1或KM2失电，切断电动机电源，电动机停止运转。



4.5 两台电动机顺序启/停控制线路的PLC控制

电动机顺序启动，反顺序停机控制电路是指两台电动机启动时，需先启动第一台电动机工作，第二台电动机才可启动，但停机时，需先断开第二台电动机，第一台电动机才可断开。

4.5.1 两台电动机顺序启/停控制线路的电气结构



图解

两台电动机顺序启/停控制线路的电气结构见图4-28。

该电路主要由电源总开关QS，熔断器FU1 ~ FU5，过热保护继电器FR1、FR2，三相交流感应电动机M₁、M₂，启动按钮SB2、SB4，停止按钮SB1、SB3，交流接触器KM1、KM2等构成。

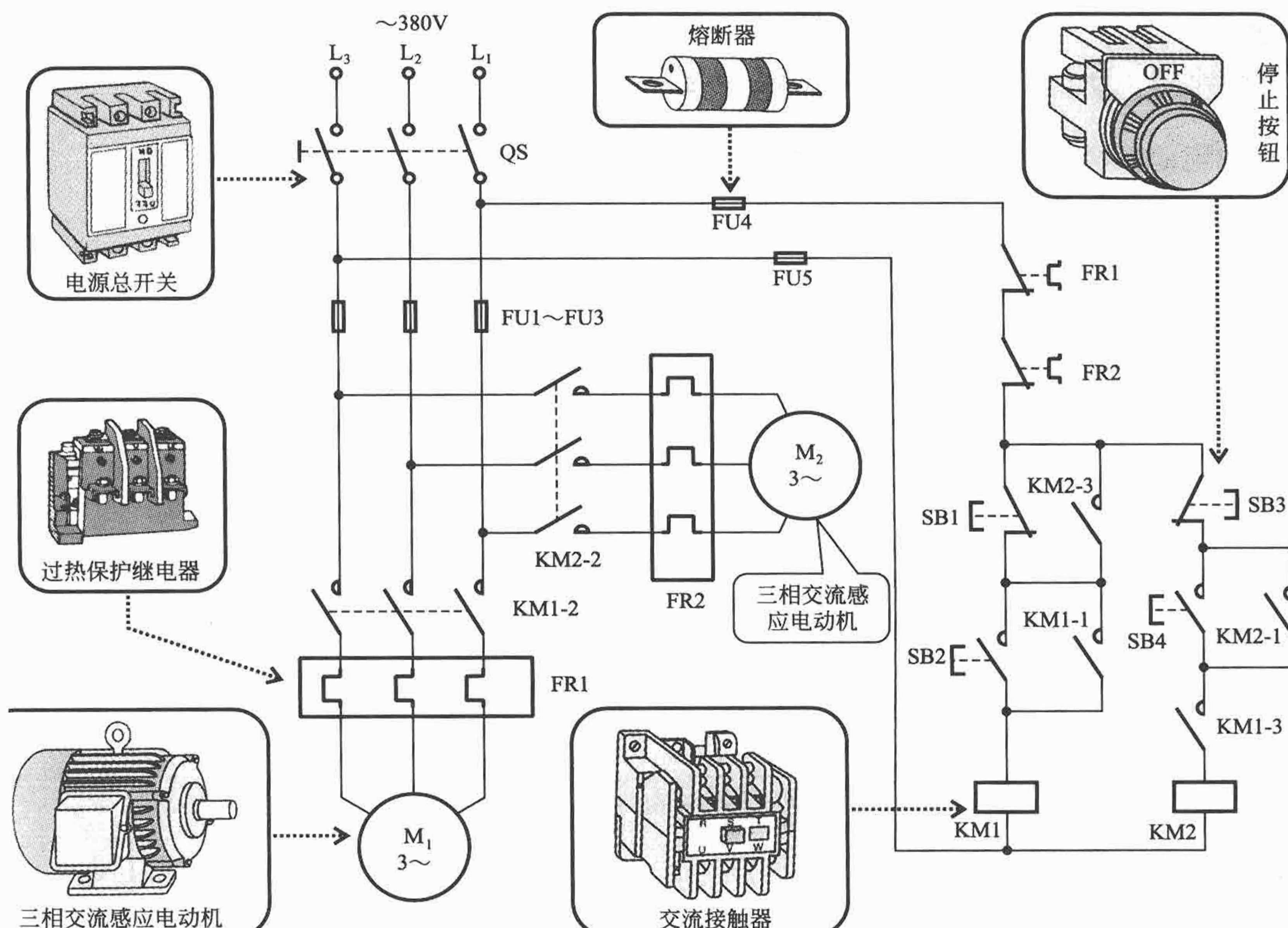
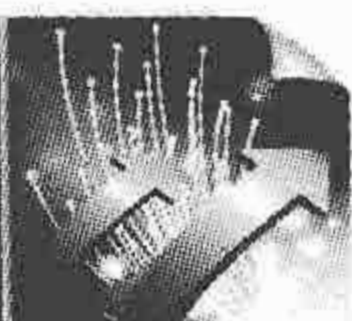


图4-28 两台电动机顺序启/停控制线路的电气结构

其电路的控制流程如下。

(1) 启动过程

合上电源总开关QS，按下启动按钮SB2，交流接触器KM1线圈得电，常开触点KM1-1接通实现自锁功能；KM1-2接通，电动机M₁开始运转；KM1-3接通，为电动机M₂启动做好准备，也用于防止接触器KM2线圈先得电，使电动机M₂先运转，起顺序启动的作用。当需要电动机M₂启动时，按下启动按钮SB4，交流接触器KM2线圈得电，常开触点KM2-1接通实现自锁功能；KM2-2接通，电动机M₂开始运转；KM2-3接通，锁定停机按钮SB1，用于防止当启动电动机M₂时，按下电动机M₁的停止按钮SB1，而关断电动机M₁，起反顺序停机的作用。

(2) 停机过程

当需要电动机停机时，按下停止按钮SB3，交流接触器KM2线圈失电，常开触点KM2-2断开，电动机M₂停止运转，KM2-3断开，取消对停止按钮SB1的锁定，此时按下停止按钮SB1，交流接触器KM1线圈失电，常开触点KM1-2断开，电动机M₁停止运转。

4.5.2 两台电动机顺序启/停控制线路的PLC控制原理

下面我们具体介绍用PLC实现对两台电动机顺序启/停控制线路的控制原理。



两台电动机顺序启/停的PLC控制电路见图4-29。

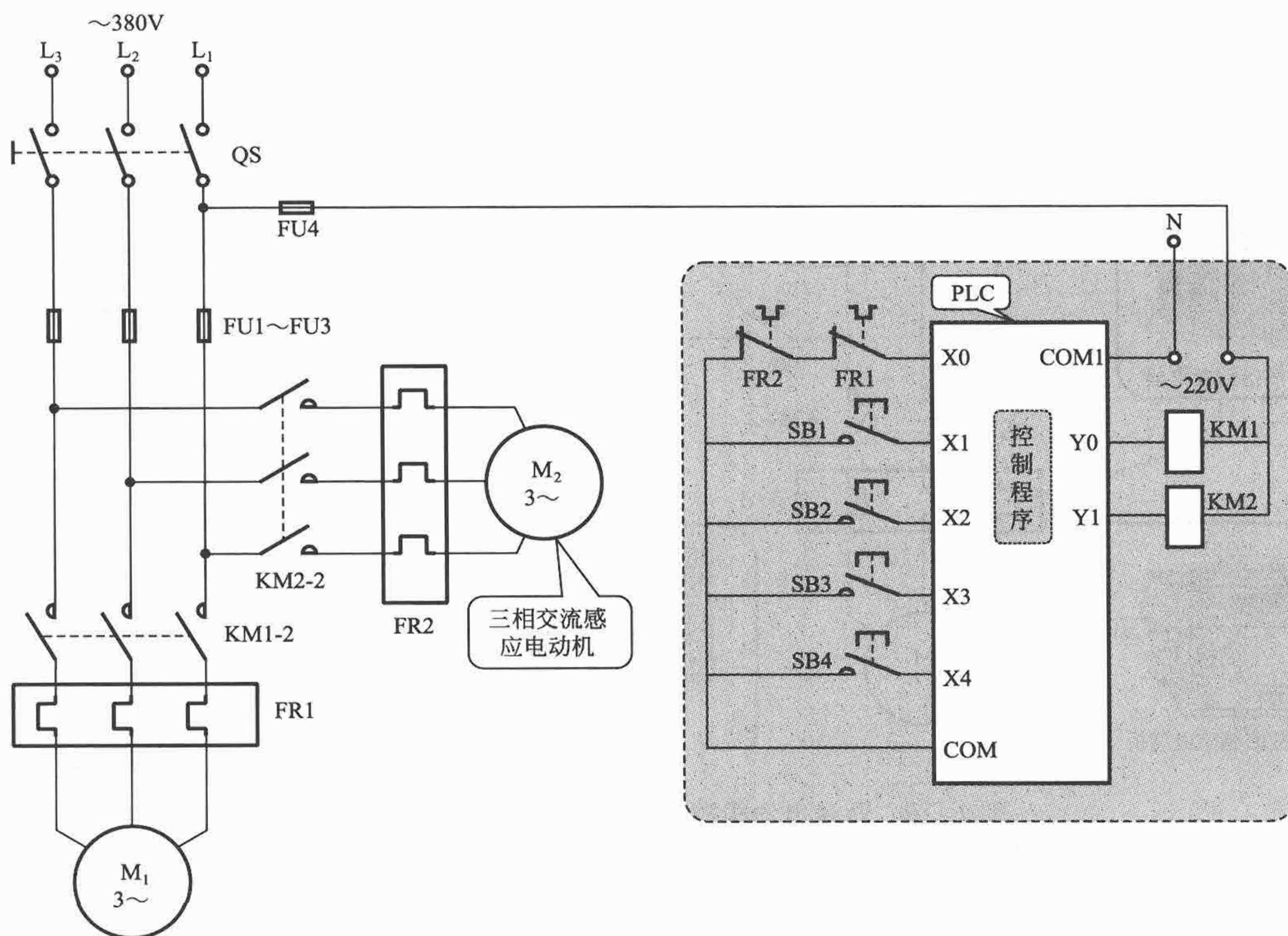


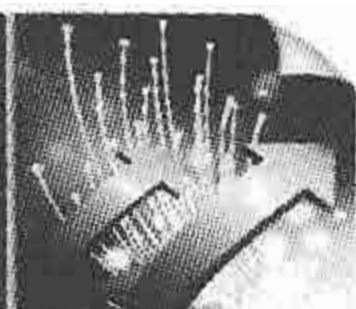
图4-29 两台电动机顺序启/停控制的PLC控制电路

该控制电路采用三菱FX2N系列PLC，电路中PLC控制I/O分配表见表4-5。

表4-5 两台电动机顺序启/停的三菱FX2N系列PLC控制I/O分配表

输入信号及地址编号			输出信号及地址编号		
名称	代号	输入点地址编号	名称	代号	输出点地址编号
过热保护继电器	FR2、FR1	X0	交流接触器	KM1	Y0
M ₁ 停止按钮	SB1	X1	交流接触器	KM2	Y1
M ₁ 启动按钮	SB2	X2			
M ₂ 停止按钮	SB3	X3			
M ₂ 启动按钮	SB4	X4			

图4-28中，通过PLC的I/O接口与外部电器部件进行连接，提高了系统的可靠性，并能够有效地降低故障率，维护方便。当使用编程软件向PLC中写入控制程序，便可以实现外接电器部件及负载电动机等设备的自动控制。想要改动控制方式时，只需要修改PLC中



的控制程序即可，大大提高了调试和改装效率。



图解

两台电动机三菱FX2N系列PLC顺序启/停控制梯形图见图4-30。

根据梯形图识读该PLC的控制过程，首先可对照PLC控制电路和I/O分配表，在梯形图中进行适当文字注解，然后再根据操作动作具体分析两台电动机的启动和停止的控制原理。

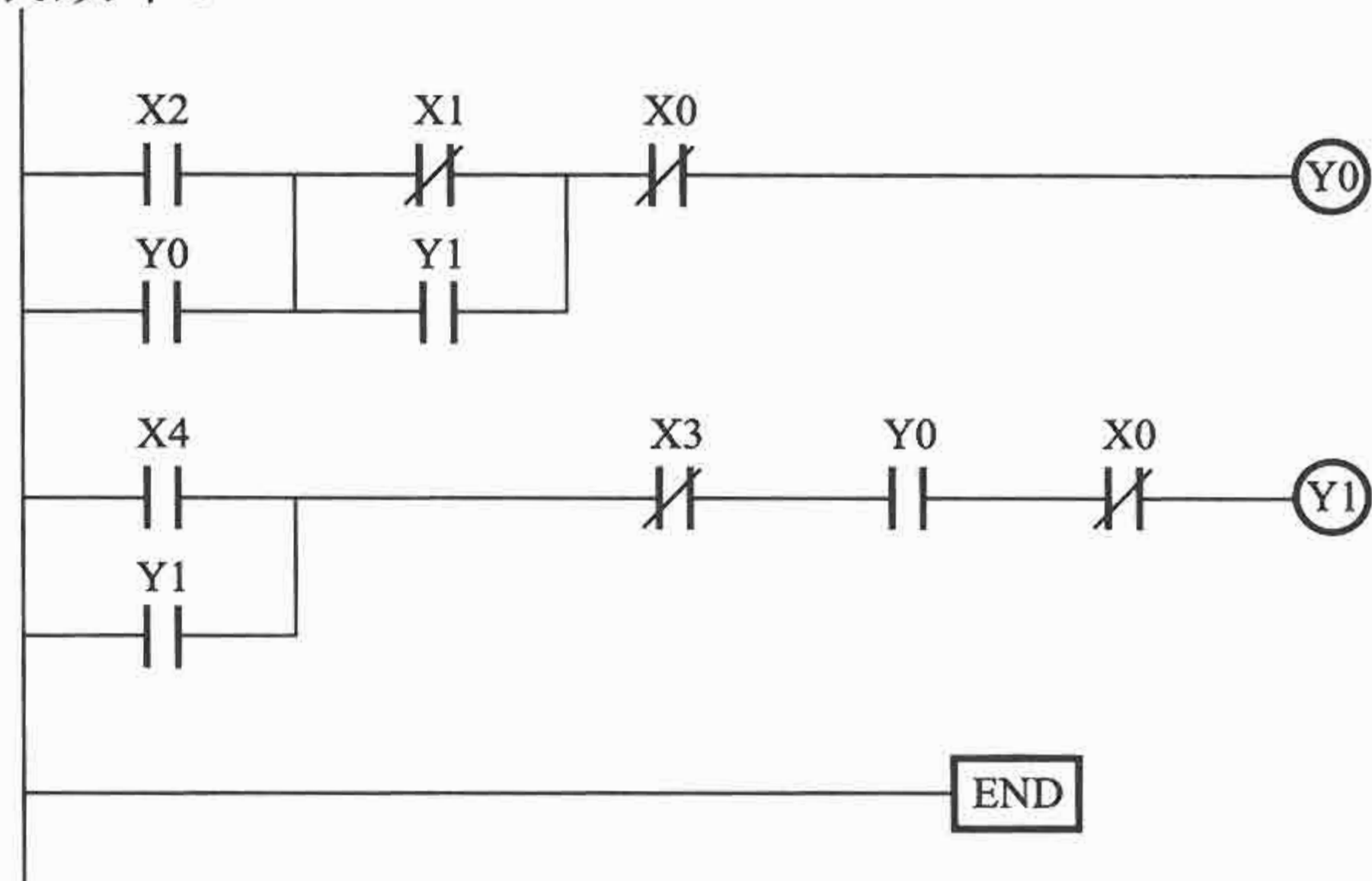
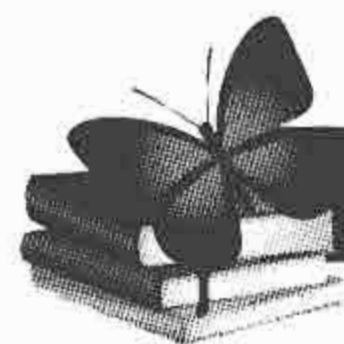


图4-30 两台电动机三菱FX2N系列PLC顺序启/停控制梯形图

(1) PLC控制下两台电动机顺序启动过程



图解

两台电动机三菱FX2N系列PLC控制电路的顺序启动过程见图4-31。

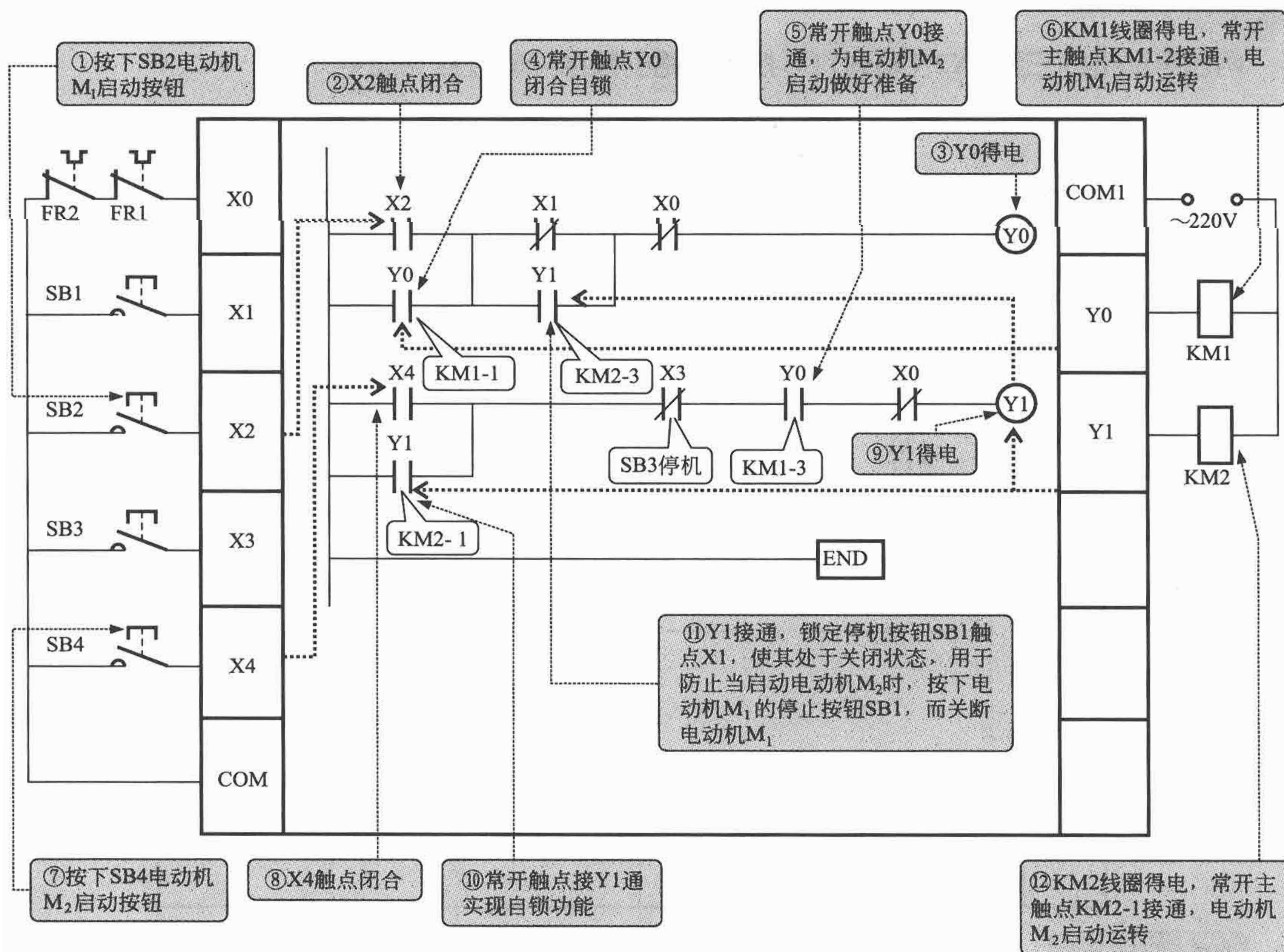


图4-31 两台电动机的三菱FX2N系列PLC控制电路的顺序启动过程



具体过程为：

当按下电动机 M_1 启动按钮SB2时，其将PLC内的X2置“1”，即该触点接通，使得输出继电器Y0得电，控制PLC外接交流接触器线圈KM1得电。

Y0得电，其常开触点Y0(KM1-1)闭合自锁，控制Y1线路的常开触点Y0(KM1-3)接通，为Y1得电，即KM2得电，为电动机 M_2 启动做好准备，也用于防止接触器KM2线圈先得电，使电动机 M_2 先运转，起顺序启动的作用。

KM1线圈得电，主电路中的主触点KM1-2闭合，接通电动机 M_1 电源，电动机 M_1 启动运转。

当按下电动机 M_2 启动按钮SB4时，其将PLC内的X4置“1”，即该触点接通，使得Y1得电，控制PLC外接交流接触器线圈KM2得电。

Y1得电，其常开触点Y1(KM2-1)闭合自锁，Y0线路上的常开触点Y1(KM2-3)闭合，锁定X1，即锁定停机按钮SB1，用于防止当启动电动机 M_2 时，按下电动机 M_1 的停止按钮SB1，而关断电动机 M_1 ，起反顺序停机的作用。

KM2线圈得电，主电路中的常开主触点KM2-2闭合，接通电动机 M_2 电源，电动机 M_2 启动运转。

(2) PLC控制下两台电动机顺序停转过程



两台电动机的三菱FX2N系列PLC控制电路的顺序停转过程见图4-32。

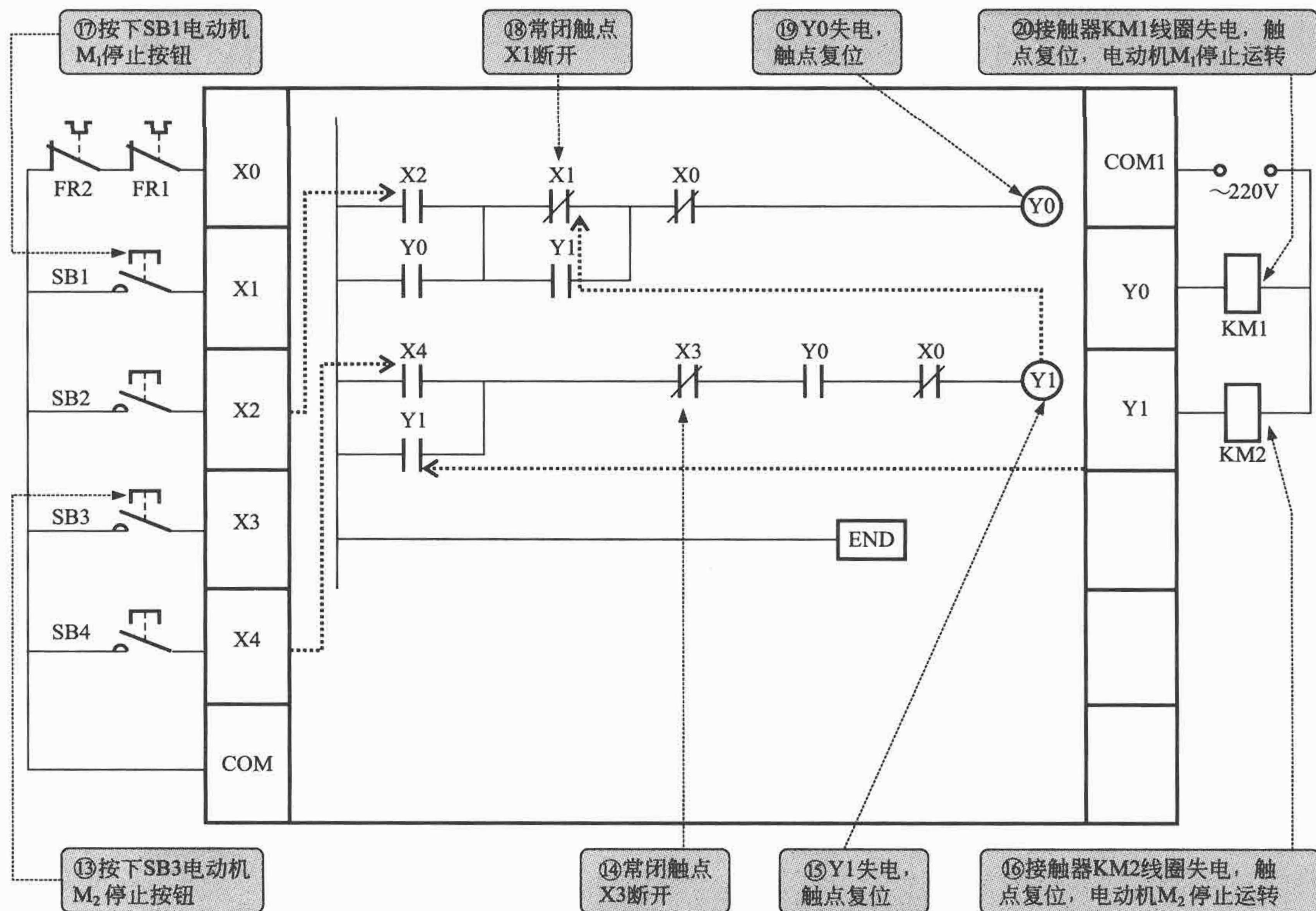


图4-32 PLC控制下两台电动机的顺序停转过程



具体控制过程为：

当按下电动机 M_2 停止按钮SB3时，其将PLC内的X3置“0”，即该触点断开，使得Y1失电，PLC外接交流接触器线圈KM2失电，主电路中的常开主触点KM1-2复位断开，切断电动机 M_2 电源，电动机 M_2 停止运转。

当电动机 M_2 停止运转后，按下电动机 M_1 停止按钮SB1时，其将PLC内的X1置“0”，即该触点断开，Y0失电，实现电动机 M_1 的停转。

4.6

三相交流感应电动机反接制动控制电路的PLC控制

电动机的反接制动是指通过改变转动中的电动机定子绕组的电源相序，使定子绕组产生反向的旋转磁场，使转子受到与原旋转方向相反的制动力矩而迅速停转。该制动方法具有制动迅速、设备简单等优点，但其制动冲击较大，制动能耗大，不宜频繁制动。

4.6.1 三相交流感应电动机反接制动控制电路的电气结构

(1) 速度继电器的基本结构

速度继电器又称反接制动继电器，在电动机的反接制动电路中，通常将速度继电器与接触器配合使用，用来实现电动机的反接制动，在实际应用中，速度继电器的转轴与电动机装在同一根转轴上，当速度继电器停转时，电动机也同时迅速停转。



图解

典型速度继电器的实物外形见图4-33。

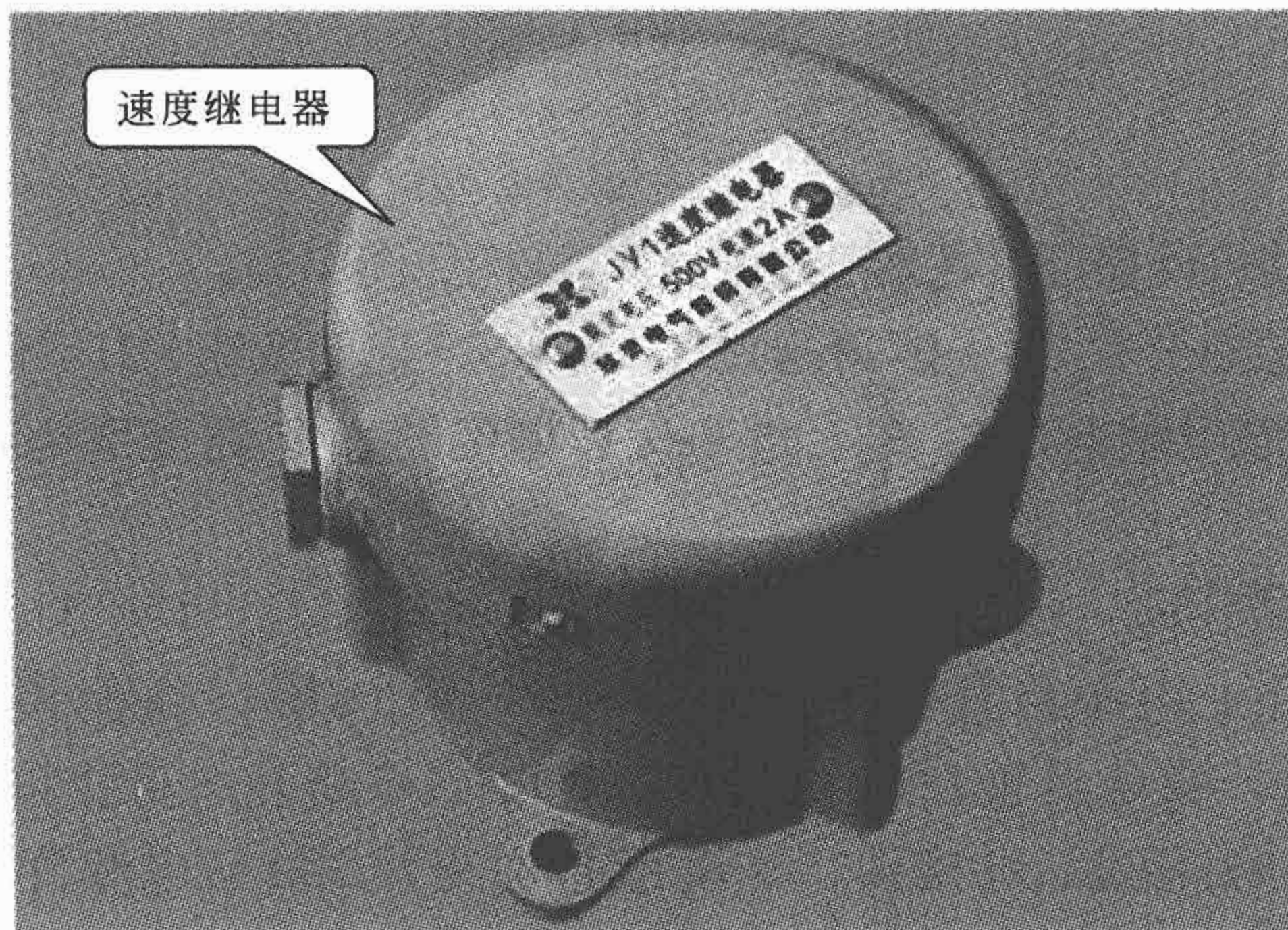


图4-33 速度继电器的实物外形



速度继电器的常见型号有JY1系列和JFZ0系列。



图解

JY1系列速度继电器的内部结构见图4-34。

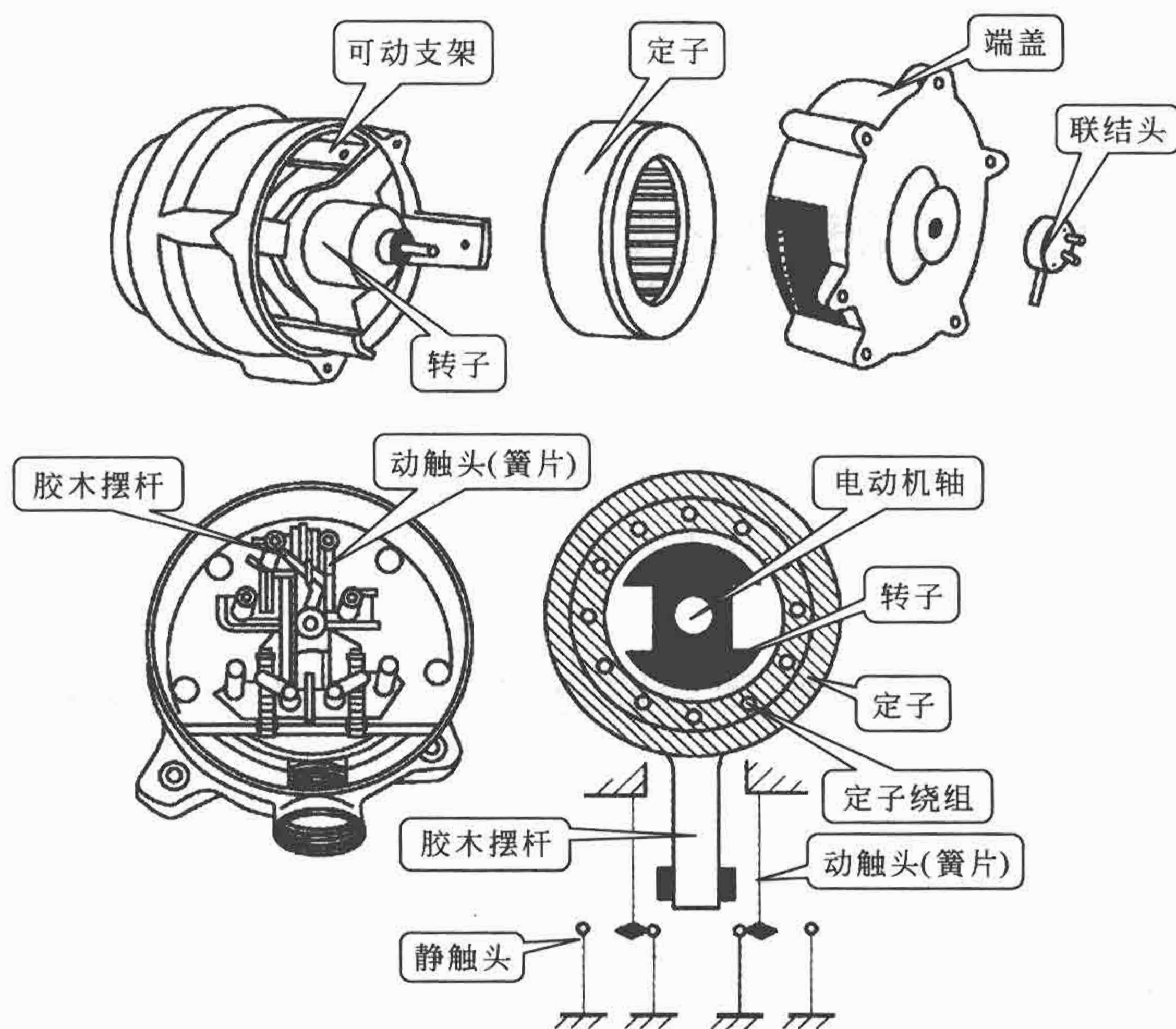


图4-34 JY1系列速度继电器的结构

JY1系列速度继电器主要由转子、定子、支架、胶木摆杆、簧片等部分组成。

(2) 三相交流感应电动机反接制动控制电路的电气结构



图解

三相交流感应电动机反接制动控制电路的电气结构见图4-35。

该电路主要由电源总开关QS，熔断器FU1 ~ FU5，启动按钮SB1，停止按钮SB2，交流接触器KM1、KM2，限流电阻器R₁ ~ R₃、过热保护继电器FR，速度继电器的KS及三相交流感应电动机等构成。

其电路的控制流程如下。

① 启动过程 合上电源总开关QS，按下启动按钮SB1，交流接触器KM1线圈得电，常开触点KM1-2接通，实现自锁功能；常闭触点KM1-3断开，防止接触器KM2线圈得电，实现联锁功能；常开触点KM1-1接通，电动机接通交流380 V电源开始运转。同时速度继电器KS-2与电动机连轴同速度运转，KS-1接通。

② 制动过程 当电动机需要停机时，按下停止按钮SB2，常闭触点SB2-1断开，接触器KM1线圈失电，常开触点KM1-2断开，解除自锁功能；常闭触点KM1-3接通，解除联

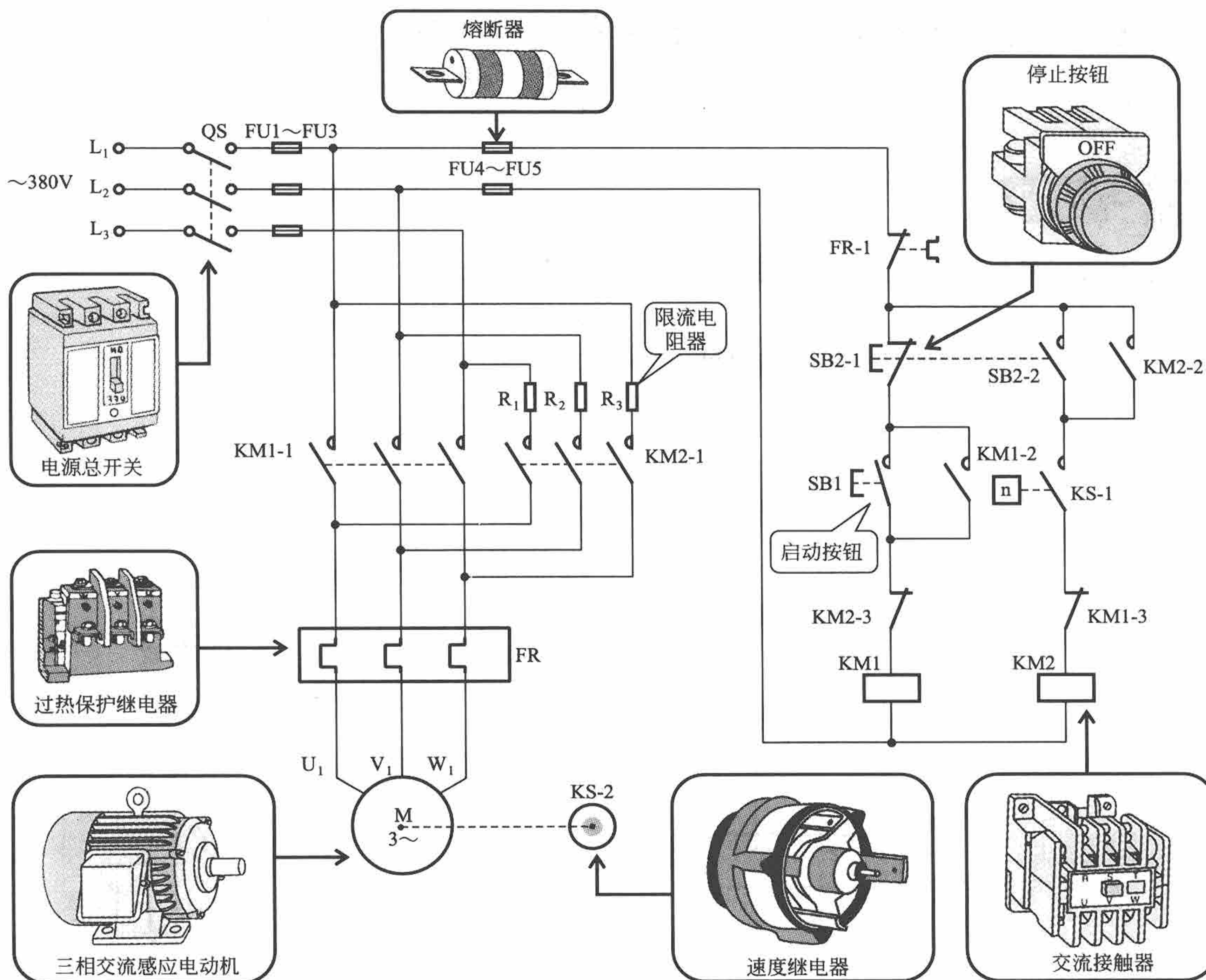
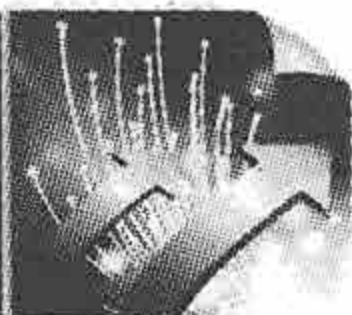
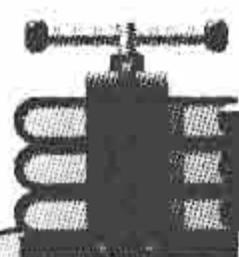


图4-35 三相交流感应电动机反接制动控制电路的电气结构

锁功能；常开触点KM1-1断开，电动机断电作惯性运转。同时，SB2的常开触点SB2-2接通，交流接触器KM2线圈得电，常开触点KM2-2接通，实现自锁功能；常闭触点KM2-3断开，防止接触器KM1线圈得电，实现联锁功能；常开触点KM2-1接通，电动机串联限流电阻器 $R_1 \sim R_3$ 后反接制动。

③ 停机过程 按下停止按钮SB2后，由于制动作用使电动机和速度继电器转速减小到零，速度继电器KS-2常开触点KS-1断开，切断电源，接触器KM2线圈失电，常开触点KM2-2断开，解除自锁功能，KM2-3接通复位，KM2-1断开，电动机切断电源，制动结束，电动机停止运转。



提示

当电动机在反接制动力矩的作用急速下降到零后，若反接电源不及时断开，电动机将从零开始反向运转，电路的目标是制动，因此电路中也必须具备及时切断反接电源的作用。

4.6.2 三相交流感应电动机反接制动控制电路的PLC控制原理

下面我们具体介绍用PLC实现对三相交流感应电动机反接制动控制的原理。



三相交流感应电动机的PLC反接制动控制电路见图4-36。

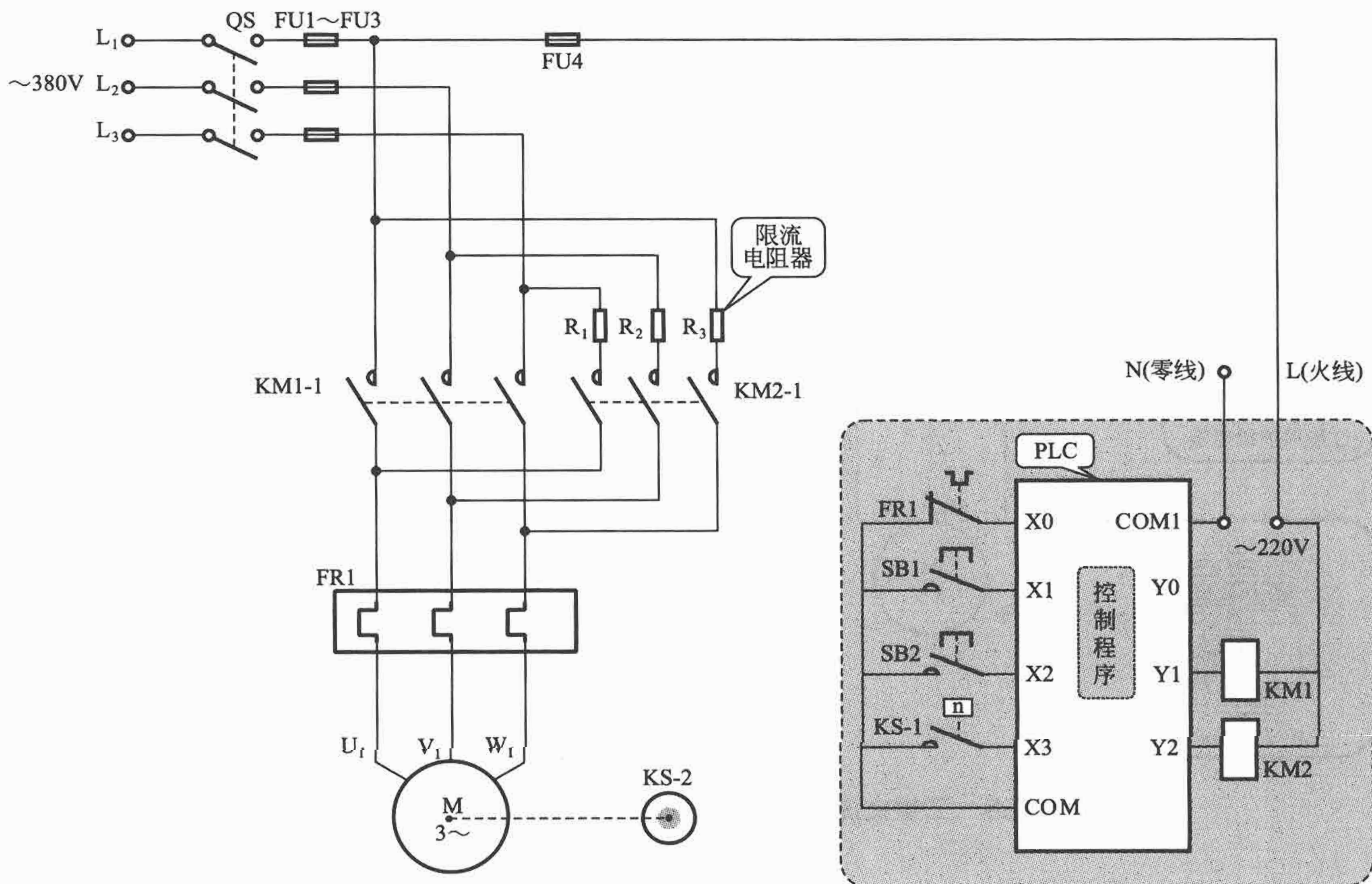


图4-36 三相交流感应电动机的PLC反接制动控制电路

该控制电路采用三菱FX2N系列PLC，电路中PLC控制I/O分配表见表4-6。

表4-6 三相交流感应电动机三菱FX2N系列PLC反接制动控制I/O分配表

输入信号及地址编号			输出信号及地址编号		
名称	代号	输入点地址编号	名称	代号	输出点地址编号
过热保护继电器	FR-1	X0	交流接触器	KM1	Y1
启动按钮	SB1	X1	交流接触器	KM2	Y2
停止按钮	SB2	X2			
速度继电器常开触点	KS-1	X3			

图4-36中，通过PLC的I/O接口与外部电器部件进行连接，提高了系统的可靠性，并

能够有效地降低故障率，维护方便。当使用编程软件向PLC中写入控制程序，便可以实现外接电器部件及负载电动机等设备的自动控制。想要改动控制方式时，只需要修改PLC中的控制程序即可，大大提高了调试和改装效率。



三相交流感应电动机三菱FX2N系列PLC连续控制梯形图见图4-37。

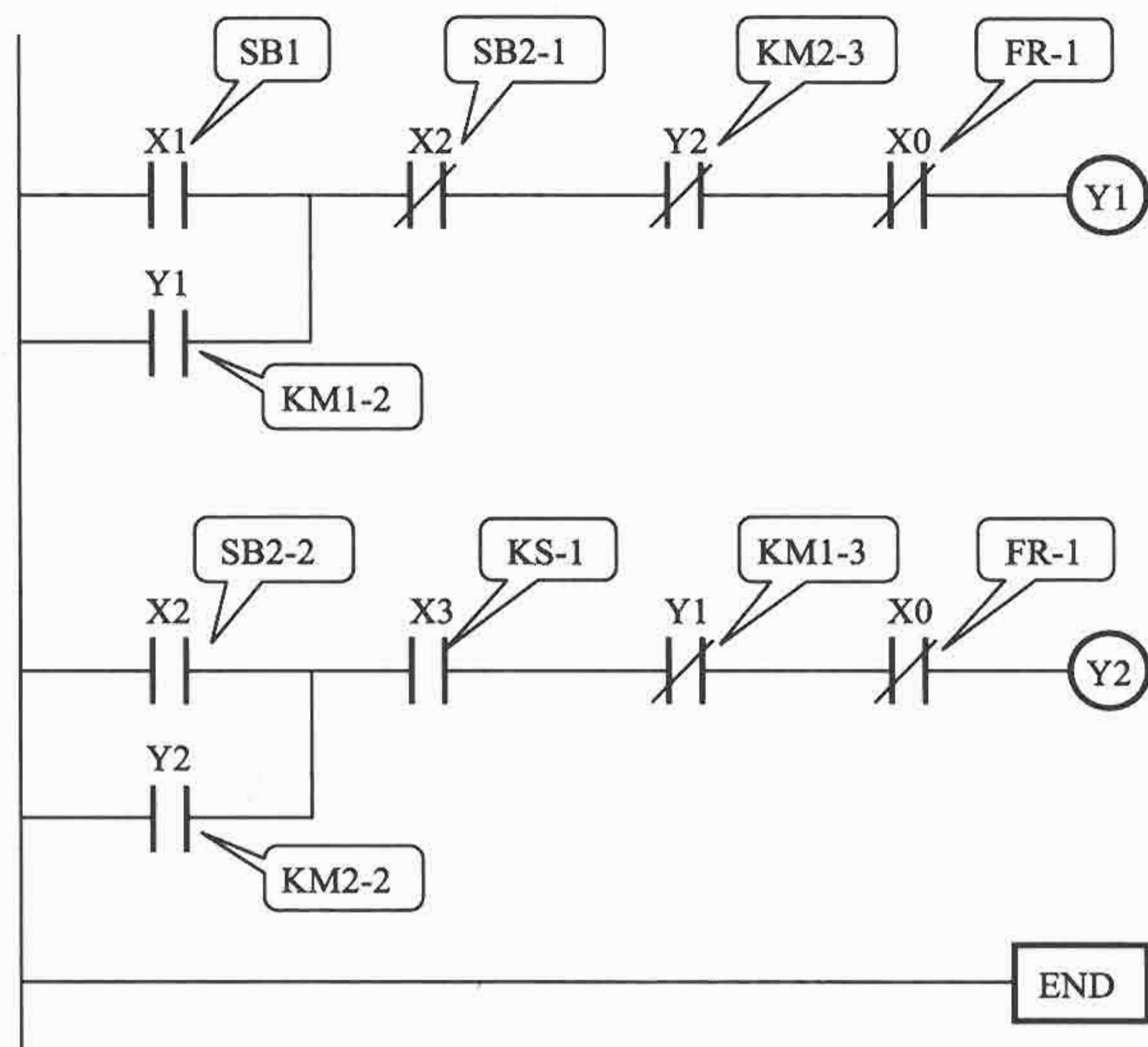


图4-37 三相交流感应电动机三菱FX2N系列PLC连续控制梯形图

根据梯形图识读该PLC的控制过程，首先可对照PLC控制电路和I/O分配表，在梯形图中进行适当文字注解，然后再根据操作动作具体分析启动、制动和停止的控制原理。

(1) 三相交流感应电动机反接制动控制线路的启动过程



三相交流感应电动机三菱FX2N系列PLC反接制动控制线路的启动过程见图4-38。

该控制线路中电动机的启动过程如下：

当按下启动按钮SB1时，其将PLC内的X1置“1”，即该触点接通，使得Y1得电，控制PLC外接交流接触器线圈KM1得电。

Y1得电，常开触点Y1（KM1-2）闭合自锁，使启动按钮断开，电动机仍然会保持运行。常闭触点Y1（KM1-3）断开，防止Y2得电，即防止接触器线圈KM2得电。

KM1得电，主电路中的常开主触点KM1-1闭合，接通电动机电源，电动机启动运转，同时速度继电器KS-2与电动机连轴同速运转，KS-1接通，PLC内部触点X3接通。

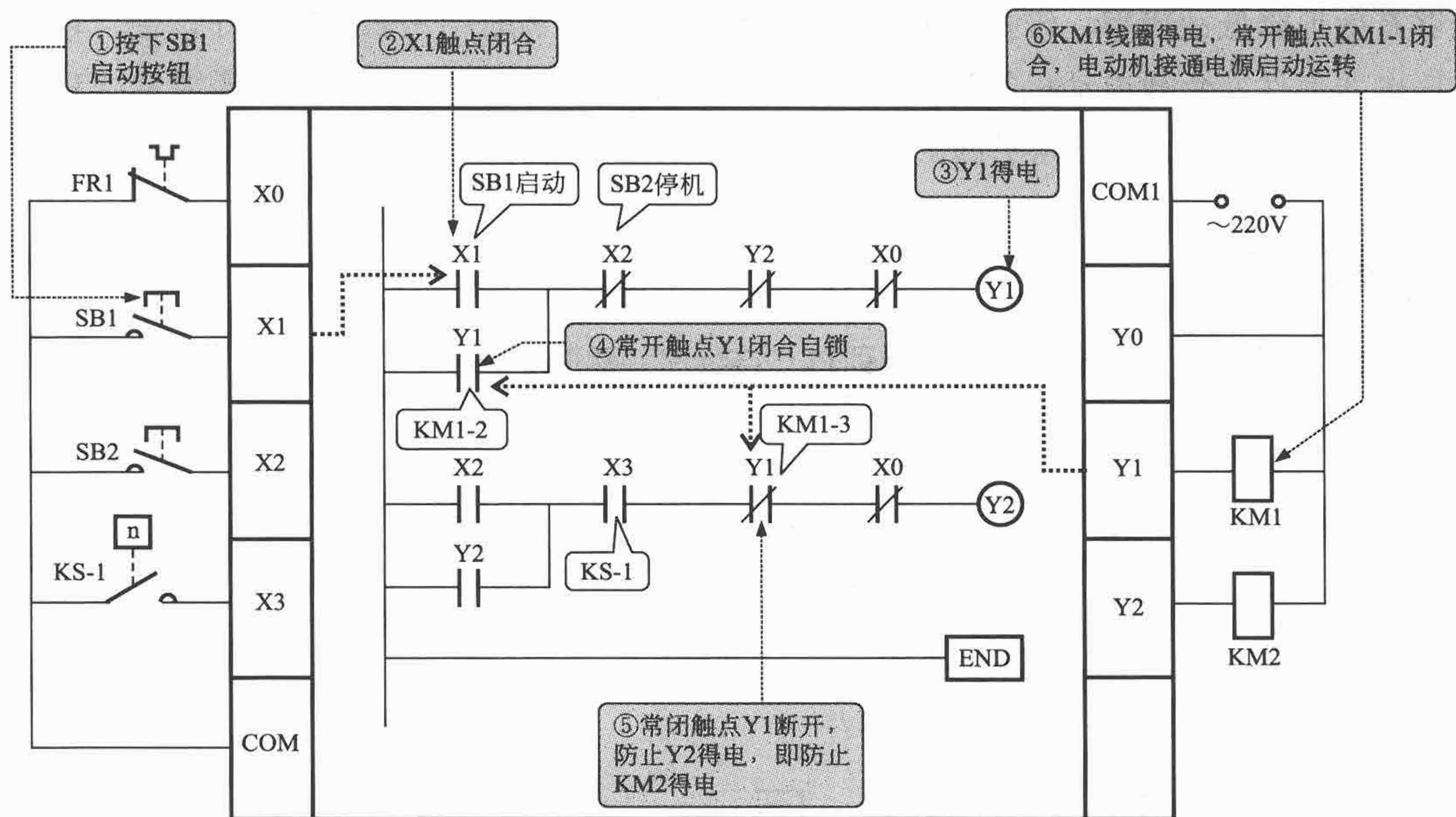
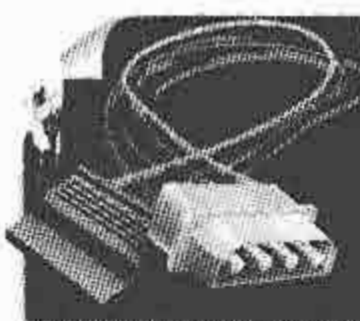


图4-38 PLC连续控制下三相交流感应电动机的启动过程

(2) 三相交流感应电动机反接制动控制线路的制动过程



三相交流感应电动机三菱FX2N系列PLC反接制动控制电路的制动过程见图4-39。

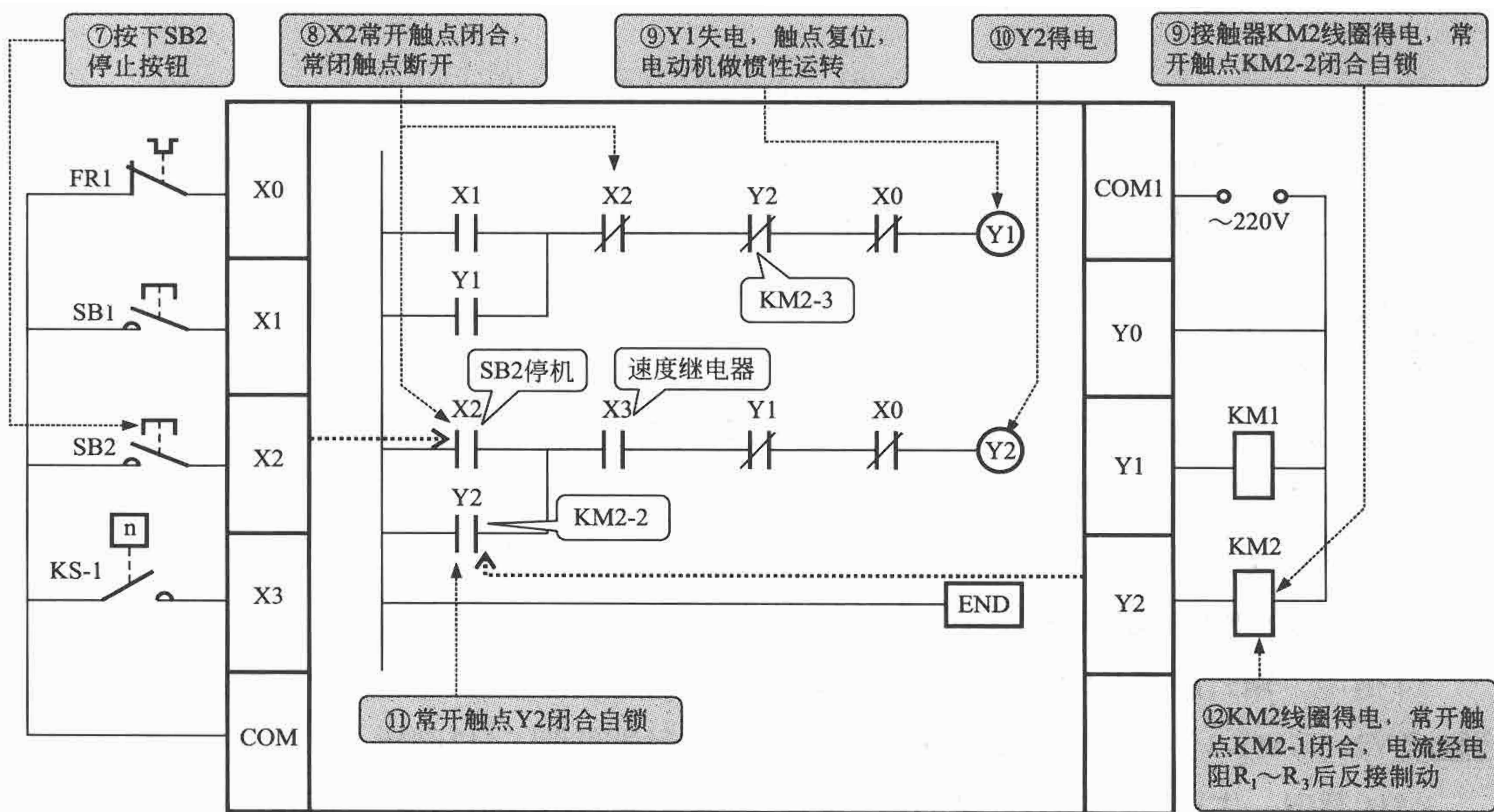


图4-39 PLC连续控制下三相交流感应电动机的制动过程



该控制线路中电动机的启动过程如下：

当按下停止按钮SB2时，其将PLC内的X2的常闭触点置“0”，常开触点置“1”，使得Y1失电，控制PLC外接交流接触器线圈KM1失电。

接触器KM1线圈失电，触点复位断开，电动机断电作惯性运转。

同时，Y2得电，控制PLC外接交流接触器线圈KM2得电。

Y2得电，常开触点Y2（KM2-2）接通，实现自锁功能，使启动按钮断开，电动机仍然会保持运行。常闭触点Y2（KM2-3）断开，防止Y1得电，即防止接触器KM1线圈得电。

接触器KM2线圈得电，常开触点KM2-1接通，电动机串联限流电阻器 $R_1 \sim R_3$ 后反接制动。

(3) 三相交流感应电动机反接制动控制控制线路的停机过程



三相交流感应电动机三菱FX2N系列PLC连续控制电路的停机过程见图4-40。

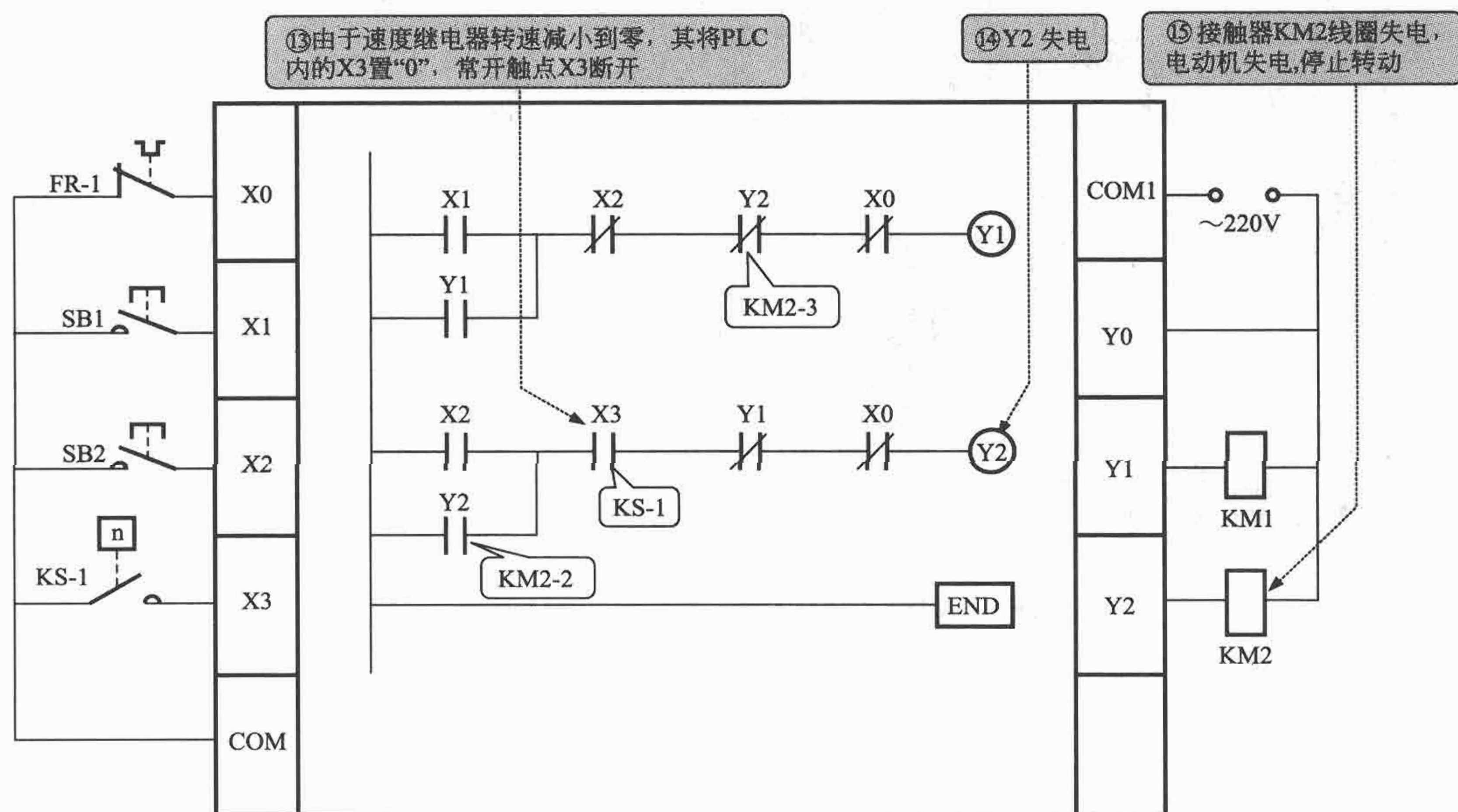


图4-40 PLC连续控制下三相交流感应电动机的停机过程

具体控制过程为：

按下停止按钮SB2后，由于制动作用使电动机和速度继电器转速减小到零，其将PLC内的X3置“0”，其常开触点X3（KS-1）断开，切断电源，Y2失电，常开触点Y2（KM2-2）断开，解除自锁功能，常闭触点Y2（KM2-3）接通复位，交流接触器KM2线圈失电，常开主触点KM2-1断开，电动机切断电源，制动结束，电动机停止运转。

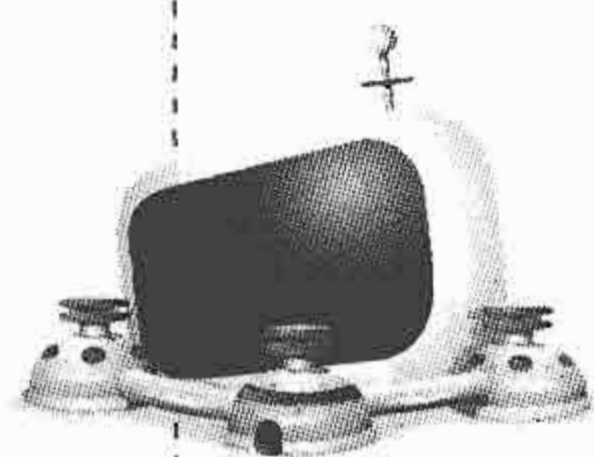


PLC在机床电气控制电路中的应用

目标



了解并掌握PLC在机床电气控制电路中的各种应用，能够分析PLC控制的各种应用电路。





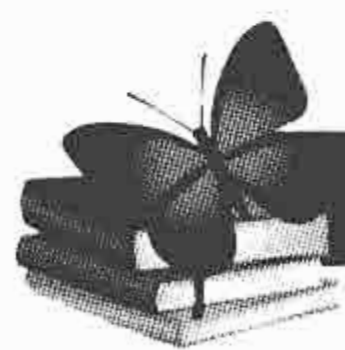
5.1

C620-1 型卧式车床的 PLC 控制

5.1.1 C620-1 型卧式车床的结构

(1) C620-1 型卧式车床的基本结构

C620-1 型卧式车床是一种典型的机床设备，其主要是由变换齿、主轴变速箱、刀架、尾座、丝杆、光杆等部分组成。



图解

C620-1 型卧式车床的基本外形结构见图 5-1。

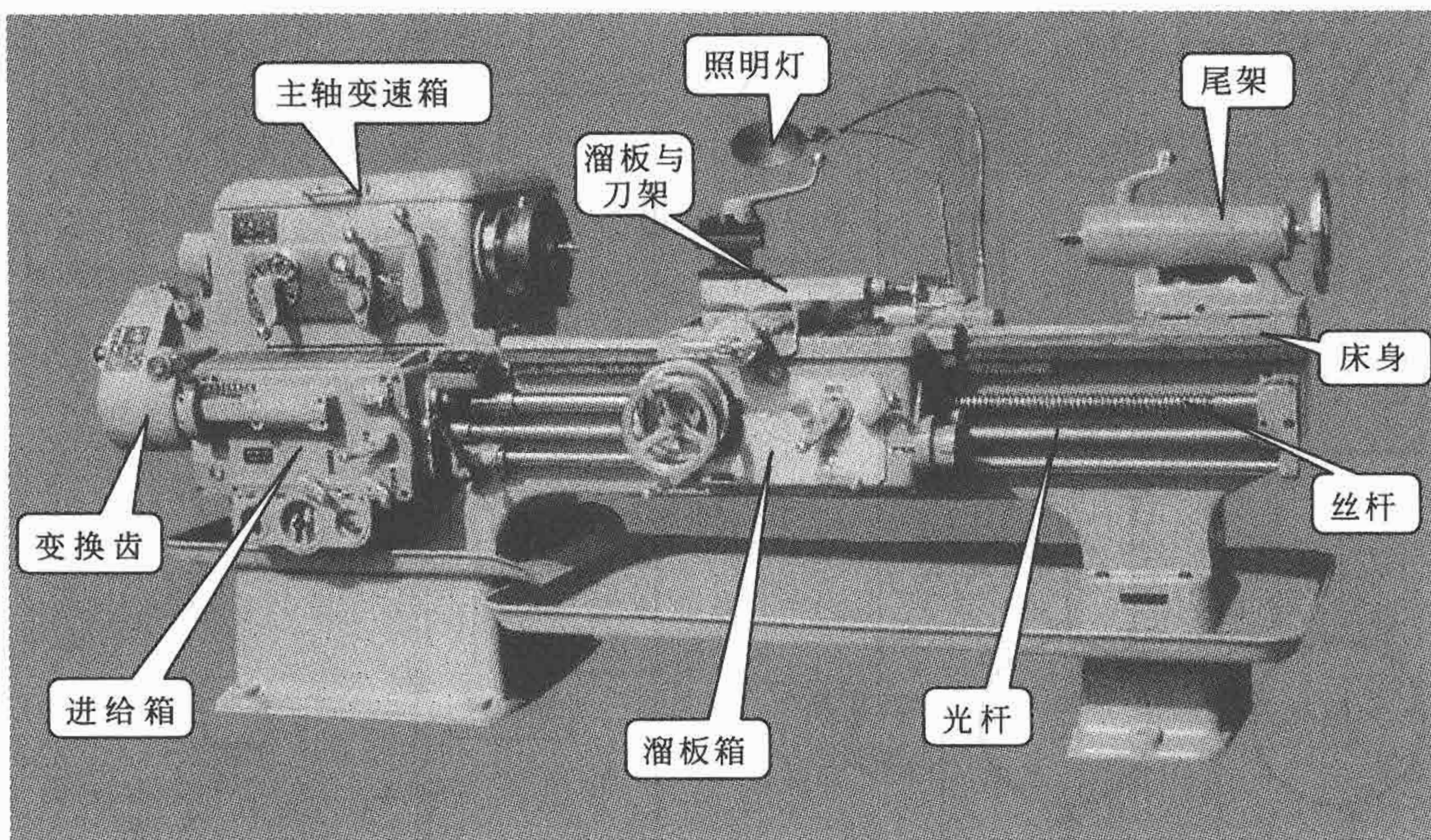
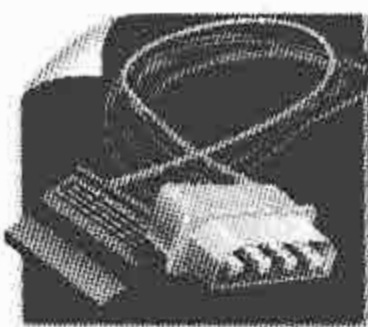


图 5-1 C620-1 型卧式车床的基本外形结构

刀架的纵向或横向直线运动是车床的进给运动，其传动线路是由主轴电动机经过主轴箱输出轴、挂轮箱传动到进给箱，进给箱通过丝杆将运动传入溜板箱，在通过溜板箱的齿轮与床身上的齿条或通过刀架下面的光杆分别获得纵横两个方向的进给运动。主运动和进给运动都是由主电动机带动的。

主电动机一般选用三相异步电动机，通常不采用电气调速而是通过变速箱进行机械调速。其启动、停止采用按钮操作，并采用直接启动方式。

车削加工时，需要冷却液冷却工件，因此必须有冷却泵和驱动电动机。当主电动机停止时，冷却泵电动机也停止工作。主轴电动机和冷却泵电动机的驱动控制电路中设有短路和过载保护部分。当任何一台电动机发生过载故障时，两台电动机都不能工作。



(2) C620-1型卧式车床的电气结构

C620-1型卧式车床通常采用带有过热保护继电器的单向启动控制线路。



图解

C620-1型卧式车床的电气结构见图5-2，该线路分为主电源供电电路、控制电路和照明电路三部分。

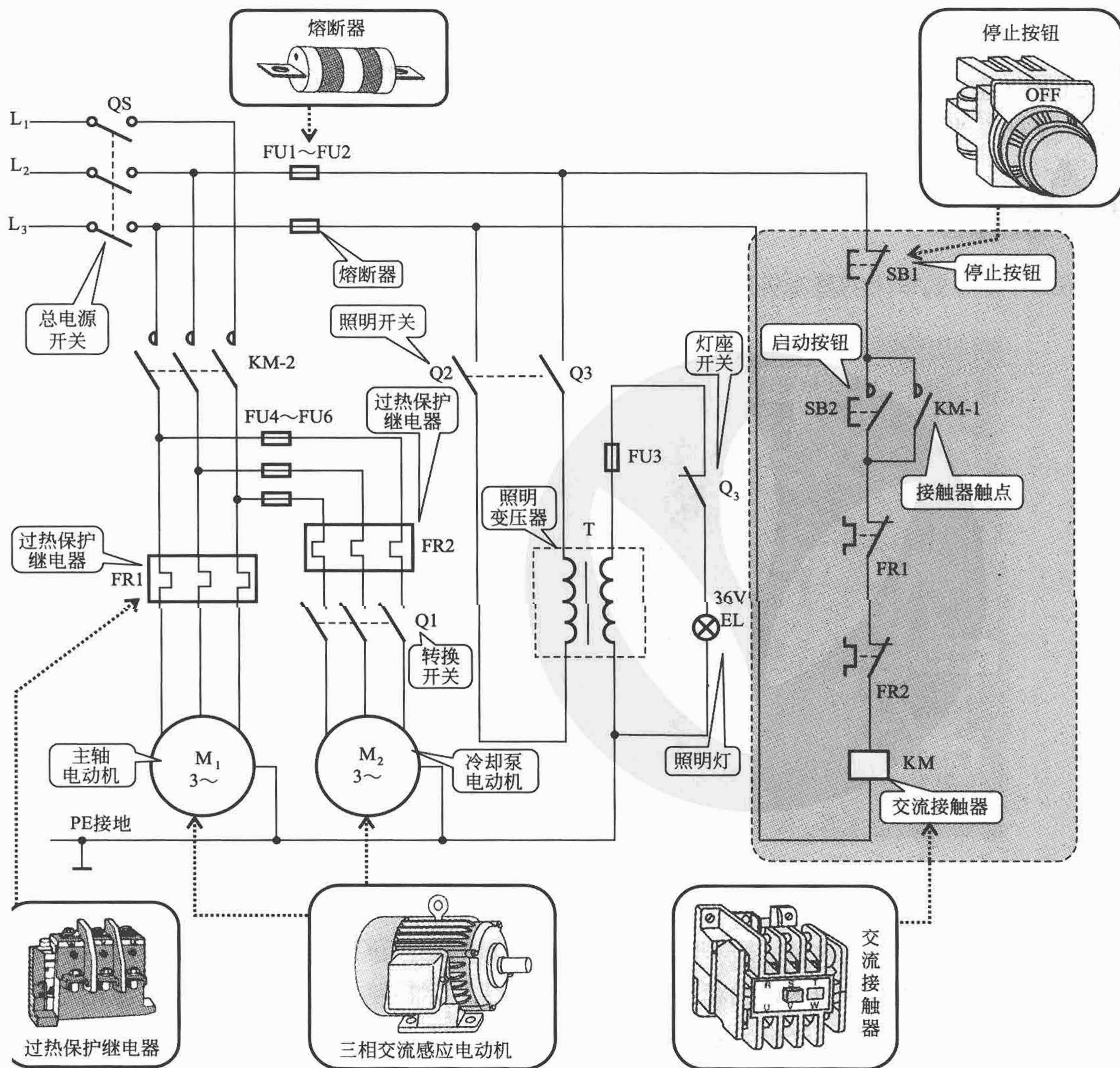
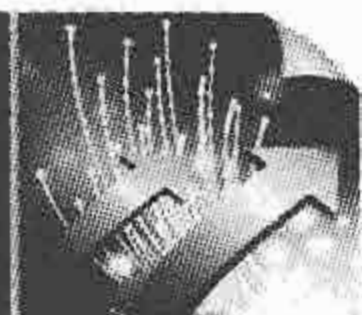


图5-2 C620-1型卧式车床的电气结构

工作时，先接通总电源开关QS，交流380 V供电送到电动机驱动电路和控制电路，整个机床处于待机状态。按下启动按钮SB2，就接通了交流接触器KM的供电电源，于是交流接触器KM动作，使KM-1（常开触点）和KM-2（主触点）吸合，KM-2的三个触点闭合就接通了主电动机M₁的供电电源，M₁进入正常旋转状态。KM-1触点闭合为KM提供供电的自锁通路，即使



启动开关断开也能维持KM的供电通道,电动机M1持续旋转。在M1旋转过程中,如果按下停止按钮SB1,就切断了KM的供电通道,KM复位,KM的触点也复位,于是KM-2断开,切断电机M1的供电,电动机停转,触点KM-1也断开,车床重新处于待机状态。

该线路主要分为主电源供电电路、控制电路和照明电路三部分。

① 主电源供电电路 主电源供电电路主要由主轴电动机M1和冷却泵电动机M2供电电路组成,主轴电动机M1主要作用是驱动主轴旋转,同时驱动车床刀架的进给运动。冷却泵电动机M2主要作用是驱动冷却泵,为车床提供冷却液。

主轴电动机M1和冷却泵电动机M2的容量均小于10 kW,采用全压直接启动,且为单方向旋转。

② 控制电路 控制电路主要由交流接触器KM、转换开关Q1、过热保护继电器FR1、FR2、熔断器FU1~FU6等元件组成。交流接触器KM起到失电压和欠低压保护的作用,同时还可以控制电动机M1的启停;转换开关Q1控制电动机M2,并在电动机M1启动后才可开动;过热保护继电器FR1、FR2实现电动机长期过载保护;熔断器FU1~FU3实现主电路、控制电路以及照明线路的短路保护。

③ 照明电路 照明电路由照明变压器T提供36 V电源电压,经照明开关Q2和灯座开关Q3控制照明灯EL。

5.1.2 C620-1型卧式车床的PLC控制原理

C620-1型卧式车床是一种传统机床,在图5-2所示的电气结构中,其基本上采用了交流继电器、接触器的控制方式,该种控制方式由于电气部件的连接过多存在人为因素的影响,具有可靠性低、线路维护困难等缺点,将直接影响企业的生产效率。由此,很多生产型企业中采用PLC控制方式对其进行控制。

下面我们具体介绍用PLC实现对C620-1型卧式车床的控制原理。



C620-1型卧式车床的PLC控制电路见图5-3。

该控制电路采用三菱FX2N系列PLC,电路中PLC控制I/O分配表见表5-1。

表5-1 C620-1型车床三菱FX2N系列PLC控制I/O分配表

输入信号及地址编号			输出信号及地址编号		
名称	代号	输入点地址编号	名称	代号	输出点地址编号
过热保护继电器	FR1、FR2	X0	主轴电动机接触器	KM1	Y1
主轴电动机启动按钮	SB1	X1			
主轴电动机停止按钮	SB2	X2			

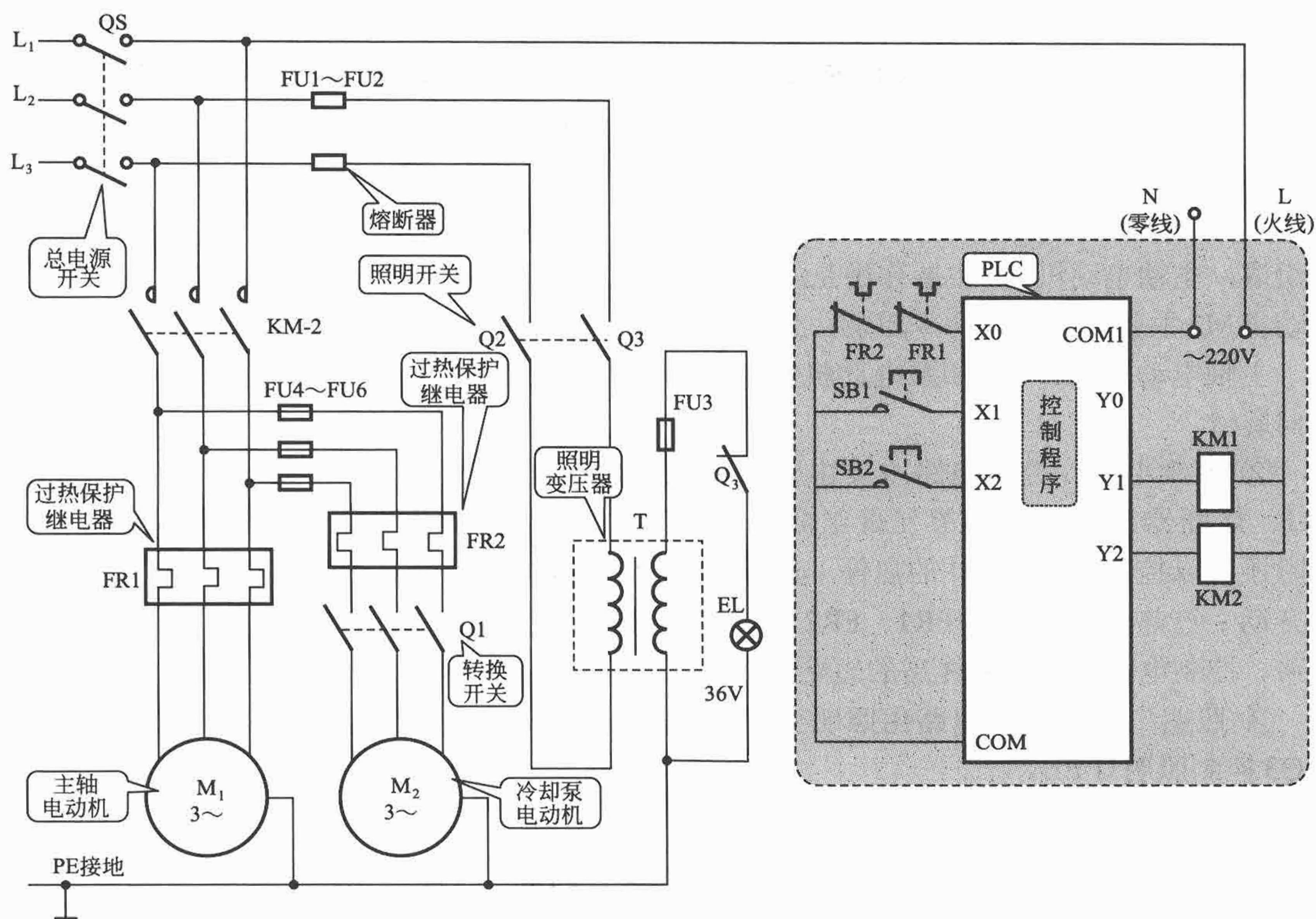


图5-3 C620-1型卧式车床的PLC控制电路

图5-3中，通过PLC的I/O接口与外部电器部件进行连接，提高了系统的可靠性，并能够有效地降低故障率，维护方便。当使用编程软件向PLC中写入控制程序时，便可以实现外接电器部件及负载电动机等设备的自动控制。想要改动控制方式时，只需要修改PLC中的控制程序即可，大大提高了调试和改装效率。



图例

C620-1型卧式车床三菱FX2N系列PLC控制梯形图见图5-4。

根据梯形图识读该PLC的控制过程，首先可对照PLC控制电路和I/O分配表，在梯形图中进行适当文字注解，然后再根据操作动作具体分析启动和停止的控制原理。

(1) PLC控制下C620-1型卧式车床主轴电动机的启动过程

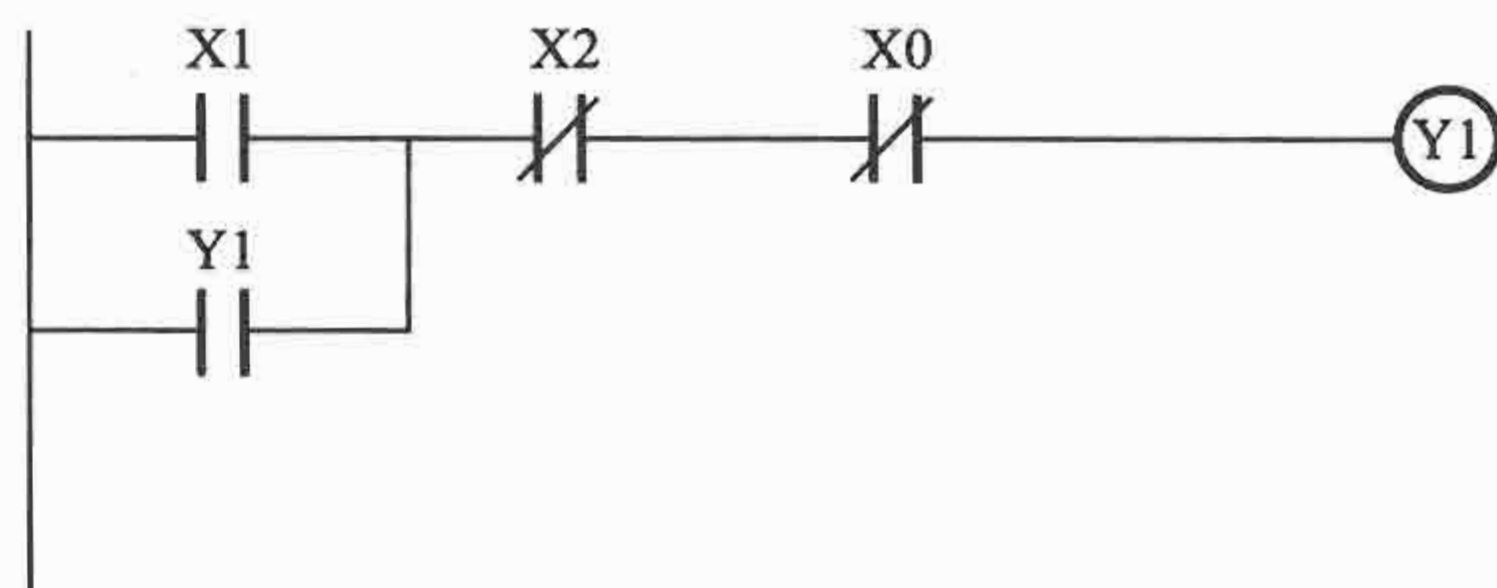


图5-4 C620-1型车床三菱FX2N系列PLC控制梯形图



图例

C620-1型卧式车床三菱FX2N系列PLC控制电路的启动过程见图5-5。

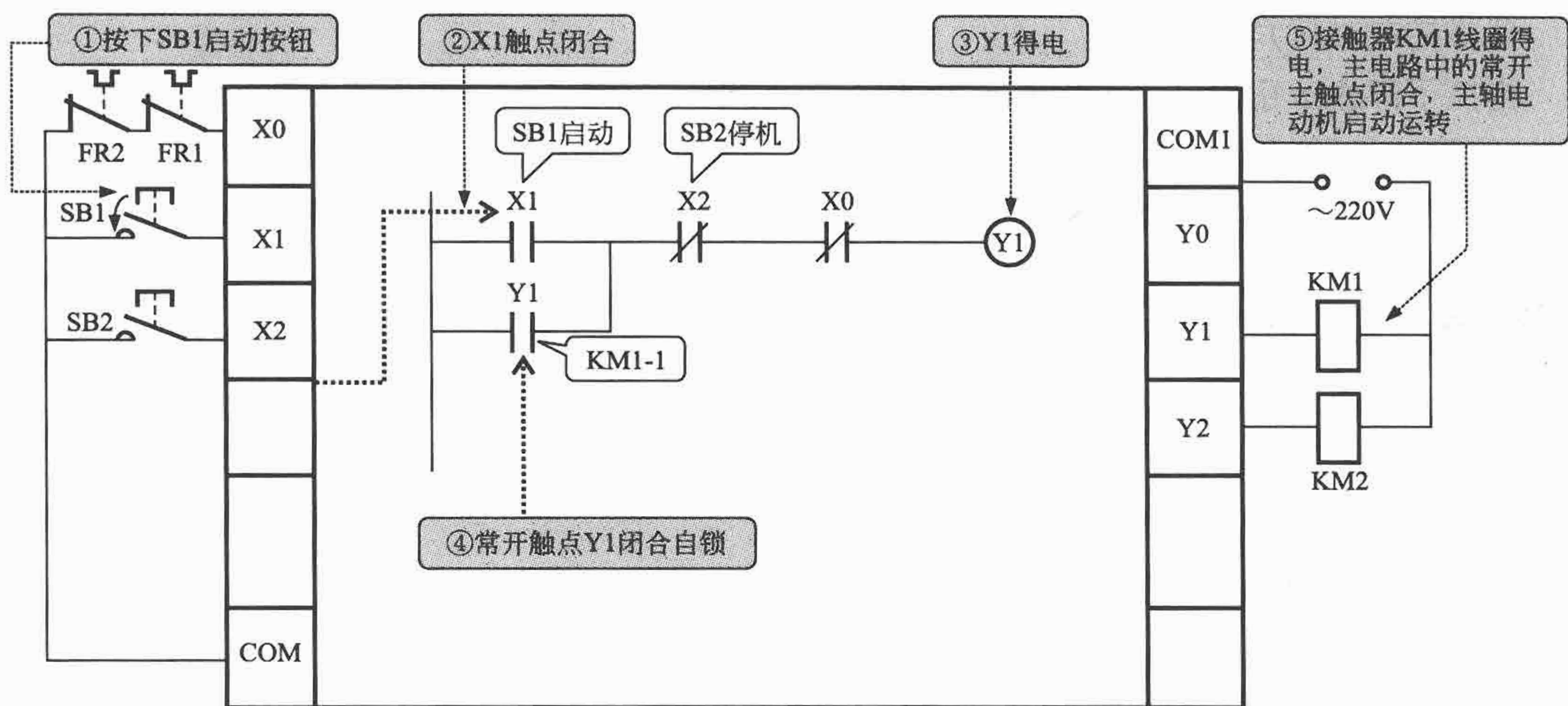


图 5-5 PLC 控制下 C620-1 型车床主轴电动机的启动过程

具体过程为：

当按下启动按钮 SB1 时（步骤①），其将 PLC 内的 X1 置“1”，即该触点接通（步骤②），使得 Y1 得电（步骤③），控制 PLC 外接交流接触器线圈 KM 得电。Y1 得电其常开触点 Y1 闭合自锁（步骤④），即使启动按钮断开，电动机仍然会保持运行，因此启动按钮常采用按钮式开关，按一下即可启动，手松开后电动机仍保持运行，有效降低启动部件电气损耗和安全性、可靠性。KM 得电，主电路中的主触点闭合，接通电动机电源，电动机启动运转（步骤⑤）。

(2) PLC 控制下 C620-1 型卧式车床主轴电动机的停止过程



C620-1 型卧式车床三菱 FX2N 系列 PLC 主轴电动机的停止过程见图 5-6。

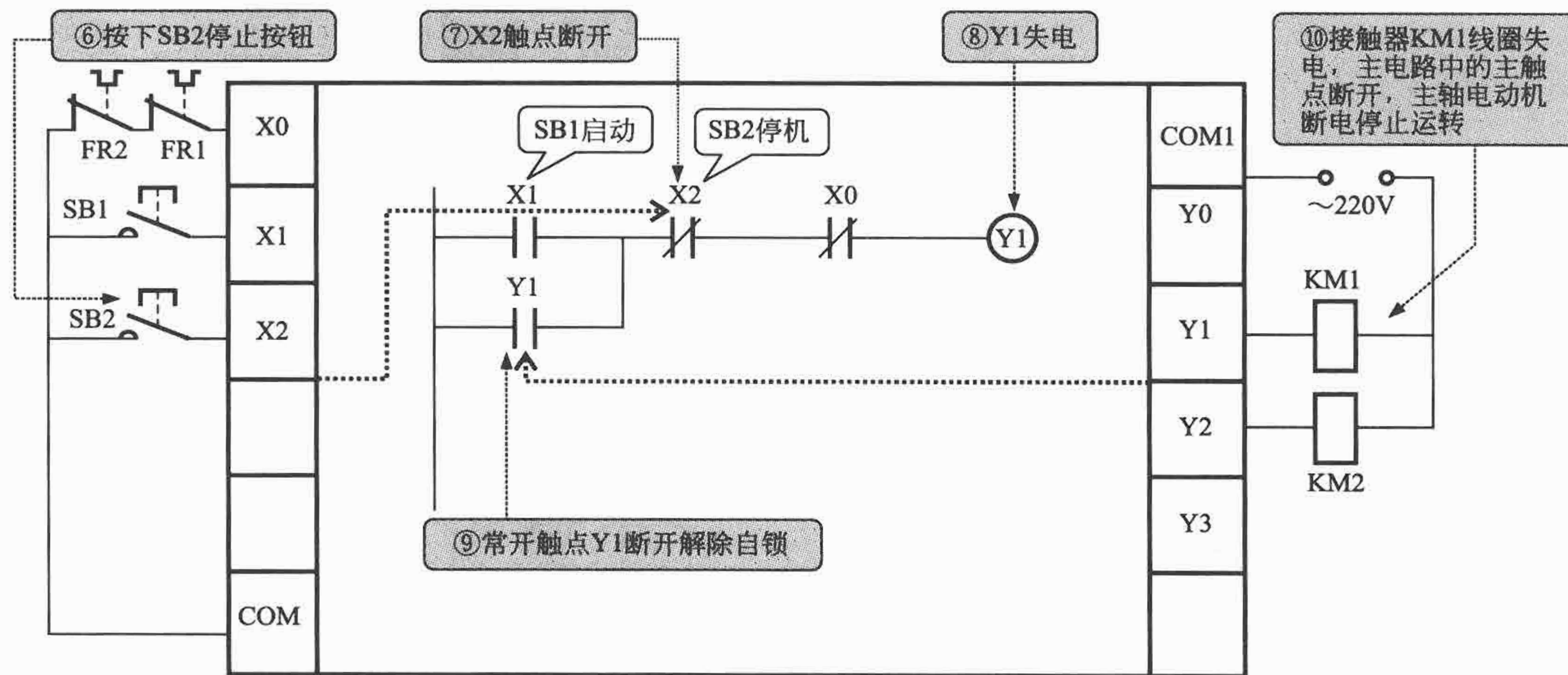
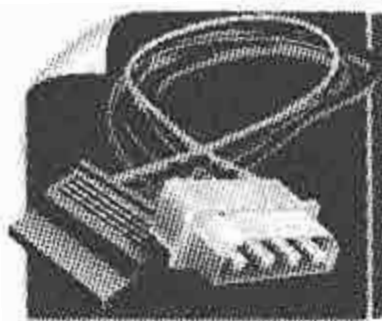
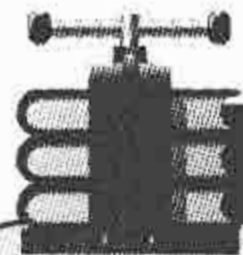


图 5-6 PLC 控制下 C620-1 型车床主轴电动机的停止过程



具体控制过程为：

当按下停止按钮SB2时（步骤⑥），其将PLC内的X2置“0”，即该触点断开（步骤⑦），使得Y1失电（步骤⑧），常开触点Y1断开，解除自锁（步骤⑨），PLC外接交流接触器线圈KM失电，同时其主电路中的常开主触点复位断开，切断电动机电源，电动机停止运转（步骤⑩）。



提示

在C620-1型卧式车床中，主轴电机启动后，可通过转换开关直接对其冷却泵电动机进行启停控制。



5.2 Z35型摇臂钻床的PLC控制

5.2.1 Z35型摇臂钻床的结构

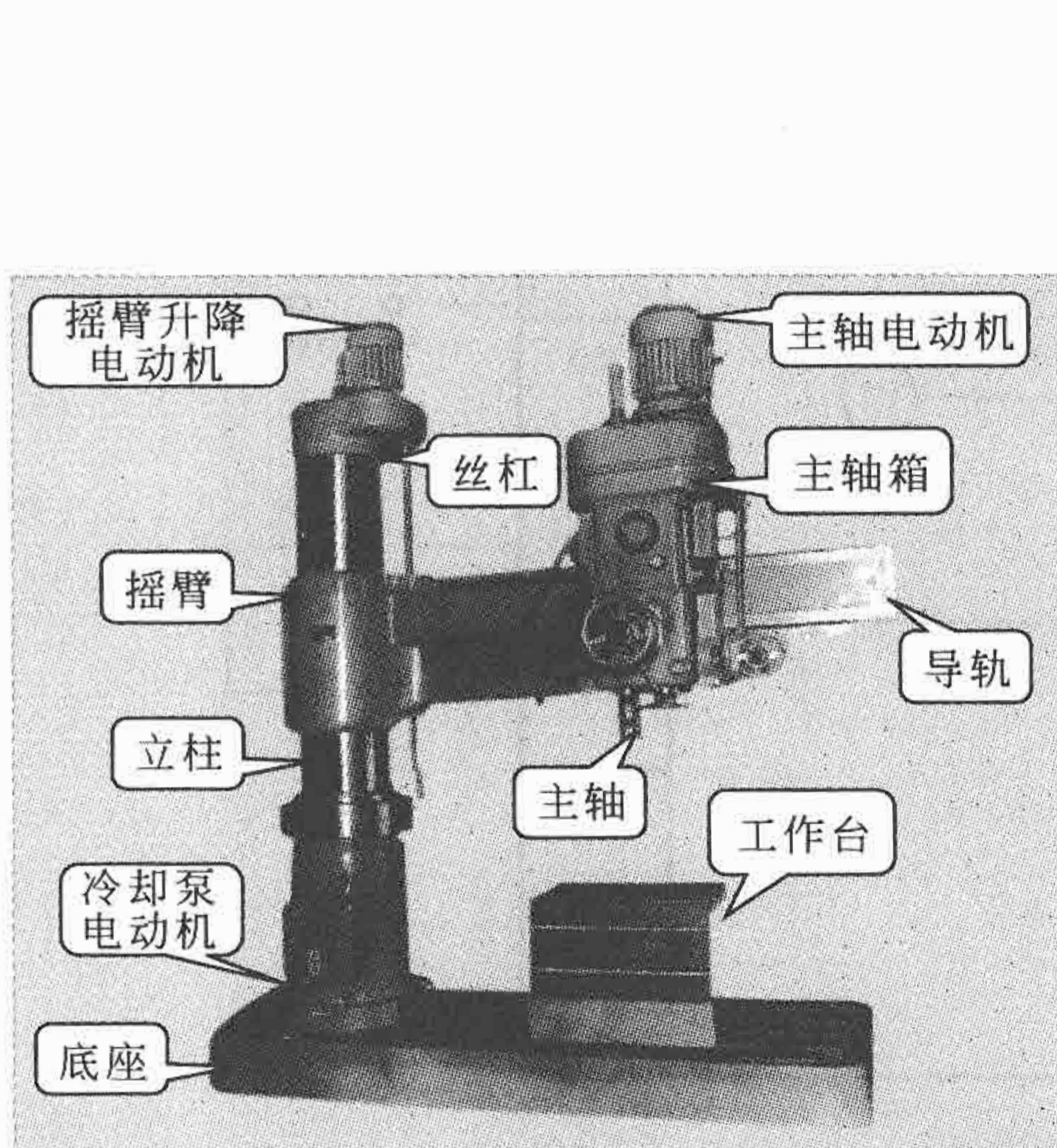
(1) Z35型摇臂钻床的基本结构

钻床主要作用是对工件进行钻孔、扩孔、铰孔、镗孔以及攻螺纹等。常见的钻床有台式钻床、立式钻床和摇臂钻床等形式，下面我们以典型的Z35型摇臂钻床为例介绍其基本的电气结构。

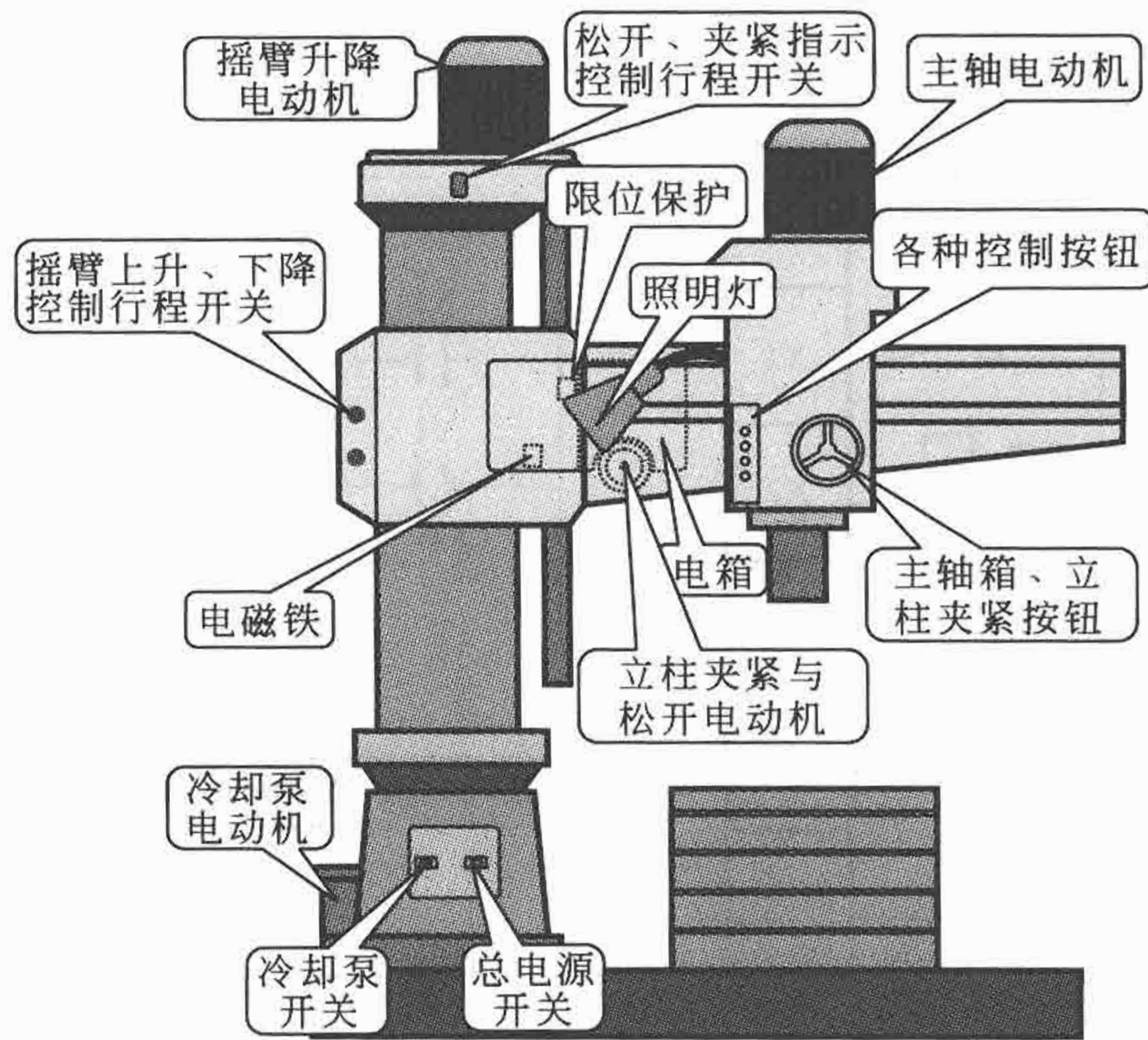


图解

Z35型摇臂钻床的实物外形见图5-7。



(a)实物外形



(b)控制电器示意图

图5-7 Z35型摇臂钻床的实物外形

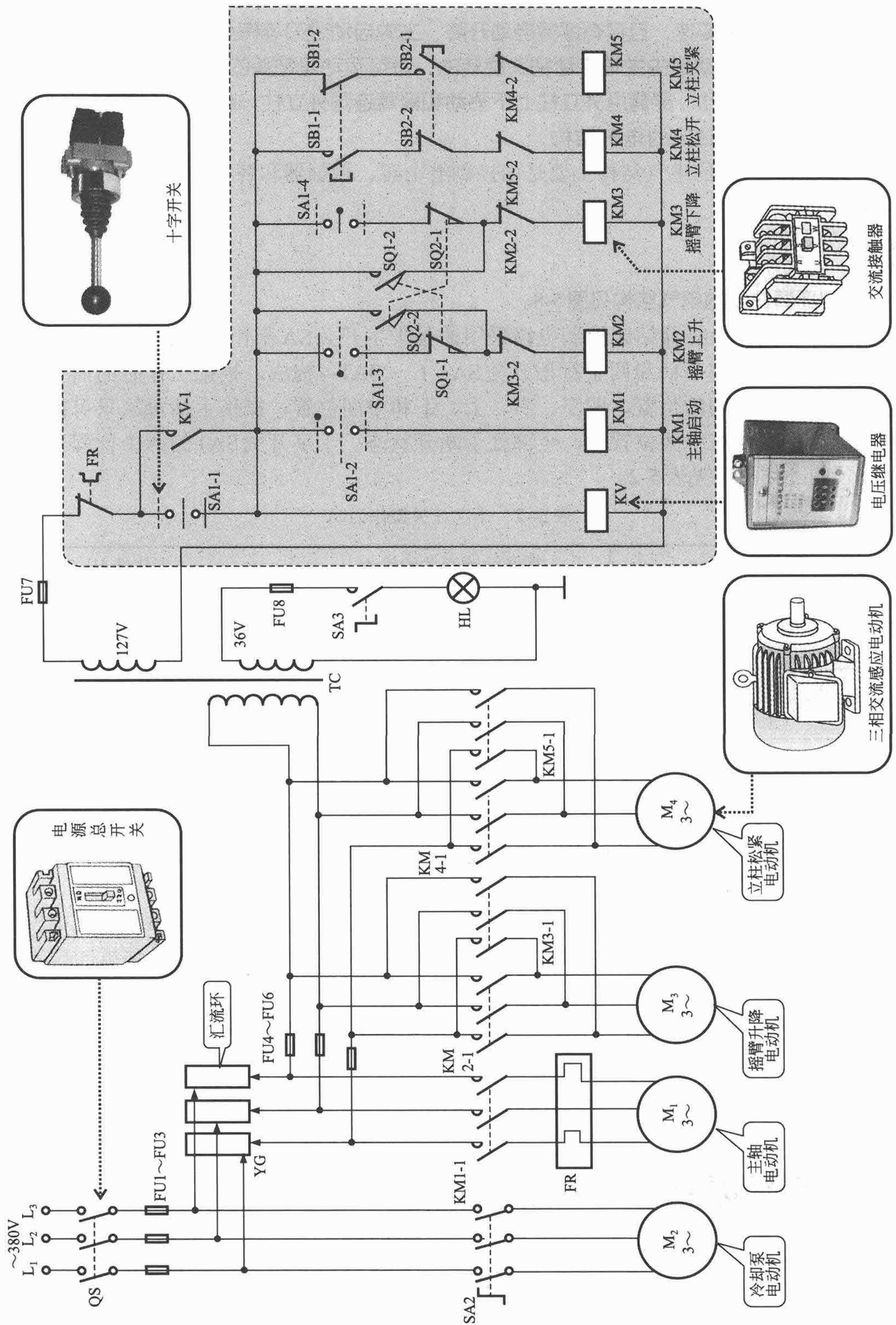
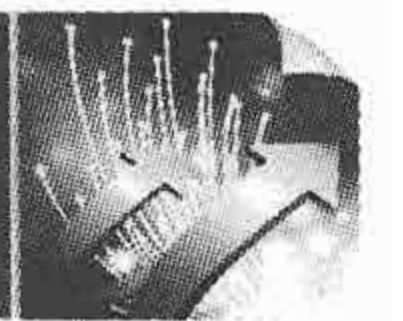
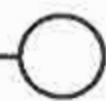
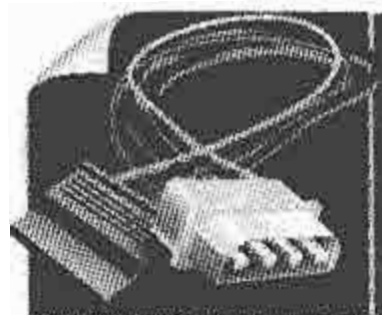


图 5-8 Z35 型摇臂钻床的电气结构



该型号的钻床主要用于加工镗孔、攻螺纹、套螺纹、钻孔、铰孔、扩孔等。它采用机械传动、机械夹紧、机械变速，且具有摇臂自动升降、主轴自动进刀等特点，从而提高了生产效率。

摇臂钻床的主运动是由主轴带动钻头旋转的，进给运动是钻头的上下移动。辅助运动是主轴箱摇臂导轨水平移动、摇臂沿外立柱上下移动和摇臂连同外立柱一起相对于内立柱的回转。

(2) Z35型摇臂钻床的电气结构

Z35型摇臂钻床的电气结构主要是由控制继电器、接触器和各种控制按钮构成的。



图解

Z35型摇臂钻床的电气结构见图5-8。

从图可看出，该摇臂钻床控制电路采用的是十字开关SA操作，它有控制集中的优点。十字开关SA1由十字手柄和四个行程开关SA1-1~SA1-4构成，根据工作时的需要，将手柄分别扳到五个不同的位置，即左、右、上、下和中间位置，操作手柄每次只可扳在一个位置上。当手柄处在中间位置时，全部处于断开状态。十字开关SA1的四个行程开关处于不同位置的工作情况见表5-2。

表5-2 十字开关操作说明

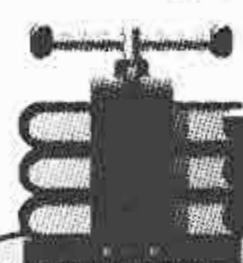
手柄位置	接通微动开关的触点	工作情况
中	都不通	停止
左	SA1-1	控制电路电源接通触点
右	SA1-2	主轴运转触点
上	SA1-3	摇臂上升触点
下	SA1-4	摇臂下降触点

① 主轴电动机 M_1 的控制 主轴电动机 M_1 只做单方向运转，由接触器KM1的常开主触头控制，当需要启动主轴电动机时，合上电源总开关QS，交流电压经汇流环YG为电动机提供工作电压，并将其交流电压输入控制变压器TC中。

然后将十字开关SA拨至左端，常开触点SA1-1接通，经变压器降压后的直流电压加到过压保护继电器KV线圈上，常开触点KV-1接通，实现自锁功能，为各电动机的控制电路的接通做好准备。

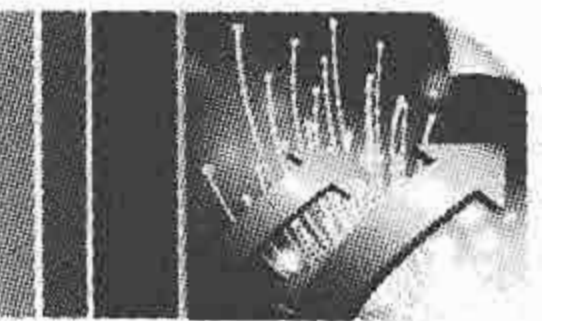
再将十字开关SA拨至右端，常开触点SA1-2接通，接触器KM1线圈得电，常开触点KM1-1接通，主轴电动机 M_1 启动运转。

当需要主轴电动机 M_1 停止运转时，将十字开关SA拨至中间位置，触点复位，接触器KM1线圈失电，常开触点KM1-1断开，主轴电动机 M_1 停止运转。



提示

将主轴箱上的摩擦离合器拨至不同的位置可控制旋转方向。当钻床工作时，十字开关不在左边，这时若电源失电，KV失电，其自锁触头断开；电源恢复时，KV不会自行吸合，控制电路仍不通电，以防止工作中电源中断又恢复而造成的危险。



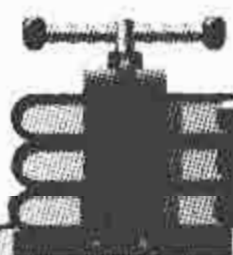
② 冷却泵电动机 M_2 的控制 冷却泵电动机 M_2 是通过转换开关SA2直接进行控制,当钻床工作工程中,需要为其提供冷却液,可将转换开关SA2拨至接通位置,接通冷却泵电动机 M_2 的供电电源,电动机启动运转,若需要冷却泵电动机 M_2 停机时,再将转换开关SA2拨至停机位置,即切断冷却泵电动机 M_2 的供电电源,电动机停止运转。

③ 摇臂升降电动机 M_3 的控制 摇臂钻床正常工作前,摇臂应夹紧在立柱上,因此在摇臂上升或下降之前,首先应松开夹紧装置,当摇臂上升或下降到指定位置时,夹紧装置又必须将摇臂夹紧。这种松开——升降——夹紧的过程是由电气和机械机构联合配合下实现自动控制的。

将十字开关SA1扳向左边,为控制回路送电,再将十字开关扳向上边,行程开关SA1-3接通,接触器KM2线圈得电,常闭触点KM2-2断开,起联锁保护作用,常开触点KM2-1接通,摇臂升降电动机 M_3 正向运转,通过机械传动,使辅助螺母在丝杆上旋转上升,带动了夹紧装置松开,触头SQ1-2接通,为摇臂上升后的夹紧动作做准备。

摇臂松开后,辅助螺母将继续上升,带动一个主螺母沿丝杆上升,主螺母则推动摇臂上升。当摇臂上升到预定高度时SQ1-1断开,将十字开关SA1拨至中间位置,十字开关SA1触点复位,上升接触器KM2失电,其常闭触点KM2-2接通,常开触点KM2-1断开,摇臂升降电动机 M_3 停止运转,摇臂即停止上升。

由于摇臂上升时触点SQ1-2接通,所以KM2失电后,下降接触器KM3得电吸合,其常开触点KM3-1接通,摇臂升降电动机 M_3 反转,这时电动机通过辅助螺母使夹紧装置将摇臂夹紧,但摇臂并不下降。当摇臂完全夹紧时,SQ1-2触点随即断开,接触器KM3失电,电动机 M_3 停转,摇臂上升动作全过程结束。



提示

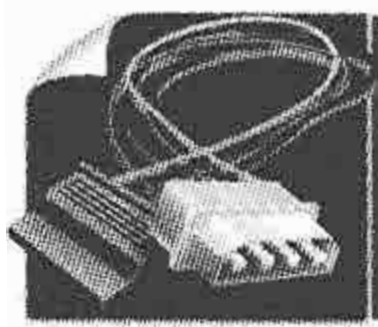
摇臂的下降过程同上升过程相同,可参照上升过程进行分析,在此不再赘述。

④ 立柱松紧电动机 M_4 的控制 立柱松紧电动机 M_4 需要做正反向运动,通过接触器KM4、KM5进行控制。当摇臂和外立柱需绕内立柱转动时,按下按钮SB1,常开触点SB1-1接通,接触器KM4线圈得电,常开触点KM4-1接通,立柱松紧电动机接通电源正向启动运转,此时,油泵在齿式离合器的带动下送出高压油,经油路系统和传动机构使立柱松开,同时常闭触点SB1-2断开,防止立柱夹紧接触器KM5线圈得电,起联锁保护作用。

若需要摇臂和外立柱停止旋转时,松开按钮SB1,触点复位,接触器KM4线圈失电,触点复位,立柱松紧电动机 M_4 停止运转。

当摇臂和外立柱转到所需的位置时,按下按钮SB2,常开触点SB2-1接通,接触器KM5线圈得电,常开触点KM5-1接通,立柱松紧电动机接通电源反向启动运转,在液压系统推动下夹紧外立柱,同时常闭触点SB2-2断开,防止立柱松开接触器KM4线圈得电,起联锁保护作用。

当松开SB2时,触点复位,接触器KM5线圈失电,触点复位,立柱松紧电动机 M_4 停止运转。



5.2.2 Z35型钻床的PLC控制原理

在图5-8所示的电气结构中，其基本上采用了交流继电器、接触器的控制方式，该种控制方式由于电气部件的连接过多存在人为因素的影响，具有可靠性低、线路维护困难等缺点，将直接影响企业的生产效率。因此，很多生产型企业中采用PLC控制方式对其进行控制。

下面我们具体介绍用PLC实现对Z35型钻床的控制原理。



Z35型钻床的PLC控制电路见图5-9。

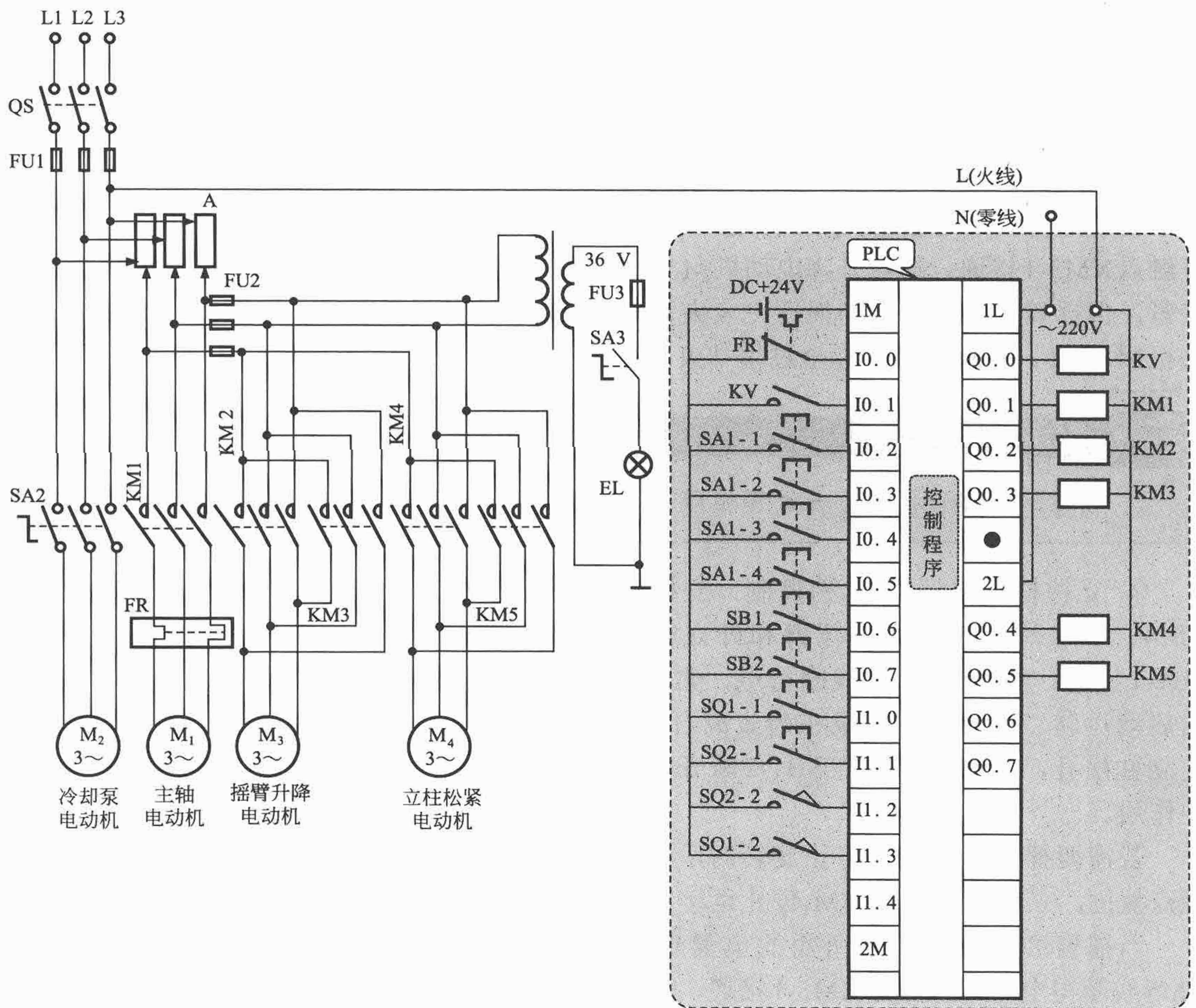


图5-9 Z35型钻床的PLC控制电路

该控制电路采用西门子S7-200型PLC，电路中PLC控制I/O分配表见表5-3。

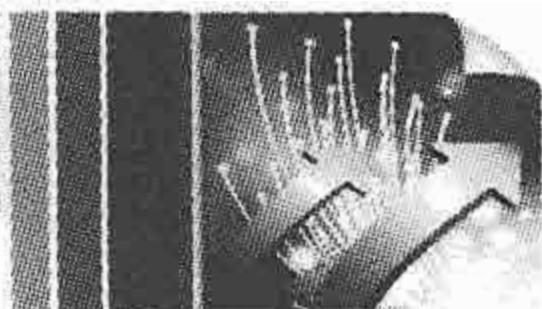


表 5-3 Z35 型钻床西门子 S7-200 型 PLC 控制 I/O 分配表

输入信号及地址编号			输出信号及地址编号		
名称	代号	输入点地址编号	名称	代号	输出点地址编号
过热保护继电器	FR	I0.0	电压继电器	KV	Q0.0
电压继电器	KV	I0.1	主轴电动机 M ₁ 接触器	KM1	Q0.1
十字开关的控制电 路电源接通触点	SA1-1	I0.2	摇臂升降电动机 M ₃ 上升接触器	KM2	Q0.2
十字开关的主轴 运转触点	SA1-2	I0.3	摇臂升降电动机 M ₃ 下降接触器	KM3	Q0.3
十字开关的摇 臂上升触点	SA1-3	I0.4	立柱松紧电动机 M ₄ 放松接触器	KM4	Q0.4
十字开关的摇臂下 降触点	SA1-4	I0.5	立柱松紧电动机 M ₄ 夹紧接触器	KM5	Q0.5
立柱放松按钮	SB1	I0.6			
立柱夹紧按钮	SB2	I0.7			
摇臂上升上限位 行程开关	SQ1-1	I1.0			
摇臂下降下限位 行程开关	SQ2-1	I1.1			
摇臂下降夹紧 行程开关	SQ2-2	I1.2			
摇臂上升夹紧 行程开关	SQ1-2	I1.3			

图 5-9 中, 通过 PLC 的 I/O 接口与外部电器部件进行连接, 提高了系统的可靠性, 并能够有效地降低故障率, 维护方便。当使用编程软件向 PLC 中写入控制程序时, 便可以实现外接电器部件及负载电动机等设备的自动控制。想要改动控制方式时, 只需要修改 PLC 中的控制程序即可, 大大提高了调试和改装效率。



Z35 型钻床西门子 S7-200 系列 PLC 控制梯形图见图 5-10。

根据梯形图识读该 PLC 的控制过程, 首先可对照 PLC 控制电路和 I/O 分配表, 在梯形图中进行适当文字注解, 然后再根据操作动作具体分析启动和停止的控制原理。

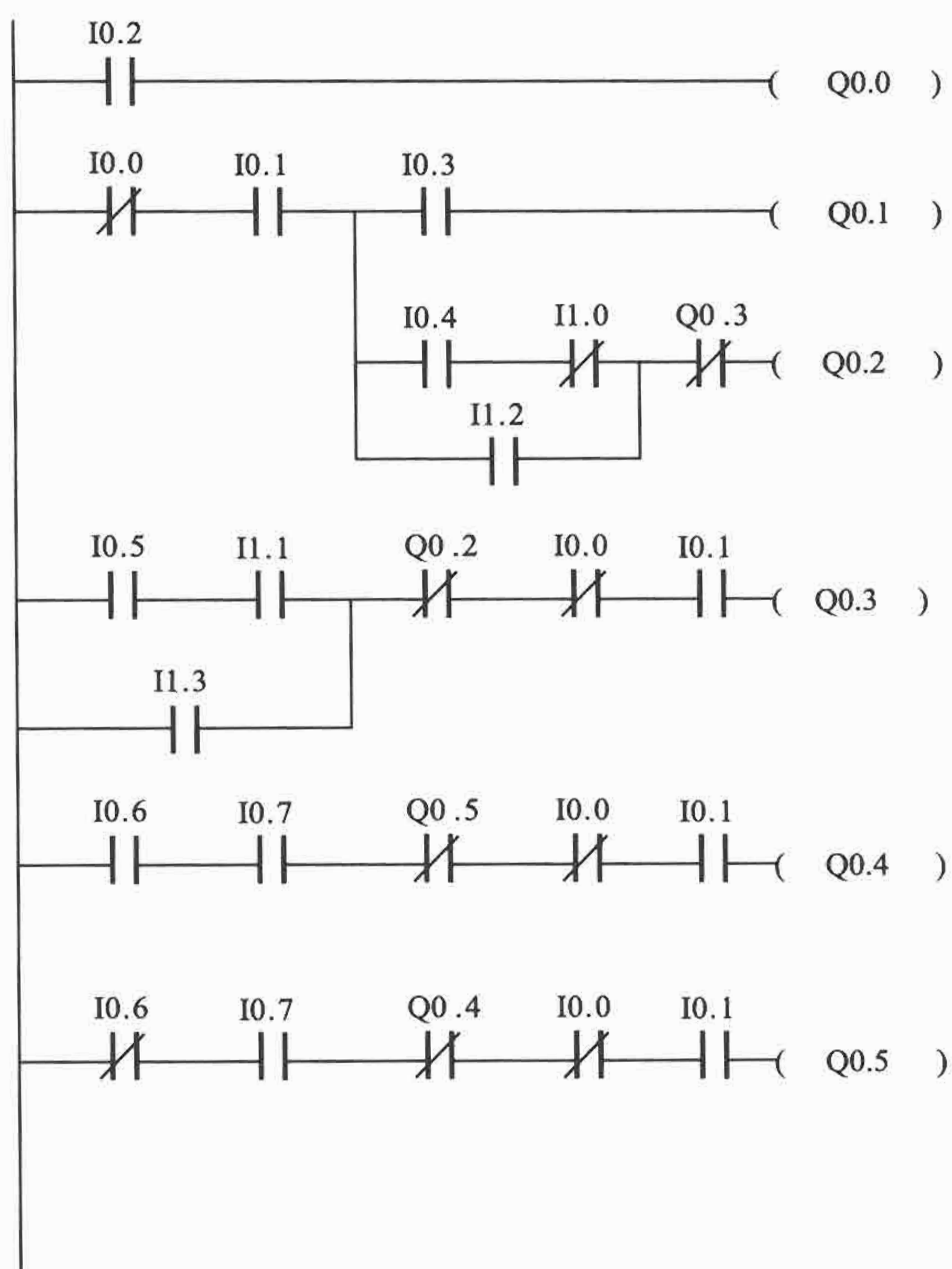


图 5-10 Z35 型钻床西门子 S7-200 系列 PLC 控制梯形图

(1) PLC 控制下 Z35 型钻床主轴电动机的控制过程



西门子 S7-200 PLC 控制下 Z35 型钻床主轴电动机的控制过程见图 5-11。

具体过程为：

当将十字开关 SA1 拨至左端，常开触点 SA1-1 接通（步骤①），PLC 内部的常开触点 I0.2 闭合（步骤②），Q0.0 得电（步骤③），其常开触点 I0.1 闭合（步骤④），为各电动机控制电路的接通做好准备。

当将十字开关 SA 拨至右端，常开触点 SA1-2 接通（步骤⑤），PLC 内部的输入继电器 I0.3 触点闭合（步骤⑥），Q0.1 得电（步骤⑦），接触器 KM1 线圈得电吸合，带动其主电路的常开触点 KM1-1 吸合，主轴电动机 M_1 启动（步骤⑧）。

(2) PLC 控制下 Z35 型钻床摇臂升降电动机的控制过程



西门子 S7-200 PLC 控制下 Z35 型钻床摇臂升降电动机 M_3 的控制过程见图 5-12。

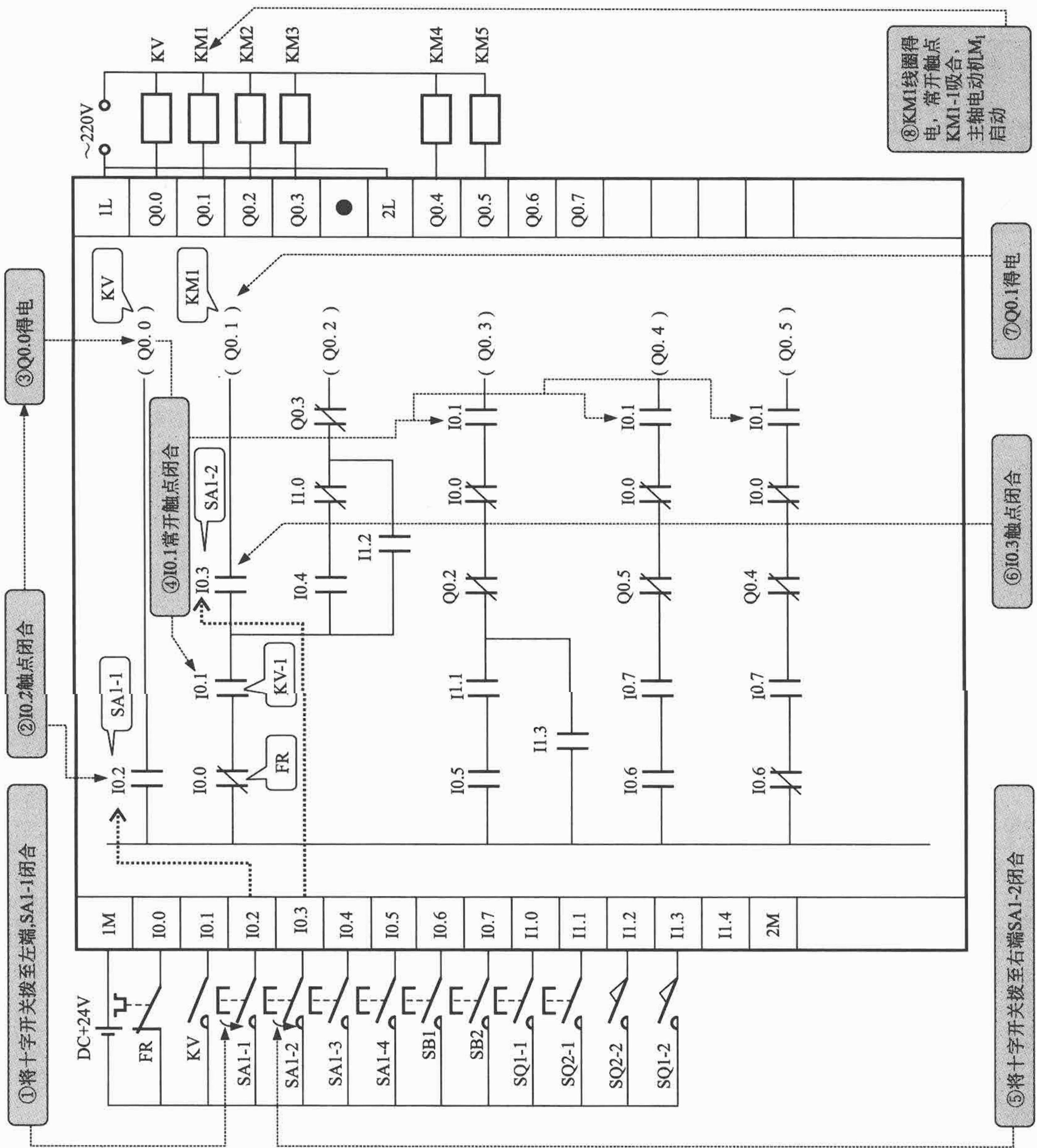
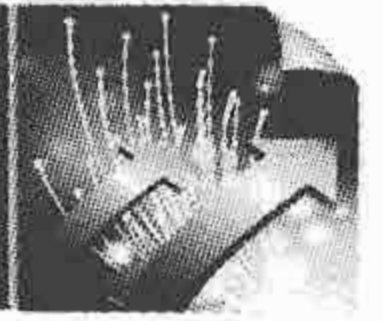


图 5-11 西门子 S7-200 PLC 控制下 Z35 型钻床主轴电动机的控制过程

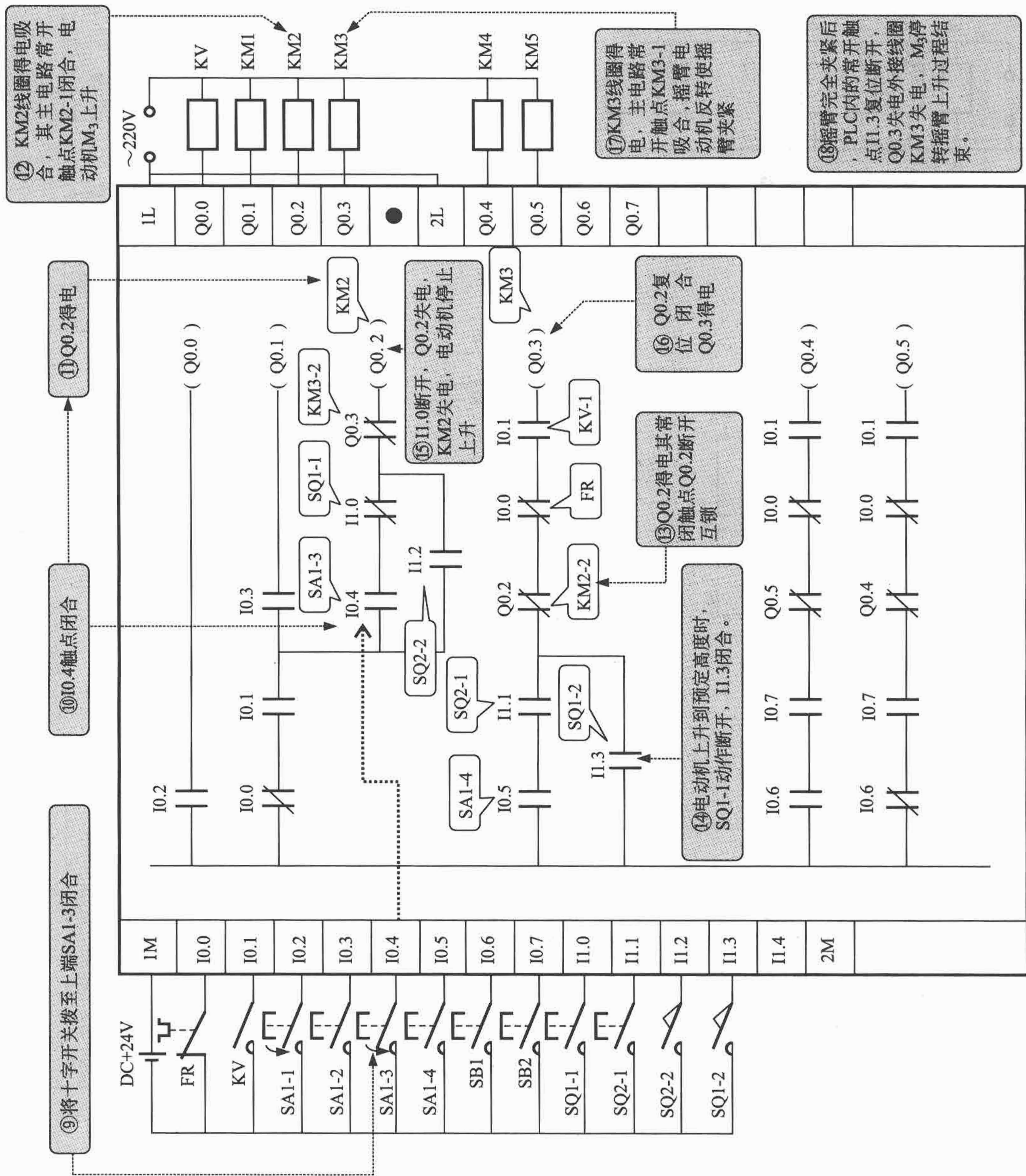


图5-12 PLC控制下Z35型钻床摇臂升降电动机M₃的控制过程



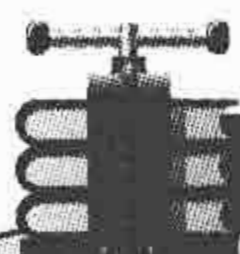
摇臂升降电动机上升及夹紧的具体过程为：

首先将十字开关拨至左端，为控制回路送电，然后再拨至上端，行程开关SA1-3闭合接通（步骤⑨），PLC内部的I0.4触点闭合（步骤⑩），输出继电器Q0.2得电（步骤⑪），外接线圈KM2得电吸合，其主电路的常开触点KM2-1闭合，电动机M₃开始上升（步骤⑫）。

与此同时，Q0.2得电，其常闭触点断开，实现联锁保护（步骤⑬）。

当电动机M₃上升到预定高度时，SQ1-1动作，其联动常开触点I1.3吸合（步骤⑭），常闭触点I1.0断开，Q0.2失电，其外接线圈KM2失电，电动机停止上升（步骤⑮）；Q0.2失电后，其触点Q0.2复位闭合，Q0.3得电（步骤⑯），其外接线圈KM3得电吸合，摇臂电动机开始反转使摇臂夹紧（步骤⑰）。

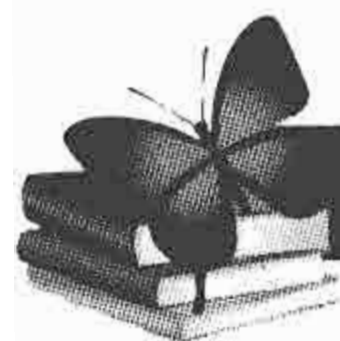
当摇臂完全夹紧后，上升夹紧行程开关SQ1-2动作，PLC内常开触点I1.3复位断开，Q0.3失电，外接KM3线圈失电，电动机M₃停止转动，摇臂电动机上升过程结束（步骤⑱）。



提示

摇臂电动机M₃的下降及夹紧过程与上述控制相同，这里不再重复，读者可尝试自己参照分析。

（3）PLC控制下Z35型钻床立柱松紧电动机的控制过程



图解

西门子S7-200 PLC控制下Z35型钻床立柱松紧电动机M₄的控制过程见图5-13。

立柱松开的控制过程：

按下按钮SB1（步骤⑲），PLC内部常开触点I0.6接通，同时常闭触点I0.6断开，防止Q0.5得电，即防止立柱夹紧接触器KM5线圈得电，起联锁保护作用（步骤⑳）。常开触点I0.6接通，Q0.4得电（步骤㉑），PLC外接的接触器KM4线圈得电，主电路的常开触点KM4-1吸合，立柱松紧电动机接通电源正向启动运转，立柱松开（步骤㉒）。

松开按钮SB1，触点I0.6复位，Q0.4失电，接触器KM4线圈失电，触点复位，立柱松紧电动机M₄停止运转（步骤㉓）。

立柱夹紧的控制过程：

按下按钮SB2（步骤㉔），PLC内部常开触点I0.7接通，同时常闭触点I0.7断开，防止Q0.4得电，即防止立柱夹紧接触器KM4线圈得电，起联锁保护作用（步骤㉕）。常开触点I0.7接通，Q0.5得电（步骤㉖），PLC外接的接触器KM5线圈得电，主电路的常开触点KM5-1吸合，立柱松紧电动机接通电源反向启动运转，立柱夹紧（步骤㉗）。

松开按钮SB2，触点I0.7复位，Q0.5失电，接触器KM5线圈失电，触点复位，立柱松紧电动机M₄停止运转（步骤㉘）。

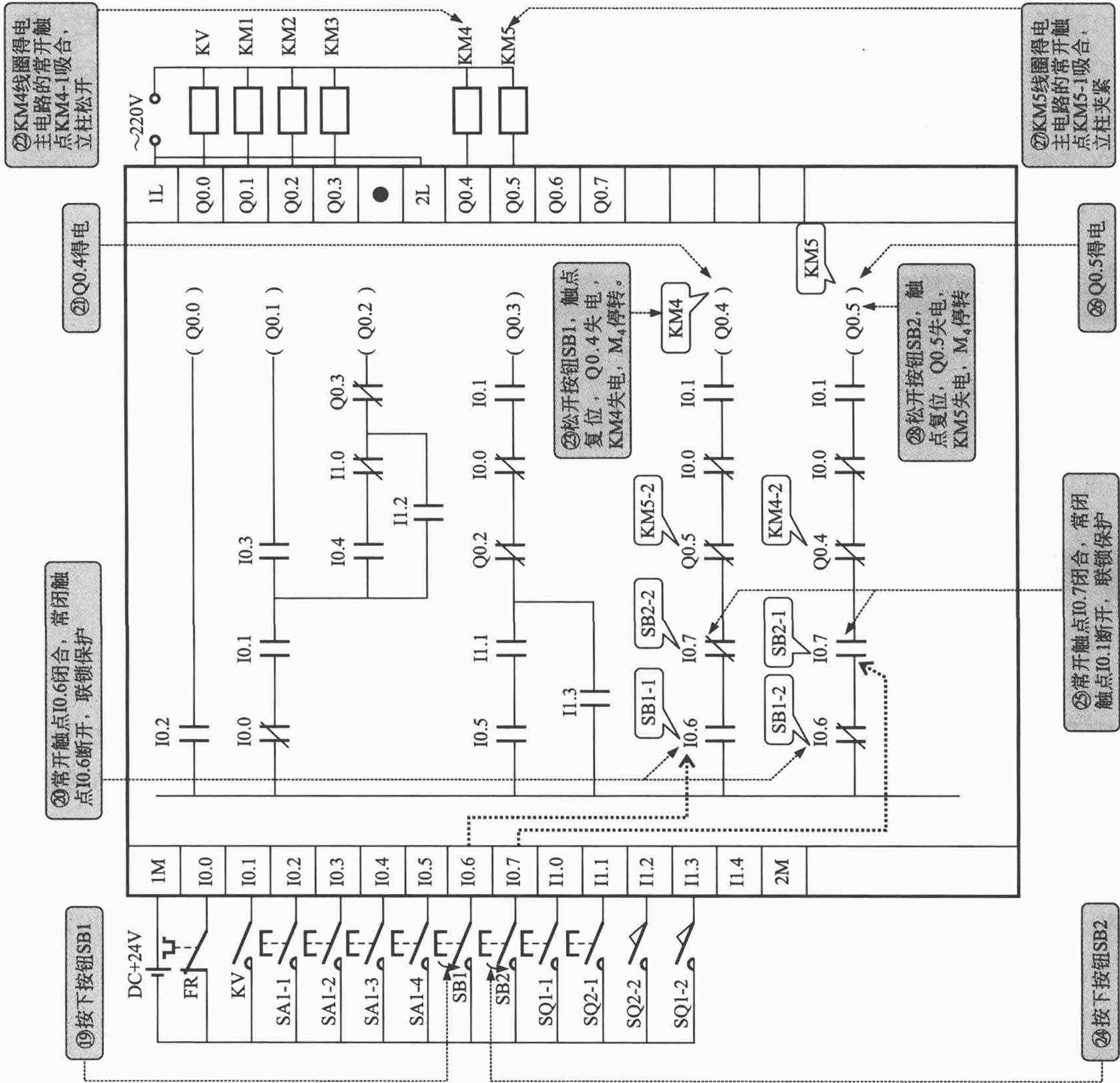


图5-13 西门子S7-200 PLC控制下Z35型钻床立柱松紧电动机M₄的控制过程



5.3

X52K 型立式升降台铣床的 PLC 控制

5.3.1 X52K 型立式升降台铣床的结构

(1) X52K 型立式升降台铣床的基本结构

铣床是使用铣刀对加工工件进行铣削加工，如加工工件表面、曲面、齿轮、沟槽等。铣床的主运动是主轴带动刀杆和铣刀的旋转运动，铣床的进给运动是工件相对于铣刀的移动，铣床的辅助运动是工作台在6个方向的快速移动。下面我们以X52K型立式升降台铣床为例介绍其基本的电气结构。



图解

X52K 型立式升降台铣床的实物外形见图 5-14。

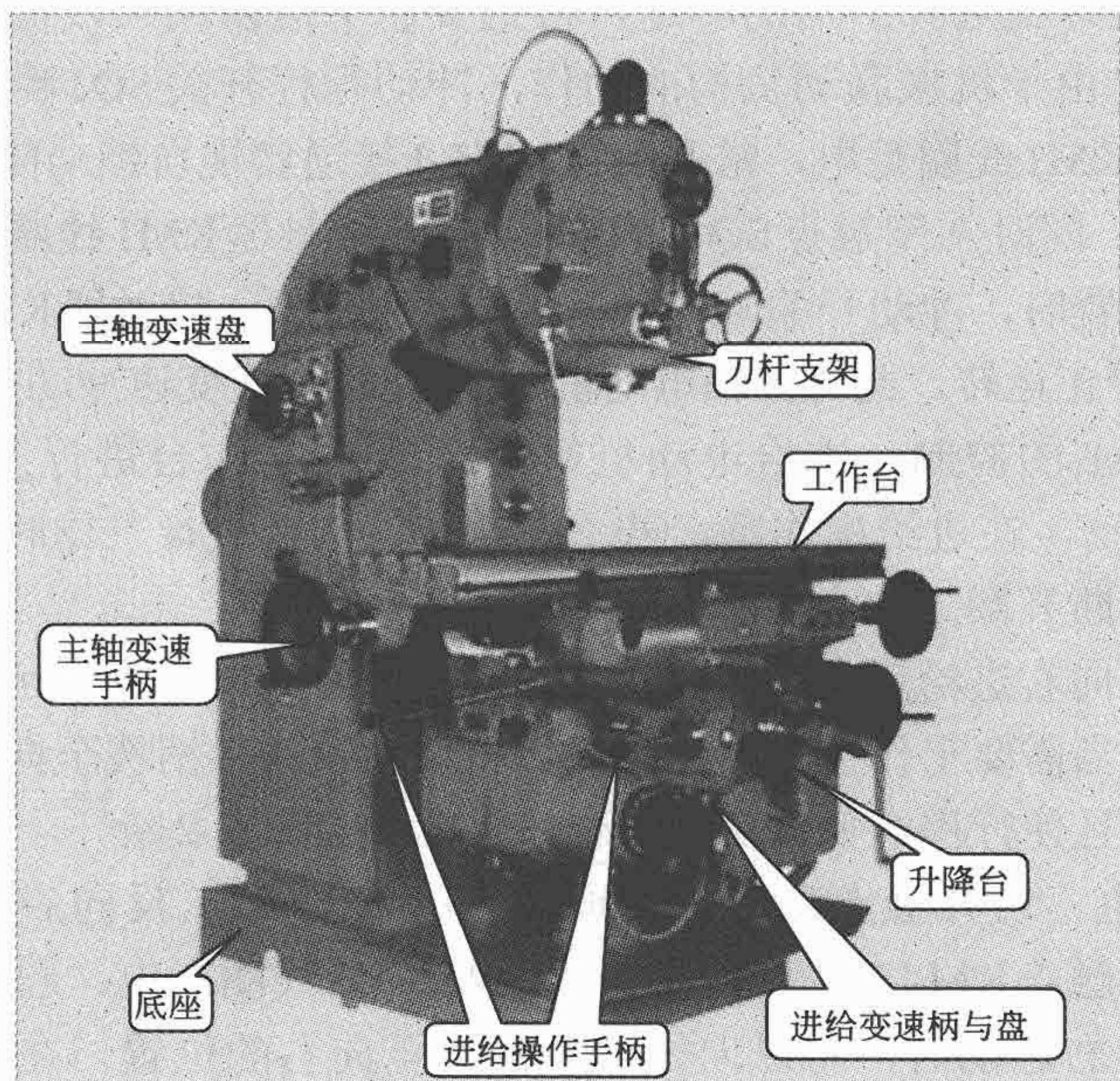


图 5-14 X52K 型立式升降台铣床的实物外形

X52K 型立式升降台铣床用于加工中小型零件的平面、斜度平面及成型表面。

(2) X52K 型立式升降台铣床的电气结构

X52K 型立式升降台铣床的电气结构主要是由控制继电器、接触器和各种控制按钮构成的。



图解

X52K型立式升降台铣床的电气结构见图5-15。

① 主轴电动机 M_1 的控制 主轴电动机 M_1 具有正反转运行功能，该运行方式直接通过转换开关SA1进行控制。

a. 启动过程。按下启动按钮SB1或SB2，接触器KM1线圈得电，常开触点KM1-1接通，实现自锁功能；KM1-2接通，主轴电动机 M_1 接通三相电源启动运转；常闭触点KM1-3断开，防止接触器KM5线圈得电，触点动作，对主轴电动机 M_1 进行制动操作；常开触点KM1-4接通，接通工作台控制电路电源。

b. 停机过程。当需要主轴电动机 M_1 停机时，按下停止按钮SB3或SB4，常闭触点SB3-2、SB4-2断开，接触器KM1线圈失电，触点复位，主轴电动机 M_1 做惯性运转，同时，常开触点SB3-1、SB4-1接通，接触器KM5线圈得电，常开触点KM5-1、KM5-2接通，交流电压经变压器 T_2 降压后，再经桥式整流堆VD1~VD4整流后输出的直流电压加到主轴电动机 M_1 的定子绕组上，对电动机进行能耗制动操作。松开停止按钮SB3或SB4后，触点复位，接触器KM5线圈失电，触点复位，主轴电动机 M_1 制动结束，停止运转。

c. 主轴变速的冲动控制。主轴变速应在主轴电动机 M_1 停机时进行，按下变速手柄，并将其拉出后，转动变速盘选择所需的转速，再把变速手柄以连续较快的速度推回至原来的位置，在此过程中，由于机械联动机构的动作，冲动行程开关SQ1瞬间被压合，常开触点SQ1-1接通，接触器KM1线圈得电，常开触点KM1-1接通实现自锁功能，KM1-2接通，主轴电动机 M_1 启动运转；同时常闭触点SQ1-2断开，解除接触器KM1线圈的自锁功能。当变速手柄推回至原来的位置时，冲动开关SQ1被释放，触点复位，接触器KM1线圈失电，触点复位，主轴电动机 M_1 停止运转，此时主轴电动机 M_1 便完成一次变速冲动操作，使齿轮合上。

② 进给电动机 M_3 的控制 进给电动机 M_3 用于驱动工作台进行上、下、左、右、前、后6个方向的进给运动，在进给操作室，若不使用圆工作台进行工作时，可将转换开关SA2拨至停止位置，使其断开圆工作台。

a. 工作台向左和向右进给运动的控制。工作台的向左和向右进给运动是通过纵向进给操作手柄进行控制的，当需要工作台向左运动时，将纵向操作手柄拨至向左的位置，在机械上接通纵向离合器，并且使行程开关SQ2被压合，常闭触点SQ2-2断开，常开触点SQ2-1接通，接触器KM4线圈得电，常开触点KM4-1接通，进给电动机 M_3 反向启动运转，此时工作台向左进给动作，常闭触点KM4-2断开，防止接触器KM3线圈得电，起联锁保护作用。

当需要工作台向右运动时，将纵向操作手柄拨至向右的位置，在机械上仍接通了纵向离合器，但却使行程开关SQ3被压合，常闭触点SQ3-2断开，常开触点SQ3-1接通，接触器KM3线圈得电，常开触点KM3-1接通，进给电动机 M_3 正向启动运转，此时工作台向右进给动作，常闭触点KM3-2断开，防止接触器KM4线圈得电，起联锁保护作用。

当工作台的左右运动到达极限位置时，安装在工作台两端的限位撞块就会撞击手柄，使它回到中间位置，进给电动机 M_3 停机，工作台停止运转，实现纵向终端保护。

b. 工作台向上（后）和向下（前）进给运动控制。工作台的向上（后）和向下（前）进给运动是通过十字操作手柄进行控制的，当需要工作台向上（后）运动时，将十字操作

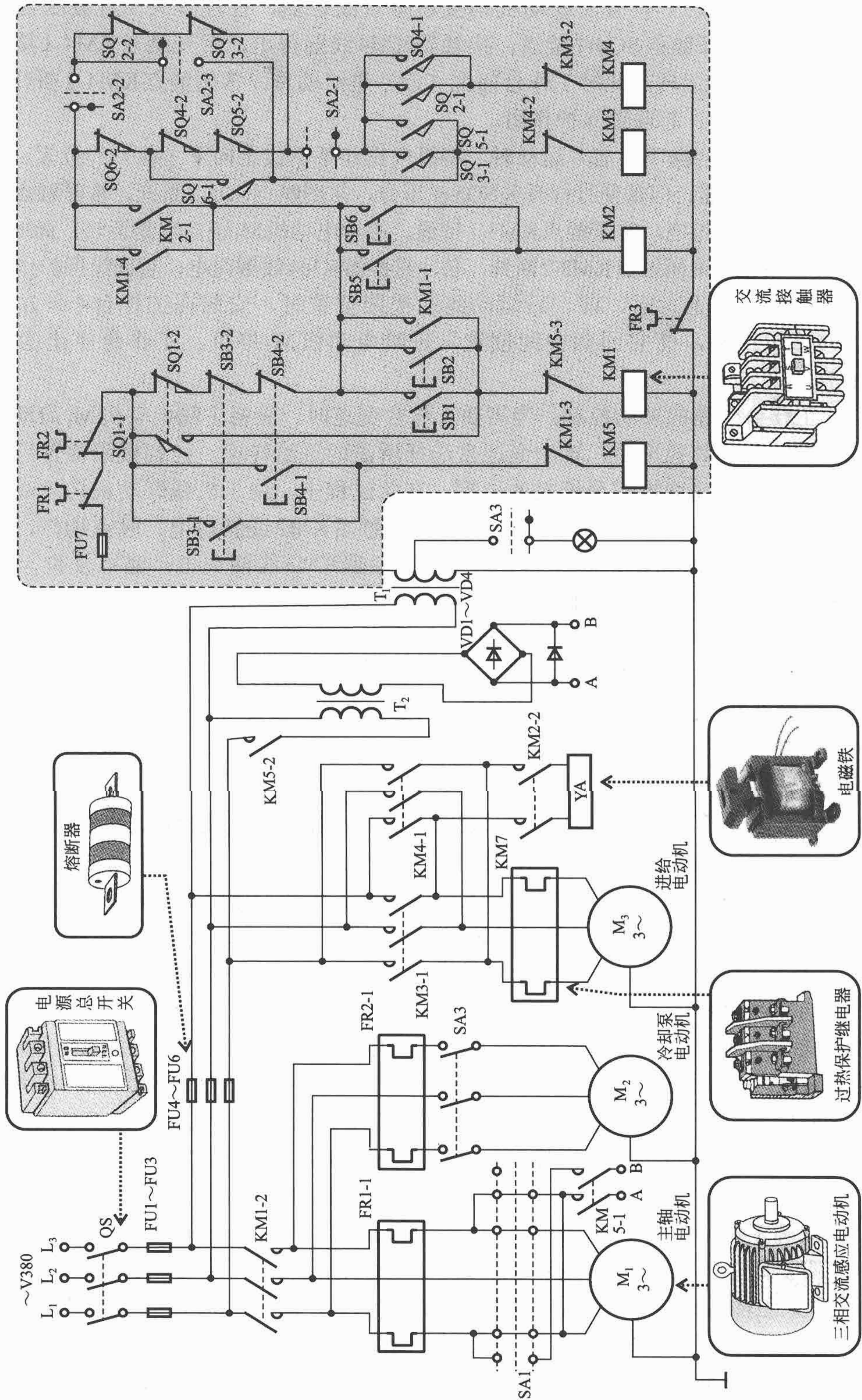


图 5-15 X52K 型立式升降台铣床的电气结构



手柄拨至向上（后）位置，联动机构接通垂直离合器，行程开关SQ4被压合，常闭触点SQ4-2断开，常开触点SQ4-1接通，接触器KM4线圈得电，常开触点KM4-1接通，进给电动机M₃反向启动运转，此时工作台向上（后）进给动作，常闭触点KM4-2断开，防止接触器KM2线圈得电，起联锁保护作用。

当需要工作台向下（前）运动时，将纵向操作手柄拨至向下（前）的位置，在机械上仍接通了垂直离合器，但却使行程开关SQ5被压合，常闭触点SQ5-2断开，常开触点SQ5-1接通，接触器KM3线圈得电，常开触点KM3-1接通，进给电动机M₃正向启动运转，此时工作台向下（前）进给动作，常闭触点KM3-2断开，防止接触器KM4线圈得电，起联锁保护作用。

当工作台的上、下、前、后运动到达极限位置时，安装在工作台4个方向的限位撞块就会撞击手柄，使它回到中间位置，进给电动机M₃停机，工作台停止运转，实现终端保护。

c. 工作台变速的冲动控制。当需要工作台变速时，应将主轴电动机M₁启动运转，按下变速手柄，并将其拉出后，转动变速盘选择所需的进给转速，拉到极限位置后再把变速手柄以连续较快的速度推回至原来的位置，在此过程中，由于机械联动机构的动作，冲动开关SQ6瞬间被压合，常开触点SQ6-1接通，接触器KM3线圈得电，触点动作，进给电动机M₃启动运转，同时常闭触点SQ6-2断开，接触器KM3线圈失电，触点复位，进给电动机M₃停止运转，此时进给电动机M₃便完成一次变速冲动操作，使齿轮合上。

d. 工作台的快速移动过程。工作台在进给动作时，可进行快速移动控制，当工作台需要向任意方向进行快速移动时，操作手柄，选择移动方向后，按下快速移动按钮SB5或SB6，接触器KM2线圈得电，常开触点KM2-2接通，快速移动电磁铁YA得电，接通工作台的快速移动传动机构，KM2-1接通，工作台控制线路中的接触器KM3或KM4线圈得电，触点动作，工作台按照选定的方向快速移动。

当需要工作台停止快速移动时，松开快速移动按钮SB5或SB6，接触器KM2失电，触点复位，快速移动电磁铁YA失电，工作台停止快速运转。

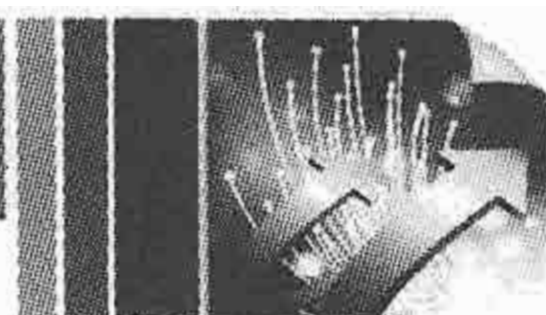
e. 圆工作台进给运动的控制。圆工作台安装于水平工作台上，也是通过进给电动机M₃进行驱动控制的。同样通过转换开关SA2实现对圆工作台和水平工作台的联锁控制。

启动圆工作台进行工作时，先将转换开关SA2拨至接通位置，使其圆工作台可以启动工作。再将两个操作手柄拨至中间位置，使行程开关SQ2～SQ5不受压，并将工作台变速冲动开关SQ6置于正常工作位置后，按下启动按钮SB1或SB2，接触器KM1线圈得电，常开触点KM1-1接通，实现自锁功能；KM1-4接通，控制电路电源接通；常闭触点KM1-3断开，切断电磁制动器YB的供电；常开触点KM1-2接通，主轴电动机M₁正向启动运转。

当接通控制电路电源后，接触器KM3线圈得电，常开触点KM3-1接通，进给电动机M₃正向启动运转，圆工作台在电动机的带动下做定向回转运动，但接触器KM4线圈不能得电，因此圆工作台不能做双向回转，只能进行单方向回转运动。

当需要圆工作台停止时，按下停止按钮SB3或SB4后松开，接触器KM1和KM5线圈均失电，触点复位，主轴电动机M₁和进给电动机M₃均停止运转，则主轴和圆工作台同时停止工作。

③ 冷却泵电动机M₂的控制 冷却泵电动机M₂需在主轴电动机M₁启动后才能启动运转，主轴电动机M₁启动后，可通过转换开关SA3直接进行启停控制，将转换开关SA3拨至启动位置时，冷却泵电动机M₂接通三相电源启动运转，当不需要冷却泵电动机启动时，可



将转换开关SA3拨至停止位置，断开电源，电动机停止运转。

5.3.2 X52K型立式升降台铣床的PLC控制原理

在图5-15所示的电气结构中，其基本上采用了交流继电器、接触器的控制方式，该种控制方式由于电气部件的连接过多存在人为因素的影响，具有可靠性低、线路维护困难等缺点，将直接影响企业的生产效率。由此，很多生产型企业中采用PLC控制方式对其进行控制。

下面我们具体介绍用PLC实现对X52K型立式升降台铣床的控制原理。



图解

X52K型立式升降台铣床的PLC控制电路见图5-16。

该控制电路采用西门子S7-200型PLC，电路中PLC控制I/O分配表见表5-4。

表5-4 X52K型立式升降台铣床西门子S7-200型PLC控制I/O分配表

输入信号及地址编号			输出信号及地址编号		
名称	代号	输入点地址编号	名称	代号	输出点地址编号
主轴电动机M1启动按钮	SB1、SB2	I0.0	主轴、冷却泵电动机接触器	KM1	Q0.0
主轴电动机M1停止按钮	SB3、SB4	I0.1	进给电动机接触器	KM2	Q0.1
快速进给按钮	SB5、SB6	I0.2	向左、向下(前)接触器	KM3	Q0.2
主轴变速冲动行程开关	SQ1	I0.3	向右、向上(后)接触器	KM4	Q0.3
向左限位行程开关	SQ2	I0.4	主轴制动接触器	KM5	Q0.4
向右限位行程开关	SQ3	I0.5			
向上(后)限位行程开关	SQ4	I0.6			
向下(前)限位行程开关	SQ5	I0.7			
进给变速冲动行程开关	SQ6	I1.0			
六个方向进给开关	SA2	I1.1			
圆工作台行程开关	SA2	I1.2			
主轴和冷却泵电动机过热继电器	FR1、FR2	I1.3			
进给电动机过热继电器	FR3	I1.4			

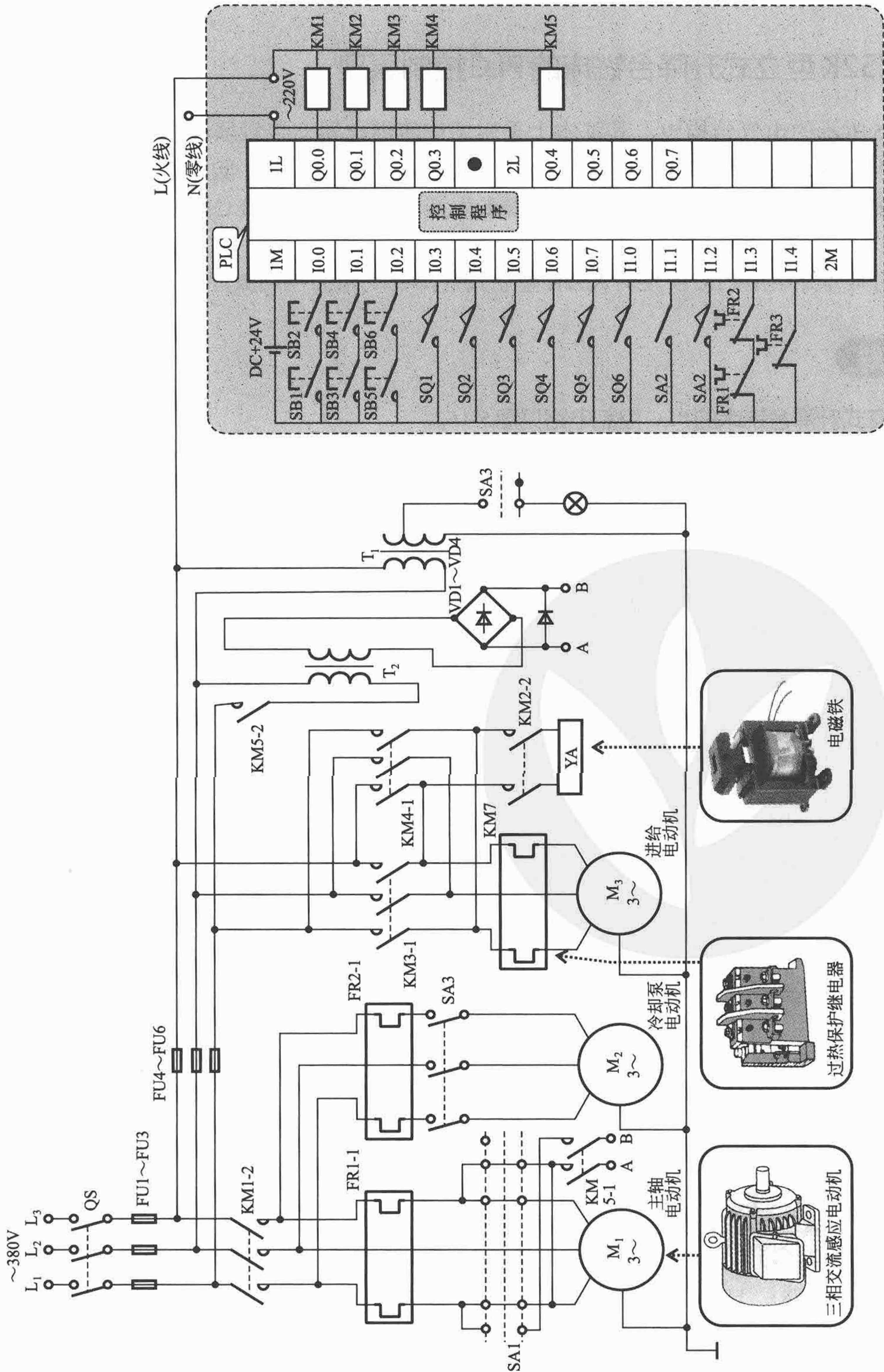
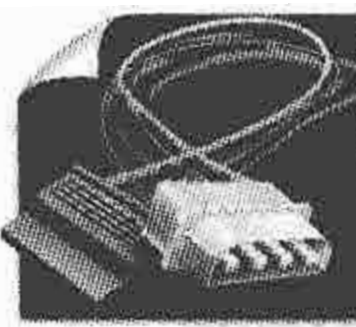


图5-16 X52K型立式升降台铣床的PLC控制电路



图5-16中,通过PLC的I/O接口与外部电器部件进行连接,提高了系统的可靠性,并能够有效地降低故障率,维护方便。当使用编程软件向PLC中写入控制程序时,便可以实现外接电器部件及负载电动机等设备的自动控制。想要改动控制方式时,只需要修改PLC中的控制程序即可,大大提高了调试和改装效率。



X52K型立式升降台铣床的西门子S7-200系列PLC控制梯形图见图5-17。

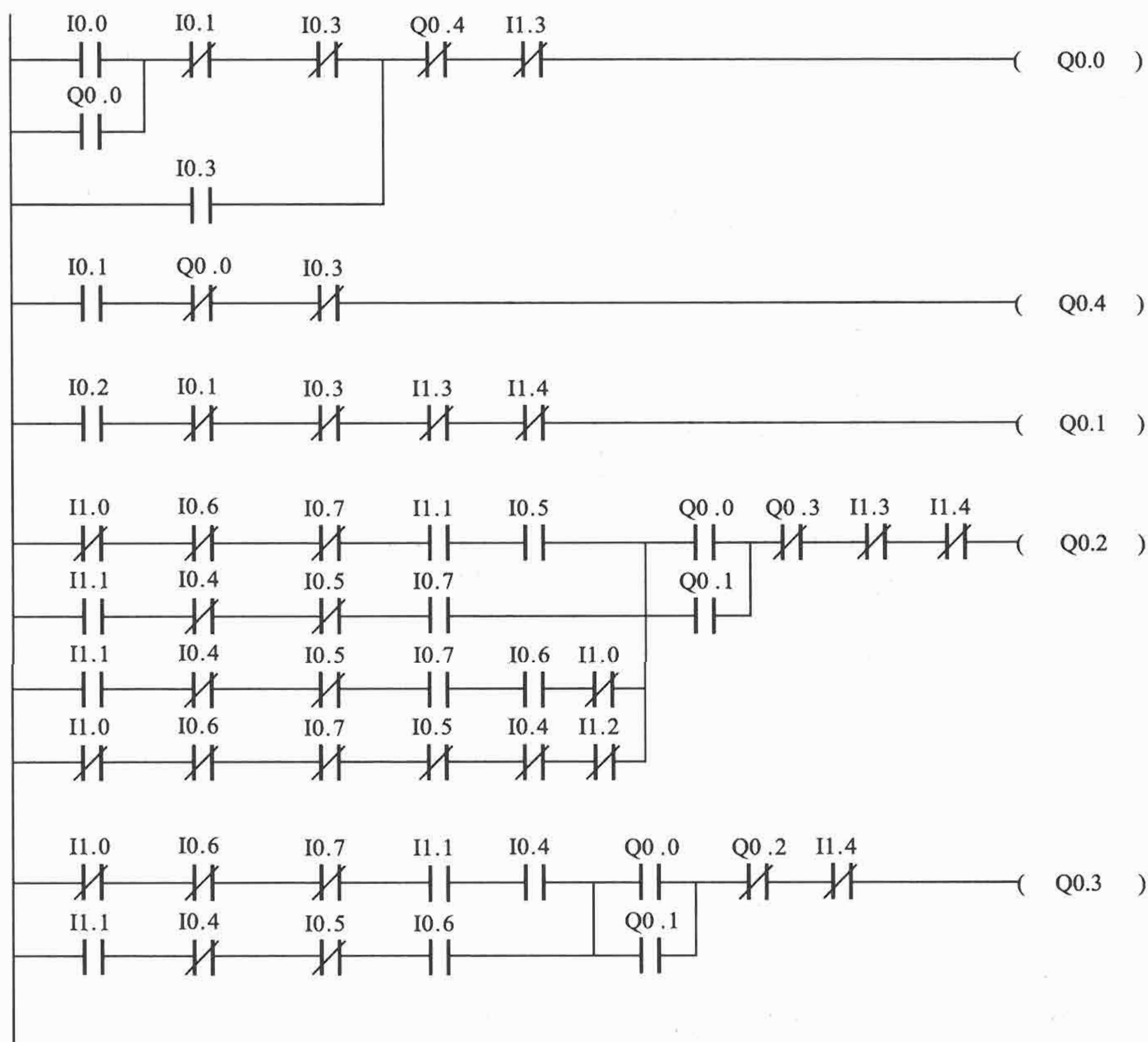


图5-17 X52K型立式升降台铣床的西门子S7-200系列PLC控制梯形图

根据梯形图识读该PLC的控制过程,首先可对照PLC控制电路和I/O分配表,在梯形图中进行适当文字注解,然后再根据操作动作具体分析启动和停止的控制原理。

(1) PLC控制下X52K型立式升降台铣床主轴电动机的启停控制过程



西门子S7-200PLC控制下X52K型立式升降台铣床主轴电动机的启停控制过程见图5-18。

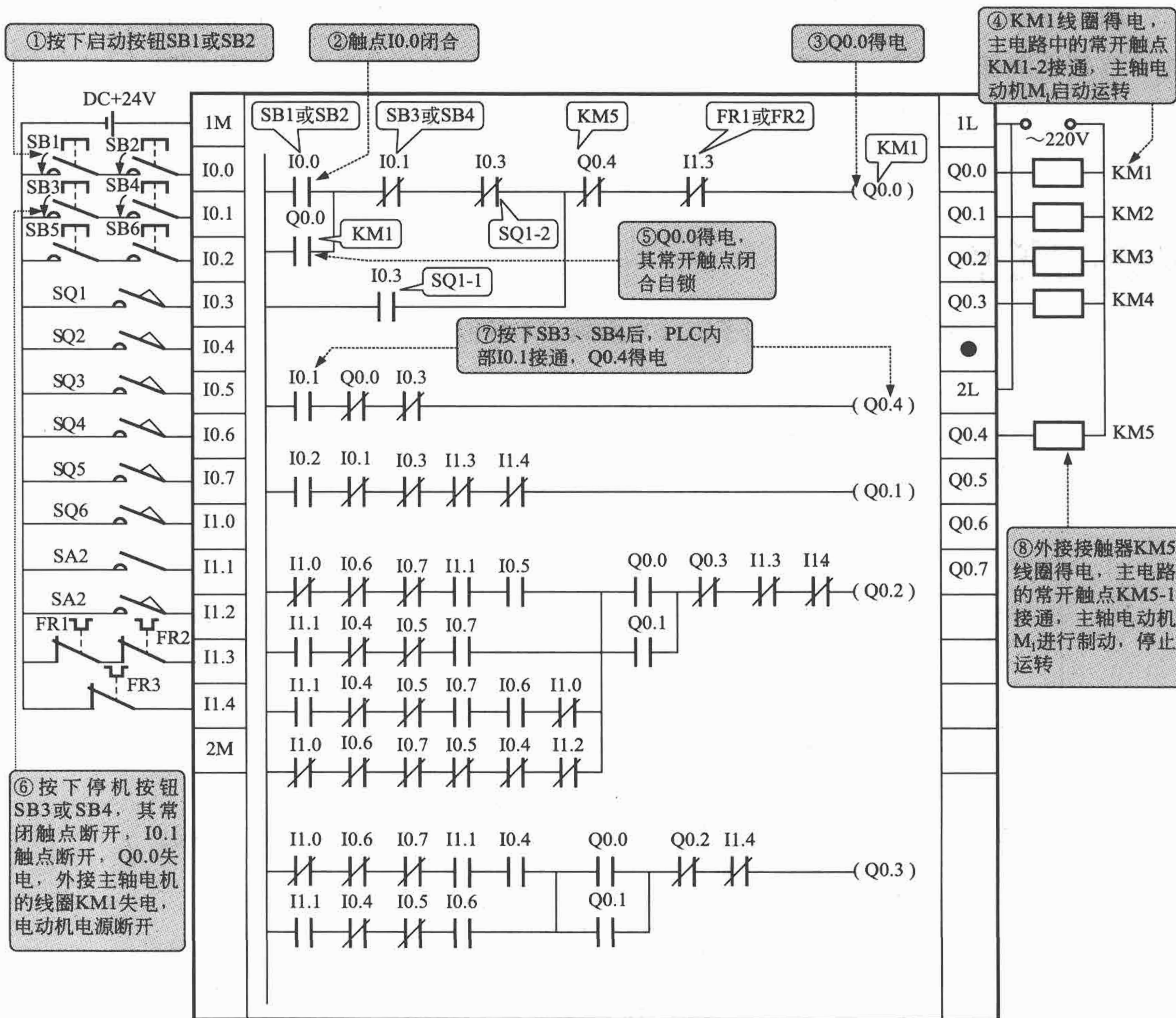
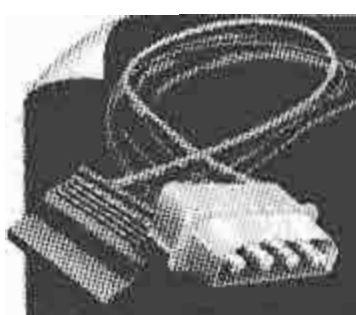


图5-18 西门子S7-200PLC控制下X52K型立式升降台铣床主轴电动机的启停控制过程

主轴电动机的具体启停控制过程如下。

主轴电动机的启动：

按下启动按钮SB1或SB2（步骤①），PLC内I常开触点0.0闭合（步骤②），使Q0.0得电（步骤③），其外接接触器线圈KM1得电，主电路的常开触点KM1-2接通，电动机M₁开始启动运转（步骤④）。与此同时，常开触点Q0.0接通，实现自锁（步骤⑤）；常闭触点Q0.0断开，防止Q0.4得电（即防止接触器KM5线圈得电）。

主轴电动机的停机和制动：

按下停止按钮SB3或SB4，PLC内常开触点I0.1断开，Q0.0失电，接触器KM1线圈失电，触点复位，电动机电源被切断（步骤⑥）。

在操作SB3或SB4时，PLC内常开触点I1.0接通，Q0.4得电（步骤⑦），接触器KM5线圈得电，主电路的常开触点KM5-1接通，主轴电动机M₁制动，停止运转（步骤⑧）。



(2) PLC控制下 X52K 型立式升降台铣床主轴电动机的变速冲动控制过程



西门子 S7-200 PLC 控制下 X52K 型立式升降台铣床主轴电动机变速冲动的控制过程见图 5-19。

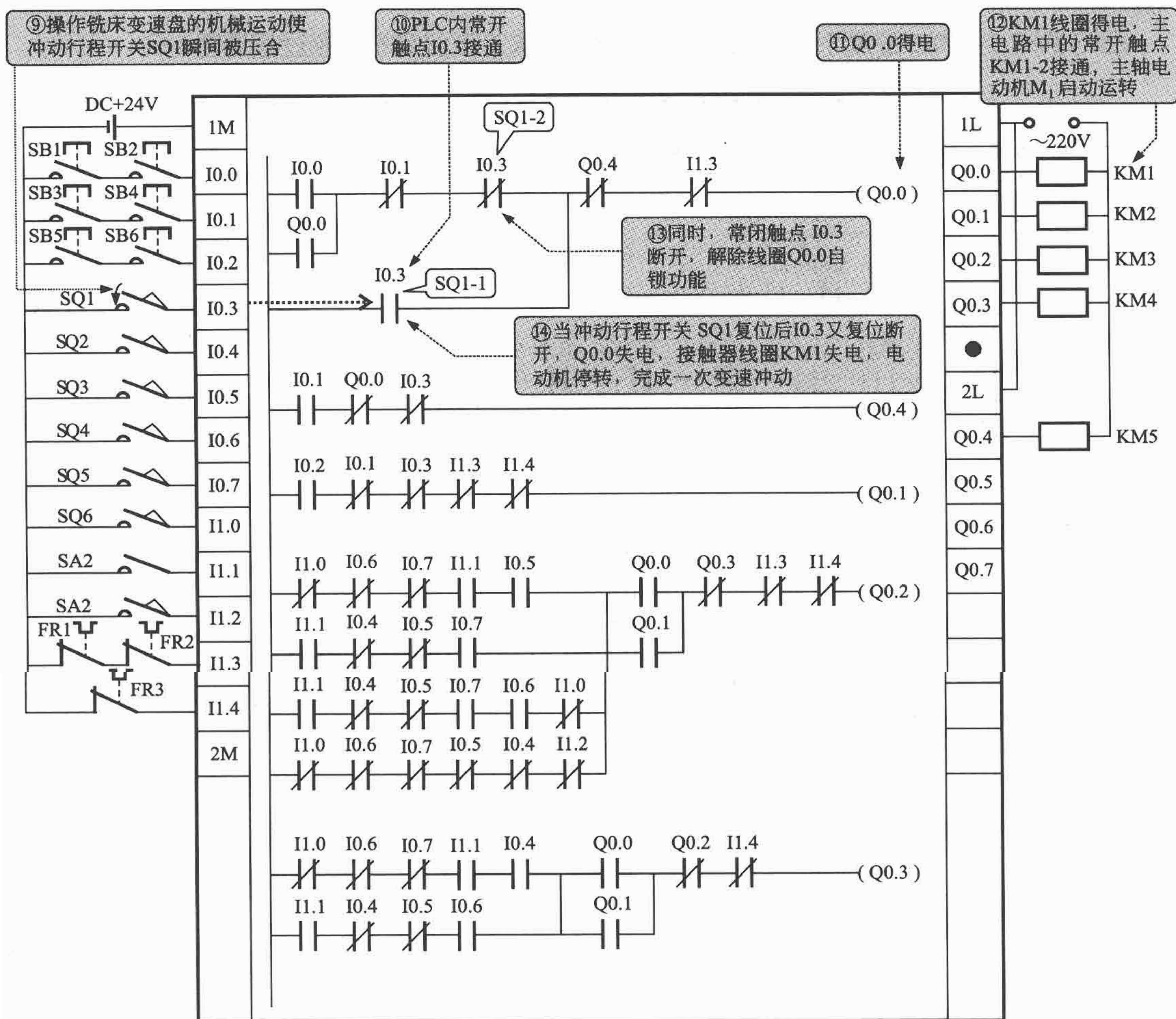


图 5-19 西门子 S7-200 PLC 控制下 X52K 型立式升降台铣床主轴电动机变速冲动的控制过程

主轴电动机的具体变速冲动控制过程如下。

操作铣床变速盘的机械运动使冲动行程开关 SQ1 瞬间被压合 (步骤⑨), PLC 内常开触点 I0.3 接通 (步骤⑩), Q0.0 得电 (步骤⑪), PLC 输出端接触器线圈 KM1 得电, 主电路中的常开触点 KM1-2 接通, 主轴电动机 M₁ 启动运转 (步骤⑫);

同时, I0.3 的常闭触点断开, 解除 Q0.0 的自锁功能, Q0.0 的常开触点会随着 Q0.0 得电而闭合自锁) (步骤⑬)。

当冲动行程开关 SQ1 复位后常开触点 I0.3 复位断开, Q0.0 失电, 接触器 KM1 断电, 电动机



停止转动，完成一次变速冲动操作（步骤⑭）。

(3) PLC控制下X52K型立式升降台铣床工作台向左向右运动控制过程

X52K型立式升降台铣床工作台的运动是通过进给电动机M₃进行控制的，对工作台的运动的控制即实现对电动机M₃动作的控制过程。



西门子S7-200PLC控制下X52K型立式升降台铣床工作台向左控制过程见图5-20。

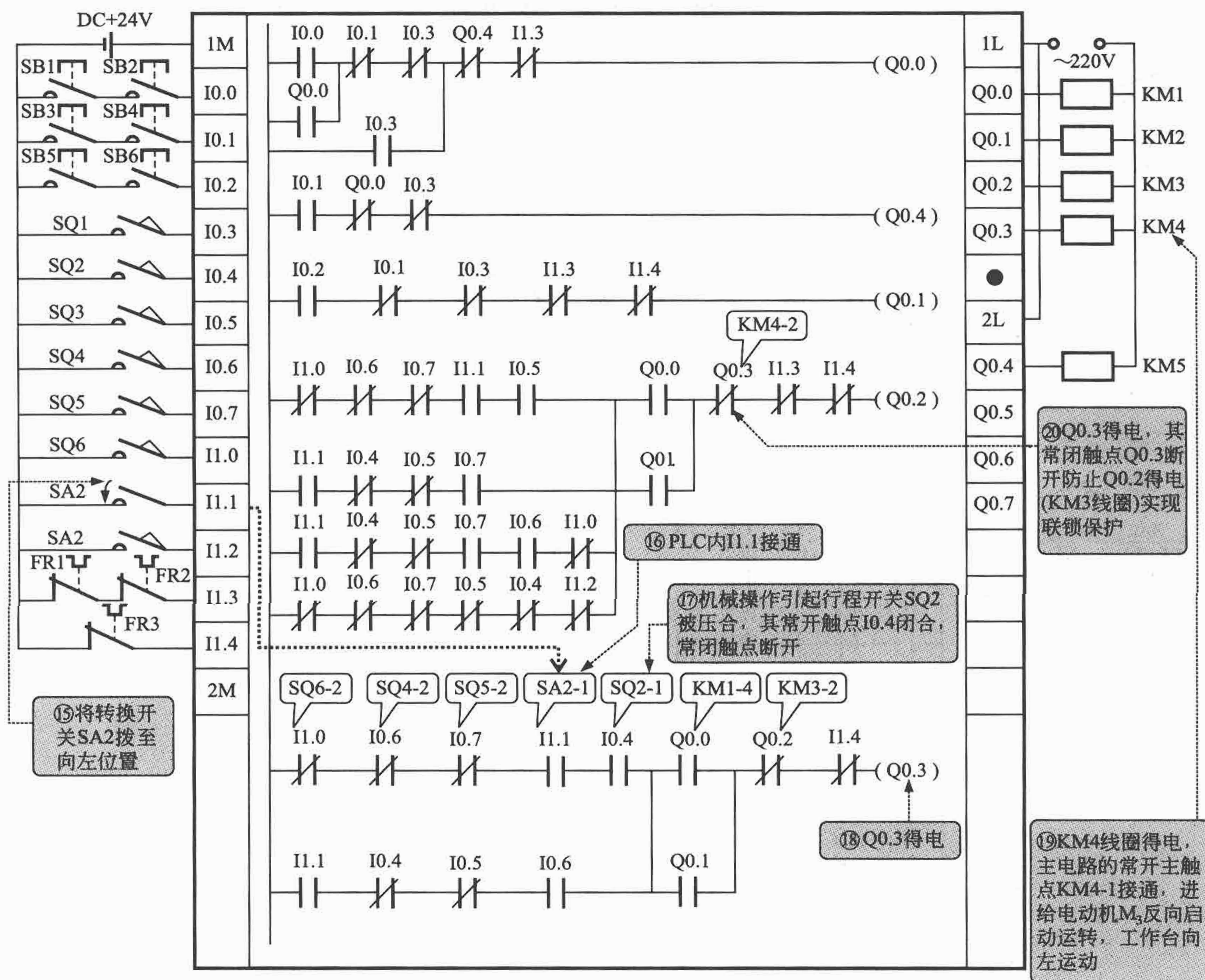
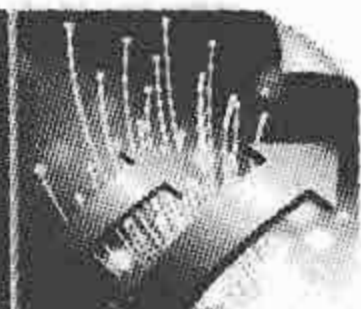


图5-20 西门子S7-200PLC控制下X52K型立式升降台铣床工作台向左控制过程

工作台向左的具体控制过程如下。

首先要按下SB1或SB2使电动机M₁启动，同时为工作台控制电路接通电源（Q0.0接通）。操作转换开关SA2，将其拨至左端（步骤⑮），PLC内常开触点I1.1接通（步骤⑯）。由于转换开关的机械操作引起行程开关SQ2被压合，常开触点I0.4接通（步骤⑰），此时Q0.3得电（步骤⑱），线圈KM4得电，主电路的常开触点KM4-1接通，进给电动机M₃反向启动运转，工作台向左运动（步骤⑲）。



与此同时，Q0.3得电后，其常闭触点Q0.3断开，防止Q0.2得电，即防止KM3线圈得电，实现联锁保护（步骤⑳）。



图解

西门子S7-200PLC控制下X52K型立式升降台铣床工作台向右控制过程见图5-21。

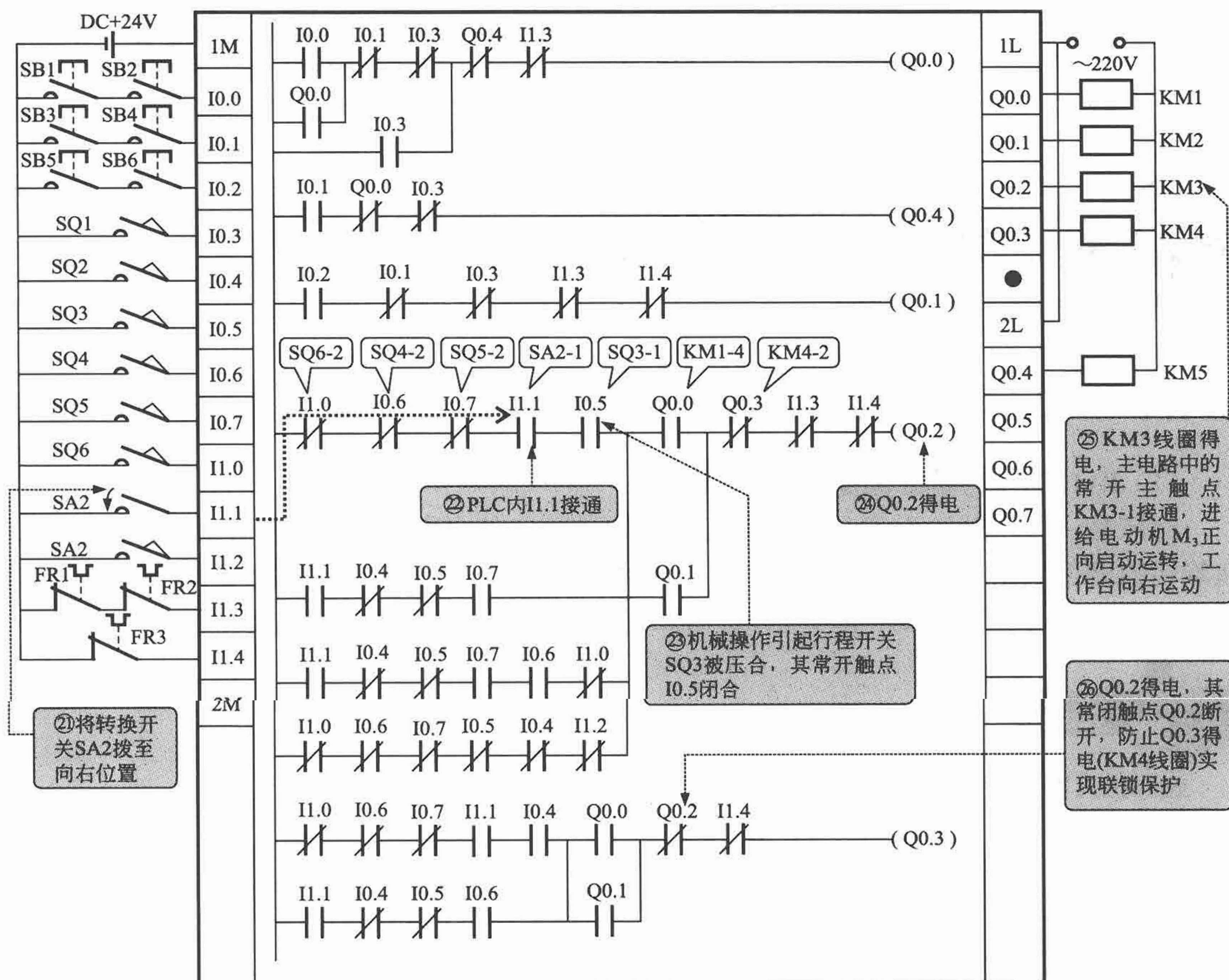
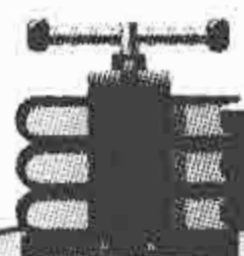
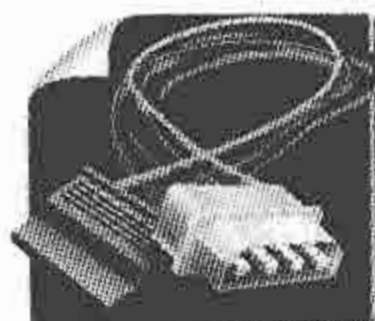


图5-21 西门子S7-200PLC控制下X52K型立式升降台铣床工作台向右控制过程

工作台向右的具体控制过程如下。

同样先要按下启动按钮SB1或SB2使电动机M1启动，同时为工作台控制电路接通电源Q0.0接通。操作转换开关SA2，将其拨至右端（步骤⑳），PLC内常开触点I1.1（SA2-1）接通（步骤㉑）。由于转换开关的机械操作引起行程开关SQ3被压合，常开触点I0.5接通（步骤㉒），此时Q0.2得电（步骤㉓），线圈KM3得电，主电路中的常开触点KM3-1接通，进给电动机M₃正向启动运转，工作台向右运动（步骤㉔）。

与此同时，Q0.2得电后，其常闭触点Q0.2断开，防止Q0.3得电，即防止KM4线圈得电，实现联锁保护（步骤㉕）。



提示

该铣床进给电动机向上（后）和向下（前）的控制过程与上述控制过程基本相同，这里不再重复，读者可参照上述分析过程完成对梯形图的识读，在该过程中，需要注意的是，了解控制线路的电气原理的基本要求是对其中继器和接触器的控制和联动关系牢牢掌握，由此对照识读梯形图，在梯形图中对相对应的输入继电器和输出继电器进行文字的标识说明，再进行识读和理解其PLC控制原理便容易多了。



5.4 M1432A型万能外圆磨床的PLC控制

5.4.1 M1432A型万能外圆磨床的结构

(1) M1432A型万能外圆磨床的基本结构

磨床是一种用砂轮为刀具来精确而有效地进行工件表面的加工，砂轮相对于工件做高速旋转的磨削运动和低速的进给动作，工件经磨削后，可达到较高的精度和较小的表面粗糙度。下面我们以M1432A型万能外圆磨床为例介绍其基本的电气结构。



图解

M1432A型万能外圆磨床实物外形见图5-22。

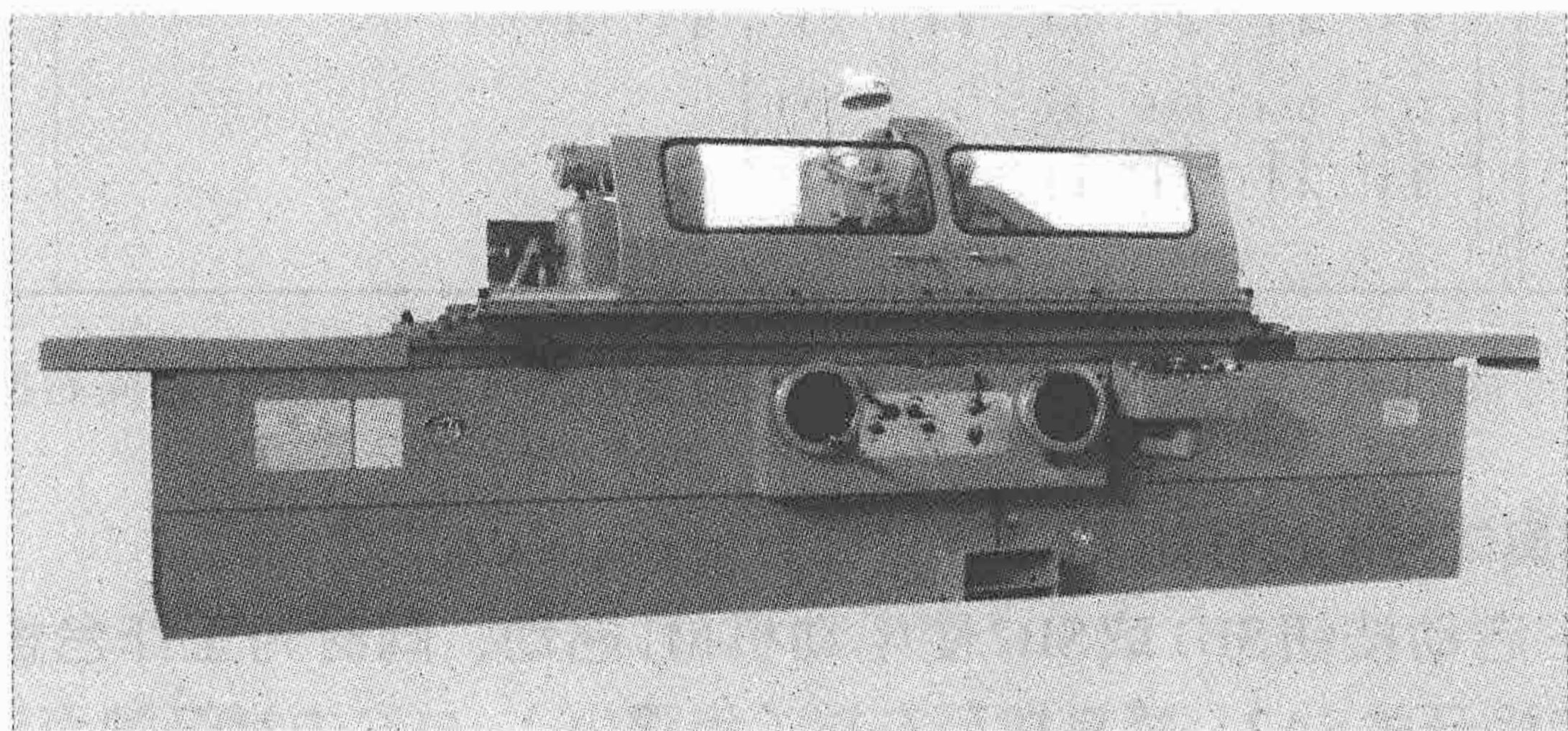


图5-22 M1432A型万能外圆磨床实物外形

该磨床主要用于磨削普通精度的轴类、套筒类工件的外圆柱面和锥面以及台阶轴端面等。

(2) M1432A型万能外圆磨床的电气结构

M1432A型万能外圆磨床的电气结构主要是由控制继电器、接触器、各种控制按钮和5台电动机等部分构成的。



图解

M1432A型万能外圆磨床的电气结构见图5-23。

M1432A型万能外圆磨床配置了5台电动机，在磨削加工操作时，应先启动油泵电动机 M_1 进行工作后，其他电动机才可启动运转，实现磨削加工，其中头架电动机 M_2 采用调速控制，控制加工工件的直径及磨削精度。

① 油泵电动机 M_1 的控制 油泵电动机 M_1 是用来带动液压油泵为液压传动系统提供压力油的，只有先启动该电动机为液压传动系统提供压力油，才能接通其他电动机的供电电路，该功能是通过接触器KM1的常开触点KM1-1实现的。

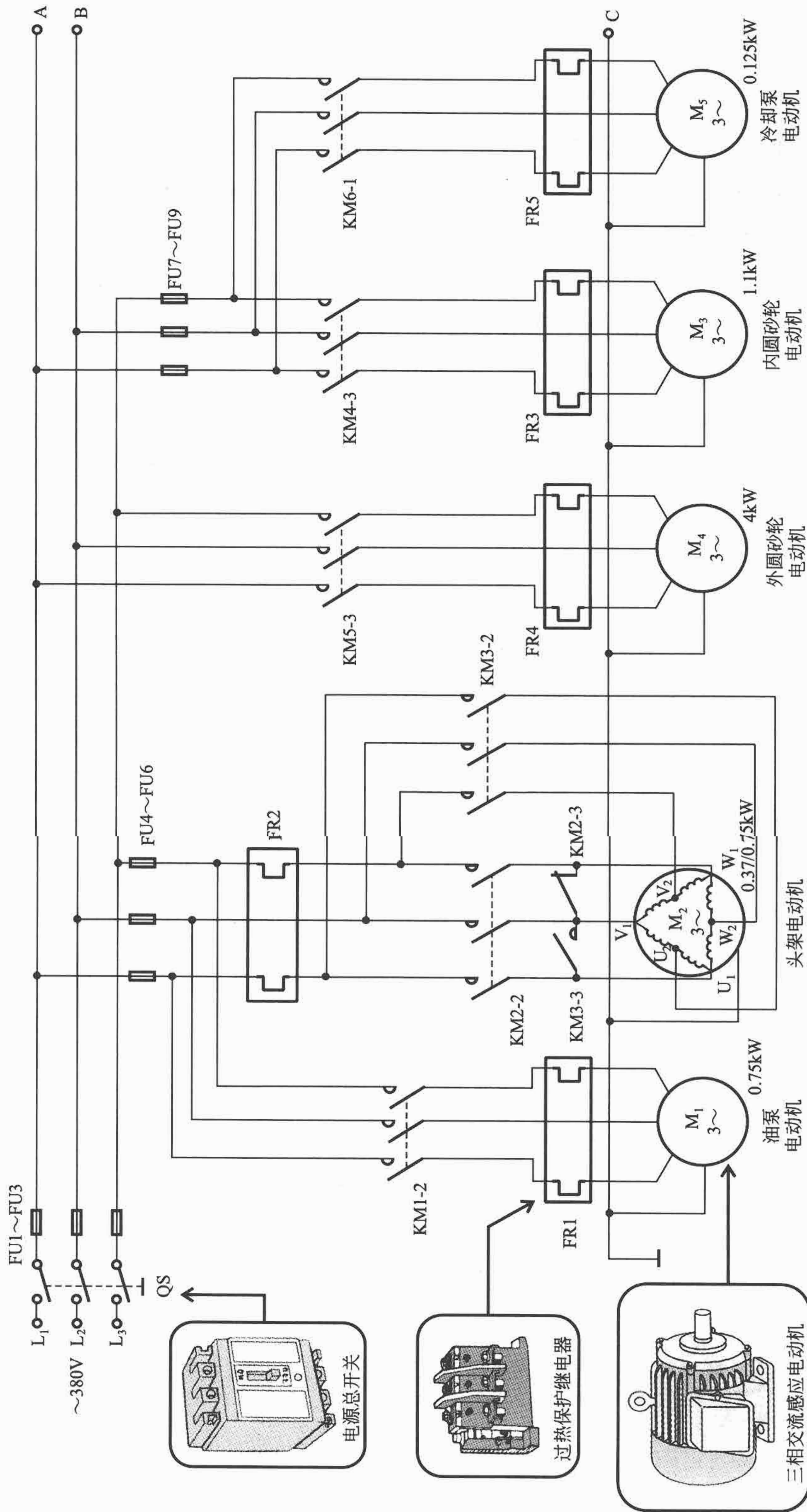
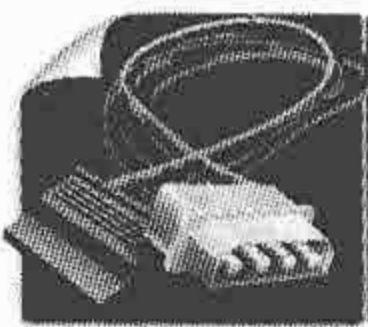
合上电源总开关QS，按下启动按钮SB2，接触器KM1线圈得电，常开触点KM1-1接通，实现自锁功能，并接通其他电动机的供电电路；KM1-2接通，油泵电动机 M_1 接通三相电源启动运转；KM1-3接通，指示灯HL2接通6V电压点亮，指示油泵电动机 M_1 已启动工作。

② 头架电动机 M_2 和冷却泵电动机 M_5 的控制 头架电动机 M_2 用于在磨削工作中带动头架旋转使用，该电动机采用调速控制，电动机的转速（头架的转速）需根据加工工件的直径及磨削精度的不同进行调节。冷却泵电动机 M_5 用于为砂轮和工件提供冷却液的电动机，当头架电动机 M_2 启动时，冷却泵电动机 M_5 也将同时启动，为砂轮和工件提供冷却液。

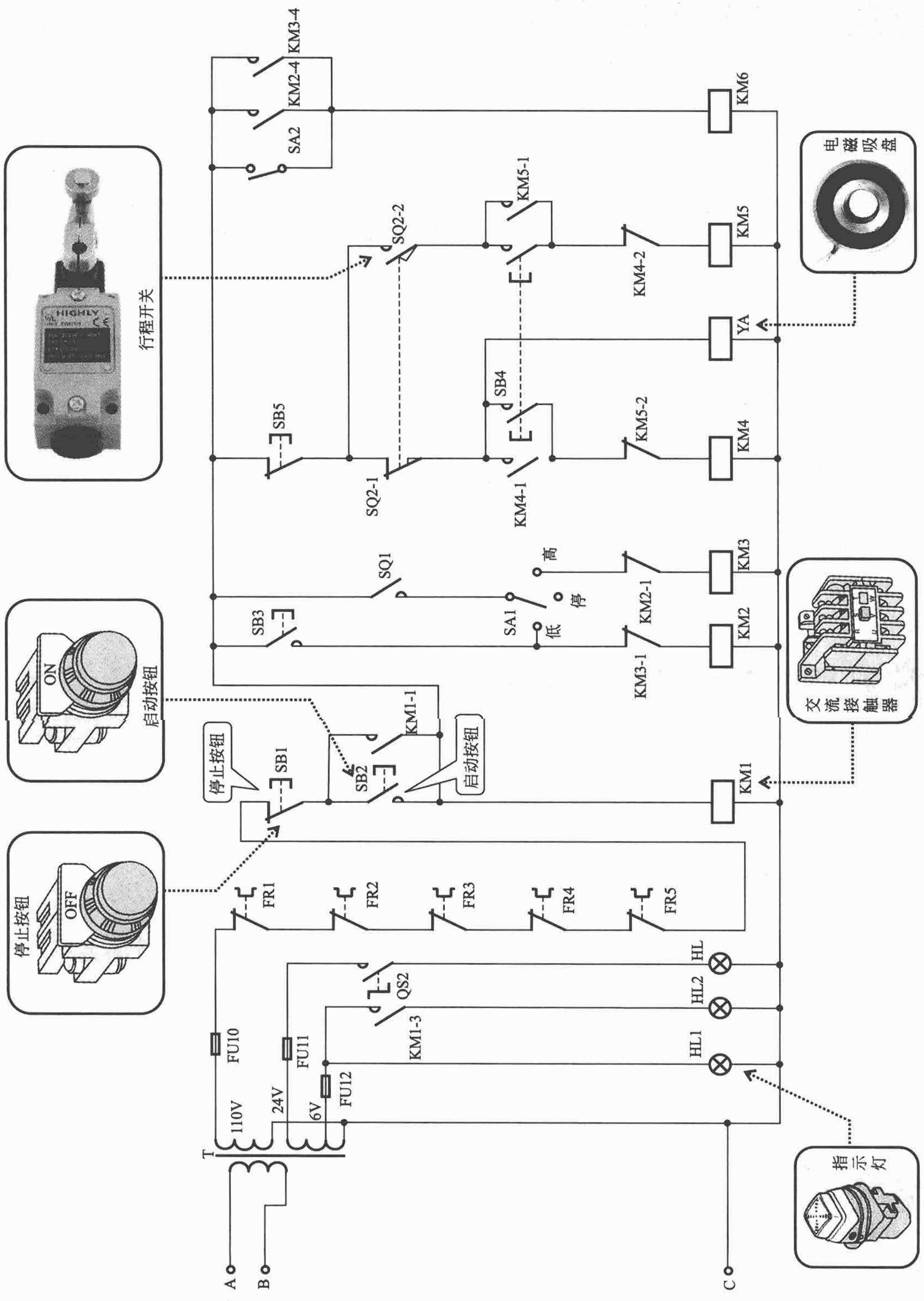
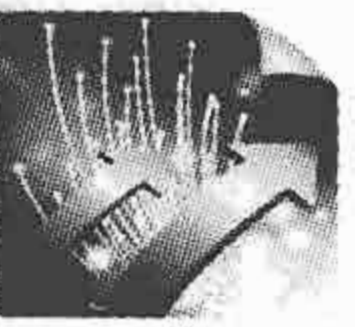
a. 低速运转过程。将调速开关SA1拨至低挡位，当油泵电动机 M_1 启动后，液压传动系统驱动砂轮架快速前进，当砂轮架接近工件时，行程开关SQ1被压合，接触器KM2线圈得电，常闭触点KM2-1断开，防止接触器KM3线圈得电，起联锁保护作用；常开触点KM2-2接通，常闭触点KM2-3断开，头架电动机 M_2 定子绕组成 Δ 形，电动机开始低速运转；常开触点KM2-4接通，接触器KM6线圈得电，常开触点KM6-1接通，冷却泵电动机 M_5 接通三相电源启动运转。

b. 高速运转过程。当头架需要高速运转时，将调速开关SA1拨至高挡位，当油泵电动机 M_1 启动后，液压传动系统驱动砂轮架快速前进，当砂轮架接近工件时，行程开关SQ1被压合，接触器KM3线圈得电，常闭触点KM3-1断开，防止接触器KM2线圈得电，起联锁保护作用；常开触点KM3-2接通，常开触点KM3-3接通，头架电动机 M_2 定子绕组成YY形，电动机开始高速运转；常开触点KM3-4接通，接触器KM6线圈得电，常开触点KM6-1接通，冷却泵电动机 M_5 接通三相电源启动运转。

当磨削完成后，砂轮架退回原位，释放行程开关SQ1，接触器KM2、KM3线圈失电，头架电动机 M_2 和冷却泵电动机 M_5 停止运转。当需要对工件进行校正和调整时，按下低速点动按钮SB3即可实现。

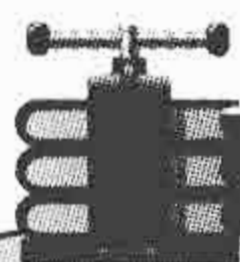


(a) M1432A型万能外圆磨床的主电路部分



(b)M1432A型万能外圆磨床的电气控制电路部分

图5-23 M1432A型万能外圆磨床的电气结构



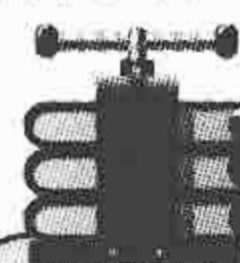
提示

转换开关 SA2 用于接通接触器 KM6 线圈，使冷却泵电动机 M₅ 在未启动头架电动机 M₂ 时进行启动工作。

③ 内圆砂轮电动机 M₃ 的控制 内圆砂轮电动机 M₃ 用于对工件进行内圆磨削，当进行内圆砂轮磨削时，将砂轮架上的内圆磨具往下翻，按下启动按钮 SB4，接触器 KM4 线圈得电，常开触点 KM4-1 接通，实现自锁功能；常闭触点 KM4-2 断开，防止接触器 KM5 线圈得电，实现联锁功能；常开触点 KM4-3 接通，内圆砂轮电动机 M₃ 接通三相交流电源启动运转。

④ 外圆砂轮电动机 M₄ 的控制 外圆砂轮电动机 M₄ 用于对工件进行外圆磨削，当进行外圆砂轮磨削时，将砂轮架上的内圆磨具往上翻，其行程开关 SQ2 被压合，常闭触点 SQ2-1 断开，接触器 KM4 线圈失电，触点复位，内圆砂轮电动机 M₃ 停止运转；常开触点 SQ2-2 接通，按下启动按钮 SB4，接触器 KM5 线圈得电，常开触点 KM5-1 接通，实现自锁功能；常闭触点 KM5-2 断开，防止接触器 KM4 线圈得电，实现联锁功能；常开触点 KM5-3 接通，外圆砂轮电动机 M₄ 接通三相交流电源启动运转。

当需要停止内圆砂轮磨削或外圆砂轮磨削时，按下停止按钮 SB5，接触器 KM4 或 KM5 线圈失电，触点复位，内圆砂轮电动机 M₃ 或外圆砂轮电动机 M₄ 停止运转，停止磨削操作。



提示

电磁铁 YA 是为了防止砂轮架快速退回而设计的，当进行内圆磨削时，电磁铁线圈得电吸合，液压回路被砂轮架快速进退操作手柄锁住，砂轮架不能快速退回。

5.4.2 M1432A 型万能外圆磨床的 PLC 控制原理

在图 5-23 所示的电气结构中，其基本上采用了交流继电器、接触器的控制方式，该种控制方式由于电气部件的连接过多存在人为因素的影响，具有可靠性低、线路维护困难等缺点，将直接影响企业的生产效率。因此，很多生产型企业中采用 PLC 控制方式对其进行控制。

下面我们具体介绍用 PLC 实现对 M1432A 型万能外圆磨床的控制原理。



图解

M1432A 型万能外圆磨床的 PLC 控制电路见图 5-24（只画出了 PLC 的 I/O 接线部分，省略了主电路）。

该控制电路采用三菱 FX_{2N} 系列 PLC，电路中 PLC 控制 I/O 分配表见表 5-5。

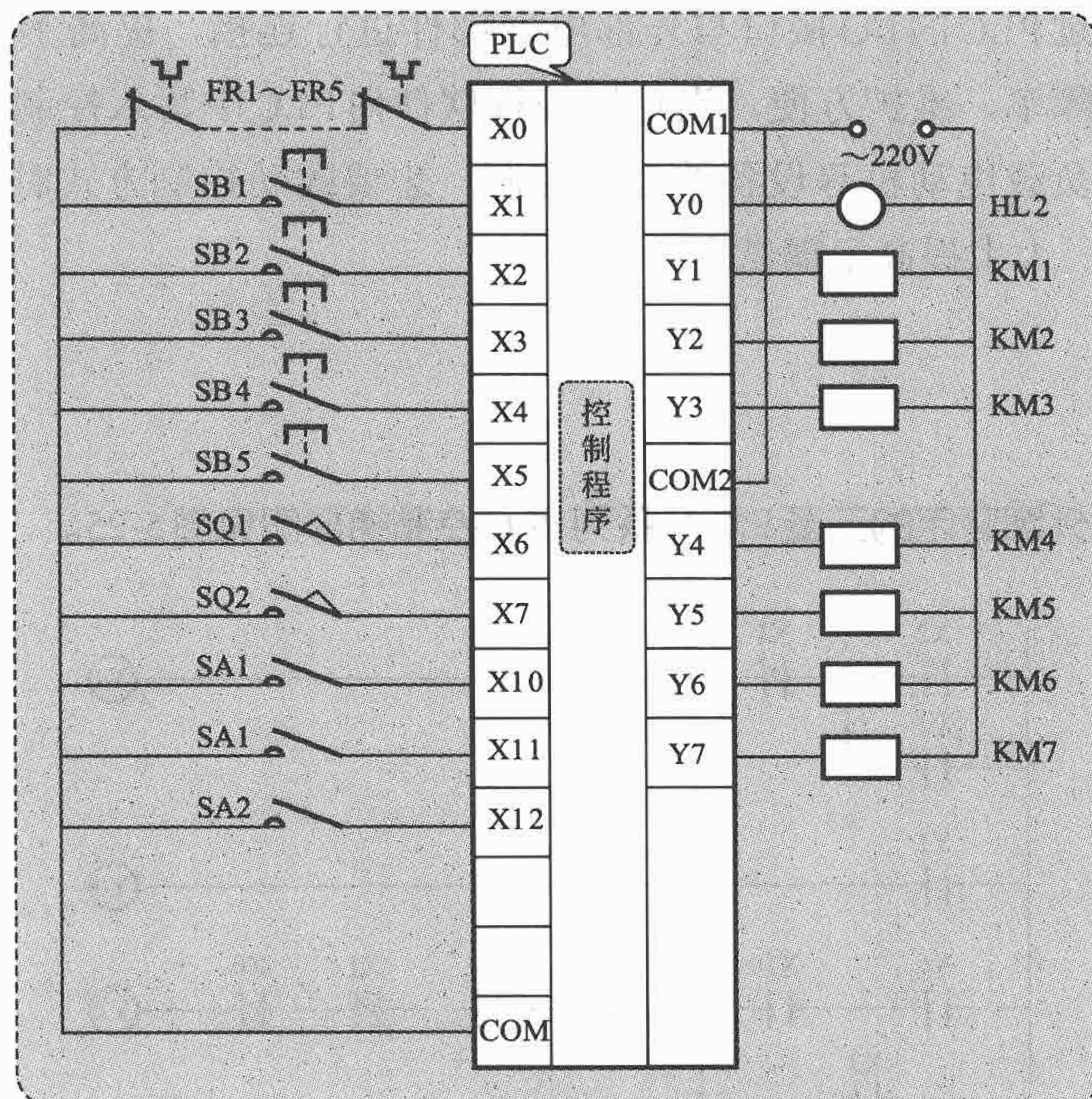


图 5-24 M1432A 型万能外圆磨床的 PLC 控制电路

表 5-5 M1432A 型万能外圆磨床 FX2N 系列 PLC 控制 I/O 分配表

输入信号及地址编号			输出信号及地址编号		
名称	代号	输入点地址编号	名称	代号	输出点地址编号
过热保护继电器	FR1 ~ FR5	X0	油泵电动机 M ₁ 接触器	KM1	Y1
油泵电动机停止按钮 (总)	SB1	X1	头架电动机 M ₂ 低速接触器	KM2	Y2
油泵电动机 M ₁ 启动按钮	SB2	X2	头架电动机 M ₂ 高速接触器	KM3	Y3
头架电动机 M ₂ 点动按钮	SB3	X3	内圆砂轮电动机 M ₃ 接触器	KM4	Y4
内圆和外圆电动机 M ₃ 、M ₄ 的启动按钮	SB4	X4	外圆砂轮电动机 M ₄ 接触器	KM5	Y5
内圆和外圆电动机 M ₃ 、M ₄ 的停止按钮	SB5	X5	冷却泵电动机 M ₅ 接触器	KM6	Y6
限位行程开关	SQ1	X6	电磁铁	YA	Y7
限位行程开关	SQ2	X7	油泵指示灯	HL2	Y0
调速开关高位	SA1	X10			
调速开关低位	SA1	X11			
冷却泵 M ₅ 电动机手动开关	SA2	X12			

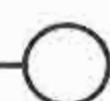


图5-24中，通过PLC的I/O接口与外部电器部件进行连接，提高了系统的可靠性，并能够有效地降低故障率，维护方便。当使用编程软件向PLC中写入控制程序时，便可以实现外接电器部件及负载电动机等设备的自动控制。想要改动控制方式时，只需要修改PLC中的控制程序即可，大大提高了调试和改装效率。



图解

M1432A型万能外圆磨床的三菱FX2N系列PLC控制梯形图见图5-25。

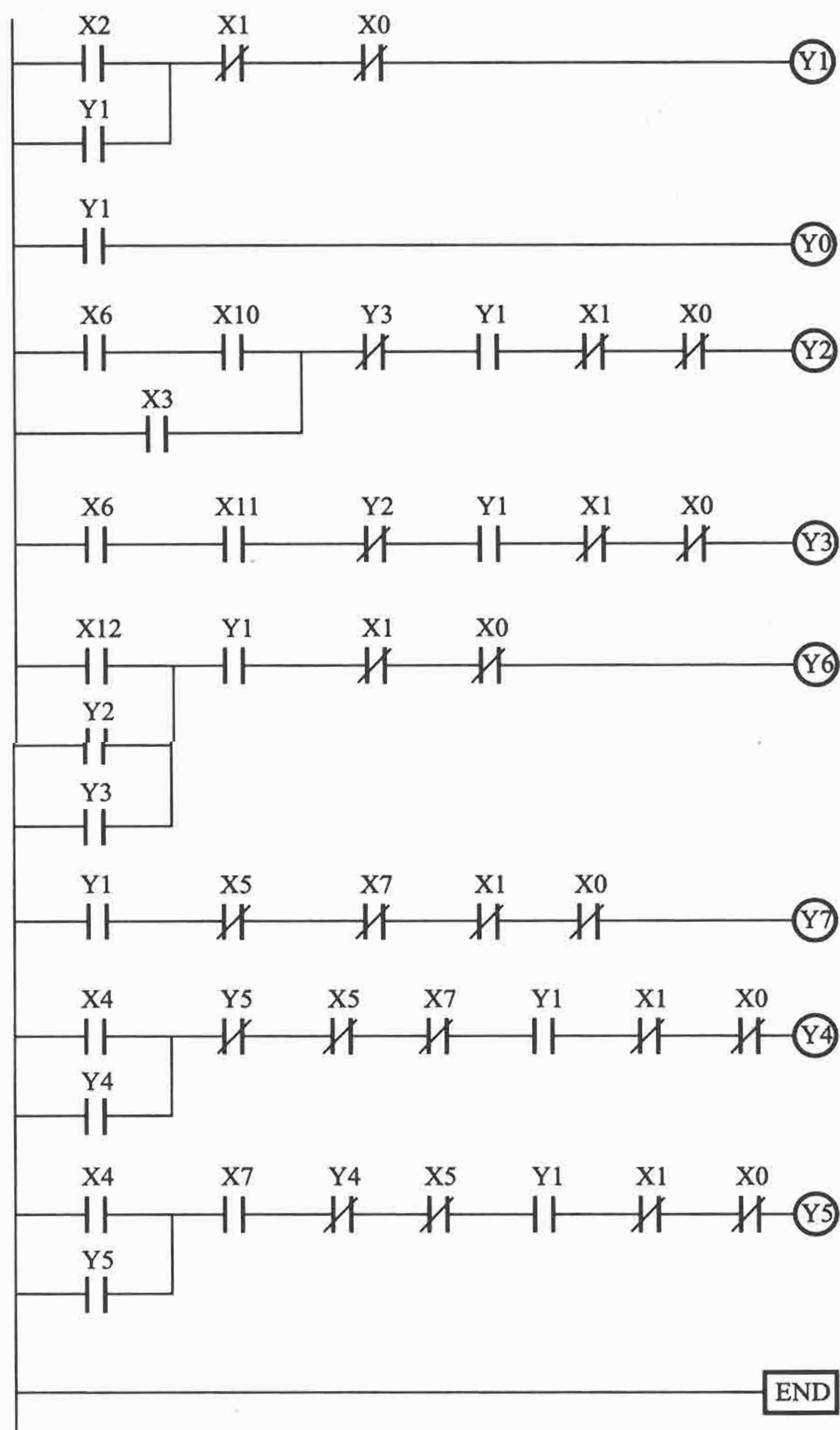


图5-25 M1432A型万能外圆磨床的三菱FX2N系列PLC控制梯形图

根据梯形图识读该PLC的控制过程，首先可对照PLC控制电路和I/O分配表，在梯形图中进行适当文字注解，然后再根据操作动作具体分析启动和停止的控制原理。



(1) PLC控制下M1432A型万能外圆磨床油泵电动机M₁及指示灯的控制过程



三菱FX2N系列PLC控制下M1432A型万能外圆磨床油泵电动机M₁及指示灯的控制过程见图5-26。

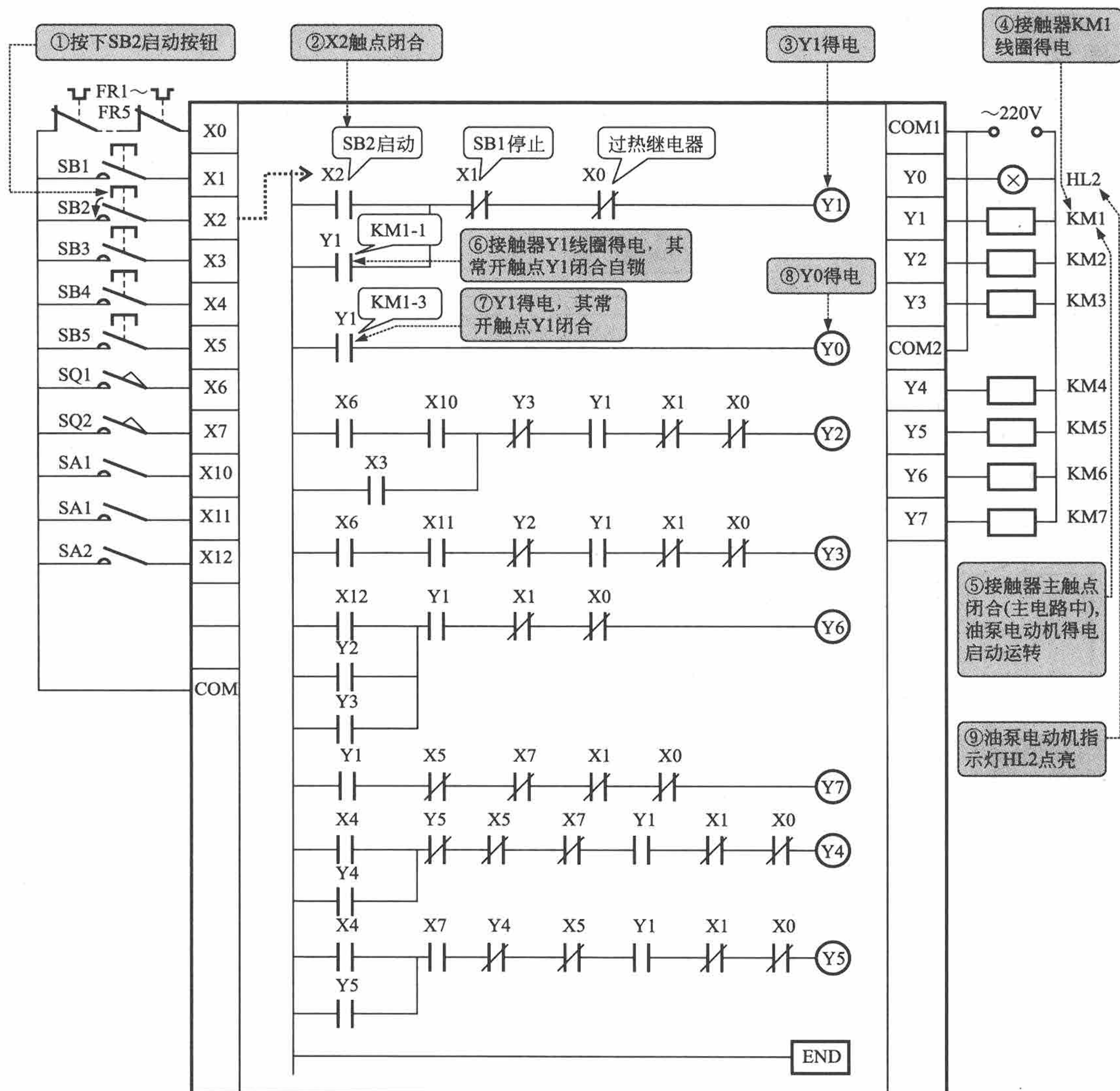
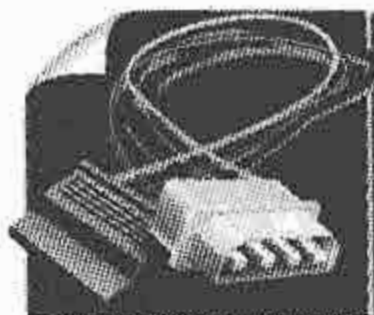


图5-26 M1432A型万能外圆磨床油泵电动机M₁及指示灯的控制过程

油泵电动机M₁的具体控制过程：

当按下启动按钮SB2后（步骤①），PLC内的常开触点X2接通（步骤②），Y1得电（步骤③），PLC外接接触器KM1线圈得电（步骤④），因此接触器的主触点闭合，油泵电动机得电启动运转（步骤⑤）。同时Y1的常开触点闭合实现自锁功能（步骤⑥），并接通其他电动机的供电电路。

油泵指示灯的控制过程：



Y1得电，其常开触点Y1闭合（步骤⑦），使Y0得电（步骤⑧），外接油泵指示灯HL2点亮，指示油泵电动机的启动工作状态。

(2) PLC控制下M1432A型万能外圆磨床头架电动机M₂低速运转的控制过程



三菱FX2N系列PLC控制下M1432A型万能外圆磨床头架电动机M₂低速运转的控制过程见图5-27。

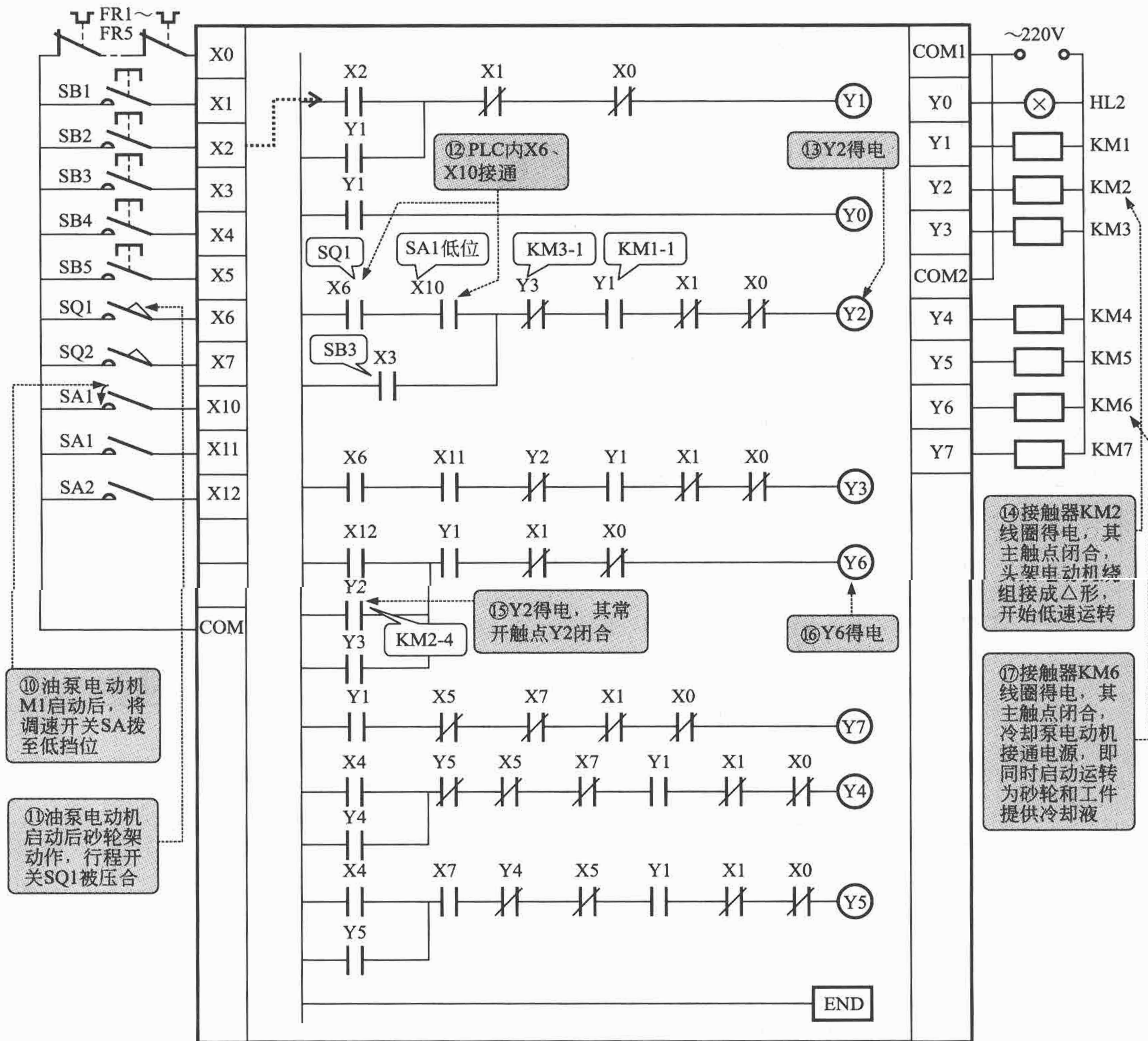
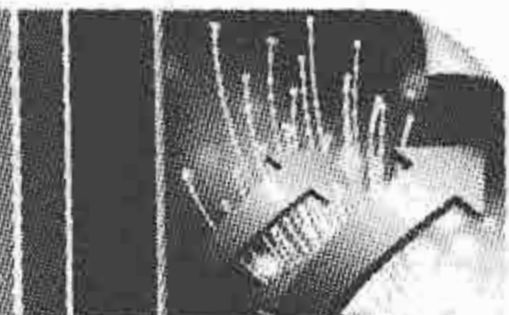


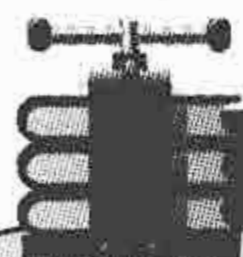
图5-27 M1432A型万能外圆磨床头架电动机M₂低速运转的控制过程

头架电动机M₂低速运转控制过程：

当油泵电动机启动后，首先为其他电动机的启动接通电源，即常开触点Y1闭合。此时将调速开关SA拨至低挡位（步骤⑩），油泵电动机启动后砂轮架动作，使行程开关SQ1被压合（步骤⑪），PLC内的X6、X10接通（步骤⑫），由此Y2得电（步骤⑬），其外接接触器KM2线圈得电，其主触点闭合，头架电动机M₂的绕组接成△形，开始低速运转（步骤⑭）。



与此同时, Y2得电后, 常开触点闭合, 常闭触点断开, 即梯形图中常开触点Y2闭合(步骤⑮), 由此Y6得电(步骤⑯), 其外接接触器KM6线圈得电, 其常开触点闭合, 冷却泵电动机M₅启动运转, 为砂轮和工件提供冷却液(步骤⑰)。



提示

头架电动机M₂高速运转的控制过程与上述低速控制过程基本相同, 读者可参考上述的识读过程, 具体了解头架电动机M₂高速运转的PLC原理。

(3) PLC控制下M1432A型万能外圆磨床内圆砂轮电动机M₃的控制过程



图解

三菱FX2N系列PLC控制下M1432A型万能外圆磨床内圆砂轮电动机M₃的控制过程见图5-28。

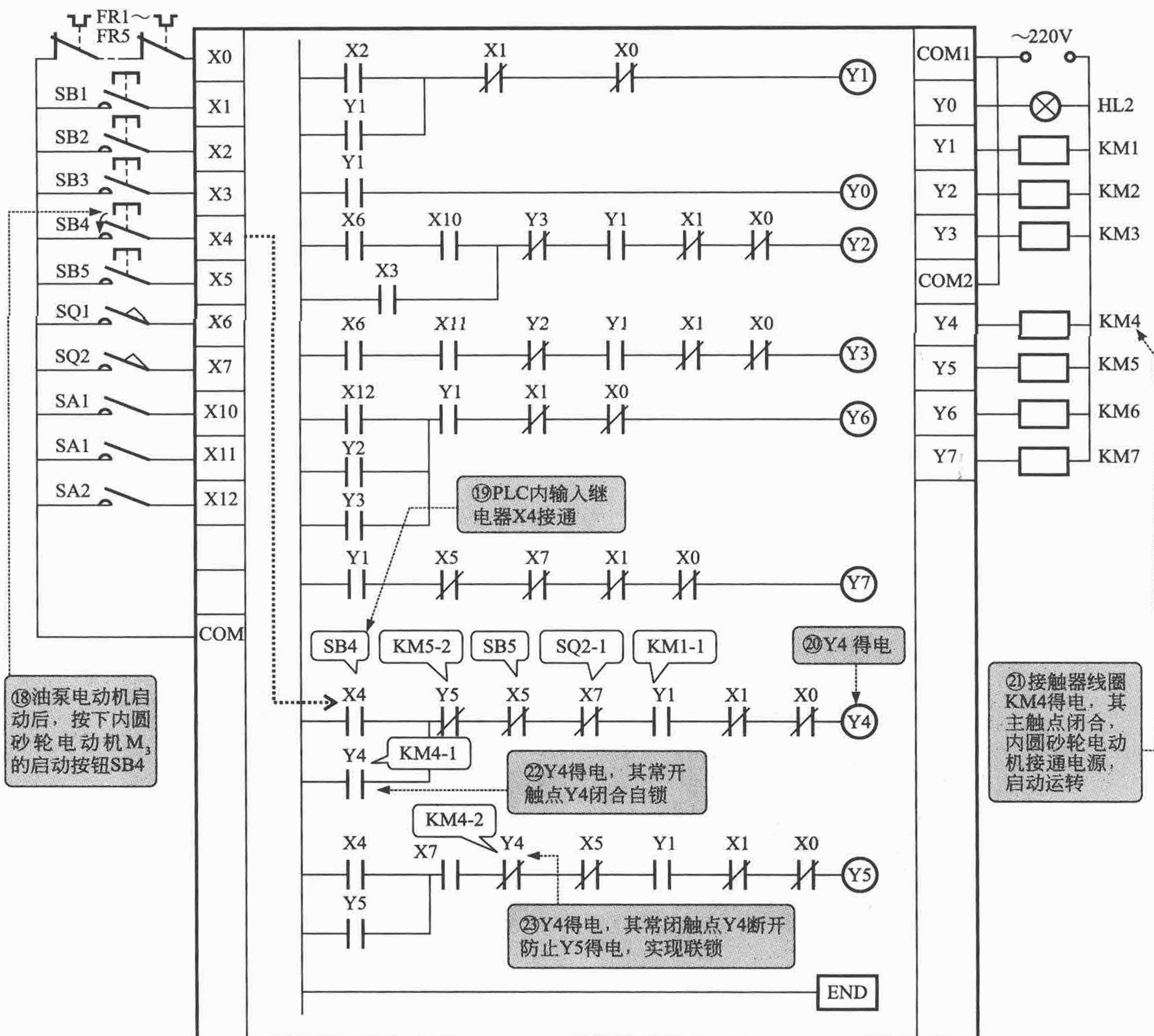


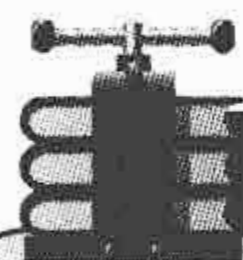
图5-28 M1432A型万能外圆磨床内圆砂轮电动机M₃的控制过程



内圆砂轮电动机 M_3 控制过程：

当油泵电动机启动后，首先为其他电动机的启动接通电源条件，即常开触点 Y_1 闭合。此时按下内圆砂轮电动机 M_4 的启动按钮 SB_4 （步骤⑱），PLC 内的常开触点 X_4 接通（步骤⑲），由此 Y_4 得电（步骤⑳），其外接接触器 KM_4 线圈得电，其主触点闭合，内圆砂轮电动机 M_3 电源接通，启动运转（步骤㉑）。

与此同时， Y_4 得电后，其常开触点闭合，常闭触点断开，即梯形图中常开触点 Y_4 闭合（步骤㉒），实现自锁功能；常闭触点 Y_4 断开，防止 Y_5 得电，实现联锁功能（步骤㉓）。



提示

外圆砂轮电动机 M_4 的控制过程与上述控制过程相似，读者可参考上述的识读过程，具体了解外圆砂轮电动机 M_4 的 PLC 控制原理。

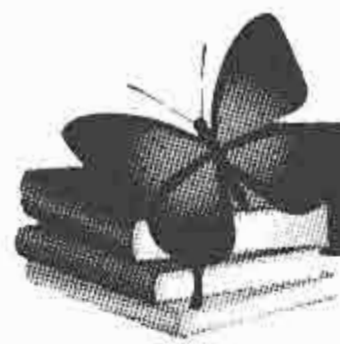


5.5 B690 型液压牛头刨床的 PLC 控制

5.5.1 B690 型液压牛头刨床的结构

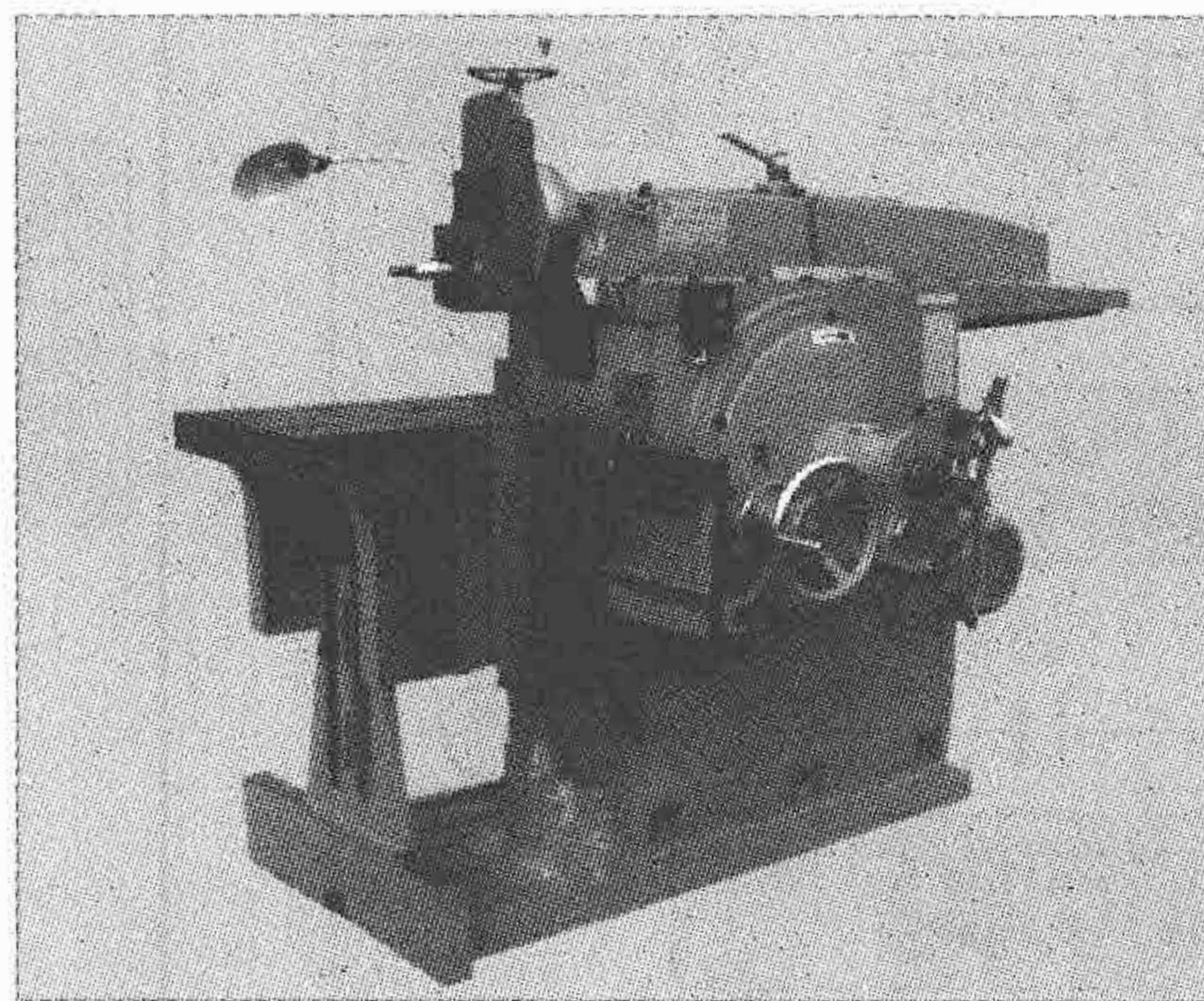
(1) 典型牛头刨床的基本结构

刨床是指一种用刨刀加工工件表面的机床，通常可以实现对工件的平面、沟槽或成型表面进行刨削，该类机床的刀具比较简单，因此多应用于小批量生产或机修车间。一般在大批量生产中往往被铣床所代替。

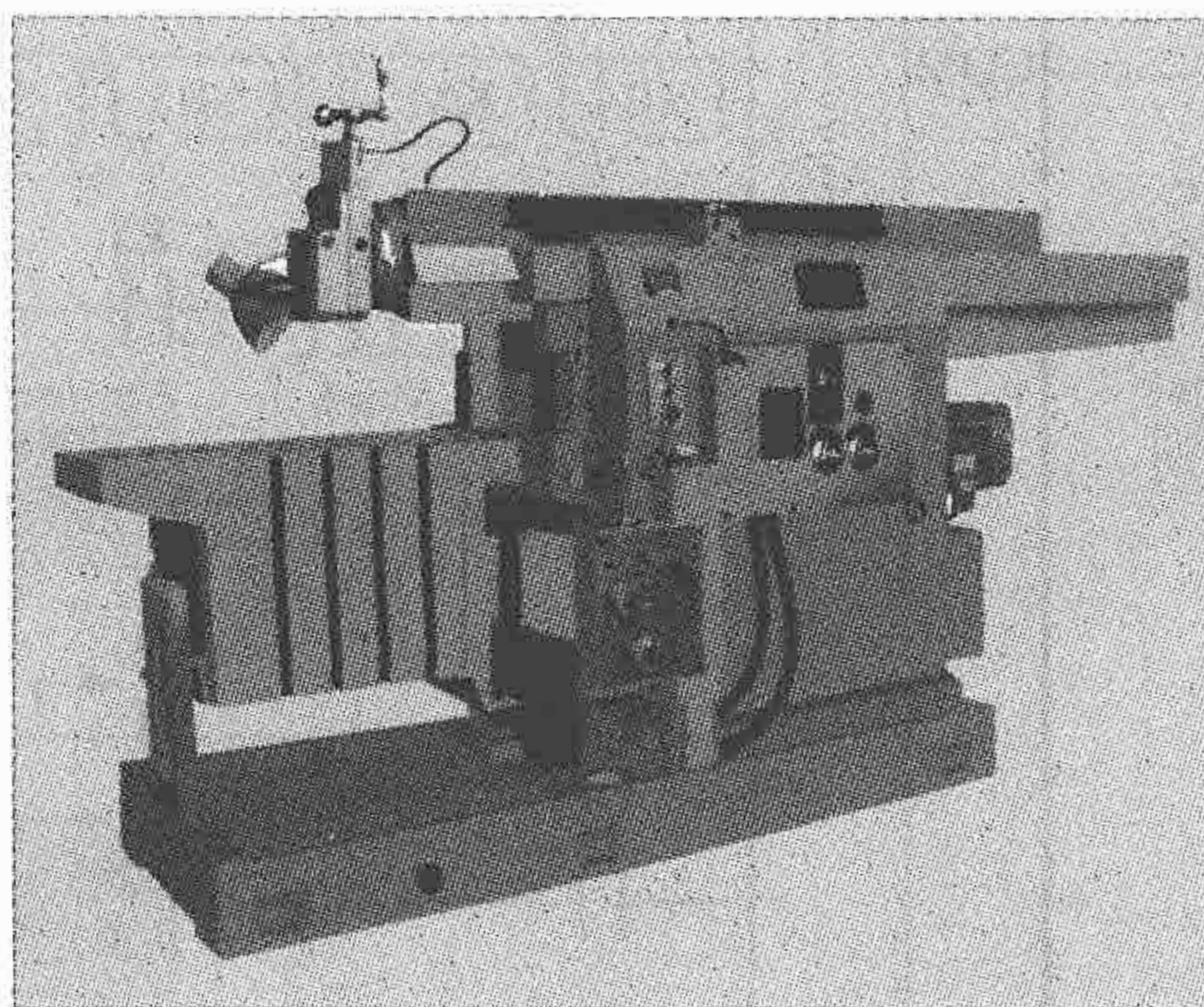


图解

典型牛头刨床的实物外形见图 5-29。



(a) B6065A 牛头刨床实物外形



(b) BY60100C 液压牛头刨床实物外形

图 5-29 典型牛头刨床的实物外形

在刨床上可以刨削水平面、垂直面、斜面、曲面、台阶面、燕尾形工件、T形槽、V形槽，也可以刨削孔、齿轮和齿条等。下面我们以B690液压牛头刨床为例介绍其基本的电气结构。

(2) B690型液压牛头刨床的电气结构

B690型液压牛头刨床的电气结构主要是由控制继电器、接触器、各种控制按钮和2台电动机等部分构成的。



B690型液压牛头刨床的电气结构见图5-30。

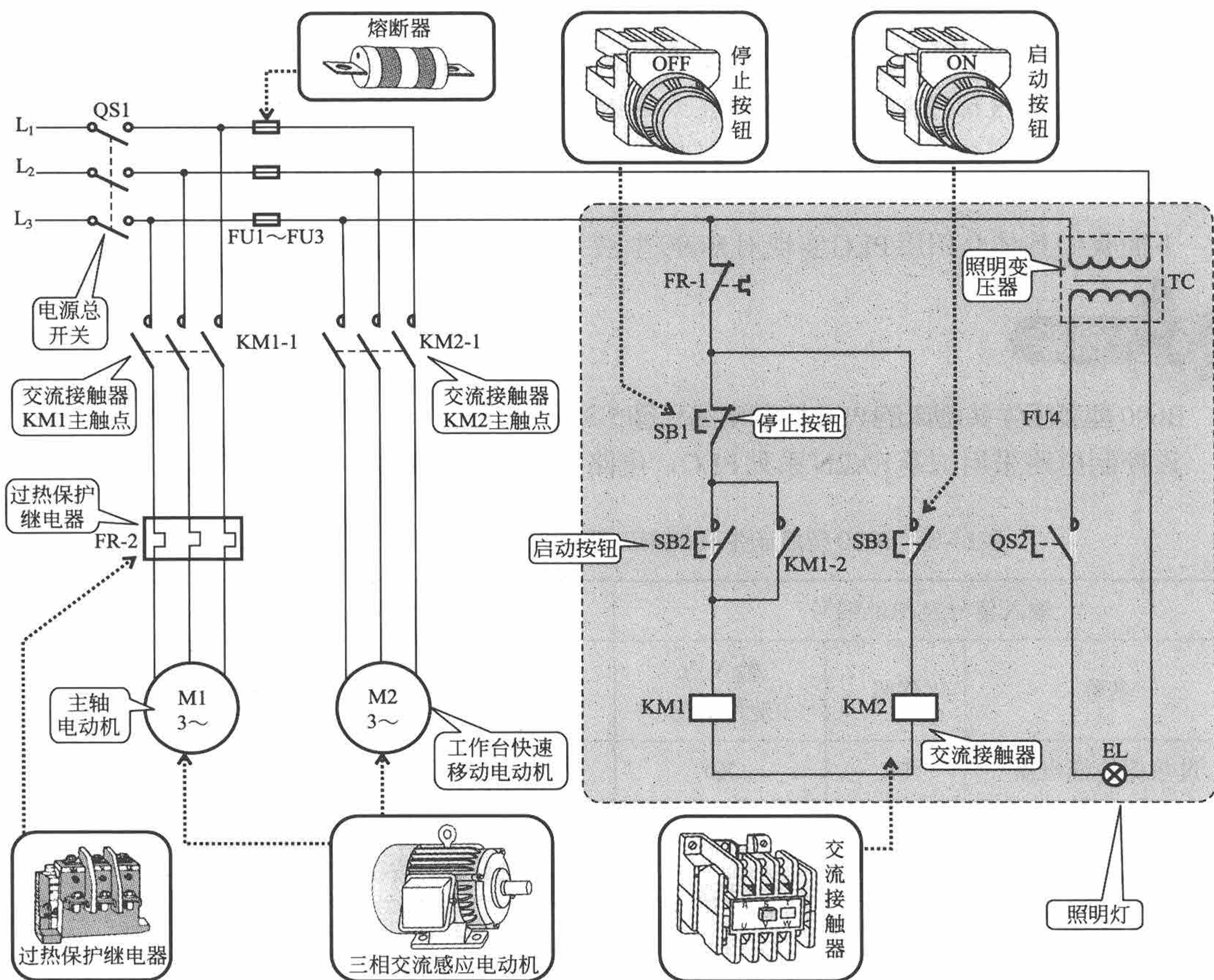


图5-30 B690型液压牛头刨床的电气结构

B690型液压牛头刨床配置了2台电动机，在刀削加工操作时，主轴电动机为连续运行，工作台快速电动机M₂只能点动运行。

① 主轴电动机M₁的启动控制 合上电源总开关QS1，按下启动按钮SB2，接触器KM1线圈得电，常开触点KM1-2接通，实现自锁功能；常开主触点KM1-1接通，主轴电动机M₁接通三相电源启动运转。

② 主轴电动机M₁的停止控制 按下停止按钮SB1，接触器KM1线圈失电，其常开触



点复位，即KM1-2复位断开解除自锁；常开主触点KM1-1断开，主轴电动机M₁电源被切断，电动机停止运转。

③ 工作台快速移动电动机M₂的点动控制 按一下点动控制按钮SB3，接触器KM2线圈得电，常开主触点KM2-1接通，工作台快速移动电动机M₂接通三相电源启动运转。当手抬起，点动控制按钮SB3断开，此时接触器KM2线圈又失电，常开主触点KM2-1复位断开，工作台快速移动电动机M₂切断电源，停止运转，实现点动控制过程。

5.5.2 B690型液压牛头刨床的PLC控制原理

在图5-30所示的电气结构中，其基本上采用了交流继电器、接触器的控制方式，该种控制方式由于电气部件的连接过多存在人为因素的影响，具有可靠性低、线路维护困难等缺点，将直接影响企业的生产效率。因此，很多生产型企业中采用PLC控制方式对其进行控制。

下面我们具体介绍用PLC实现对B690型液压牛头刨床的控制原理。



B690型液压牛头刨床的PLC控制电路见图5-31。

该控制电路采用三菱FX2N系列PLC，电路中PLC控制I/O分配表见表5-6。

表5-6 B690型液压牛头刨床三菱FX2N系列PLC控制I/O分配表

输入信号及地址编号			输出信号及地址编号		
名称	代号	输入点地址编号	名称	代号	输出点地址编号
过热保护继电器	FR	X0	主轴电动机接触器	KM1	Y1
主轴电动机M ₁ 停止按钮(总)	SB1	X1	工作台快速移动电动机M ₂ 点动按钮	KM2	Y2
主轴电动机M ₁ 启动按钮	SB2	X2			
工作台快速移动电动机M ₂ 点动按钮	SB3	X3			

图5-31中，通过PLC的I/O接口与外部电器部件进行连接，提高了系统的可靠性，并能够有效地降低故障率，维护方便。当使用编程软件向PLC中写入控制程序时，便可以实现外接电器部件及负载电动机等设备的自动控制。想要改动控制方式时，只需要修改PLC中的控制程序即可，大大提高了调试和改装效率。

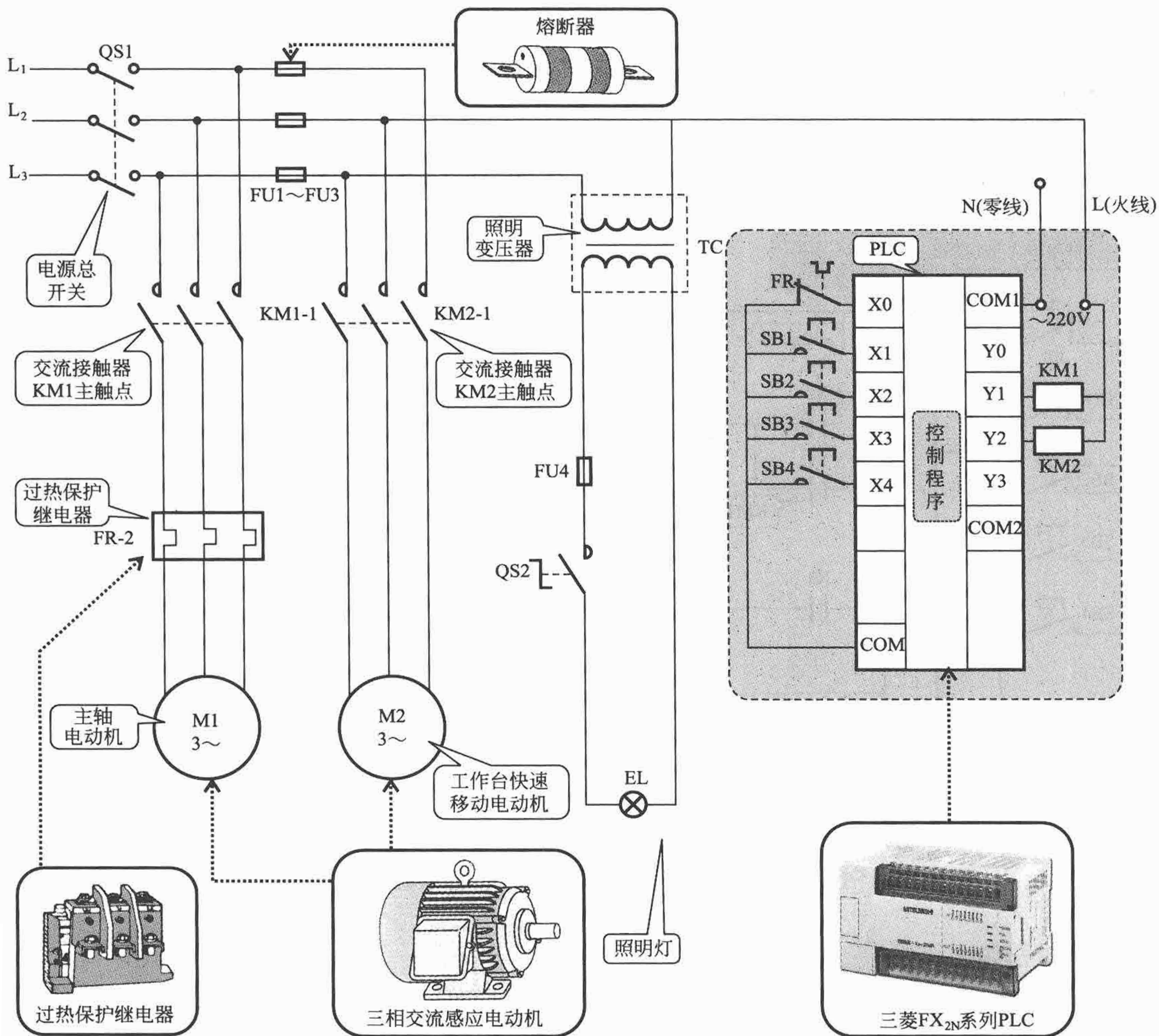
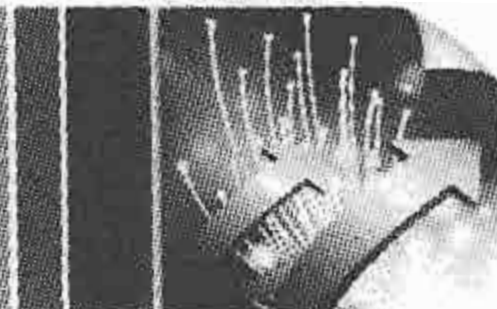


图 5-31 B690 型液压牛头刨床的 PLC 控制电路



B690 型液压牛头刨床三菱 FX2N 系列 PLC 控制梯形图见图 5-32。

根据梯形图识读该 PLC 的控制过程，首先可对照 PLC 控制电路和 I/O 分配表，在梯形图中进行适当文字注解，然后再根据操作动作具体分析启动和停止的控制原理。

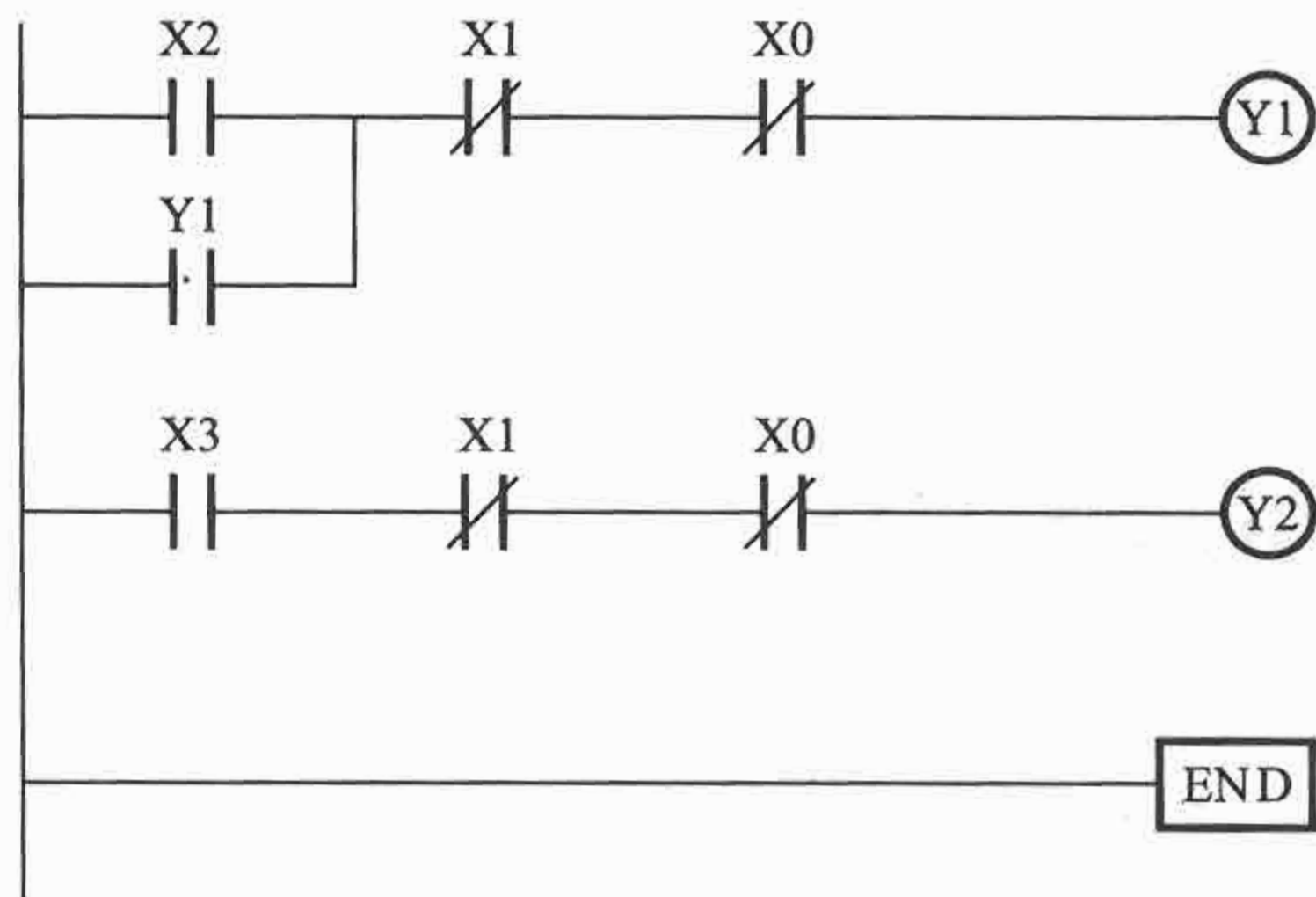


图 5-32 B690 型液压牛头刨床三菱 FX2N 系列 PLC 控制梯形图



(1) PLC控制下B690型液压牛头刨床主轴电动机M₁的控制过程



PLC控制下B690型液压牛头刨床主轴电动机的启停控制过程见图5-33。

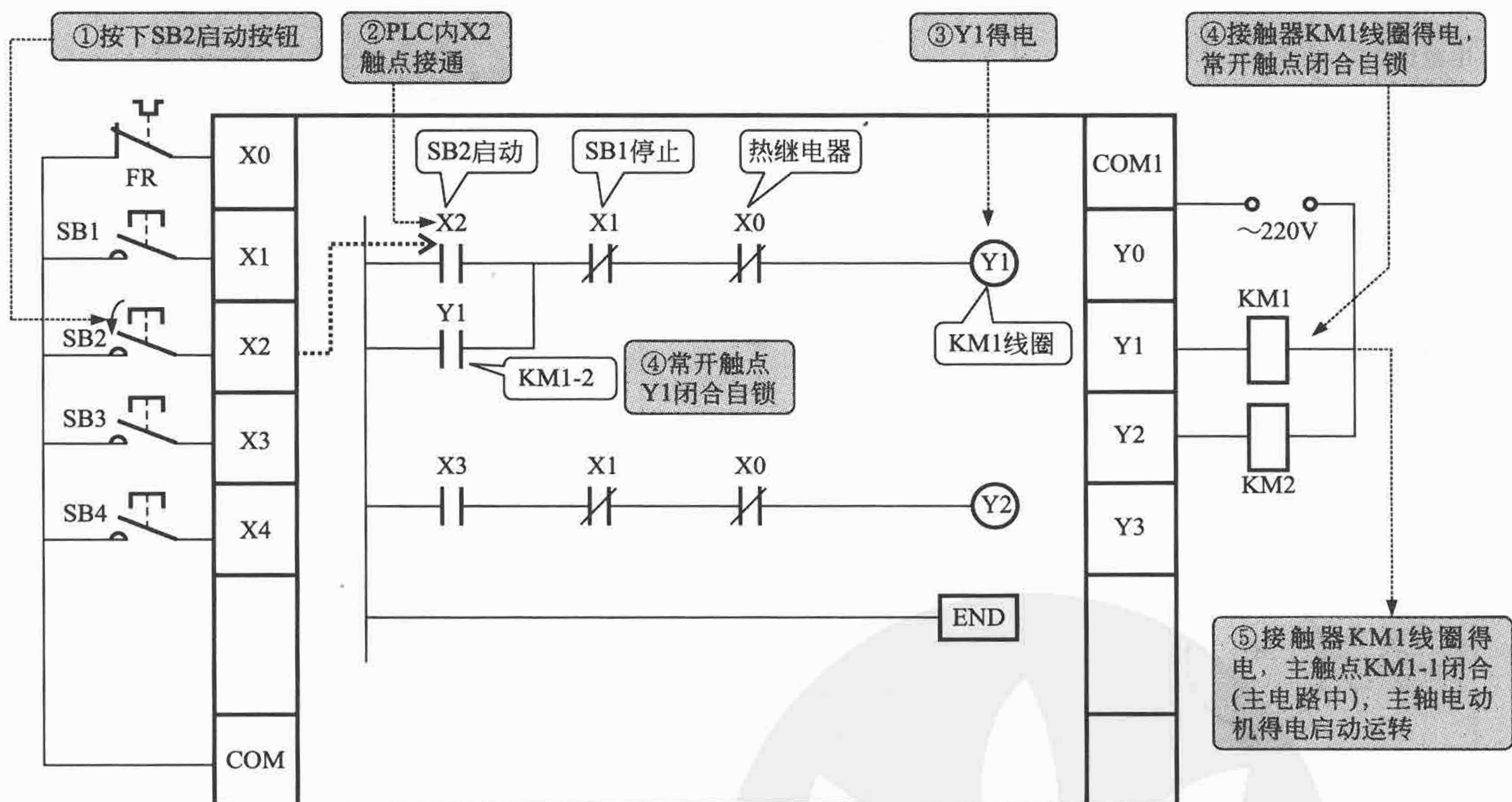


图5-33 PLC控制下B690型液压牛头刨床主轴电动机的启停控制过程

具体过程为：

当按下启动按钮SB2时（步骤①），其将PLC内的X2置“1”，即该触点接通（步骤②），使得Y1得电（步骤③），其常开触点Y1闭合自锁（步骤④），控制PLC外接交流接触器线圈KM1得电，主电路中的主触点KM1-1闭合，接通主轴电动机M₁电源，电动机启动运转（步骤⑤）。

由于Y1闭合自锁，即使启动按钮断开，电动机仍然会保持运行，因此启动键常采用按钮式开关，按一下即可启动，手松开后电动机仍保持运行，有效降低启动部件电气损耗和安全性、可靠性。

其停止过程与上述启动过程相反，读者可参照启动过程原理进行分析和验证。

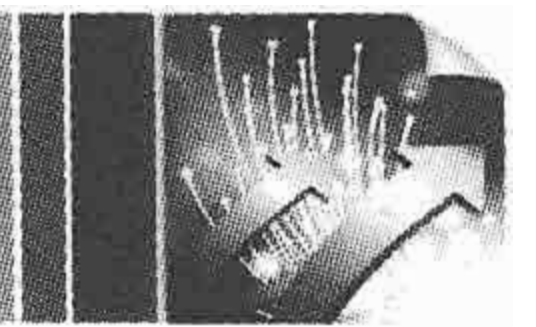
(2) PLC控制下B690型液压牛头刨床工作台快速移动电动机M₂的控制过程



PLC控制下B690型液压牛头刨床工作台快速移动电动机M₂的控制过程见图5-34。

具体控制过程为：

当按下点动启动按钮SB3时（步骤⑥），其将PLC内的X3置“1”，即该触点接通（步骤⑦），使得Y2得电（步骤⑧），控制PLC外接交流接触器线圈KM2得电，主电路中的主触点KM2-1闭合，接通工作台快速移动电动机M₂电源，电动机启动运转（步骤⑨）。



由于按钮SB3为点动按钮，当手抬起后，SB3复位，PLC内部的X3也复位断开，Y2失电，外接接触器KM2断电，其主触点KM2-1也断开，电动机停转（步骤⑩）。

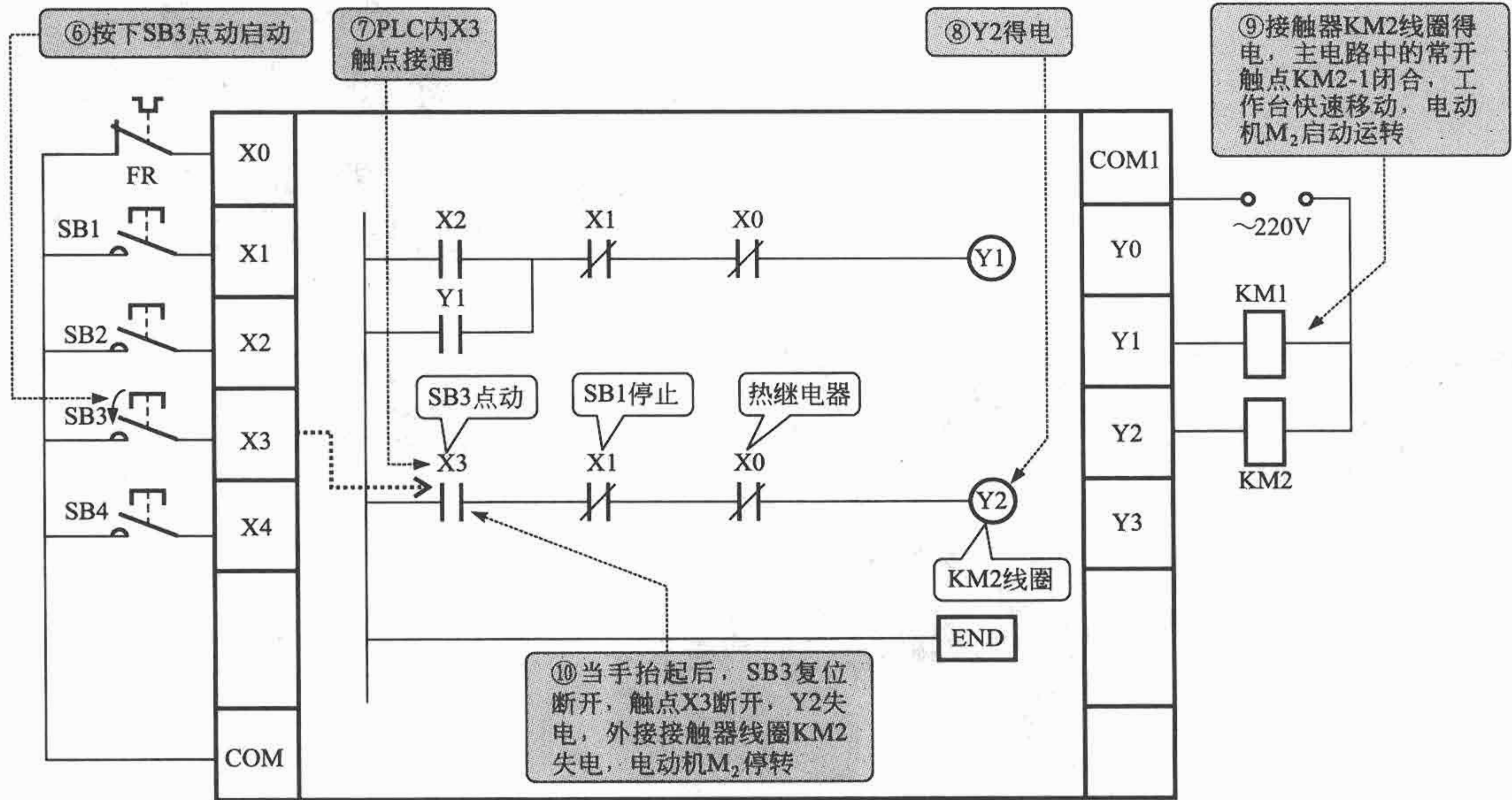
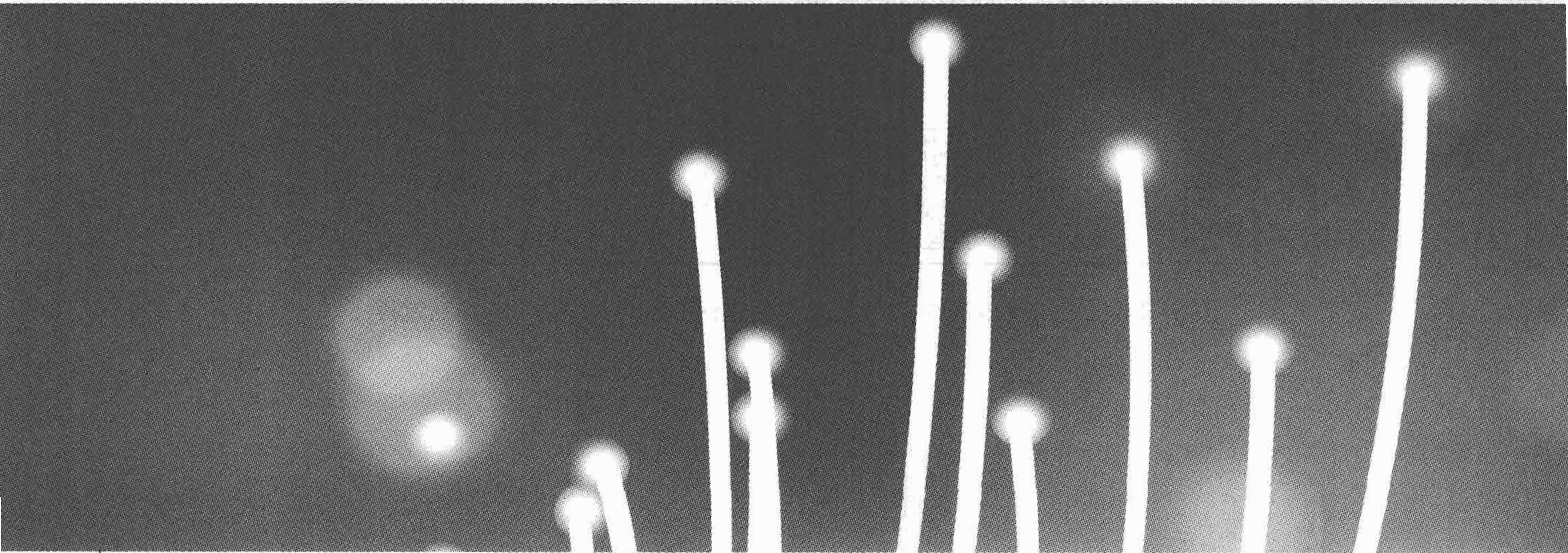


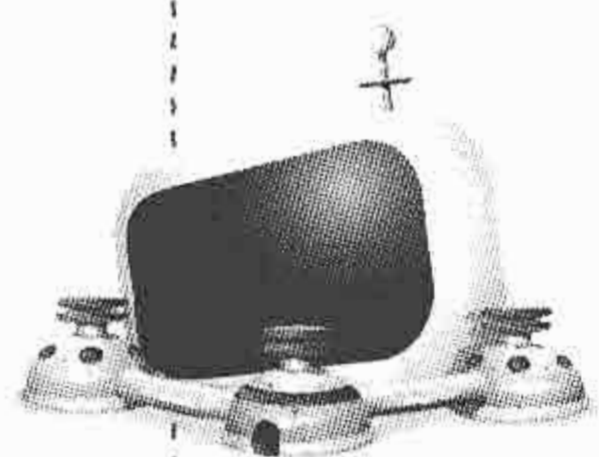
图5-34 B690型液压牛头刨床工作台快速移动电动机M₂的控制过程

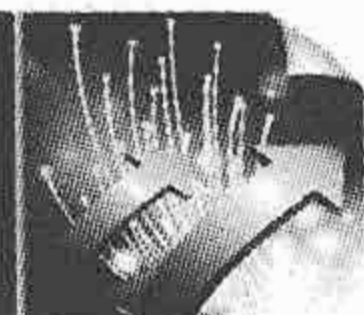


PLC在其他电路中的应用



目标 





6.1

电动葫芦的PLC控制

6.1.1 电动葫芦的结构

(1) 电动葫芦的基本结构

电动葫芦是起重运输机械的一种，主要用来提升或下降重物，并可以在水平方向平移重物。电动葫芦具有起重小、结构简单、操作方便等特点，但一般只有一个恒定的运行速度，大多应用于工矿企业的小型设备的安装、吊动和维修中。



图解

电动葫芦在电镀流水线的典型应用见图6-1。

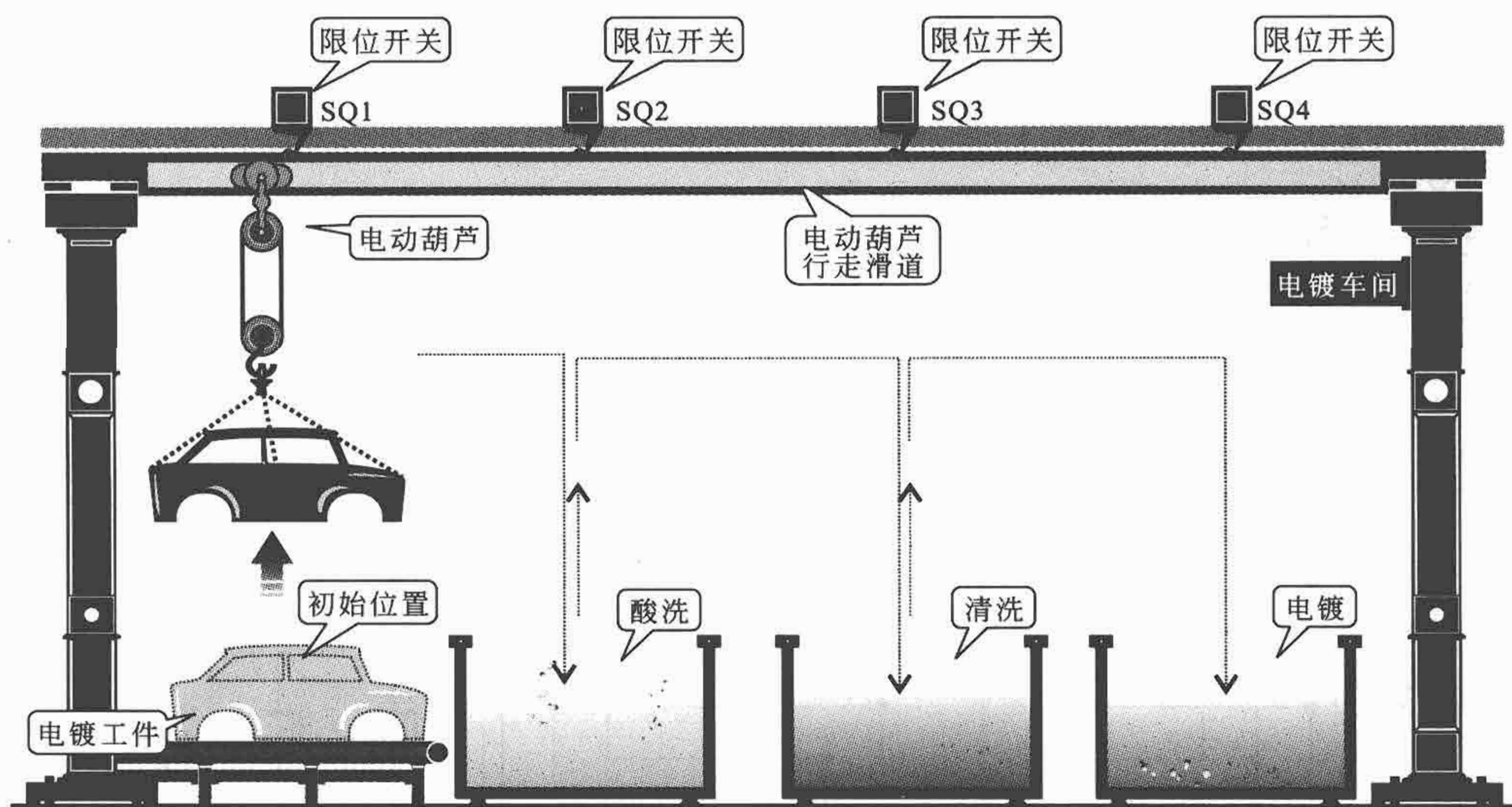


图6-1 电动葫芦在电镀流水线的典型应用

电动葫芦的基本外形结构见图6-2。

该设备中主要有两个电动机，分别用来控制挂钩的上下运动及电动葫芦的左右运动。

(2) 电动葫芦的电气结构

电动葫芦通常采用带有限位开关的控制线路。



图解

电动葫芦的电气结构见图6-3，该线路分为主电源供电电路、控制电路两部分。

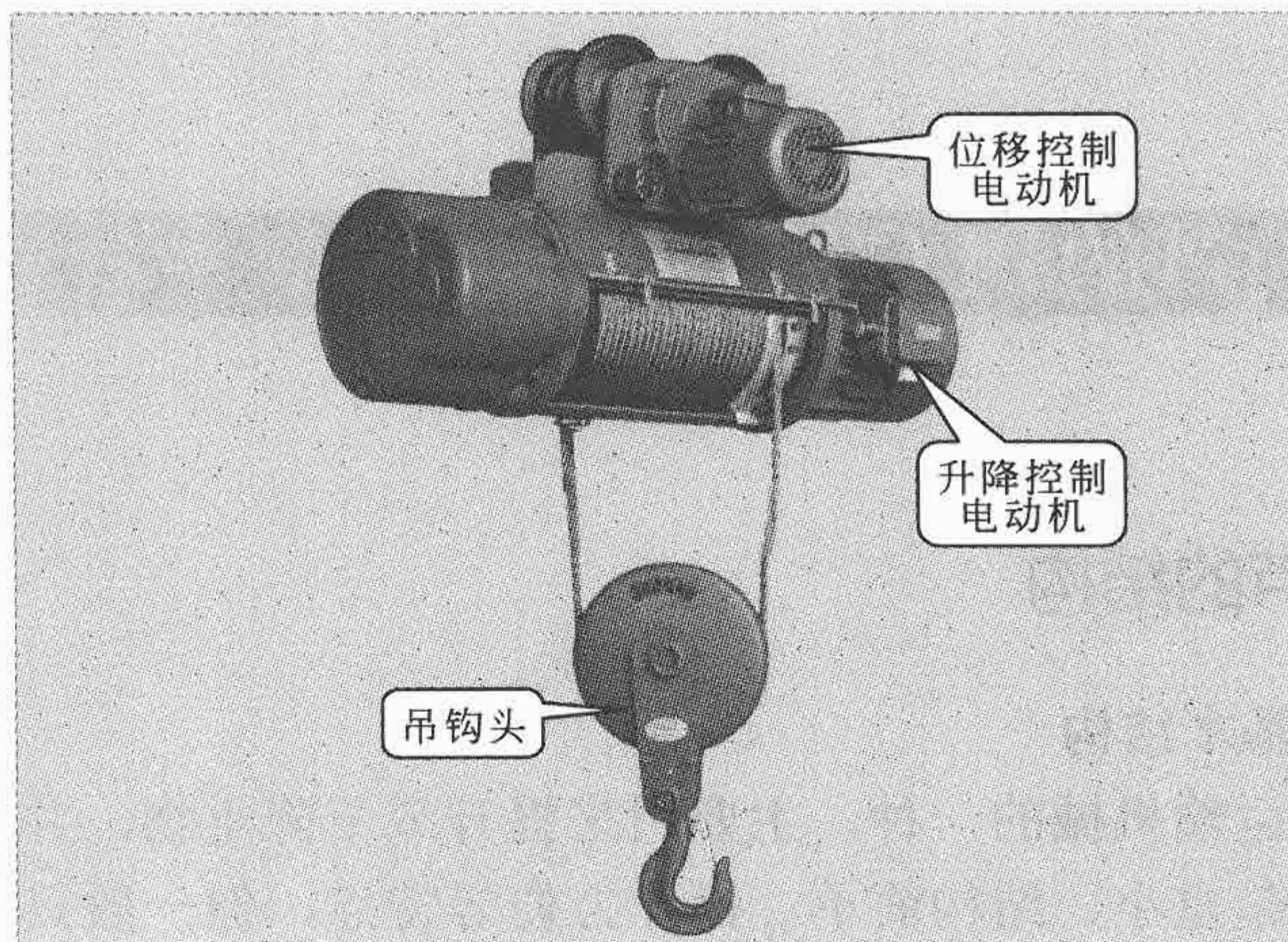


图6-2 电动葫芦的基本外形结构

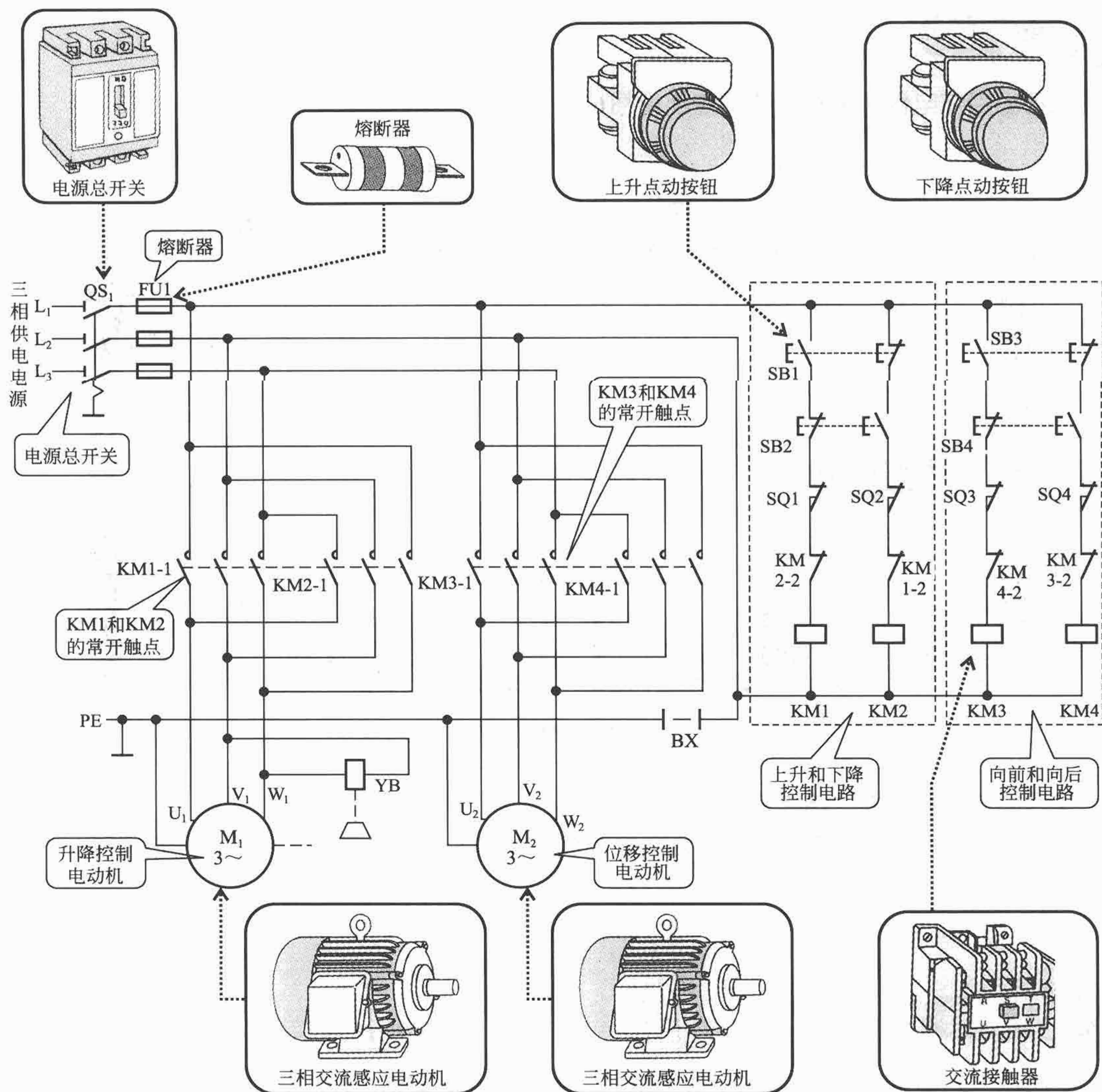
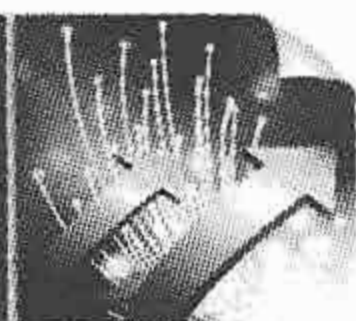


图6-3 电动葫芦的电气结构



电动机 M_1 为升降控制电动机,用来在垂直位置上提取工件,其中SB1为上升点动控制按钮,SB2为下降点动控制按钮,KM1为正转控制接触器,KM2为反转控制接触器,SQ1和SQ2为上下限位行程开关。当按下按钮SB1后,接触器KM1线圈得电,常开触点KM1-1闭合,三相供电电源经电源总开关QS1、熔断器FU1以及KM1的常开触点后为电动机 M_1 供电,电动机开始正转,此时工件处于上升状态;同理,按下按钮SB2后,KM1失电,KM2的线圈得电,其常开触点KM2-1闭合,三相供电电源经KM2的常开触点KM2-1后为电动机 M_1 供电,此时电动机开始反转,工件处于下降状态。

电动机 M_2 为位移控制电动机,用来在水平位置上移动工件,其中SB3为向前点动控制按钮,SB4为向后点动控制按钮,KM3和KM4为正、反转控制接触器,SQ3和SQ4为水平位置限位行程开关。电动机 M_2 的控制方式与电动机 M_1 的控制方式基本相同。

限位开关SQ1、SQ2、SQ3、SQ4主要用来进行垂直方向的上、下限和水平方向的前、后限保护,确保工件不超过行程。

6.1.2 电动葫芦的PLC控制原理

在图6-2所示电动葫芦的电气结构中,其基本上采用了交流继电器、接触器的控制方式,该种控制方式由于电气部件的连接过多存在人为因素的影响,具有可靠性低、线路维护困难等缺点,将直接影响企业的生产效率。因此,很多生产型企业中采用PLC控制方式对其进行控制。

下面我们具体介绍用PLC实现对电动葫芦的控制原理。



图解

电动葫芦的PLC控制电路见图6-4。

该控制电路采用三菱FX2N系列PLC,电路中PLC控制I/O分配表见表6-1。

表6-1 电动葫芦三菱FX2N系列PLC控制I/O分配表

输入信号及地址编号			输出信号及地址编号		
名称	代号	输入点地址编号	名称	代号	输出点地址编号
电动葫芦上升点动按钮	SB1	X1	电动葫芦上升接触器	KM1	Y1
电动葫芦下降点动按钮	SB2	X2	电动葫芦下降接触器	KM2	Y2
电动葫芦左移点动按钮	SB3	X3	电动葫芦左移接触器	KM3	Y3
电动葫芦右移点动按钮	SB4	X4	电动葫芦右移接触器	KM4	Y4
电动葫芦上升限位行程开关	SQ1	X5			



续表

输入信号及地址编号			输出信号及地址编号		
名称	代号	输入点地址编号	名称	代号	输出点地址编号
电动葫芦下降限位行程开关	SQ2	X6			
电动葫芦左移限位行程开关	SQ3	X7			
电动葫芦右移限位行程开关	SQ4	X10			

图6-4中，通过PLC的I/O接口与外部电器部件进行连接，提高了系统的可靠性，并能够有效地降低故障率，维护方便。当使用编程软件向PLC中写入控制程序时，便可以实现外接电器部件及负载电动机等设备的自动控制。想要改动控制方式时，只需要修改PLC中的控制程序即可，大大提高了调试和改装效率。

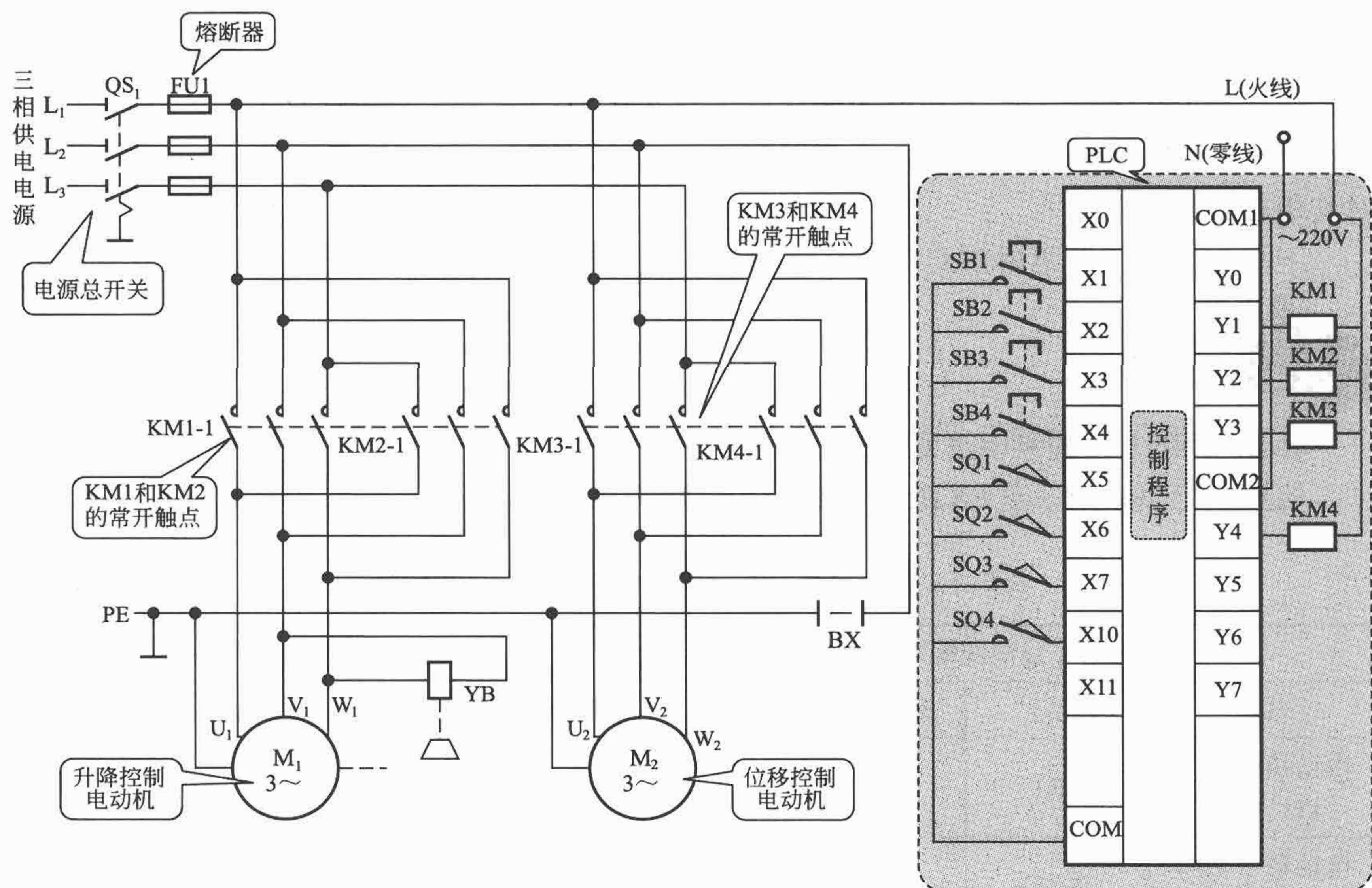


图6-4 电动葫芦的PLC控制电路



电动葫芦三菱FX2N系列PLC控制梯形图见图6-5。

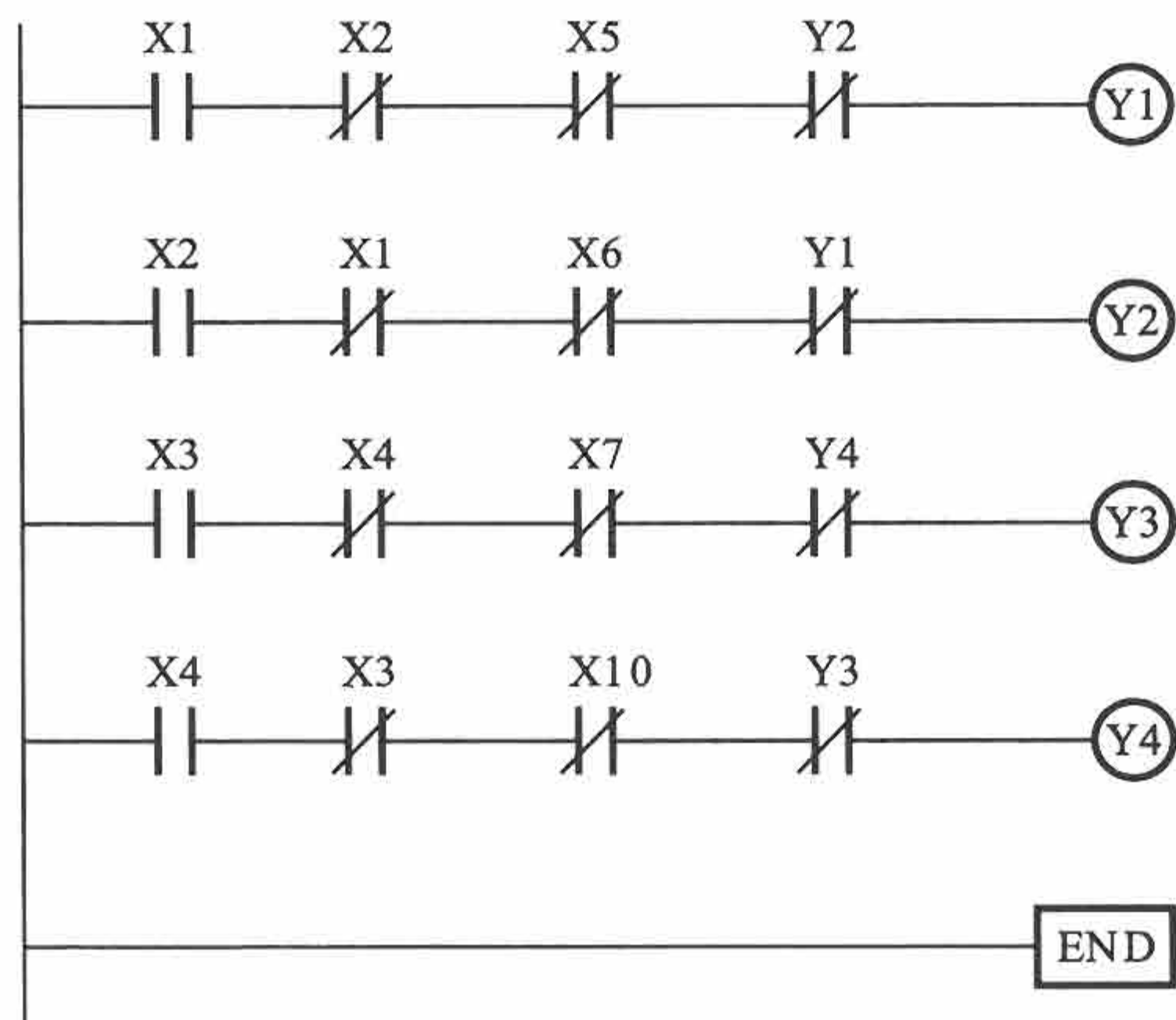
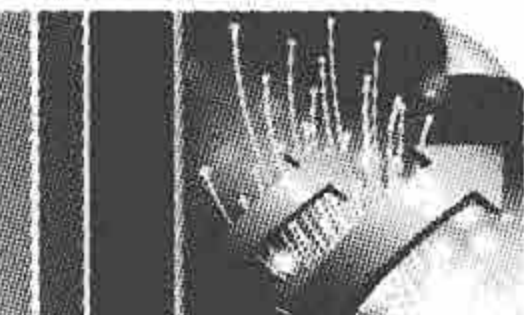


图6-5 电动葫芦三菱FX2N系列PLC控制梯形图

根据梯形图识读该PLC的控制过程，首先可对照PLC控制电路和I/O分配表，在梯形图中进行适当文字注解，然后再根据操作动作具体分析启动和停止的控制原理。

(1) PLC控制下电动葫芦的上升过程



电动葫芦三菱FX2N系列PLC控制电路的上升过程见图6-6。

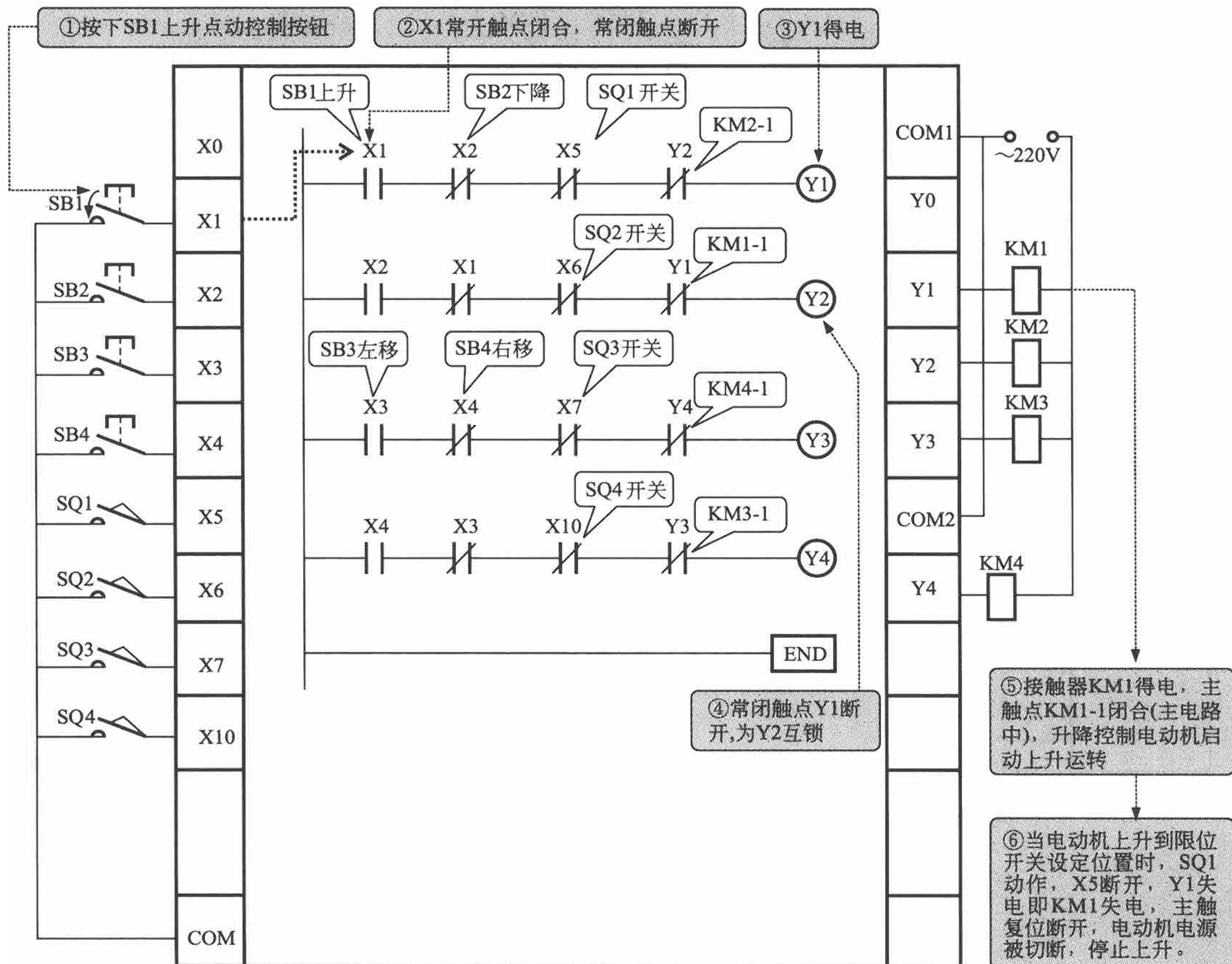


图6-6 PLC控制下电动葫芦吊钩升降电动机的上升过程



具体过程为：

当按下上升点动控制按钮SB1时（步骤①），其将PLC内的X1置“1”，即该触点接通（步骤②），使得Y1得电（步骤③），控制PLC外接交流接触器线圈KM得电，同时其常闭触点X1置“0”，即该触点断开防止Y2（KM2）得电，Y1得电，常闭触点Y1断开，Y2（KM2）互锁（步骤④）。主电路中的主触点KM1-1闭合，接通电动机电源，升降控制电动机启动开始上升运转（步骤⑤）。

当电动机上升到限位开关SQ1设定位置时，限位行程开关SQ1动作，将PLC内X5置“0”，即触点断开，Y1失电，接触器KM1线圈失电复位，主触点复位断开，电动机停止上升（步骤⑥）。

(2) PLC控制下电动葫芦的下降过程



电动葫芦三菱FX2N系列PLC控制电路的下降过程见图6-7。

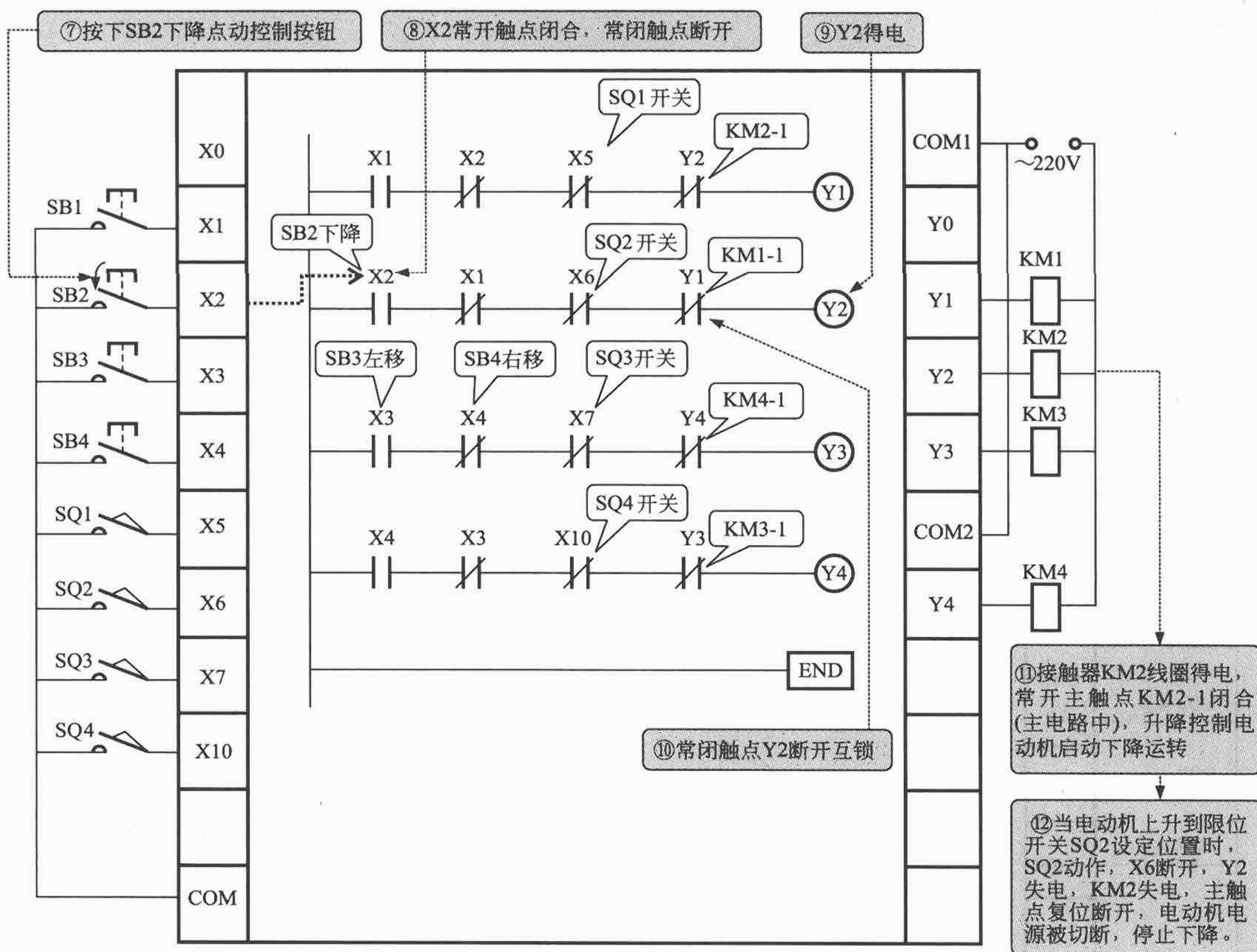
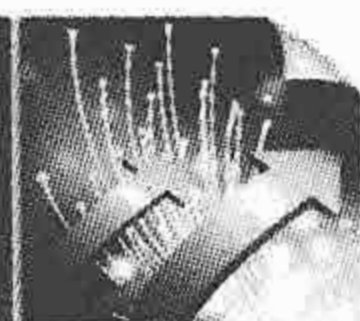


图6-7 PLC控制下电动葫芦吊钩升降电动机的下降过程



具体控制过程为：

当按下下降点动控制按钮SB2时（步骤⑦），其将PLC内的X2置“1”，即该触点接通（步骤⑧），使得Y2得电（步骤⑨），控制PLC外接交流接触器线圈KM2得电，同时其常闭触点X2置“0”，即该触点断开（步骤⑧），防止Y1（KM1）得电。Y2得电，常闭触点Y2断开与Y1（KM1）互锁（步骤⑩），KM2得电，主电路中的主触点闭合，接通电动机电源，升降控制电动机启动开始下降运转（步骤⑪）。

当电动机下降到限位开关SQ2设定位置时，限位行程开关SQ2动作，将PLC内X6置“0”，即该触点断开，Y2失电，即接触器KM2线圈失电复位，主触点复位断开，电动机停止下降（步骤⑫）。

电动葫芦的水平左移和右移控制原理与上升和下降的控制原理基本相同，这里不再重复。



6.2 运料小车往返运行的PLC控制

6.2.1 运料小车往返运行的基本结构

在一些工矿企业中，自动运行的运料小车是比较常见的，而使用PLC进行控制，可以节省大量的控制器件，并能够自动对小车的往返运行进行控制，避免人工操作时出现误操作的现象。下面就介绍一种运料小车往返运行电路的控制原理。



图解

运料小车往返运行电路的典型应用见图6-8。

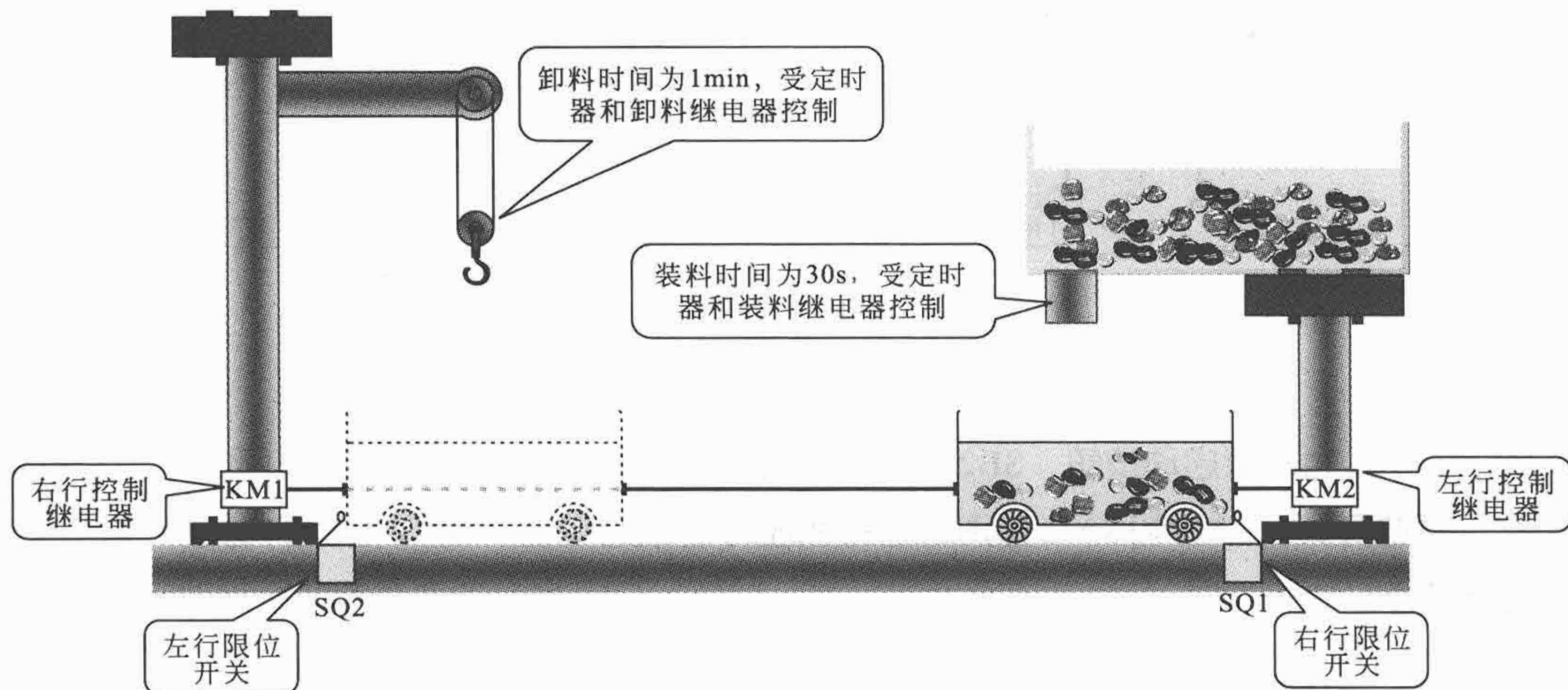
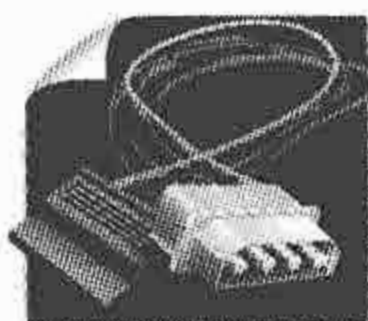


图6-8 运料小车往返运行电路的典型应用



运料小车工作由启动和停止按钮进行控制，运料小车启动运行后，首先右行到限位开关SQ1处，此时小车停止进行装料，30s后装料完毕，小车开始左行；当小车左行至限位开关SQ2处时，小车停止进行卸料，1min后卸料结束，再右行，行至限位开关SQ1处再停止，进行装料，如此循环工作，直至按下停止按钮后，小车停止工作。

6.2.2 运料小车往返运行的PLC控制原理

在分析运料小车往返运行的PLC控制原理前，应首先了解其控制电路的结构，并了解该PLC的输入和输出端接口的具体分配方式。



运料小车往返控制PLC控制电路见图6-9。

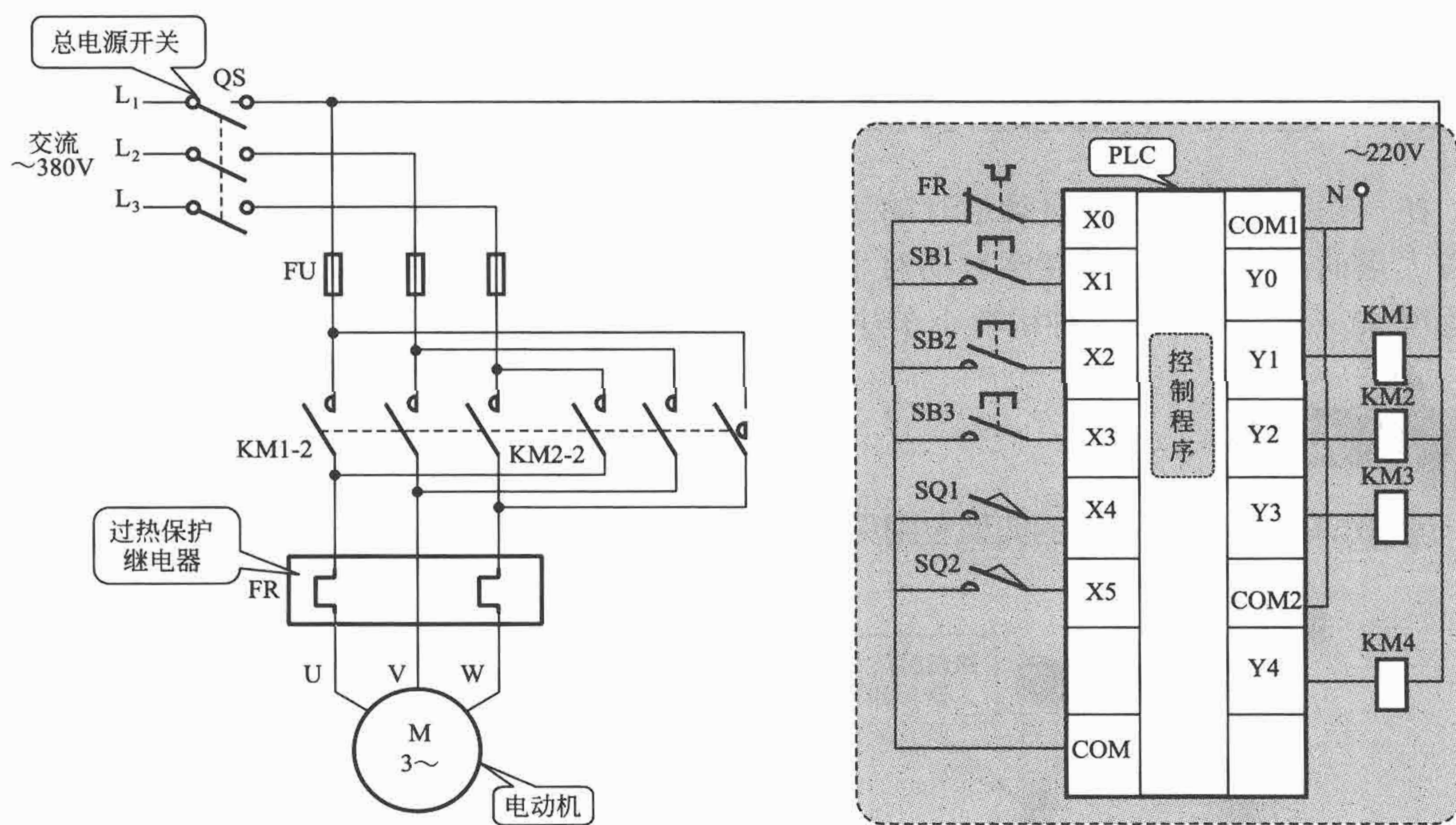


图6-9 运料小车往返控制PLC控制电路图

图中的SB1为右行启动按钮，SB2为左行启动按钮，SB3为停机按钮，SQ1和SQ2分别为右行和左行限位开关，KM1和KM2分别为右行和左行控制继电器，KM3和KM4分别为装料和卸料控制继电器。

该控制电路采用三菱FX2N系列PLC，电路中PLC控制I/O分配表见表6-2。



表 6-2 电动葫芦三菱 FX2N 系列 PLC 控制 I/O 分配表

输入信号及地址编号			输出信号及地址编号		
名称	代号	输入点地址编号	名称	代号	输出点地址编号
过热保护继电器	FR	X0	右行控制继电器	KM1	Y1
右行控制启动按钮	SB1	X1	左行控制继电器	KM2	Y2
左行控制启动按钮	SB2	X2	装料控制继电器	KM3	Y3
停止按钮	SB3	X3	卸料控制继电器	KM4	Y4
右行限位开关	SQ1	X4			
左行限位开关	SQ2	X5			



图解

采用三菱 FX2N 系列 PLC 控制梯形图见图 6-10。

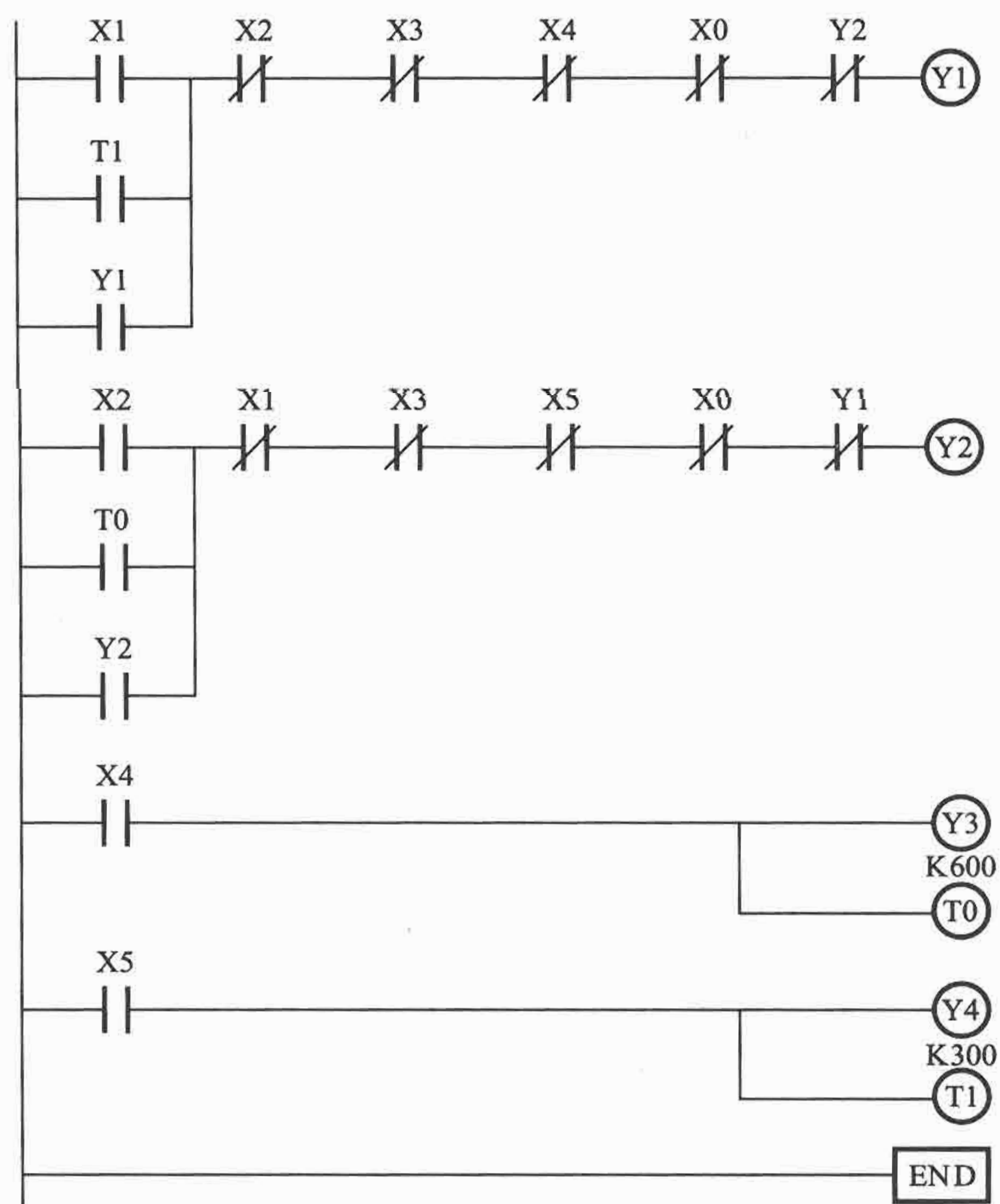
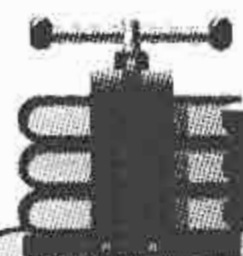
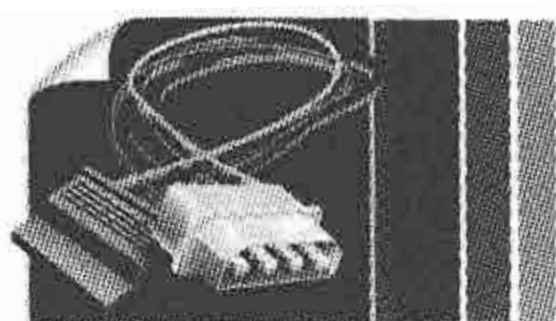


图 6-10 采用三菱 FX2N 系列 PLC 的控制梯形图

根据梯形图识读该 PLC 的控制过程，首先可对照 PLC 控制电路和 I/O 分配表，在梯形图中进行适当文字注解，然后再根据操作动作具体分析启动和停止的控制原理。



提示

三菱PLC定时器的设定值(定时时间 T)=计时单位 \times 计时常数(K)。其中计时单位有1ms、10ms和100ms,不同的编程应用中,不同的定时器,其计时单位也随之确定。因此在设置定时器时,可以通过改变计时常数(K),来改变定时时间。

三菱FN_{2X}型PLC中,一般用十进制的数来确定“ K ”值(0~32767),例如三菱FN_{2X}型PLC中,定时器的计时单位为100ms,其时间常数 K 值为50,则 $T=100\text{ms}\times 50=5000\text{ms}=5\text{s}$ 。

(1) 运料小车的右行和装料电路工作过程

在运料小车的工作过程中,首先要右行到装料点后,在定时器和装料继电器的控制下进行装料,下面我们就分析一下运料小车的右行电路工作过程。



图解

运料小车的右行和装料电路工作过程见图6-11。

按下右行控制启动按钮SB1后,将PLC内的X1常开触点闭合,常闭触点断开,实现联锁,此时Y1得电,使PLC外接的继电器KM1线圈得电。Y1得电其常开触点Y1闭合,进行自锁,常闭触点Y1断开,与Y2互锁,即防止KM2得电,小车主左移,KM1得电,主电路中的常开主触点KM1-2闭合,电动机正向运转,此时小车开始向右移动。当移至右行限位开关SQ1处时,SQ1动作,PLC内常闭触点X4断开,Y1失电,即KM1失电,常开主触点KM1-2断开,电动机停止运转,使小车停止移动,同时常开触点X4闭合,装料继电器Y3和定时器T0得电,小车开始装料,30s后装料完毕,定时器时间到。

(2) 运料小车的左行和卸料电路工作过程

运料小车右行和装料完毕后,通过继电器KM2控制其左行,并用卸料继电器和定时器进行控制,卸料后再右行进行装料。下面我们介绍一下运料小车主左行和卸料的工作过程。



图解

运料小车的左行和卸料电路工作过程见图6-12。

装料完毕后,定时器T0的常开触点闭合,此时Y2得电,PLC外接的左行控制继电器KM2线圈得电,Y2得电,其常开触点Y2闭合自锁,常闭触点Y2断开,与Y1互锁,即与KM1互锁,此时操作SB1时,右行控制继电器KM1无法得电,小车主不能向右行驶,KM2线圈得电,主电路中的常开主触点KM2-2闭合,电动机反向运转,小车主左运行。当小车主行至左行限位开关SQ2处时,SQ2动作,PLC内部的X5常闭触点置“0”(断开),Y2失电,即KM2失电,触点复位,小车主左停止移动。常开触点置“1”(闭合)Y4和T1得电,其外接卸料继电器KM4和定时器T1开始工作,1min后卸料完毕后,T1的常开触点闭合,使Y1得电,右行控制继电器KM1得电,主电路的常开主触点KM1-2闭合,电动机再次正向启动运转,小车主再次向右移动。如此反复,运料小车主即实现了自动控制的过程。

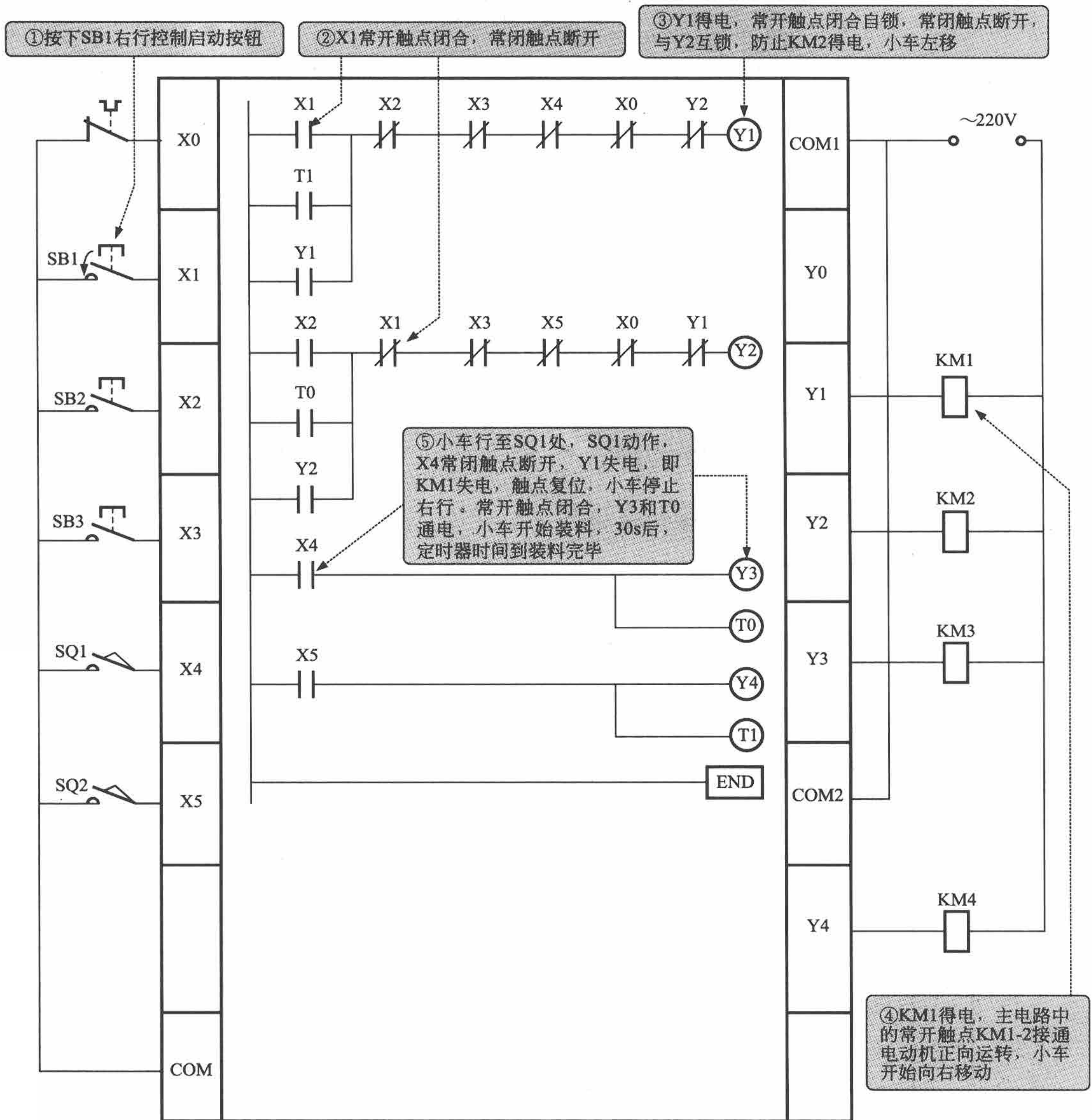
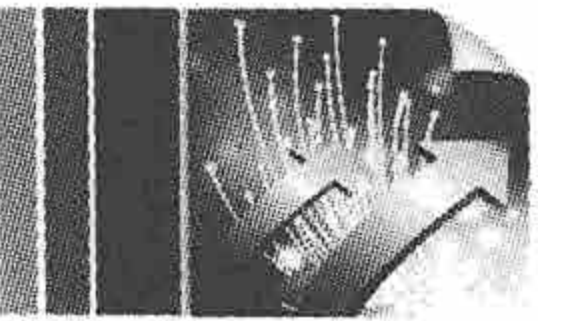


图6-11 运料小车的右行和装料电路工作过程

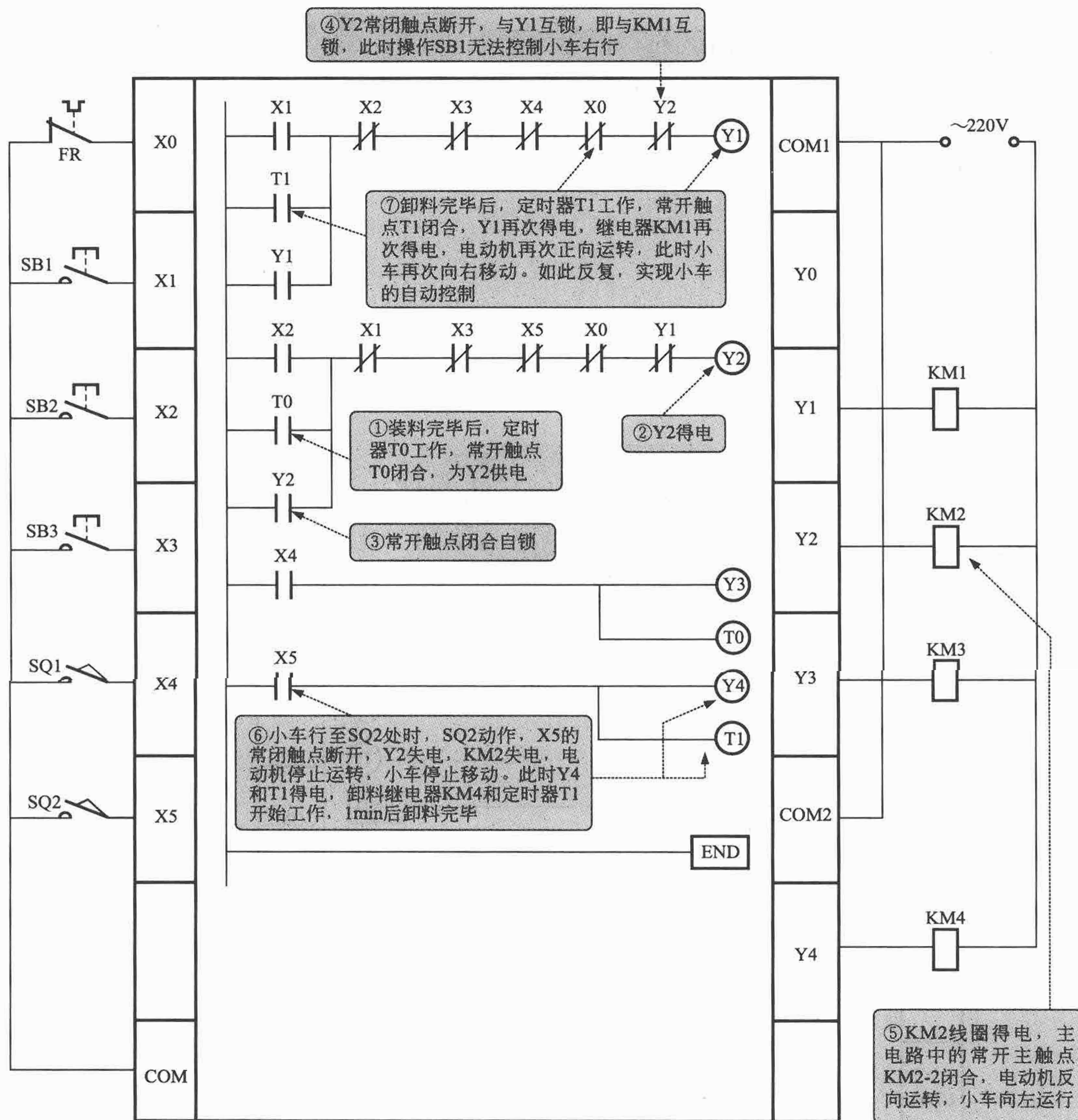
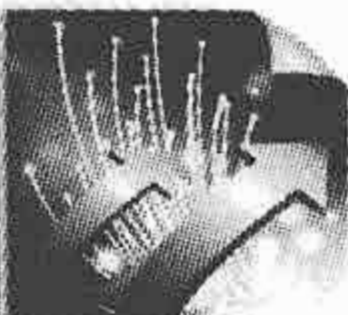


图6-12 运料小车的左行和卸料电路工作过程



当按下停止按钮SB3后, PLC内部的常闭触点X3置“0”, 即常闭触点断开, Y1和Y2均失电, 即左行控制继电器KM1和右行控制继电器KM2均断电, 主电路中的常开主触点KM11-2、KM2-2均断开, 电动机停止运转, 此时小车停止移动。

6.3

自动门的PLC控制

6.3.1 自动门的PLC控制基本结构

随着自动化控制技术的不断进步, 一些企业或大厦中采用自动门技术, 通过门卫处的门开关进行控制, 并设有保护电路, 防止夹住人或物品, 下面我们就以一种典型的自动门PLC控制电路为例, 介绍其PLC的控制原理。



图解

自动门的PLC控制典型应用见图6-13。

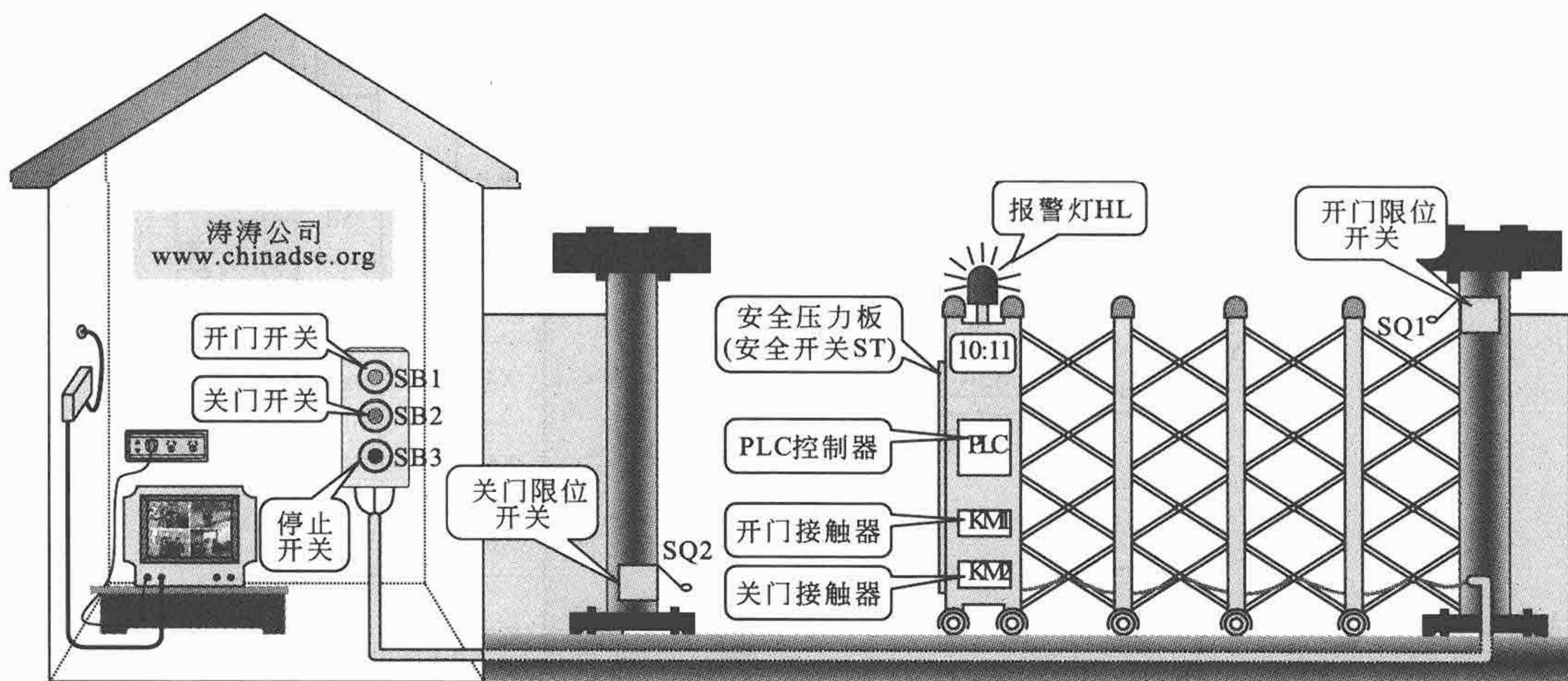


图6-13 自动门的PLC控制典型应用

门卫可以通过警卫室内的开门开关SB1、关门开关SB2和停止开关SB3来控制大门的工作状态, 下面几条为PLC的控制要求。

① 当按下开门开关SB1后, 报警灯HL开始闪烁(周期为0.4 s), 5 s后开门接触器KM1得电, 控制电动机正向旋转, 大门开始打开, 直到碰到开门限位开关SQ1, 门停止运动, 报警灯停止闪烁。

② 当按下关门开关SB2后, 报警灯HL开始闪烁(周期为0.4 s), 5 s后关门接触器KM2得



电，控制电动机反向旋转，大门开始关闭，直到碰到关门限位开关SQ2，门停止运动，报警灯停止闪烁。

③ 门在运动的过程中，只要按下停止开关SB3，门马上停止在当前的位置上，报警灯停止闪烁。

④ 门在关闭的过程中，只要门夹住人或其他物体，安全压力板（安全开关）就会受到额定压力，门立即停止运动，防止PLC控制系统或人、物品等受到伤害。

⑤ 当同时按下开门开关SB1和关门开关SB2时，门不移动。

6.3.2 自动门的PLC控制原理

在分析自动门的PLC控制梯形图的原理前，应首先了解其控制电路结构，并了解PLC的输入和输出端接口分配方式。



自动门的PLC控制电路见图6-14。

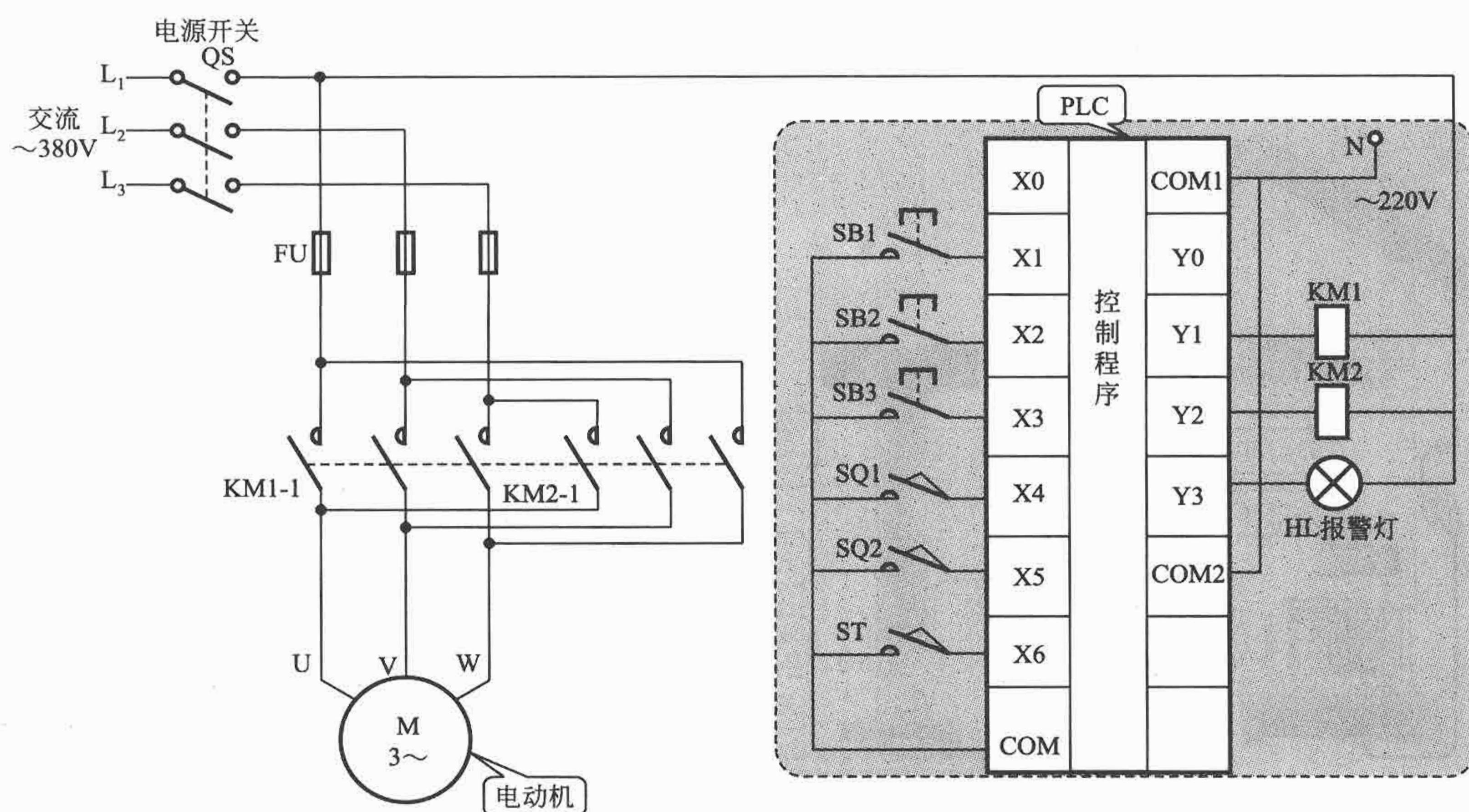


图6-14 自动门的PLC控制电路图

图中的电动机用来拖动门的移动，其正转时，门打开，其反转时，门关闭。按钮SB1为开门开关，SB2为关门开关、SB3为停止开关，SQ1和SQ2分别为开门和关门限位开关，ST为安全开关（安全压力板），接触器KM1和KM2分别为开门和关门接触器，HL为报警灯。

该控制电路采用三菱FX2N系列PLC，电路中PLC控制I/O分配表见表6-3。

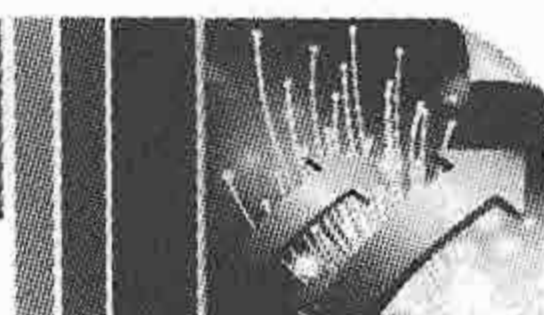


表6-3 自动门的PLC控制FX2N系列PLC控制I/O分配表

输入信号及地址编号			输出信号及地址编号		
名称	代号	输入点地址编号	名称	代号	输出点地址编号
开门开关	SB1	X1	关门接触器	KM1	Y1
关门开关	SB2	X2	开关接触器	KM2	Y2
停止开关	SB3	X3	报警灯	HL	Y3
开门限位开关	SQ1	X4			
关门限位开关	SQ2	X5			
安全开关	ST	X6			



图解

采用三菱FX_{2N}系列PLC自动门控制梯形图见图6-15。

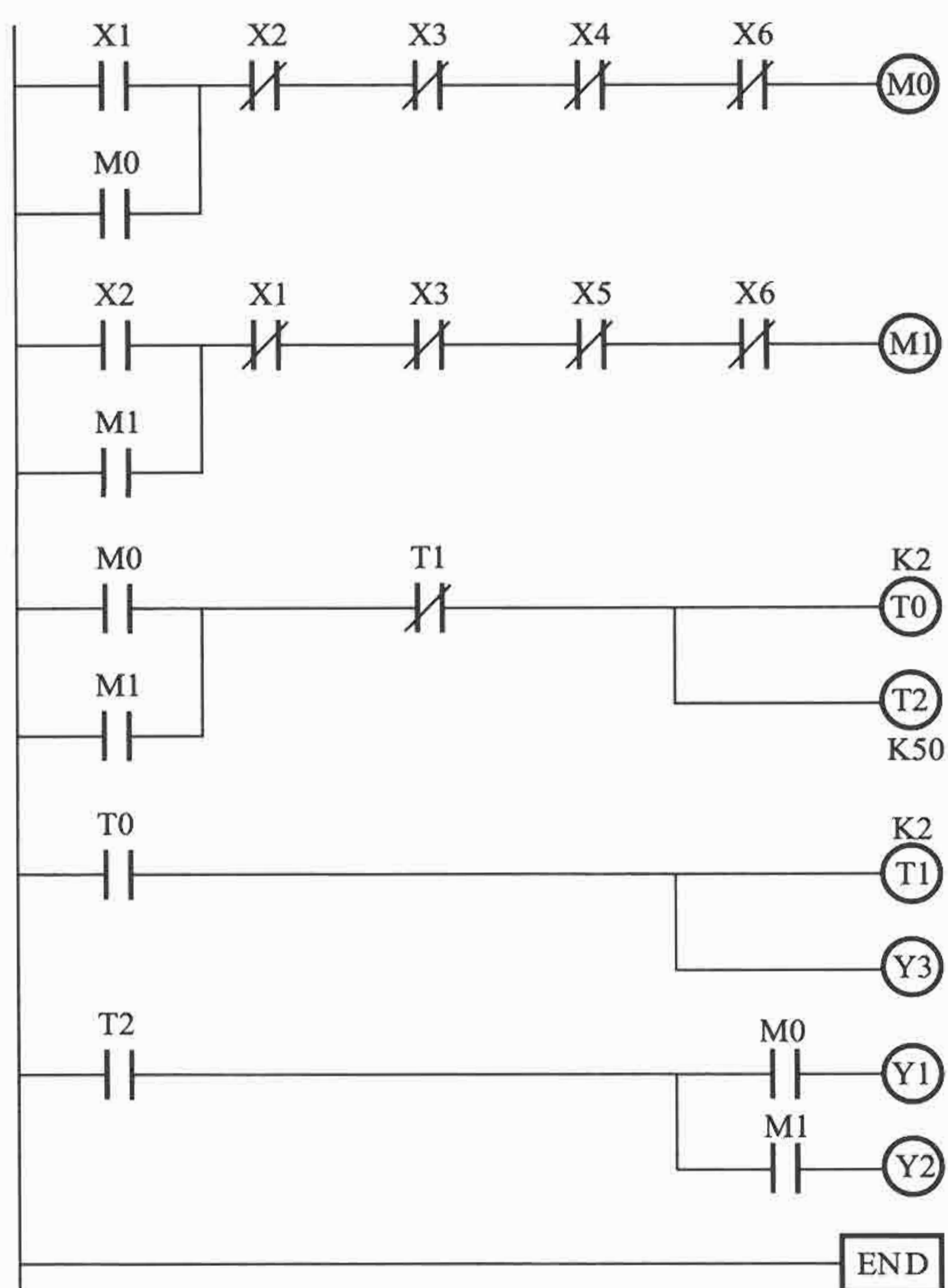


图6-15 采用三菱FX2N系列PLC自动门控制梯形图

根据梯形图识读该PLC的控制过程,首先可对照PLC控制电路和I/O分配表,在梯形图中进行适当文字注解,然后再根据操作动作具体分析控制原理。

(1) 自动门开门的工作过程

自动门的开门是由开门开关SB1和开门接触器KM1控制的,按下SB1后,信号送入



PLC中，再去控制开门接触器，其原理如下。



自动门开门的工作过程见图6-16。

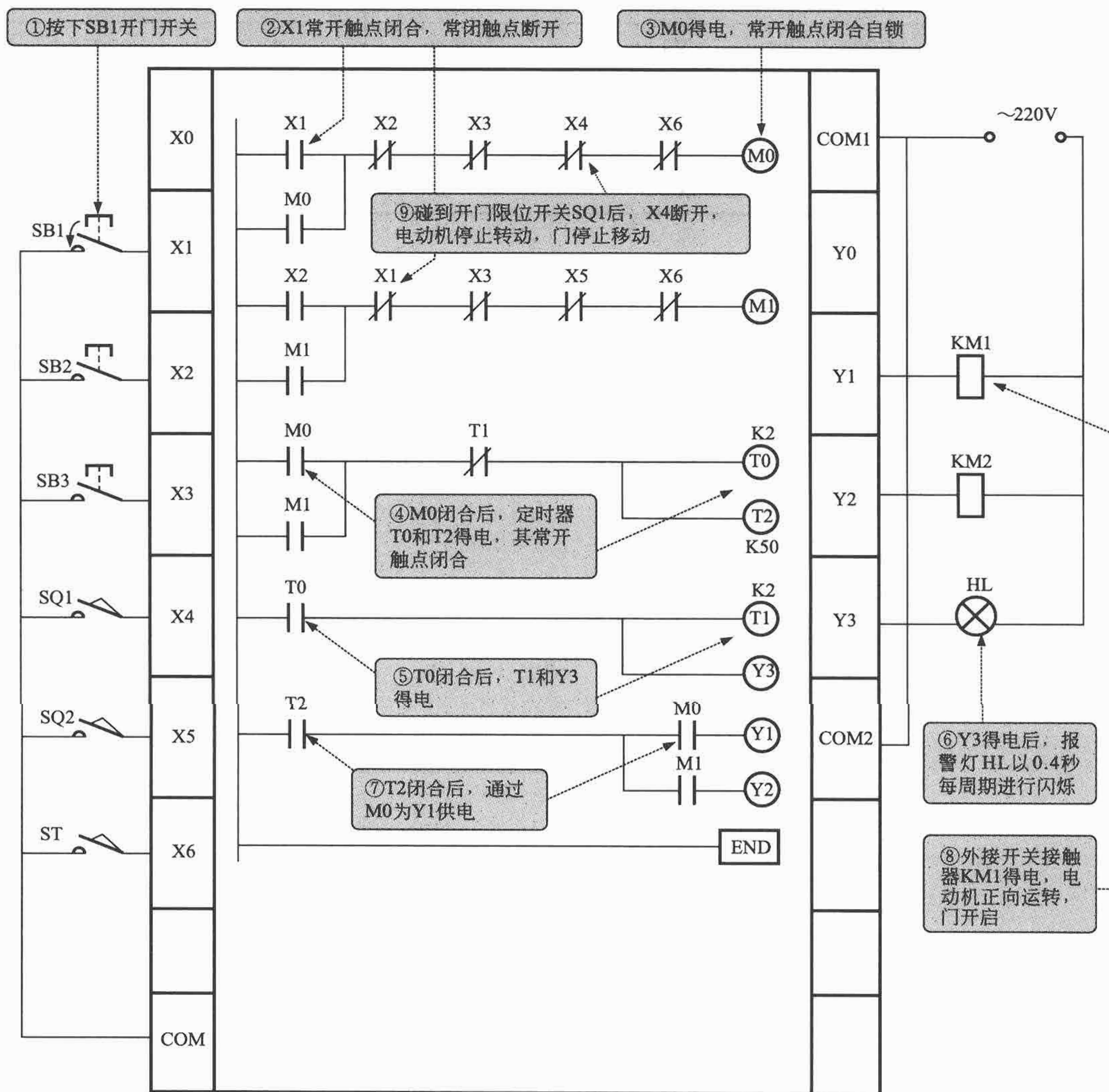
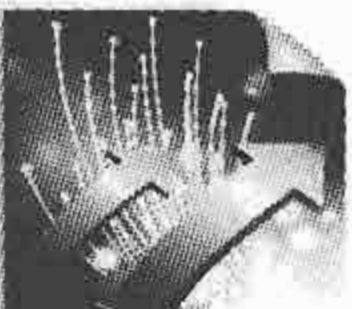


图6-16 自动门开门的工作过程

当按下开门开关SB1后，PLC内部的常开触点X1置“1”位（闭合），使M0得电，控制M0的常开触点闭合自锁，M0闭合后，经定时器T1的常闭触点为定时器T0和T2供电，T0的常开触点闭合，为定时器T1和Y3供电，使报警灯HL以0.4s每周期进行闪烁。

5秒后T2的常开触点闭合，此时M0的常开触点处于闭合状态，则Y1得电，其外接的开门接触器KM1得电工作，其主电路的常开主触点闭合，为电动机进行供电，电动机正转，控制大门打开。当碰到开门限位开关SQ1后，SQ1动作，X4置“0”位（断开），电动机停止转动，门



停止移动。

(2) 自动门关门的工作过程

自动门的关门是由关门开关SB2和关门接触器KM2控制的，按下SB2后，信号送入PLC中，再去控制关门接触器，其原理如下。



自动门关门的工作过程见图6-17。

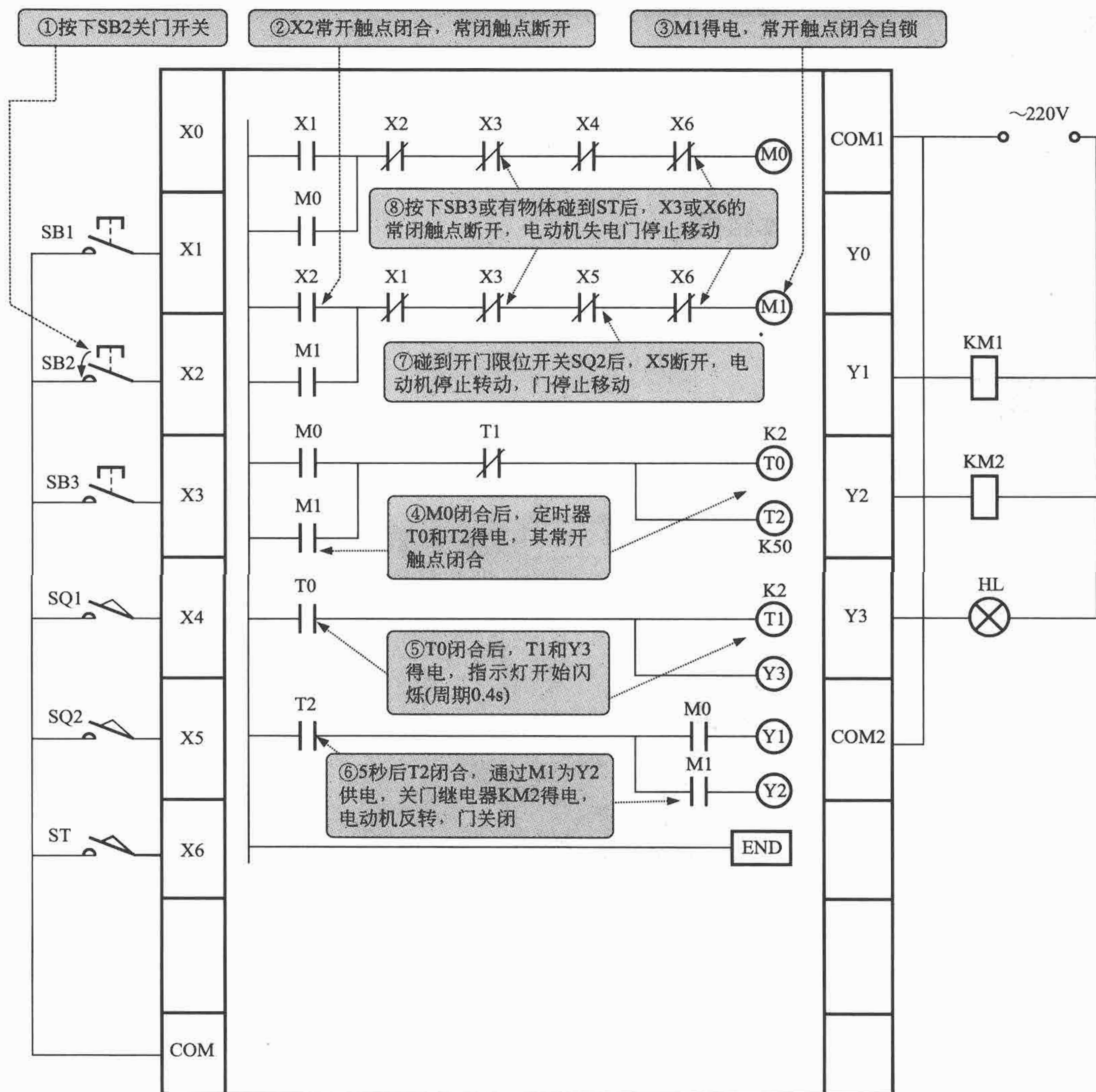


图6-17 自动门关门的工作过程

当按下关门开关SB2后，PLC内部的常开触点X2置“1”位（闭合），使M1得电，控制M1的常开触点闭合自锁，M1闭合后，经定时器T1的常闭触点为定时器T0和T2供电，T0的常开触点闭合，为定时器T1和Y3供电，使报警灯HL以0.4s每周期进行闪烁。



5秒后T2的常开触点闭合,此时M₁的常开触点处于闭合状态,则Y2得电,其外接的关门接触器KM2得电工作,其主电路的常开主触点闭合,为电动机进行供电,电动机反转,控制大门关闭。当碰到关门限位开关SQ2后,X5置“0”位(断开),电动机停止转动,门停止移动。

不管是在开门还是在关门的过程中,按下停止按钮SB3或有物体挤压安全开关ST时,PLC内部的X3或X6置“0”位(断开),此时电动机失电,门停止移动。



6.4 混凝土搅拌机控制电路的PLC控制

6.4.1 混凝土搅拌机控制线路的结构

(1) 混凝土搅拌机的基本结构

在工业及建筑工程中,混凝土搅拌机被广泛使用,其可将一些沙石料进行搅拌加工,变成工程建筑物所用的混凝土。



图解

混凝土搅拌机的实物外形如图6-18。

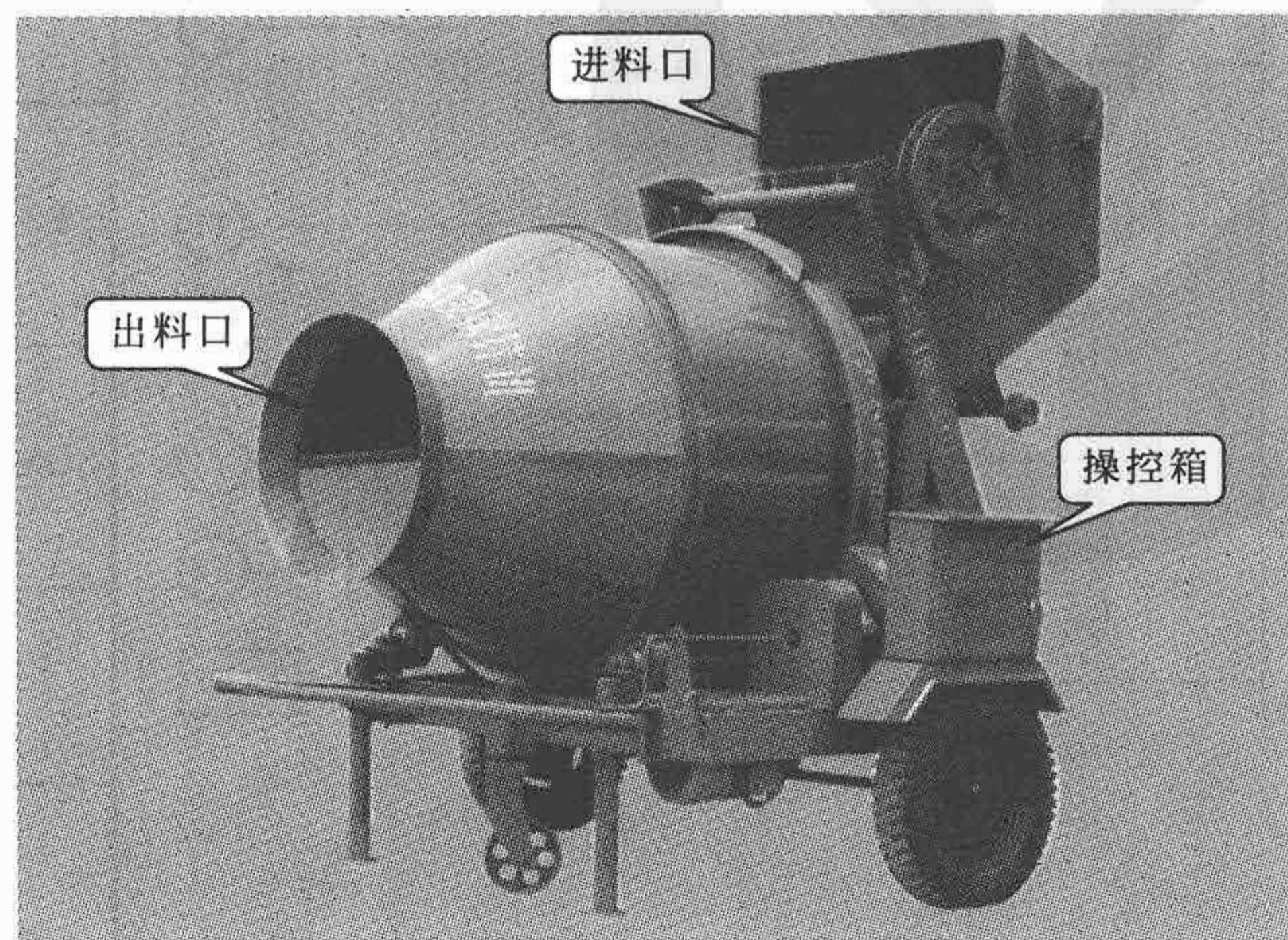


图6-18 混凝土搅拌机的实物外形

制成混凝土的相关沙石料从搅拌的进料口送入其内部,工作时,主要是通过操控箱中的相关按钮来实现对其内部电动机的控制,当电动机转轴转动后,将带动滚筒转动,实现对筒内部砂石料的搅拌,搅拌后形成的混凝土将从其出料口输出。

(2) 混凝土搅拌机控制线路的电气结构

混凝土搅拌机控制线路是由电动机供电电路和启/停控制电路构成的,当按下相关按键后,能够实现对其内部电动机启/停操作,从而实现对搅拌机滚筒转动的控制。



混凝土搅拌机控制线路的电气结构见图6-19。

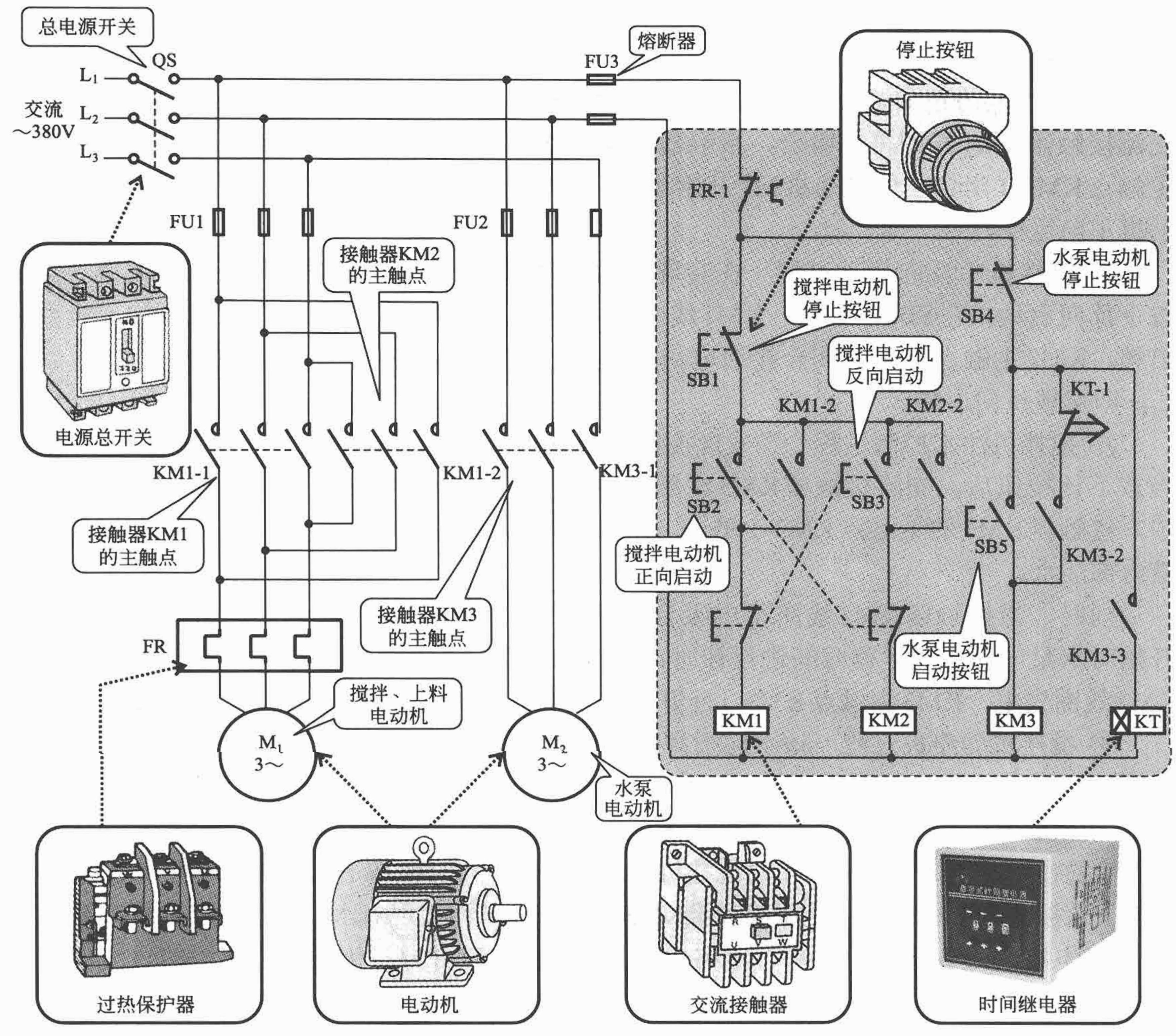
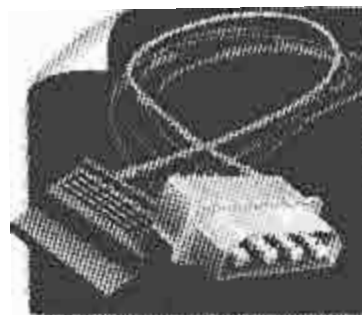


图6-19 混凝土搅拌机控制线路的电气结构

该电路主要由供电电路和控制电路两部分构成。供电电路是由电源总开关QS、熔断器FU1、FU2、交流接触器KM1、KM2、KM3的主触点(KM1-1、KM2-1、KM3-1)、过热保护器FR以及搅拌、上料电动机M₁、水泵电动机M₂等构成的。控制电路是熔断器FU3、常闭停止按钮SB1、搅拌机正向启动按钮SB2、搅拌机反向启动按钮SB3、水泵电动机启动按钮SB5、水泵电动机停止按钮SB4、交流接触器KM1、KM2、KM3的线圈、时间继电器KT, 以及交流接触器的常开触点(KM1-2、KM2-2、KM3-2)等构成的。

电路中采用了两个三相交流感应电动机, 其中搅拌、上料电动机M₁主要实现对搅拌机滚筒正/反向转动的控制, 而水泵电动机M₂则实现对内部供水的控制。

电路中采用了两只交流接触器(KM1、KM2)来接电动机M₁三相电源的相序, 同时为保



证两个接触器不能同时吸合（否则将造成电源短路事故），在控制电路中采用了按钮和接触器联锁方式，即在接触器KM1线圈支路中串入KM2的常闭触点，KM2线圈支路中串入KM1常闭触点，并将正反转启动按钮SB2、SB3的常闭触点分别与对方的常开触点串联。

交流接触器（KM3）则是对水泵电动机M₂进行控制，其与时间继电器KT配合使用，从而实现搅拌机内部注水量多少的控制。

其电路的控制流程如下。

① 搅拌机的正向启动过程 首先合上电源总开关QS后，按下正向启动按钮SB2后，交流接触器KM1线圈得电吸合，接触器KM1的常开触点KM1-2闭合自锁，接触器KM1的主触点KM1-1闭合，使电动机M1开始运转，此时电动机M1接通的相序为L₁、L₂、L₃，电动机正向运行。

② 搅拌机的反向启动过程 在实现电动机M1反向启动控制时，松开SB2按钮，然后按下反向启动按钮SB3，此时，KM1线圈断电释放，断开正向电源，KM2线圈通电吸合并自锁，KM2主触点KM2-1闭合接通电动机，此时电动机M1接入三相电源的相序为L₃、L₂、L₁，即实现反向运转。

③ 搅拌机注水控制过程 当发现搅拌机内部缺水时，可按下水泵电动机启动按钮SB5，当按下该按钮后，交流接触器KM3线圈得电吸合，接触器KM3的常开触点KM3-2闭合自锁，接触器KM3的主触点KM3-1闭合，使水泵电动机M2开始运转，此时开始向搅拌机滚筒内部注水。

同时，当接触器KM3线圈得电吸合，常开触点KM3-3闭合时，时间继电器KT得电，开始对水泵电动机的运行时间进行计时，当时间到达后，其常闭触点KT-1断开，使接触器KM3线圈失电，KM3主触点KM3-1断开，停止水泵电动机的转动。

④ 搅拌机的停机过程 该水泥搅拌机的共有两个电动机，其采用两个停止按钮来分别实现对这两个电动机的停止过程。其中，若要求搅拌、上料电动机M1停止作业时，则需按下停止按钮SB1。此时，不论电动机处于正向运转状态还是反向运转状态，都可实现断开电路停机的作用。若需要强制停止对搅拌机内部注水时，可直接按下水泵电动机停止按钮SB4，当按下该按钮时，将停止对交流接触器KM3的供电，从而实现水泵电动机的停机控制。

⑤ 电路的过载、过流保护 电路中熔断器FU1、FU2为三相供电电路中的过流保护器件；FU3为控制电路部分的过流保护器件；热保护继电器FR作为电动机的过热保护器件。

6.4.2 混凝土搅拌机控制线路的PLC控制原理

混凝土搅拌机控制线路基本上采用了交流继电器、时间继电器、接触器的控制方式，该种控制方式由于电气部件的连接过多存在人为因素的影响，具有可靠性低、线路维护困难等缺点，将直接影响企业的生产效率。因此，很多生产型企业中采用PLC控制方式对其进行控制。

下面我们具体介绍用PLC对混凝土搅拌机的控制原理。



混凝土搅拌机的PLC连续控制电路见图6-20。

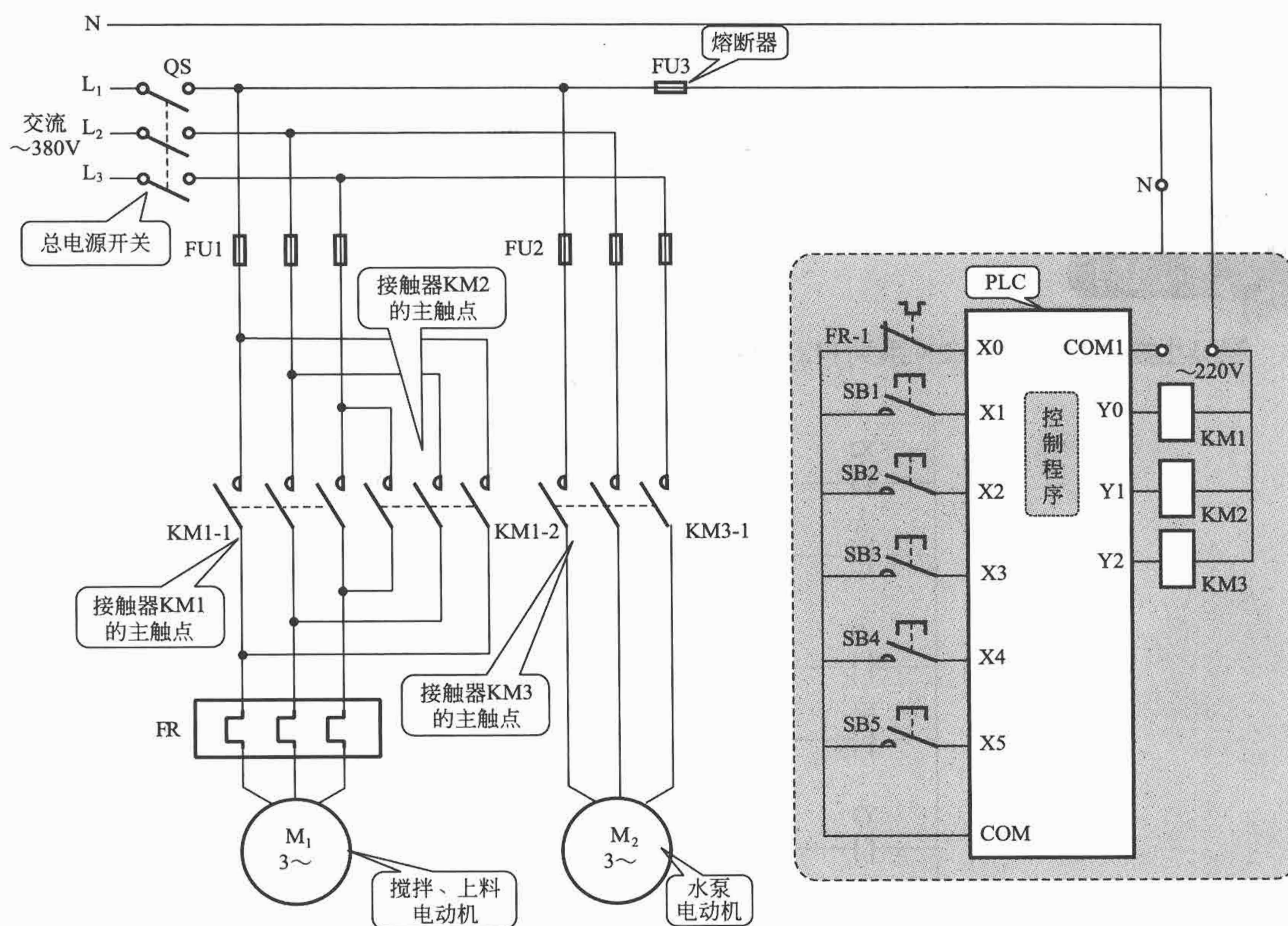
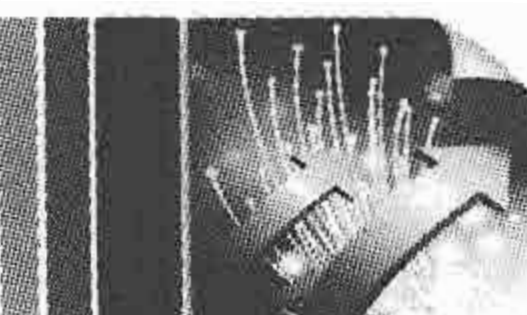


图 6-20 混凝土搅拌机的 PLC 连续控制电路

该控制电路采用三菱 FX2N 系列 PLC，电路中 PLC 控制 I/O 分配表见表 6-4。

表 6-4 混凝土搅拌机三菱 FX2N 系列 PLC 控制 I/O 分配表

输入信号及地址编号			输出信号及地址编号		
名称	代号	输入点地址编号	名称	代号	输出点地址编号
过热保护继电器	FR	X0	搅拌、上料电动机 M ₁ 正向转动接触器	KM1	Y0
搅拌、上料电动机 M ₁ 停止按钮	SB1	X1	搅拌、上料电动机 M ₁ 反向转动接触器	KM2	Y1
搅拌、上料电动机 M ₁ 正向启动按钮	SB2	X2	水泵电动机 M ₂ 接触器	KM3	Y2
搅拌、上料电动机 M ₁ 反向启动按钮	SB3	X3			
水泵电动机 M ₂ 停止按钮	SB4	X4			
水泵电动机 M ₂ 启动按钮	SB5	X5			



图6-20中,通过PLC的I/O接口与外部电器部件进行连接,提高了系统的可靠性,并能够有效地降低故障率,维护方便。当使用编程软件向PLC中写入控制程序,便可以实现外接电器部件及负载电动机等设备的自动控制了。想要改动控制方式时,只需要修改PLC中的控制程序即可,大大提高了调试和改装效率。



图解

混凝土搅拌机三菱FX2N系列PLC控制梯形图见图6-21。

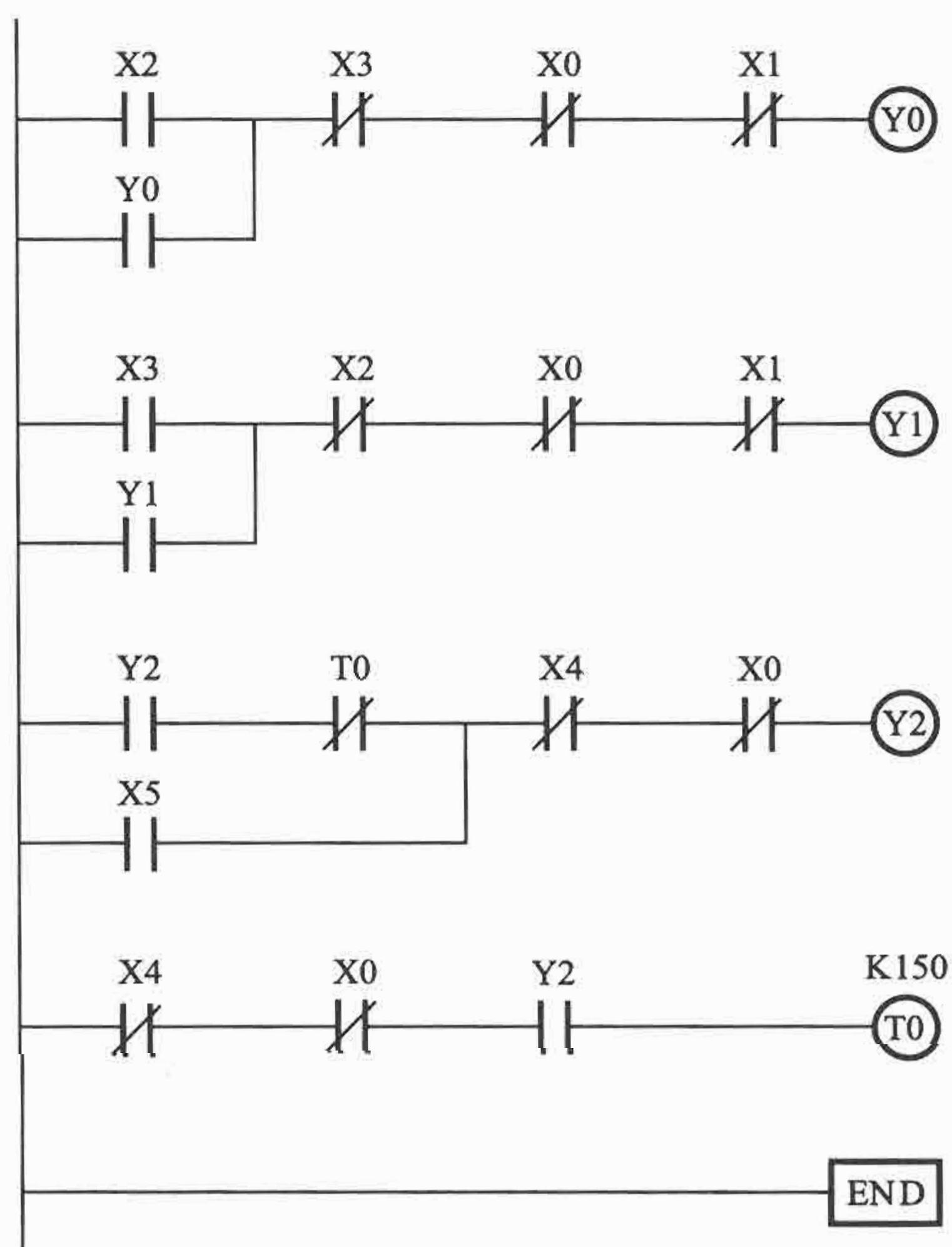


图6-21 混凝土搅拌机三菱FX2N系列PLC控制梯形图

根据梯形图识读该PLC的控制过程,首先可对照PLC控制电路和I/O分配表,在梯形图中进行适当文字注解,然后再根据操作动作具体分析启动和停止的控制原理。

(1) PLC控制下混凝土搅拌机的正向启动过程



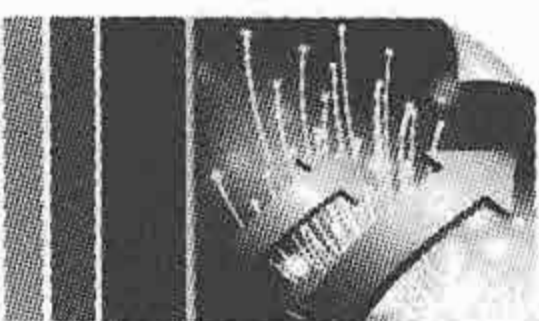
图解

混凝土搅拌机三菱FX2N系列PLC控制电路的正向启动过程见图6-22。

该控制线路中电动机M1的正向启动过程如下:

当按下正向启动按钮SB2时,其将PLC内的X2的常开触点置“1”,即该触点闭合,Y0得电,其常闭触点置“0”,使其断开,保证Y1不得电,即接触器KM2的线圈不得电。

Y0得电后,其自锁触点Y0闭合自锁,使在松开正向启动按钮SB2时,Y0仍得电;此时,



主电路中接触器的主触点KM1-1闭合,使电动机开始运转,此时电动机接通的相序为 L_1 、 L_2 、 L_3 ,电动机 M_1 正向运行。

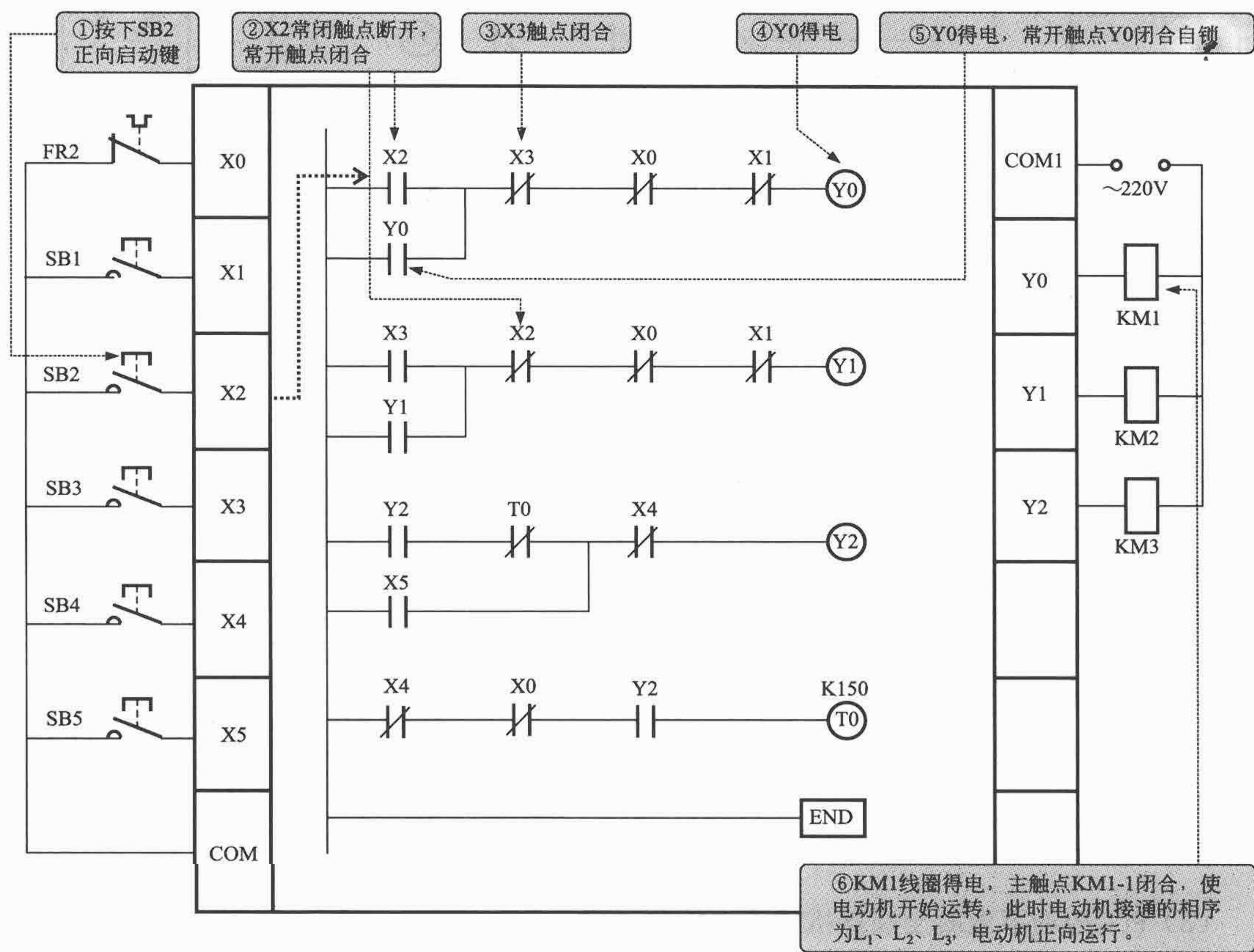


图6-22 PLC连续控制下混凝土搅拌机的正向启动过程

(2) PLC控制下混凝土搅拌机的反向启动过程



混凝土搅拌机三菱FX2N系列PLC控制电路的启反向动过程见图6-23。

该控制线路中电动机 M_1 的反向启动过程如下:

当按下反向启动按钮SB3时,其将PLC内的X3的常开触点置“1”,即触点闭合,Y1得电,常闭触点置“0”,即触点断开,Y0失电,即接触器KM1线圈失电,触点复位,断开正向电源,电动机 M_1 停止正向运转。

Y1得电后,其常开触点Y1闭合自锁,此时交流接触器KM2线圈得电,常开触点KM2-1闭合,此时电动机 M_1 接入三相电源的相序为 L_3 、 L_2 、 L_1 ,即实现反向运转。

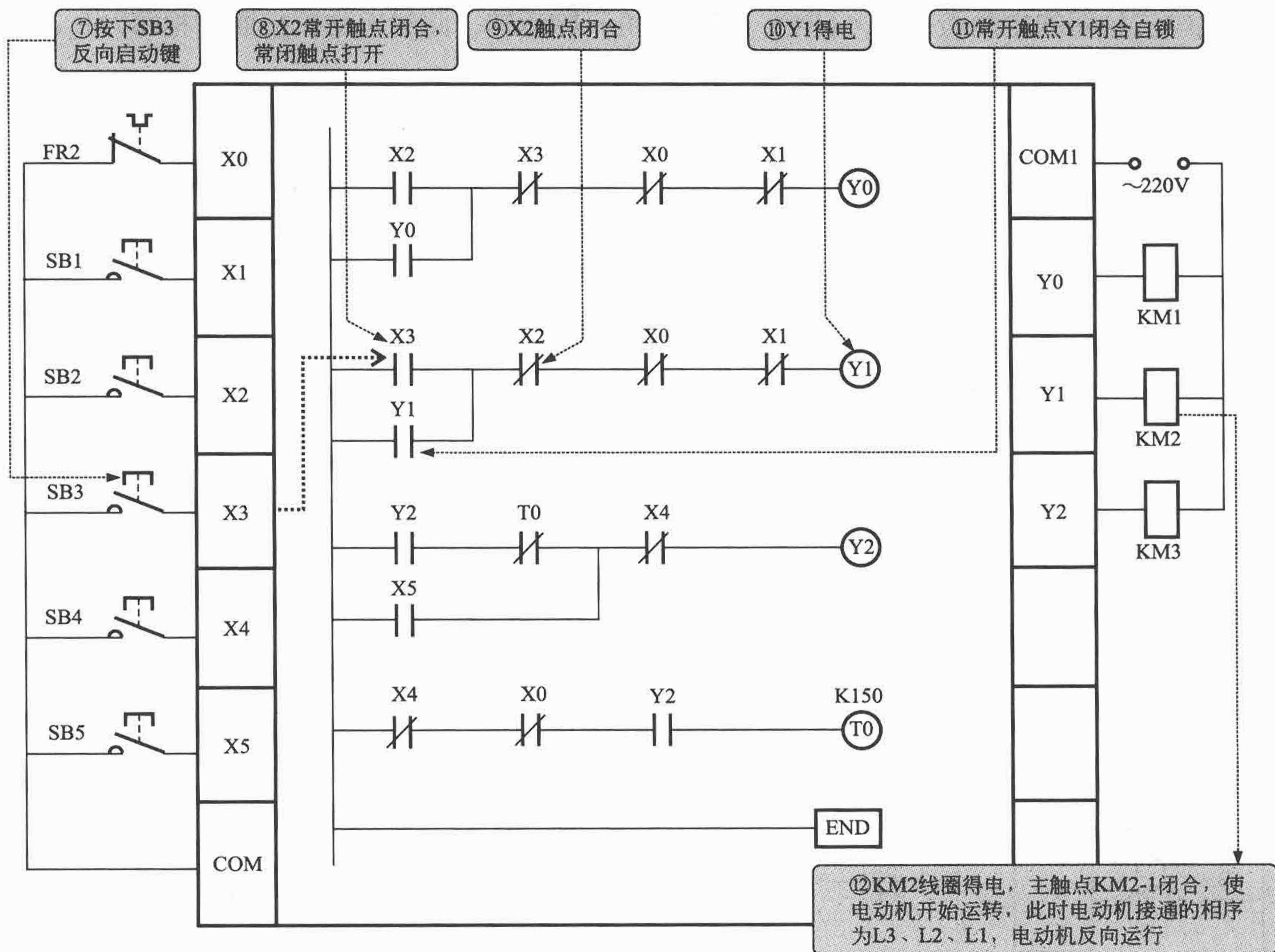


图6-23 PLC连续控制下混凝土搅拌机的反向启动过程

(3) PLC控制下混凝土搅拌机的注水控制过程



混凝土搅拌机三菱FX2N系列PLC控制电路的注水控制过程见图6-24。

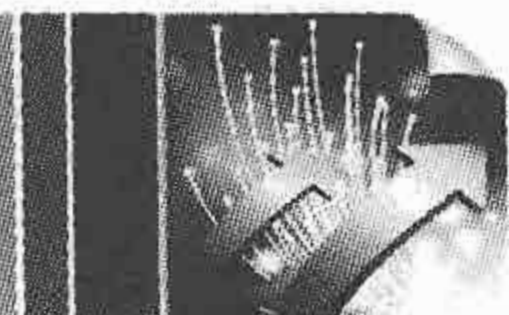
该控制线路中电动机M₂的启动过程如下：

当按下水泵电动机开始按钮SB5时，其将PLC内的X5的常开触点置“1”，即触点闭合，Y2得电，其常开触点Y2闭合自锁，此时交流接触器KM3线圈得电，主触点KM3-1闭合，电动机M2开始运转。

当Y2得电的同时，其常开触点Y2闭合，使定时器T0得电，开始对水泵电动机的转动时间进行计时。



根据梯形图的了解，其设定值为K150，属于100ms通用定时器（T0～T199）共200点，其中T192～T199为子程序和中断服务程序专用定时器。这类定时器是对100ms时钟累积计数，设定值为1～32767，所以其定时范围为0.1～3276.7s。



当定时器得电后，定时器T150从0开始对10ms时钟脉冲进行累积计数，当计数值与设定值K150相等时，定时器的常闭触点T0断开，经过的时间为 $150 \times 0.1s = 15s$ 。当常闭触点T0断开后，Y2失电，交流接触器KM3线圈失电，其常开触点KM3-1断开，水泵电动机停止转动。同时，常开触点Y2断开，定时器T0复位，计数值变为0，其常闭触点T0闭合。

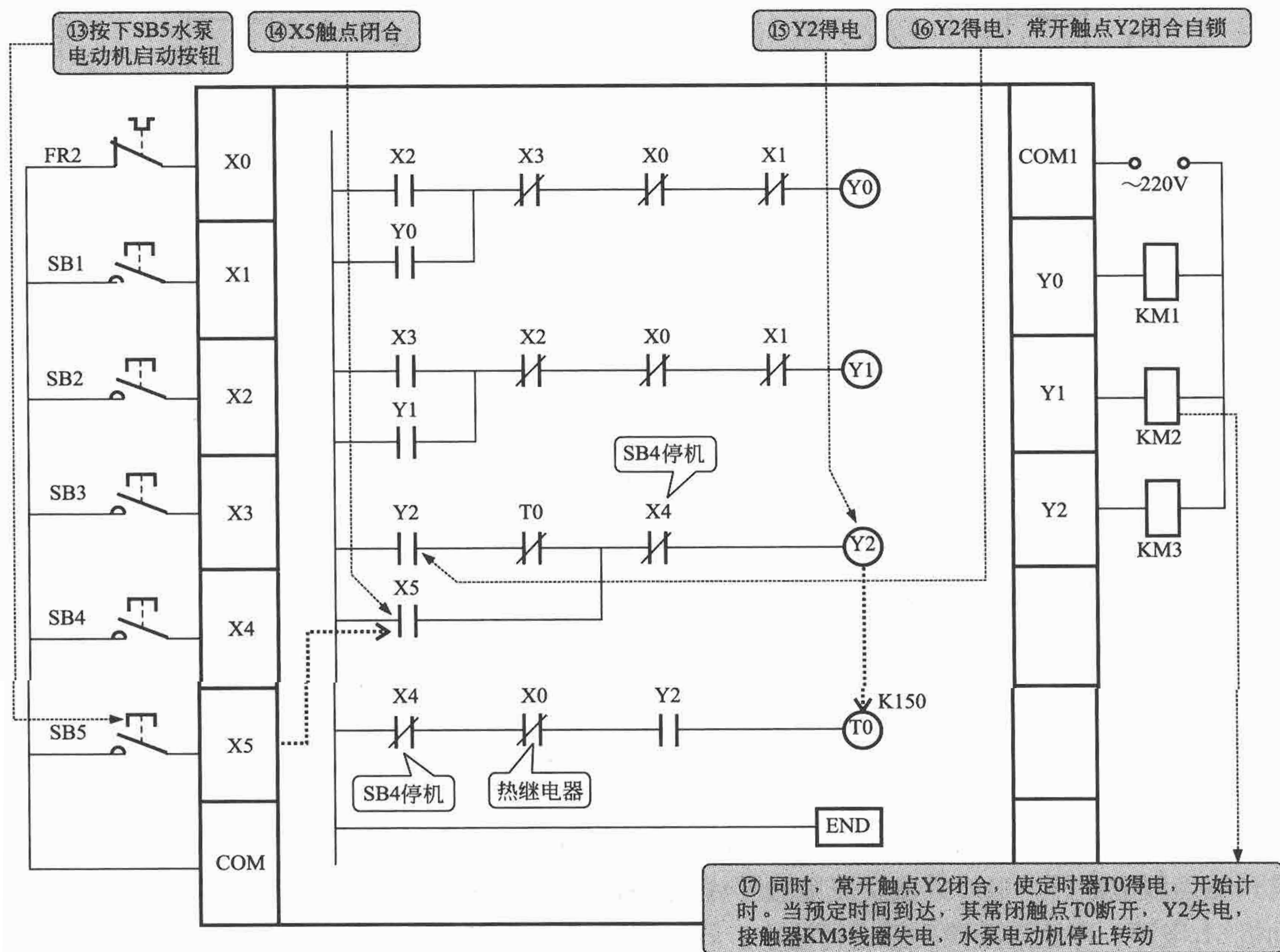


图6-24 PLC连续控制下混凝土搅拌机的注水控制过程

(4) PLC控制下混凝土搅拌机的停机过程



混凝土搅拌机三菱FX2N系列PLC控制电路的停机过程见图6-25。

具体控制过程为：

当按下搅拌、上料停机键SB1时，其将PLC内的X1置“0”，即该触点断开，Y0或Y1失电，同时常开触点复位断开，PLC外接交流接触器线圈KM1或KM2失电，主电路中的主触点复位断开，切断电动机M₁电源，电动机M₁停止正向或反向运转。

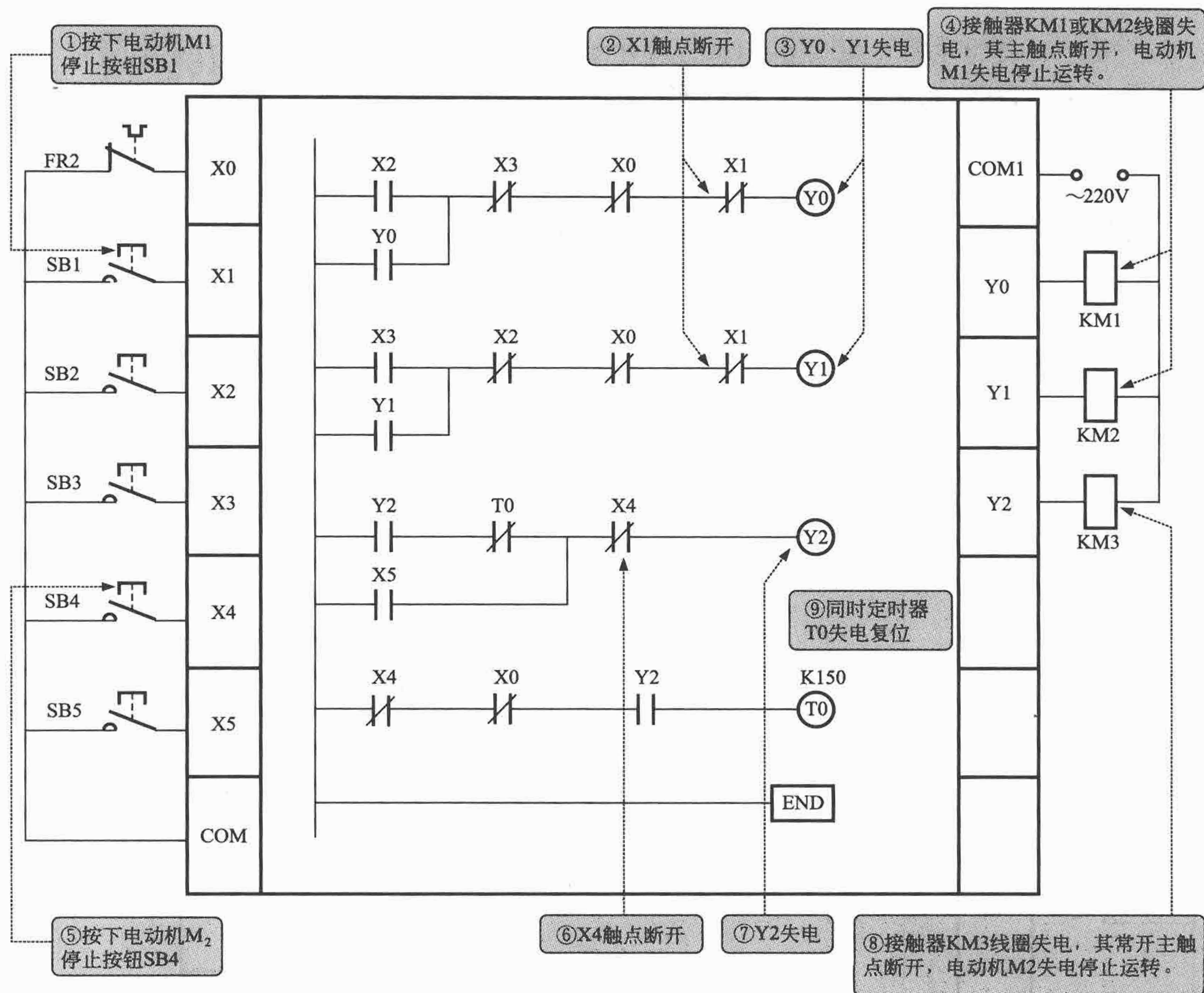
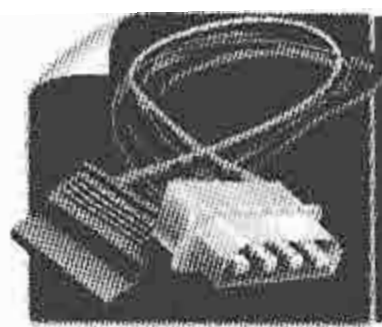


图6-25 PLC连续控制下混凝土搅拌机的停机过程

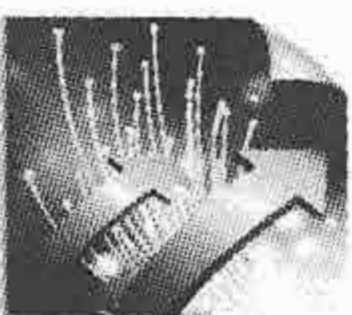
当按下水泵停止按钮SB4时，其将PLC内的X4置“0”，即该触点断开，Y2失电，同时其常开触点复位断开，PLC外接交流接触器线圈KM3失电，主电路中的主触点复位断开，切断电动机M₂电源，停止对滚筒内部进行注水。同时定时器T0失电复位。



6.5 蓄水池双向进排水控制线路的PLC控制

6.5.1 蓄水池双向进排水控制线路的功能结构

当前，有一蓄水池用于存储工厂日常的工业用水，为对蓄水池水量的多少进行控制调节，除为其设置了单向排水装置外，还在其附近建造了一个水塔，并通过进/出水管与蓄水池连接，来对蓄水池的水量进行有效的控制。



图解

蓄水池双向进排水控制线路的功能结构见图 6-26。

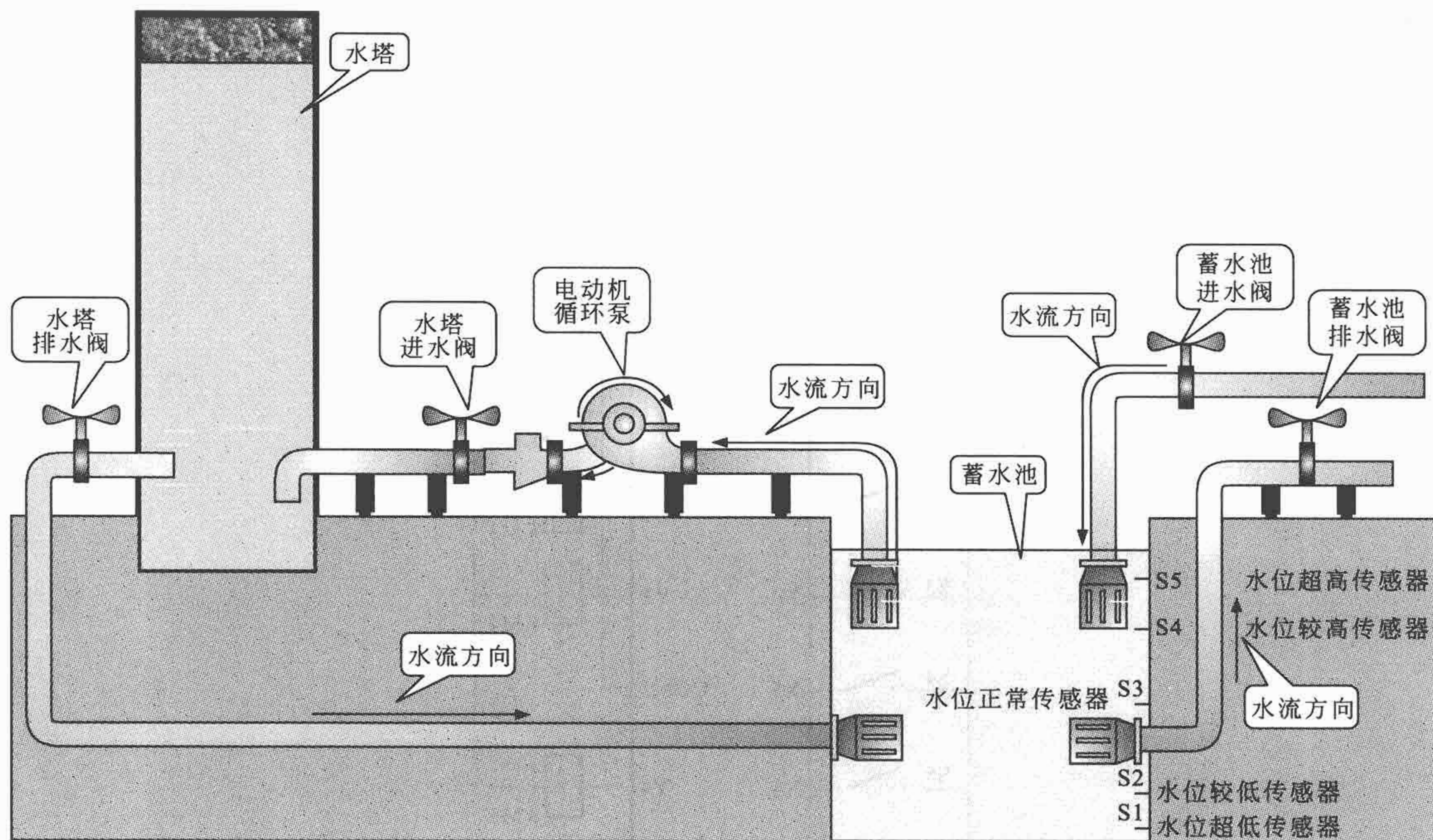


图 6-26 蓄水池双向进排水控制线路的功能结构图

从图中可以看出，在整个蓄水池双向进排水线路中主要是由蓄水池、水塔、水塔进/排水阀、电动机循环泵、蓄水池进/排水阀等部分构成的。

其蓄水池水量的控制功能如下。

- ① 当蓄水池水位超低时 (-50 mm 以下)，停止排水，开始双进水（蓄水池进水阀门打开，开始蓄水池进水，同时水塔开始向蓄水池排水）。
- ② 当蓄水池水位较低时 ($-40 \sim -20\text{ mm}$)，停止排水，开始单进水（水塔开始向蓄水池排水）。
- ③ 当蓄水池水位正常时 ($-10 \sim 10\text{ mm}$)，蓄水池不进水，不出水。
- ④ 当蓄水池水位较高时 ($40 \sim 20\text{ mm}$)，开始单进水（打开水塔进水阀，延迟 1 s 后再次打开电动机循环泵，开始向水塔进水）。
- ⑤ 当蓄水池水位超高时 (50 mm 以上)，开始双排水（蓄水池排水阀门打开，开始蓄水池排水，同时水塔开始进水）。

值得注意的是，在水塔准备进水操作时，应先打开进水阀，延迟 1 s 后再次打开电动机循环泵；停止水塔进水操作，则需要先停止电动机循环泵，延迟 1 s 后再关闭进水阀。



6.5.2 蓄水池双向进排水控制线路的PLC控制原理

下面我们具体介绍用PLC实现对蓄水池双向进排水的控制原理。



图解

蓄水池双向进排水的PLC控制I/O接线图见图6-27。

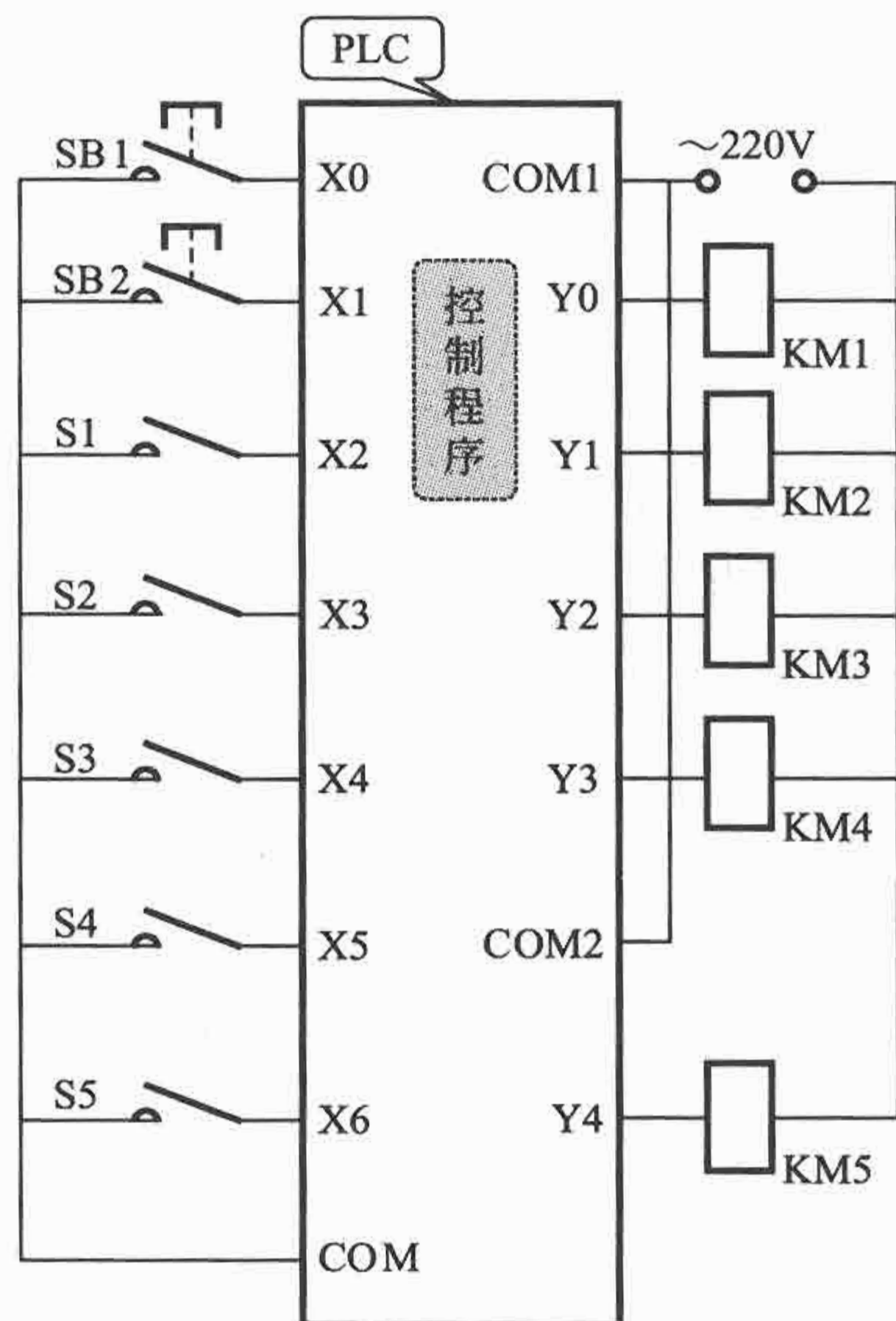


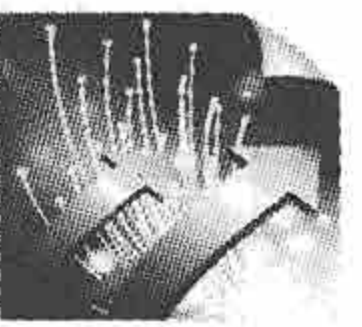
图6-27 蓄水池双向进排水的PLC控制I/O接线图

该控制电路采用三菱FX2N系列PLC，电路中PLC控制I/O分配表见表6-5。

表6-5 蓄水池双向进排水的三菱FX2N系列PLC控制I/O分配表

输入信号及地址编号			输出信号及地址编号		
名称	代号	输入点地址编号	名称	代号	输出点地址编号
系统启动按钮	SB1	X0	水塔排水阀接触器	KM1	Y0
系统停止按钮	SB2	X1	水塔进水阀接触器	KM2	Y1
蓄水池水位超低传感器	S1	X2	蓄水池进水阀接触器	KM3	Y2
蓄水池水位较低传感器	S2	X3	蓄水池排水阀接触器	KM4	Y3
蓄水池水位正常传感器	S3	X4	电动机循环泵接触器	KM5	Y4
蓄水池水位较高传感器	S4	X5			
蓄水池水位超高传感器	S5	X6			

图6-27中，通过PLC的I/O接口与外部电器部件进行连接，提高了系统的可靠性，并



能够有效地降低故障率，维护方便。当使用编程软件向PLC中写入控制程序时，便可以实现外接电器部件及负载电动机等设备的自动控制。想要改动控制方式时，只需要修改PLC中的控制程序即可，大大提高了调试和改装效率。



蓄水池双向进排水三菱FX2N系列PLC控制梯形图见图6-28。

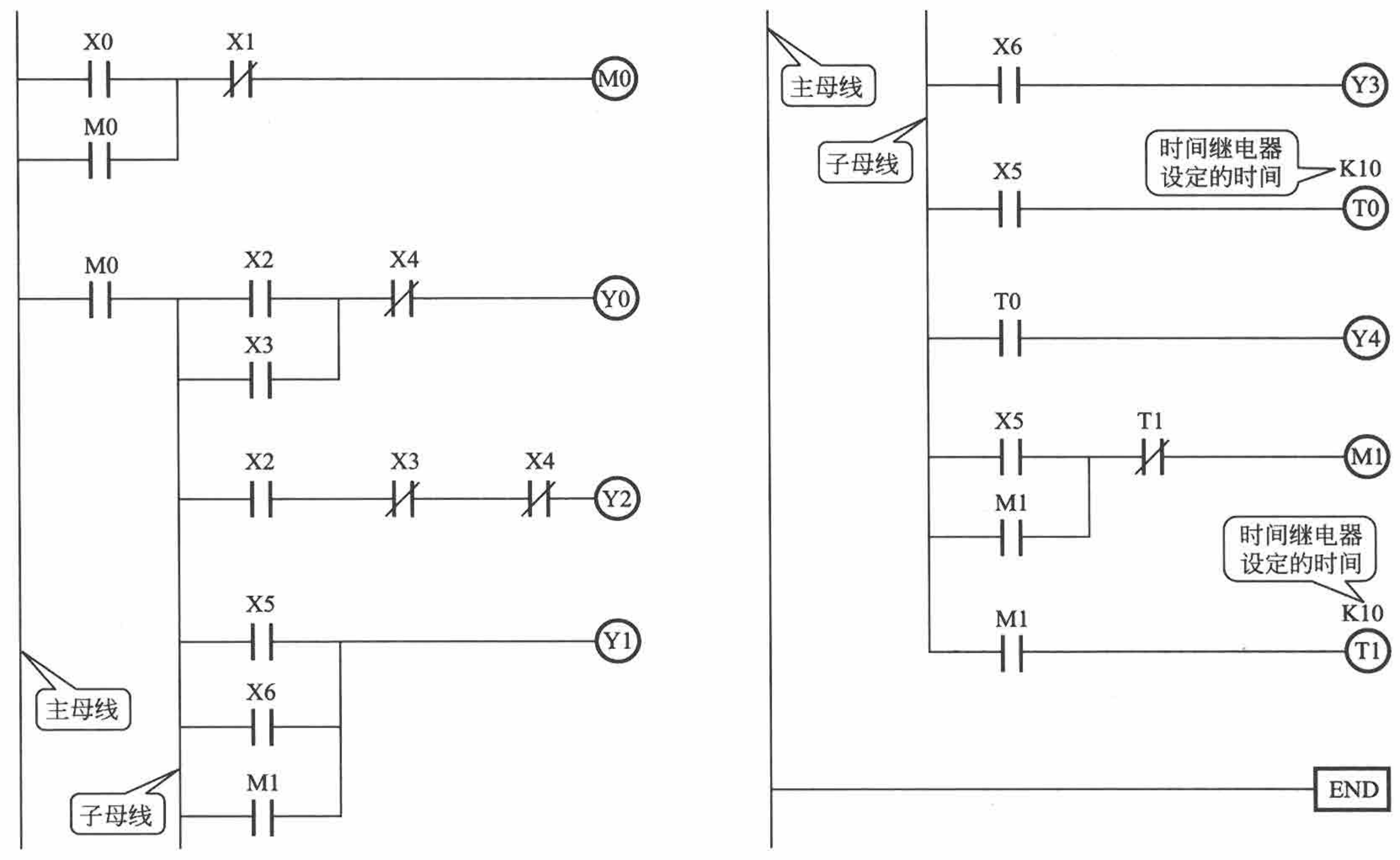


图6-28 蓄水池三菱FX2N系列PLC控制梯形图

根据该梯形图的结构可知，在梯形图中共有两条母线，其中，靠近最外侧的母线为主母线，其内部的一条线为子母线，只有当设置在主母线上的M0得电后，其子母线上的相关操作才可实现。

同时，根据蓄水池水塔进/排水控制线路的设计需求，需在电路中设计两个时间继电器，来对电动机循环泵与水塔进水阀先后控制的间隔时间进行设定，其间隔控制时间为1s。从该梯形图可看出，其时间继电器的设置时间为“K10”，即经过的时间为 $10 \times 0.1s = 1s$ 。

在识读该PLC的控制过程，首先可对照PLC控制电路和I/O分配表，在梯形图中进行适当文字注解，然后再根据操作动作具体分析整个蓄水池双向进/排水线路的控制原理。



蓄水池三菱FX2N系列PLC控制电路的双向进排水过程见图6-29。

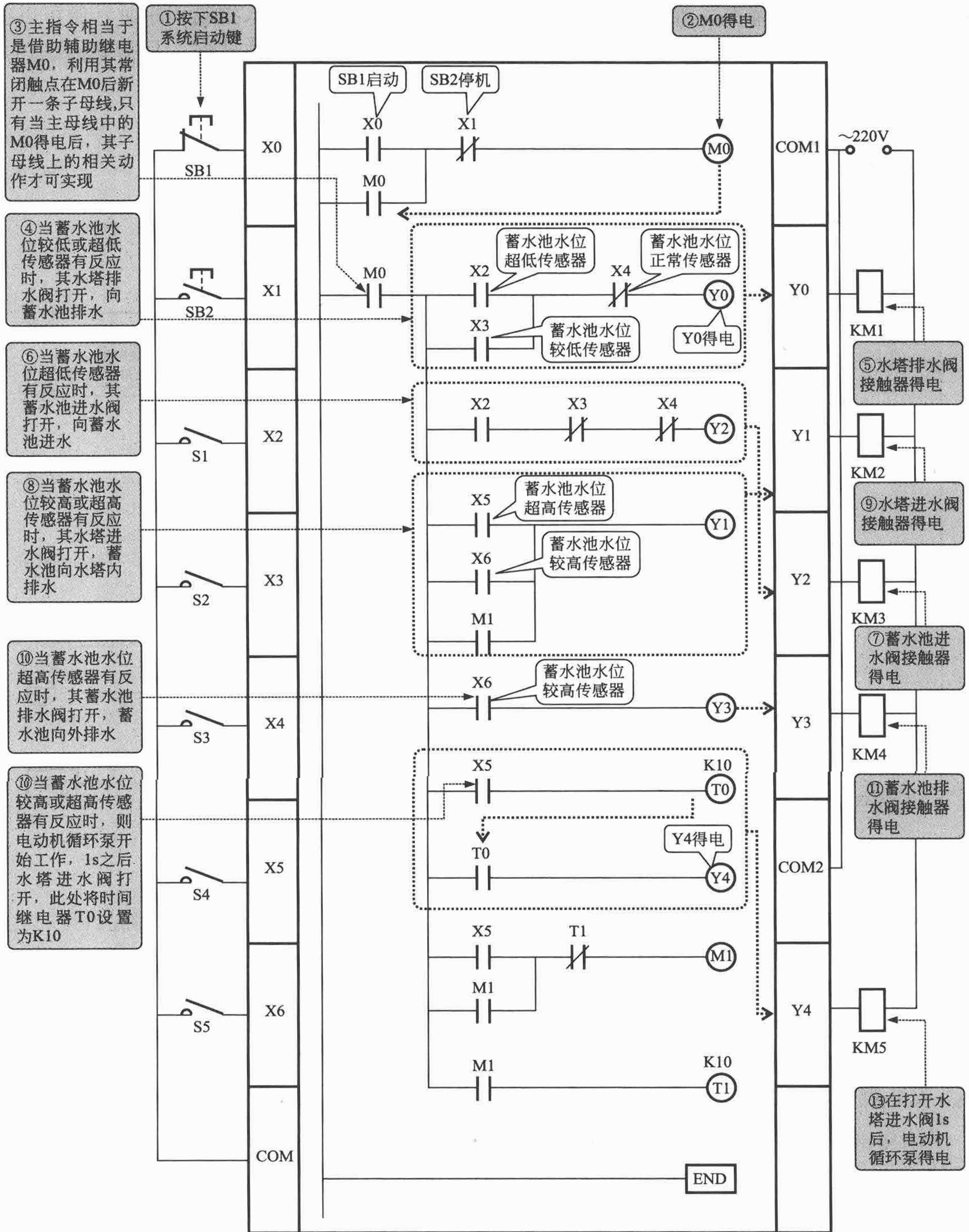


图 6-29 PLC 控制下蓄水池双向进排水过程

具体过程如下。

当按下系统启动按钮 SB1, 未按下系统停止按钮 SB2 时, 其将 PLC 内的 X0 置 “1”, 即该触



点接通,使得辅助继电器M0得电,其常开触点M0闭合自锁使其子母线上的所有设备均具备基本的工作条件。

同时,当松开系统启动按钮SB1,由于辅助继电器M0已闭合自锁,从而实现当松开启动按钮后,整个蓄水池进/排水系统仍继续工作。

当蓄水池水位超低或较低时,蓄水池水位传感器X2或X3得电接通,其水塔排水阀Y0得电,即交流接触器KM1得电开始向蓄水池排水。

当蓄水池水位超低时,蓄水池水位传感器X2得电接通,蓄水池进水阀Y2得电,即交流接触器KM3得电,由外部设备向进水阀送水。

当蓄水池水位超高或较高时,蓄水池水位传感器X6或X5得电接通,其水塔进水阀Y1得电,当Y1得电的同时,触发时间继电器T0开始得电,开始计时,其内部设定的时间为1s,当时间到达后,常开触点T0接通,使电动机循环泵Y4得电,即交流接触器KM5得电,从而实现由蓄水池向水塔的进水过程。

当蓄水池水位超高时,蓄水池水位传感器X6得电接通,蓄水池排水阀Y3得电,即交流接触器KM4得电,开始向外部排水。



6.6 雨水利用系统的PLC控制

6.6.1 雨水利用系统的PLC控制的基本结构

目前随着水资源的贫乏,雨水就显得比较珍贵,雨水利用技术也是目前新兴的技术之一,它可以有效地对雨水资源进行利用,从而节省了水资源,下面我们就分析一种利用PLC技术控制的雨水利用系统。



雨水利用系统PLC控制电路的典型应用见图6-30。

在水泵和进水阀接触器的控制下,实现雨水和清水的混合,合理地利用水资源。该电路的控制要求如下。

① 气压罐的压力值低于设定值时,且蓄水池的液面高于底部水位传感器SQ4时,气压罐传感器SQ1无动作,水泵接触器KM2得电,控制水泵工作。当气压罐的压力值高于设定值时,气压罐传感器动作,10s后水泵停止工作。

② 蓄水池的液面低于底部水位传感器SQ4时,水泵不工作。

③ 蓄水池的液面低于中部水位传感器SQ3时,进水阀接触器KM1开始工作,为蓄水池注入清水。

④ 蓄水池的液面高于上部水位传感器SQ2时,进水阀接触器KM1停止工作,停止注入清水。

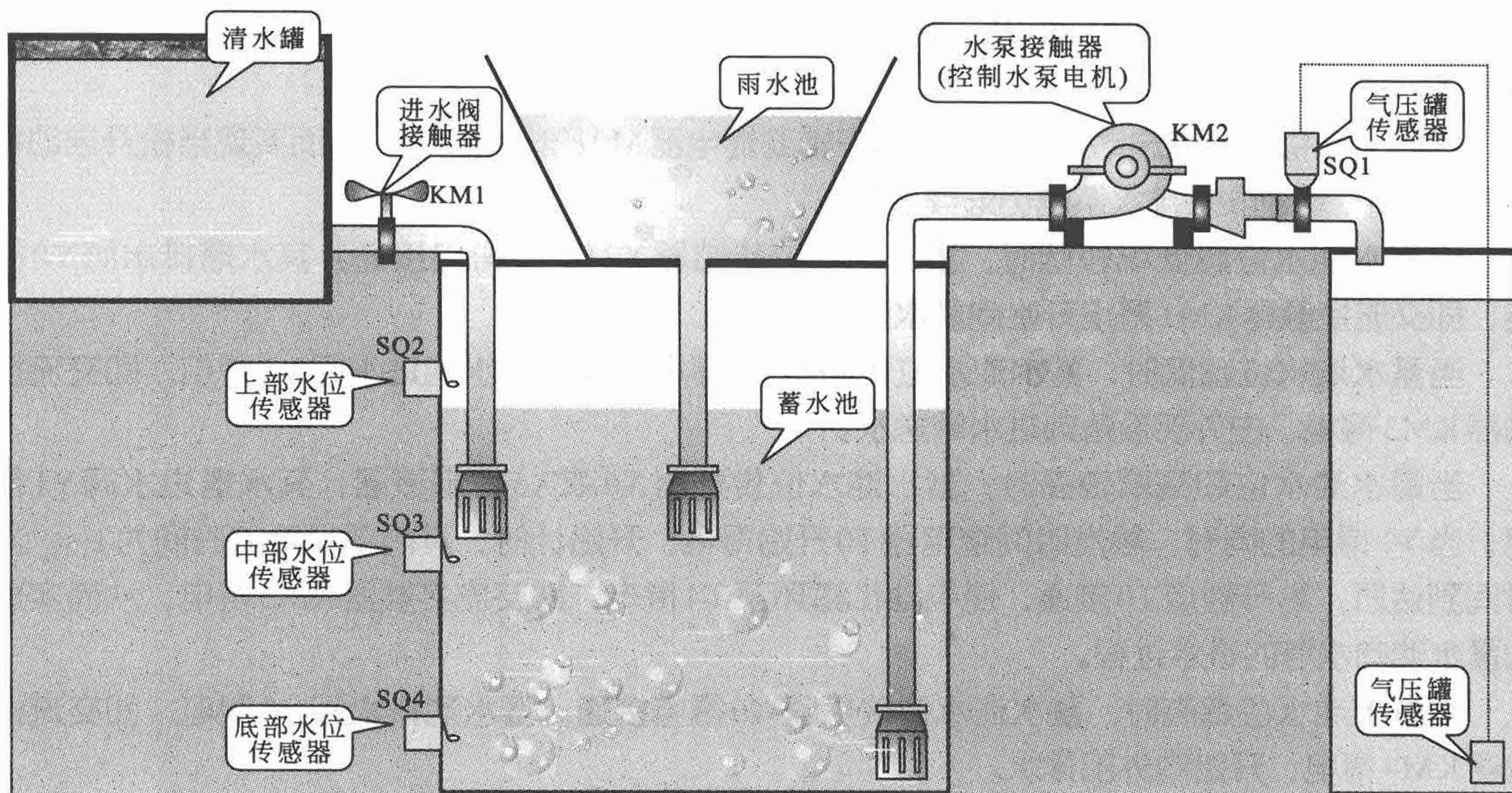
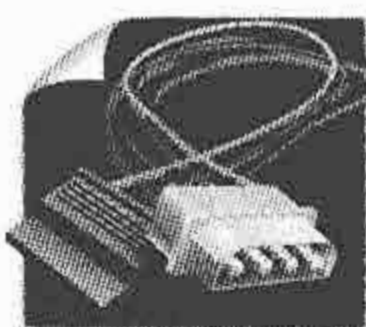


图6-30 雨水利用系统PLC控制电路的典型应用

6.6.2 雨水利用系统的PLC控制原理

在进行雨水利用的PLC控制梯形图的设计前，应首先了解其控制电路，并对输入和输出端接口进行分配。



图解

雨水利用的PLC控制电路见图6-31。

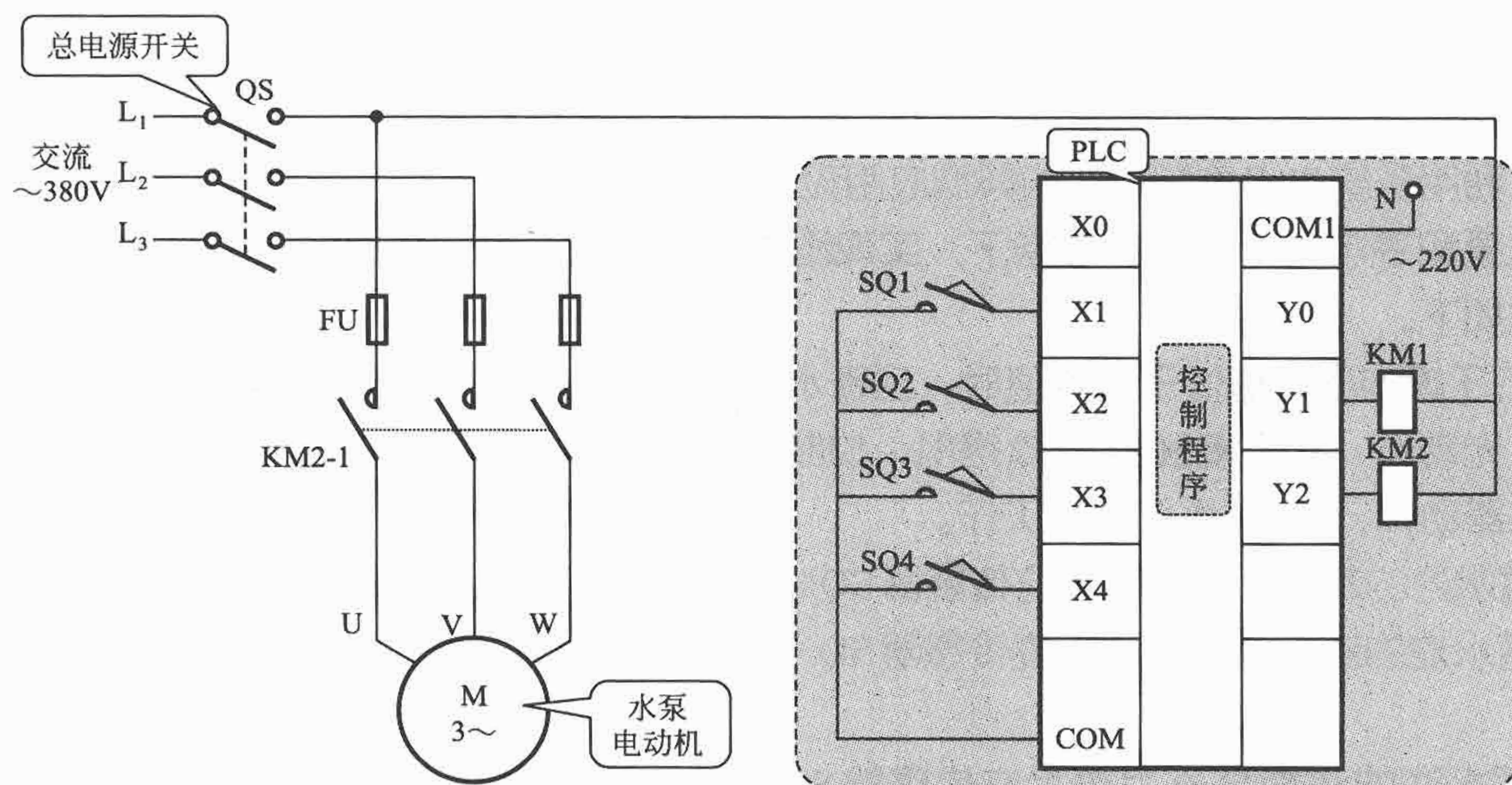
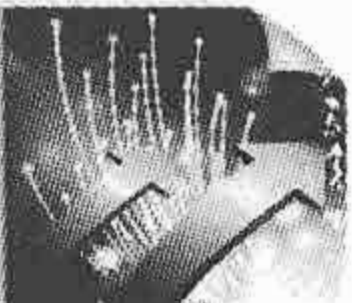


图6-31 雨水利用的PLC控制电路

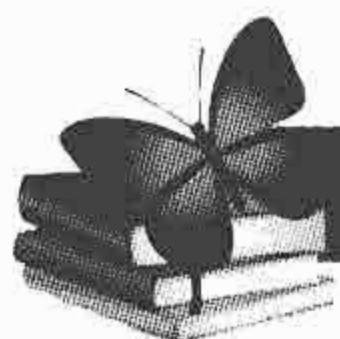


图中的SQ1为气压罐传感器，SQ2为上部水位传感器，SQ3为中部水位传感器，SQ4为底部水位传感器，进水阀的控制接触器为KM1，水泵的控制接触器为KM2。

该控制电路采用三菱FX2N系列PLC，电路中PLC控制I/O分配表见表6-6。

表6-6 雨水利用系统的PLC控制FX2N系列PLC控制I/O分配表

输入信号及地址编号			输出信号及地址编号		
名称	代号	输入点地址编号	名称	代号	输出点地址编号
气压罐传感器	SQ1	X1	进水阀接触器	KM1	Y1
上部水位传感器	SQ2	X2	水泵接触器	KM2	Y2
中部水位传感器	SQ3	X3			
底部水位传感器	SQ4	X4			



图解

采用三菱FX2N系列PLC雨水利用控制梯形图见图6-32。

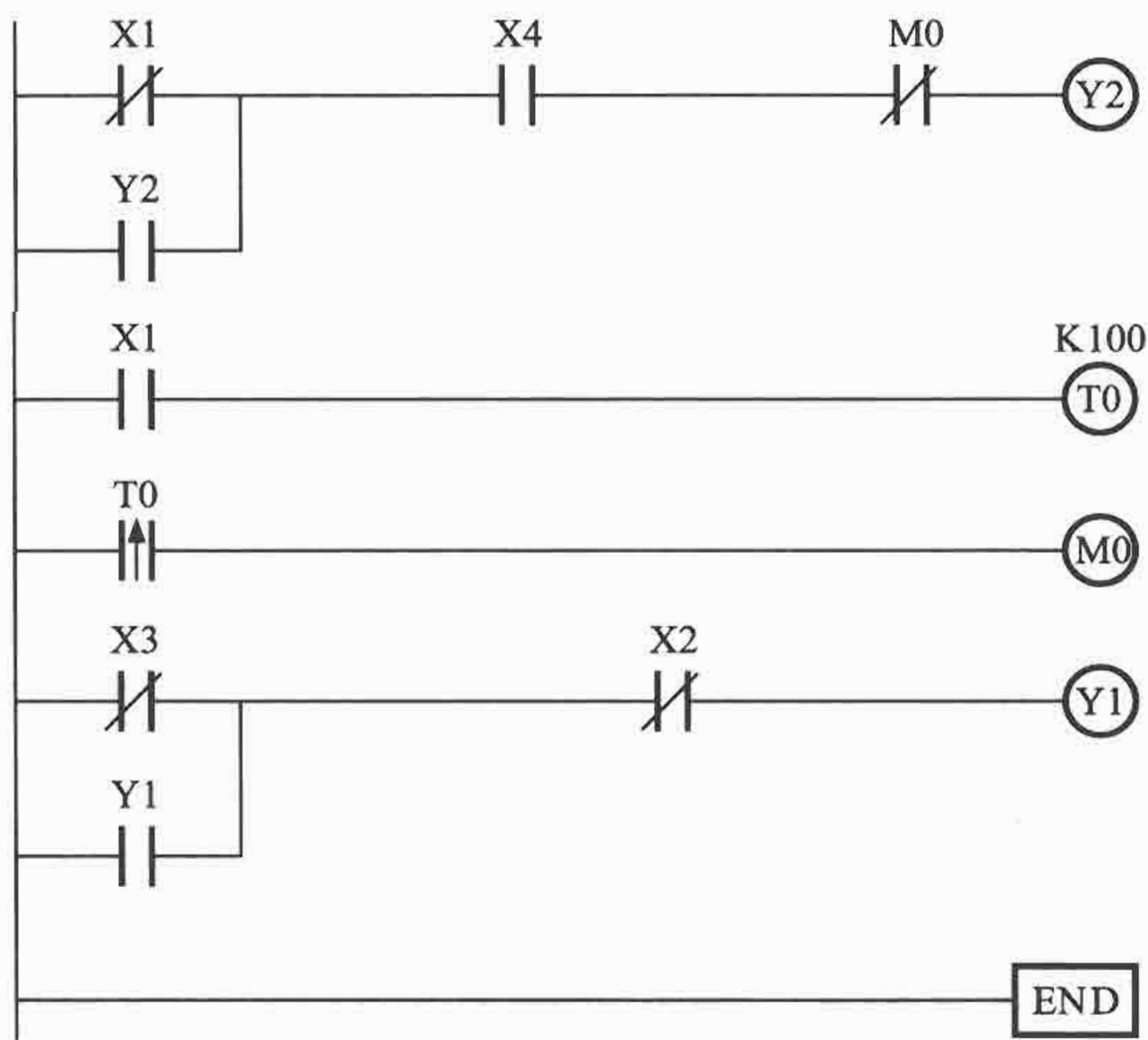
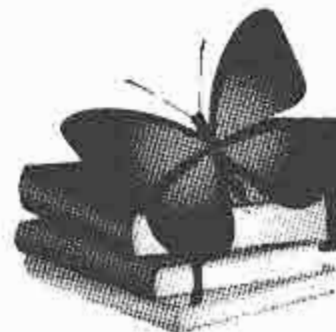


图6-32 采用三菱FX2N系列PLC雨水利用控制梯形

(1) 水泵的工作过程

水泵在水泵接触器的控制下，将蓄水池中的水灌入气压罐中，并在PLC的控制下，实现启动和停止的状态。



图解

水泵的工作过程见图6-33。

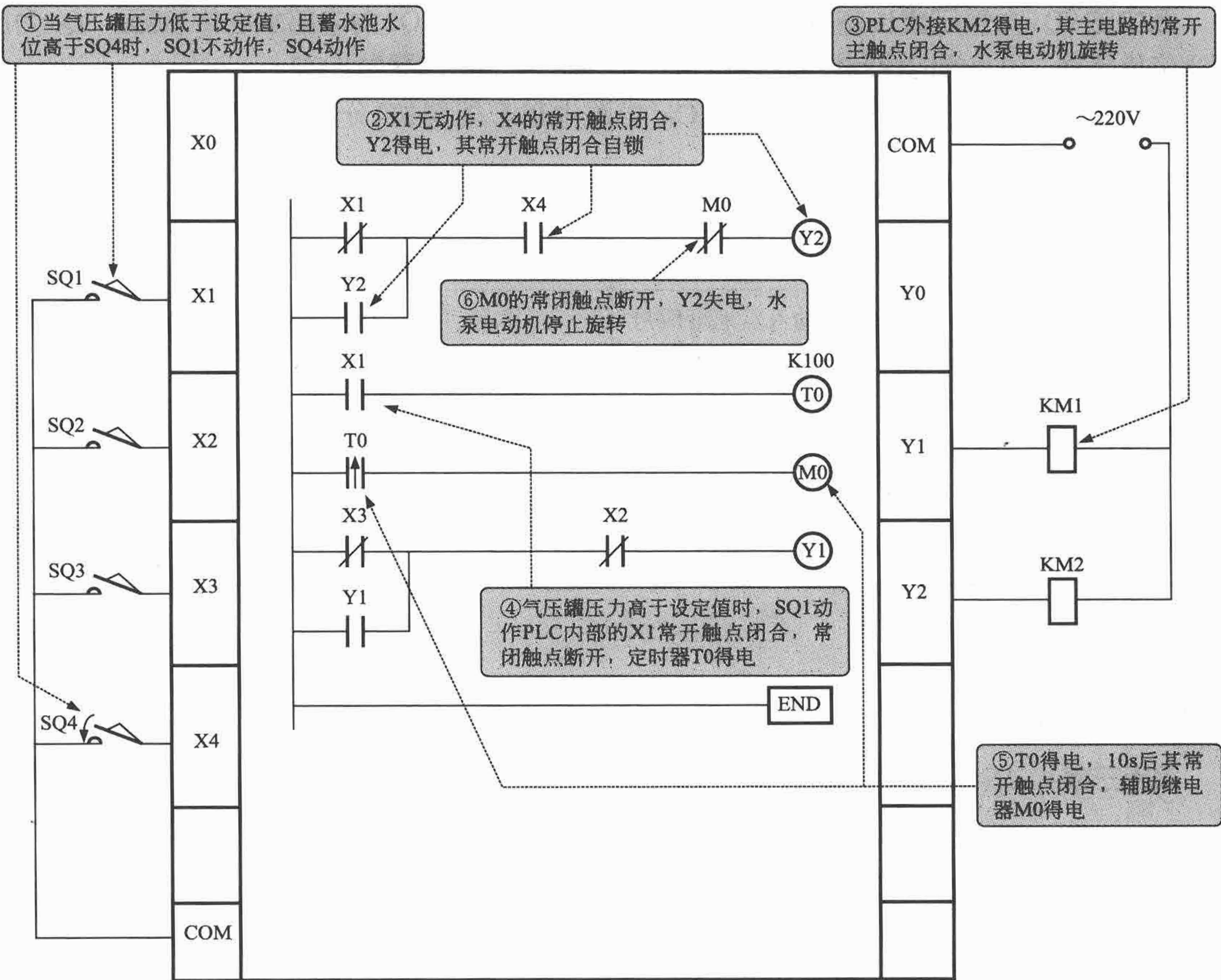


图 6-33 水泵的工作过程

当气压罐中的压力值低于设定值时，SQ1 不动作，此时若蓄水池中的水位高于 SQ4 时，SQ4 动作，PLC 内部的 X4 常开触点闭合，Y2 得电，其常开触点闭合自锁，PLC 外接的 KM2 线圈得电，其主电路的常开主触点闭合，水泵电动机得电，开始旋转。

若气压罐压力高于设定值时，SQ1 动作，PLC 内部的 X1 常闭触点断开，常开触点闭合，定时器 T0 得电，10 秒后其常开触点闭合，辅助继电器 M0 得电，其常闭触点断开，Y2 失电，即 KM2 失电，触点复位，水泵电动机停止旋转。

(2) 进水阀的工作过程

进水阀主要用来在雨水不足的情况下，控制清水池为蓄水池注入清水，保持水泵电动机的工作以及气压罐中的压力。



进水阀的工作过程见图 6-34。

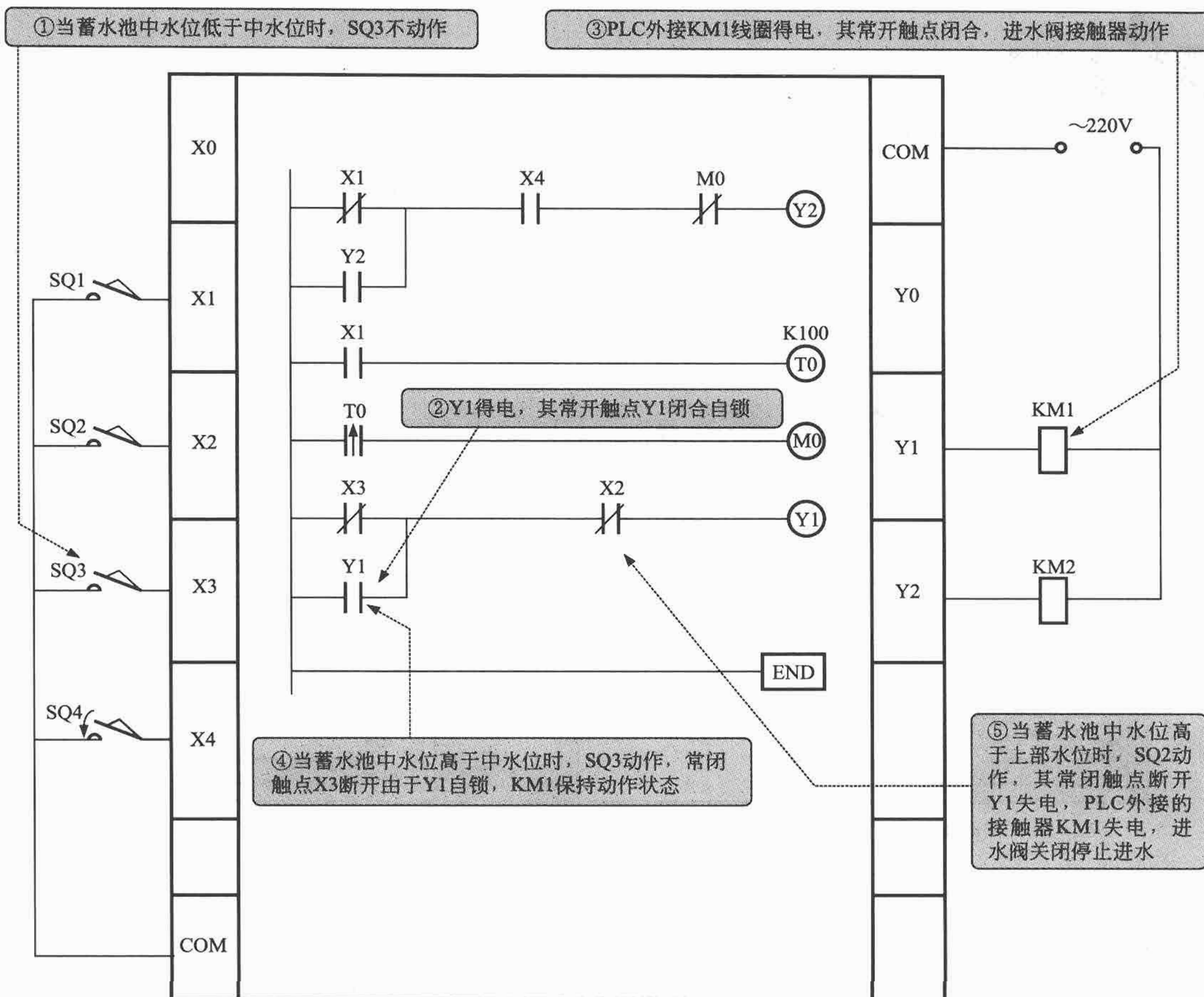


图 6-34 进水阀的工作过程

当蓄水池中的水低于中部水位时，SQ3不动作，PLC内部的X3和X2均处于闭合状态，Y1得电，常开触点Y1闭合自锁，PLC外接的接触器KM1动作，其常开触点闭合，进水阀打开，清水由清水池流入蓄水池中。

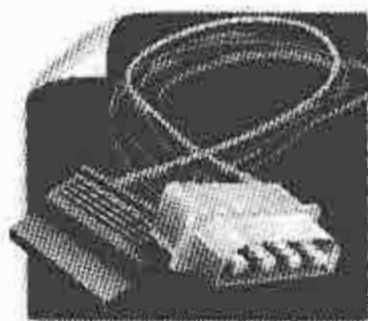
当蓄水池中的水位高于中部水位时，由于Y1的常开触点闭合自锁，X3虽然断开，Y1继续得电，KM1保持动作状态。当蓄水池中的水位高于上部水位时，SQ2动作，其常闭触点X2断开，Y1失电，KM1失电，进水阀关闭，停止进水。



6.7 流水线分拣系统的PLC控制原理

6.7.1 流水线分拣系统的基本结构

目前，很多生产型企业中都采用流水线作业，在一些特定场合，通常需要对流水线上产品进行自动分拣操作，下面我们以流水线分拣大小工件系统为例介绍其基本结构。



流水线分拣系统的基本结构见图6-35。

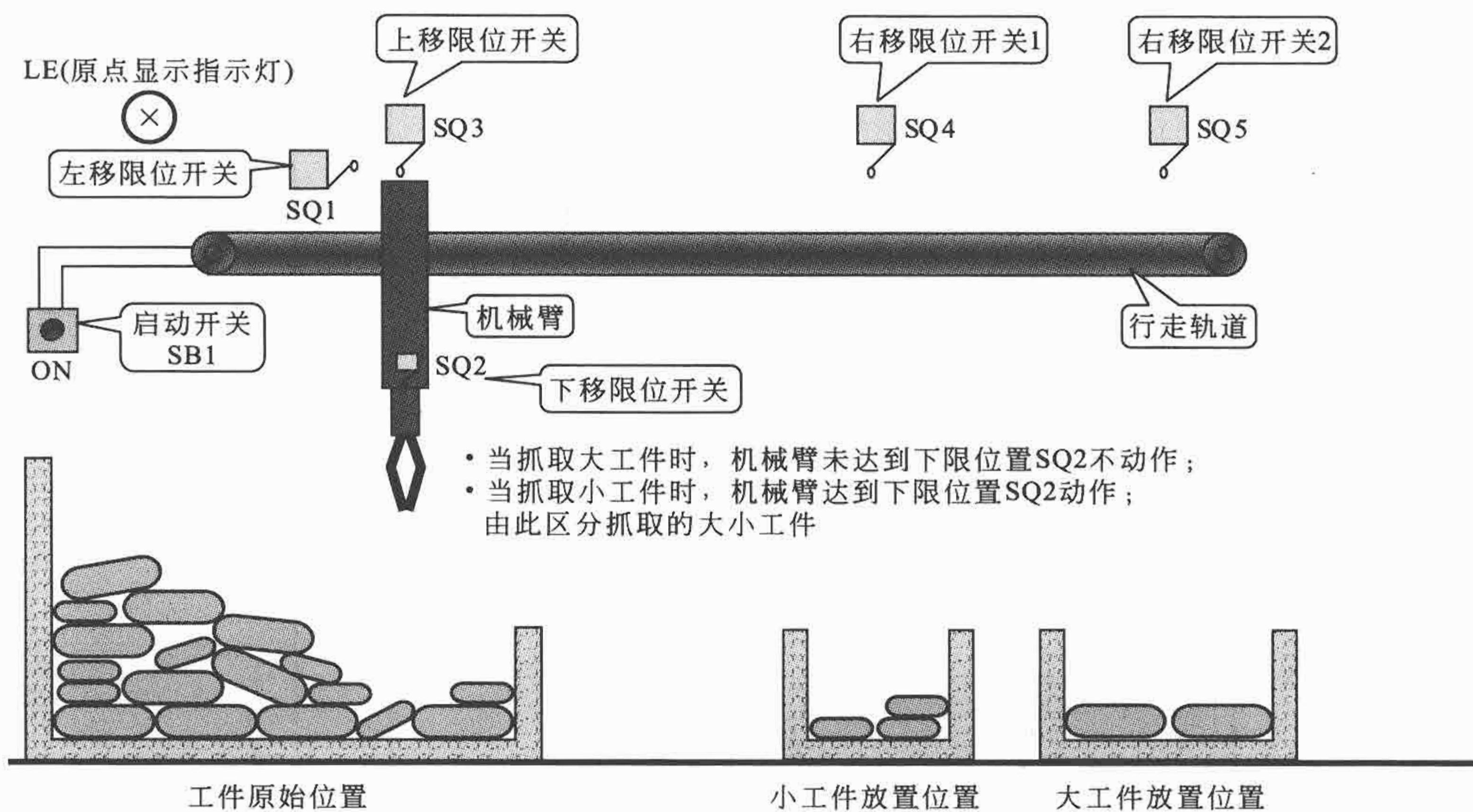


图6-35 流水线分拣系统的基本结构

该分拣系统的工作顺序为：分拣机械臂起始时处于原点，此时指示灯LE灯亮，按下启动运行开关后，机械臂向下抓取工件，若机械臂碰铁抓取的是大工件时，其机械臂未全部伸开，限位开关SQ2断开；然后向上，向右运行至限位开关SQ5处时，再向下释放工件，然后再向上，向左动作至原点；若机械臂碰铁抓取的是小工件时，其机械臂全部伸开，限位开关SQ2闭合；然后向上，向右运行至限位开关SQ4处时，再向下释放工件，然后再向上，向左动作至原点；具体操作顺序见图6-36。其中抓取和释放工件的时间均为1s。

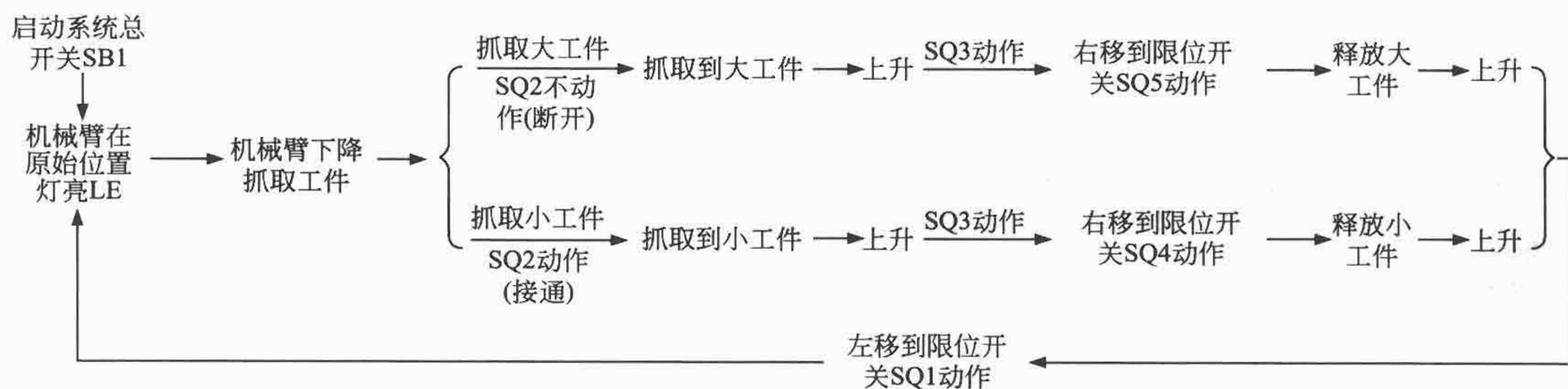


图6-36 分拣系统的具体工作顺序



6.7.2 流水线分拣系统的PLC控制原理

下面我们具体介绍用PLC实现对流水线分拣系统的控制原理。



流水线分拣系统的PLC控制I/O接线图见图6-37。

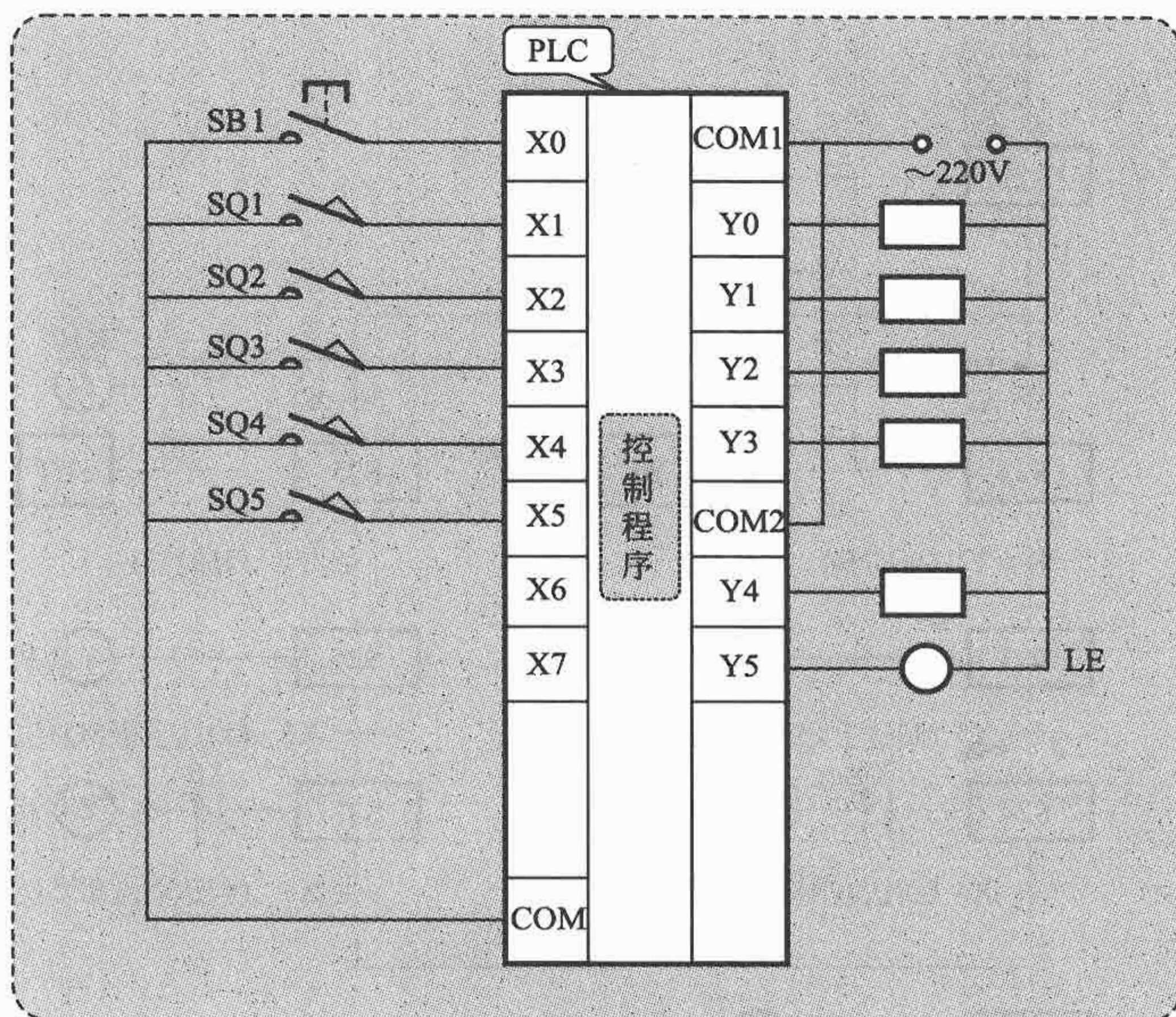


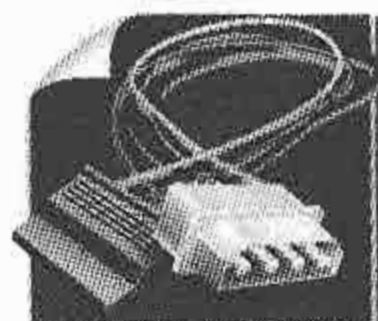
图6-37 流水线分拣系统的PLC控制I/O接线图

该控制电路采用三菱FX2N系列PLC，电路中PLC控制I/O分配表见表6-7。

表6-7 流水线分拣系统的三菱FX2N系列PLC控制I/O分配表

输入信号及地址编号			输出信号及地址编号		
名称	代号	输入点地址编号	名称	代号	输出点地址编号
系统启动开关	SB1	X0	机械臂下移	—	Y0
左移限位开关	SQ1	X1	机械臂抓取工件	—	Y1
下移限位开关	SQ2	X2	机械臂上移	—	Y2
上移限位开关	SQ3	X3	机械臂右移	—	Y3
右移限位开关1 (释放小工件)	SQ4	X4	机械臂左移	—	Y4
右移限位开关2 (释放大工件)	SQ5	X5	原点指示灯	LE	Y5

图6-X3中，通过PLC的I/O接口与外部电器部件进行连接，提高了系统的可靠性，并能够有效地降低故障率，维护方便。当使用编程软件向PLC中写入控制程序时，便可以实现外接电器部件及负载等设备的自动控制。想要改动控制方式时，只需要修改PLC中的控



制程序即可，大大提高了调试和改装效率。



根据前述该控制系统的工艺要求，流水线分拣系统三菱FX2N系列PLC控制流程见图6-38。

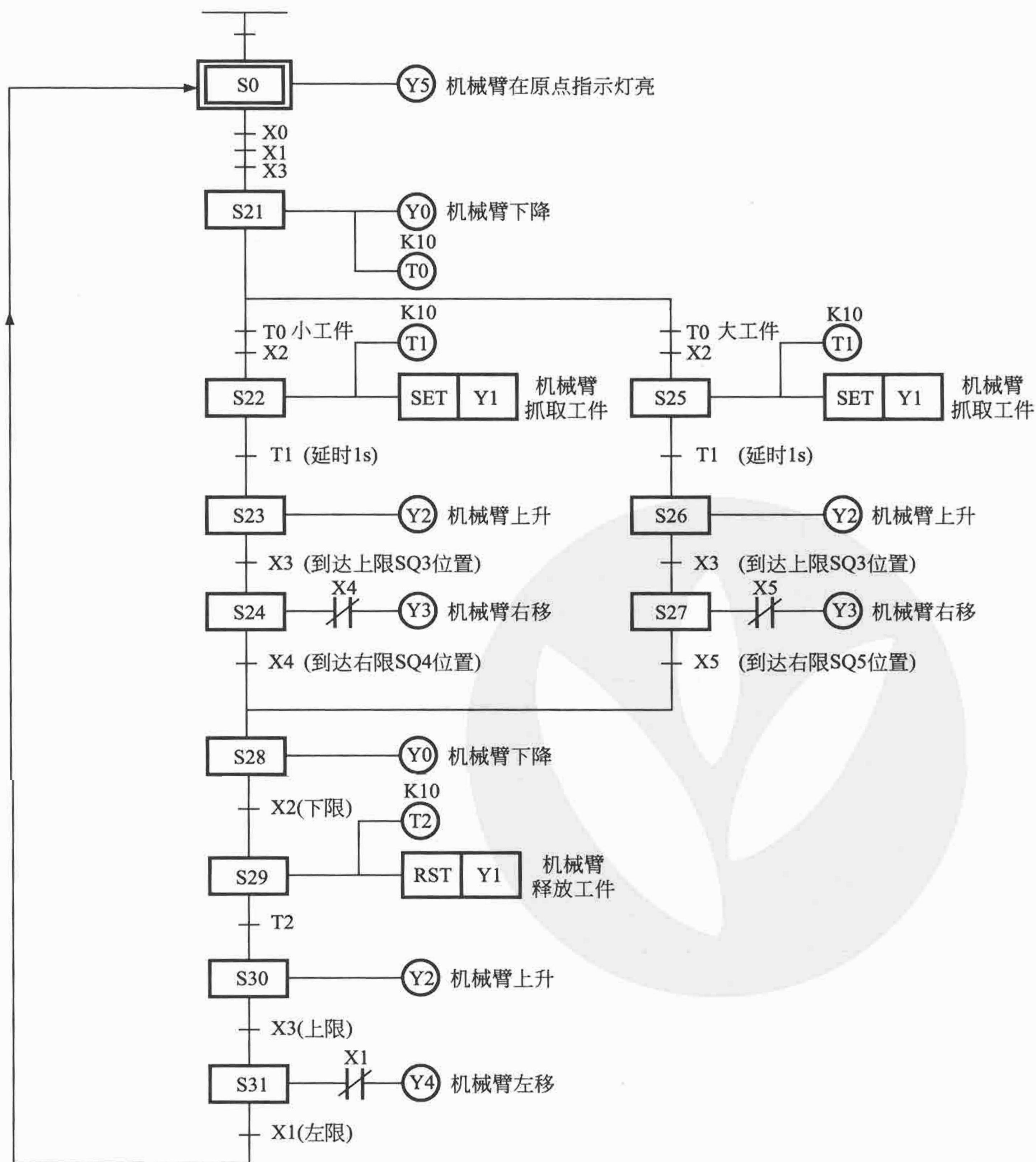
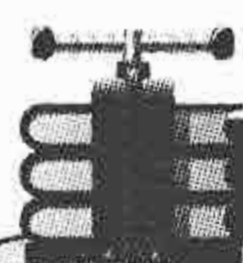


图6-38 流水线分拣系统三菱FX2N系列PLC控制流程（顺序功能图）

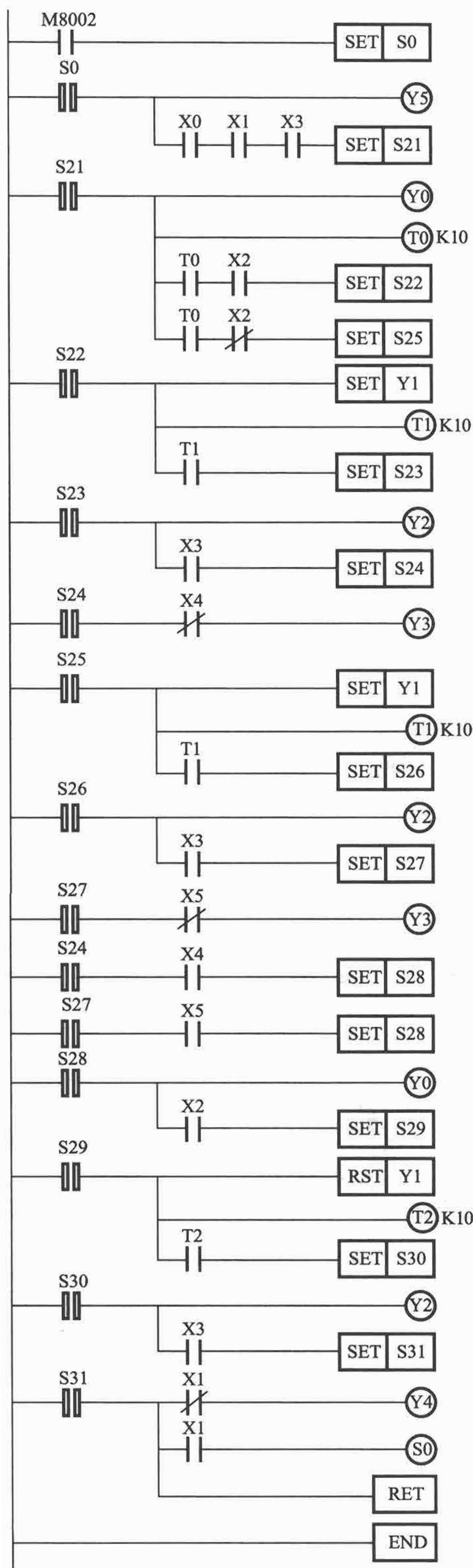
该控制流程对应的梯形图和指令语句表见图6-39。

结合顺序功能图与梯形图、指令语句表再去了解其具体控制过程就容易多了。



提示

图6-38为选择序列的顺序功能图，图6-39为步进梯形指令进行编写的梯形图，对于该类梯形图的具体识读方法和过程可参照第3章中的具体过程，这里不再重复。



```

0  LD  M8002
1  SET  S0
2  STL  S0
3  OUT  Y5
4  LD  X0
5  AND  X1
6  AND  X3
7  SET  S21
8  STL  S21
9  OUT  Y0
10 OUT  T0
11 LD  T0
12 AND  X2
13 SET  S22
14 LD  T0
15 ANI  X2
16 SET  S25
17 STL  S22
18 SET  Y1
19 OUT  T1
20 LD  T1
21 SET  S23
22 STL  S23
23 OUT  Y2
24 LD  X3
25 SET  S24
26 STL  S24
27 LDI  X4
28 OUT  Y3

29 STL  S25
30 SET  Y1
31 OUT  T1
32 LD  T1
33 SET  S26
34 STL  S26
35 OUT  Y2
36 LD  X3
37 SET  S27
38 STL  S27
39 LDI  X5
40 OUT  Y3
41 STL  S24
42 LD  X4
43 SET  S28
44 STL  S27
45 LD  X5
46 SET  S28
47 STL  S28
48 OUT  Y0
49 LD  X2
50 SET  S29
51 STL  S29
52 RST  Y1
53 OUT  T2
54 LD  T2
55 SET  S30
56 STL  S30
57 OUT  Y2
58 LD  X3
59 SET  S31
60 STL  S31
61 LDI  X1
62 OUT  Y4
63 LD  X1
64 OUT  S0
65 RET
66 END
    
```

图 6-39 流水线分拣系统三菱 FX2N 系列 PLC 控制梯形图和指令语句表