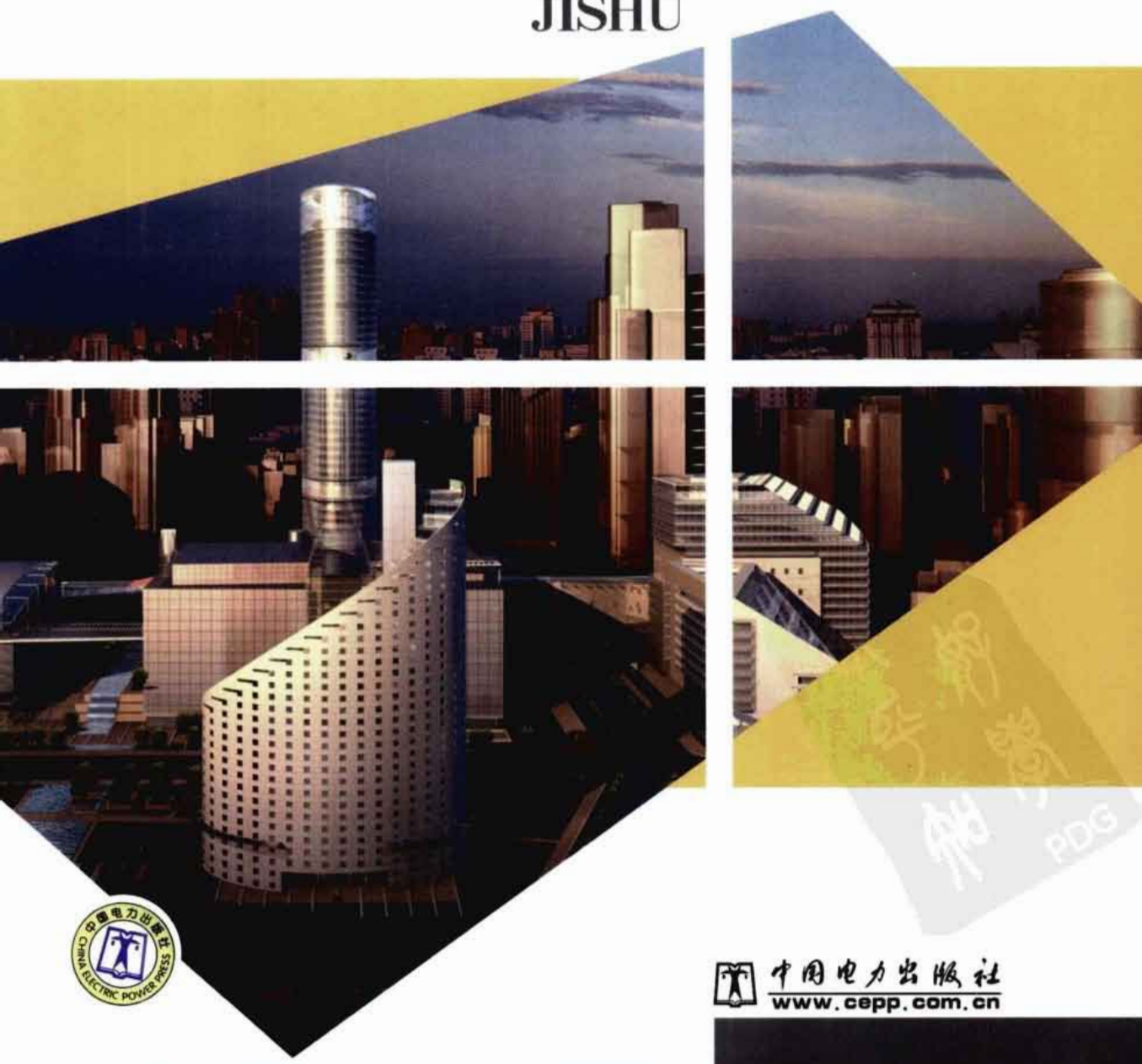


楼宇自动化技术

LOUYU
ZIDONGHUA
JISHU

陈志新 张少军 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

PDF

楼宇自动化技术

LOUYU
ZIDONGHUA
JISHU

ISBN 978-7-5083-8053-7



9 787508 380537 >

定价：23.00 元

销售分类建议：自动化技术

楼宇自动化技术

LOUYU
ZIDONGHUA
JISHU

陈志新 张少军 主编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内容提要



本书主要讲述楼宇自动化技术,全书共分十章,分别讲述了楼宇自动控制系统的组成、给排水自动控制系统、BAS中空调系统的自动化控制、智能建筑中的安防系统和消防自动化系统、电梯控制系统、供配电及照明系统监控、楼宇自动控制系统中的 Lon-Works 技术及工程应用、基于 BACnet 协议的楼宇自动控制系统、楼宇自动化系统中的系统集成、基于 TCP/IP 协议的楼宇自动控制系统。

本书取材新颖、前沿,贴近工程实际,并有一定的理论深度。

本书可作为建筑类高等院校电气工程及其自动化、电气工程、机械电子工程、建筑电气与智能化专业的教材,也可供建筑行业的相关专业和涉及建筑智能化技术相关专业的工程技术人员、管理人员参考。该书还可以作为相关行业及领域的培训教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

楼宇自动化技术/陈志新,张少军主编. —北京:中国电力出版社,2009

ISBN 978-7-5083-8053-7

I. 楼… II. ①陈…②张… III. 智能建筑—房屋建筑设备—自动化系统 IV. TU855

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 168574 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

2009 年 3 月第一版 2009 年 3 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 12 印张 287 千字

印数 0001—3000 册 定价 23.00 元

敬告读者

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

版权专有 翻印必究





前 言

楼宇自动化技术是一门发展十分迅速的综合性技术，它以建筑为平台，综合应用计算机控制技术、自动控制理论、现代通信技术和智能控制技术，对建筑机电设备进行控制和管理，使其达到高效、安全和节能运行。随着相关技术日新月异地发展，楼宇自动化技术也在迅速地发展并不断地增添新内容。

本书取材较新颖，实用性较强，较紧密地结合工程实际应用。该书可作为建筑类高校的电气类或自动化、电气工程、机械电子工程、建筑电气与智能化本科的“楼宇自动化技术”的教材，还可以作为涉及建筑行业的相关专业的技术人员、管理人员学习“楼宇自动化技术”的参考书。

本书由陈志新教授、张少军教授主编，参加编写的有王佳副教授、叶安丽教授、李英姿教授和魏东博士。

由于水平所限，加之时间仓促，疏漏之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

2009年1月



目 录

前 言

第 1 章	楼宇自动控制系统的组成	1
1.1	楼宇自动控制系统概述	1
1.2	楼宇自动控制系统的对象环境	3
1.3	楼宇自动控制系统中的传感器和执行机构	4
1.4	直接数字控制器 DDC	8
1.5	DDC 和 PLC	12
1.6	楼宇自动控制系统的一些主要功能	12
1.7	监控中心	16
第 2 章	给排水自动控制系统	17
2.1	建筑给排水系统简介	17
2.2	给排水系统自动监控原理	20
2.3	高位水箱供水系统及其监控	22
2.4	水泵直接给水系统及其监控	23
2.5	变频调速恒压供水系统及其监控	24
2.6	排水系统的自动控制	28
第 3 章	BAS 中空调系统的自动化控制	31
3.1	中央空调冷/热源系统	31
3.2	热源系统及控制	41
3.3	新风机组与空调系统的自动控制	42
3.4	变风量空调系统	47
3.5	风机盘管控制	59
3.6	通风系统自动控制	60
第 4 章	智能建筑中的安防系统和消防自动化系统	61
4.1	安防系统	61
4.2	消防自动化系统 (FAS)	83
第 5 章	电梯控制系统	90
5.1	概述	90
5.2	电梯系统	91
5.3	电梯的组成	93

5.4	电梯控制	93
5.5	电梯信号控制系统	95
5.6	PLC 电梯控制系统	96
5.7	一个模型电梯的计算机网络控制实训系统	100
第 6 章	供配电及照明系统监控	103
6.1	配电系统	103
6.2	建筑常用电力负荷及对供电的要求	104
6.3	变配电智能化系统	105
6.4	楼宇系统中供配电系统监控	108
6.5	低压配电系统的综合自动化	109
6.6	配电系统监控软件功能	110
6.7	照明监控系统	111
6.8	路灯照明监控系统	113
第 7 章	楼宇自动控制系统中的 LonWorks 技术及工程应用	115
7.1	楼宇自动化中的计算机控制技术	115
7.2	楼宇自动化中的现场总线技术	117
7.3	LonWorks 现场总线网络技术核心器件 ——神经元 (Neuron) 芯片	122
7.4	网络变量 (Network Variables)	126
7.5	应用实例	127
7.6	应用开发过程	129
7.7	LonWorks 现场总线网络控制技术在楼宇自动 控制系统中的应用	130
第 8 章	基于 BACnet 协议的楼宇自动控制系统	136
8.1	楼宇自动控制系统的控制网络	136
8.2	BACnet 协议及应用系统	139
8.3	BACnet 网络中的直接数字控制器	145
8.4	BACnet 系统设计中的一些问题	146
8.5	基于 BACnet 协议的 BACtalk 楼宇自动控制系统	147
第 9 章	楼宇自动化系统中的系统集成	154
9.1	楼宇自动化系统集成概述	154
9.2	楼宇智能控制中的弱电系统集成的接口界面	155
9.3	网络系统集成和网络安全体系	156
9.4	系统集成的特点和系统集成的基本思想	159
9.5	楼宇自动化系统集成的步骤	160

9.6	系统网络结构设计和系统集成的水平层次	161
9.7	楼宇自动控制系统集成的技术模式	162
9.8	BACnet 体系下的系统集成	164
9.9	某大厦建筑智能化管理系统中的系统集成实例	166
9.10	关于系统集成商	169
第 10 章	基于 TCP/IP 协议的楼宇自动控制系统	170
10.1	部分主流应用的楼宇自动控制系统结构	170
10.2	基于 TCP/IP 协议的楼宇自动控制系统	172
10.3	卓林楼宇自动控制系统的中央管理站图形化系统软件	177
10.4	控制程序举例	179
10.5	卓林楼宇自动控制系统使用的控制器说明	181
10.6	楼宇自动控制系统中使用以太网“一网到底”的一些问题分析	182



第1章 楼宇自动控制系统的组成

1.1 楼宇自动控制系统概述

1.1.1 楼宇自动控制系统的功能

1.1.1.1 楼宇自动控制系统的功能特点

楼宇自动控制系统是一套完全符合国内、国外等相关标准和规范的建筑物机电设备控制系统。它负责建筑物中的暖通空调系统、给排水系统、变配电系统、照明系统、电梯等的监控管理，确保建筑物内环境的舒适和安全，同时实现高效、节能要求。楼宇自动化系统可根据不同的用户需求和不同规模的建筑物进行组建，既可用于小型建筑物，又适用于功能复杂、设备众多的大型建筑物和建筑群。楼宇自动控制系统能够广泛应用于工矿企业、商业中心、办公楼、会展中心、体育馆、医院、学校、住宅小区等各类建筑物。

先进的楼宇自动控制系统有以下一些特点。

(1) 通信协议标准化。楼宇自动控制系统采用了国际标准化协议及标准化协议群，如BACnet协议、Lontalk协议、TCP/IP协议等。现代建筑配备的楼宇自动控制系统一般具有较好的开放性，不同厂家生产的建筑机电设备可以综合在一个系统中，这样就可以使系统在日后得以方便地扩展和升级。

(2) 能源管理数字化。强大的能源管理功能不仅可使用户对水、电、气、冷（热）负荷的每一项费用的细节了如指掌，明白消费，而且系统还提供节能控制方案，实现了能源管理的数字化、精确化。

(3) 功能设计一体化。一体化的功能设计，实现了与安防、消防、通信、办公等系统互联互通，信息共享。通信结构简单化，管理层采用以太网进行通信，自动控制层可以采用其他网络，也可以直接采用以太网。

(4) 集散型控制方式。既可以分布式控制，分散到就地控制，控制调节功能可由系统的控制器独立操作完成，而不依赖主机；也可以由中央管理工作站直接对各子系统进行集中控制管理。通过集中管理、分散控制这种集散式监控结构的设计原则来实现整体功能。

(5) 整个系统架构在一个有效的通信网络环境中。每一个楼宇自动控制系统都有一个通信支持网络环境，在这个网络环境中，可以采用单一的以太网构建各层网络，也可以由以太网和不同的控制网络及总线构建。

底层通过控制器直接挂接传感器和执行器，如图1.1所示。

1.1.1.2 楼宇自动控制系统创造舒适的建筑物内部环境

楼宇自动控制系统可根据人们的需求自动调节建筑内部温度、湿度、空气质量、灯光照度及其他相关设备，满足人们对环境舒适性的要求；可适应不同的人对舒适的感受，支持个性化设定，并且可自动存储个人习惯参数曲线，实现自动调节、分区调节，使建筑环境中的工作人员处处享受到舒适的工作环境。

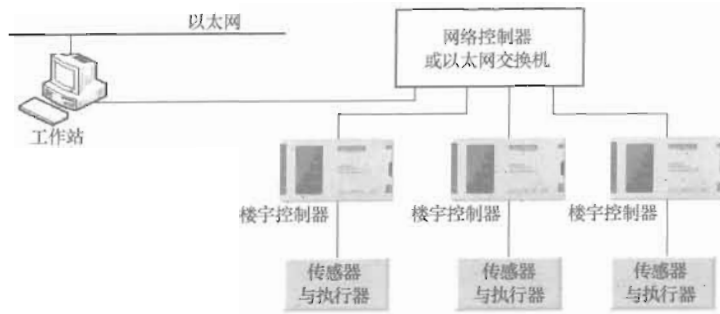


图 1.1 楼宇自动控制系统的分层体系

1.1.1.3 通过楼宇自动控制系统实现效果可观的节能

减少浪费是在适当供给、保持舒适环境所需能源的前提下进行的。通过监测建筑内外环境参数，通过控制各系统机电设备，实时改变水量、风量、热量、电量供应，使所有设备的运行在满足人们舒适性需求条件下以节能方式运行；再通过系统的能耗数字化管理统计各设备和各使用区域能耗数值，与原所需能量设定值相比较，即可确定存在能源浪费的区域和产生原因。最后根据结果进行调节控制，使能量在满足环境需要的前提下，被合理使用。

通过楼宇自动控制系统实现有效节能管理，节能效果非常显著，从而大大优化了建筑内能源的使用，节省了大量的费用。

建筑中设备和设施的运行和管理会产生各种各样的费用，如果对费用不加以控制，将会极大地增加建筑物整体的运营成本，降低投资效益。通过楼宇自动控制系统的监控环节，可以准确了解各项运营费用，及时发现和解决问题，从而减少不必要的开销和浪费。另外，通过楼宇自动控制系统提供的维护手段，可以减少管理和维护人员数量，降低人工成本。因此，投资楼宇自动控制系统的增值是通过合理配置资源、减少浪费来实现的。

1.1.2 楼宇自动控制系统应用中的一些问题

对于现代建筑来讲，越来越多的楼宇装备了楼宇自动控制系统，实现了建筑物内部环境的优化。整个建筑物内的电气设备能够在节能状态下运行，随着楼宇自动控制系统技术水平的不断进步，使用楼宇自动控制系统的进一步任务是：对建筑物进行全面管理，精细监控，进一步实现节能降耗，同时注重环保。

1.1.2.1 目前楼宇自动控制系统的普及应用中存在的一些问题

- (1) 系统处于停运状态，只能改为人工操作。
- (2) 系统虽然在运行，但故障率高，自动化程度低。
- (3) 系统运行基本正常，但节能降耗效果不明显。

1.1.2.2 以上一些问题产生的原因

产生这些问题的主要原因有：

- (1) 设计方案上的原因。
- (2) 工程集成商的原因。
- (3) 售后服务的原因。

- (4) 投资不足的原因。
- (5) 用户方面的原因。

1.2 楼宇自动控制系统的对象环境

1.2.1 楼宇自动控制系统组成和监控对象

楼宇自动控制系统也叫建筑物自动化系统 (BAS)。广义的BAS系统将FA、SA包含其中,并主要由以下子系统组成:

- (1) 电力供应系统 (高低压变、配电系统、应急发电系统)。
- (2) 照明系统 (工作照明、事故/艺术照明)。
- (3) 环境控制系统 (空调及冷热源、通风监控、给排水、污水处理、卫生设备)。
- (4) 保安系统 (防盗报警,电视监控,电子巡更,出入口门禁控制)。
- (5) 消防系统 (自动监测与报警、灭火、排烟、联动控制)。
- (6) 交通运输系统 (电梯、电动扶梯、停车场)。
- (7) 广播系统 (事故广播、紧急广播)。

建筑内的许多不同机电设备分散在楼宇的各个部位及场所, BAS使这些设备安全可靠、经济和节能地运行。BAS的功能要求如下:

- (1) 对以下系统实施自动检测和控制。
 - 1) 变配电设备及应急发电设备。
 - 2) 照明设备。
 - 3) 通风空调设备。
 - 4) 给排水设备。
 - 5) 电梯设备。
 - 6) 停车场管理。
- (2) 设备管理自动化。
- (3) 防灾自动化。
 - 1) 防火系统。
 - 2) 防盗系统。
 - 3) 防灾系统。
- 4) 能源管理自动化。

1.2.2 BAS的软件功能

BAS软件含系统软件和分站软件。

(1) 系统软件。系统软件包含以下功能:

- 1) 系统操作管理,如访问/操作权限控制等。
- 2) 系统开发环境。向软件编制人员提供进行系统设计、应用的工具软件,能够进行新功能开发。

- 3) 多控制方式,对BAS中的诸设备进行多方式控制。
- 4) 完善的警报处理应对及记录功能。

(2) 分站软件。现场控制器使用分站软件,分站软件具有的功能应包括:采集和数据处

理、通信、控制、程序控制、报警参数设置及整定。

1.3 楼宇自动控制系统中的传感器和执行机构

BAS 中的许多现场物理量是由传感器将其转换为电量, 再进行处理的; 如果要将各种电量, 如电压、电流、功率和频率转换为标准输出信号 (电流 $4\sim 20\text{mA}$; 或 $0\sim 10\text{V}$ 的电压量), 还要使用电量变送器。

楼宇自动控制系统常用传感器有温度传感器、湿度传感器、压力传感器、压差传感器; 常用的开关有防冻开关、水流开关、液位开关等。

传感器是控制系统实时测控数据的来源, 其稳定性及精度直接影响控制系统的控制效果与精度, 还会影响楼宇内机电设备的能耗。

传感器的选型需要根据测量现场实时采集物理量数据的种类、传感器要求环境、DDC 可接受信号的类型、测量范围和测量精度等多方面因素考虑。不同的测量对象有水、蒸汽、空气等; 要求环境有室内、风道、水道等。

1.3.1 几种常用传感器

(1) 温度常用传感器。温度传感器用于测量现场温度; 安装形式有室内、室外、风管、浸没式、烟道式、表面式等。常见测温传感器元件有: 硅材料、镍热电阻、铂热电阻、热敏电阻, 将这些元件接成电桥, 一旦温度变化, 电桥将电压量信号检出。

应用在不同的场合, 温度常用传感器也分为室内、室外、风道和水道等类型; 传输信号也包括电压 ($0\sim 10\text{V}$)、电流 ($0\sim 20\text{mA}$ 或 $4\sim 20\text{mA}$)。常见的传感元件有铂电阻、热敏电阻等。图 1.2 所示为几种常用的温度传感器。

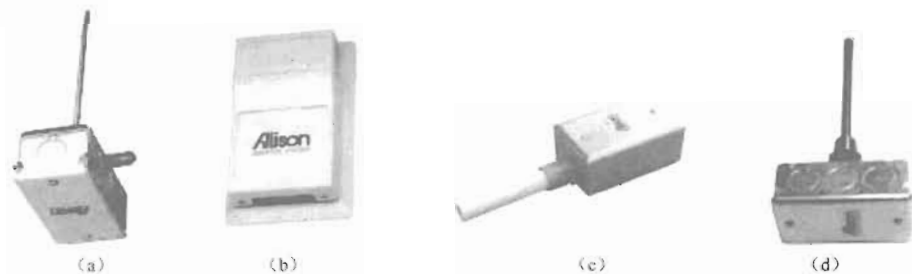


图 1.2 几种常用的温度传感器
(a) 风管温度传感器; (b) 房间温度传感器;
(c) 室外温度传感器; (d) 水管温度传感器

(2) 湿度传感器。湿度传感器主要用于测量空气湿度, 安装形式也有室内、室外、风道型等。此类传感器如电容式湿度传感器, 湿度变化引起电容值变化, 可将变化信号送出; 阻性疏松聚合物也是一种湿度传感器测量元件。

湿度传感器测量空气的相对湿度时, 其输出信号一般通过变送器输出为直流的 $0\sim 10\text{V}$ 电压或 $4\sim 20\text{mA}$ 的电流信号。图 1.3 所示为两种常用的湿度传感器外形。

(3) 温湿度传感器。对于空调系统来讲, 温度、湿度的测量经常是成对出现, 温湿度传感器就成为一种常用的传感器。图 1.4 给出了两种常用的温湿度传感器外形。

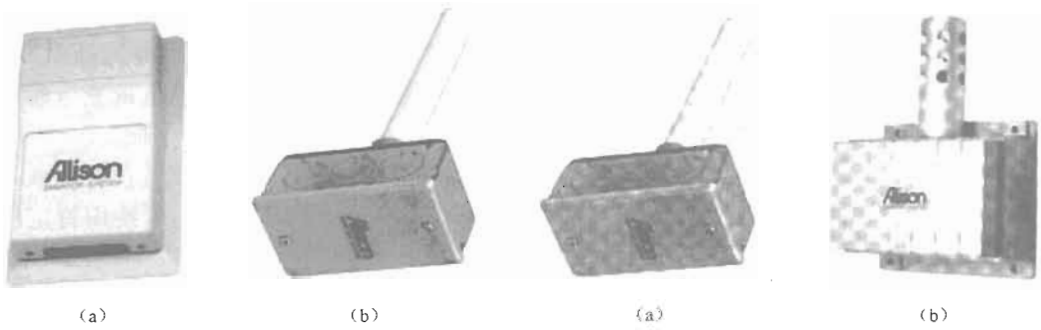


图 1.3 两种常用的湿度传感器外形
(a) 房间温度传感器; (b) 风管温度传感器

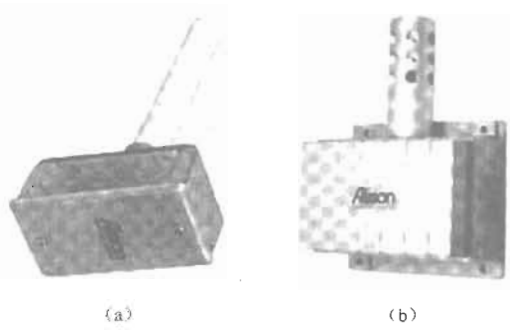


图 1.4 两种常用的温湿度传感器外形
(a) 风管温/湿度传感器; (b) 室外温/湿度传感器

(4) 压力/压差传感器。压力传感器有波纹管式和弹簧管式,前者用于测量风道静压,后者用于测量水压、气压。

在通风及空调系统中的气体压差检测中,要用到空气压差开关,用来进行空气过滤网、风机两侧的气流状态的检测。

水压力/压差传感器主要用于冷热源系统中,检测水泵的运行状态和进行压差控制。如, HSS-211 系列压差开关,用于空气介质,测量范围 100~700Pa; HSS-221 系列压力变送器,用于水介质,测量范围:相对压力为 1~600Pa、绝对压力为 0~25Pa,输出标准的模拟信号。图 1.5 所示为空气压差传感器和压差开关。

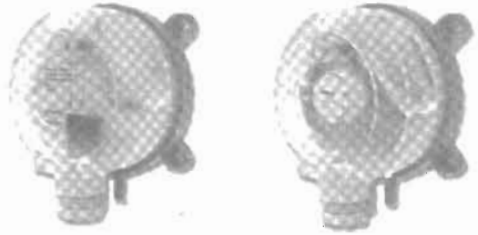


图 1.5 空气压差传感器和压差开关

(5) 其他一些常用传感器。楼宇自动控制系统中的其他一些常用的传感器有流量开关、流量计、防冻开关、液位开关、电量变送器、光照度传感器、人体感应传感器和空气质量传感器等,几种传感器的外观如图 1.6 所示。

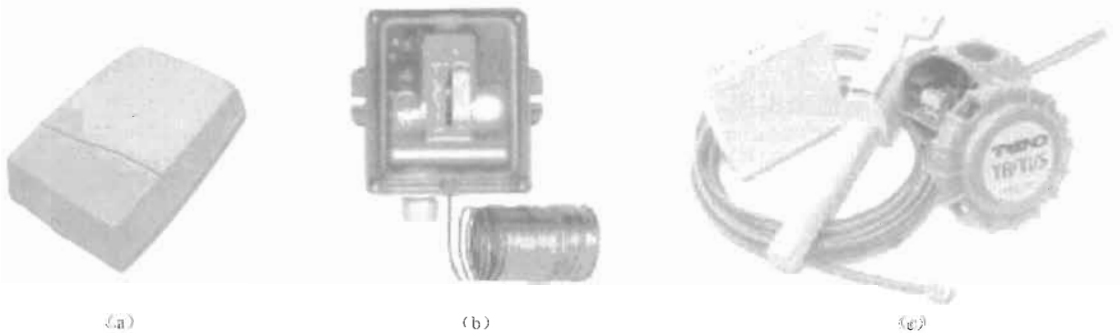


图 1.6 几种传感器的外观
(a) 一氧化碳传感器; (b) 防冻开关; (c) 无线温度传感器

(6) 网络传感器。下面介绍两种网络传感器和近年来成为应用热点的无线网络传感器。

1) 网络电量变送器。网络电量变送器是智能型的电参数数据采集模块,可测量三相三线制或三相四线制电路中的三相电流、电压的有效值、功率、功率因数和电耗。

如一种型号为 HSS—411 的网络电量变送器,可直接以三相电压、电流为输入量,输出为 RS485 数字信号,支持 BACnet/MSTP 协议。该网络电量变送器用于配电室高低压柜、发电机及控制柜电力参数采集。可代替常规的电流/电压/功率/功率因数等电量变送器,或是对配电系统进行管理的一些重要传感器。

网络温度传感器:一种型号为 HSS—112W 的网络温度传感器是带 2 组 3 位数字液晶显示的数字化室内传感器,支持 BACnet/MSTP 协议或 BACnet/EIB 协议,可使用特定软件的图形编程工具进行编程。

该网络温度传感器可连接通用型 DDC 和 VAV 控制器的通信接口作为温度传感器。

2) 无线网络传感器。近年来,无线传感器网络技术取得了巨大的进步。无线传感器是在不使用物理线缆的情况下获取现场环境信息的新型载体,无线传感器网络由于其快速展开、抗毁性强、监测精度高、覆盖区域大等特点而得到了广泛地应用,成为当前信息领域的研究热点。对楼宇自动控制领域来讲,在许多情况下要对建筑物内的一些区域进行重要的物理量进行随机监测,进而对这些物理量进行控制,无线传感器网络可以发挥重要的作用。

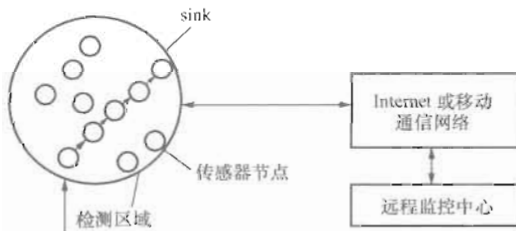


图 1.7 无线网络体系的体系结构

无线传感器网络的体系结构如图 1.7 所示,整个传感器网络由传感器节点群、网关(sink 节点)、互联网及移动通信网络、远程监控中心组成。分布在被检测区域的传感器节点以自组织方式构成网络,采集数据之后以多跳中继方式将数据传回 sink 节点,由 sink 节点将收集到的数据通过互联网或移动通信网络传送到远程监控

中心进行处理。在这个过程中,传感器节点既充当感知节点,又充当转发数据的路由器。整个传感器网络是一个以数据为中心的网络,网关节点融合的数据相当于来自一个分布式的数据库。

无线传感器网络的基本组成单位是节点,它一般由四个模块组成:传感模块、数据处理模块、通信模块及电源,节点都具有传感、信号处理和无线通信功能。节点的电源模块采用只能携带有限能量的电池来实现,图 1.8 和图 1.9 所示为两种无线传感器。



图 1.8 WDAQ101X 温湿度露点无线监测网



图 1.9 WDAQ100X 应力应变信号数字采集无线网络传感器

这是一种基于 zigbee/802.15.4 标准温湿度露点无线监测系统的无线传感器,温度测量范围: $-40 \sim +123.8^{\circ}\text{C}$, 温度测量精度: $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ (25°C), 湿度测量范围: $0 \sim 100$ 。一种应力应变信号数据采集无线网络传感器如图 1.9 所示。

该传感器基于 802.15.4 标准应变信号数字采集无线网络系统, 计算机控制采集, 使用简便, 无需配置, 体积小、质量轻、耗电省, 内置高能锂电池, 连续工作可长达数月数年, 通信网络自成体系。

1.3.2 执行机构

执行器也叫执行机构, 在自动控制系统中, 执行器接收来自控制器的控制信号, 转换为对应的位置移动输出, 通过调节机构调节流入或流出被控对象的物质质量或能量, 实现控制温度、流量、液位、压力、空气湿度等物理量。

执行器可分为电动执行器、气动执行器以及液体执行器(动力能源形式不同)。BAS 中多用电动执行器, 电动执行器输入信号有连续信号和断续信号。连续信号是 0~10V 的直流电压信号和 4~20mA 的直流电流信号, 断续信号是离散的开关量信号。也可用电压为 24V 的 50Hz 的交流同步电动机驱动电动执行器。

电动调节阀是一种流量调节机构。电动调节阀安装在管网管道中直接与调节介质接触, 对介质流量进行控制。电动调节阀分为电动机驱动和电磁驱动两种形式。

(1) 电动风门驱动器。常用的电动风门驱动器控制信号有浮点型、比例调节型, 反馈信号可选模拟量输出; 电源可选 220、24V AC 等。图 1.10 所示为风阀驱动器。

电动风门的选型主要依据: 由风门面积选择相应扭矩; 按照控制要求确定控制信号类型, 是浮点控制(开、关、停), 还是模拟量输出。

(2) 电动水阀及驱动器。电动水阀及驱动器是中央空调控制系统中很重要的执行机构, 可精确调节系统中的流量, 达到控制温度、湿度、压力等参数。包括控制水系统流量的电动调节阀、电动蝶阀以及风机盘管上用的电磁阀等。电磁水阀驱动器如图 1.11 所示。



图 1.10 风阀驱动器



图 1.11 电磁水阀驱动器

电动执行器选型主要根据: 根据关闭和调节压力的要求, 来选择输出力矩。执行器的输出力矩要合适, 过大或过小都会影响控制精度, 严重时会导致无法正常打开或关闭阀体。

电动水阀的选型首先考虑电动水阀的功能, 是控制水流的开关还是调节水流的大小, 以此来确定是采用蝶阀门调节阀还是电磁阀。

常用电动水阀有两通阀、三通阀、蝶阀, 连接方式有螺纹连接、法兰连接, 可应用于蒸汽、热水、冷冻水等不同的介质。风机盘管电动阀也有两通阀、三通阀, 工作介质有蒸汽、热水或冷冻水。

1.4 直接数字控制器 DDC

1.4.1 直接数字控制器 DDC

直接数字控制器 DDC (Direct Digital Control) 不借助于模拟仪表, 而是将系统中的传感器或变送器的输出信号输入到微处理器中, 经计算后直接驱动执行器。

DDC 安装在被控设备附近, 各种被控变量 (温度、湿度、压力等) 通过传感器、变送器按一定时间间隔采样读入 DDC。读入的数值与 DDC 记忆的设置值比较, 出现偏差, 按预先设置的控制规律, 计算出为消除偏差执行器需要改变的量, 来直接调整执行器的动作。DDC 中的 CPU 速度很快, 能在很短时间内完成一个回路的控制, 可以在不同的微小时间间隔内控制多个回路。所以一个 DDC 可以代替多个模拟控制仪表。图 1.12 所示为几种楼宇自动控制系统中用到的 DDC。

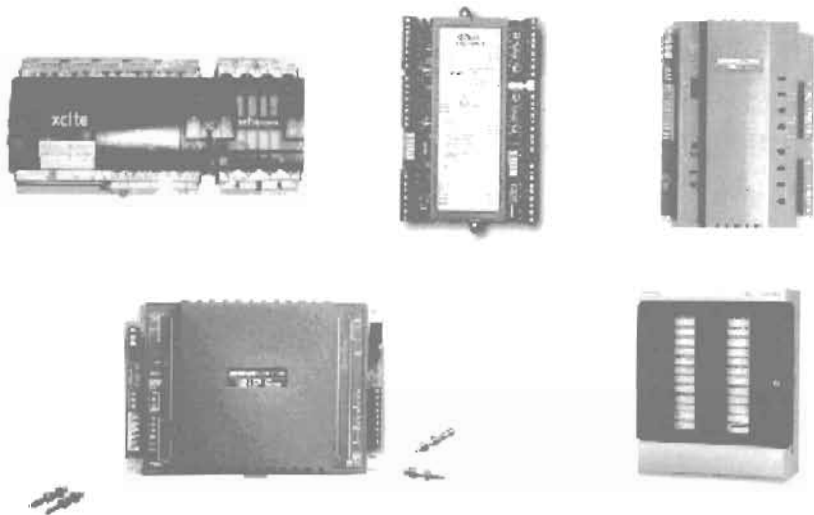


图 1.12 几种楼宇自动控制系统中用到的 DDC

DDC 型号、规格不同, 输入输出总点数不同, 可完成不同种类建筑电气设备的控制。DDC 体积小、连线少、功能齐全、安全可靠、性价比高。

集散型控制系统 (DCS) 通过通信网络将不同数量的 DDC 与中央管理计算机连接起来, 完成各种采集、控制、显示、操作和管理功能。

DDC 分为专用控制器和通用控制器两大类, 前者是为专用设备配置的控制单元, 后者可控制多种设备。空调机 DDC 控制器、灯光控制器等是专用 DDC 控制器, 通用 DDC 具有模块化的结构, 实际工程应用时, 可选用不同模块进行 DDC 配置, 结构灵活, 功能随要求而定。

DDC 安装在控制设备附近, 具有防尘、防潮、防电磁干扰, 耐高温和耐低温环境的能力。

1.4.2 直接数字控制器 DDC 的功能

在集散型控制系统 (DCS) 中, 由传感器、变送器等现场检测仪表送来的测量信号送给

DDC, DDC 对这些信号进行实时数据采集、滤波、非线性校正、各种补偿运算、上下限报警及累计量计算等。DDC 再将测量值、状态检测值送入中央管理计算机数据库, 进行实时显示、优化计算、数据管理、报警打印等。

DDC 控制器可直接完成对现场传感器和执行器的控制, 它是一种多回路的数字控制器, 它将现场测量信号与设定值进行比较, 按照产生的偏差完成各种开环控制、闭环控制, 并控制和驱动执行机构, 完成对被控参数的控制。

DDC 控制器中的多路取样器按顺序对多路测控参数进行取样, 经过 A/D 转换输入微处理器, 微处理器按预先确定的控制算法, 对各路参数比较、计算和分析, 将处理后的数字量再经 D/A 转换, 按顺序输送到相应各执行机构, 实现对过程中的参数控制, 使其保持预定值。DDC 控制器的基本组成如图 1.13 所示。



图 1.13 DDC 控制器的基本组成

DDC 控制器可直接接受来自中央管理计算机(站)发出的操作命令, 对控制设备和控制参数进行直接控制。任何一个 DDC 都有与其他 DDC 进行通信的功能。在集散型控制系统(DCS)中, 显示和操作功能集中在中央管理计算机。对于 DDC 来讲, 可通过便携式计算机或现场编程器对 DDC 进行编程和对系统参数进行修改。现场编程器一般配置由小型显示器、小型键盘及按钮组成的人机界面, 可在现场对 DDC 进行变量调整、参数设置等较简单操作, 还可以使用现场编程器对检测参数给予显示。

在 DDC 独立使用时, 选配合适的人机接口, 对系统现场测试、编程和参数调整是非常便利的。DDC 控制器的主要参数有输入与输出点数、数字输入量(DI)、模拟输入量(AI)、数字输出量(DO)、模拟输出量(AO)等。

若能完成模拟量和数字量的处理, 则叫通用输入量和通用输出量。通用输入量用 UI 表示, 通用输出量用 UO 表示。

如果 UO 表示模拟量输出, 使用继电器模块后, 转换为数字输出。DDC 能处理交、直流电压信号, 当直流电压超过 5V 时, 为高电平; 当直流电压低于 2.5V 时, 为零电平。每一个 DDC 都通过输入程序进行特定或多功能的控制, 一旦输入程序, 即可投入运行。

1.4.3 DDC 的模块化组成结构

模块化 DDC 主要由电源模块、CPU 模块、通信模块和输入输出模块等组成。

(1) 计算模块和通信模块。DDC 中的 CPU 普遍采用了高性能的 16 位微处理器, 还有的 DDC 使用了 32 位或 64 位的微处理器, 还配置有浮点运算协处理器, 故数据处理能力强。DDC 不仅有 PID 算法功能, 还可执行最优化控制的控制算法, 如自整定、顺序控制、

模糊控制及神经元算法控制等。

DDC 中的 CPU 模块通过输入模块完成数据采集、滤波、非线性校正、各种补偿运算、累计计算及上下限报警。通过运算后，输出模块输出信号物理量驱动执行器动作，完成对被控物理量的控制或完成对被控对象的控制。通信模块的功能：可将所有的测量值及状态、监测数据传送给中央管理计算机的数据库，对这些测量值及监测数据进行实时显示、处理、优化计算及打印报警。中央管理计算机的管理控制指令通过通信模块送入 DDC 的计算模块，实现对 DDC 控制对象的直接控制。

DDC 的控制程序包括系统启动、自检、输入/输出驱动、检测、计算、通信和控制管理程序，并全部固化到 DDC 的 ROM 中去。

DDC 内的 RAM 可存储程序运行时的实时数据及中间变量值以及用户操作时的可修正参数和设定参数，如设定值、PID 参数、报警界限等也存储到 RAM 中。DDC 还提供了在线修改组态的功能，用户组态应用程序也是在 RAM 中运行的。

DDC 主要采用点对点通信方式和 RS-485 通信方式。点对点方式的通信速率可达 115.2KB/s，RS-485 中的 RS 是英文推荐标准的缩写，RS-485 是较新的串行总线标准，采用平衡发送，差分接收，具有抑制共模干扰的能力。总线收发器具有较高的灵敏度，能检测低于 200mV 的电压，故传输信号可在千米之外得到恢复。RS-485 采用半双工工作方式，应用 RS-485 可联网构成分布式系统，最多可并联 32 台驱动器和 32 台接收器。RS-485 只需要一对双绞线，在 19KB/s 速率时，传输 1200m，而 RS-323 一般用于 20m 以内的通信（RS-323 串行物理接口标准）。

(2) 电源模块。电源模块内有微处理器，为 DDC 提供高质量的 24V DC 稳压电源。24V DC 电源又通过 DC-AC-DC 变换方式为 DDC 内其他功能模块提供所需直流电源。内置长寿命的锂电池使 DDC 内数据不发生丢失。

在 DCS 中，大量使用输入/输出模块（I/O 模块），DDC 的 I/O 接口通过输入/输出模块与各种传感器、变送器、执行器等在线仪表连接在一起。

DDC 的 I/O 模块包括模拟输入/输出模块、数字输入/输出模块、脉冲输入及其他专用 I/O 模块。

1) 模拟输入模块（Analogy Input, AI）。对于温度、压力、压差、液位、应力、位移、速度、加速度、电流、电压、浓度等物理量，由传感器将这些物理信号转换为相应的标准电信号，再由 AI 送入 DDC 处理器。以上诸物理量转换成以下几种标准的电信号：电压、电流、电阻信号。

电压信号：多由热电偶、压力、湿度、应变式传感器产生的 1~5V DC、0~5V DC、0~10V DC 几种。

电流信号：多由温度、位移、电磁流量计等产生的 4~20mA DC 电流信号。

电阻信号：由热电阻产生，电阻信号的输入模块与具体的电阻传感器对应。

模拟输入模块将各种范围的模拟输入信号统一转换为 0~5V 或 0~10V 的直流电压信号，再进行 A/D 处理，由 CPU 控制将多路模拟信号逐一转换为数字信号，并送入 CPU。每一 A/D 转换器可输入 8~64 路模拟信号，由多路选通开关以分时选通方式进行 A/D 处理，完成一次 A/D 处理的时间约为 100 μ s。

2) 模拟输出模块（Analogy Output, AO）。DDC 中的模拟输出模块将数字信号经 D/A

转换器再转换成模拟（标准）电压/电流信号，来驱动和控制执行机构和控制装置完成顺序动作，如控制各种直行程或角行程电动执行机构的行程来控制阀门的开度；通过交流或直流调速装置来调节控制驱动电动机的转速；可通过电—气转换器或电—液转换器控制气动或液动执行机构等。

3) 数字量输入模块 (Digital Input, DI)。DI 用来输入各种开关量信号，楼宇自动控制系统中有大量的此类开关信号，如各种限位开关、继电器的接点开启与闭合、电气驱动机构的驱动、电磁阀门联动触点的开关等。

开关量输入信号在 DI 模块内经电平转换，为防止信号耦合产生电磁干扰，要经光电隔离，再经滤波抑制抖动噪声后，再输入到 DI 模块内的数字寄存器中。

DI 模块的外接每一路开关量输入信号，都对应地由二进制寄存器中的一位 0 或 1 表示。DDC 中的 CPU 周期读取 DI 模块中寄存器的状态来获取现场各类设备的开关量信号。当外部开关量信号发生改变时，通过中断申请电路向 CPU 发生中断申请，由 CPU 及时处理。

4) 脉冲输入模块 (Pulse Input, PI)。脉冲输入模块专门处理输入脉冲量信号，如转速计、涡轮流量计、脉冲电量和一些机械计数装置输出的测量信号就是这类的脉冲量信号。

PI 模块将输入的脉冲信号进行幅度变换、整形、隔离后送入计数器，可由功能设置来进行计数、脉冲时间间隔、脉冲频率测量等。

5) 数字输出模块 (Digital Output, DO)。DO 模块用于控制继电器、指示灯、电气阀门、声光报警器等装置或设备，这类控制仅用于开关两种状态，并可以多路输出。DO 模块通过光电隔离后可通过小型继电器、固态继电器（如双向晶闸管）来控制现场设备。

在输入、输出模块的设计中，为使其通用性和系统组态具有较大的灵活性，可使用一些能够改变信号量程与种类的跳线及 DIP 开关。

1.4.4 通用和专用型 DDC

DDC 在楼宇自动控制系统起着极重要的作用，由于有内置 CPU 能独立完成许多控制工作，并能够方便地与其他 DDC 进行通信。

DDC 分通用型 DDC 和专用型 DDC 两大类。通用型 DDC 功能强大，I/O 通道较多，而专用型 DDC 一般用于特定的控制场所，功能相对单一。

(1) 通用型控制器。多数通用型控制器 DDC 具有的主要功能如下：

- 1) 都能够独立工作，不依赖工作站和其他 DDC。
- 2) 具有“即插即用”功能，网络节点可动态添加或删除。
- 3) 内置实时高精度的时钟和日历，配有后备电池，可以保证断电一段时间内时钟和数据不丢失。
- 4) 固定配置有若干个可以用软件设置成输入或输出的功能强大的 I/O 口，其他 I/O 也都是通用的输入或输出。
- 5) 具备多种通信接口，具备 10M/100M 自适应的以太网接口，RS-232/RS-485 接口。
- 6) 有全面的报警管理功能。
- 7) 支持包括 PID 在内的各种常用控制算法。
- 8) 有历史数据记录和能源管理专用的算法模块。
- 9) 所有数据、设置和程序都保存在存储器内，保证掉电时不丢失。

10) 全面支持工作站的各种监控功能。

(2) 专用型控制器。专用型控制器从应用的角度分为室内温度控制器系列、照明控制器系列和 VAV (变风量空调) 控制器系列。

专用型控制器分为无协议的独立控制型、支持特定通信协议型两类。专用型 DDC 主要功能有:

- 1) 支持特定的通信协议。
- 2) 独立工作, 不依赖工作站和其他 DDC。
- 3) 有一定的编程能力, 但专用 DDC 能力相对于通用 DDC 要弱。
- 4) 有一定的时间安排能力。
- 5) 适合特定的场合, 功能设计一般有针对性。
- 6) 支持访问和修改内部数据。

1.5 DDC 和 PLC

PLC (可编程序控制器) 原来是为了替代继电器而出现的, 因此早期的 PLC 对于模拟量的处理能力很差, 调节控制能力也不强。DDC 使用方便, 对特定场合的控制功能很强。但现在的 PLC 的功能较早先的 PLC 的功能已经大为改善, 并克服了以前的一些重要缺点。由于 PLC 是为工业环境设计的, 因此可靠性和抗干扰能力很强。

中央空调冷冻系统的控制有三种控制方式: 早期的继电器控制系统、直接数字控制器 DDC 控制系统以及 PLC 控制系统。继电器控制系统由于故障率高, 系统复杂, 功耗高等明显的缺点已逐渐被人们所淘汰; 直接数字式控制器 DDC 在智能化方面有了很大的发展, 但由于 DDC 其本身的抗干扰能力和不同的 DDC 产品不能通用的问题, 从应用的角度来讲有一定的不利之处, 因而限制了其应用范围; PLC 控制系统以其运行可靠, 使用与维护均很方便, 抗干扰能力强, 能够配合较多通信网络的应用等。

1.6 楼宇自动控制系统的一些主要功能

1.6.1 楼宇供配电系统的主要监控内容

楼宇自动控制系统的一些主要功能包括中央空调系统自动控制, (包括新风机组和变风量空调系统的自动控制)、楼宇供配电系统的监控、照明系统监控, 给排水自动环节的自动控制和参量监测、电梯系统的监控等。

1.6.1.1 主要监控范围

供配电系统是整个智能建筑的“心脏”, 特别是在特殊的建筑中。对供配电系统的监控能提高供电质量, 减少事故隐患。供配电系统包括高压设备、变压设备、低压设备、发电设备等。

供配电系统监测内容有:

- (1) 各自动开关、短路器状态监测。
- (2) 低压配电监视: 对其电压和电流进行监视; 对供配电功率因数、频率进行监视。
- (3) 有功、无功功率及功率因素检测。

(4) 电网频率、谐波检测，高压开关柜监视包括：高压主进开关状态监视、高压母联开关状态监视。

(5) 用电量监测。

(6) 主变压器工作状态监测有变压器进线开关状态、高压侧电压、电流监视、变压器温度、变压器风机运行状态、故障报警。

(7) 高次谐波对电气设备运行很有害，应采取措施抑制。

大中型楼宇多采用 10kV，有时也采用 35kV 高压供电，用电容量大于 5000kV 时，至少采用两个独立电源运行方式，互为备用，同时必须要装备应急发电机组。

高层建筑中设置的变电所（配电所）中，有各类高低压开关及变压器、柴油发电机组和进出线的断路器等。要使整个供电系统安全可靠地长时间工作运行，就必须对以上这些设备的状态及相关的电力参数，如电流、电压、功率（无功功率和有功功率）等参数进行监控；还要对高低压断路器及其他主要电气开关的开关量进行自动监测及控制；同时还要对直流供电设施及不间断电源 UPS 进行运行监控，实现主要电量的监测、显示和记录，对可能的事进行早期预警、报警并进行自动监控和记录。

楼宇中不同的设备可分为一级、二级、三级负荷，如消防控制室中的消防水泵、消防电梯、防排烟装置与设施、火灾自动报警、自动灭火、事故照明、保安设施、从事重要管理工作的计算机、通信设备等都属于一级负荷；客用电梯属于二级负荷；空调、正常生活与工作供水泵、照明设备属于三级负荷。智能楼宇供电系统的自动控制系统还要将这些内容纳入其中。

智能建筑对供配电系统的工作可靠性要求高，供配电系统的工作可靠性如果不能满足用户的要求，将会严重影响用户的日常工作，甚至损坏用户的电气设备，包括大量的信息设备。

楼宇自动控制系统中有一个重要组成部分，即供配电系统的监控管理设施，它的主要功能有：

(1) 监测运行参数，如电压、电流、功率、功率因数、频率、变压器温度、为正常运行时的计量管理、事故发生后进行故障分析提供数据。

(2) 监测供配电设备运行。对高低压进线断路器、母线联络断路器及各类自动开关、断路器状态，如分合闸情况进行监测，并提供电器主接线图开关状态画面；出现故障，自动报警，并显示故障部位及相关的故障参数。

(3) 对楼宇内的电气设备用电管理计量，包括空调、电梯、给排水、消防喷淋等动力用电和照明用电；绘制用电负荷曲线等。

(4) 对楼宇内的各类电气设备的维护保养进行管理。

楼宇供配电系统除了要保证安全可靠和正常的供电外，还要以节能为目的来对系统中的电气设备进行管理，如变压器运行台数的控制、用电量经济值的控制、功率因数的补偿等。

供配电自动控制系统能够根据季节变化自动调节电量供给，一般地，每天的 18:00~22:00 是楼宇用电高峰；夏季使用空调和冬季取暖期间也都是用电负荷的高峰。在设备投入运行和从运行中切离出来时，供配电系统提供的有功功率和无功功率发生较大的变化，此时就需要根据情况自动地将电容器投入或切离来平衡无功功率的波动引起的线路功率因数的波动。

1.6.1.2 高低压供电系统监控

楼宇变电站的组成包括高压部分、变压器部分、低压配电部分、直流电源部分、应急发电机部分。楼内高压进线通常采用两路 10kV 独立电源，两路电源可自动切换，互为备用。柴油发电机组作为应急发电电源装置，在两路电源都有故障时，柴油发电机组自动启动，保证消防事故照明、消防电梯的用电供给。

高压环节的监测内容主要有高压进线主开关的分合状态及故障状态监测、高压进线三相电流监测、高压进线三相电压监测、频率检测、功率因数监测、变压器工作状态监测等。这些参数由自动控制系统检测并送往调度中心进行自动监视及记录，为管理人员提供高压供配电系统的运行参数。

低压环节的监测项目主要是：变压器二次侧主开关的分合状态监测（及故障状态）；变压器二次侧对称线电压的监测；母联开关的分合状态及故障状态监测；母联的三相电流监测；各低压配电开关的分合状态及故障状态监测；各低压配电出线三相电源的监测。

1.6.1.3 应急柴油发电机组与蓄电池组的监控

一旦电网出现供电中断，为保证消防泵、消防电梯、事故照明、电动防火卷帘门等消防联动装置的驱动动力用电，由自备应急柴油发电机组紧急供电。柴油发电机组必须启动迅速，在电网停电后的 10~15s 内接续为以上负荷供电。

1.6.2 给排水自动控制系统和通风设施

楼宇给排水系统由生活供水、中水、污水处理等环节组成；给排水系统由生活供水系统、中水系统、污水处理系统组成；生活供水系统由给水系统、饮用水系统、冷却水系统、热水系统和自动喷淋等系统组成。

给排水系统除了生活给水系统和排水系统外，还包括热水系统，循环冷却水系统和消防用水系统。

(1) 给排水自动控制系统：

1) 生活水系统。包括系统压力、水箱、水池水位控制、泵组的切换控制、水泵的调速运行、用水的计量等。

2) 热水系统。控制内容有温度、热媒的消耗。

3) 循环冷却水系统。

4) 消防用水。

5) 排水系统。

(2) 给水系统监控点：

1) 生活水泵开/关控制。

2) 生活水泵开/关状态。

3) 生活水泵手动/自动状态。

4) 生活水泵故障报警。

5) 蓄水池/箱高、低水位报警。

6) 水箱、生活水池高、低水位报警。

(3) 给水系统实现的监控功能：

1) 监测水泵的运行状态、故障报警、手/自动转换状态，并记录运行时间。

- 2) 水泵启停控制。生活水箱低液位时,启动水泵;生活水箱高液位时,停止给水泵。
- 3) 工作泵发生故障时,备用泵自动投入运行,并互为备用水泵实现轮换工作。
- 4) 在图形操作站上具有水流状态显示。
- 5) 水箱高低液位显示及报警。水池水位显示及高、低液位、超高溢流报警等。

(4) 排水系统监控点:

- 1) 地下集水井超高、低液位报警 (DI)。
- 2) 排/污水泵开/关控制 (DO)、开/关状态 (DI)。
- 3) 手动/自动状态及故障报警 (DI)。

(5) 排水系统实现的监控功能:

- 1) 监测潜水泵运行状态、故障报警、手/自动转换状态,并记录运行时间。
- 2) 潜污泵启停控制。集水井超高液位报警:高液位时,启动水泵;集水井低液位时停止水泵。

对上述给排水设备记录其运行情况,生成趋势图,并打印报表,通过程序控制是给排水系统在趋近最佳工况的状态下运行。

1.6.3 照明系统监控和电梯系统监控

1.6.3.1 照明系统监控

建筑照明包括户外照明和公共照明。照明监控系统对建筑照明实行监控简化操作,使建筑内外的照明系统处于经济运行状态。

户外灯光系统包括起装饰作用的立面照明、节日彩灯、霓虹灯、广告灯、屋顶灯等。户外灯光系统实现以下监控功能:

- (1) 监视各灯光回路的开关状态。
- (2) 用日程表自动控制灯光系统的开启和关闭。
- (3) 程序控制灯光的图案。
- (4) 程序控制灯光开启的时间。
- (5) 用电量过大时自动切断并进行显示。

对公共照明进行监控包括:监视各灯光回路的开关状态;用日程表自动控制灯光系统的开启和关闭;对照明进行程序控制,包括程序控制灯光开启的时间。

在智能化楼宇中,用于照明的电耗,在建筑总电耗中占有一定的比重,照明控制系统除了要保证楼宇各个区域正常照明外,还要使照明系统高效节能,为此要实施智能控制。

照明系统的监控包括以下内容:

- (1) 根据季节的变化,对各城区的照明设备进行开/停的顺序控制。
- (2) 正常照明供电出现故障时,自动将故障区域的应急照明投入运行。
- (3) 发生火灾时,关闭火灾区域的照明设备,并启动应急照明。
- (4) 保安系统报警时,将报警区域的照明打开。

1.6.3.2 电梯系统监控

楼宇自动控制系统对电梯设备进行运行状态和故障报警的监视,同时对电梯楼层状态进行监视。可采用标准 RS-232 通信接口方式采集电梯数据,也同时采用硬件连接方式采集。经过数据交换及读取,管理人员可以对电梯的运行状态、故障报警、楼层显示等信息进行监视和控制。

1.7 监控中心

楼宇自动控制系统一般设置一个监控中心，监控中心将楼宇自动控制系统、消防系统、安防系统集中在一个控制室内实施管理，这样可以做到全面监控并对各个子系统进行协调及管理，能及时快捷地响应处理各类突发事件，提高防灾及处置能力，节省管理人员，从而成为一个综合性的监控中心。

我国在 GB/T 50314—2006《智能建筑设计标准》明确提出：消防控制室可单独设置，当楼宇自动控制系统和安防系统合用控制室时，相关设备应辟出独立的区域，并确保各子系统的设备工作不会互相干扰。作为楼宇自动控制中心，监控中心设有中央工作站，由计算机系统和显示输出设备组成；中央站也叫管理中心或上位计算机，可对整个系统实行管理和优化调节，其作用是：可对楼宇自动控制系统的全部重要数据都能方便的读取和存储、监测、控制和打印输出，非标准程序的开发等。

监控中心位置宜设置在主楼底层接近被控设备中心的地方，也可在地下一层。监控中心要求设置在无有害气体，远离变电所、电梯、蒸汽及烟尘、水泵房等易产生强电磁干扰的地方。监控中心应将楼宇重要区域的消防、安防、疏散通道及相关设备的所在位置给出醒目的平面图或模拟图。

较大型的监控中心一般有照明控制盘、变配电控制盘、通信控制盘、闭路电视控制盘、消防控制盘、保安控制盘、公共广播、内部电话及闭路电视监视器，还有一些相关的显示控制台、打印机等。

一个监控中心所占面积与楼宇建筑面积间有一个可参考的比例关系：当楼宇建筑面积为 $10\ 000\text{m}^2$ 时，监控中心面积为 20m^2 ；当楼宇建筑面积为 $30\ 000\text{m}^2$ 时，监控中心面积为 90m^2 。

监控中心的一些技术条件有：

(1) 空调，可用中央空调或自备专用空调。

(2) 照明，平均最低照度 $150\sim 200\text{lm}/\text{m}^2$ ，一般采用无栅暗装照明，最好是反光照明。

(3) 消防，用卤代烷替代品或二氧化碳固定式或手提式灭火装置，禁止用水灭火装置，必须装备火灾报警设施。

(4) 地面和墙壁，宜采用架空防静电活动地板，高度不低于 0.2m ，一般高度 0.3m ，以便敷设线路。也可不用架空活动地板，如用网络地板扁平电缆。地面和墙壁应有一定的耐火极限。

(5) 不间断电源设置 (UPS)，可以使用集中的大容量不间断电源，也可采用分散小型的 UPS。不间断电源 UPS 耗资较多，须选择适宜的容量。使用以下两种方法选用 UPS。

1) 根据正常容量计算。所有负荷容量的算术和再加上预计的扩展容量 (不含 BAS 中的执行机构)。

2) 由启动容量计算。单台容量为最大设备的额定容量的 10 倍加上其他设备的额定容量之和。选择最接近以上计算值且容量稍大的 UPS，UPS 供电时间不低于 20min 。



第2章 给排水自动控制系统

2.1 建筑给排水系统简介

2.1.1 给水系统的分类

建筑给水系统的任务是按其水量、水压供应不同类型建筑物及小区内的用水，即满足生活、生产和消防的用水需要。建筑给水系统一般包括建筑小区和建筑物内的给水两部分，按供水用途可分为三种给水系统：

2.1.1.1 生活给水系统

供应民用建筑、公共建筑和工业建筑中的饮用、烹饪、洗浴及浇灌和冲洗等生活用水。除水量、水压因满足需要外，水质必须符合国家颁布的生活饮用水水质标准。

2.1.1.2 生产给水系统

供给生产设备冷却、原料和产品的洗涤以及各类产品制造过程中所需的生产用水。由于工业种类、生产工艺各异，因而对水量、水压及水质的要求也不尽相同。为了节约水量，在技术经济比较合理时，应设置循环或重复利用给水系统。

2.1.1.3 消防给水系统

供给层数较多的民用建筑、大型公共建筑及某些生产车间消防系统的消防设备用水。消防用水对水质要求不高，但必须保证其有足够的水量和水压，并应符合国家制定的现行建筑设计防火规范要求（有时消防给水系统与生活给水系统可合用一套系统）。

上述三种给水系统应根据建筑的性质，综合考虑技术、经济和安全条件，按水质、水量、水文及室外给水的情况，组成不同的公用系统，如生活、生产、消防公用给水系统，生活、消防公用给水系统，生活、生产公用给水系统，生产、消防公用给水系统。

2.1.2 给水系统的给水方式

给水方式是指建筑内部给水系统的供水方案，合理的供水方案，是根据建筑物的各项因素，如使用功能、技术、经济、社会和环境等方面，采用综合评判的方法进行确定的。

2.1.2.1 直接给水方式

按给水系统直接在室外管网压力下工作，可分为如下方式。

(1) 简单给水方式。室外管网水压任何时候都满足建筑内部用水要求，如图 2.1 所示。

(2) 单设水箱的给水方式。室外管网大部分时间能满足用水要求，仅高峰时期不能满足，如图 2.2 所示。

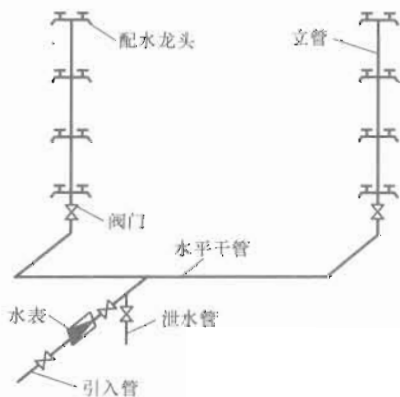


图 2.1 简单给水方式

2.1.2.2 设储水池、水泵和水箱的给水方式

当建筑内部给水系统用水量大，室外给水管网水质和水量能满足要求，而水压不满足要求时，给水系统可采用这种给水方式。另外，室内消防设备要求储备一定容积的水量时也可采用这种方式，其给水流程为：室外管网→储水池→水泵→水箱→出水管→供水，如图 2.3 所示。

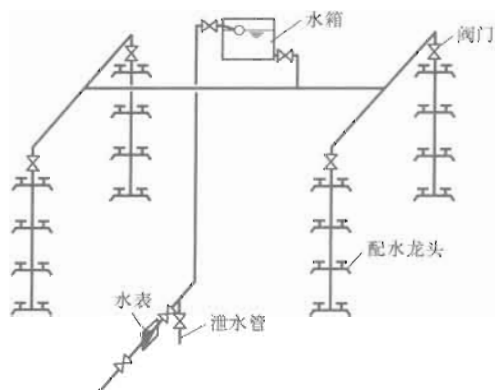


图 2.2 单设水箱的给水方式

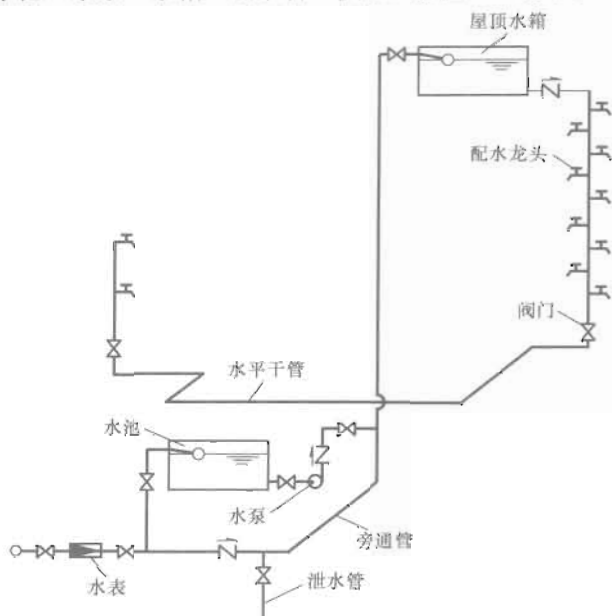


图 2.3 设储水池、水泵和水箱的给水方式

2.1.2.3 分区给水方式

建筑物层数较多或较高时，若室外管网的水压只能满足较低楼层的用水要求，而不能满足较高楼层用水要求，可采用分区给水方式。这种方式的通常做法是下区采用直接供水，上区采用储水池、水泵、水箱联合供水方式。两区之间通过连通管和闸阀连接，如图 2.4 所示。

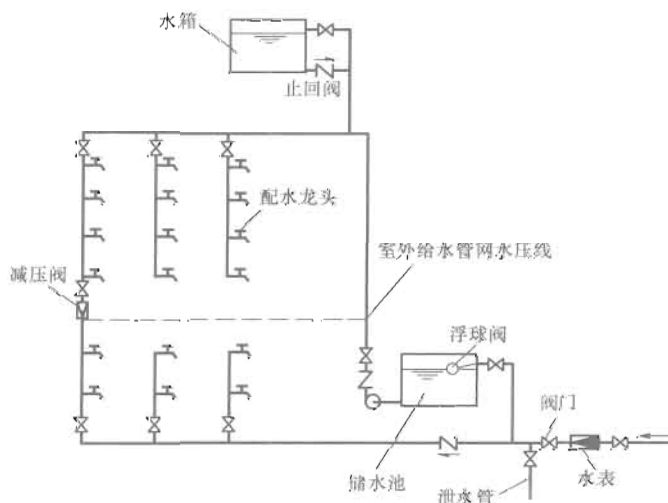


图 2.4 分区给水方式

2.1.2.4 气压给水方式

气压给水方式是利用密闭压力罐内的压缩空气，将罐中的水送到用水点的一种增压供水方式。密闭压力罐是一种增压装置，相当于屋顶水箱或水塔，可以调节和储存水量并保持所需水压，如图 2.5 所示。

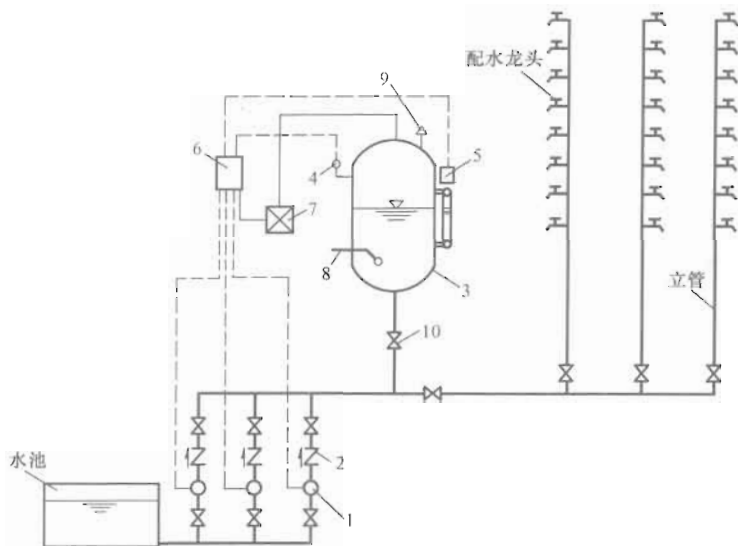


图 2.5 气压给水方式

1—水泵；2—止回阀；3—气压水罐；4—压力信号器；5—液位信号器；
6—控制器；7—补气装置；8—排气阀；9—安全阀；10—阀门

2.1.2.5 变频调速恒压给水方式

以供水主管上的压力或管网某结点的压力作为目标值，由智能控制器控制变频器的频率增减及水泵的投入或退出数量，从而实现闭环控制。通过对电动机变频调速，通过恒压控制器接收给水系统内压力信号，经分析运算后，输出信号控制水泵转速，达到恒压变流量的目的。

系统由储水池、变频器、控制器、调速泵等组成，如图 2.6 所示。

对于智能型建筑的恒压供水系统，大多采用了变频调速环节来降低供电的电能消耗并提高系统的自动化程度。最初的恒压供水系统依靠接触继电器控制电路，由人工操作和利用调节阀出口阀的开起度来实现恒压供水，现在采用微机及 PLC（可编程控制器）控制系统，对拖动电动机实施变频调速可大幅度节能。这种节能型变频调速恒压供水系统已被广泛应用。

2.1.3 排水系统的分类

建筑排水系统的任务是将建筑内生活、生产中使用过的水收集并排放到室外的污水管道系统。根据系统接纳的污、废水类型，可分为三大类：

(1) 生活排水系统。用于排除居住、公共建筑及工厂生活间的盥洗、洗涤和冲洗便器等污水。也可进一步分为生活污水排水系统和生活废水排水系统。

(2) 工业废水排水系统。用于排除生产过程中产生的工业废水，由于工业生产门类繁多，所排水质极为复杂。根据其污染程度又可分为生产污水排水系统和生产废水排水系统。

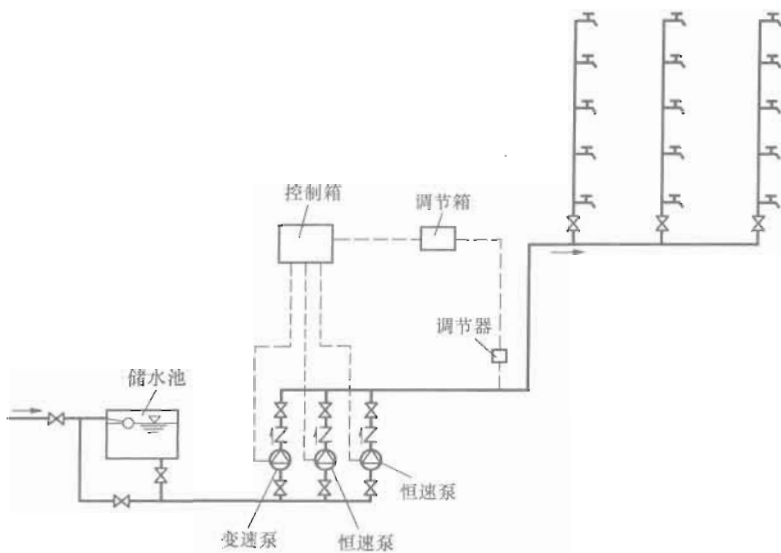


图 2.6 变频调速恒压给水方式

(3) 雨水排水系统。用于收集排除建筑物面上的雨雪水。

2.2 给排水系统自动监控原理

根据智能建筑中给排水系统的要求，结合实际情况，设计水泵自动运行控制系统，并由现场控制和集控中心对给排水系统的运行情况进行监控和管理来，实现给排水的合理调度。

2.2.1 给排水系统的自动控制参数及方案

2.2.1.1 监控参数

- (1) 监测生活水泵、排污泵运行状态和故障报警，并记录累计运行时间。
- (2) 控制生活水泵、潜水泵启停。

2.2.1.2 控制方案

- (1) 依据高位水箱高低水位状态，自动控制生活水泵启停，维持水箱的正常水位。
- (2) 依据污水池高低水位状态，自动控制潜水泵启停，维持水箱的正常水位。
- (3) 依据污水池高低水位状态，自动控制污水泵启停，维持水箱的正常水位。
- (4) 当工作水泵运行超过设定正常时间后，水位仍未能恢复正常，自动启动备用水泵，加快送水或排水速度。
- (5) 当运行水泵出现故障，备用水泵马上自动投入使用。

2.2.2 给水系统的监控

智能建筑中的生活给水系统可以采用恒压供水，也可以采用高位水箱、生活给水泵和地下蓄水池等。对于超高层建筑，由于水泵扬程限制，则需采用接力泵及中途水箱。图 2.7 所示为生活给水系统监控原理。

2.2.2.1 生活泵启/停控制

生活启/停由水箱和蓄水池水位自动控制。生活水箱设有 4 个水位，即溢流水位，

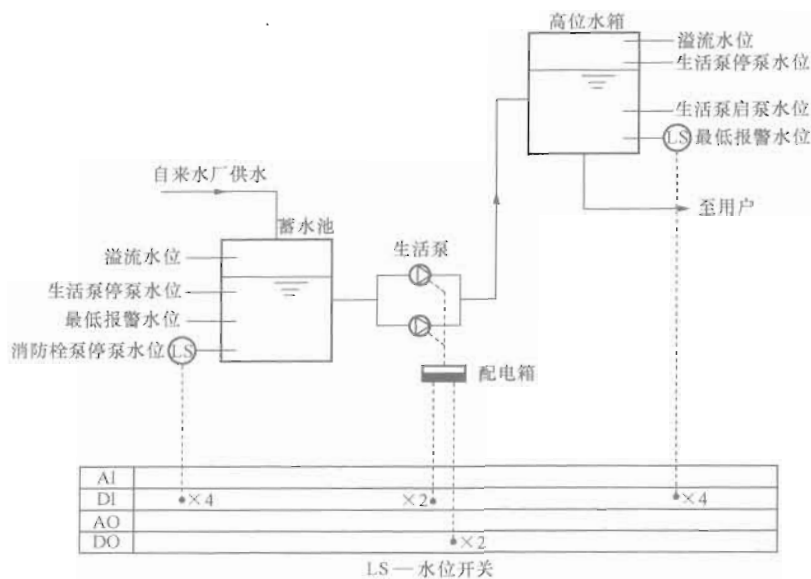


图 2.7 生活给水系统监控原理

最低报警水位、生活泵停泵水位和生活泵启泵水位。DDC（直接数字控制器）根据水位传感器的检测信号来控制生活泵的启/停：当高位水箱液面达到停泵水位时，DDC 自动启动生活泵投入运行；当高位水箱液面高于停泵水位后蓄水池液面达到停泵水位时，DDC 自动送出信号自动停止生活泵。当工作泵发生故障时，备用泵自动投入运行，自动显示水泵启/停状态。

2.2.2.2 检测及报警

当高位水箱（或蓄水池）液面高于溢流水位时，自动报警；当液面低于最低报警水位时，自动报警。蓄水池的最低报警水位并不意味着蓄水池无水，为了保证消防用水，蓄水池必须留有一定的消防用水。发生火灾时，消防栓泵启动，如果蓄水池液面达到消防栓泵停泵水位，将发出报警，水泵发生故障也自动报警。

2.2.2.3 设备运行时间累计、用电量累计

累计运行时间，为定时维修提高依据，并根据每台泵的运行时间，自动确定作为运行泵或是备用泵。

2.2.3 排水系统监控

2.2.3.1 污水泵启/停控制

污水泵启/停由污水池水位自动控制。污水池设有 3 个水位：即报警水位、污水泵启泵水位和污水泵停泵水位。当污水池液面高于启泵水位时，DDC 对水位开关送入信号进行判断后，立即送入信号启动污水泵；当液面低于停泵水位时，自动停止污水泵；当液面高于报警水位时，自动启动备用泵。

2.2.3.2 检测及报警

当污水池液面高于报警水位时，自动报警，水泵自动启动排水。

如图 2.8 所示为生活污水排水系统监控原理。

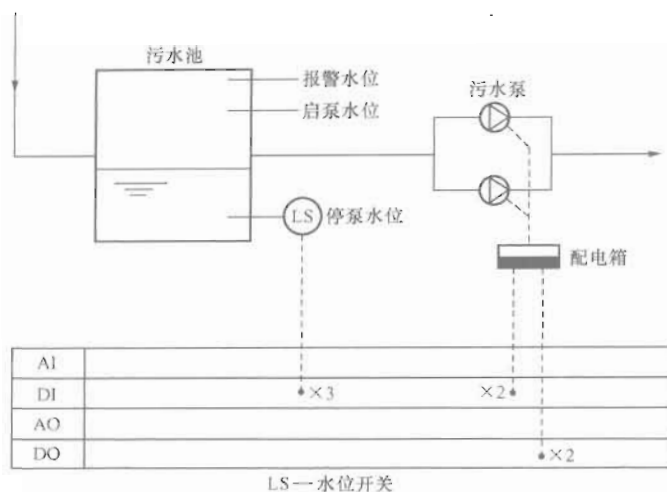


图 2.8 生活污水排水系统监控原理

2.3 高位水箱供水系统及其监控

2.3.1 高位水箱供水原理

供水系统将城市管网的供水先送入地下蓄水池，再通过水泵把水注入高位水箱，通过管网的高位水箱的自然压力（重力）将水送至各用水点。为保证供水的连续性，高位水箱中必须存有一定数量的水，同时在供水过程中还要防止高位水箱水满溢出，因此应将其水位控制在一个特定的范围内。

2.3.2 高位水箱供水系统的自动控制

高位水箱中设置了溢流水位、停泵水位、启泵水位和低限报警水位 4 个液位开关。当高位水箱中的水位在不同位置时，相应的液位开关送出信号给 DDC 的数字输入口 DI。当水箱储水后水位达到停泵水位时，DDC 接收到相关信号，经过处理后，再由 DDC 的数字输出口 DO 给出控制信号控制配电箱内水泵的传电路主触点，使生活水泵停机；当高位水箱储水水位达到溢流报警水位时，控制器发出报警，提示值班人员干预处理。工作泵和备用泵的工作切换也由 DDC 控制环节自动完成。当工作泵发生故障时，将备用泵投入运行，并将工作泵从工作线路中切离出来。

一般高位水箱有多台泵构成工作泵组，一台泵故障，其他备用泵根据需要投入运行。除此之外，系统还能够对泵组中各台泵的当前运行累计时间自动存储记录，在整个高位水箱工作运行过程中，对泵组中各个水泵进行均衡运行控制。启动时，首先启动当前运行累计时间最少的水泵。

高位水箱供水系统的自动控制环节主要完成以下任务：

- (1) 当高位水箱的水位低于下限水位时，启动水泵向水箱储水。
- (2) 当水位达到或超过上限水位时，水泵停机。
- (3) 高位水箱给水泵的启停通过水箱内的上下限水位传感器来获得启停信号。

2.3.3 高位水箱供水系统的监控

高位水箱供水系统主要由水箱蓄水池和水泵组成。控制系统现场设备由直接数字控制器 DDC、液位传感器组成。水箱设置三个监控水位：溢流液位、启泵液位、停泵液位。当液

位低于溢流液位时，由控制器给出水泵的启动信号；当水位高于停泵液位时，控制器给出停止信号；当液位高于溢流液位时，控制系统发出警报。

水池的三个监控水位与水箱基本相同，控制过程也基本相同。

水泵控制和监测内容有：运行状态、故障状态监控；手/自动状态反馈及启停控制。

高位水箱供水系统的运行状态及运行参量进行监控的内容有：

- (1) 从水泵控制配电箱（柜）接触电器辅助触点处采集给水泵启停状态信号。
- (2) 从给水泵控制配电箱（柜）热继电器触点处采集给水泵故障报警信号。
- (3) 从给水泵控制配电箱（柜）转换开关处，采集给水泵平均自动转换状态的当前信息。
- (4) 从水流开关状态输出点采集给水泵工作状态的信号。
- (5) 从液位开关采集高位水箱储水的水位数据，并由此进行水泵的启/停控制。
- (6) 通过 DDC 的数字输出口 DO 控制给水泵配电箱（柜）的控制线路的接通或切离。

2.4 水泵直接给水系统及其监控

2.4.1 水泵直接给水系统的工作原理

系统中使用水管式压力传感器检测管网压力，DDC 根据该测量值与给定值比较后产生的偏差控制变频器输出频率，从而控制水泵转速，使管网供水压力维持在要求的范围内。

当供水管网供水量增加或供水不足时，管网压力减小，DDC 控制变频器输出频率增大，水泵转速增大，供水量增大；当用户用水量减小时，管网压力相应变大，DDC 发出信号使变频器输出频率变小，水泵转速下降，供水量减小，从而实现节能运行。在系统工作时，调速水泵首先工作，当调速水泵的输出不能满足供水要求时，启动恒速泵工作，通过合理配置调速泵和恒速泵的台数和功率，达到较好的节能效果。

系统中有多台水泵协同工作，互为备用时，系统可以进行故障泵的自动切离和备用泵的启动投入，还可进行均衡运行和远程的启停控制。

2.4.2 运行参量监控

水泵直接给水系统的监控主要是对系统运行状态及运行参量进行监控，具体内容主要有：

- (1) 使用安装在供水干管上的管式液压传感器采集供水压力。
- (2) 从恒速水泵配电柜（箱）接触器辅助触点处采集水泵的启/停状态信息。
- (3) 从恒速水泵配电柜（箱）的热继电器触点处采集水泵发生故障的信息。
- (4) 从恒速水泵的配电柜（箱）转换开关处采集手动/自动转换状态信息。
- (5) 从 DDC 数字输出口 DO 输出控制信号到恒速水泵配电柜（箱），控制水泵的启/停。
- (6) 从调速水泵配电柜（箱）接触器的辅助触点采集调速水泵启停状态信息。
- (7) 从 DDC 数字输出口 DO 输出控制信号到调速水泵配电柜（箱），对调速水泵进行启/停控制。
- (8) 从 DDC 模拟输出口 AO 输出控制信号到调速水泵的变频器控制口，驱动电动机对调速水泵进行转速控制。
- (9) 从水流开关状态输出点采集水流开/关状态信息。

在高层建筑中，如果水泵直接为给水系统供水，就可能造成建筑低层的给水压力很大，导致供水效果变差。因此，采取分区配置不同扬程的水泵向不同分区供水，或使用同一扬程的水泵但进行减压后向不同的分区供水，就可以避免这一问题的发生。

2.5 变频调速恒压供水系统及其监控

2.5.1 变频恒压供水控制的基本理论

异步电动机的变频调速是通过改变定子供电频率来改变同步转速而实现调速的。异步电动机的转速为

$$n = \frac{60f(1-s)}{p} \quad (2.1)$$

式中 n —— 异步电动机转子转速；

f —— 异步电动机的定子电源频率；

p —— 异步电动机的极对数；

s —— 转差率。

由式 (2.1) 可知，当极对数 p 不变时，电动机转子转速 n 与定子电源频率 f 成正比，因此连续调节异步电动机供电电源的频率，就可以连续平滑地调节电动机的同步转速，从而调节其转子的转速。

变频调速时，从高速到低速都可以保持有限的转差率，因而变频调速具有效率高、精度高、调速范围广、平滑性较高、机械特性较硬的优点，调速性能可与直流电动机调速系统媲美。因此，变频调速是交流异步电动机的一种比较合理和理想的调速方法，它被广泛地应用于对水泵电动机的调速。

变频恒压供水系统的供水部分主要由水泵、电动机、管道和阀门等构成。通常由鼠笼型异步电动机来驱动水泵，并把电动机和水泵做成一体，通过变频器调节异步电动机的转速，从而改变水泵的出水流量，实现恒压供水。因此，供水系统变频的实质是异步电动机的变频调速，它以供水出口管网水压为控制目标，用出口总管网的实际供水压力跟随预先设定的供水压力，通过它们之间的差值进行控制。实际上恒压供水控制就是使总管网的实际供水压力维持在设定的供水压力上。

变频调速恒压供水系统控制对象是一个时变的、非线性的、滞后的、模型不稳定的对象。对它的控制仍属于工业过程控制的范畴，它以供水出口管网水压为控制目标，在控制上实现出口总管网的实际供水压力跟随设定的供水压力。设定的供水压力可以是一个常数，也可以是一个时间分段函数，在每一个时段内是一个常数。所以，在某个特定时段内，恒压控制的目标就是使出口总管网的实际供水压力维持在设定的供水压力上。变频恒压供水系统的控制原理如图 2.9 所示。

从恒压控制的原理图中可以看出，在系统运行过程中，如果实际供水压力低于设定压力，控制系统将得到正的压力差。通过对这个差值的计算和转换，计算出变频器输出频率的增加值，该值就是实际供水压力与设定压力的差值。将这个增量和变频器当前的输出值相加，得出的值即为变频器当前应该输出的频率。该频率使水泵机组转速增大，从而使实际供水压力提高，在运行过程中该过程将被重复，直到实际供水压力和设定压力相等为止。如果运行过程



图 2.9 变频恒压供水系统的控制原理

中实际供水压力高于设定压力，情况刚好相反，变频器的输出频率将会降低，水泵机组的转速减小，实际供水压力因此而减小。同样，最后调节的结果是实际供水压力和设定压力相等。

2.5.2 变频恒压供水系统的特点

变频恒压供水系统适用于生活、工业以及消防等多种场合的供水，该系统具有以下特点。

2.5.2.1 滞后性

供水系统的控制对象是用户管网的水压，它是一个过程控制量，同其他一些过程控制量（如温度、流量、浓度等）一样，对控制作用的响应具有滞后性。同时用于水泵转速控制的变频器也存在一定的滞后效应。

2.5.2.2 非线性

用户管网中因为有管阻、水锤等因素，同时又由于水泵的一些固有特性，使水泵转速的变化与管网压力的变化不成正比，因此变频调速恒压供水系统是一个非线性系统。

2.5.2.3 多变性

变频调速恒压供水系统要具有广泛的通用性，面向各种各样的供水系统。而不同的供水系统管网结构、用水量和扬程等方面存在着较大的差异，因此其控制对象的模型具有很强的多变性。

2.5.2.4 时变性

在变频调速恒压供水系统中，由于有定量泵的加入控制，而定量泵的控制是时时发生的，同时定量泵的运行状态也直接影响供水系统的模型参数，从而使其不确定性地发生变化。因此可以认为，变频调速恒压供水系统的控制对象是时变的。

2.5.2.5 容错性

当出现意外的情况（如突然断电，泵、变频器或软启动器发生故障等）时，系统能根据泵及变频器或软启动器的状态、电网状况及水源水位、管网压力等工况自动进行投切，保证管网内压力恒定。在故障发生时，执行专门的故障程序，保证在紧急情况下的仍能进行供水。

2.5.2.6 可扩充性

水泵的电气控制柜，具有远程和就地控制功能。它也具有数据通信接口，能与控制信号或控制软件相连，能对供水的相关数据进行实时传送，以便显示和监控以及报表打印等。

2.5.2.7 节能性

系统用变频器进行调速，用调节泵和固定泵的组合进行恒压供水，节能效果显著。对每台水泵进行软启动，启动电流可从 0 至电动机额定电流，减少了启动电流对电网的冲击的同时减少了启动惯性对设备的大惯量转速冲击，延长了设备的使用寿命。

2.5.3 变频恒压供水系统的构成

以最为常用的三台水泵（两台主泵和一台附属小泵）组成的供水系统为例，其原理如图 2.10 所示。由图 2.10 可以看出，变频调速恒压供水系统由执行机构、信号检测、控制系统、人视界

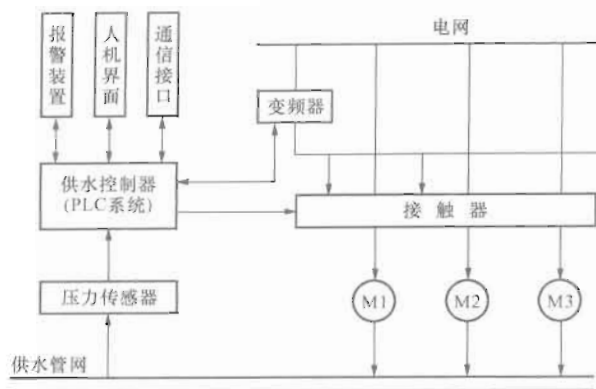


图 2.10 变频恒压供水系统组成原理

面、通信接口以及报警装置等部分组成。

2.5.3.1 执行机构

执行机构是由一组水泵组成，它们的作用是将水供入用户管网，图 2.10 中的 3 个水泵分别代表调速泵、恒速泵和附属小泵三种类型。

以调速泵和恒速泵作为主泵，调速泵可以进行变频调速，根据用水量的变化改变电动机的转速，以维持管网的水压恒定。恒速泵的作用是在用水量增大而调速泵的供水能力已不能满足要求时，对供水量进行定量的补充。

若水泵采用循环控制方式，M1 和 M2 既可以做调速泵，也可以做恒速泵；若水泵采用固定控制方式，M1 和 M2 中有一台为调速泵，另外一台为恒速泵。

附属小泵只运行于启、停两种状态，其作用是在用水量很小的情况下（如夜间）对管网进行供水。

通常的做法是用几台小功率的水泵代替一台大功率的水泵，以小功率的变频器代替大功率的变频调速器，这样供水系统的增容和减容容易。在用水量不太大时，系统中不是所有的水泵都处于工作状态，从而可以提高水泵的运行寿命，降低系统的功耗，并增加系统运行可靠性。加入附属小泵，使系统在用水量很低时停止所有的主泵，只用小泵进行补水，降低系统的运行损耗和噪声。

2.5.3.2 信号检测

在系统控制过程中，需要检测的信号包括水压信号、液位信号和报警信号。

(1) 水压信号。它反映的是用户管网的水压值，是恒压供水控制的主要反馈信号。此信号是模拟信号，读入 PLC 时，需进行 A/D 转换。另外，为加强系统的可靠性，还需对供水的上限压力和下限压力进行检测，检测结果可以送给 PLC，作为数字量输入。

(2) 液位信号。它反映水泵的进水水源是否充足。信号有效时，控制系统要对系统实施保护控制，以防水泵空转损坏电动机和水泵，此信号来自安装于水源处的液位传感器。

(3) 报警信号。它反映系统是否正常运行，水泵电动机是否过载、变频器是否有异常，它是开关量信号。

2.5.3.3 控制系统

供水控制系统一般安装在供水控制柜中，包括供水控制器（PLC 系统）、变频器和电气控制设备等六个部分。

(1) 供水控制器。它是整个变频恒压供水系统的核心。供水控制器直接对系统中的压力、液位、报警信号进行采集，对来自人机接口和通信接口的数据信息进行分析，实施控制算法，得出对执行机构的控制方案，通过变频调速器和接触器对执行机构（水泵）进行控制。

(2) 变频器。它是对水泵进行转速控制的单元。变频器跟踪供水控制器送来的控制信号，改变调速泵的运行频率，完成对调速泵的转速控制。当调速泵的运行频率达到 50Hz，但系统的供水量仍不能达到用水要求时，系统需增加水泵机组投入运行，此时系统控制变频

器从该水泵电动机中脱出，将该泵切换为工频，同时将变频器接入另一台水泵电动机工作。若另一台为恒速水泵，则变频器不做切换。

(3) 电气控制设备。它是由一组接触器、保护继电器、转换开关等电气元件组成，用于在供水控制器的控制下完成对水泵的切换、手动/自动切换等工作。

(4) 人机界面。它是人与机器进行信息交流的场所。通过人机界面，使用者可以更改设定压力，修改一些系统设定以满足不同工艺的需求，同时使用者也可以从人机界面上得知系统的一些运行情况及设备的工作状态。人机界面还可以对系统的运行过程进行监视，对报警进行显示。

(5) 通信接口。它是本系统的一个重要组成部分，通过该接口，系统可以和组态软件以及其他的工业监控系统进行数据交换。同时通过通信接口，还可以将先进的网络技术应用到系统中来，可以对系统进行远程诊断和维护等。

(6) 报警装置。作为一个控制系统，报警是必不可少的重要组成部分。所以为了保证供水系统安全、可靠、平稳地运行，防止因电动机过载、变频器报警、电网过大波动、供水水源中断造成故障，系统必须要对各种报警量进行监测，由 PLC 判断报警类别，进行显示和保护动作控制，以免造成不必要的损失。

2.5.4 变频恒压供水系统的控制流程

整个变频恒压供水控制系统要根据检测到的输入信号的状态，按照系统的控制流程，通过变频调速器和执行元件对水泵组进行控制，从而实现恒压供水的目的，其需要完成的控制流程如图 2.11 所示。

(1) 系统上电，在接收到有效的自动控制系统启动信号后，首先启动变频器拖动水泵 M1（这里以 M1 为变频泵）。通过恒压控制器，根据用户管网实际压力和设定压力的误差，调节变频器的输出频率，控制 M1 的转速，当输出压力达到设定值，也就是供水量与用水量相平衡时，转速稳定。这期间 M1 工作在调速运行状态。

(2) 当用水量增加、水压减小时，通过压力反馈信号和恒压控制器，增加水泵的转速；反之，当用水量减少，水压增加时，通过压力反馈信号和恒压控制器，减小水泵的转速。

(3) 如果用水量继续增加，当变频器的输出频率达到上限频率 50Hz 时，用户管网的实际压力还未达到设定压力，系统将开启一台恒速水泵，并将变频器的输出频率降为下限频率。如果第二台水泵也是变频水泵，系统将 M1 切换至工频供电，使得 M1 恒速运行，同时第二台水泵 M2 投入变频器运行，系统恢复对水压的闭环调节，直到水压达到设定值为止。如果用水量继续增加，当水泵 M2 投入运行，变频器输出频率达到上限频率 50Hz 时，压力仍未达到设定值时，控制系统就会发出水压超限报警。

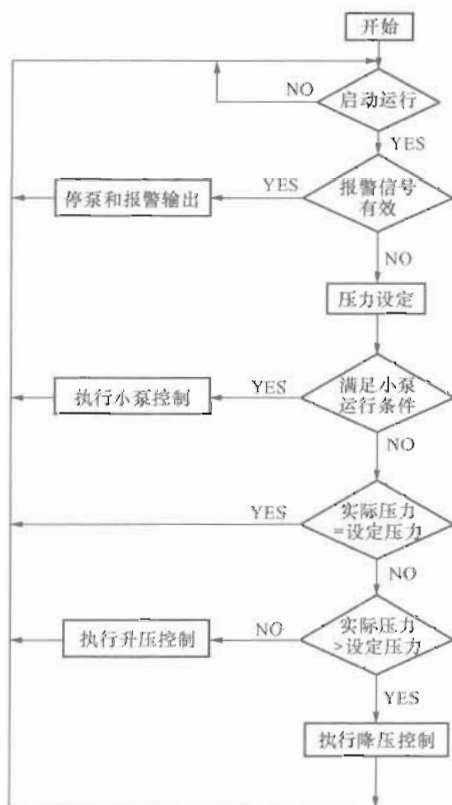


图 2.11 变频恒压供水系统控制流程

(4) 如果用水量下降, 水压升高, 当变频器的输出频率降至下限频率, 用户管网的实际压力水压仍高于设定压力值, 并且满足减少水泵的条件时, 系统将先运行的那台恒速水泵关掉, 恢复对水压的闭环调节, 使压力重新达到设定值。

(5) 当系统中只有调速泵在工作, 而调速泵的运行频率已降至下限频率, 且满足关系条件时, 此时关闭调速泵, 系统进入靠附属小泵进行少量补水的状态。在这种情况下, 若实际压力低于设定压力, 则延时后开启附属小泵进行补水。附属小泵开启后, 若实际压力高于附属小泵的工作压力 (设定压力+附属小泵启/停压力误差), 则关掉附属小泵。待实际压力再次低于设定压力后, 重复上述过程。在附属小泵开启后, 压力达不到设定压力, 则经过一定的延时后, 关掉附属小泵, 开启调速泵进行控制, 工作过程同 (2)、(3)、(4)。

2.6 排水系统的自动控制

2.6.1 建筑排水系统的概念

建筑排水系统包括中水和污水两个部分: 中水的回收利用潜力较大, 可二次利用, 如景观工程用水等; 污水通过污水管道排入城市污水管网。在现代建筑的排水系统中, 依靠污水的重力沿排水管道排入污水井进入城市排水管网, 是建筑物地上部分的污水排水方式。而建筑地下部分的污水排放, 则首先要将污水集中于污水池, 再用排污水泵将其排放到地面上的排水系统。

排水系统与给水系统两者组成了一个完整的综合体: 没有给水系统的排水系统 (雨水排水系统除外), 将不成为排水系统; 没有排水系统的给水系统, 更不能发挥其应有的作用。一个功能多样的建筑物不可能没有排水系统而能正常运作的。在高层建筑中, 完好的排水系

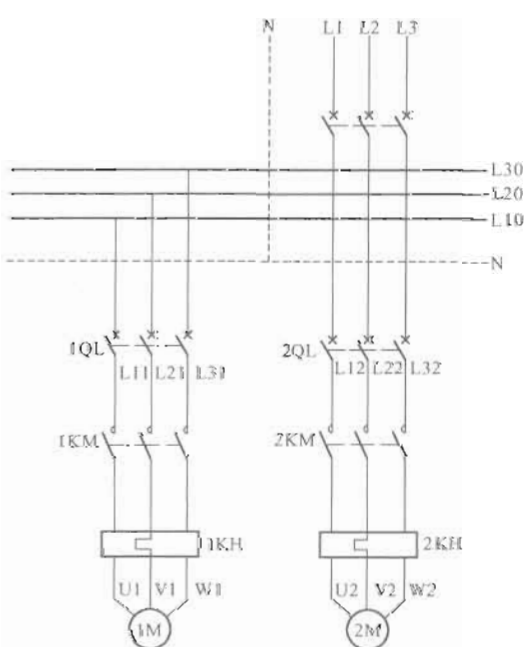


图 2.12 双台排水泵主电路

系统布置合理, 设备选型恰当, 处理技术先进, 安装质量上乘等要求, 而且在经济性方面也是合理的。当然, 排水系统相对于给水系统较为简单, 方案的选择也没那么复杂, 与给水系统一样排水系统也可以选择变频排水系统 (有单台变频排水泵和多台排水泵系统)。

在小流量排水的一般场所内, 对排水的可靠性要求不高。排水量不大, 往往采用一台排水泵, 当排水泵的启动不频繁, 又不要求自动控制或两地控制, 水泵电动机容量也不大, 这时可以只设置低压断路器作为启动控制设备, 不设接触器, 不必设计自动控制电路。

转换 SAC 可将水泵置于手动位置, 以便于检修。也可置于自动控制, 利用液位器的水位信号, 自动启停水泵。

双台排水泵主电路及控制电路如图 2.12 和图 2.13 所示。

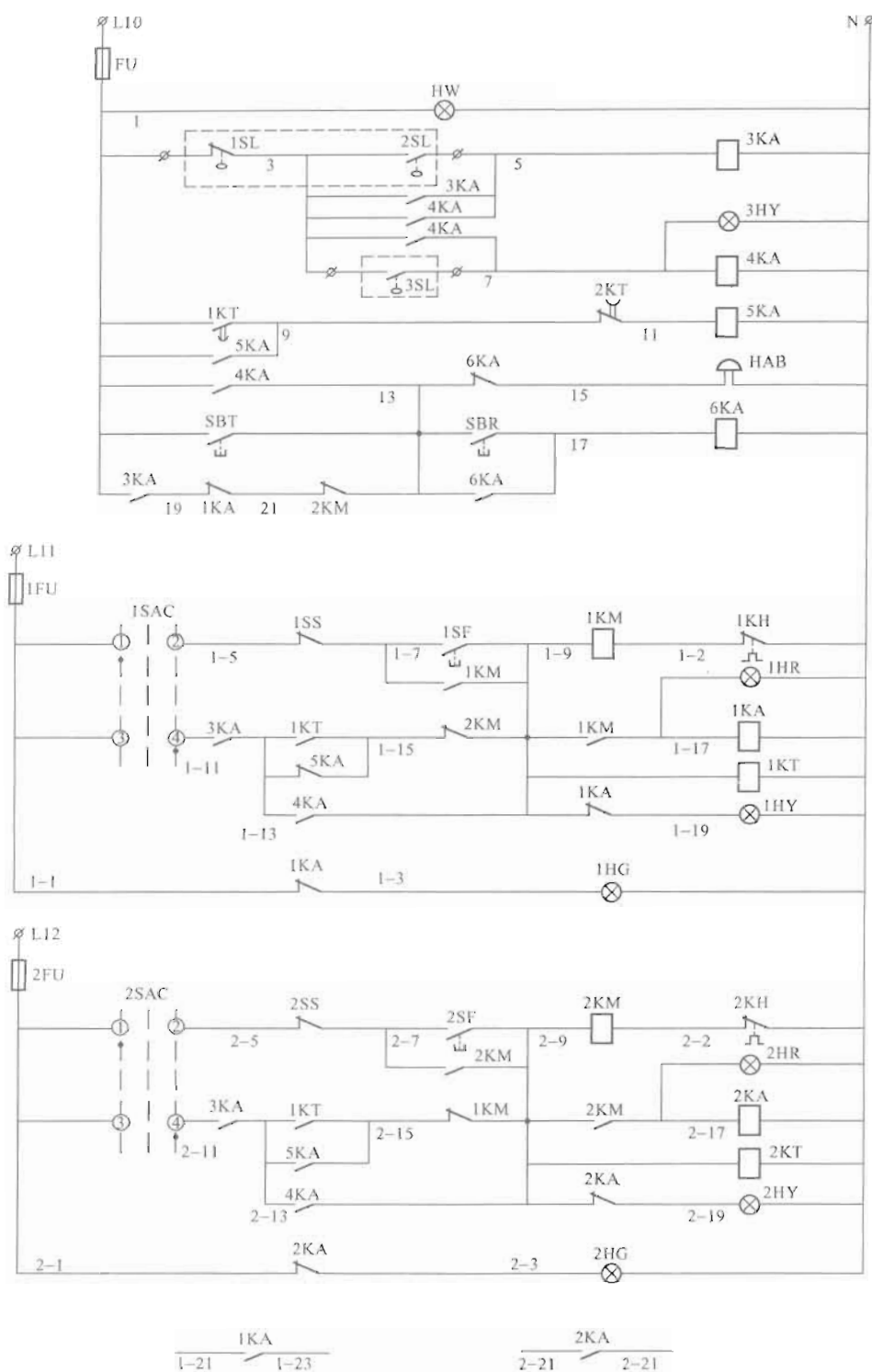


图 2.13 双台排水泵控制电路

2.6.2 排水系统的自动控制

排水系统的自动控制主要包括：

(1) 在污水集水池中设置液位开关，监测停泵水位、启泵水位和溢流报警水位、低限报警水位等。

(2) DDC 根据液位开关采集到不同的状态信号来控制排水泵的启/停。

(3) 当污水池水位达到启泵水位时，DDC 自动控制污水泵启动，排放污水池内污水。

(4) 当污水池内水位下降到停泵水位时，DDC 自动控制污水泵停止运行。

(5) 当污水池水位达到溢流水位；系统报警。

(6) 当污水池水位已经达到至启泵水位或水位已经低于停泵水位而水泵仍然处于开启运行状态时，系统发出警报。

(7) 排水系统中有多台排污泵时，多台泵互为备用，若一台泵发生故障，监控系统自动将其从主线路中脱离，并随后启动备用泵投入运行。

(8) 控制系统自动记录系统中设备的运行时间，可根据这些自动记录对设备进行均衡运行控制（这些设备主要是水泵）。

(9) 控制系统还可对现场设备进行远程开关控制。

2.6.3 排水系统运行状态及运行参量监控

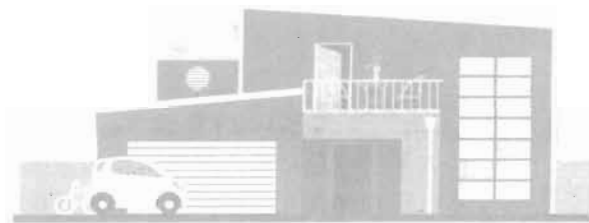
(1) 通过水流开关输出点对水流状态进行监控。

(2) 通过对排水配电箱接触器辅助触点的开/闭信号采集，对排水泵启/停状态进行监控。

(3) 检测安装在污水池的液位开关信号，对污水池水位进行监测。

(4) 通过对排水泵配电箱热继电器触点开/闭合状态的信号采集，可对排水泵发出故障报警。

(5) 自 DDC 的数字输出口 DO 输出到排水泵配电箱接触器控制回路，对排水泵进行启/停控制。



第3章 BAS 中空调系统的自动化控制

空调系统是现代建筑中的主要设备系统，是楼宇自动控制系统的主要监控对象之一。空调系统耗能在建筑总能耗中占40%左右。通过楼宇自动控制系统实现其节能运行，意义重大。空调系统在运行过程中，控制系统要对其进行实时调控，故对空调系统的控制系统性能要求较高。

局部式空调，如窗式空调、柜式空调、专用恒温柜式机等，自身都携带冷/热源及控制系统，不是楼宇自动控制系统的主要监控内容。楼宇自动控制系统主要对集中式中央空调系统进行监控。但有时也将局部空调的启/停监控纳入楼宇自动控制的内容中，但这些空调的具体运行还是由自身的控制系统进行控制，不纳入楼宇自动控制系统中。楼宇自动控制系统中所涉及的空调系统专指中央空调系统，中央空调系统又由冷/热源和前端设备两大部分组成。

当室内空气参数偏离设定值时，采取相应的空气调节技术，使其恢复到设定值，完成空气调节的设备称空调机组（末端设备），也称空气处理设备。

空调系统一般由空调机组和冷/热源组成。

图3.1所示为一个典型的中央空调系统的原理。

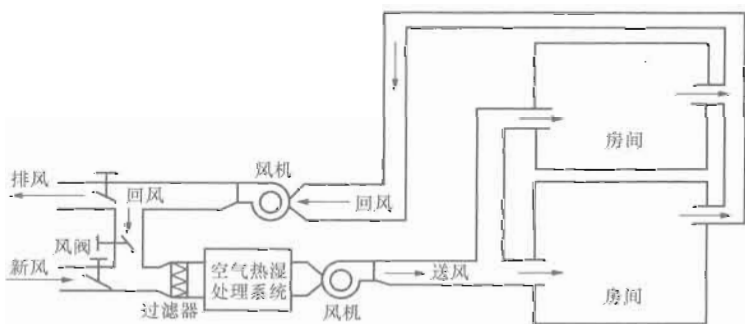


图3.1 一个典型的中央空调系统的原理

常见的空调末端设备有新风机组、空调机组、风机盘管、变风量系统等。

冷/热源设备是空调系统的主要组成部分，不仅监控过程较为复杂，而且节能手段内容丰富。

3.1 中央空调冷/热源系统

建筑物中，系统冷源可以是冷水机组、热泵等，这些冷源主要为建筑物空调系统提供冷量；系统热源可以是锅炉系统或热泵机组等，除为建筑物空调系统提供热水外，还包括生活热水。其中，热泵机组既可以作为系统冷源，又可以作为系统热源。但由于它的制冷、制热效率都较低，因此单独将热泵机组作为系统冷/热源的建筑并不多见。如果单独将冷水机组

作为系统冷源，将锅炉系统作为系统热源，会造成容量浪费和设备利用率低的缺点。因为冷水机组在冬天几乎不用，而锅炉系统在夏天也仅仅满足生活热水需求，同时冷水机组和锅炉机组的容量又必须满足尖峰负荷需求，因此许多建筑物都将冷水机组和锅炉系统作为主要冷/热源，其容量满足大多数情况下的负荷需求，不足部分由热泵机组承担。这种冷/热源的配置方式相对比较经济。

由于冷水机组、热泵、锅炉等设备的控制较复杂，楼宇自动控制系统通过接口方式控制这些设备的启/停并调节部分可控参数，如冷冻水出水温度、蒸汽温度等。生活热水系统的监控原理与建筑物空调热源水循环系统的工作原理基本相同，因此下面讨论空调系统中冷热源设备监控系统的工作原理。

中央空调冷源系统包括冷水机组、冷冻水循环系统、冷却水系统；中央空调热源系统包括锅炉机组、热交换器等。而中央空调系统中的冷/热源系统投资费用高、运行能耗高，进行合理的设计来实现节能运行非常重要。

3.1.1 中央空调冷源系统

冷热源设备有锅炉、电动压缩式冷水机组、热泵型冷（热）水装置、溴化锂吸收式冷水机组、直燃型溴化锂吸收式冷水机组、蓄冷装置、换冷机组等。

空调冷冻水由制冷机（冷水机组）提供，冷水机组由压缩式（活塞式、离心式、螺杆式、涡旋式）和吸收式冷水机组两大类组成。

应综合考虑建筑物用途、建筑物负荷大小及其变化、冷水机组特性、电源情况、水源情况、初始投资运行费用、环保安全等因素来选用冷水机组（制冷机）。制冷机和冷冻水循环泵、冷却塔、冷却水循环泵一起构成冷源。

3.1.1.1 冷水机组（制冷机）

(1) 压缩式冷水机组。压缩式冷水机组中，制冷剂蒸汽在压缩机内被压缩成高压蒸汽进入冷凝器，制冷剂和冷却水在冷凝器中进行热交换，制冷剂放热后变为高压液体，通过液力膨胀阀后，液态制冷剂压力急剧下降，变为低压液态制冷剂进入蒸发器。在蒸发器中，低压液态制冷剂通过与冷冻水的热交换而汽化，吸收冷冻水的热量成为低压蒸汽，再经过回气管重新吸入压缩机，开始新的循环。

在压缩式冷水机组的工作过程中，制冷量即为制冷剂在蒸发器中进行相变时所吸收的汽化潜热。

(2) 吸收式冷水机组。和压缩式冷水机组一样，吸收式冷水机组也是利用低压制冷剂的蒸发产生的汽化潜热进行制冷，区别是：压缩式制冷以电为能源，而吸收式制冷以热为能源。吸收式冷水机组多采用溴化锂水溶液作为制冷冷媒，其中水为制冷剂，溴化锂为吸收剂。

(3) 风冷热泵式机组—空气热源热泵。通过制冷剂管路四通阀的转换，夏季可以供冷，冬季可以供热，一台机组可解决全年的空调需求。

3.1.1.2 冷却塔

冷却水进入冷水机与制冷剂进行热交换，吸收制冷剂释放的热量后水温升高，再通过冷却水循环系统进入冷却塔，降温处理后再循环进入制冷机（冷水机组）进行热交换。

高温冷却水经循环管道进入冷却塔上部喷淋，冷却塔风扇对喷淋下落的水体进行鼓风吹拂，使之与空气发生热交换后冷却，然后再送至冷水机组重复循环使用。冷却塔是冷源系统

的重要组成部分。

3.1.1.3 冷冻水循环泵与冷却水循环泵

冷冻水循环泵将从空调前端设备返回的冷冻水（12℃），加压后送入冷冻机，在冷冻机内进行热交换，释放热量，降温后离开冷冻机（冷冻机出口冷水温度是7℃），即冷冻机进口水温为12℃，出水口温度为7℃。7℃的冷冻水再到达空调末端设备进行水/气热交换实现空气降温调节，再循环返回冷冻机，实现冷冻水循环制冷。

冷却水循环泵实现冷却水在冷冻机和冷却塔之间的循环，再通过冷却塔将冷冻机的冷却水入口和出口温度控制在设定值（冷水机组冷却水入口温度32℃、出口为37℃）。

3.1.1.4 系统冷源工作原理

图3.2所示为典型空调冷源系统中冷水机组的工作原理。

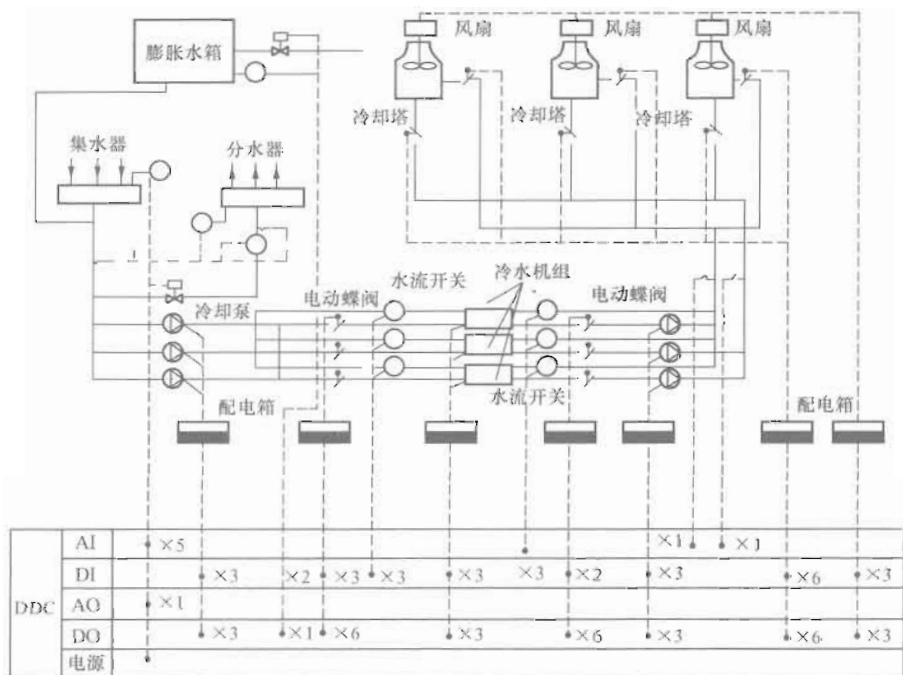


图3.2 典型空调冷源系统中冷水机组的工作原理

3.1.1.5 冷源设备的监控

水冷式热泵机组的工作原理与冷水机组完全相同，而风冷式热泵机组由于没有冷却水循环系统，由风冷式热泵机组的室外机承担水冷式热泵机组冷却水循环的功能，且室外机由热泵机组自带控制器进行控制，控制过程更加简单。下面仅介绍冷水机组的监控范围。

在中央空调系统中常用的制冷方式为压缩式制冷和吸收式制冷两种方式。对于压缩式冷水机组系统，制冷剂从蒸发器出来是低温、低压的气体，经压缩机压缩后成为高温、高压气体，进入冷凝器，高温、高压的制冷剂蒸汽在冷凝器中冷凝放热，成为常温、高压液体，经节流减压阀减压后成为低温、低压的汽液共存状态，进入蒸发器，低温、低压的制冷剂汽液共存体在蒸发器中蒸发、吸热后重新变成低温、低压的气体，回到压缩机。如此不断循环，制冷剂就将不断地冷却冷冻水，同时，将吸收的热量释放到冷却水循环中。

一般,楼宇自动控制系统对单台冷水机组监控的状态参数包括冷水机组启/停控制及状态监视、冷水机组故障报警监视、冷水机组的手动/自动控制状态监视、冷冻水出水/回水温度监视等。

楼宇自动控制系统对冷水机组的控制主要是台数控制,即各台冷水机组的启/停控制。楼宇自动控制系统根据建筑物的实际冷量需求,决定需要开启几台冷水机组及开启哪几台冷水机组。控制要求保证各台冷水机组的累计运行时间基本相同,同时避免同一台冷水机组频繁启/停,即进行均衡运行控制。

除对冷水机组本身的控制外,楼宇自动控制系统一般还要对各冷水机组的冷冻水、冷却水回路蝶阀进行控制,同时监视各回路的水流状态。

3.1.1.6 冷冻水循环回路监控

建筑物空调冷源系统的冷冻水循环系统将从各楼层空气处理设备循环回来的温度升高后的冷冻水送至冷水机组循环制冷,然后再供给各空气处理设备。冷冻水循环回路监控的内容主要包括冷冻水泵的监控、冷冻水供水/回水各项参数的监测、旁通水阀及膨胀水箱的监控等。

冷冻水泵是冷冻水循环的主要动力设备,其监控内容一般包括:

- (1) 冷冻水泵的启/停及状态监视。
- (2) 冷冻水泵故障报警监视。
- (3) 冷冻水泵的手动/自动控制状态监视等。

冷冻水供水/回水的监测参数包括:

- (1) 冷冻水供水/回水温度监测。
- (2) 冷冻水供水/回水总管压力或压差监测。
- (3) 冷冻水循环流量监测等。

系统根据冷冻水供水/回水总管的压力差可以控制旁通阀开度以使冷冻水供水/回水总管压差保持恒定,起到节能和延长设备寿命效果。

3.1.1.7 冷却水循环回路监控

建筑物空调冷源系统的冷却水循环如图 3.2 右半部分所示,它的主要任务是将冷水机组从冷冻水循环中吸取的热量释放到室外。此回路的监控内容主要包括冷却塔的监控、冷却水泵的监控、冷却水进水与回水各项参数的监测。

(1) 冷却塔是冷却水循环回路的重要设备,其监控内容包括:

- 1) 冷却塔风机启/停控制及状态监视。
- 2) 冷却塔风机故障报警监视。
- 3) 冷却塔风机的手动/自动控制状态监视等。

另外,冷却塔的控制还包括其进水管的蝶阀控制。在控制精度要求较高的情况下,可增设冷却塔出水蝶阀控制等监控内容。

(2) 冷却水泵也是冷却水循环的主要动力设备,监控内容包括:

- 1) 冷却水泵的启/停及状态监视。
- 2) 冷却水泵故障报警监视。
- 3) 冷却水泵的手动/自动控制状态监视等。

除对冷却水泵本身的监控外,还可以通过监测水泵回路的水流状态进一步确认水泵的运

行状态。

冷却水循环进、回水参数的监测主要是对回水温度的监测，这是保证冷水机组正常工作的重要监测参数。将回水温度维持在正常范围内是冷却水循环的主要任务，除此以外，根据具体需要也可以在进、回水管设置流量、压力等传感器设备，对进、回水参数进行检测，也可以在进、回水管之间设置温差旁通回路。

3.1.1.8 冷水机组的群控

冷水机组是整个建筑物空调冷源系统的核心设备，冷冻水循环、冷却水循环都是根据冷水机组的运行状态进行相应控制的。

多台冷水机组的协调工作过程的控制较为复杂，图 3.3 所示为最简单的多台冷水机组启/停控制的流程。

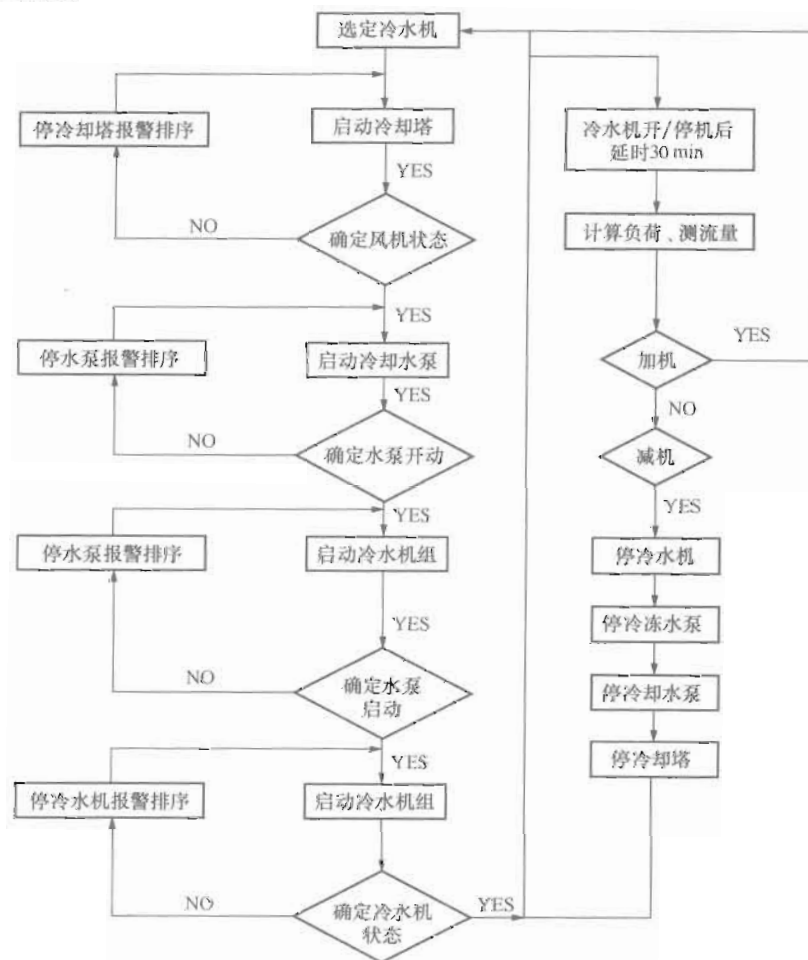


图 3.3 最简单的多台冷水机组启/停控制流程

当需要增加启动或停止一台冷水机组时，需要确定启动或停止哪台冷水机组，控制器可根据目前各台冷水机组的启/停状态、故障状态、累计运行时间及启动频繁的情况等因素进行综合选择。

使用群控，建立各设备之间一一对应的协调工作和协调控制关系，以实现冷冻水泵、冷

却水泵和冷却塔等设备的优化启停。用这种这种群控方案在正常工作状态下控制简捷、方便,但该方案的主要缺点是不能保证冷冻水泵、冷却水泵及冷却塔的启动台数及具体启动哪台是最优的。还有一种群控方案就是对冷冻水泵、冷却水泵和冷却塔各自分别实行群控。

3.1.2 空调系统冷源的自动控制

3.1.2.1 制冷系统自动监测与控制

将制冷机、冷却水、冷水循环水泵、补水箱、集水器、分水器等一些辅助设备安装在专用设备间—制冷站中。制冷站中的冷水机组生成的冷冻水通过分水器向各空调区的新风机组、空调机组或风机盘管(空调末端设备)提供冷冻水,冷冻水与这些末端设备进行热交换,升温后又返回制冷站的集水器,再经过冷冻水循环泵加压进入冷水机组进行制冷,整个过程循环进行。冷冻水系统由冷冻水机组、冷冻水循环泵、分水器、集水器、空调末端及一些辅助设备组成。在制冷过程中,通过对冷冻水供回水温度、流量、压力、压差、冷水机组运行台数和差压旁路调节的控制,实现对冷冻水系统的控制以满足空调末端设备对冷源的需求,同时实现节能的目的。

楼宇自动控制系统对制冷系统的一些主要运行参数进行监控,这些参数有:

(1) 冷水机组的进水口和出水口冷冻水温度。

(2) 集水器回水温度与分水器供水温度(一般与冷水机组的进水口和出水口温度相同),这个温度反映末端冷水负荷的变化情况。

(3) 冷冻水供/回水流量检测。通过对冷冻水(供/回水)流量及供/回水温度检测,可确定空调系统的冷负荷量,并以此数据计算能耗和系统效率。

(4) 分水器 and 集水器压力差值(压差)测量。使用压力传感器测量分水器进水口和集水器出水口的压力,或直接使用压差传感器测量这两个水口的压力差。以供/回水压差数据作为控制调节压差旁通阀的开度依据。

(5) 冷水机组运行状态和故障进行监测。

(6) 冷冻水循环泵运行状态进行监测。

3.1.2.2 制冷站水系统运行控制

(1) 冷水机组的连锁控制。为使冷水机组运行正常和系统安全,通过编制程序,严格按照各设备启停顺序的工艺流程要求运行。冷水机组的启动、停止与辅助设备的启停控制须满足工艺流程要求的逻辑连锁关系。

冷水机组的启动流程为:

冷却塔风机启动→冷却水泵启动→冷冻水泵启动→冷水机组启动。

冷水机组的停机流程为:

冷水机组停机→冷冻水泵停机→冷却水泵停机→冷却塔风机停机。

冷水机组的启动与停机流程正好相反,冷水机组具有自锁保护功能。冷水机组通过水流开关监测冷却水和冷冻水回路的水流状态,如果正常,则解除自锁,允许冷水机组正常启停。

(2) 备用切换与均衡运行控制。制冷站水系统中的若干设备采用互为备用方式运行,如果正在工作的设备出现故障,首先将故障设备切离,再将备用设备投入运行。

为使设备和系统处于高效率的工作状态,并有较长的使用寿命,就要使设备做到均衡运行,即互为备用的设备实际运行累积时间要保持基本均衡,每次启动系统时,应先启动累积

运行小时数少的设备,并具备为均衡运行进行自动切换的能力,这就要求控制系统对互为备用的设备有累计运行时间统计、记录和存储的功能,并能进行均衡运行的自动调节。

(3) 冷水机组恒流量与空调末端设备变流量运行的差压旁路调节控制。冷水机组设有自动保护装置,当流量过小时,自动停止运行,冷水机组不适宜采用变流量方式。但对于二管制的空调系统,通过调节空调末端的两通调节阀,系统末端负荷侧的水流量产生变化。在冷冻水供水、回水总管之间设置旁路,在末端流量发生变化时,调节旁通流量来抵消末端流量的改变对冷水机组侧冷冻水流量的影响。旁路主要由旁路电动两通阀及压差控制器组成。通过测量冷冻水供回水间的压力差来控制冷冻水供水、回水之间旁路电动两通阀的开度,使冷冻水供、回水之间的压力差保持常量,来达到冷水机组侧的恒流量方式,这种方式叫差压旁路控制。差压旁路调节是两管制空调水系统必须配备的环节。

(4) 两级冷冰水泵协调控制。如果冷冻水回路是采用一级循环泵的系统,一般使用差压旁路调节控制方案来实现冷冻水回路冷水机组一侧的恒流量与空调末端一侧的变流量控制。当空调系统负荷很大、空调末端设备数量较多,且设备分布位置分散,冷冻水管路长、管路阻力大时,冷冻水回路就必须采用二级泵才能满足空调末端对冷冻水的压力要求。

(5) 冷水机组的群控节能。制冷系统由多台冷水机组及辅助设备组成,在设计制冷系统时,一般按最大负荷设计冷水机组的总冷量和冷水机组台数,但实际情况运行一般都与最大负荷情况有较大偏差,对应于不同的以及变化的负荷,通过冷水机组的群控实现节能运行。

1) 冷冻水回水温度控制法。冷水机组输出冷冻水温度一般为 7°C ,冷冻水在空调末端负载进行能量交换后,水温上升。回水温度基本反映了系统冷负荷的大小,根据回水温度控制调节冷水机组和冷冻水泵运行台数,实现节能运行。

2) 冷量控制法。使用一定的计量手段根据回水温度与流量求出空调系统的实际冷负荷,再选择匹配的制冷机台数和冷冻水泵运行台数投入运行,实现冷水机组的群控和节能。

在根据实际的冷负荷,对投入运行的冷水机组与冷冻水循环水泵的台数进行调节时,还要同时兼顾设备的均衡运行。

(6) 膨胀水箱与水箱状态监控。膨胀水箱作为制冷系统中的辅助设备发挥着这样的作用:当冷冻水管路内的水随温度改变,其体积也产生改变,膨胀水箱与冷冻水管路直接相连,当水体体积膨胀增大时,一部分水排入膨胀水箱;当水体体积减小时,膨胀水箱中的水可对管路中的水进行补充。

补水箱用来存放经过除盐、除氧处理的冷冻用水,当冷冻水管路中的冷冻水需要补充时,补水泵将补水箱中的存储水泵送入管路。补水箱中设置液位开关对其进行控制,当水位低于下限水位时进行补充,达到上限水位时停止补充,防止渗流。

(7) 冷却塔的节能运行控制。冷水机组的冷却用水带走了冷凝器的热量,温度升高至设计温度 37°C (从冷水机组出口),送出的高温回水(37°C)在送至冷却塔上部经过喷淋降温冷却,又重新循环送至冷水机组,这个过程循环往复进行。

来自冷却塔的冷却水进水,设计温度为 32°C ,经冷却泵加压送入冷水机组,与冷凝器进行热交换。

为保证冷却水进水和冷却回水具有设计温度,就要通过装置对此进行控制。冷却水进水温度的高低基本反映了冷却塔的冷却效果,用冷却进水温度来控制冷却塔风机(风机工作台数控制或变速控制)以及冷却水泵的运行台数,使冷却塔节能运行。

利用冷却水进水温度控制冷却塔风机运行台数，这一控制过程和冷水机组的控制过程彼此独立。如果室外温度较低，从冷却塔流往冷水机组的冷却水经过管道自然冷却，即可满足水温要求，此时就无需启动冷却塔风机，也能达到节能效果。

3.1.2.3 制冷系统监测点

(1) 设备运行状态监控。设备运行状态监控主要包括以下一些内容：

1) 冷水机组运行状态。运行状态信号取自于冷水机组控制器（柜）对应运行状态输出触点（或主接触器辅助触点）。

2) 冷冻水泵启停状态。该运行状态信号取自冷冻水循环泵配电箱接触器辅助触点。

3) 冷却水泵启停状态。此信号从冷却水循环泵配电箱接触器辅助触点取出。

4) 冷却塔风机启停状态监控。监控信号从冷却塔风机启停状态监控配电箱接触器辅助触点取出。

5) 水流开关状态监测。取自水流开关状态输出点。

(2) 参数监测点和故障监控。这些参数可以是水位、流量、温度和压力等。

1) 膨胀水箱高低水位监测。信号取自补水水箱高低水位监测传感器，如使用液位开关，水位高限、低限、溢流位设置等。

2) 冷却塔高低水位监测。信号取自冷却塔高低水位监测输出点，如使用液位开关、设置水位高/低限。

3) 冷冻水供水、回水温度检测。信号取自安装在冷冻水管路上的供水、回水温度传感器输出。

4) 冷冻水流量检测。信号从安装在冷冻水管路上的流量传感器输出，如使用电磁流量计。

5) 冷冻水供水、回水压力（或压差）检测。信号取自安装在冷冻水管路上供水、回水压力传感器或压差传感器输出，如采用水管或液压传感器。并安装在集水器入口、分水器出口，冷冻水管道附近。

6) 冷却水供水、回水温度检测。检测信号从安装在冷冻水管路上的供水、回水温度传感器的输出。

7) 冷水机组启停控制。从 DDC 数字输出口（DO 口），到冷水机组控制器启停远程控制输入点。

8) 冷冻水泵启停控制。从 DDC 数的 DO 口输出到冷冻水配电箱接触器的控制回路。

9) 冷却水泵的启停控制。可从 DDC 的 DO 口（数字输出口）控制冷却水泵配电箱接触器控制电路。

10) 冷却水塔水风机启停控制。由 DDC 的 DO 口接入冷却水塔风机配电箱接触器控制回路。

11) 冷水机组冷冻水进水电动蝶阀。从 DDC 的 DO 口输出到冷水机组冷冻水入口电动蝶阀开关控制输入回路。

12) 冷水机组冷却水进水电动蝶阀。从 DDC 的 DO 口输出到冷水机组冷却水入口电动蝶阀开关控制输入回路。

13) 冷却塔进水电动蝶阀。从 DDC 的 DO 口输出到冷却塔冷却水入口电动蝶阀开关控制回路。

14) 压差旁路两通阀调节控制。从 DDC 的 AO 口 (模拟输出口) 输出到压差旁路两通阀驱动器的控制回路。

在系统设计中还包含手动和自动控制的切换线路设计、设备故障维修/更换等退出自动控制状态的线路设计。

3.1.2.4 制冷系统设备控制

楼宇自动控制系统通过中央监控管理系统和控制现场设备 DDC 对制冷系统的运行进行全面的监控和管理。

在楼宇自动控制系统对制冷系统进行监控管理的软硬件系统设计、设置时,要解决好以下几个问题:冷水机组与辅助设备的连锁控制,设备故障报警手动/自动切换控制,均衡策略运行控制,冷水机组侧的恒流量与空调末端设备变流量运行的控制策略、规律与具体实现方式。

(1) 冷水机组与辅助设备的自锁、互锁控制。

制冷系统的启停顺序有严格的对应关系。

启动顺序:冷却塔风机→冷却水泵→冷冻水泵→冷水机组。

停机顺序:冷水机组→冷冻水泵→冷却水泵→冷却塔风机。

这种逻辑顺序关系借助于控制软件,并依靠电气开关触点自锁、互锁来实现。

(2) 设备故障报警。如果设备运行或工作状态出现故障,监控系统给出报警,并自动停止相关设备的运行,同时对报警信号进行处理与记录。

(3) 备用设备的切换投入。系统中的设备出现故障,控制系统除了报警外,还将故障设备切离,同时将备用设备投入运行,使整个制冷系统正常运行。

(4) 均衡运行的实现。为实现制冷系统中的均衡运行,可通过启停设备的给定策略实施启动来实现。选择启动设备的策略有:

- 1) 累计运行时间最少的设备优先启动。
- 2) 当前停止运行时间最长的设备优先启动。
- 3) 轮流排队启动。

选择停止运行设备的监控策略有:

- 1) 累计运行时间最长的设备优先停止运行。
- 2) 当前运行时间最长的设备优先停止运行。
- 3) 轮流排队停止运行。

在工程实际中,可采用单一策略,也可采用多种策略的组合。

(5) 制冷系统的节能运行。现代建筑中的空调系统能耗在建筑能耗中占有相当高的比例,高达 50%~60%,其中冷/热源设备和水系统的能耗又在空调系统总能耗中占有 80%~90%的比重,因此冷/热源设备及水系统的节能运行控制意义重大。制冷系统中的冷水机组、冷冻水泵、冷却水泵和冷却塔风机都是主要耗能设备,制冷系统的运行节能控制的内容主要是以上这些设备的单项节能及协调运行中的系统节能。

制冷系统的节能运行控制主要采用以下一些措施:

1) 根据具体的热负荷变化规律制定科学合理的设备运行时间表。由于建筑物内企业的工作时间、不同季节时间段、气候的变化等多种因素,制冷系统的热负荷呈现规律性的变化,根据这些变化规律制定制冷设备运行时间表,能起到很好的节能效果。

2) 制冷机组的节能群控。在有多台机型的制冷系统中,对机组进行策略合理的群控,使空调末端设备通过的冷冻水流量与实际的热负荷进行动态匹配,实现节能运行。

对于单台冷水机组,可以调节主机运行及冷水机组冷却水入口温度来调节冷冻水泵、冷却水泵的能耗。

如上所述,根据空调系统实际的冷负荷来调制冷机组运行的台数,同时调整制冷机冷却水的温度,使制冷量与实际冷负荷匹配,实现空调系统的节能运行。

3) 冷冻水循环泵的节能控制运行。如果空调冷冻水系统采用一级冷冻水泵和差压旁路调节控制构成冷冻水回路结构,冷冻水泵为冷冻水提供压力以克服冷冻水传输管路中的阻力,并保证末端设备侧获得足够的压力。通过调节差压旁路的流量,保证空调系统的正常工作。可根据实际空调系统的冷负荷,在满足工作压力、冷冻水流量的情况下调节冷冻水泵运行台数和差压旁路的设定值,使之节能运行。

在冷负荷大的空调系统中,空调末端设备分布范围广,水系统管路长,此时冷冻水系统采用二级冷冻水泵为系统提供正常工作所需的冷冻水压力。对于系统的节能运行,是通过调节二级冷冻水压力和冷冻水泵运行台数来控制的。

4) 冷却塔和冷却水泵的经济运行控制。冷水机组的冷却水进口处,由冷却塔循环输入的冷却水温度须满足特定要求。根据冷冻机对冷却水温的要求,通过对冷却塔运行台数的控制,来实现冷却塔出水温度与设定值的匹配,还可以通过调节电动机的转速来实现这种控制。当冷却塔出水温度高于设定值,可增开一台冷却塔或将冷却塔中风扇的驱动电动机转速提高;如果冷却塔出水温度低于设定值,则将一台冷却塔从运行中切离出来,同时对运行的冷却塔运行参数作适当调节。

在对冷却塔台数的调节控制中,一个重要的因素是室外环境温度。总的来讲,通过合理地调节投入运行的冷却塔台数、调节冷却塔中风机和冷却水泵的运行台数并辅以对转速的调节,可较好地实现冷却塔、冷却水泵的节能运行。

3.1.2.5 制冷站经济运行中的协调控制

制冷机组有较复杂的结构,一般配置有功能很强的监控系统。实现对机组的启停控制、运行参数监测、故障报警以及按照一定的控制策略对机组进行经济运行控制,制冷机组还配置有较完善的安全保护设置。

新的制冷机组的控制监测系统一般设置了标准的通信接口,并且支持 BACnet (Building Automation and Control Network: 楼宇自动控制网标准通信协议) 协议和 LonTalk 通信协议。从发展趋势上讲,通过统一的通信协议,使制冷机组通过标准通信接口与楼宇自动控制系统实现有效的数据通信进而实现无缝互联,楼宇自动控制系统就可以对制冷机组进行高水平的运行状态控制、运行参数控制、经济运行控制及安全防护。BACnet、LonWork 网络都是开放性很好的网络系统,而且两者与 Internet、以太网通过网关或中间件技术都能实现良好的互联。

3.1.3 中央空调热源系统

中央空调热源主要指蒸汽或热水,热源可由自备锅炉或城市热网提供。使用直燃型溴化锂机组和风冷热泵机组等热源装置为空调末端设备提供热源。

(1) 热网供热。城市热网或工厂、小区自建蒸汽锅炉提供高温蒸汽作热源。蒸汽进入热交换器,释热后冷凝成凝结水,回流到中间水箱,通过水泵送回蒸汽锅炉再加热。

常以热网供给的热水作为空调热源，高温热水经换热器换热后，变成空调热水。空调系统中采用冷、热盘管合用方式，这种方式仅适用于热水做热源的情况，不适合蒸汽。

(2) 自备热源装置。

1) 锅炉。

2) 热交换器（换热器）。

空调系统终端热媒多为 $65\sim 70^{\circ}\text{C}$ 热水，通过热交换器完成将高温蒸汽或高温热水 ($90\sim 95^{\circ}\text{C}$) 变为空调热水的过程。热水泵再将空调热水加压经分水器送至各终端负载，在负载中进行水、气热交换（空气升温调节），水温下降，再回流经集水器进入热交换器被加热。

3.2 热源系统及控制

空调系统的热源主要有两个通过城市热网或使用自备锅炉生产热源。下面仅对电加热的热水锅炉或空调热源锅炉进行讨论。

3.2.1 电加热锅炉的运行及控制

电加热锅炉机组运行状态及参量监控的主要内容如下：

(1) 电加热锅炉机组运行状态监控，信号取自电加热锅炉控制器（柜）主接触器辅助触点的断开与闭合状态。

(2) 使用水温传感器监测电加热锅炉机组出口热水温度。

(3) 监测电加热锅炉机组出口热水压力。

(4) 监测电加热锅炉机组热水流量（可采用电磁流量计）。

(5) 通过测出电加热锅炉机组热水流量、分水器进口和分水器出口热水温度可计算出空调末端设备的实际热负荷。

(6) 监测锅炉回水干管的热水压力。

(7) 通过对电加热锅炉机组控制器（柜）的运行状态输出触点的监控，在非正常状态下给出电加热锅炉机组故障报警。

(8) 通过对热水泵控制配电箱接触器触点的接通与断开状态，监测热水泵启停状态。

(9) 通过对热水泵配电箱触点闭合/断开状态，监测热水泵故障情况，并自动报警。

(10) 使用 DDC 的数字出口，对电加热锅炉机组的启停进行控制。

3.2.2 锅炉运行控制及节能

电加热锅炉系统的运行控制内容主要有连锁控制、工作设备与备用设备的切换控制和均衡运行控制、节能控制、定时控制与远程控制等。

电加热锅炉系统启动顺序：先行启动热水泵→启动电加热锅炉。

电加热锅炉系统停止顺序：停运电加热锅炉→停运热水泵。

在系统运行过程中，出现工作设备故障或损坏时，监测控制装置自动将其从电路中切除，然后将备用设备投入运行；此外，系统始终进行自动均衡运行的控制。

对于电加热锅炉系统可采用不同的控制方式使其节能运行，具体可使用热水回水温度法和热负荷控制法进行控制。

(1) 回水温度法。电加热锅炉输出热水一般为 $90\sim 95^{\circ}\text{C}$ ，经热交换后输出 $60\sim 65^{\circ}\text{C}$ 的

热水，经过与输运用目的侧的负荷端进行热交换后，温度降低。回水温度反映了系统热负荷的大小。通过对锅炉机组的启/停调节以及投入运行的热水泵台数、转速的调节，实现节能运行。

(2) 热负荷控制法。通过对冷水机组的供/回水温度及回水干管的流量测量值，运算环节计算出实际系统热负荷，依据此热负荷值控制调节电加热锅炉的启/停及投入运行的热水泵台数，达到节能目的。

控制系统对电加热锅炉按预定的时间运行表进行启停及相关控制，还可以对现场设备进行远程开/关控制。根据系统的实际情况，如电加热锅炉机组的台数、热水泵和补水泵的台数，排列出数字输入/输出、模拟输入/输出的点数，并据此来配置 DDC 控制器。

3.2.3 热交换器及控制

对于两管制空调末端设备，要求所供热水温度为 $65\sim 70^{\circ}\text{C}$ ，但实际上热网或自备锅炉提供的热水大多不能满足这个要求，需要使用热交换器（也叫换热器）将温度较高的高温热水转换成满足一定温度要求的空调热水，经热水泵加压后，再经分水器送至空调末端设备进行热交换；水温下降后的空调热水回流到集水器进入热交换器再次加热，如此循环工作。

热交换器的监控内容有：

(1) 对空调换热系统的运行参量、运行状态进行监测及控制，如热交换器一次侧热水供回水的温度监测、热交换器一次侧热水供回水的压力监测、二次热水泵启停状态监控、水流开关状态监控、热水泵启/停控制等。

(2) 对热交换系统进行连锁控制。应根据严格的连锁控制关系对热交换系统进行启动顺序控制：启动二次热水循环泵→开启一次侧热水/蒸汽阀门；热交换系统的停止顺序控制：关闭一次侧热水/蒸汽阀门→停止二次热水循环泵。

(3) 运行控制及节能运行。系统正常运行要依靠自动控制环节，同时还要兼顾节能运行。可以采用热水回水温度法和热负荷控制法控制系统的节能运行。

从热交换器输出的热水经过空调末端设备，经能量交换后，温度下降，回水温度反映和描述系统的热负荷，回水温度作为控制参量控制调节热交换器的运行台数和热水泵运行台数及转速，实现节能运行。

热负荷控制法是根据分水器、集水器的供回水温度以及回水干路管道的流量值，可动态计算出空调末端设备的实际热负荷。再根据实际热负荷的大小来调节热交换器的运行台数和热水泵的运行台数及转速，达到节能运行的目的。

(4) 定时运行控制与远程控制。可对热交换器按给定的运行时间表进行运行控制，并能对楼宇内的现场设备（与热交换器相关的设备）进行远程控制。

3.3 新风机组与空调系统的自动控制

3.3.1 新风机组自动控制

新风机组自动控制主要由新风阀、过滤器、冷/热盘管、送风机构成；控制系统的现场设备由 DDC、送风温度传感器、防冻开关、压差开关、电动调节阀、风阀执行器组成。

新风机组通常与风机盘管配合使用，主要功能是为各房间提供新鲜空气，满足室内空气的清洁要求。为避免室外空气的温/湿度影响室内空气的温/湿度，将室外空气引入室内之前

要进行热湿处理。

3.3.1.1 新风机组的控制原理

两管制新风机组控制原理如图 3.4 所示，其基本控制过程为：

(1) DDC 按设定时间，送出风机启停信号。新风阀与送风机连锁，当风机启动运行时，新风阀打开，风机关闭时，新风阀同时关闭。

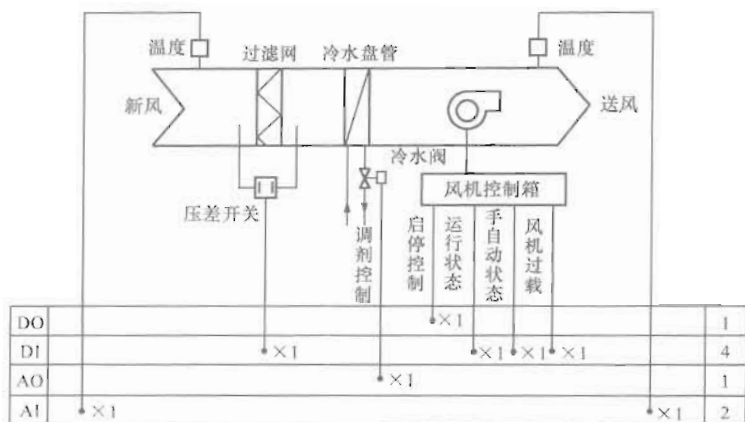


图 3.4 两管制新风机组控制原理

(2) 当过滤器两侧压差超过设定值时，压差开关送出过滤器堵塞信号，监控工作站给出报警信号。

(3) 温度传感器检测出实际送风温度值，与 DDC 设定值比较，再经 PID 计算，输出相应的模拟信号，控制水阀门的开度，控制调节温度趋近并最终稳定在设定值。

(4) 系统中的湿度传感器对送风湿度进行检测，并与 DDC 设定值比较，经 PID 计算，给出相应的设定模拟调节信号控制加湿阀的开度，控制湿度趋近并稳定在设定湿度上。

(5) 对送风机的运行状态进行实时监控，此处主要对手动控制/自动控制/运行/故障的状态进行监控。

(6) 按给定时间表控制风机的启停。

3.3.1.2 新风机组运行状态及参量监控

新风机组运行状态及参量监控的主要内容有：

- (1) 由安装在新风口的风管式空气温度传感器，对新风温度进行监测。
- (2) 由安装在新风口的风管式空气湿度传感器，对新风湿度进行监测。
- (3) 由安装在过滤网两侧的压差开关，对过滤网两侧压差进行监测。
- (4) 由安装在送风管上的风管式空气温度传感器，对送风温度进行检测。
- (5) 由安装在送风管上的风管式空气湿度传感器，对送风湿度进行检测。
- (6) 通过对送风机配电柜接触器辅助触点的断通状态，监测风机的运行状态。
- (7) 通过对送风机配电柜热继电器辅助触点的断通状态，对风机故障进行监测。
- (8) 对送风机进行启/停的控制。
- (9) 对新风机风门开度的控制。
- (10) 冷水阀/热水阀开度控制调节。

- (11) 加湿阀门开度控制。
- (12) 通过装置在空调区域的 CO₂ 传感器对空气质量进行监测。
- (13) 通过送风管内的风管式风速传感器检测风速。

以上风门与阀门的开度调节可通过 DDC 的 DO、AO 口对驱动器控制电路进行控制。

3.3.1.3 新风机组运行控制与节能控制

新风机组运行控制与节能控制内容有新风机组的启动顺序控制及停机顺序控制。

(1) 新风机组温度调节。新风机组的主要控制对象是出风口温度或被调节房间内的温度。传感器测出的温度值或房间内温度值传送给 DCC，DDC 将接收到的温度值与设定值比较所得差值，经 PID 调节算法处理后，调节冷/热水调节阀开度以控制冷冻水（或加热水）流量，使夏季的室内空间温度低于 28℃，冬季高于 16℃。

在新风机组运行中，室外温度变化对于调节系统来讲，是一个扰动输入。

(2) 湿度调节。新风机组的出风口（房间）湿度由湿度传感器测出送至 DDC，与给定值比较得出偏差，由给定算法处理后，调节加湿电动阀门开度，控制空调房间内的相对湿度。

(3) 新风风门的调节。根据新风的温度和湿度、空调房间的温/湿度及焓值计算，以及具体环境对空气质量的要求，控制调节新风风门的开度，使系统向房间提供满足实际需求的新风，同时节能运行。

(4) 空气质量控制。通过安置在空调房间里的空气质量传感器监测室内的 CO₂、CO 的实际浓度，并将监测信号输送给 DDC。若超过给定值，则 DDC 输出控制信号，控制新风风门开度，增大新风的供给。

(5) 启停设备的控制与远程开/关操作。控制新风机组按照给定的运行时间表进行起停，还可在控制中心对新风机组设备及空调机组实施远程控制如开/关操作。

(6) 过滤器堵塞和防冻保护。当过滤器的过滤网出现积灰、积尘，堵塞严重，未进行清洗或清理时，会影响过滤器及整个新风机组的正常工作。通过压差开关监测过滤器两端压差，在压差超过设定值时，给出报警信息。

新风机组中还设置有防冻开关，监测换热器出风侧温度。在室外温度过低，防冰开关监测到的换热器侧温度低于给定值时，关闭风门和风机，防止换热器温度进一步降低。

3.3.2 空调系统的自动控制

空调机组主要由新风阀、回风阀、排风阀、过滤器、冷/热盘管、送风机组成；控制系统由 DDC、送风温度传感器、送风湿度传感器、防冻开关、压差开关、电动调节阀、风阀执行器等组成。

为节能运行，空调系统运行中要使用一部分回风，同时为满足对室内空气洁净度的要求，还要采用一定量的新风。空调机组的工作主要是对系统中的新风和回风混合后进行热湿处理，再送入到空调房间，调节室内空气参数达到预定要求。

如何处理新风和回风比例关系，使之既满足室内空气洁净度、湿度的要求，又能降低运行能耗，这是空调机组必须解决好的问题。

空调机组常要承担若干个房间的空气调节任务，而不同房间可能热负荷、湿度各不相同（热湿特性不同），但是要求不同房间有相同的调节参数。这使得系统控制过程变得更为复杂。

新风机组工作时，仅考虑和处理室外空气参数变化对调节系统的干扰；而空调机组也同

样要受到这类系统外扰动,但除此之外,还有室内人员、设备散热、散湿量变化引起的干扰。调节系统必须有效地应对和处理这些系统外干扰,使被调节空间满足预定的温/湿度要求,同时合理地降低运行能耗。

3.3.2.1 典型空调机组控制应用实例

典型的四管制空调机组系统如图 3.5 所示。

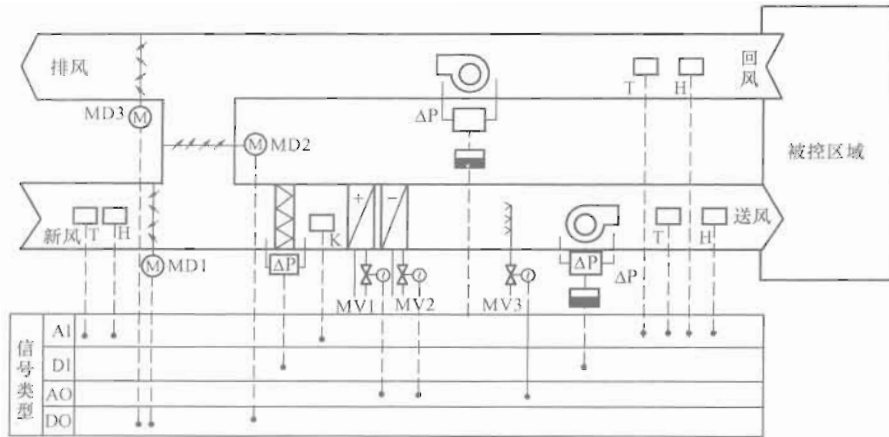


图 3.5 典型的四管制空调机组系统

MD1/2/3—风门执行器; ΔP —压差开关; K—防冻开关; MV1/2—水阀;
MV3—加湿器; T—温度传感器; H—湿度传感器

控制系统的各部分工作情况如下:

(1) 电动风阀与送风机、回风机的连锁控制。当送风机、回风机关闭时,新风阀、回风阀、排风阀都关闭。新风阀和排风阀同步动作,与回风阀动作相反。根据新风、回风及送风焓值的比较,调节新风阀和回风阀开度。当风机启动时,新风阀打开;当风机关闭时,新风阀关闭。

(2) 当过滤器两侧压差超过设定值时,压差开关送出过滤器堵塞信号,并由监控工作站给出报警信号。

(3) 送风温度传感器检测出实际送风温度,送往 DDC 与给定值进行比较,经 PID 计算后输出相应的模拟信号,控制水阀开度,直至实测温度非常逼近和等于设定温度。

(4) 送风湿度传感器检测到送风湿度实际值,送往 DDC 后与设定值比较,经 PID 计算后,输出相模拟信号,调节加湿阀开度,控制房间湿度达到设定值。

(5) 由设定的时间表对风机启停进行控制,并自动对风机手动/自动状态、运行状态和故障状态进行监测;对送风机、回风机的启停进行顺序控制。

(6) 在冬季温度很低时,防冻开关送出信号,风机和新风阀同时关闭,防止盘管冻裂。当防冻开关正常工作时,要重新启动风机,打开新风阀,恢复正常工作。

3.3.2.2 定风量空调机组运行状态及参量监控

自动控制系统对定风量空调机组的以下运行参量及状态进行监控:

(1) 从室外的温度传感器和新风口上的风管式温度传感器,采集室外温度和新风温度。

(2) 从室外的湿度传感器和新风口上风管空气湿度传感器,采集室外湿度和新风湿度。

- (3) 从安装在过滤网上的压差开关, 监测过滤网两侧压差。
- (4) 从安装在送风管和回风管上的风管空气温度传感器, 采集送风/回风温度。
- (5) 通过安装在送风管和回风管上的风管空气湿度传感器, 采集送风/回风湿度。
- (6) 使用安装在空调区域或回风管上的空气质量传感器(如 CO₂ 传感器), 进行空气质量监测。
- (7) 采集由送风管上的风速传感器测出的风速, 对送风风速进行监测。
- (8) 通过安装在送风管表冷器出风侧的防冻开关, 采集防冻开关状态监测信号(在冬季温度低于 0℃ 的北方地区使用)。
- (9) 通过送风/回风机配电柜热继电器辅助触点处的开闭状态, 采集到送风/回风机故障状态的监测信号。
- (10) 通过对送风/回风机配电柜热继电器辅助触点, 对送风/回风机运行状态进行监测。
- (11) 从 DDC 的 DO 口到新风口风门的驱动器控制电路, 调节新风口风门开度。
- (12) 从 DDC 的 DO 口到回风/排风风门的驱动控制电路, 调节回风/排风风门开度。
- (13) 从 DDC 的 AO 口输出冷/热水两通调节阀驱动器控制电路, 调节冷/热水两通调节阀开度。
- (14) 从 DDC 的 AO 口输出到冷/热水阀门的驱动控制器控制输入口, 调节冷/热水阀门开度。
- (15) 从 DDC 的 AO 口到加湿两通调节阀驱动器控制输入口, 调节加湿阀门开度。
- (16) 从 DDC 的 DO 口到送风/回风机配电箱接触器控制回路, 对送风/回风机进行启/停控制。

3.3.2.3 定风量空调机组的运行控制与节能运行

(1) 连锁控制。定风量空调机组启动时的连锁控制顺序为: 新风风门开启→回风风门开启→排风风门开启→送风机启动→回风机启动→冷/热水调节阀启动→加湿阀开启。

定风量空调机组停机顺序控制: 关闭加湿阀→关闭冷热水阀→送风机停机→新风风门关闭→回风风门关闭→排风风门关闭。

(2) 定风量空调机组的温度调节与节能运行。定风量空调机组中, 用回风温度作为被调参数, 由回风温度传感器测出回风温度值传送给 DDC, DDC 计算回风温度与设定温度的差值, 按 PID 调节规律处理并输出调节控制信号。

通过调节空调机组冷/热水阀门开度调节冷/热水量, 使被控区域的温度保持在设定值。室外温度变化通过新风温度来反映, 新风温度值输入给 DDC 进行处理后控制相应的调节阀开度, 从而达到空调区域的温度控制。

(3) 空调机组回风湿度控制。由回风湿度传感器测出的回风湿度值信号送至 DDC, 通过与给定值比较后产生一个偏差, 经由给定算法(PI 规律调节)处理后, 控制调节加湿电动阀开度, 使被调节区域的空气湿度满足设定要求。

(4) 新风风门、回风风门及排风风门的控制。由新风温/湿度传感器和回风温/湿度传感器测出的温/湿度信号量值传送给 DDC, DDC 根据这些数据计算焓差, 按回风和新风的焓值比例及新风量的需求, 调节新风风门和回风风门开度, 同时使系统在趋近较佳的新风/回风比例上节能运行。

(5) 过滤器压差报警及机组防冻。在过滤网出现堵塞严重、积灰较严重的情况下, 装置

在过滤器上的压差开关报警。冬季时，还需要对机组进行防冻监测和控制。

(6) 空气质量控制。使用 CO、CO₂ 等气体传感器监测室内空气质量，DDC 接收到这些测量量后，进行对比运算，再输出控制信号调节新风风门开度，通过调节新风量供给来控制空调区域的空气质量。

(7) 空调机组的定时运行和远程控制。通过控制系统，按给定的时间表对空调机组进行定时启/停控制，并能对相关设备进行远程控制。

定风量空调机组监测控制过程中，常见的监控点见表 3.1。

表 3.1 定风量空调机组监控点

监测、控制点描述	AI	AO	DI	DO	接口位置	说明
送风机运行状态			✓		送风机动力柜主接触器辅助触点	
送风机故障状态			✓		送风机动力柜主电路热继电器辅助触点	
送风机手动/自动转换状态			✓		送风机动力柜控制电路，可选	
送风机开/关控制				✓	DDC 数字输出接口到送风机动力柜主接触器控制回路	
回风机运行状态			✓		回风机动力柜主接触器辅助触点	
回风机故障状态			✓		回风机动力柜主电路热继电器辅助触点	
回风机手动/自动转换状态			✓		回风机动力柜控制电路，可选	
回风机开/关控制				✓	DDC 数字输出接口到回风机动力柜主接触器控制回路	
空调冷冻水/热水阀门调节		✓			DDC 模拟输出接口到冷热水电动阀驱动器控制口	
加湿阀门调节		✓			DDC 模拟输出接口到加湿电动阀驱动器控制口	
新风口风门开度控制		✓			DDC 模拟输出接口到送风门驱动器控制口	
回风口风门开度控制		✓			DDC 模拟输出接口到回风门驱动器控制口	
排风口风门开度控制		✓			DDC 模拟输出接口到排风门驱动器控制口	
防冻报警			✓		低温报警开关	
过滤网压差报警			✓		过滤网压差传感器	
新风温度	✓				风管式温度传感器，可选	
新风湿度	✓				风管式湿度传感器，可选	
室外温度	✓				室外温度传感器，可选	
回风温度	✓				风管式温度传感器	
回风湿度	✓				风管式湿度传感器	
送风温度	✓				风管式温度传感器，可选	
送风风速	✓				风管式风速传感器，可选	
送风湿度	✓				风管式湿度传感器，可选	
空气质量	✓				空气质量传感器 (CO ₂ 、CO 浓度)	

3.4 变风量空调系统

3.4.1 变风量空调系统简介

变风量空调系统是一种节能效果显著的空调系统。定风量系统的送风量是不变的，而是

由房间最大热湿负荷确定送风量，但实际上房间热/湿负荷不可能经常处于最大值状态，而是全年的大部分时间都低于最大值，因此产生不必要的较大能耗。变风量空调系统是通过调节送入各房间的风量来适应负荷变化的系统。当室内空调负荷改变成室内空气参数，且设定值发生变化时，空调系统自动调节进入房间内的风量，将被调节区域的温度、湿度参数调整到设定值。送风量的自动调节可很好地降低风机动力消耗，降低空调系统运行能耗。

VAV 技术于 20 世纪 90 年代诞生美国，VAV 系统追求以较低的能耗满足室内空气环境的要求。VAV 系统出现后并没有得到迅速的推广和应用，当时美国占主导地位的仍是定风量系统（CAV）加末端再加热和双风道系统。20 世纪 70 年代爆发的能源危机使 VAV 系统在美国得到广泛应用，现已成为美国空调系统的主流，同时在其他国家也快速进入了迅速发展阶段。

据有关文献报道 VAV 系统与 CAV 系统相比，大约可以节能约 30%~70%，对不同的建筑物，同时使用系数可取 0.8 左右。

VAV 系统的灵活性较好，易于改、扩建，尤其适用于格局多变的建筑如商务办公楼，当室内参数改变或重新布置隔断时，可能只需更换支管和末端装置、移动风口位置，即能适应新的负荷情况。

由于系统造价较高，控制系统复杂，VAV 系统在我国推广应用受到一定的限制。但随着建筑智能化技术和楼宇自动控制技术的不断发展以及低温空调和冰蓄冷技术的研究应用，控制复杂和成本较高这两个影响 VAV 空调系统发展的关键问题有望解决，因此，在我国推广应用 VAV 空调系统已形成一个普及层面较大的应用热点。

采用一次回风式变风量集中空调系统时，每个房间设一个或多个变风量送风口，一个回风口。房间温度控制器控制末端装置的送风量，控制系统根据各送风口的送风量，调节风机转速，实现节能运行。

尽管 VAV 系统有很多优点，但也应客观地认识到系统存在着一些需要改进的方面，如：

- (1) 缺少新风，室内人员感到憋闷。
- (2) 房间内正压或负压过大导致室外空气大量进入，房门开启困难。
- (3) 室内噪声较大。
- (4) 系统运行的稳定性不是很高。
- (5) 系统的初投资较大。
- (6) VAV 系统比 CAV 系统多了一些末端装置和风量调节装置，使得从方案设计到设备选择、施工图设计及施工调试都与 CAV 系统有很大不同。

3.4.2 VAV 空调系统基本原理及分类

空调系统的能量平衡方程式为

$$G = \frac{Q}{1.01(T_n - T_0)} \quad (3.1)$$

式中 G ——送风量；

Q ——负荷；

T_n ——室内温度；

T_0 ——送风温度。

由式 (3.1) 知：当负荷 Q 或室内设定温度 T_n 发生改变时，如果保证送风量 G 不变，

必须调节送风温度 T_0 。当保证送风温度 T_0 不变（或微调），空调区负荷 Q 变化随之调节送风量 G ，都能保持空调系统的能量平衡。

要维持空调区域的温度，就需要在放热负荷及与该负荷匹配的送风量之间建立某种平衡。当空调区负荷变化时，如果要保持这种平衡，就必须面临两种选择：改变送风温度（定风量）或者改变送风量（变风量）。在部分负荷情况下，两种控制策略可以达到相同的控制效果。

VAV 系统一般由共用或分立的送风系统、风温控制器及辅助加热系统组成。变风量调节是通过改变送风量来达到控制空调区温度的一种控制策略。

在 VAV 系统中，送风温度不变，送风量与空调负荷成正比地进行供给，空调负荷减少，送风量也按线性方式减小，实现动态经济运行。

这种系统的工作特点是：送风温度不变，通过改变风量来满足空调区冷热负荷的需求，通过调节送风机转速来改变送风量（这种转速调节是通过变频调速来实现的）。

传统的中央空调系统，在诸如低压单区、多区和末端再热系统及高压双管诱导式系统中大多采用定风量变风温的方式。例如，一个系统送风量始终为 $10\,000\text{m}^3/\text{h}$ ，而送风温度冬天在 $37.8\sim 21^\circ\text{C}$ 、夏天在 $12.8\sim 25.6^\circ\text{C}$ 之间变化，以此来满足不同的环境负荷需求。

如果在一定的空间内控制温度，则必须在空间热负载和送风体积温度之间取得平衡；这样就可通过改变送风温度或送风体积两种方式，来满足空间热负载变化的需要。

与传统中央空调系统不同，VAV 系统在热负载变化时，仍采取恒温送风，通过改变送风量来满足房间温度控制的需要。例如，一个设计风量为 $4000\text{m}^3/\text{h}$ 的 VAV 系统，可在 $1000\sim 4000\text{m}^3/\text{h}$ 的风量范围内提供恒温为 13°C 的冷风。

当节能要求较高时，送风温度也是可以改变的。在一般负荷下，VAV 系统的平均风量是峰值时的 70%，内区接近 80%，周边区域由于室外阳光辐射变化不一。

VAV 末端装置起到了改变风量的功能，从百分之百的开启到完全关闭。调节范围的选择须同时兼顾室内热舒适状况、通风率及风温和湿度的要求。一个典型的 VAV 末端装置的转换率一般在 1.0~0.25 之间（100%~25% 的风量）。

VAV 空调系统组成：变风量空调机组+变风量末端（VAVBOX）。在 VAV 空调系统中，末端系统的组成方式不同，相应地，组成具有不同结构的 VAV 空调系统，如单风管 VAV 系统、单风管再加热 VAV 系统、单风管送回风机联动 VAV 系统、单风管旁通式 VAV 系统等。

3.4.2.1 单风管 VAV 系统

单风管 VAV 系统的结构原理如图 3.6 所示。

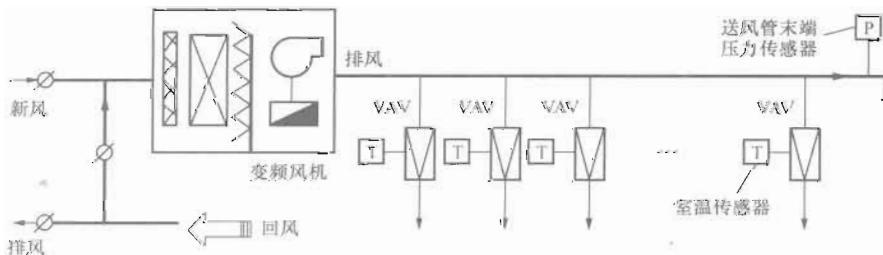


图 3.6 单风管 VAV 系统的结构原理

在每个空调房间入口处的送风支管上装置了送风量调节装置，VAV 空调机组根据空调系统所有末端用户所需实际总风量通过调节风机转速调节风机风量供给。VAV 末端装置根据空调区温度的变化，调节被控区域的送风量，以维持室内温度的平衡稳定。根据送风风道静压的变化，控制变频器驱动的风机转速；根据新风量需求对新风、回风和排风扇进行的联动控制，调节新风、回风风量比。

3.4.2.2 单风管再加热 VAV 系统

当系统达到最小风量时，通过再热盘管的调节，保证空调区温度不致过低或过热。系统工作过程中，如果送风量达到最小值时，通过加热盘管的方式对送风温度进行调节，保证空调区的空气调节满足需求。单风管再加热 VAV 系统的控制系统如图 3.7 所示。

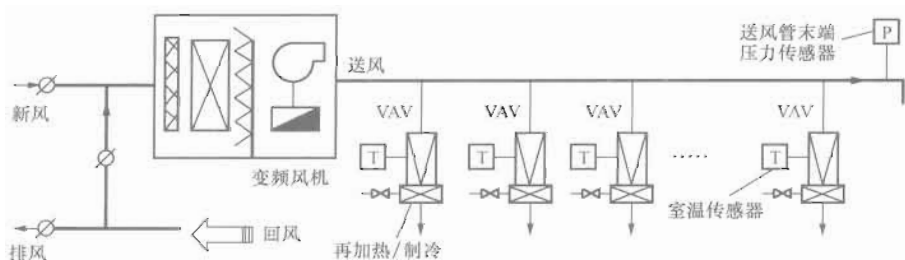


图 3.7 单风管再加热 VAV 系统的控制系统

3.4.2.3 单风管送回风联动的 VAV 系统

单风管送回风联动的 VAV 系统可通过空调区分支风管上的 VAVBOX 和回风管上的 VAVBOX 联动控制，以调节送风量与回风量之差，从而实现控制空调区域静压的目的。

3.4.2.4 单风管旁通式 VAV 系统

单风管旁通式 VAV 系统工作过程：随着室内负荷的变化，当进入室内的风量减少时，多余的风量通过旁道管口排出，与室内回风一起返回空调机组。该系统结构较简单，可满足恒温要求。

3.4.2.5 VAV 系统变风量末端装置与控制

在 VAV 系统运行中，通过特殊的送风装置来调节风量，这类送风装置叫末端装置，也叫 VAVBOX，如图 3.8 所示。



图 3.8 VAV 系统变风量末端装置

末端装置一般有以下几种类型：

(1) 普通型 VAV 末端装置。普通型 VAV 末端装置主要由温度传感器、湿度传感器、电动风门、风速传感器、控制器等部件构成，通过调节风门来控制空调房间的温度。温度传感器测出的温度信号送给 DDC 经过与设定值进行比较，取出偏差送给控制器，经过算法处理后输出控制

调节电动风门的开启度，从而调节空调区温度。

几种普通型 VAV 末端装置外观结构如图 3.9 所示。

(2) 再热（冷）型 VAV 末端装置。在普通型 VAV 末端装置的基础上增加了再热（冷）

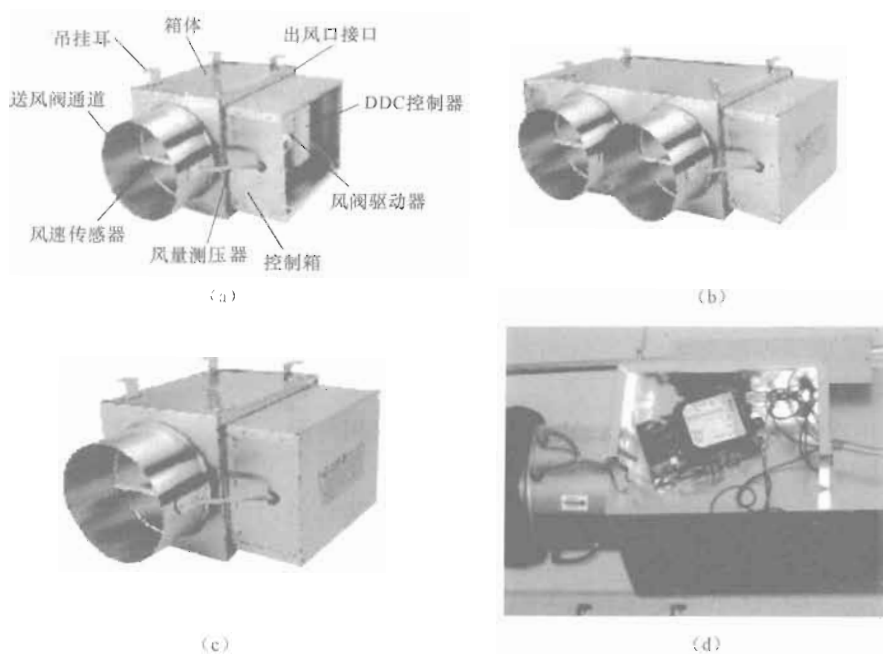


图 3.9 几种普通型 VAV 末端装置外观结构

(a) 变风量空调箱 (分为箱体与控制两部分); (b) 双风道变风量末端;
(c) 单风道变风量末端; (d) VAVBOX 中的专用 DDC 控制器

装置, 就构成了再热(冷)型 VAV 末端装置, 在风量统计的范围内, 通过调节风门控制空调区温度。当风量调节到最大极限值, 且温度仍达不到设定值时, 通过 DDC 将加热器开启来控制风量, 从而使空调房间温度达到设定值。

(3) 风机型 VAV 末端装置。在末端装置中增加了加压风机构成的系统叫风机型 VAV 末端装置。根据加压风机和变风量阀的排列方式不同可分为串联风机型和并联风机型。串联风机型是指风机和变风量阀串联内置, 一次风既通过变风量阀, 又通过风机加压; 并联风机型是指风机和变风量阀并联内置, 一次风只通过变风量阀, 而不需要通过风机加压。该末端装置工作时, 能有效改善室内温度分布和气流条件, 但设备成本和运行成本提高, 可靠性有所下降。

3.4.2.6 VAV 系统的分类

VAV 系统的种类很多, 但可归纳为三种基本类型:

- (1) 完全意义上的 VAV 系统, 末端装置与风机的调节是同步的。
- (2) 旁通类型的 VAV 系统, 旁通风管末端是与定风量风机相连的。
- (3) 变速电动机类 VAV 系统, 通过改变风机运行曲线(如多极电动机、绕线转子电动机、变频调速电动机等)的方法来调节送风量。

第一、二种类型的 VAV 系统, 多为小型 VAV 系统, 制冷量为 10~60 冷吨。

3.4.3 VAV 空调系统的特点

VAV 空调系统有以下主要特点:

- (1) 节能效果好。变风量系统的末端装置可随着被调控区域的实际负荷需求来改变送

风量。

(2) 可实现各局部区域的灵活控制。与 CAV 系统相比, VAV 系统能更有效地调节局部区域的温度, 实现温度的独立控制, 避免在局部区域产生过冷或过热, 由此可减少制冷或供热负荷 15%~30% 左右。

(3) 末端装置的送风散流器诱导率比较高, 室内空气分布均匀, 送风温度可降低, 风管尺寸可减小, 末端装置的数量可减少。

(4) 通过自动控制使空调和制冷设备按实际负荷需求运行, 降低了电耗。

(5) 变风量系统实际上可以不作系统风量平衡调试, 就可以得到满意的平衡效果, 末端装置上的风量调节可以手动设定在一个确定的空气量上, 系统风量平衡只要调节新风、回风和排风阀就可以了。

(6) 和定风量再热系统相比, VAV 系统对室内相对湿度的控制质量要差一些, 但对于一般民用建筑, 对湿度的控制完全能满足要求。

(7) VAV 系统中增加了系统静压、室内最大风量和室内最小风量、室外新风量等控制环节, 设备成本会提高。

3.4.4 典型的变风量空调机组控制

变风量空调机组控制系统结构原理如图 3.10 所示。

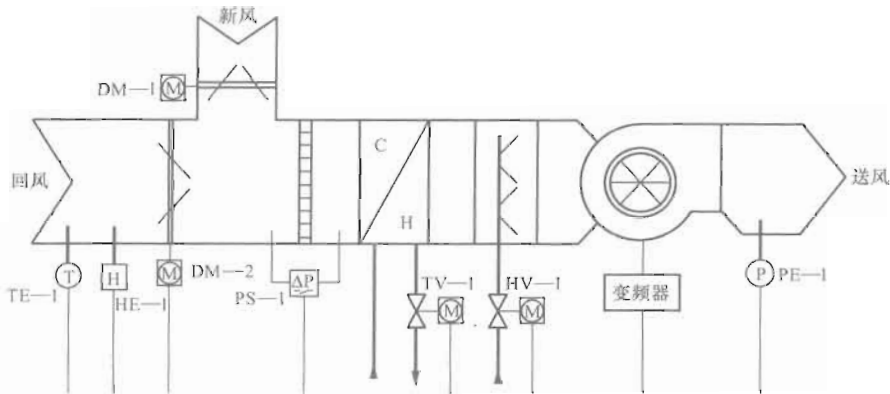


图 3.10 变风量空调机组控制系统结构原理

TE-1—风管温度传感器; HE-1—风管湿度传感器; PE-1—压差变送器;
TV-1—冷热水电动调节阀; HV-1—加湿电动调节阀;
PS-1—压差开关; DM-1、2—风阀执行器

系统中, DDC 可独立地通过相关传感器自动检测和控制回风的温/湿度、过滤器阻塞报警、机组的启/停控制状态, 并通过变频调速环节调节风机转速, 使送风压力恒定, 所有控制逻辑均由软件编程来完成; DDC 通过通信接口与中央管理站联网, 在监控室可集中监控楼宇设备并进行管理。

3.4.5 VAV 系统运行状态及参量监控

VAV 系统运行状态及参量监控的主要内容如下。

(1) 通过安装在室外的空气温度传感器和新风口上的风管式温度传感器, 检测室外温度和新风温度。

- (2) 通过安装在室外/新风口上的风管式空气湿度传感器,检测室外/新风的湿度。
- (3) 在送/回风管中安装风管空气温度式传感器,检测送回风温度。
- (4) 在过滤网上安装压差开关,检测过滤网两侧压差。
- (5) 在送/回风管中安装风管空气湿度传感器,监测送/回风湿度。
- (6) 采用风管式压力传感器,监测送风管末端压强(空气)。
- (7) 将空气质量传感器安装在回风管中,监测空气质量。
- (8) 将风速传感器安装在送风管中,检测送风风速。
- (9) 使用安装在回风管中的风速传感器,检测回风风速。
- (10) 在冬季温度较低且低于 0°C 的北方地区,通过安装在通风管表冷器出风侧的防冻开关输出,监测防冻开关的状态。
- (11) 通过送/回风机配电柜接触辅助触点闭合情况,监测送/回风机运行状态。
- (12) 通过送/回风机配电柜热继电器辅助触点的闭合情况,监测送/回风机的故障。
- (13) 从 DDC 的 DO 口输入到送风机配电箱接触控制回路,对送/回风机进行启/停控制。
- (14) 从 DDC 的 DO 口输出到送/回风电动机变频器控制口,对送/回风机的电动机转速进行调节。
- (15) 自 DDC 的 DO 口输出到新风口风门驱动器控制输入点,进行新风口风门开度控制。
- (16) 从 DDC 的 DO 口输入到回/排风机驱动器控制输入点,对回/排风机风门开度进行控制。
- (17) 从 DDC 的 AO 口输入到冷热水两通调节阀门驱动器控制输入点,对冷热水阀门开度进行调节。
- (18) 从 DDC 的 AO 口输出到加湿两通调节阀门驱动器控制输入点,对加湿阀门开度进行控制。
- (19) 通过空调房间内的温度传感器,对 VAV 末端装置房间温度进行检测。
- (20) 通过安装在空调房间送风管中的风速传感器,对 VAV 末端装置送风进行检测。
- (21) 通过空调房间内的压力传感器,对 VAV 末端装置房间静压进行检测。
- (22) 通过 VAV 末端控制器 AO 口到末端装置送风门驱动器控制输入点,对 VAV 末端装置送风门开度进行调节。
- (23) 通过 VAV 末端装置控制器 DDC 的 AO 口到末端装置回风风门驱动器控制输入点,对末端装置回风风门开度进行控制。
- (24) 通过 VAV 末端控制器的 DO 口到末端装置再热器控制输入点,对 VAV 末端装置再热器进行开关控制。
- (25) 通过对所有 VAV 末端控制的风量检测值的计量及统计,实现对空调机组的送风量控制。

3.4.6 VAV 系统运行与节能控制

3.4.6.1 连锁控制

变风量空调系统的启动、停机顺序应通过连锁控制来进行。

空调机组的启动顺序:新风口风门开启→回风口风门开启→送风机启动→排风口风门开启→回

风机启动→空调冷冻水/热水调节阀开启→加湿阀开启。

空调机组的停机顺序：加湿器停机→空调冷冻水/热水调节阀关闭→回风机停机→排风风门关闭→送风机停机→新风门/排风门关闭、回风门停机。

3.4.6.2 变风量空调机组的送风量、送风温度调节与节能策略

VAV 系统控制的核心是对总风量进行控制。常用的总风量控制方法有：定静压定温度法、定静压变温度法、变静压温度法和 VAV 系统总风量控制法。

(1) 定静压定温度法 (Constant Pressure Temperature, CPT)。这种控制方法是：在送风温度保持不变，但保证系统风管中某一点或几个固定点处平均静压为一定值，通过控制变频器转速，将以上诸参考点的平均静压控制在给定值，以实现总风量的调节控制。

该法多选送风干管末端的参考点平均静压做调节参量，采用控制机组风机转速来稳定末端静压。当为被调控区域的热负荷匹配增加供风量时，风管压降增加，末端静压降低，末端定压传感器测得的静压值送往 DDC 的 AI 口，与设定值比较后的偏差值，按特定调节规律运算并输出控制信号到变频器调节转速稳定静压。

末端静压和送风温度都不变的控制方法就是定压定温法。

(2) 定静压变温法 (Constant Pressure Variable Temperature, CPTV)。当 VAV 系统末端负荷发生变化时，在保持参考点平均静压不变的条件下，通过调节空调机组送风温度，来实现末端负荷变化引起 VAV 系统总负荷的动态跟踪变化。

这种系统方法可以保持送风温度不变，通过调节空调机组通风量动态跟随末端负荷变化的要求，同时保证末端静压不变；也可以在保持空调机组通风量不变的情况下，通过调整空调机组送风温度来满足末端负荷变化的要求，同时保持末端静压维持在稳定值；还可以在保持末端定静压的条件下，同时调节空调机组的总送风量和送风温度，来实现定静压变温度的控制方法。

(3) 变静压变温度法 (Variable Pressure Variable Temperature, VPVT)。当末端负荷变化时，同时调节末端静压和送风温度，即末端静压和送风温度均是可调节的参数。

(4) VAV 系统总风量控制法。控制末端静压的 VAV 系统工作运行存在着不稳定性因素，采用总风量与末端负荷匹配的总风量控制法可有效地进行 VAV 系统中的运行与节能控制。通过自动计量和统计求出各末端风量总量，通过送风机相似特性及相关的计算求出送风机转速，并控制送风机在此转速运行，使送风量与负荷匹配，这就是 VAV 系统中的总风量控制法。

在控制精度要求不高时，构建开环的总风量控制系统，此时控制策略与算法较简单，稳定性好，但是在各末端风量处在动态变化及设备性能变化时，VAV 系统工作运行误差就很大，采用反馈方式构成闭环控制后，系统性能会大幅提升。

3.4.6.3 回风机转速控制

在较大的 VAV 空调系统中，末端数量多、分布范围大，总风量大且风道管路较长，系统装置中包含总回风管路中的回风机。在控制上，除了对风机进行变频调速控制外，还要求对回风机进行相应的联动控制，既控制送风量，也控制回风量，以保证空调房间在其他运行参数得到满足的同时使送风量和回风量达到平衡。一般情况下，回风量要小于送风量，但在被调控区域有负压要求时，回风量应大于送风量。应根据系统的实际情况确定送风量与回风量的差值，同时根据风管末端静压信号调控回风机的转速及风量。

还可以将送风机前后风道压差测量值和回风机前后风道压差测量值送入 DDC 的 AI 口并与 DDC 内存储的设定值进行比较,对偏差进行给定控制算法运算后,输出控制信号调节风机转速使回风量满足要求。

3.4.6.4 湿度控制

被调节区域的湿度平均值可用空调机组回风相对湿度来描述,因此以空调机组回风的相对湿度作为调节量,来实现湿度控制。回风管中的空气湿度经湿度传感器检测得到并送往 DDC,与设定值比较,其偏差经 PI 运算得到控制信号调节加湿阀开度,将空调机组回风的相对湿度控制在设定值。

3.4.6.5 空气质量控制

对空调机组的回风总管中的 CO₂、CO 含量进行检测,以此来确定空调区域的空气质量。空气质量传感器检测到的 CO₂、CO 浓度值信号送往 DDC,DDC 处理后输出控制信号控制新风风门开度,以调节空间区域的空气质量。

3.4.6.6 新风量、回风量与排风量的比例控制

焓值描述湿度空气的温度和含湿量,DDC 根据新风、回风的温/湿度进行新风及回风的焓值计算,并按回风和新风的合理焓值比例调节新风/回风风门的开度,使系统在接近最佳的新风/回风量比值的状态下运行,以实现节能。

3.4.6.7 过滤器压差检测

在过滤器上安装压差开关检测过滤器两侧压差,在过滤网发生积灰积尘、堵塞严重时,压差开关报警,维护人员进行干预,并进行清理和清洗。

3.4.6.8 空调机组防冻保护

在换热器出风侧使用防霜冻开关检测温度,当温度低于 5℃ 时,表明室外温度过低,防霜冻开关给出报警信号,关闭风机,以防止换热器温度进一步降低。

3.4.6.9 空调机组的定时运行及 VAV 系统设备的远程控制

变风量空调系统的控制内容包括:按给定的时间表进行启/停控制;中央监控系统对 VAV 系统设备具有远程开/关操作功能。

3.4.6.10 VAV 空调系统中重要的检测控制点设置

VAV 空调系统的主要监控点设置见表 3.2。

表 3.2 VAV 空调系统的主要监控点设置

监测、控制点描述	AI	AO	DI	DO	接口位置	备注
送风机运行状态			✓		送风机动力柜主接触器辅助触点	
送风机故障状态			✓		送风机动力柜主电路热继电器辅助触点	
送风机手/自动转换状态			✓		送风机动力柜控制电路,可选	
送风机开/关控制				✓	DDC 数字输出接口到送风机动力柜主接触器控制回路	
送风机转速控制		✓			DDC 模拟输出接口到送风机变频器控制口	
回风机运行状态			✓		回风机动力柜主接触器辅助触点	
回风机故障状态			✓		回风机动力柜主电路热继电器辅助触点	
回风机手/自动转换状态			✓		回风机动力柜控制电路,可选	
回风机开/关控制				✓	DDC 数字输出接口到回风机动力柜主接触器控制回路	

续表

监测、控制点描述	AI	AO	DI	DO	接口位置	备注
回风机转速控制		✓			DDC 模拟输出接口到回风机变频器控制口	
空调冷冻水/热水阀门调节		✓			DDC 模拟输出接口到冷热水电动阀驱动器控制口	
加湿阀门调节		✓			DDC 模拟输出接口到加湿电动阀驱动器控制口	
新风口风门开度控制		✓			DDC 模拟输出接口到送风门驱动器控制口	
回风口风门开度控制		✓			DDC 模拟输出接口到回风门驱动器控制口	
排风口风门开度控制		✓			DDC 模拟输出接口到排风门驱动器控制口	
空调机组送风出口(静)压力	✓				风管式空气压力传感器	
送风管末端静压	✓				风管式空气压力传感器	
防冻报警			✓		低温报警开关	
过滤网压差报警			✓		过滤网压差传感器	
新风温度	✓				风管式温度传感器, 可选	
新风湿度	✓				风管式湿度传感器, 可选	
室外温度	✓				室外温度传感器, 可选	
回风温度	✓				风管式温度传感器	
回风湿度	✓				风管式湿度传感器	
送风温度	✓				风管式温度传感器	
送风风速	✓				风管式风速传感器	
送风湿度	✓				风管式湿度传感器	
空气质量	✓				空气质量传感器 (CO ₂ 、CO 浓度)	
末端风量/风速传感器	✓				风管式风速传感器, 可选	
室内温度传感器	✓				室内温度传感器	
末端送风风门开度控制		✓			末端送风风门驱动器控制口	
再热器控制				✓	再热器阀门/(电热器)启停控制口	
室内静压测量	✓				室内温度传感器	
回风量/风速测量	✓				风管式风速传感器, 可选	
合计						

3.4.7 变风量空调系统的设计

VAV 系统是目前最为节能的中央空调系统的一种, 与传统的中央空调系统相比, 其能耗减少幅度可达 50%。该系统只在冷负荷或热负荷到达峰值时才使用最大风量, 而不采用变风量方式工作的中央空调系统的能耗大大高于 VAV 系统, 各工作区的峰值负载不是同时出现的, 在大型的办公建筑中, 系统负载量是其峰值时(或全部 VAV 末端负载总容量)的 70%。

若设计合理的话, VAV 系统具有良好的灵活性, 系统可很方便地扩展、重组或部分卸载, 而不致显著影响中央空调系统的工作。图 3.11 所示为实际工程应用中典型的 VAV 系统。

VAV 系统是目前广泛应用的一种系统, 其最大的特点是末端装置与风机的同步调节, 有时也被称为节流型 VAV 系统, 该系统的静压通常是由离心风机、轴流风机的入口风阀或通过风机的电动机变速来控制的。

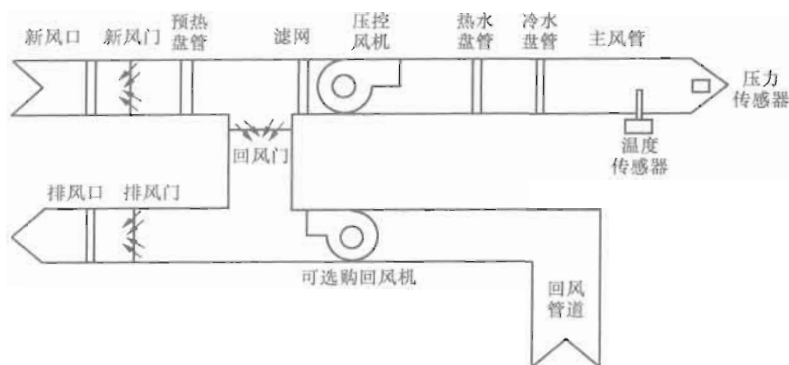


图 3.11 实际工程应用中典型的 VAV 系统

为适合不同需要，VAV 系统还可分别与定风量系统或水系统等组合。

3.4.7.1 内、外区组合系统和 VAV 再加热系统

(1) 内、外区组合系统。一种方式是在一个系统内组合了内区和外区。外区的控制系统由内区扩展而成。内区是单制冷 VAV 系统，外区是单制冷 VAV 系统再加上末端再热系统，组成了周边区域控制系统。

(2) VAV 再加热系统。如 VAV 系统周边区域使用再加热系统，当风量减少至预设置的最小值时，再加热系统才开始工作。

系统最大送风量取决于系统最大瞬时负载而非各区峰值的总和。同时系统其他各种附属系统的存在，如某些场合存在间歇性的负载（如会议室、办公设备室等），都是使总风量减少的因素。由于风量削减是控制的第一步，只有在系统到达最小风量时，加热系统才会工作。这种控制过程可在夏季和过渡季明显降低能耗。

在系统末端装有专为 VAV 再加热使用的两个调节器。一个是温度控制器，另一个是最小风量控制器。由于有最小新风量，故在过渡季会出现加热和制冷同时存在的情况。

3.4.7.2 设计良好的典型 VAV 系统应具备的特征

(1) 与周边加热系统结合在一起的 VAV 系统是多区空调的一种代价较高的控制方式，其制冷和加热系统的同步性和灵活性都比较高。

(2) 典型的 VAV 系统最大的优点是可从灯光、人员、阳光和设备的转换中获取能量，可达到峰值负载总和的 30%。这样，可大大节省风机、冷冻机、加热器、辅助设备及管道安排的费用。从这些地方节省下的费用比增加 VAV 末端设备、风机控制器等所需的费用多得多。

(3) 典型的 VAV 系统实际上是自平衡系统，只有在静压控制和风量调整充分时，该特点才明显。网络越复杂，静压和风量控制的要求就越高。当满负荷送风量远远大于实际负载的需要时也难以实现自平衡的特点。在定风量系统和再加热系统中附加制冷和加热所造成的风机耗能也值得注意。

(4) VAV 系统可以自由重新划分区域或增加新的负荷，整个系统可承受所增加的负荷且该负荷不超过最初设计的峰值。但这个特点不适用于旁路系统，除非在此范围内的系统硬件分布可保证其进一步细分及部分改变。VAV 末端装置应考虑到风口尺寸，使用风管末端连接口（从大楼周边的通风口引出或从某些独立风机系统引出），方便了不同接口的需要，

同时也消除了管道末端的功能限制。

(5) 从以下途径节约费用 (不适用于旁路系统)。

1) 根据风机驱动形式及能耗下降合理选取风机电动机功率, 使风机长期运行于低风量状态下, 以减少风机的功耗。

2) 在 VAV 系统调节过程中, 加热器和水泵能耗下降。

3) 从“自然冷却”方式中获益。1 在最小新风量时, 送风流量小, 回风温度较低。2 由于某些低负荷区域维持在最小风量, 送风管道内的低流量送风因环境温度而上升, 这样可减少再加热使用的能量。随着风量的减少, 过滤器的寿命将显著的延长。

4) 对于不使用该系统的区域, 可停止该区域的制冷与通风。

(6) 减少低于设计空气流量的运转时间。室内的风速要求小于 $3\sim 4.5\text{m}/\text{min}$, 而变风量末端在调节时产生的风速变化会使人感到不舒服, 这在大风量送风口尤为明显。解决的方法是加大吊顶风口的尺寸, 一般将送风口的额定流量加大到 $1\ 500\text{m}^3/\text{h}$ 以上。

(7) 风机与 VAV 装置的静压控制器只有在满负荷情况下, VAV 系统才有较大的噪声, 在非峰值时噪声较小。

(8) 同时制冷、加热, 无季节转换。

(9) 中央空调设备不需分区控制。

(10) 内外联合式 VAV 系统附以再加热末端的系统的初投资小于内外区分立、周边辐射的系统。但在能耗及使用费用上前者大于后者。

3.4.7.3 VAV 系统设计注意点

(1) 要获得高风速低流量, 推荐使用高拖带力送风末端, 否则, 低拖带力系统 (如吊顶通风装置) 应用于此就会有问题。

(2) 在最小和最高风量情况下, 出风口动作自如。

(3) 对室内空气扰动小。

(4) 由于附壁效应的存在, 供风会在墙顶附近聚集而降低送风效率, 故墙面应保持平整, 除非所有的墙面凹凸都远离送风口。

(5) 荧光灯的凹形反光槽会显著影响设计风速, 两者须隔开一定距离。

(6) VAV 气流分布系统远比定风量系统复杂, 其中有许多因素需要考虑和验证。

(7) 对最小风量影响非常关键的因素有: 通风的需要、湿度、供风口的适当流量、VAV 末端工作情况、噪声等级、管道总压力的增加、风机上压力的变化、风机运行及稳定状况。

1) 在制定大楼外观及结构的设计标准之前, 先决定中央空调系统在运行状态下所需的设备。

2) 划分需要进行温度控制的区域。

3) 计算整幢大厦的冷、热负荷及各个区域的极值情况。

4) 估算出同步峰值负荷情况, 并在可行的条件下得出分配系统。

5) 计算不同区域及独立空间所需的风量。

6) 选择最为匹配的 VAV 系统和定风量系统及所使用的中央空调系统设备。

7) 划分不同系统的区域。

8) 决定风管系统走向与尺寸。

- 9) 选择出风口及末端设备的位置与尺寸。
- 10) 对每一系统计算出最大与最小风量下的管道阻力。
- 11) 计算差异因素(如需要)。
- 12) 挑选风机,检测其在最大(小)风量的运行情况。
- 13) 挑选中央制冷(暖)站设备。
- 14) 规划水管系统。
- 15) 选择主要的中央制冷/热设备的规格(锅炉、水泵、冷冻机等)。
- 16) 计算系统热损失与增益。
- 17) 选择辅助设备。
- 18) 设计控制系统与设备。

在 VAV 系统中,应正确估计负荷。若不能准确计算室内净负荷, VAV 系统风量提供过剩,则造成在满负荷时仍需节流控制或在局部负荷时,已超过节流范围。此外,选择风机、管道、末端及控制阀门也应避免尺寸过大。

3.4.7.4 节能考虑

与其他空调系统相比,真正的 VAV 系统能在最低能耗下灵活实现加热/制冷。因此,在设计 VAV 系统时,必须注意以下特点:

(1) 不使用任何增加功耗的加热类型,如大多数双风管定风量和所有的再加热系统。当 10~15℃ 的混合风经过空调的附加能源再加热至 24℃ 及更高的温度(除了使用最小新风热能)时,单风机双风管系统是非常耗能的,同样在混合区制冷效应也被抵消。

(2) 真正的 VAV 系统的风量应该是随着各区风量减少而同步减少的。它间接减少了系统制冷功耗,同时节省了风机年均耗能。

(3) 对包括诸多内区空调的 VAV 系统设计,只需根据同时负荷率(瞬间的最大负荷)而不是按各个区域峰值负荷的总和来选择风机容量,可大大节省风机运行功耗。

(4) 有时可以采用两种类型的 VAV 系统来最大效率地降低能耗。一个是利用独立的外区与内区风机实现全空气加热制冷系统,另一个是常见的辅助加热系统对内、外区提供相同风温。

1) 带独立风机的周边空调系统可采用自循环控制方式(无新风),在加热季节可充分回收利用室内的灯光热量,当内部使用热泵作为热回收源时,所有的内区热量都可提供给周边系统。

2) 变风量单冷或混合(冷热)系统都只是在局部冷负荷时减少系统风量,而不是在满负荷的情况下减少系统风量。

3.5 风机盘管控制

风机盘管是空调系统的末端装置,风机盘管一般均可以调节风机转速(或通过旁通阀调节经过盘管的水量),从而调节送入室内的冷/热量。

图 3.12 所示为二管制制冷/热合用的风机盘管控制原理。

风机盘管二管制温度控制系统是由温度控制器(TC—1)、电动阀(VA—1)组成。控制器(TC—1)的作用是检测室内的温度并与控制器设定温度相比较,并根据比较结果对电

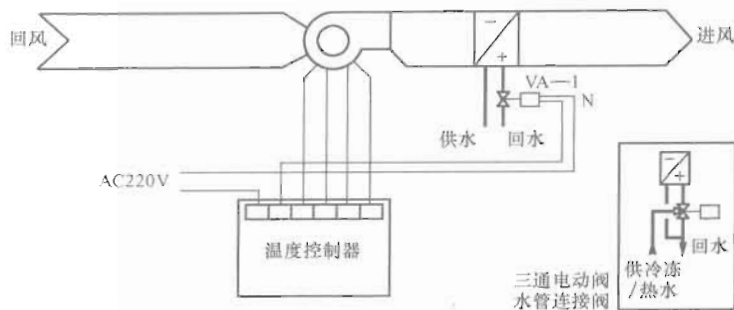


图 3.12 二管制冷/热合用的风机盘管控制原理

动阀（VA-1）进行通、断控制，从而使房间温度保持恒定。

温度控制器（TC-1）通过检测室内温度，并与设定的温度比较，当室内需要冷风或热风时，控制器打开电动阀和风机，向室内供冷或供热。当室内温度低于 5℃ 时，部分型号的温度控制器（TC-1）自动启动风机，以防止盘管冻裂（此功能可设置）。

3.6 通风系统自动控制

现代建筑中的一些对温湿度无较高要求，但对空气质量有较高要求的场所，如地下车库、一些仓储区域、厨房和锅炉机房等，可设置通风排风设备进行通风，以保证空气质量清新。

对于通排风控制精度要求不太高的场合，可通过安排依据较简单的控制策略或时间表对通/排风设备进行程序的启/停控制。对于空气质量要求较高的调控区域，用传感器检测空气中 CO₂、CO 气体的含量，通过特定的控制策略，及时启动风机及控制投入运行的风机台数与运行时间来保证空气质量。

如果排风机在有火情时作为排烟机或补风机时，就需要在其电气联动控制或监控程序方面进行整体规划与设计。

通风机监控系统原理如图 3.13 所示。

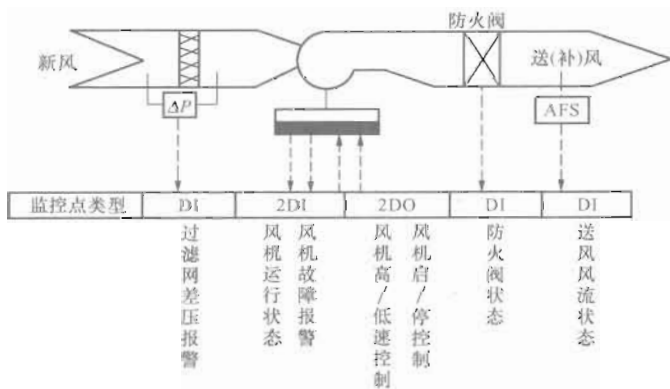


图 3.13 通风机监控系统原理



第4章 智能建筑中的安防系统和消防自动化系统

4.1 安防系统

安防系统（Security System）也叫综合保安自动化系统（Security Automation System），是建筑智能化中的一个必不可少的子系统，是确保人身、财产及信息资源安全的重要系统。

4.1.1 安防系统的构成和发展

4.1.1.1 安防系统的构成

安防系统按作用范围分为外部入侵保护、区域保护和特定目标保护。外部入侵保护主要是防止非法进入建筑物。区域保护是对建筑物内、外部某些重要区域进行保护。特定目标保护指对一些特殊对象、特定区域进行监控保护。

安防系统由以下一些环节组成。

(1) 防盗报警系统。对重要区域的出入口、财务及贵重物品储藏区域的周界及重要部位，进行监视、报警。该系统中采用的探测器有：动体监测器、振动探测器、玻璃破碎报警器、被动式红外线接收探测器及主—被动发射—接收器等。

(2) 闭路电视系统（CCTV）。采用监控用闭路电视系统的电视摄像机对建筑物内重要部位的事态、人流等动态状况进行监视、控制，并可以对已经发生的监控过程进行客观视频记录。

(3) 巡更系统。安保工作人员在建筑物相关区域建立巡更点，按规定路线进行巡逻检查，并辅以电子装置确保建筑物内、外大尺度空间的安全防范。

(4) 访问对讲环节。适合于高层及多层公寓、小区进行来访者管理，是保护住户安全的必备设施。

(5) 出入口控制环节。出入口控制环节是在建筑物的出入口等重要部位的通道口安装门磁开关、电控锁或读卡机等控制装置，进行进出人员的控制。

(6) 停车厂管理系统。该环节对停车厂、停车库的车辆出入进行控制、管理和计时收费。

4.1.1.2 安防系统的发展

随着信息技术及其他相关的科学技术的迅速发展，安防系统也越来越先进，功能也越来越强，具体体现在以下两个方面。

(1) 安防器件、设备的综合化和智能化。就目前的技术水平讲，各种安全防范设备的种类、性能都在持续不断地增加和提高。无论是闭路电视监控系统、防盗报警器材，还是出入口控制和可视对讲系统，其功能综合化、信号处理智能化程度都越来越高。

尤其是在解决安防系统的误报问题上，取得了很大的进展，使用多重探测和内置微处理器使设备智能化提高，对各相关传感器信号进行综合逻辑判断、自动比较和分析来大幅度降

低误报率。将计算机技术融入闭路电视监控系统，监控主机与计算机相连，构成多媒体视频监控监控系统，功能大大增强，而且还具有防盗报警、消防联动、门禁控制的综合联动功能。

(2) 数字化和网络化。监控系统的数字化是一个发展趋势，高品质的全数字监控系统智能化程度提高，已被广泛地应用于机关、银行、宾馆、路口、工厂等各种重要的监控场所。安防系统的数字化是指信号采用、传输、处理、存储、显示等过程的数字化。

计算机网络的发展和监控系统的数字化同时促进了监控系统的网络化。一套监控系统不仅可以方便地与另一套监控系统互联成一个系统，而且可以很方便地就近接入局域网及接入 Internet，将实时监控信息大范围远距离地传输并进行控制。通过计算机网络，一个部门或一个行业的诸多局部监控系统可互联成一个更大的监控系统，也可以实现资源共享，节约投资，使各子系统有更高的监控性能。

4.1.2 防盗入侵报警系统

防盗报警系统主要由探测器、区域控制器和报警控制中心的计算机三个部分组成。报警系统的探测器在探测到有非法入侵者时，具有报警及复核功能。

4.1.2.1 入侵报警系统的探测器

探测器的工作方式分为接触式和非接触式两大类。作为入侵报警系统的探测器有以下几种。

图 4.1 所示为几种用于安防系统的常用探测器和装置。



图 4.1 几种用于安防系统的常用探测器和装置

(1) 磁控探测器 (门磁开关)。采用微动开关或磁控干簧开关，安装在门窗或卷帘门处，进行探测报警。

(2) 被动式红外线探测器。被动式红外线探测器可感应人体热辐射。凡超过绝对零度的物体均发射红外线，温度不同，辐射波长也不同，人体辐射的红外线波长在 $10\mu\text{m}$ 左右 (远红外)。被动式红外线探测器又分量子型探测器和热型探测器。量子型探测器响应速度比热型探测器好，且灵敏度对波长十分敏感，而热型探测器的灵敏度与波长的关系不大。

焦电式红外线探测器有较高的灵敏度和响应速度，通过设有 $7\sim 15\mu\text{m}$ 的带通滤波器，来屏蔽非人体光源的红外线，被广泛应用。

被动式红外线探测器有立体型、平面型两种，一旦有非法进入者，立即报

警。被动式红外线探测器不需要发射器，就可探测立体空间。

(3) 主动红外线探测器 (对射式红外线探测器)。主动红外线探测器分室内和室外两种形式。室内探测器工作范围为 $80\sim 250\text{m}$ ，可以用于门通道出入管理及大厦出入口的监测管

理。室外探测器工作范围为0~200m,主要用于周界防范,如门窗、出入口等处的监控。

此装置所用红外光频率经过特定调制成某一频率,以防止入侵者使用红外光源欺瞒探测报警装置。

(4) 反射式主动红外探测报警器。将红外线发射与接收环节集成为一体进行探测报警,装置发出的红外线,一旦由于入侵者的遮断而接收不到反射波时,立即报警。

(5) 微波防盗报警。微波可穿透非金属物质,而红外线只要有形的物体遮挡时,光束便被遮断。微波防盗报警装置主要用来探测移动的入侵者。装置发出无线电波,同时接收反射波,当警戒探测区域有非法进入的移动体时,反射波频率对入射波频率会有一段多普勒频移,通过检测便可判知有移动的非法进入者。例如,发射波频率为9.375GHz时,移动物体的移动速度为0.5~0.8m/s,频移范围为31.25~520Hz。也可以使用超声波移动物体探测器,根据移动物体对超声波进行反射产生的多普勒频移来探测入侵者。

微波移动式报警器的结构原理如图4.2所示。

由振荡器、混频器、放大电路和鉴频电路组成的微波探头安置在警戒区,发送频率为 f_0 的微波,反射波的频率为 $(f_0 + f_1)$,由 f_1 作报警信号。遇到静止物体,

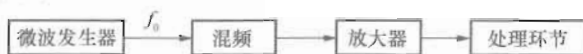


图 4.2 微波移动式报警器的结构原理

反射波与入射波同频率,不报警。当有移动物体时,引起多普勒频移 f_1 (信号),即

$$f_1 = \frac{2f_s \times s_i}{300}$$

式中 f_s ——报警系统工作时发射的微波频率, MHz;

s_i ——移动物体的速度, m/s。

装置的本机振荡频率越高,对于移动速度较慢的物体越敏感。

(6) 双鉴和三鉴探测器。将红外线探头和微波探头组装在一起,由电子线路同时处理两个探头检测到的信号,比单功能探测器有更强的探测能力,并降低误报率。

将微波探测被动式红外探头及主动式红外探测的传感元件及探头组成一台探测器,有更高的监测性能,误报率很低。

(7) 动态分析红外线探测器。将红外线探测器与微处理器合为一体,能对信号进行动态分析,可以自检,对强热和强光不会报警。

(8) 振动探测器。这种探测器可探测到不同寻常的振动、钻洞、开关或人体接近。将微处理器嵌入后,可具备智能分析能力,可对破坏信号的频率、周期以及振动强度等进行综合分析再确定是否报警。

(9) 玻璃破碎探测器。使用压电式拾音器,装在面对玻璃面的位置,对于高频的玻璃破碎声音进行有效检测。对振动传感,在玻璃破碎时产生的特殊频率信号感应,但对风吹动窗户、行驶车辆产生的振动无反应。

目前采用双探测技术,以降低误报率,只有探测到破裂时产生的振动、音频、声响才报警。

(10) 周界报警器。周界报警器安装在围墙、地层下。周界报警器中常使用以下两种传感器。

1) 泄漏电感报警器。将平行安装的两根泄漏电缆分别接到高频信号发生器和接收器上

就组成泄漏电感器。将报警器埋入地下，当非法进入者进入探测区时，空间电磁场分布状态发生变化，引起接收机收到的电磁能量变化，从而发出报警信号。

2) 平行线周界传感器。组成：多条平行导线，一部分与信号发生器连接，叫场线，场线辐射电磁波；另一部分平行线与报警信号处理器相连，叫感应线。场线辐射在感应线上感应出感应电流，有入侵者时，感应电流变化发出报警。

(11) 光纤传感器。将光纤固定在周界围栏上，有移动体跨越光缆时，压迫光缆，使光纤传输模式变化，从而发出报警。

4.1.2.2 报警器选择与布防规划

报警器选择与布防规划时应注意以下事项：

(1) 选择防盗报警器按防护场所分类。

(2) 大型建筑采用周界布防；面积较小的门墙可用磁控开关；大型玻璃门窗使用玻璃破碎报警器。

4.1.3 闭路电视监控系统

闭路电视监控系统是在建筑物内外需要进行安全监控的场所、通道或其他重要区域设置前端摄像机，通过对被监控区域或场所的场景图像实时传送，实现对这些区域场所的视频监控。对闭路电视监控系统功能要求如下：

(1) 对特定区域、场所或其他重要的区域进行实时监视。

(2) 中心监视系统采用多媒体视像显示技术，由计算机控制、管理及进行图像记录。

(3) 报警信号与摄像机连锁控制，录像机与摄像机连锁控制。

(4) 系统可与周界防范报警系统联动进行图像跟踪及记录，当监控中心接到报警时，监控中心图像监视屏上立即弹出与报警相关的摄像机图像信号。

(5) 视频失落及设备故障报警。

(6) 图像自动/手动切换、云台及镜头的遥控。

(7) 报警时，报警类别及时间，确认时间及相关信息的显示、存储、查询及打印。

闭路电视监控系统一般由视频摄像机、控制矩阵、长延时录像机或硬盘录像机、监视器、云台、解码器和操作键盘等组成，如图 4.3 所示。

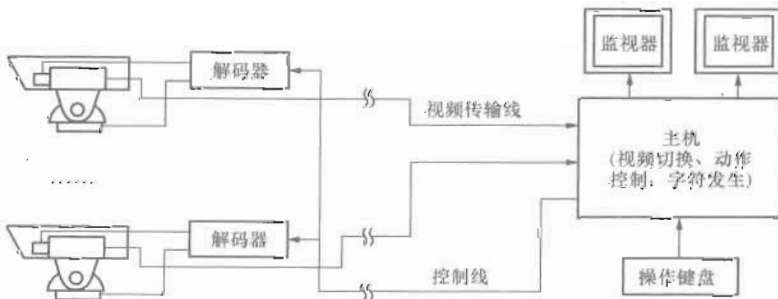


图 4.3 闭路电视监控系统组成

视频监控系统的的发展大致经历了以下三个阶段：

(1) 第一代视频监控系统即以模拟设备为主的闭路电视监控系统。

(2) 第二代视频监控系统即以模拟输入与数字压缩、显示相结合的系统。核心设备是数

字设备，称为数字视频监控系统。

(3) 第三代视频监控。20世纪末，随着计算机网络的传输速率的大幅度跨越式提高，计算机处理能力更加强健及数字系统及计算机的存储器的存储容量的迅速提高及各种更先进的视频信息技术的出现和发展，视频监控进入全数字化的网络时代，也叫网络数字视频监控。第三代视频监控系统依托网络，以数字视频的压缩、传输、存储和播放为核心。

目前，模拟视频监控系统逐渐被数字视频监控系统取代。

4.1.3.1 模拟视频监控技术

模拟视频监控技术已经很成熟，应用也很广泛。典型的模拟视频监控系统一般由前端部分、图像传输系统、终端设备组成。前端部分指图像摄像部分（摄像机、镜头、云台、麦克风等）；图像传输系统指物理传输电缆、光缆、射频等；终端设备包括操作盘、视频分配器、视频矩阵切换器、云台控制解码器、字符叠加器和显示设备等。系统中的摄像机是模拟摄像机而不是数字摄像机。

(1) 摄像部分。摄像部分就是图像采集设备，完成从目标景物到图像信息的转换。摄像部分性能直接决定图像信号质量和整个系统的质量。将摄像机公开或隐蔽地安装在防范区，由于长时间工作和环境变化无常，因此对摄像机有较高的性能和可靠性要求。

电视摄像机一般还配有自动光圈变焦镜头、多功能防护罩、电动云台及接口控制设备（解码器）。

(2) 传输系统。将前端图像信息不失真地传送到终端设备，并将各种控制信号送往前端设备。近距离或特殊环境下使用同轴电缆基带传输。光纤具有的一些特殊性能，如频带宽、抗干扰性好和容量大等，使得光纤传输视频信息性能更为优良，无中继的传输距离可达几十公里，而同轴电缆的无中继传输距离仅为几百米。远距离传输多用光纤传输。

(3) 终端设备（控制/显示与记录）。控制系统是视频监控系统的指挥中枢，其任务是将前端设备送来的信号进行处理和显示，并同时向前端设备发送各种控制指令。终端设备主要有监视器、录像机、视频分配器、程序切换部分等。

尽管模拟视频系统在摄像技术、传输技术、显示技术、控制技术方面很成熟，在应用上达到了较高的水平，在已有的安防系统中占有极为重要的作用，但也有一定的欠缺，表现在：

(1) 通常适合于小范围的区域监控。有线模拟视频信号的传输距离有限。

(2) 布线工程量大，系统扩展能力不好。在已建成的监控系统中加入新监控点，工作量太大。

(3) 由于采用录像机做存储工具，磁带做存储介质，因此记录信息量有限，磁带损坏率高，重放的音像质量不高。随着数字技术的发展，图像数据压缩、编码技术及标准的改进，相应的数字化模块、芯片技术的发展，使得数字视频监控系统迅速发展起来。

4.1.3.2 闭路电视（模拟式）监控系统

闭路电视监控系统是安全防范系统中的一个重要组成部分，可以通过遥控摄像机及其辅助设备（云台、镜头）直接观看被监控区域发生的情况，将被监控区域的视频流信息、语音信息同时传送到监控中心进行实时监控。闭路电视监控系统还可以与防盗报警子系统联动运行。闭路电视监控系统在整个安全技术防范体系中具有极为重要的作用。闭路电视监控系统还可以把被监控区域的图像和声音进行记录，为事件处理提供重要依据。

闭路电视系统主要由前端（摄像）、传输、终端（显示与记录）与控制四个主要部分组成，并具有对图像信号进行分配、切换、存储、处理、还原等的功能。

(1) 系统组成。

1) 前端设备。前端设备的主要任务是为了获取被监控区域的视频流信息、语音信息。主要设备是各种摄像机及其配套设备。摄像机安装在被监控区域内。由于摄像机需长时间不间断地工作外，加之使用环境有时还很恶劣，如处于有风、沙、雨、雷的环境及无规律的高、低温条件下，因此，前端设备应有较高的性能和可靠性。

作为前端设备的电视摄像机，一般还需配置有自动光圈变焦镜头、多功能防护罩、电动云台以及接口控制设备（解码器）等。电视摄像机有黑白和彩色之分。黑白电视摄像机的灵敏度、清晰度较高，价格便宜，安装调试方便。彩色电视摄像机除传送亮度信号外，还能传送彩色信息，因此，能全面地反映现场景物的图像和色彩，但其灵敏度、清晰度相对较低，技术复杂程度要高一些。对于安防系统中的闭路电视监控系统来讲，灵敏度和清晰度的要求较高。因此，目前国内大多数电视监控系统仍采用黑白电视摄像机。

2) 传输系统。传输系统的主要功能是将前端设备提供的视频图像信息不失真地传送到终端设备，并将控制中心的各种指令送到前端设备。根据监控系统的传输距离、信息容量和功能要求的不同，主要使用无线传输和有선传输两种方式。当前多采用有线传输方式。有线传输方式中的传输媒质是电话线、同轴电缆和光纤。由于光纤具有容量大、频带宽、抗干扰性能好等优点，目前在较大型的电视监控系统中被广泛应用。

3) 终端设备。终端设备指进行控制、显示与记录的设备。它的主要任务是将前端设备送来的各种信息进行处理和显示，并根据需要，向前端设备发出各种指令，由中心控制室进行集中控制。终端设备包括监视器、录像机、录音机、视频分配器、控制切换设备、时序切换装置、时间信号发生器、同步信号发生器以及其他一些配套控制设备等。

闭路电视监控系统的规模根据被监控区域的大小和被监控对象的多少来确定，系统的大小由摄像机的数量来确定。

(2) 摄像机。

在技术防范中，摄像机用来进行定点或流动监视和图像取证，因而要求摄像机各个部件的体积小、重量轻、易于安装和隐蔽、伪装、系统操作简便、调整机构少。选择摄像机的型号及决定安装方式是整个系统能否充分发挥其作用的重要因素。图 4.4 给出了几种摄像机的外观形状。

1) 摄像机按性能分为：
①普通摄像机。工作于室内正



图 4.4 几种摄像机的外观形状

常照明或室外白天。②暗光摄像机。工作于室内无正常照明的环境里。③微光摄像机。工作于室外月光或星光下。④红外摄像机。工作于室外无照明的场所。

2) 摄像机按功能分为: ①视频报警摄像机。在监视范围内如有目标移动时, 向控制器发出报警信号。②广角摄像机。用于监视大范围的场所。③针孔摄像机。用于隐蔽监视局部范围。

3) 摄像机按使用环境分为: ①室内摄像机。摄像机外部无防护装置, 使用环境有要求。②室外摄像机。在摄像机外安装防护罩, 内设降温风扇、遮阳罩。

4) 摄像机按图像颜色分为: ①黑白摄像机。灵敏度和清晰度高, 不能显示图像颜色。②彩色摄像机。能显示图像颜色, 但灵敏度和清晰度高比黑白摄像机差。

4.1.3.3 数字视频监控系统

数字视频监控系统以计算机为核心, 以数字视频处理技术为基础, 应用图像数据压缩的国际标准, 综合利用图像传感器、计算机网络、人工智能及控制技术, 是一种新型的监控系统。数字视频监控系统应用图像压缩的国际标准主要有: 静止图像压缩标准 (JPEG: Joint Photographic Expert Group, 联合图片专家组)、运动图像压缩标准 (MPEG—1: Motion Picture Expert Group, 运动图片专家组, MPEG—3、MPEG—4) 等。

数字视频监控系统将摄像机获得的模拟视频信号转变为数字视频信号, 或直接从数字摄像机输出数字视频信号, 可同时在显示器上显示多路活动图像, 方便地将图像压缩后存储在计算机硬盘上, 并可方便地在互联网上传输这些图像文件。在实时情况下, 每路信号在监视、记录、回放时, 均能达到 25 帧/s 的活动图像效果。

数字视频监控系统的功能涵盖传统闭路电视监控系统的所有功能, 除此之外, 还具有远程视频传输与回放及结构化的视频数据存储等功能。

尽管数字视频监控系统与传统的模拟系统比较有巨大的优势, 但处理的数据量大, 占用频率资源多, 因此对数字视频信号进行有效压缩, 使具有这方面功能的模块芯片技术更成熟价格更低廉, 使得在通信和存储方面的经济成本能够与模拟系统相近时, 数字视频监控系统才能获得更广泛和深入的应用。

全数字视频监控系统采用数字式摄像机, 图像质量好, 使用电子变焦, 通过串行通信口进行远距离参数设定。

数字录像存储设备的监控系统设置 1 台系统主控制器和多台系统分控制器、多台摄像机和多台监视器。在系统主控制器不工作时, 分控制器按优先级自动接替主控制器的系统通信管理工作, 使系统继续正常工作。系统具有现场编程功能, 可灵活设置各分控制器的控制操作范围及报警后的联动动作等。现场摄像机的云台控制具有自动线扫、面扫、定点寻位功能, 为操作员快速寻找重点监视部位提供强有力的手段, 并具有报警后自动开机和自动寻找预定监视部位的功能, 以口令方式进入系统操作状态, 防止非操作人员非法使用。

数字录像监控系统的优点。

(1) 图像存储方式有改进。与传统的闭路电视监控系统不同, 数字录像监控系统不需要使用录像带, 录像内容直接存储在硬盘或光盘内, 连续录像时间长。采用 MPEG—3 图像压缩技术, 将视频流数据压缩后, 以数字信号的格式存储到计算机硬盘中。通常 12GB 的硬盘可以录制一个月的录像内容。如果监视场所的图像幅面、内容变化不大, 则录像的时间更长。例如, 某一住宅小区的出入口安装了一台数字录像监控系统, 连续监视录制了两个月的

内容,也才占用了 3GB 的存储容量,数字监控录像机内部配置硬盘容量通常为 40GB 甚至更大。按目前的数字监控录像机的配置,至少可以连续录像 30 天以上。如用 DVD-RAM 作为记录设备,在一个盘片上可以记录 4 300 个高质量静态图像,而且经多次回放后图像质量仍然很好。

(2) 使用方便。数字录像监控系统检索操作简便,对于图像切换、现场设备的遥控,均通过键盘输入命令来实现,每一监控回路的切换顺序和切换时间间隔可预先编程。

(3) 图像传送方便。使用数字监控录像机,任意图像均可以通过多种方式(电子邮件、传真、软盘、硬盘、电话网、局域网、互联网等)发送到任何地方,可以通过电话线或计算机网络传输图像,远距离传输质量不会下降。

(4) 具有自动报警功能。传统的录像机是不能识别图像内容的,而数字监控录像机的智能录像技术可以自动识别每帧图像的差别,利用这一点可以实现自动报警功能。可以在被监视的画面之中设立自动报警区域(如房间的保险柜、窗户、金库门区域等),当自动报警区域的画面发生变化时(表示此时有人进入自动报警区域),数字监控录像机自动报警。

(5) 远程监控。使用数字视频监控系统,可以使世界上的任何一个能够接入 Internet 的位置,使用任何一台计算机,就可以调用或查看被监视现场的图像。

(6) 寿命长。数字视频监控系统中使用的硬盘的寿命较长,一般正常使用的寿命至少可以达几年以上。

(7) 全方位监控。能够实现多路控制,该系统除在控制室对多个摄像点图像进行遥控切换外,还可利用 LAN 或互联网监视任何一部摄像机的内容。而传统的监控只能在中央控制室才能看到全部的监控内容。

(8) 易装易用。传统的闭路电视监控系统的每一个监控回路都需要十几根控制线来实现对前端设备的遥控,而数字视频监控系统采用串行传输,只要两根电话线(双绞线)就能将指令传达到前端设备,无须安装就可以使用,采用视窗方式、全中文屏幕,操作简单及人性化。

(9) 配置灵活。系统的软硬件均为模块单元组合结构。

4.1.4 网络及无线视频监控系统

4.1.4.1 无线视频监控系统

无线视频监控系统工作在 2.4GHz 的频率上,可以使用计算机显示器和电视机作为图像播放装置,如图 4.5 所示。

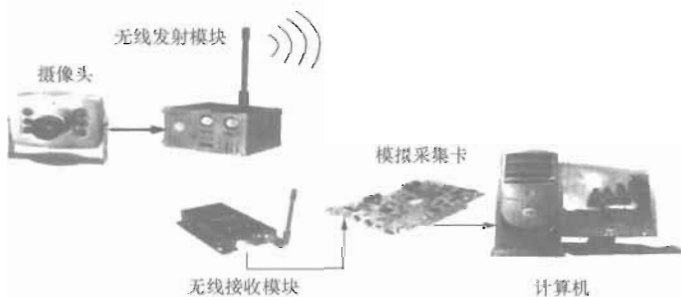


图 4.5 工作在 2.4GHz 频率的无线视频监控系统

4.1.4.2 可以通过网络进行远程视频监控的系统

可以通过网络进行远程视频监控的系统组成有:监控前端主要由网络视频服务器、摄像机(防护罩、镜头、支架)、云台、解码器等主要设备。

网络视频服务器是整个系统中的核心设备,实现网络化、数

数字化处理工作,完成模拟视频监视信号的数字采集、影像压缩、监控数据处理、报警信号的采集、网络的传输等功能。它可将前端的模拟信号同时处理成高清晰的实时数字图像发布到网络中,可实现多用户同时监控相同或者不同的现场图像,真正做到视频共享。后端监控由数台装有专用监控软件的电脑组成。

可以利用企业内部现有的局域网来传输视频图像,只需要布设少量视频线。该系统功能齐全,集成度高,具有动态 IP 功能、短信报警功能、红外/烟感报警功能。企业内部的所有人员只要获得授权密码都可以看到图像。

公司人员出差在外时可以通过 Internet 观看视频图像,系统易扩展。通过网络进行远程视频监控的系统如图 4.6 所示。

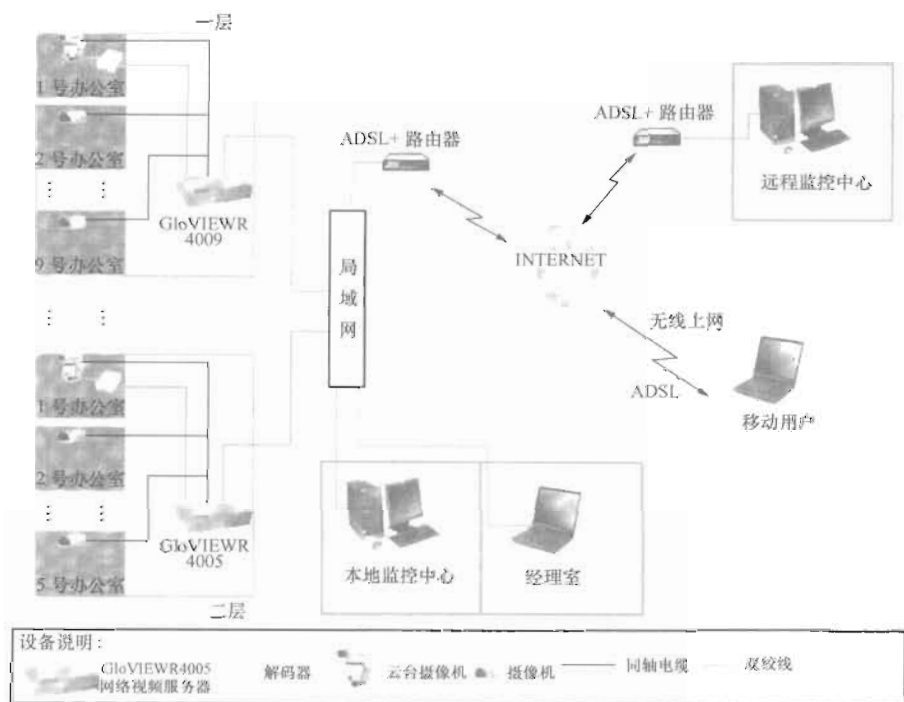


图 4.6 通过网络进行远程视频监控的系统

系统功能:

(1) 远程监控。对于跨地区大中型企业,除本地建立网络监控系统外,还需要对分支机构进行集中远程视频监控。

(2) 多画面监视。1/4/6/8/9/16 画面分割模式,支持不规则画面分割,可以通过简单操作实现放大、还原、全屏、图像交换等操作,可以通过拖放摄像机图标实现对不同摄像机图像的监视,简单易用,并且可以拍照、设置图像循环播放等。

录像和回放。新版软件在录像上做了很大的改进,新软件在不播放的情况下可以进行录像,极大地节省了 CPU 资源,一台计算机可以同时记录 30~40 路图像。

(3) 动态 IP 功能。当用户使用 ADSL 等动态 IP 接入 Internet 时,只要用户申请注册,系统即可给用户提供一个相对静态的“IP”地址,并给用户分配一个用户名。用户只要在软件中输入用户名,即相当于输入此用户名相对应的视频服务器的公网 IP 地址。

(4) 远程控制。远程控制云台的上下左右转动，镜头光圈、焦距、变倍的调节，也可以进行远程灯光的控制。

(5) 远程配置。远程登录到服务器上，配置服务器的各项参数，如修改用户名、密码、IP 地址、调节码流等。对服务器远程升级、远程重启等。

4.1.4.3 ADSL/CABLE 视频监控系统

(1) 系统组网方式。前端视频服务器对图像场进行数据采集，一方面通过网络将图像实时传输到监控中心，另一方面远程存储，这种机制可以自如地应对可能出现的突发事件，当发生突发事件时可以记录现场情况。在监控中心，客户机可以使用经授权的账号登录系统，通过网络浏览现场情况。

(2) 系统组成。前端设备连接，网络视频服务器通过连接 ADSL、CABLE 或原有基础网络，传输到监控中心，对于监控到的图像，可以做中心存储；监控中心可以是安装有系统软件的公共网络上的任何一台计算机或是能连接到公共网络上的某一台计算机，监控中心可以通过远端网络视频服务器的 IP 地址来管理这些远端设备。ADSL/CABLE 视频监控系统如图 4.7 所示。

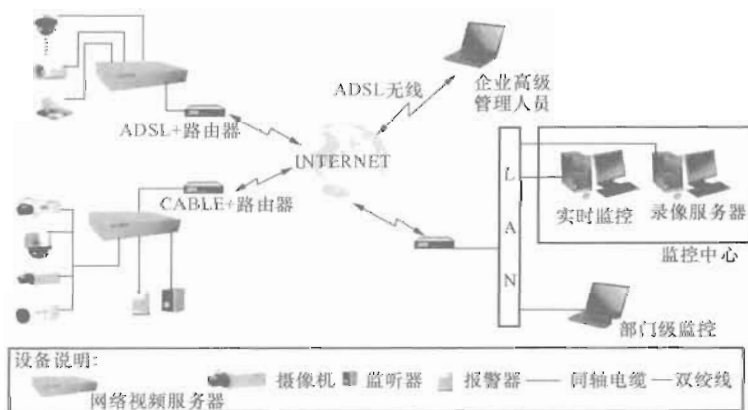


图 4.7 ADSL/CABLE 视频监控系统

(3) 动态 IP 地址的解决。在 IP 中使用动态 IP 功能，即用户不管在什么地方，使用哪一台计算机，只要有 IE 浏览器就可以访问到视频服务器。

4.1.4.4 公司局域网上网监控

公司局域网上网监控系统如图 4.8 所示，系统可以监控员工常用的网络活动。例如，上网网站、收发邮件、网上聊天、FTP 上传命令、TELNET 远程登录命令、内部共享文件访问等。该系统还可以规范员工上网行为，包括使用企业网络设施在工作时间内限制上网站点、限制收发邮件服务器；网页过滤（如色情网）、邮箱过滤、端口过滤、IP 过滤、关键词过滤；规定上网和收发邮件时间；封堵网络游戏、股票软件；规定外发资料的最大尺寸；限制上网流量。绑定 IP 和 MAC；记录盗用 IP 地址的情况；按通信流量计费。在“监控机”上安装监控服务器，实现对所有机器的上网管理。

4.1.4.5 远程无线视频监控

远程无线视频监控系统如图 4.9 所示。

无缝连接。CDMA1X 技术在远程视频监控方面的应用也越来越深入，如利用 CDMA1X 手机进行远程视频监控图像传输，使用“交通千里眼”为交通领域的道路管理、交通指挥、违章监控提供无线实时图像传输等。

(2) CDMA1X+ADSL 工作模式的设计及系统。有线网络和无线网络构成的混合网络可采用灵活的结构和技术。技术实现方案可依托于多种技术及组合，基于 CDMA1X+ADSL 工作模式组建的系统就是其中的一种组合，如图 4.10 所示。

图 4.10 采用了 GTK 网络视频服务器，这种服务器可架构在局域网或无线网络上，系统的授权用户可在网络的任何 PC 机上对监控场所实施监控和远程操作；支持多个用户同时登录进行监控；监控过程中可进行三种不同方式的录像。在这里，视频服务器使用 RS485 接口，连接云台控制器；采用 H.263 视频压缩和 G.723.1 音频压缩方式，在 GIF 格式下，视频清晰度可达 352×288。

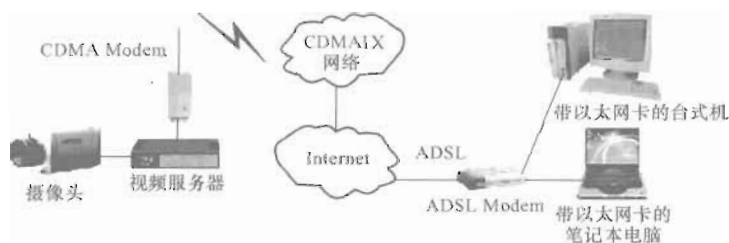


图 4.10 CDMA1X+ADSL 应用系统

系统中的摄像头将采集到的现场视频数据送往视频服务器进行压缩编码后，通过 CDMA Modem 发送出去，通过 CDMA1X 网络接入 Internet，监控 PC 机或笔记本电脑通过 ADSL 线路收视现场视频场景，并进行远程控制。该系统采用了摄像机与镜头集成的一体机，使用了 22 倍变焦的镜头。云台解码器接受远程控制指令并控制云台进行大角度视场调节监控。

采用 CDMA1X+ADSL 模式工作时，系统在不同时间段内的工作受 CDMA1X 网络繁忙情况的影响，如在白天网络繁忙时段，传输图像的速率就比凌晨时段的速率快，因此传送图像的帧率低，时延较大。CDMA 网络的实际通信速率在 24h 的不同时段内动态变化，使图像传输的实时性受到较大影响。

可以将多个工作在 ADSL+CDMA1X 组态的系统使用监控中心统一管理起来。CDMA 无线视频监控系统将监控设备与监控中心之间通过 CDMA1X 公共网络进行数据传送，实现实时的远程图像传送和移动监控的目的。报警被触发时，监控设备将报警信号通过 CDMA 发送到监控中心。监控中心可根据需要决定是否将图像上传并在中心录像。监控中心可以任意调看一台或多台监控设备拍摄的现场实时图像。监控设备可根据线路速率及监控需要来调整图像质量和传送速率。监控设备加电启动后，即保持与监控中心的通信连接。如果通信连接丢失，监控设备可以快速恢复连接并且再次发送图像。终端用户可利用计算机监视器等各种方式进行远程监控。

该视频监控系统解决了被监视场景不能固定在一个位置而无法传输的问题，并且通过联网的优点实现无线设备所不能达到的效果，实现了功能较强、结构完整的网络视频监控。

(3) 系统功能。

1) 远距离的灵活监控。CDMA 网络覆盖面广，利用 CDMA 网络可以实现远距离，大

范围的视频监控和移动监控的目的,并实现远程维护,所有软件可通过网络在线升级。

2) 工作可靠。系统中软件部分使用 MPEG-4/H.264 编码方式,超低码率,内置硬件狗,保证系统运行稳定可靠;采用独有的加密手段,保证数据在公网上传输的安全性;采用断点续传、自动重连等多种方式来保证 CDMA 网络数据传输畅通。

3) 操控性能好。可以调节图像的大小、质量及传送速率,支持多种 PTZ 协议,协议可扩展,工业标准的控制 I/O,支持多路报警联动。

4) 扩展性能。系统监控中心建成后,只需要增加前端监控设备即可实现系统扩容。

5) 无需考虑布线。CDMA1X 无线网络接入方便,用户可随意分布和移动自己的网点,无需布线,在恶劣网络条件下保障视频流畅传输,图 4.11 所示为一个在网络中架设流视频文件播放服务器和存储服务器的改进方案。

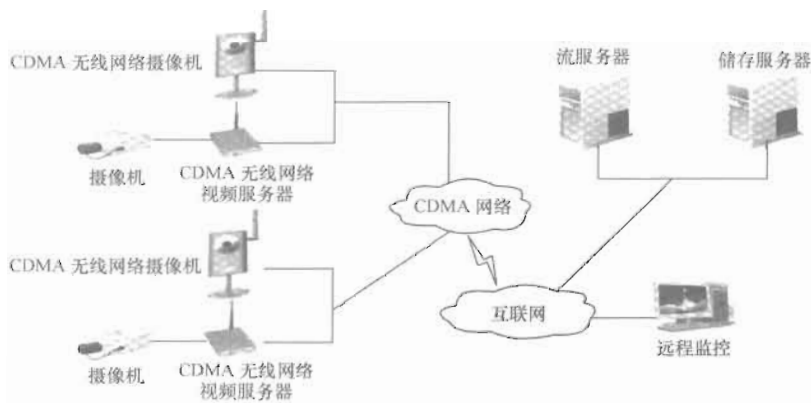


图 4.11 一个在网络中架设流视频文件播放服务器和存储服务器的改进方案

(4) CDMA1X 网络监控管理软件。广角 CDMA1X 网络监控软件由监控室管理、录像管理、报警管理、设备管理、系统管理、Web 管理等功能模块组成,通过应用服务、流媒体传输服务、数据库服务、Web 服务、JSP 页面、ActiveX 控件、各种驱动程序等基本模块实现软件功能。

监控软件采用通用流媒体服务体系架构 (USSA),能够在一个系统中同时支持各种流媒体协议 (H.264、MPEG-4、MPEG-2、MPEG-1、H.263、H.261、M-JPEG 等),支持各种云台和镜头解码协议。

由于 CDMA1X 网络的特殊性,流媒体服务器无法获取前端 IP,因此软件架构既保留了向下寻找 IP 的方式,又能够接受前端主动发送数据流到服务器;软件保留了开放接口,方便与环境监测系统、门禁系统、图像识别系统等集成,实现较强的综合功能。

系统采用了 GTK 网络视频服务器,这种服务器可架构在局域网或无线网络上,系统的授权用户可在网络的任何 PC 机上对监控场所实施监控和远程操作;支持多个用户同时登录进行监控;视频服务器使用 RS485 接口,连接云台控制器;采用 H.263 视频压缩方式。

系统使用的客户端软件说明如下。

- 1) 打开 CDMA1X 网络视频监控的客户端软件 NVTest_2 (该款软件由协作公司提供)。
- 2) 打开客户端软件窗口之后,系统自动识别本机为 ADSL 环境和本机的 IP 地址。

3) 在对话框中输入要接受的机器号(实验中要用到的视频服务器为 MAA0101), 并写入 IP 到 GTK114 数据库。

4) 当主机通过 ADSL 连接到 Internet 上时, 才可以成功的写入 IP。

5) 随即打开 CDMA 网络服务器图像显示的界面, 名称栏自动识别为 GTKCDMA。

由于此试验中视频服务器直接接入了一路视频输入, 因此只可在界面右侧的圆台控制选项中选择云台一控制, 稍等片刻大约几秒钟, 就可以显示监控画面。

6) 选择云台一, 在云台选项下面有上、下、左、右四个选项, 用鼠标点击就可以控制数码摄像机的云台, 转动云台从而对不同的方向进行监控。

7) 在云台控制选项的下面还有调整镜头的 6 个选项。分别是拉近、推远、焦距大、焦距小、光圈大、光圈小。

8) 界面功能项中还设有“开始录像”和“停止录像”的两个选项, 但由于 CDMA 传输速率较慢, 每秒只能传送 1~4 帧的图像, 且有动作延时(约 2~3s), 因此 CDMA 系统中实际中只是多用于监控对象的状态。

9) 录像功能。点击开始录像, 并让用户选择视频文件的保存地址, 以便以后回放, 系统进录像状态, 界面下侧有帧率的显示和录像时间的显示, 点击停止录像, 录像完成。此系统支持 H. 263 流媒体协议, 因此保存后视频文件都为 *. 263 格式。若回放缩略的视频文件, 应先打开客户端软件包, 找到文件名为 PLAY 的系统后回放软件。通过代



图 4.12 CDMA1X+ADSL 工作模式系统的硬件组成

文件, 应先打开客户端软件包, 找到文件名为 PLAY 的系统后回放软件。通过代开文件选项, 找到刚才存放的 *. 263 格式文件, 打开即可回放。在视频回放的软件界面中, 点击上面功能栏中的“拍照”项, 即可对此刻的视频画面拍照, 并以 *. bmp 格式对图像文件保存。

图 4.12 所示为 CDMA1X+ADSL 工作模式系统的硬件组成。

4.1.5.2 系统工作在 802.11g+ADSL 组态

(1) 系统的基本架构。基于 802.11g+ADSL 模式的远程视频监控系统的组成如图 4.13 所示。



图 4.13 基于 802.11g+ADSL 模式的远程视频监控系统的组成

系统采用了用软件实现的多媒体会议系统 (MVM) 微缩版。通过这个微缩版,方便地进行视频、音频、文本、图像的实时交流,实现的功能包括:单路视频图像采集(暂不包括音频采集)、视频压缩、视频传输、包含采集点共4路同时观看采集到的现场实时视频图像。该系统中,使用摄像头对被监控点的现场视频实况进行数据采集,经笔记本电脑的运算、编码和压缩。笔记本电脑的内置 802.11g 无线网卡通过一段无线信道发送给附近的无线路由器,无线路由器上 WAN 的 RJ-45 接口与 ADSL 的 Modem 相连,接入 Internet 并将视频数据送至在线的视频服务器,其他四台笔记本电脑或台式终端以流式媒体数据方式从在线的视频服务器下载被监控点的实时视频图像,进行在线监控。该系统的硬件成本较低,可进行高质量的多路视频的传输,并基于 Web 页面 B/S 模式。系统安装 Flash Player 插件 6.0 来流畅的播放被监控点的视频画面。

多媒体会议系统 (MVM) 提供 Internet 网络环境接入下进行网络视频会议、交流和实时协作解决方案和服务的软件。通过该软件可以实现点对点和对多点的视频、音频、文本、图像的实时交流、协作和应用程序共享。MVM 微缩版功能包括:

- 1) 单路视频图像采集 (不包含音频采集)。
- 2) 视频压缩。
- 3) 视频传输。
- 4) 包含采集点共 4 路同时观看采集影像。
- 5) 租用服务器用于 Internet 数据传输。
- 6) 给用户分配一套账户。

7) 系统具有较低带宽环境下高质量多路视频的传输,较低硬件成本,基于 Web 页面 B/S 模式部署方便。

以 802.11g+ADSL 模式工作的无线远程视频监控系统如图 4.14 所示。

图 4.14 中的运算和压缩功能,由 IBM R 系列的笔记本电脑完成,使用装置在笔记本电脑上的外置式或内置式 802.11g 无线网卡和带有路由器的 AP 接入点接入一个 802.11g 无线局域网中,无线路由器与 ADSL 线路的调制解调器通过一条带 RJ-45 接口的网线连接起来。监控摄像头采集的视频数据文件以 .asf 格式存储在在线视频服务器中,经过授权的用户可在线下载被监控点的现场视频情况。

(2) 系统的安全登录。安装摄像头驱动程序后,将摄像头插

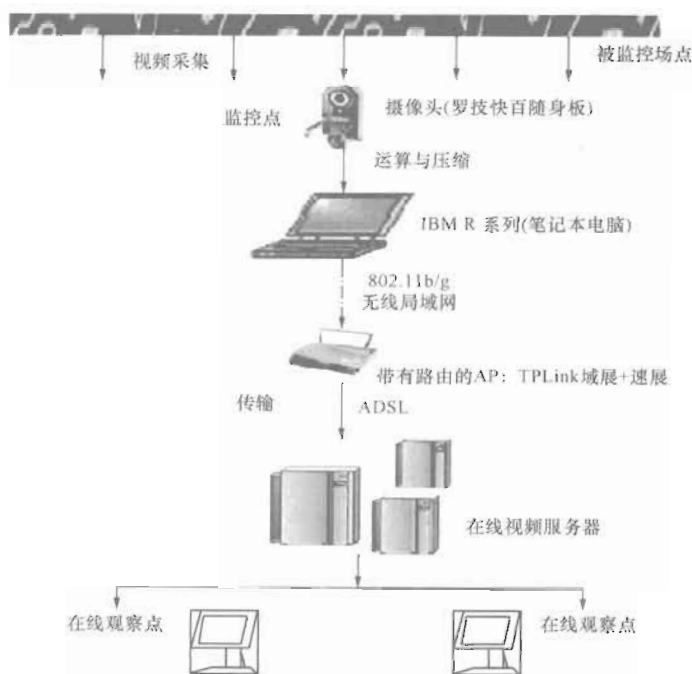


图 4.14 以 802.11g+ADSL 模式工作的无线远程视频监控系统

入笔记本电脑的 USB 接口中，系统自动完成设备的识别和配置，在笔记本电脑上使用 Flash Player 插件，将笔记本电脑连接到无线网络中。

系统提供的 AP 名称为××××，为保证安全性，该 AP 设置了连接密码，配置方式为右键点击无线网络连接→属性，打开无线网络配置选项卡，单击选中该 AP，点击属性按钮，选择网络验证方式为开放式，数据加密选择 WEP，网络密码输入××××。

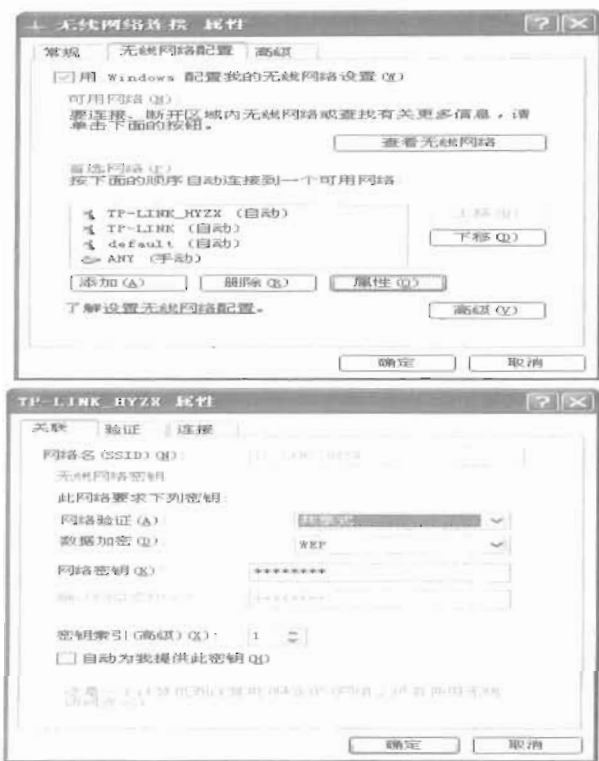


图 4.15 系统登录操作

“站点”，出现图 4.16，将 <http://mvm.d-heaven.com/> 添加到指定区域中，确定即可。

登录：进入系统后先登录界面，登录窗口显示如图 4.17 所示。

填写账户中系统管理员用户名、密码、普通观察点人员登录用户名、密码，经过安全认证后进入系统。

对允许进入的用户进行设置，按照允许进入系统的用户列表，对可使用该系统的人员进行管理。只有管理员进入系统后，才能点击摄像头图标启动摄像头。启动摄像头后右边空白处会出现该摄像头的图像，同时其他 guest 用户在别处也可看到该摄像头所拍摄的图像（只有管理员才能启用摄像头）。

默认的图像查看方式是视频广播，此时大家看到的都是小图像，系统支持多种方式查看图像，就道路监控而言，主要采用慢屏或四分屏方式查看。点击菜单栏的视频，可以切换不同的查看方式，如图 4.18 所示。

如对图像质量不满意，可以调节摄像头周围的光圈，以确定合适的焦距等光学参数。若 ADSL 账户变更，则在连入 TP-link AP 无线网的电脑上，打开浏览器，访问 <http://mvm.d-heaven.com/>

将 AP 通过 ADSL 连接到互联网。将 ADSL 的调制解调器的电源打开，待 ADSL 调制解调器初始化结束后（大约 30s），打开 AP 电源。因为该 AP 已内置了 ADSL 账号，所以可以实现自动拨号。在 Internet Explorer 地址栏中直接输入 <http://mvm.d-heaven.com/>（视频服务器的 URL）进行登录。

值得注意的是：如果未设置信任站点，或者 IE 的安全定义级别比较高，在 XP+SP2 系统下，进入该网页会出现：“阻止了一个弹出窗口，要查看此弹出窗口或其他选项，请单击此处”的提示，具体解决方案如下：

若在 XP+SP2 下，单击该提示条，选择“总是允许来自此站点的弹出窗口”，在出现的弹出框中选择“是”即可登录页面，如图 4.15 所示。

可用以下方式设置信任站点：在 Internet Explore 中，执行：工具/Internet 选项/安全/受信任站点中，点击



图 4.16 实现安全登录



图 4.17 登录窗口



图 4.18 不同的查看方式切换

//192.168.1.1。登录用户名为××××，密码为××××。点击左栏的网络设置向导，按向导一步一步操作即可。

为保证安全性，无线路由器设置了连接密码，选择网络验证方式为开放式，数据加密选择 WEP，并使用网络密码输入。系统的监控点用户分为系统管理员和普通观察点人员，使用各自的密码进行登录，只有管理员才能启用摄像头后启动系统工作，其他用户在其他监控点才能看到该摄像头所拍摄的图像。

系统的安全性也是一个非常重要的问题。如果在 WLAN 网络系统中不采用安全登录和合法用户的身份认证及相关的一些安全技术（如使用 WEP 方式），业务数据几乎是直接以明文的方式进行发送和传输的，很容易受到非法攻击，造成较大的安全隐患；未经授权的 AP 接入 WLAN 也对数据安全构成威胁。如果移动场所无线网络实时监控系统在更复杂的网络环境中，在这样的混合网络体系中各种异构网络互联互通后的数据安全保障技术中就会出现许多新的安全问题，如果使用网关实现互联，网关中就必须附加关于数据安全的协议及规则的转换模块内容，从而大大增加了应用系统的复杂性。

(3) 系统的部分性能测试。在 802.11g+ADSL 模式下，系统工作的制约因素有：802.11g 应用系统的工作运行受采集视频数据的摄像头与无线路由器距离和中间障碍物的限制；系统在使用不同无线网卡时工作速率有一定差距。

系统在 802.11g+ADSL 模式工作时，信号强度与传输距离的关系见表 4.1。系统工作在不同时间段内的时延见表 4.2。

在传输距离为 6m 并有三道厚度为 28 cm 的砖混墙壁相隔，有一次转弯的情况下：使用内置无线网卡和使用外置无线网卡在同样的外部条件下，802.11g+ADSL 模式应用系统的传输速率差较大。使用内置无线网卡的传输速率是 24Mbit/s，而使用外置无线网卡传输速

率达到 54Mbit/s。

表 4.1 信号强度与传输距离的关系

距离 (m)	信号强度	距离 (m)	信号强度	距离 (m)	信号强度	距离 (m)	信号强度
10	100%	60	76%	120	47%	230	27%
30	90%	90	65%	150	40%	260	8%

表 4.2 不同时间段内的时延

时间段	时延 (s)	时间段	时延 (s)	时间段	时延 (s)	时间段	时延 (s)
1: 00	2'15"	8: 00	2'33"	16: 00	3'34"	22: 00	2'23"
4: 00	2'53"	12: 00	2'56"	20: 00	3'45"	23: 00	1'43"

4.1.5.3 在双模式下工作的系统

采用双模式工作方式，即将 802.11g+ADSL 模式和 CDMA1X+ADSL 模式组合起来，构成一个完整的实用系统。双模式系统比单模式系统的应用范围大，在 802.11g+ADSL 应用系统中，作为现场视频数据采集和编码压缩处理装置的视频采集摄像头须和移动的笔记本电脑安置在被监控现场，无线路由器和已接入 ADSL 线路的 ADSL Modem 连在一起，视频采集摄像头和无线路由器之间有一段无线信道，两者之间的距离在没有障碍物的情况下可达到 300m 左右，这种应用系统的工作速率较高，其瓶颈速率是 ADSL 线路的工作速率。对于基于 CDMA1X+ADSL 模式的应用系统来讲，监控范围要大得多。只要能够被 CDMA1X 网络覆盖到的场所和区域，都是这种系统可以达到的监控范围。但该系统在使用时要携带功能较强劲的电池组或 UPS 电源。而且 CDMA1X+ADSL 应用系统的工作瓶颈速率被实际的 CDMA1X 工作速率所制约，尽管 CDMA1X 的标称速率为 153.6kbit/s，但在实际使用时，有较大的偏差，这些因素都导致系统监控的实时性受到影响，具体反映到监控画面的帧率受到影响。双模式系统在架构 802.11g 应用系统方便的场所，使用 802.11g+ADSL 模式工作；如果被监控现场与 ADSL Modem 距离较远或中间的空间障碍物复杂一些，或无法组建有效的 802.11g+ADSL 模式的应用系统时，就可以使用 CDMA1X+ADSL 模式工作。

4.1.5.4 无线网络与有线网络的配合覆盖中实现无线网络实时监控

对于移动场所、一些热点地区及各类建筑物中信息线缆敷设不到的监控盲区，由移动无线网络和有线网络共同组成的混合网络可以将双向多媒体数据的覆盖延伸到建筑物内的任何一个区域，以消除覆盖盲区。可以使用 WLAN、GPRS 和 CDMA1X 移动网络技术来和有线网络进行配合覆盖，WLAN、GPRS 和 CDMA1X 网络和监控场所或附近的各种有线网络如：DDN、ADSL、HFC、B-ISDN、楼宇局域网和 Internet 进行无缝互联。

有线宽带接入网：ADSL、B-ISDN、HFC 和局域网等主流宽带接入方式，结构原理各异，提供的接入速率也各不相同。局域网宽带接入可提供 10Mbit/s、100 Mbit/s 的传输速率；ADSL 可提供 1.53Mbit/s 的下行和 512kbit/s 上行传输速率；HFC 网络的线缆调制解调器的下行速率最高可达 27/36Mbit/s，上行速率为 320kbit/s/10Mbit/s。WLAN 中的 802.11g 系列能提供 54Mbit/s 的传输速率。随着无线移动通信技术的发展，当 3G 网络技术进入实用后，移动无线网络与有线网络的配合覆盖效能更高，3G 技术在静态时的速率可达 2Mbit/s；在高速移动状态下，速率可达 384kbit/s，使混合网络对于多媒体数据的传

送能力有较大幅度的提高,在这种情况下移动场所无线网络实时监控系统的性能也将会大幅度提高。混合网络中不同网络要实现互联互通和无缝连接。可使用不同的方法来实现异构网络的互通,如在 WLAN 与 GPRS 网络之间可采用所谓的“紧耦合”或“松耦合”结构进行互通连接。

3G 与 WLAN 紧耦合解决无缝的分组域业务切换融合。WLAN 的 AP 覆盖范围较小,在 3G 应用初期,WLAN 可作为无线数据业务的补充接入,解决初期覆盖小的问题,在 3G 进入较大规模应用后,WLAN 可在热点地区作为补充,减轻大数据流量对 3G 网络营运的压力。这些问题都是在组建高性能移动场所无线网络实时视频监控系统必须要考虑的问题。

无线网络视频监控应用系统同其他通信业务类似,在实现方式和具体环境需求上呈多样性,许多场合下不是仅使用单一技术来构建系统,而是需要各种相关的技术协调配合,构成应用系统,以满足用户需求。有线网络和无线网络构成的混合网络,可采用灵活的结构和技术,技术实现方案可灵活地依托多种技术及组合,如使用基于 LAN+WLAN+Internet、GPRS+ADSL、CDMA1X+ADSL、WLAN+宽带网模式、GPRS 或 CDMA1X+其他宽带网模式等。

灵活使用相关技术组合的无线网络监控系统建立在有线网络基础上的网络监控系统相配合,可实现建筑物内全区域和室外广域范围的无盲区视频监控。使用面向移动终端的图像发送系统,在对实时图像采集经处理后向可连接互联网的移动终端发送图像;也可以将网络照相机中的实时图像发送到移动终端,在移动状态中实现远程视频监控。

随着有线网络、无线网络技术以及移动通信技术的迅速发展,灵活快捷地组建无线视频传输网络,实现低成本的远程视频监控已成为现实。尽管双模式远程视频监控系统监控的实时性受到网络实际使用环境的影响较大,但该系统还是一种实用性较强的应用系统,系统实现的经济成本也不高,在不同的应用环境中采用不同的模式去工作,以便在特定的监控环境下,实现较佳的监控效果。

4.1.5.5 研究“移动场所无线网络实时监控系统”中涉及的数据安全问题

“移动场所无线网络实时监控系统”使用多模式工作,即可以在 ADSL 宽带接入网中和 2.75G 的 CDMA1X 网络组合使用,也可以在 ADSL 宽带接入网中和无线局域网的 8.2011b、802.11g 应用系统组合使用,也可以携带 UPS 不间断电源作为系统的供电电源在移动状态下完全借助于 CDMA1X 网络实现远程视频监控,在 ADSL 宽带接入网和 CDMA1X 网络中使用该系统,在一定的程度上数据安全性能能够得到保证,但在局域网环境下和在 ADSL 宽带接入网中加入 8.2011b、802.11g 应用系统组态下使用时,安全问题就变得突出了。因此,研究和解决系统在 ADSL+8.2011b 或 ADSL+802.11g 模式下的数据安全性问题就成为一个很重要的内容了。

在很多场合下,在混合网络环境中处理无线网络的接入,还需要解决好以下一些问题:

(1) 新的无线网络建设要求在网络互联、安全防御等方面与已有的有线网络进行良好地兼容和互补,并在无线网络认证计费方面也实现无缝融合。

(2) 满足大流量访问,考虑在发展的基础上,当用户增加随之流量大幅度增加的情况下,怎样实现用户隔离、广播风暴抑制、VLAN 划分、信道自动规划和负载均衡等,在综合网络体系下满足建筑物内的信号覆盖强度和网络访问的稳定性。

(3) 在局域网环境中,如何具体实现无线网络实时监控系统;在局域网环境中,怎样使

多个用户通过 WLAN 体系流畅访问局域网；怎样在混合网络环境下实现虚拟局域网，虚拟局域网怎样启用加密和认证，使得用户可以按照不同的身份被分到不同等级的局域网访问权限；怎样在混合网络环境下，融合局域网认证系统实施 802.1X 认证计费。

(4) 无线网络实时监控在很多情况下，环境中有效的局域网系统已经建成，统一的网络管理已经投入使用，新建的无线网络环节，应该能够很好地融合进现有局域网管理系统中，对无线网络用户和无线接入点/网桥进行统一管理。

(5) 充分考虑网络的安全性，原有网络系统已经具备多种安全防御能力，建成的无线网络很好的融合进原有网络安全解决方案体系中，并根据无线网络的安全技术特征，补充为具有多层次的安全保护措施，以满足用户身份鉴别、访问控制、可稽核性和保密性等要求。

(6) 可扩展性：在原有局域网网络规模不断发展的情况下，无线网络可满足在不改变主体架构与大部分设备的前提下，平滑实现升级和扩充，降低原有网络的硬件投资，并保证扩展后的系统可用性与稳定性。

(7) 与认证计费系统的融合：原有的局域网的认证计费系统架构已经稳定地运行，在今后全网对所有用户的上网控制、认证与计费的持续运营。

4.1.6 出入口控制系统和电子巡更系统

(1) 出入口控制系统。出入口控制系统也称为门禁系统，对正常的出入通道进行管理，对进出人员进行识别和选择，可以和闭路电视监控系统、火灾报警系统、保安巡逻系统组合成综合安全管理系统，是智能建筑中必不可少的组成部分。

实现出入口控制主要有以下几种方式：

1) 在需要了解通行状态的门上安装门磁开关。安装在门上的门磁开关，会向控制中心发出该门开/关的状态信号。同时，系统控制中心将该门开/关的时间、状态、门地址等信息予以记录。

2) 在需要监视和控制的门及通道上，除了安装门磁开关外，还要设置电动门锁。控制中心可监视门的状态和控制门的开启与关闭。还可以由程序控制，将某通道门在某一个时间段内处于开启状态，在其他时间段处于闭锁状态。而出入口控制系统中需要储存的信息量并不大。用户可以从卡中读取信息，而且也能将新信息存入卡中，这样可以使自动变更信息成为可能。

3) 在需要监视、控制和身份识别的重点区域的通道门处，除了安装门磁开关、电动锁外，还要安装磁卡识别器以及密码键盘等装置，由控制中心监控，并作适当的记录。

出入口控制系统主要的检测技术手段为：

1) 磁条卡。磁条卡是出入口控制系统中常用的一种电子装置。磁条卡可储存大量的信息。

2) 光学卡。光学卡结构较简单。光学卡的表面上有特定的图案孔洞，通过穿过孔洞的光线对图案孔洞构成的密码进行检测。

3) IC 卡（IC 卡也叫智能卡）。IC 卡存储区域中能寄存大量的数据，可在多种场合使用，IC 卡上的信息可方便地进行修改。只有使用专用设备才能读取 IC 卡中的相关数据存储区域；IC 卡很难伪造。在出入口控制系统中使用 IC 卡，有很高的安全性。

4) 感应卡（非接触 IC 卡）。使用感应卡时不需要将其插入读卡机中，手持感应卡接近读卡机就可以完成读卡操作并快速通过出入通道关卡。感应卡具有防水、防污、能用于潮湿

的恶劣环境，使用方便，节省识别时间，特别适合在安全要求不很高的大流量的情况下使用。随着感应卡性能价格比的提高，已逐渐成为智能化建筑出入口控制系统的主流识别卡。

5) 非出示系统。非出示系统中的卡和配套装置可以反射由读卡机发射的高频信号，读卡机接收反射回来的信号，当然，这个作用范围仅为几米以内。非出示系统大多应用于如仓库、医院等区域及场所。

图 4.19 所示为使用电脑主机控制的出入口控制系统。

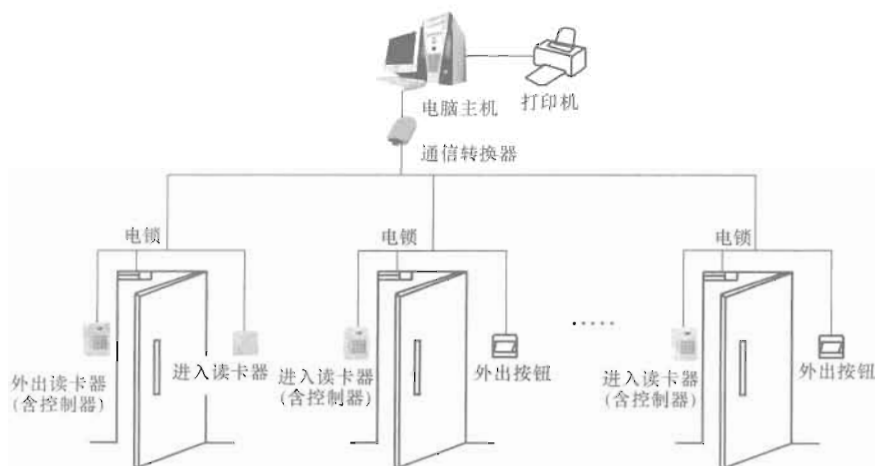


图 4.19 使用电脑主机控制的出入口控制系统

(2) 电子巡更系统。电子巡更系统也是安全防范系统的一个子系统。在智能化建筑的主要通道和重要区域设置巡更点，保安人员按规定的巡逻路线在规定时间内到达巡更点进行巡查，在规定的巡逻路线、指定的时间和地点与安防控制中心交换信息。一旦在一定的路段发生了异常情况及突发事件，巡更系统能够及时反应，并发出报警。

电子巡更系统的通信方式分有线方式和无线方式两种。在有线方式中，巡更系统由计算机、网络收发器、前端控制器等设备组成。保安值班人员到达巡更点并触发巡更点开关，巡更点将信号通过前端控制器及网络收发器实时送给计算机系统，也叫在线式巡更系统。在无线方式中，巡更系统由计算机、传送单元、手持读取器、编码片等设备组成。编码片安装在巡更点处代替巡更点，值班人员巡更时，手持读取器读取数据。巡更结束后，将手持读取器插入传送单元，使其存储的所有信息输入到计算机并进行处理。

4.1.7 停车场管理系统和对讲系统

智能建筑的规模决定了停车场管理系统也是一个必不可少的子系统。车位超过 50 个时，需设停车场管理系统。停车场管理系统对智能化建筑的正常运营和加强车辆安全管理来讲是必须具备的设施系统，其主要功能是泊车与管理。

(1) 泊车。对车辆进出与泊车的控制可达到安全、有序、迅速停车及驶离的目的。在停车场内，有车位引导设施，使进入的车辆尽快找到合适的停泊车位，保证停车全过程的安全。还应解决停车场出口的控制，使被允许驶出的车辆能方便迅速地驶离。

(2) 管理。对停车场进行科学高效地管理，使车辆驶入驶出时交费迅速，给使用停车场的用户带来方便，同时管理者又能实时掌握停车场管理系统整体的工作情况，并能方便地进

行记录。停车场管理系统的构成：停车场管理系统及收费系统主要由入口控制、出口控制、管理中心与通信管理四大部分组成。

对讲系统用于建筑物安全管理中。为防止外来人员非经授权进入，确保智能建筑用户的个人、财产安全，对讲系统有很重要的作用。新型的可视对讲系统技术含量高，在白天或夜晚，都能清楚地看见室外的来访人员。

对讲系统的组成有主机、若干分机、电控锁和电源箱。一般在建筑物的主要出入口、安装对讲控制门机装置，并配有各住宅房号数码按键。在入口处、管理室的分机也叫访客管理控制机。

图 4.20 所示为停车场管理系统。

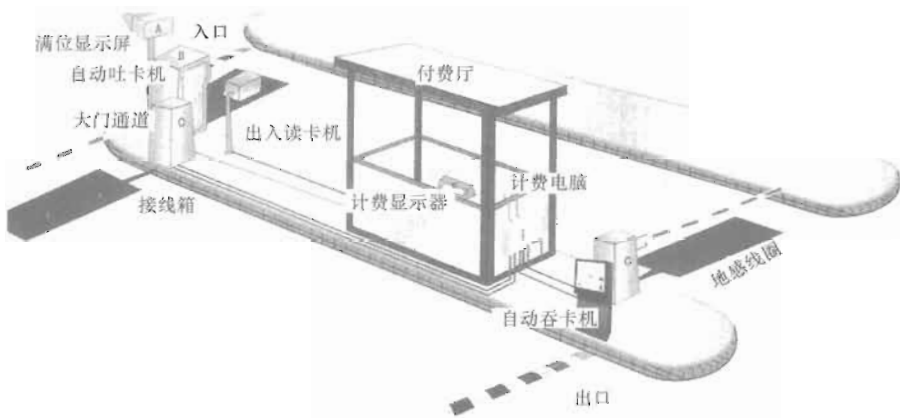


图 4.20 停车场管理系统

4.1.8 周界防范报警子系统

周界防范报警子系统是根据建筑物的安全技术防范管理的需要，对设防区域的非法入侵、盗窃、破坏和抢劫等，进行实时有效的探测和报警，并应有报警复核功能。目的在于：建立封闭式住宅小区，加强出入口管理，防范小区外闲杂人员进入，同时防范非法翻越围墙或栅栏。当发生非法翻越时，探测器可以立即发出报警信号，在小区安防管理控制中心的电子地图上显示出翻越区域，通知保安人员进行及时处理，同时现场警告入侵者，并进行现场录像联动，其功能要求如下：

- (1) 周界须全面设防，无盲区和死角。
- (2) 探测器抗不良天气环境干扰能力强。
- (3) 防区划分适于报警时准确定位。
- (4) 报警中心具备语音/警笛/警灯提示。
- (5) 中心通过显示屏或电子地图识别报警区域。
- (6) 翻越区域现场报警，同时发出语音/警笛/警灯、警告。
- (7) 报警中心可控制前端设备状态的恢复。
- (8) 夜间与周界探照灯联动，报警时，警情发生区域的探照灯自动开启。
- (9) 与闭路电视监控系统联动，报警时，警情发生区域的图像自动在监控中心监视器中弹出。

(10) 进行报警中心报警状态、报警时间记录。

周界防范报警子系统一般由探测器、报警控制器、联动控制器、模拟显示屏以及探照灯等组成。

4.2 消防自动化系统 (FAS)

对于建筑智能化系统来说,消防自动化系统是一个必不可少的子系统。消防自动化技术的主要内容有:火灾参数的检测技术、火灾信息处理与自动报警技术、消防防火联动与协调控制技术、消防系统的计算机管理技术以及火灾监控系统的设计、构成、管理和使用等。

4.2.1 火灾自动报警系统的发展

1852年,美国波士顿安装了世界第一台火灾报警系统;1874年英国安装了世界第一台用于城镇火灾报警装置:一套水喷淋装置;1890年,英国研制出感温式火灾探测器。

20世纪初,定温火灾探测器得到了发展。利用双金属的探测器,采用低熔点金属的新型探测器也被研制出来了。20世纪20年代开始,利用升温速率原理又发明了差温火灾探测器。差温火灾探测器在升温速率超过预定值时发出报警信号。这种火灾探测器探测火源速度很快。以后又出现了空气管式和机械式类型火灾探测器。接着,又相继研制出了双金属差温火灾探测器、热敏电阻差温火灾探测器、膜盒差温火灾探测器、半导体差温火灾探测器等。再后来,将差温和定温两种功能组合成具有差温、定温火灾探测功能的感温火灾探测器,即差定温组合式火灾探测器。20世纪50年代至70年代出现了感烟火灾探测器。20世纪40年代末期开始,瑞士物理学家研制成功离子感烟探测器。离子探测器探测火灾比感温探测器反应速度快得多。随着科学技术的发展,光电式感烟探测器应运而生,它是应用烟雾粒子对光线产生散射、吸收或遮挡原理制造的。

火灾报警系统也经历了从简单的机电式向应用微处理器的智能化的发展过程。可寻址开关量报警系统就是智能型火灾报警系统的一种。这种报警系统的“智能”体现在每个探测器有单独的地址编码,并且采用总线传输方式,可在控制器上读出每个探测器的输出状态。目前的可寻址系统在一条总线上可挂接几百个探测器,并能在极短的时间内查询所有的探测器状态、地址等。

可寻址模拟量报警系统不仅可查询每个火灾探测器的地址,而且可以报告传感器的输出量值,逐一进行监视和分级报警。响应阈值自动浮动式模拟量的报警系统,可报告探测器的输出量,还可以在报警和非报警状态之间自动调整报警阈值,使误报率大幅降低。还有的智能火灾报警系统使用“模式识别法”,采用模糊数学或神经网络等方法减低误报率。

20世纪90年代以来,欧美出现无线火灾自动报警系统。随着技术的发展,气体探测器、气味探测器和光纤火灾探测器等新型探测器随之出现。

火灾探测器,主要有感烟式、感温式和感光式(火焰探测式)三大类。此外,对于物质燃烧产生的烟气体或易燃易爆场所泄漏的可燃性气体,可利用各种气敏元件及其导电机理或三端电化学元件的特性变化来探测火灾与爆炸危险性,从而构成可燃气体探测器。在建筑中,大量使用的火灾探测器是感烟式和感温式火灾探测器。

目前,先进的火灾自动报警控制装置大多植入了微处理器。火灾自动报警控制装置的发展有以下特点:

(1) 功能综合化。火灾自动报警控制装置除了有火灾报警功能外,还有防盗、燃气泄漏报警功能等。

(2) 功能模块化、软件化。火灾自动报警控制装置采用可编址功能模块,对制造、设计、维修很方便。大部分功能通过软件设定,便于系统功能的设置及增强。

(3) 系统集成化。它本身是集散系统,功能集中,系统分散,一旦某一部分发生故障,不影响其他部分的工作。应用计算机网络技术,不但火灾自动报警控制装置相互连接,而且可以和建筑物自动控制系统互联。实现互通信,形成效能更高的系统。

(4) 功能智能化。在火灾探测器内植入微处理器,应用数据库技术、知识管理技术、模糊数学理论、人工神经网络技术使在火灾探测器的智能程度大大提高,消除误报。

4.2.2 火灾自动报警系统的使用场所

根据有关方面的规定,以下一些场所必须配备火灾自动报警系统:

- (1) 大中型电子计算机房。
- (2) 贵重机器、仪器、仪表设备室。
- (3) 设有卤代烷灭火系统或二氧化碳灭火系统的房间。
- (4) 广播电视、电信、邮政楼的重要机房。
- (5) 火灾危害大的重要实验室。
- (6) 图书文物珍品库。
- (7) 重要档案资料库。
- (8) 超过3 000个座位的体育馆观众厅。
- (9) 百货楼、展览馆和高级旅馆。
- (10) 建筑高度超过100m²的高层建筑。
- (11) 医院病房楼。
- (12) 财贸金融楼。
- (13) 电力调度楼。
- (14) 办公楼。
- (15) 10层以上住宅建筑。
- (16) 公共建筑。
- (17) 高层建筑。

4.2.3 火灾探测器的分类

火灾探测器种类很多,通常可以按照结构形式、被探测参量以及使用环境进行分类,其中以被探测参量分类最为多见,也是工程设计中较多采用的分类方法。

(1) 按结构形式分类。

1) 点形火灾探测器,这类探测器主要用于对“点区域”的监控。

2) 线形火灾探测器,常装置于一些特定环境区域,如电缆隧道这样一些窄长区域。

(2) 按探测器的参量分类,可分为感烟、感温、感光(火焰)、气体以及复合探测器等几大类。

1) 感烟火灾探测器,感烟探测器又分为离子型、光电型、激光型、电容型和红外光束

型等数种形式。

2) 感温火灾探测器,它是一种动作于引燃阶段后期的“早中期发现”的探测器。根据监测温度参数的不同,感温火灾探测器有定温、差温和差定温三类别。

感温火灾探测器还可以具体地分为:①易熔合金定温火灾探测器;②玻璃球定温火灾探测器;③双金属定温火灾探测器;④水银触点定温火灾探测器;⑤热电偶定温火灾探测器;⑥热敏电阻火灾探测器;⑦半导体定温火灾探测器;⑧双金属片差温火灾探测器;⑨膜盒差温火灾探测器;⑩膜盒差定温火灾探测器;⑪热敏电阻差定温火灾探测器;⑫缆式线型定温火灾探测器;⑬半导体线型定温火灾探测器;⑭空气管线型差定温火灾探测器等。

3) 感光火灾探测器,也叫火焰探测器或光辐射探测器,主要分为红外光火焰探测器和紫外光火焰探测器两类。

4) 复合式火灾探测器,如感烟感温式、感光感温式和感光感烟式等。

5) 气体火灾探测器,这种探测器对可燃性气体浓度进行检测,对周围环境气体进行“空气采样”,对比测定,而发出火灾警报信号。

(3) 按使用环境分类可分为普通型、防爆型、船用型以及耐酸碱型等。

1) 普通型。用于环境温度在 $-10\sim 50^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度在85%以下的场合。

2) 防爆型。适用于易燃易爆场合,对外壳和内部电路均有严格防爆、隔爆要求。

3) 船用型。适用于耐温耐湿,即环境温度高于 50°C 、湿度大于85%的场合。

4) 耐酸耐碱型。用于周围环境存在较多酸、碱腐蚀性气体的场所,如民用建筑中的感温探测器利用半导体元件对温度的敏感性来探测火情。感温探测器有以下三种类型。

①定温式探测器。发生火情和火灾引起的温度上升超过某个定值时,定温式探测器能够在规定时间内,进行报警。定温式探测器分为线形和点形两种结构。线形是当温度达到一定值时,可熔绝缘物熔化而使导线接通从而产生报警信号。点形是利用双金属片、易熔金属、热电偶、热敏半导体电阻等元件在温度达到一定值时产生报警信号。

②差温式探测器。差温式探测器能在环境温度变化达到规定的升温速率以上时,接通开关发出报警信号。

③差、定温式探测器。这种感温探测器是将定温式探测器和差温式探测器两种探测器集成在一起。

4.2.4 高层建筑的火灾防范

高层建筑具有建筑面积大、用电设备多、供电要求高、人员集中等特点,这就对高层建筑的防火提出了很高的要求。我国将高层建筑分为一类和二类两大类,这种分类的目的是为了针对不同类别的建筑物在耐火等级、防火间距、防火分区、安全疏散、消防给水、防排烟等方面分别提出不同的要求,以达到既保障各类高层建筑的消防安全,又能节约投资的目的。

高层建筑火灾发生有着显著的规律和特点。高层建筑高度高,规模大,生活设施齐全,可燃物多,发生火灾时,火势蔓延快,扑救、疏散困难,往往造成巨大损失。

高层建筑的消防安全,主要靠完善防火设计和自身消防设施,提高自防自救能力。有关单位对高层建筑的建设和经营,必须严格执行国家消防法规,保证消防资金投入,配备性能可靠的消防器材设施,及时消除火灾隐患,确保安全。多用户高层的公用消防设施的维修管

理和电器安装等，统一由该建筑的业主负责。

4.2.4.1 高层建筑的火灾危险性

高层建筑的火灾呈现如下一些特点：

(1) 蔓延速度快。在高层建筑中，火势蔓延速度快，并且在纵向和横向同时蔓延，形成主体火灾，主要原因是烟囱效应。

(2) 通风空调管道可能促成火灾横向蔓延。高层建筑在发生火灾时，通风空调管道极有可能给火灾扩大蔓延埋下隐患，这点在许多建筑火灾中已得到印证。

(3) 风力的影响。室外风力、风向、风速对高层建筑火灾蔓延有显著影响。高层建筑密闭性强，温度和压力不易外泄，成为促成烟火横向的重要因素。

(4) 扑救难度大，火情侦察难。由于浓烟高温，消防人员不易接近起火部位，因此不能准确查明起火点。烟气的流动和火势的蔓延容易使消防人员造成误判，贻误战机。

(5) 疏散营救难。高层建筑楼房高、层次多、垂直距离大，着火后，被困人员多，疏散距离长。而楼梯、消防电梯等有限的疏散通道又是消防灭火进攻的通道。救人与灭火容易互相干扰。特别是在有烟、断电情况下疏散，容易造成惊慌、混乱、挤踏争抢、消极等待情况，必须进行引导和帮助。

(6) 组织指挥难。对于高层建筑的立体火灾，应救人救火同时进行。

(7) 对建筑自身消防设施依赖性强。高层建筑，特别是超高层建筑的灭火救人，已经超出了常规消防设备和消防人员常规消防灭火能力的范围。消防车向高层供水，试验数据最高为80m。这些能力的发挥，还要受到当时诸多因素的制约。例如，消防员体力和行动速度的局限，水带和水泵的制约。所以，扑救高层建筑火灾，必须以高层建筑自身消防设施为主。

4.2.4.2 高层建筑的防火安全工作

(1) 高层建筑的耐火等级。高层建筑的耐火等级分为一、二两级。一类高层建筑的耐火等级应为一级；二类高层建筑的耐火等级不应低于二级。裙房的耐火等级不应低于二级。高层建筑地下室的耐火等级为一级。

(2) 设置防排烟系统。防排烟就是将火灾产生的烟气，在着火房间和着火房间所在的防烟区内就地加以排出，防止烟气扩散到疏散通道和其他防烟区中去，确保疏散和扑救用的防火楼梯间、消防电梯内无烟，并且应选用适当有效的排烟设备，合理安排进、排风口，确保管道的面积、位置等。在高层建筑中，应设计火灾报警系统、自动喷淋系统，以便尽早发现火灾，大量产生浓烟之前扑灭建筑物中任何部分的火焰或控制火灾发展。应配备安装能与喷水灭火系统同时工作的烟量控制系统。

(3) 消防电梯井及前室加压送风。《高层民用建筑设计防火规范》规定，高度超过32m的建筑内应设消防电梯。消防电梯是为了消防队扑救高层火灾而设计的，因此消防电梯在首层有一个专用控制按钮。消防电梯区别于普通电梯的主要特点是有一个防烟前室，前室内有外窗或机械防烟、排烟装置。此外，消防电梯应有可靠的电源保证。排烟方式为：保持防烟楼梯间及前室、消防电梯室和合用前室正压，且楼梯间的压力略高于前室的压力，使气流的流向和烟雾的流向相反，有助于烟雾从着火房间通过窗户排向室外。

(4) 疏散指示标志、事故照明和事故广播系统。在高层建筑的走道、楼梯间、配电室、消防泵房、消防中心控制室等应有火灾事故照明，即在正常照明电源被切断后，这些部位的

照明仍有另一路电源进行保障。疏散指示标志,即用白绿相间的标志牌向人们指出疏散方向和楼梯间、出口的位置,以便在发生火灾、建筑内充满烟气的情况下人员能找到安全出口,并迅速撤离建筑物。

4.2.4.3 高层建筑的消防供水

高层建筑火灾火势蔓延快、烟气流窜速度快,同时人员疏散难、扑救难。消防给水直接影响高层建筑火灾扑救的效果。

(1) 水喷洒系统。由喷洒头、管道、压力表、放水阀、水流报警器、湿式报警阀、稳压泵、主泵以及水泵接合器组成。喷洒头又分闭式和开式。一般民用建筑大都采用闭式喷洒系统,在无采暖车库和水幕处采用开式喷头。闭式喷头系统的管网应处于常年充水承压状态,一旦发生火灾,室内温度升高会将喷头处的玻璃泡(内装遇热膨胀液体)或易熔合金破碎或熔化,水通过管网中的压力喷出达到扑救初期火灾的目的。开式喷洒系统平常管网支管处于干式状态,一般是用火灾自动报警系统联动打开管道上的电磁阀,进而支管充水通过喷头喷出,达到灭火的功能。水喷洒系统是在火灾现场无人的情况下又能将火灾扑灭在初起阶段的可靠设施,因此被广泛采用。

(2) 适应高层建筑火灾不同发展阶段的特点,应设有自动供水、主要供水和火场临时供水设施。自动供水主要保证初期火灾的扑救;主要供水一般由固定式消防泵承担;临时供水通常采用与室内管网相连的水泵接合器。

(3) 加强电器设备和用火、用电管理。高层建筑中设备多、用电多、易燃物品多、火源多,从而形成电气设施的组合体,因此必须加强电器设备和用火、用电管理。

4.2.5 火灾自动报警及消防联动控制系统的设计

进行火灾自动报警及消防联动控制系统设计时,应对系统方案进行确定。在设计火灾自动报警及消防联动控制系统时,应明确建筑物本身建筑特点和功能特点,了解该建筑的防火工程设计中其他专业的设施,对于电气专业的设计要求,然后根据有关规范对建筑物定性,确定系统的总体结构。

根据 GB 50045—1995《高层民用建筑设计防火规范》和 GB 50116—1998《火灾自动报警系统设计规范》,确定高层建筑类别,并确定火灾自动报警保护对象。

4.2.5.1 控制中心的组成、功能、特点

控制中心内主要设备为火灾报警控制器、多线消防联动控制器、总线消防联动控制器、消防电话总机、火灾广播设备、消防联动电源、自备电源等。

消防控制中心是整个消防报警及联动控制系统的中枢,主要配置管理控制主机、带 CRT 中文显示功能的火灾报警联动控制器、消防电话主机系统以及消防广播控制系统等。该系统负责整个系统信息的通信、显示、管理和控制,并按预先设定的联动功能软件自动/手动输出控制信号,启动相关的联动设备,完成防火和灭火功能,并保证建筑内的人员安全疏散和财产免受损失。主要信息如火灾报警、故障以及设备状态等分别以不同的颜色和符号在消防中心管理主机上以文字和图形方式显示。

配备在消防控制中心的火灾报警联动控制器可以全面监视整个建筑的火灾报警信息、火势蔓延状况、消防联动设备的工作状态,实现在火灾发生时对整个火灾现场的总体监控。消防控制中心的火灾报警联动控制器的主要特点如下:

(1) 功能强、可靠性高。该控制器采用双总线控制方式,当任何一条总线发生故障时,

另一总线仍能继续正常工作，对总线连接的各种设备，控制器都设有不掉电备份，保证在系统注册的设备全部受到监控。

(2) 灵活的模块化结构和多种功能配置选择。

(3) 配备智能化手动消防启动盘，较好地解决了报警联动一体化系统的工程布线、设备配置、安装调试等方面存在的固有问题。

(4) 具备全面自检功能的多线制控制模块。

消防中心配置的管理微机负责对建筑内消防系统的日常运行进行全面的监视和管理，通过微机的显示屏动态显示建筑物分楼区和分楼层的火灾实况，并及时发出警报与处置指示，使现场人员做到安全避难。

消防控制中心的功能主要是集中接收、显示和管理各报警点送回的火警信号、故障信号以及联动设备状态信号，并按预先编制的监控程序自动发出控制指令，控制相应的联动控制设备。同时在必要时也可通过中央手动联动控制台强制执行人为的控制指令，控制联动控制设备。

4.2.5.2 防火门及防火卷帘门控制系统

防火卷帘门两侧各设一组感烟、感温探测器，并在附近设有相应的输入/输出模块，当感烟或感温探测器报警时，控制机通过输入/输出模块输出半降（距地 1.8m）和全降（落地）控制信号控制防火卷帘门动作，并接收其动作返回信号送至消防中心显示；也可以通过消防中心中控台上的控制按钮，手动控制卷帘门降至地面，并显示其返回信号。

4.2.5.3 电梯控制系统

当电梯前室的感烟探测器报警时，主控机通过输入/输出模块输出控制信号，使电梯迫降至首层，并切断电源（消防电梯除外），也可以通过消防中心中控台上设置的电梯强降控制按钮，手动控制电梯强降至首层，消防中心设电梯返回状态显示。

4.2.5.4 探测回路

探测回路包括探测器、手动报警按钮、消火栓按钮、水流指示器、压力开关等，合理搭配智能型的探测器和手动报警按钮。

手动报警按钮在火灾报警系统中是探测器的补充，当火灾自动报警系统失灵时，采用人工手动报警方式向消防控制室报火警。

设计应满足：在一个防火分区内任何位置到最邻近的手动报警按钮的步行距离不大于 25m。JGJ/T 16—1992《民用建筑电气设计规范》要求不大于 25m。

4.2.5.5 消防广播系统和警报装置

消防广播设备作为建筑物的指挥系统，在整个消防控制管理系统中起着极其重要的作用。该系统通常由以下设备构成：

- (1) 音源：如 CD 机、录放机卡座等。
- (2) 播音话筒。
- (3) 前置放大器。
- (4) 功率放大器。
- (5) 现场播音设备：如吸顶音箱、壁挂音响等。

在实际应用设计消防广播系统时，有总线制与多线制两种方案可以选择。两者的区别在

于总线制系统是通过控制现场专用广播编码切换模块来实现广播的切换及其播音控制的，而多线制则是消防控制中心的专用多线制消防广播分配来完成播音切换控制的。

消防广播控制柜连接各试验台扬声器，在有火警时，切断背景音乐，启动消防广播按疏散顺序接通相关试验台的火灾广播。平时需要播放背景音乐和重要通知，火灾时通过消防中心自动强行切换至紧急广播状态，通过话筒或事先录制的广播内容指挥人员疏散和现场灭火，可按广播分区播放，也可按相关广播分区同时播放。



第5章 电梯控制系统

5.1 概述

5.1.1 电梯的定义

根据 GB/T 7024—1997《电梯、自动扶梯、自动人行道术语》规定,电梯应为服务于规定楼层的固定式升降设备,具有一个轿厢,运行在至少两列垂直的或倾斜角小于 15° 的刚性导轨之间,轿厢尺寸与结构形式便于乘客出入或装卸货物。

显然,电梯是一种间歇动作的、沿垂直方向运行的、由电力驱动的、完成方便载人或运送货物任务的升降设备,在建筑设备中属于起重机械。而在机场、车站、大型商厦等公共场所普遍使用的自动扶梯和自动人行道,按专业定义则属于一种在倾斜或水平方向上完成连续运输任务的输送机械,它只是电梯家族中的一个分支。目前,美、日、英、法等国家则习惯于将电梯、自动扶梯和自动人行道归为垂直运输设备。

5.1.2 电梯的作用

在现代社会和经济活动中,电梯已经成为城市物质文明的一种标志。特别是在高层建筑中,电梯是不可缺少的垂直运输设备。

电梯作为垂直运输的升降设备,其特点是在高层建筑物中所占的面积很小,同时通过电气或其他控制方式可以将乘客或货物安全、合理、有效地运送到不同的楼层。基于这些优点,在建筑业特别是高层建筑飞速发展的今天,电梯行业也随之进入了新的发展时期。

电梯的存在,使得每幢大型高楼都可以成为一座立体的城市。在纽约的前世界贸易中心大楼中,除每天有5万人上班外,还有8万人次的来访和旅游,通过250台电梯和75台自动扶梯的设置与正常运行,才使得合理调运人员、充分发挥大楼的功能成为现实。中国第一高楼、坐落在上海浦东的金茂大厦,高420.5m,主楼地上88层,建筑面积22万 m^2 ,集金融、商业、办公和旅游为一体,其中60台电梯、18台扶梯的作用是显而易见的。

20世纪初,美国出现了曳引式电梯,钢丝绳悬挂在曳引轮上,一端与轿厢连接,而另一端与对重连接,随曳引轮的转动,靠钢丝绳与曳引轮槽之间的摩擦力,使轿厢与对重做一升一降的相反运动。近一百年来,曳引式电梯一直受到重视,并发展沿用至今。

5.1.3 电梯的发展趋势

电梯发展到今天,在使用需求和新技术应用方面都进入到了全面发展的时期。据电梯行业信息介绍,目前国际上电梯的新技术应用包括以下几方面。

(1) 全数字识别乘客技术(所有乘客进入电梯前进行识别,其中包括眼球识别、指纹识别)。

(2) 数字智能型安全控制技术(通过乘客识别系统或者IC卡以及数码监控设备,拒绝外来人员进入)。

(3) 第四代无机房电梯技术(速度可以达到 2.0m/s 以上,最高可以使用在30层以

上)。

(4) 双向安全保护技术 (双向安全钳、双向限速器, 在欧洲必须使用, 中国正普遍使用)。

(5) 快速安装技术 (改变过去的电梯安装方法, 能够快速组装)。

(6) 节能技术 (采用节能技术, 使电梯更节约能源)。

(7) 数字监控技术 (完全采用计算机进行电梯监控与控制)。

(8) 无线远程控制及报警装置 (当电梯发生故障时, 电梯可以通过无线装置给手机发送故障信息, 并通过手机发送信号对电梯进行简单控制)。

5.2 电 梯 系 统

由于建筑物的用途不同, 客、货流量也不同, 须配置各种类型的电梯, 因此各个国家对电梯的分类也采用了不同方法。根据我国的行业习惯, 大致归纳如下几类。

5.2.1 按速度分类

(1) 低速电梯 (也称丙梯)。电梯运行的额定速度在 1m/s 以下, 如 0.25 、 0.5 、 0.75m/s , 常用于 10 层以下的建筑物。

(2) 快速电梯 (也称乙梯)。电梯运行的额定速度在 $1\sim 2\text{m/s}$ 之间, 如 1.5 、 1.75m/s , 常用于 10 层以上的建筑物内。

(3) 高速电梯 (也称甲梯)。运行的额定速度 $\geq 2\text{m/s}$, 如 2 、 2.5 、 3m/s , 常用于 16 层以上的建筑物内。

(4) 超高速电梯。电梯运行的额定速度超过 5m/s , 甚至更高。常用于楼高超过 100m 的建筑物内。

随着电梯速度的提高, 以往对高、中、低速电梯速度限值的划分也将作相应的提高和调整。

5.2.2 按用途分类

(1) 乘客电梯。为运送乘客而设计的电梯, 主要用于宾馆、饭店、办公大楼及高层住宅。

(2) 住宅电梯。供住宅楼使用, 主要运送乘客, 也可运送家用物件或其他生活物件。

(3) 观光电梯。观光侧轿厢壁透明, 装饰豪华、活泼, 运行于大厅中央或高层大楼的外墙上, 供游客、乘客观光。

(4) 载货电梯。为运送货物而设计的电梯, 轿厢的有效面积和载重量较大, 要求安全性好, 结构牢固。

(5) 客货电梯。主要用于运送乘客, 但也可运送货物。

(6) 医用 (病床) 电梯。专为医院设计的用于运送病人、医疗器械和救护设备的电梯, 轿厢窄而深, 要求有较高的运行稳定性。

(7) 杂物 (服务) 电梯。供图书馆、办公楼、饭店等运送图书、文件、食品等。轿厢的有效面积和载重量均较小, 不容许人员进入及乘坐, 门外有按钮操作。

(8) 汽车电梯。用于多层、高层车库中的各种客、货、轿车的垂直运输。轿厢面积较大, 构造牢固。

(9) 自动扶梯。与地面成 $30^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 的倾斜角,在一定方向上以较慢的速度连续运行,多用于机场、车站、商场、多功能大厦中,是具有一定装饰性的代步运输工具。

(10) 自动人行道。在一定的水平或倾斜方向上连续运行,常用于大型车站、机场等处,是自动扶梯的变形。

(11) 其他电梯。除上述几种电梯外,还有一些特殊用途的电梯。例如,在施工现场运送施工材料及施工人员的建筑施工梯;在发生火灾时,用于运送乘客、消防人员及消防器材的消防梯;供特殊工作环境下使用的特殊梯,如防爆、耐热、防腐等;用于运送矿井内的人员及货物的矿井梯;为地下火车站和山坡站倾斜安装的集观光和运输为一体的斜运梯;能将地下机库中几十吨甚至上百吨的飞机,垂直提升到机场跑道上的运机梯以及随着高层建筑的发展变化所出现的用于维护高层楼宇的吊篮设备。

5.2.3 按拖动方式分类

(1) 交流电梯。用交流感应电动机作为驱动力的电梯。

(2) 直流电梯。用直流电动机作为驱动力的电梯。

(3) 液压电梯。靠液压传动的原理,利用电动泵驱动液体流动,由柱塞使轿厢升降的电梯。

(4) 齿轮齿条电梯。采用电动机—齿轮传动机构,将导轨加工成齿条,轿厢装上与齿条啮合的齿轮,由电动机带动齿轮旋转完成轿厢的升降运动的电梯。

(5) 螺杆式电梯。将直顶式电梯的柱塞加工成矩形螺纹,再将带有推力轴承的大螺母安装于油缸顶,然后通过电动机经减速机(或皮带)带动大螺母旋转,从而使螺杆顶升轿厢上升或下降的电梯。

(6) 直线电动机驱动的电梯。用直线电动机作为动力源,是目前具有最新驱动方式的电梯。

5.2.4 按有无司机分类

(1) 有司机电梯。必须由专职司机操作而完成电梯运行的电梯。

(2) 无司机电梯。不需专门司机操作,由乘客自己按动需去楼层的按钮后,电梯自动运行到达目的楼层的电梯。此类电梯具有集选功能。

(3) 有/无司机电梯。此类电梯可改变控制电路。平时由乘客自己操纵电梯运行,遇客流量大或必要时,改由司机操纵。

5.2.5 按控制方式分类

(1) 手柄操纵控制电梯。由电梯司机在轿厢内控制操纵箱,多用于货梯,目前使用较少。

(2) 按钮控制电梯。具有自动平层功能,常用于服务梯或货梯。因按钮箱所在位置的不同分为轿外按钮控制和轿内按钮控制两种方式。

(3) 信号控制电梯。自动控制程度较高,除具有自动平层、自动开门功能外,还具有轿厢命令登记、层站召唤登记、自动停层、顺向截停和自动换向等功能。司机只要将需停站的楼层按钮逐一按下,再按下启动按钮,电梯就自动关门运行,直到预先登记的指令全部执行完毕。在运行中,电梯能被符合运行方向的层站召唤信号截停。采用这种控制方式的常为有司机客梯或客货两用梯。

(4) 集选控制电梯。一种在信号控制基础上发展起来的全自动控制的电梯,能实现无司

机操纵。特点：把轿厢内选层信号和各层外呼信号集合起来，自动决定上、下运行方向，顺序应答，可分为双向集选和单向集选。

(5) 并联控制电梯。2~3台电梯的控制线路并联起来进行逻辑控制，共用层站外召唤按钮，电梯本身具有集选功能。

三台并联集选组成的电梯，有两台电梯作为基梯，一台为自由梯。运行原则类同于两台并联控制电梯。

(6) 群控电梯。用微机控制和统一调度多台集中并列的电梯，可分为梯群程序控制和梯群智能控制。

国外已研制出有关多功能大厦管理的专家系统，它包括大厦中所有的服务设备，如锅炉、暖通、空调、安防报警、梯群控制以及服务、管理等智能化系统。

(7) 微机控制电梯。随着计算机技术的发展与应用，用微机作为调速控制系统的调速装置，使传统的调速系统中的有触点器件减少，可靠性提高，同时利用微机较强的逻辑、算术功能，方便解决电梯调速中的舒适感问题。

5.2.6 按曳引机结构分类

(1) 有齿曳引机电梯。曳引机有减速器，用于交、直流电梯。

(2) 无齿曳引机电梯。曳引机没有减速器，由曳引机直接带动曳引轮转动，用于直流电梯。

5.2.7 其他分类方式

按轿厢尺寸的大小分类时，经常使用“小型”、“超大型”等词来描述电梯。

按机房位置不同可分为：机房位于井道顶部的上置式电梯；机房位于井道底部或底部两侧的下置式电梯。近些年还出现了小机房电梯和无机房电梯。

5.3 电梯的组成

电梯是机与电紧密结合的复杂产品，其基本组成包括机械部分与电气部分，但从空间上考虑一般划分为以下几部分。

(1) 机房部分，包括电源开关、曳引机、控制柜（屏）、选层器、导向轮、减速器、限速器、极限开关、制动抱闸装置、机座等。

(2) 井道部分，包括导轨、导轨支架、对重装置、缓冲器、限速器张紧装置、补偿链、随行电缆、底坑及井道照明等。

(3) 层站部分，包括层门（厅门）、呼梯装置（召唤盒）、门锁装置、层站开关门装置、层楼显示装置等。

(4) 轿厢部分，包括轿厢、轿厢门、安全钳装置、平层装置、安全窗、导靴、开门机、轿内操纵箱、指层灯、通信及报警装置等。

5.4 电梯控制

5.4.1 电梯的电力拖动系统

电力拖动系统是电梯的动力来源，它驱动电梯部件完成相应的运动，在电梯中主要有如

下两个运动：

(1) 轿厢的升降运动。轿厢的运动由曳引电动机产生动力，经曳引传动系统进行减速、改变运动形式（将旋转运动改变为直线运动）来实现驱动，其功率在几千瓦到几十千瓦，是电梯的主驱动。为防止轿厢停止时由于重力而溜车，还必须装设制动器（俗称抱闸）。

(2) 轿门及厅门的开关运动。轿门及厅门的开与关则由开门电动机产生动力，经开门机构进行减速、改变运动形式来实现驱动，其驱动功率较小（通常在 200W 以下），是电梯的辅助驱动。开门机一般安装在轿门上，驱动轿门的开与关，而厅门则仅当轿厢停靠本层时由轿门的运动带动厅门实现开或关。由于轿厢只有在轿门及所有厅门都关好的情况下才可以运行，因此，没有轿厢停靠的楼层，厅门应是关闭的。如果由于特殊原因使没有轿厢停靠楼层的厅门打开了，那么，在外力取消后，该厅门由自动关闭系统靠弹簧力或重锤的重力予以关闭。

5.4.2 电梯的电力拖动系统功能

电梯的电力拖动系统应具有如下功能：

- (1) 有足够的驱动力和制动力，能够驱动轿厢、轿门及厅门完成必要的运动和可靠的静止。
- (2) 在运动中有正确的速度控制，以保证有良好的舒适性和平层准确度。
- (3) 动作灵活、反应迅速，在特殊情况下能够迅速制停。
- (4) 系统工作效率高，节省能量。
- (5) 运行平稳、安静，噪声小于国标要求。
- (6) 对周围电磁环境无超标的污染。
- (7) 动作可靠，维修量小，寿命长。

5.4.3 常见的电力拖动方式

随着科学技术的发展，电梯的电力拖动方式也有了很大发展，最先进的电力拖动技术一出现，很快便在电梯中得到应用。电梯作为与人们生活最贴近的建筑设备，不断地向人们展示最新的科技成果，让人们享受科学技术带来的方便与舒适。

目前，国内生产的电梯主要采用如下一些电力拖动方式。

5.4.3.1 轿厢升降运动的电力拖动方式

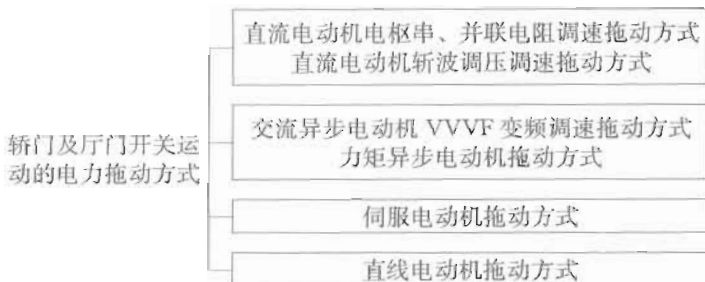
轿厢升降运动的常见电力拖动方式可以表示如下：



在上述各种拖动方式中,发电机组供电的直流电动机拖动方式由于能耗大、技术落后已不再生产,只有少量旧梯还在运行。而于20世纪七八十年代出现的变压变频(VVVF)交流异步电动机拖动方式由于其优异的性能和逐步降低的价格而大受青睐,占新装电梯的大部分。永磁同步电动机拖动方式在近几年开始在快速、高速无齿电梯中应用,是最有发展前途的电梯拖动方式。对于超超高层建筑,电梯中心区面积将占大厦总水平投影面积的50%,直线电动机驱动的无曳引绳电梯将能改变这种状态。Albert. T. P等所著的《电梯技术发展概况》一文中认为,直线电动机驱动的电梯是一种先进的电梯,它将是未来电梯的发展方向。

5.4.3.2 轿门及厅门开关运动的电力拖动方式

轿门及厅门开关运动的常见电力拖动方式表示如下:



直流电动机电枢串、并联电阻调速拖动方式通过改变电枢电路所串、并联电阻的阻值来改变电动机的转速,实现开(关)门过程的“慢—快—慢”的要求。这种调速方式在早年的电梯中普遍采用,由于运行过程中需要不断地切换电枢回路的电阻,其切换用的开关容易出故障,因此造成维修工作量增大,可靠性差,效率较低,目前已较少采用。

直流电动机斩波调压调速拖动方式采用大功率晶体管组成的无触点开关,通过改变导通占空比实现直流调压调速,这种方式可靠性好,效率高,可以平滑地调速,是直流电动机电枢串、并联电阻调速拖动方式的替代方法。

交流异步电动机 VVVF 变频调速拖动方式是近些年出现的新型调速方法,这种调速方法比直流电动机斩波调压调速拖动方式更好,采用交流异步电动机,其结构简单,没有电刷—换向器部件,可靠性进一步提高;采用 VVVF 变频调速控制,运行平稳,效率更高,是当前电梯开关门电路中较普遍采用的方法。

力矩异步电动机具有较大转矩,能够承受长时间的堵转而不会烧坏,由力矩异步电动机驱动的开关门方式适用于环境较差、容易出现堵、卡门现象的电梯中。

伺服电动机拖动方式是近几年出现的电梯开关门方式,这种方式采用伺服电动机作驱动电动机,其反映灵活,响应迅速,是一种有发展前途的开关门方式。

直线电动机拖动方式因运行为直线运动,更适合于电梯门机的工作方式,因此应用前景可观。

5.5 电梯信号控制系统

电梯信号控制系统的主要作用是对电梯的运行实行操纵和控制,电梯的各种信号控制功

能,包括启动、运行、减速、停车、开关门等,均是由信号控制系统控制实现的。根据不同的用途,电梯可以有不同的载荷、不同的速度以及不同的驱动与控制方式。即使相同用途的电梯,也可采用不同的操纵控制方式。但电梯不论使用何种控制方式,总是按照轿厢内指令或层站召唤信号的要求,首先向上(或向下)启动加速运行,然后匀速运行,在临近停靠站时减速制动、平层停车、自动开门。根据指令信号完成电梯整个运行过程控制的硬件组成和软件即称为信号控制系统。

5.5.1 电梯信号控制系统的类型

控制系统的功能与性能决定着电梯的自动化程度和运行性能。微电子技术、交流调速理论和电力电子学的迅速发展及广泛应用,提高了电梯控制的技术水平和可靠性。电梯的信号控制系统主要有:

- (1) 继电器接触器控制方式。
- (2) 可编程序控制器(PLC)控制。
- (3) 微机控制方式。

5.5.2 电梯信号控制系统的主要装置

电梯信号控制系统由各种电器和电子元件组成。根据元件的作用分为若干个基本线路,如定向选层线路、指层线路等。这些元器件和线路又分别安装在控制柜、呼梯按钮盒、操纵盘等装置中。在结构上,信号控制系统由以下主要装置或部件构成。

- (1) 操纵盘。
- (2) 层楼指示器(指层灯)。
- (3) 呼梯按钮盒。
- (4) 平层装置。
- (5) 选层器。
- (6) 电气控制柜。
- (7) 检修开关箱。
- (8) 门机及电阻器箱。
- (9) 限位开关和极限开关等保护装置。

5.6 PLC 电梯控制系统

电梯是自动化程度和安全性要求很高的设备,电气构成较复杂。电梯性能的高低在很大程度上取决于控制系统。传统的电梯自动控制系统由继电器—接触器控制逻辑组成。继电器、接触器都是有触点的电气元件,体积庞大,使用寿命有限,弧光放电严重,导致整个控制系统存在故障多、可靠性低、工作寿命短等缺陷。可编程控制器(PLC)是面向用户的专用工业控制计算机,具有许多明显的特点,使用PLC进行电梯的电气控制是现代电梯控制技术的一个重要内容。

5.6.1 可编程控制器(PLC)的特点

可编程控制器具有以下一些特点。

(1) 可靠性高,抗干扰能力强。PLC是为工业控制而设计的,在硬件和软件两个方面还采用可屏蔽、滤波、隔离、故障诊断和自动恢复等措施,使可编程控制器具有很强的抗干

扰能力,其平均无故障时间达到 $(3\sim 5)\times 10^4\text{h}$ 以上。

(2) 编程直观、简单。PLC采用了一种面向控制过程的梯形图语言。梯形图语言与继电器原理图相类似,形象直观,易学易懂,许多PLC产品都把梯形图语言作为第一用户语言,此外,还可采用指令表进行编程控制。

(3) 环境适应性强。当控制环境和控制对象发生改变时,相应地改变控制程序很方便。PLC产品已标准化、系列化、模块化,因此能灵活方便地进行系统配置,组成规模不同、功能不同的控制系统,其适应能力非常强,既可控制一台机器、一条生产线,也可进行一个复杂的群控系统控制;既可以现场控制,又可以远距离控制。

(4) 功能多,接口功能强。PLC具有数字量和模拟量的输入输出、逻辑和算术运算、定时、计数、顺序控制、通信、人机对话、自检、记录和显示等功能,其常用的数字量输入输出接口,就电源而言有110、220V交流和5、48V直流等多种,负载能力可在0.5~5A的范围内变化,模拟量的输入输出有 $\pm 50\text{mV}$ 、 $\pm 10\text{V}$ 和0~10mA、4~20mA等多种规格,可以很方便地将PLC与各种不同的现场控制设备顺序连接,组成应用系统。正因为PLC具有以上特点,因此,与传统的继电器—接触器控制和现在流行的计算机控制相比,在电梯这样的大型电气设备的控制系统中采用PLC实现控制是非常适宜的。

5.6.2 对电梯控制的基本要求

全自动控制的电梯应具备如下功能:

- (1) 要设置:有司机操纵、无司机操纵及检修三种工作状态。
- (2) 无司机操纵时,自动延时关门或按按钮自动关门,到站自动平层开门。
- (3) 按内、外召唤指令信号自动定向。
- (4) 自动启动加速、制动减速及自动停车。
- (5) 在减速时慢速运行,可点动开车、点动开关门。
- (6) 电梯能自动进行开、关门控制。
- (7) 具有消防运行控制。
- (8) 具有超载不开梯及防夹人功能。
- (9) 具有切必要的安全保护功能。

5.6.3 一个实际的PLC电梯控制系统

下面介绍的PLC电梯控制系统中包含对拖动电动机的变频调速环节。调速环节的性能对电梯运行时乘客的舒适感有着重要作用,所以多选用高性能的变频器。通过对变频器参数的合理设置,使电梯的启动、低速运行和停止平稳舒适。变频器自身的启动、停止和电动机给定速度选择由逻辑控制部分完成,因此,逻辑控制部分是电梯安全可靠运行的关键。

5.6.3.1 电梯控制系统构成

电梯控制系统主要由变频调速主回路、输入输出单元以及PLC单元构成,如图5.1所示,用来完成对电梯曳引电动机及开关门机的启动,加减速,停止,运行方向,楼层显示,层站召唤,轿厢内操作,安全保护等指令信号进行管理和控制功能。

变频调速主回路由三相交流输入、变频调速驱动、曳引机和制动单元构成,变频器采用矢量控制电梯专用变频器,该变频器具有良好的低速运行特性,适合在电梯控制系统中应用。三相电源R、S、T经接线端子进入变频器为主回路和控制回路供电,输出端U、V、W接电动机的快速绕组,外接制动单元减少了制动时间,加快制动过程。旋转编码器用来

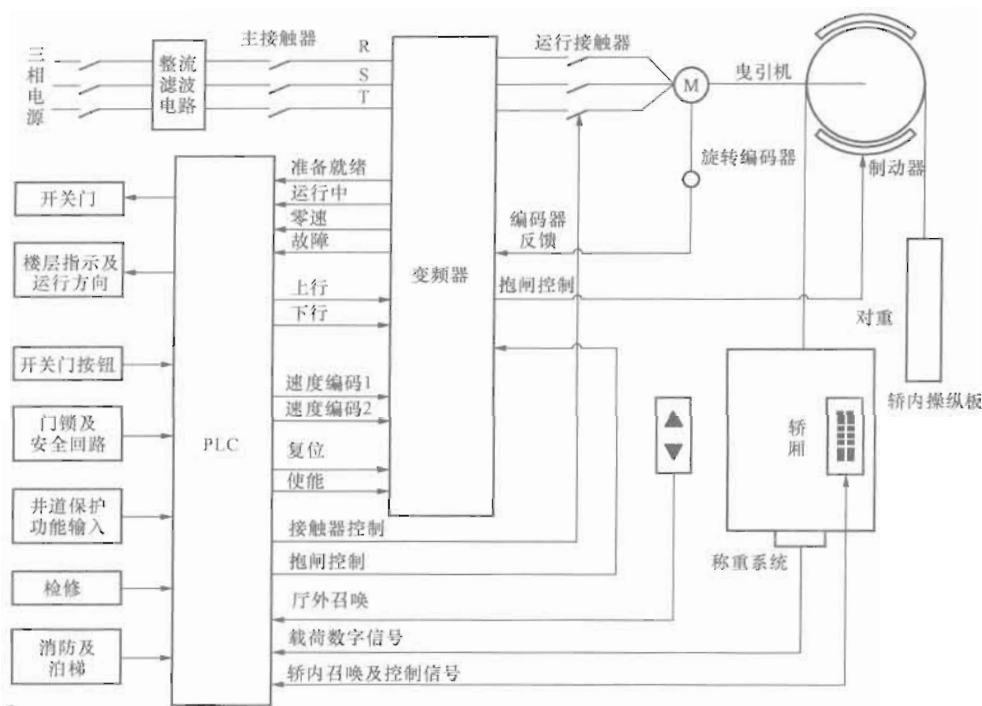


图 5.1 电梯控制系统构成

检测电梯的运行速度和运行方向，变频器将实际速度与变频器内部的给定速度相比较，从而调节变频器的输出频率及电压，使电梯的实际速度跟随变频器内部的给定速度，达到调节电梯速度的目的。变频器输入信号为：上、下行方向指令，零速、爬行、低速、高速、检修速度等各种速度编码指令，复位和使能信号。

5.6.3.2 变频器输出信号

变频器输出信号为：

- (1) 变频器准备就绪信号，在变频器运转正常时，通知控制系统变频器可以正常运行。
- (2) 运行中信号，通知 PLC 变频器正在正常输出。
- (3) 零速信号，当电梯运行速度为零时，此信号输出有效并通知 PLC 完成抱闸、停车等动作。
- (4) 故障信号，变频器出现故障时，此信号输出有效并通知 PLC 作出响应，给变频器断电。

5.6.3.3 输入单元

输入单元为 PLC 的 I/O 接口部分，主要由厅外呼叫、轿厢内选层、楼层及方向指示、开关门、井道内的上下平层、上下强迫换速开关、门锁、安全保护继电器、检修、消防、泊梯、称重等单元构成。输入单元为：

- (1) 厅外呼叫单元，用来对各层站的厅外召唤信号进行登记、记忆和消除，而且兼有无司机状态的“本层厅外开门”功能，全集选方式的呼梯信号为 $2N-2$ 个（ N 为层站数），下集选方式的呼梯信号为 N 个。

(2) 轿厢内选层单元, 负责对预选楼层指令的登记、消除和指示, 呼梯信号数为电梯停站层数 N 。

(3) 开关门按钮, 输入 PLC 控制轿门的开闭 (厅门也同时动作)。

(4) 上下平层装置, 用来保证电梯轿厢在各层停靠时准确平层, 通常设置在轿顶, 电梯轿厢上行接近预选层站时, 上平层感应器限进入遮磁板, 电梯仍继续慢速运行, 当下平层感应器再进入遮磁板时, 上行接触器线圈失电, 制动器抱闸停车。

(5) 上下限强迫换速开关, 用于保护电梯的高速运行安全, 避免电梯出现冲顶或蹲底事故, 当电梯到达上下端站时, 装在轿厢边的上下限强迫换速开关打板, 信号输入 PLC, PLC 发出换速信号强迫电梯减速运行到平层位置。

(6) 门锁装置 (或轿门和厅门连锁保护装置), 轿门闭合和各厅门闭合上锁是电梯正常启动运行的前提。

(7) 安全回路, 通常包括轿内急停开关、轿顶内急停开关、安全钳开关、限速器断绳开关、限速器超速开关、底坑急停开关、相序保护继电器、上下极限开关等。

(8) 检修、消防和泊梯, 检修、消防和泊梯为电梯的三种运行方式, 检修运行为电梯检修时的慢速运行方式, 消防运行有消防返回基站和消防员专用两种运行状态, 泊梯状态, 消除内选和外呼信号, 自动返回泊梯层、关门并断电。

(9) 称重单元, 用来检测轿厢负荷, 判断电梯处于欠载、满载或超载状态, 然后输出数字信号给 PLC, 根据负载情况进行启动力矩补偿, 使电梯运行平稳。

5.6.3.4 输出单元

输出单元为:

(1) 楼层及方向指示单元, 包括电梯上下行方向指示灯、层楼指示灯以及报站钟等, 目前的方向及层楼指示灯主要有七段码显示方式和点阵显示方式, 本系统为七段码显示方式。

(2) 开关门单元, 用于控制电梯的厅门和轿门的打开和关闭, 在自动定向完成或电梯平稳停靠后, PLC 给出相关指令, 由变频门机完成开关门动作。

用 PLC 组成的控制系统结构简单、紧凑, 可靠性高。直接将电梯的内外呼梯信号、层位检测信号、限位信号、开门关门信号等开关量接到 PLC 的开关量输入端。用 PLC 的输出点直接控制变频器, 实现电动机的正转、反转、停转和多段速控制等, PLC 单元为电梯控制系统的核心部分, 由 PLC 提供变频器的运行方向和速度指令, 使变频器根据电梯需要的速度曲线调节运行方向和速度。通过 PLC 的合理编程, 实现自动平层、自动开关门、自动掌握停站时间、内外呼信号的登记与消除、顺向截梯及自动换向等集选控制功能。

5.6.3.5 系统运行过程

电梯完成一个呼叫响应的步骤如下:

(1) 电梯在检测到门厅或轿厢的召唤信号后将此楼层信号与轿厢所在楼层信号比较, 通过选向模块进行运行选向。

(2) 电梯开始启动, 通过变频器驱动电机拖动轿厢运动。轿厢运动速度由低速转变为中速再转变为高速, 并以高速运行至目标层。

(3) 当电梯检测到目标层减速点后, 电梯进入减速状态, 由高速变为低速, 并以低速运行至平层点停止。

(4) 平层后, 经过一定延时开门, 直至碰到开门到位行程开关; 再经过一定延时后关

门，直到安全触板开关动作。

5.6.3.6 系统的控制程序说明

为满足多位置、多控制的要求，电梯在接收用户信号的同时，还要不断地处理各种离散信号，即使这样，电梯的运行还是有规律可循的。电梯总是按照一定的程序性重复地进行动作。电梯运行的这种规律性为编程提供了条件。电梯动作的循环过程为：选层—自动定向—启动—加速运行—快慢速切换—平层—停车—开门—关门。

在控制程序中，重要的有选层程序、运行程序、开门与关门程序、方向程序等。其中，用于检测并保持各层站及轿厢内的呼叫信号，决定运行的终点的控制程序是选层程序；用于控制电梯行走、平层是运行程序；还有开门与关门程序；方向程序也是电梯控制程序中的重要组成部分。

可以方便地用梯形图编制电梯的控制程序，梯形图的编程语言简单易用。

电梯控制系统使用可编程控制器实施控制可使系统硬件结构简捷，编程简单方便，并使系统运行有较高的可靠性。

5.7 一个模型电梯的计算机网络控制实训系统

5.7.1 用网络控制的一个模型电梯系统

图 5.2 所示的模型电梯可以由计算机与控制柜内的可编程控制器（或单片机控制器）通信，对其进行编程、控制，进而也可以由计算机网络中的任一计算机进行编程和控制。

当 K1 接通、K2 打开时，A、B 两台电梯分别由 A 组计算机网络和 B 组计算机网络控制。当两台电梯控制柜上的并联开关拨到并联状态且 K1 接通、K2 接通时，A 组计算机网络和 B 组计算机网络合成一个网络，网上的任一计算机都可以进行两部电梯并联运行的控制实验。

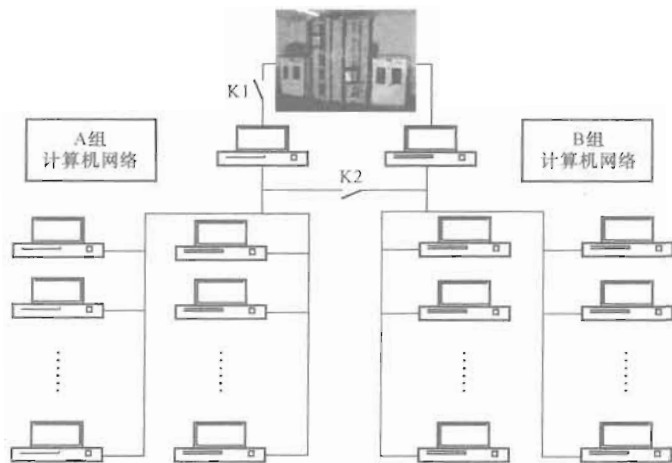


图 5.2 模型电梯的计算机网络控制

5.7.2 控制与控制程序

该系统可以进行集选控制电梯信号调度原则验证实验。学习计算机终端（工作站）操控

电梯的方法，验证集选控制电梯信号调度的控制原则为：顺向截梯原则、轿厢内优先原则、最远端反向截梯原则、停梯时遇本层顺向呼梯开门接客原则、关门开车原则。

5.7.2.1 集选控制电梯信号调度的控制原则内容

(1) 顺向截梯原则。当电梯在上行或下行的过程中，运行前方有顺向呼叫时，轿厢运行到该层站应停梯开门接客。

(2) 轿厢内优先原则。在尚未定向时（此时电梯应为停止状态），当轿厢内选择某一楼层，而外呼按钮选择相反的方向，只要尚未关好门，则执行轿厢内优先原则，由轿厢内信号决定运行方向。如果在关好门后才有用梯信号，则按先到信号决定运行方向。

(3) 最远端反向截梯原则。当电梯运行前方已无内选和顺向呼梯要求，但有反向呼梯要求时，则电梯应先驶向最远的反向呼梯楼层停梯接客，然后再掉头行驶。

(4) 停梯时遇本层顺向呼梯开门接客原则。当电梯在某层停车时，有本层的顺向外呼出现，只要门尚未关好，则电梯应开门接客。

(5) 关门开车原则。当电梯门（轿门和厅门）没关好时，电梯不能启动，只有当电梯门完全关闭时候才能启动运行。

5.7.2.2 实训操作内容

(1) 按电梯组成的各系统（如导向系统、曳引系统、控制与驱动系统、开关门系统、安全保护系统等）找出电梯各部件，说出它们的名称和作用。

(2) 将电梯设成单梯运行（非并联运行）、无司机操纵状态，由教师操作电梯控制柜上的内选、外呼按钮，观察轿厢的运动。

(3) 在局域网环境中，学生在各自的计算机工作站运行单梯控制程序，出现电梯的计算机操控界面，如图 5.3 所示。该界面包括四个按钮，分别是程序编写；单梯演示申请；申请传送；并梯演示申请。只有单梯演示申请的允许指示灯亮了以后，才可以进行电梯的单梯控制界面。

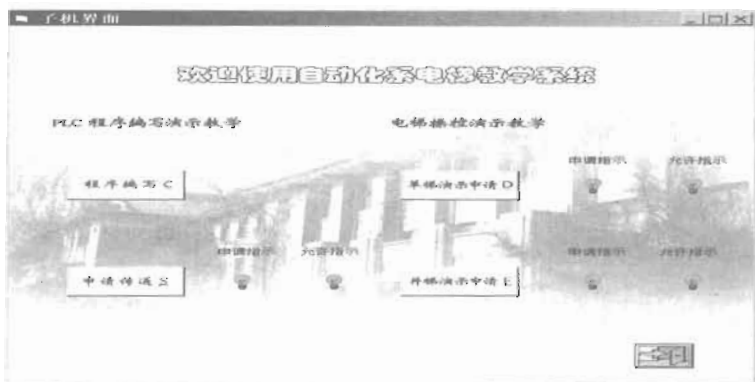


图 5.3 子机申请界面

(4) 当服务器允许进行单梯演示以后，系统就会弹出电梯演示界面，如图 5.4 所示，单击面板上的按钮，观察电梯的动作。

5.7.2.3 可编程控制器部分控制程序编制

针对电梯的计算机网络控制实训系统，编制可编程控制器控制程序，掌握可编程控制器

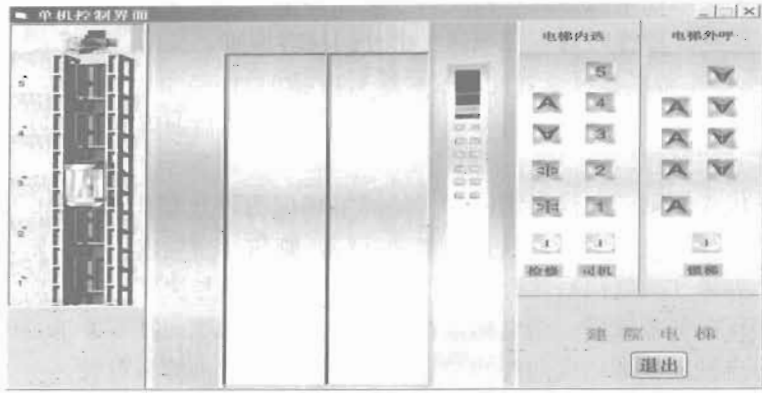


图 5.4 单梯演示界面

编程语言，会正确地编制电梯的部分控制程序。编制和调试电梯的如下控制程序：

- (1) 电梯开关门程序。
- (2) 电梯楼层计数程序。
- (3) 电梯速度曲线控制程序。
- (4) 电梯信号登记、消号程序。
- (5) 电梯定向程序。
- (6) 电梯运行方向及楼层位置显示程序。
- (7) 电梯轻载、超载控制程序。
- (8) 电梯控制柜上电初始化程序。
- (9) 电梯锁梯控制程序。
- (10) 电梯曳引电动机启停控制程序。

5.7.2.4 启动可编程控制器编程程序控制电梯运行

激活可编程控制器编程程序，将编好的程序传送到可编程控制器，运行单梯控制程序，操控电梯按钮，使电梯运行，验证所编写的控制程序是否正确。

如果发现程序有错，则回到可编程控制器编程程序，改正错误程序后将编好的程序传送到可编程控制器，直至运行正确无误为止。



第6章 供配电及照明系统监控

6.1 配 电 系 统

6.1.1 组成

(1) 供电电源。配电系统的电源可以取自电力系统的电力网或企业、用户的自备发电机。

(2) 配电网。配电网的主要作用是接受电能、变换电压、分配电能，由企业或用户的总降压变电所（或高压配电所）、高压输电线路、车间降压变电所（或配电所）、低压配电线路组成，负责将电源获得的电能经过输电线路，直接输送到用电设备。

变（配）电所的类型，主要可分为户外式和户内式两种基本形式。按照结构分有独立式、附设式和组合式（箱式）三种基本类型。户外式有露天、杆上、高台、组合式和地理式变（配）电所。户内式包括独立式、附设式和地下式变（配）电所。变电所的类型如图 6.1 所示。

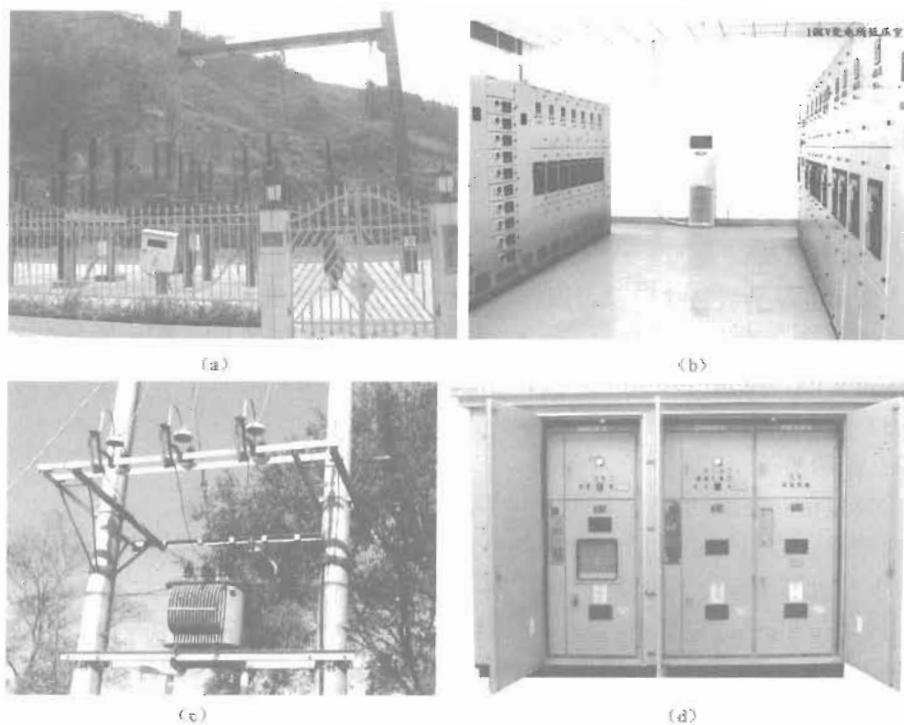


图 6.1 变电所的类型

(a) 户外变电所；(b) 户内变电所；(c) 杆上变压器；(d) 户外箱式变压器

(3) 用电设备。用电设备是指专门消耗电能的电气设备。据统计，用电设备中 60%~70% 是电动机类设备，30%~40% 左右是照明用电设备。实际上，配电系统的基本结构与电

力系统是极其相似的，所不同的是，配电系统的电源是电力系统中的电力网。

6.1.2 供电电压

供电系统中的用电设备根据额定电压分为高压用电设备和低压用电设备。高压用电设备主要指额定电压在 1kV 以上，低压用电设备的额定电压在 1kV 以下。表 6.1 所列为我国交流电网和电力设备的额定电压。

表 6.1 我国交流电网和电力设备的额定电压

电网和用电设备额定电压 (kV)	交流发电机额定线电压 (kV)	变压器额定电压	
		一次电压 (kV)	二次电压 (kV)
0.22	0.23	0.22	0.23
0.38	0.40	0.38	0.40
3	3.15	3 及 3.15	3.15 及 3.3
6	6.3	6 及 6.3	6.3 及 6.6
10	10.5	10 及 10.5	10.5 及 11
—	15.75	15.75	—
35	—	35	38.5
60	—	60	66
110	—	110	121
154	—	154	169
220	—	220	242
330	—	330	363
500	—	500	525

6.2 建筑常用电力负荷及对供电的要求

6.2.1 动力负荷

建筑内常用的动力设备主要是可以将电能转换为机械能的电动机、拖动水泵、风机等，主要包括给排水动力负荷、冷冻机组动力负荷、电梯负荷、通风机负荷、弱电负荷、电炊负荷、插座设备负荷。建筑动力负荷实质上就是向电动机配电，并对电动机进行控制的系统。

建筑内常用的动力设备如图 6.2 所示。

6.2.2 照明负荷

照明主要包括一般照明和应急照明。照明负荷主要是各种电光源。

(1) 白炽灯。白炽灯经常用在建筑物室内照明和施工工地的临时照明，其额定电压有 220V 和 36V，也可用于地下室施工照明或手持临时照明光源。

(2) 卤钨灯。卤钨灯包括碘钨灯、溴钨灯。卤钨灯是白炽光源中的一种，因灯内充入卤化物而得名，广泛应用于宾馆、商场、柜台、舞厅及家庭作装饰照明，在交通运输、电视及仪器方面也已大量使用，如图 6.3 所示。

(3) 荧光灯。荧光灯比白炽灯节电 70%，适用于办公室、宿舍、图书馆、教室、隧道、地铁、商场等对显色性要求较高的场所及顶棚高度低于 5m 的车间。紧凑型荧光灯发光效率比普通荧光灯高 5%，细管型荧光灯比普通荧光灯节电 10%，因此，紧凑型 and 细管型荧光灯是当今“绿色照明工程”实施方案中推出的高效节能电光源。

(4) 高强度气体放电灯 (HID 灯)。高强度气体放电灯 (HID 灯) 主要有汞灯、金属卤

素灯、钠灯。这些灯在弧形管里输入了气体，从而使每一种灯都有不同的颜色，提高整体灯的发光效率，如图 6.4 所示。

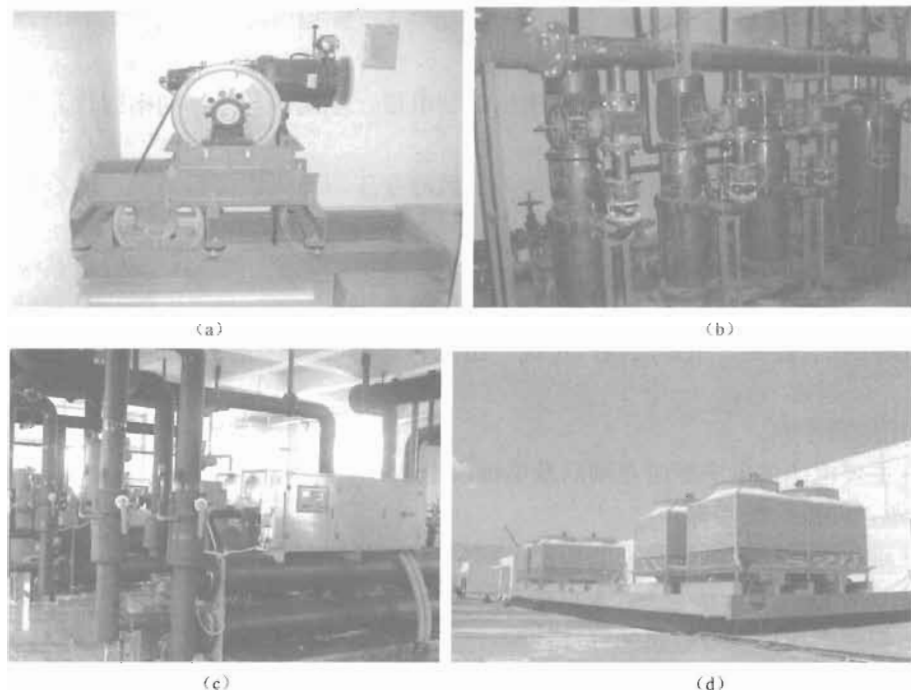


图 6.2 建筑内常用的动力设备
(a) 电梯主机；(b) 高层生活用水变频恒压水泵；
(c) 中央空调主机；(d) 屋顶的水塔



图 6.3 卤钨灯

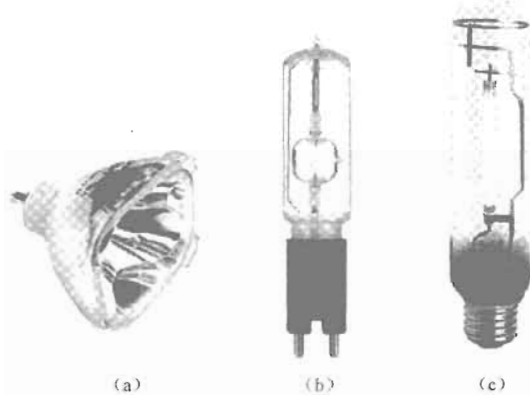


图 6.4 高强度气体放电灯 (HID 灯)
(a) 荧光高压汞灯；(b) 金属卤素灯；(c) 高压钠灯

6.3 变配电智能化系统

变配电智能化系统是建筑物自动化系统 (BAS) 中的一个重要组成部分。建筑物自动化是对整个系统进行综合控制管理的统一体。这种系统以计算机局域网为通信基础，以计算机

技术为核心，具有分散监控和集中管理的功能。它是与数据通信、图形显示、人机接口、输入输出接口技术相结合的，用于设备运行管理、数据采集和过程控制的自动化系统。

6.3.1 供配电系统监测控制

6.3.1.1 监测控制内容

(1) 电源监测，主要对高低压电源进出线的电压、电流、功率、功率因数、频率的状态监测及供电量计算。

(2) 变压器监测，包括变压器温度监测、风冷变压器通风机运行情况、油冷变压器油温和油位监测。

(3) 负荷监测，包括各级负荷的电压、电流、功率的监测，当超负荷时，系统停止低优先级的负荷。

(4) 线路状态监测。主要对高压进线、出线、二路进线的联络线的断路器状态监测、故障报警。

(5) 用电源控制。

1) 在主要电源供电中断时自动启动柴油发电机或燃气轮机发电机组，在恢复供电时停止备用电源，并进行倒闸操作。

2) 通过对高低压控制柜自动的切换，对系统进行节能控制。

3) 通过对交联开关的切换，实现动力设备联动控制。

4) 对租户的用电量进行自动统计计量。

(6) 供电恢复控制。当供电恢复时，按照设定的优先程序，启动各个设备电动机，迅速恢复运行，避免同时启动各个设备，而使供电系统跳闸。

6.3.1.2 监测控制方式

智能建筑监测控制点划分为以下几种：

(1) 显示型，包括运行状态、报警状态及其他。显示主接线图、交直流系统和 UPS 系统运行图及运行参数，对系统各开关变位和故障变位进行正确区分，对参数超限报警。

(2) 控制型，包括设备节能运行控制、顺序控制（按时间顺序控制或工艺要求的控制）。

(3) 记录型，包括状态检测与汇总表输出、计算记录及报表生成、对事故、故障进行顺序记录，可以查询事故原因并且显示、制表和打印，可绘制负荷曲线并且显示、打印运行报表。

(4) 复合型，指同时有两种以上的监控需要。

6.3.1.3 变配电设备控制

测量和控制内容有：

(1) 高压进线、出线、联络线的断路器遥控。

(2) 低压进线、出线、联络线的断路器遥控。

(3) 主要线路断路器的遥控，如配电干线、消防干线的断路器遥控，对水泵房、制冷机房、供热站供电的断路器，以及上述站房的进线断路器遥控。

(4) 电动机智能控制。

(5) 电源馈线，设过电流及接地故障保护，三相不平衡监测，重合闸功能，备用电源自动投入。

(6) 变压器。设计有内部故障和过载保护、热过载保护。

(7) 分段断路器。设置电流速断保护、过电流保护。

6.3.1.4 用发电机监测控制

测量和控制内容有:

- (1) 发电机线路的电气参数的测量,如电压、电流、频率、有功功率、无功功率等。
- (2) 发电机状况监测,如转速、油温、油压、油量、进出水温、水压、排气温度、油箱油位等。
- (3) 发电机和线路状况的测量。
- (4) 发电机和有关线路开关的控制。
- (5) 有直流电源时,对它的供电质量(电压、电流)监测报警。

6.3.1.5 变电所的保护功能

一般10kV变电所需要的保护功能有:

- (1) 引入线电网电压和频率监测,相间和相对地故障、三相不平衡、自动重合闸。
- (2) 变压器内部过载和故障、热过载。
- (3) 电动机内部过载和故障、电网和负载故障、电动机启动工况监测。

6.3.2 监控系统组成

变配电设备监控系统与其他建筑物自动化系统一样由控制分站和中央站组成。

输入信号由传感器提供,输出信号使各种开关动作或报警,在监控中心可以安装动态模拟显示器和操作台,主要功能有显示和控制主开关或断路器的状态,对应急或备用电源的控制等,可以取代普通的控制和信号屏。变配电所一般不需要重复设置信号控制屏。

6.3.2.1 传感器(Sensor)和执行器(Actuator)

传感器或执行器是将电量或非电量转化为控制设备可以处理电量的装置。

电量传感器是一种将各种电量如电压、电流、频率及功率因素转换为数字量或计算机能接受的标准输出信号(电流为0~5A、4~20mA或电压为0~10V),用于建筑物内变配电系统各种电量的监测记录,主要有电流互感器、电压互感器及多参数电力监测仪。

多参数电力监测仪可以监测单相或三相电力参数,如电压、电流、频率、功率因素、谐波和电能,可提供测量计量参数监视能量管理等功能。它还提供通信接口如RS485,4~20mA输出或脉冲输出。

6.3.2.2 控制分站/电子继电器及智能断路器

控制分站按照是否实现闭环控制功能区分为分散控制型(Distributed Control Panel, DCP)和数据采集型(Data Gathering Panel, DGP)。

控制分站主要完成实时性强的控制和调节功能。目前,一般系统采用智能型控制器。这种智能型控制器的控制分站可以采用下列设备:

- (1) 采用单片机或单板机的智能控制器。
- (2) 采用可编程控制器(PLC)。
- (3) 采用微机(PC),如工业控制机。

建议采用微机配置适当的输入输出卡,它可以处理模拟量或开关量,具有多个通信口,具体可以进行技术经济比较来确定。

6.3.2.3 中压开关柜微机保护监控系统

智能化中压开关柜配置了微机保护和控制单元或电子继电器,取代了机电式继电保护。微机保护和控制单元安装在开关柜上。它的特点是保护功能可靠性高、速度快、精度高、保

护稳定性及其灵敏度优化组合,不受电流互感器的限制,具有自检功能和抗环境电磁干扰能力,还具有一些新的功能,如故障录波、通信、遥控、遥测、遥信等功能。

该系统有对各种电量的计量、监测、报警作用。为满足不同的应用要求如进线和馈线、变压器、电动机、母线的保护,具有相应产品。它提供完善的监控保护功能,一般提供网络通信接口,如RS232,RS485可以接入BAS系统,可以实现远程监控。

微机保护监控系统可以减少控制室的面积、控制电缆、维修工作量,并进一步提高供电可靠性。

微机保护装置分为输入回路(交流接口单元)、出口回路(直流接口单元)、CPU单元、存储器、人机接口和电源。

(1) CPU单元为微机继电保护装置的核心,用来完成数据收集计算逻辑判断处理、发出跳合闸命令等功能,还可以同上层控制机通信,实现远方修改定值传递保护信息,打印故障报告等功能。电力系统正常运行时的参数与故障时的参数相差悬殊,有的甚至相差几十倍,所以输入信号动态范围大,一般采用分布式结构,按照单元设置CPU,双机并行工作。

(2) 存储器有定值存储器、程序存储器、数据存储器等。定值存储器储存各种保护设定值,该芯片具有断电内容丢失功能,且可在线修改内容。数据存储器RAM用来存取现场的各种输入输出的内容、中间运算结果和判断结果,按需要时读出、写入或改写,一般用22KB的芯片。程序存储器则用于存储已编好并具有保护功能的应用程序,一般用可改写的存储器EPROM。

(3) 输入回路(交流接口单元)。电力系统的电流、电压等数字,经电压互感器、电流互感器转换成100V或5A信号,由于这种信号数值大大超过微机所能接受的电压标准;这些参数在故障时变化很大,微机只能识别电压,因此必须把经过电压互感器、电流互感器变换后的电压电流再经交流接口电路转换成微机可能接收的电压值,并且在故障情况下也不会超过这个范围。

为了限制输入信号的最高频率,采用低通滤波器,采样频率应等于或大于被测信号频率。在故障时电力系统可能出现高次谐波,实际的采样频率是工频的几倍甚至几十倍。另外,继电保护的快速动作要求以及程序需要充分的执行时间,为了便于运算,采样频率常用600Hz。

(4) 出口回路(直流接口单元)包括出口跳闸继电器及磁保持继电器及发光二极管组成的灯光信号等。采样后的离散数字量也是瞬时值,不能直接用来判断系统状态,必须采用某种数学方法得出表征系统特性的参数,并与相应的整定值进行比较,从而做出保护动作与否的判断。特别是电力系统包含非线性铁磁元件,分布电容、补偿电容,使得短路电流中含有衰减的非周期分量和高频分量。为了克服这些因素的影响,除了采用滤波措施外,还必须采用合适的数学方法。

(5) 人机接口有键盘、通信口、打印机、显示装置。通信口完成智能开关设备连接,一般用现场总线,如Lonworks, CANbus, Profibus总线等。

(6) 电源常用交流稳压电源、DC-DC和蓄电池。

6.4 楼宇系统中供配电系统监控

6.4.1 变配电所位置

智能建筑中的供配电系统,直接关系到整个大厦的正常工作。对于不允许停电的重要场所,要求有两个独立的电源供电,并配有自备发电机,以保障其正常的工作秩序。

智能建筑一般为高层建筑，在变配电室位置选择时，应遵循以下原则：

- (1) 接近负荷中心。
- (2) 高压电线和低压出线方便。
- (3) 变配电所不能设置在厕所、浴室和其他经常有积水的场所下面。
- (4) 变压器、高/低压开关柜运输方便。

6.4.2 监控方式

楼宇自动控制系统对整个变配电系统采取只监不控的方式，因为变配电系统有特殊性，一旦发生误动作，则造成的危害不可估量。所以，在楼宇自动控制系统中，对变配电系统的各种故障进行的操作一是人为确认动作；二是故障开关柜自动动作。

电源进线保护的要求应符合当地供电部门的规定，一般楼宇自动控制系统对变配电系统所作的监测状态如下：

(1) 高压系统。

1) 进线开关柜和出线开关柜的位置状态、小车位置、速断保护状态、过流保护和零序状态保护。

2) 母线联络柜设有位置状态，小车位置、电流、速断、零序保护状态，变压器设有温度保护及故障报警。

(2) 低压系统。进线与中间联络断路器状态监测，电压、电流、功率、因数、重要输出支路断路器状态、故障情况显示、报警。

(3) 发电机系统。发电机启动、供电、主断路器状态、电压、电流、频率转速、油箱油位高低、水温等显示、故障报警。

6.5 低压配电系统的综合自动化

6.5.1 控制设备

低压配电系统的综合自动化可以有两种方式实现：一种方式是采用智能型断路器；另一种方式是采用智能型控制单元。而智能型控制单元又分为两种，一种为电动机控制器，另一种为馈电控制器。从技术经济角度综合考虑，目前多数工程对大容量断路器的框架式断路器采用智能型断路器，而对其他回路采用智能型控制单元。

6.5.1.1 智能型断路器

智能低压断路器带有微处理器的控制器，它的保护作用具有长延时、短延时、瞬时过电流保护、接地、欠电压保护等。此外，还可以对负荷监测和控制、远方显示、测量电压、电流、有功功率、无功功率、功率因数、谐波和电能等。测定故障电流、故障显示、接地故障时选择性闭锁、数据远传、自检。通过网络通信接口 RS232、RS485、RS422 可以接入 BAS 系统。它可接受上位机的指令，与上位机进行数据交换，可由上位机对断路器进行遥控操作，对断路器的整定值进行修改。

6.5.1.2 智能电动机控制器

智能电动机控制器可以提供对电动机的保护和监控功能。智能电动机控制器可以提供的保护功能有过载、缺相、欠载、空载、堵转、漏电、相电流不平衡、转速、温升等。智能电动机控制器可以应用于电动机直接启动、正反转、直接启动附加控制单元、星/三角启动、

自耦变压器启动、软启动等运行方式。它的显示功能、通信功能与智能型断路器一样。此外，还具有存储功能，能存储近期的运行状态、故障报警信息及各种参数值，它还有通信功能。

6.5.1.3 智能型馈电控制器

智能型馈电控制器基本与智能电动机控制器一样，它的保护功能较简单，如设置了接地、过电流等保护功能。

智能型电动机控制器、智能型馈电控制器可以装在低压配电屏的抽屉上，对那些仅需由控制室监视其位置的断路器，可以装置多回路监控单元，对多台断路器进行监视。电子继电器、智能断路器及智能电动机控制器相当于控制分站和传感器，变电所管理分站是一台微机。

6.5.2 发电机组监控系统

发电机组微机监控系统可以提供发电机的电气参数及热工参数，将发电机组微机监控系统与变电所管理分站联网。变电所管理分站可以对发电机组进行启动、停止运行等控制。



6.6 配电系统监控软件功能

软件一般与设备配套，采用专用软件，如配电系统监控和能量管理软件，也可以采用通用监控软件，又称监控和数据采集软件（SCADA）。

6.6.1 要求

对软件的要求是：具有良好的人机界面，能够满足用户的需求。

6.6.2 基本功能

- (1) 实时数据采集，形成实时数据库。
- (2) 遥信遥控，对电量越限，事故报警。
- (3) 诊断功能，在线帮助。
- (4) 各种电量的遥测和图表显示，如系统能量分配图、系统单线图。
- (5) 报表生成功能，如日报表、24h 电压、电流报表、开关动作报表、电量平衡报表。
- (6) 与 BA 系统交换信息。

6.6.3 附加功能

系统所配软件除了一般的数据处理功能外，还应有下列功能（装设有备用电源的场合）：
(1) 停电处理。市电断电时，自动按照发电机容量将负荷投入/切断，此时只有火灾意外程序及手动操作可以执行输出操作。

(2) 电力需求监视/控制。自动调峰控制，进行电力需求控制，在用电量超过合同供电量时，将负荷切除。

(3) 事件程序。监视点的状态变化、报警、指定恢复条件、设定状态动作，可以进行与/或等逻辑条件设定动作。

(4) 恢复供电程序。恢复供电后，在将自备发电切换为商业用电时，可按照自动或手动的恢复供电指令操作，并依照自备发电时的强制驱动控制使运转机器停止运作，然后一边参照时间表一边使停电瞬间正在运转中的机器自动启动（投入）。在部分停电场合，可以手动恢复该点供电。

6.7 照明监控系统

6.7.1 照明系统

智能建筑的最大特点便是节能，而照明系统在整个大厦用电量占有很大的比例。作为一个大型高级建筑，灯光系统控制水平的高低直接反映了大楼的水平。

6.7.1.1 户外

户外灯光主要作为装饰用，如彩灯、霓虹灯、广告灯、喷泉灯、顶灯等，控制功能如下：

- (1) 程序控制灯光的图案。
- (2) 程序控制灯光开启时间。
- (3) 用电量过大时自动切换。
- (4) 监视回路状态。
- (5) 根据日期自动确定日光灯系统开始运行和关闭的时间。

6.7.1.2 室内

室内灯光主要为大厅、过廊、楼梯、停车场、会议室等，控制功能如下：

- (1) 人流高峰时打开全部灯光。
- (2) 晚间打开部分灯光。
- (3) 夜间打开少量灯光。
- (4) 紧急情况下打开报警灯光。
- (5) 根据日期自动确定日光灯开始运行和关闭的时间。
- (6) 地下室灯光长期运行。

6.7.1.3 备用电源管理

在紧急情况下，由备用蓄电池和自备发电机电源保证系统不间断供电。

备用供电设备将保证紧急照明用电、消防和安防设备用电，以及租户的计算机设备用电和特定区域的空调用电等。

6.7.1.4 照明控制

楼宇的所有照明都能通过能源管理系统进行控制。

作为高起点、高标准的现代化建筑，其照明控制管理系统应该具有：①通过合理管理（在需要的时候、需要的区域把灯点亮到合适的照度）以节约能源和降低运行费用。②给用户提供一个舒适的工作环境，以保证工作人员具有较高的工作效率而不能给工作人员增加麻烦。在某些重要区域（如多功能厅、演讲厅、会议室、大堂等）通过调光方式和场景预设置功能产生各种灯光效果，营造不同的灯光环境，给人以舒适完美的视觉享受。

(1) 控制方式。照明系统的三种基本自动照明控制方式为定时控制、灯光调节和光线传感器控制。采用照明控制可使楼宇照明用电节省 30%~50%。采用预设置控制面板，可预设置几种灯光效果，组合成不同的灯光场景。当需要改变灯光场景时，只需按一下按键，就可以实现灯光效果的改变，方便工作人员管理及操作。

(2) 系统控制程序。

- 1) 所有电力配电箱及照明配电箱均按编定的时间控制程序开。

2) 时间程序可以按照星期、日、控制次数等方式实现。

3) 分隔时间可按季节、天气情况自由设定和选择。

4) 室外照明灯的控制可以按上下班时间程序。其中, 1/3 照明平时作一般照明, 火灾时作为事故保证照明, 并兼作常明安全灯, 独立于时间程序之外, 并能报警和自动切换到备用电源上去。

5) 节日彩灯、立面照明灯, 按节日时间程序控制。

6) 广告行灯、航标灯按定时开、早晨定时关的时间程序控制, 航标灯故障时报警送中控室显示并打印记录。

6.7.2 照明控制区域功能

6.7.2.1 大堂、功能前厅及宾馆接待厅

大堂、功能前厅及宾馆接待厅是建筑的眼睛, 是客人进入各楼层的第一印象, 其灯具的选用、灯光的布置不只是为了照明的需要, 更应考虑照明的气氛及照明与建筑装潢的协调。作为现代化建筑应该更大限度地为客人提供一个舒适、优雅的光环境。各区域的照明应具备日照补偿功能, 根据室外自然光照的强弱自动调节投向大堂等区域光线的亮暗, 与其他灯光如各种艺术吊灯和各区域走廊灯相协调, 通过智能调光营造出一个明快、舒适、庄重、典雅的迎宾环境。

上述空间可按早、中、晚、节假日预设置相应的灯光场景, 既可以定时自动切换, 也可以通过场景切换面板手动操作, 还可以用遥控器遥控改变灯光场景。系统不仅能节电, 还能提高灯具使用寿命, 对于贵重灯具和难安装区域的灯具有特殊意义。

6.7.2.2 多功能厅、大小会议室

多功能厅及会议室是重要的礼仪场所, 兼有报告、演讲、小型演出和放映电影多种功能。系统在各区域可分别设置灯光场景切换面板, 预设置多种灯光场景以适应不同场合的灯光效果需要, 也可用遥控器进行场景切换操作, 管理人员可任意选择。例如, 报告尚未开始, 当听众陆续进场时, 只有部分筒灯点亮; 听众入场完毕时, 筒灯渐渐熄灭, 灯槽中的隐光槽灯点亮, 以示大家安静; 当会议正式开始时调亮所有灯光, 使多功能厅灯火辉煌; 当主席宣布会议开始后, 除了主席台上方的灯光点亮外, 听众席上方的所有灯光渐渐变暗。

大小会议室采用照明控制管理系统, 使得会议室在不同的使用场合都能有不同的合适的灯光效果, 工作人员可以根据需要手动选择或实现定时控制。

会议室配备动静探测功能和遥控功能, 可以实现有人时自动亮灯, 使用遥控器控制房间的灯光效果变化。会议室的灯光控制系统可以和投影仪设备相连, 当需要播放投影时, 会议室的灯能自动的缓慢的调暗; 关掉投影仪, 灯又会自动的柔和地调亮到合适的效果。

6.7.2.3 观景休息厅、观景长廊及桥廊

观景休息厅、观景长廊及桥廊等区域可通过智能调光营造出一个舒适的休闲环境, 该区域的灯除了由“智能时钟管理器”实现自动管理外, 通过配置的手动控制面板随时实现就地控制。

6.7.2.4 餐厅、快餐及娱乐

餐厅、快餐及娱乐等区域可通过智能调光方式在不同的使用场合能设置不同的合适的灯光场景, 当需要改变灯光场景时, 只需按一下按键, 就可以实现灯光效果的改变, 营造出各种舒适的就餐及娱乐环境。

6.7.2.5 办公区域

采用照明控制管理系统,可使办公区域照明系统工作在全自动状态。通过配置的“智能时钟管理器”可预先设置若干基本工作状态,通常为“白天”、“晚上”、“清扫”、“安全”、“周末”、“午餐”等,根据预设定的时间自动地在各种状态之间转换。

例如,上班时间来临时,系统自动将灯打开,而且光照度会自动调节在预先设定的最合适的水平。经过短的延时后,办公区配备的“智能光感传感器”在“智能时钟管理器”的作用下开始生效,通过感应室外自然光自动调节室内的灯光,使办公区始终保持预定的亮度。

每一楼层的各个办公室都配有手动控制面板,可以随时调节房间的工作状态以及满意的灯光亮度。

6.7.2.6 地下停车场

当没有车辆流动时,将使整个车库处于基础照度,只点亮部分日光灯,当动静探测器(Occupy Sensor)探测到有车辆进入时便自动点亮所停车区域的灯光,当车辆停稳不再有任何物体移动时,车库的照明又会自动恢复到基础照度。

6.7.2.7 泛光照明、园林景观及其他公共照明区域

泛光照明及各区域的景观将成为标志性的装饰照明,显示出建筑物在夜幕中的庄严和挺拔,泛光照明及园林景观的灯光配以智能开关功能,可以具有各种不同的亮灯组合,使灯光浑然一体又富有层次感,更能烘托出建筑的辉煌和与众不同,引人以遐思,平添了一丝神秘,同时也为夜景增加了一道绚丽的景观。

6.8 路灯照明监控系统

随着城市建设的发展,城市照明建设越来越注重于城市的形象,道路照明和景观照明的要求和数量不断增加。

系统可以根据不同类型的照明控制要求,把路灯和景观灯分成若干组,分别采用时控方案或时控和光控相结合的控制方案,自动遥控开/关全夜灯、半夜灯和景观灯;也可以手动对全夜灯、半夜灯和景观灯进行遥控开/关操作;在特殊情况下,可以实现白天亮灯。

6.8.1 时控和光控相结合的路灯控制方案

目前,路灯控制方案主要有时控法和光控法两种。

(1) 时控法。时控法的主要缺点是不考虑天气对光照度的影响,每天在固定的时间开灯/关灯;从而造成阴雨天光照度严重不足但没有开灯,或者晴朗天气虽然到了固定开灯时间但光照度仍然充足,白白浪费电力;关灯时间固定不变,同样出现类似的不合理现象。此外,随着季节的变化,定时器需要人工频繁地调整。

(2) 光控法。光控法的主要缺点是在光线不足的白天,或者夜晚有强光照射时都有可能发生误动作。

(3) 时控和光控结合。采用时控和光控相结合的路灯控制方案,基于模糊控制理念,以当地365天日出日落的时间作为基本条件,设定一个有效的开灯/关灯时段,在此时段内根据光照度的具体情况自动执行相应的开灯/关灯命令;若该时段结束时光控仍未起作用,则在该时段结束时,监控终端自动按时控方式开灯/关灯。

光控时段值和光照度值均可在线修改。可根据当天的实际光照度及时地开灯/关灯，既可节省大量电力，又可产生较好的社会效益。

在特殊情况下，系统也可以实现白天亮灯。根据已建的照明监控运行表明，如果原来是采用日出日落时间作为开关灯时间的话，则在采用时控和光控相结合的控制方案后，每天大概可以减少路灯开灯时间 25min 左右。如果以每天平均开灯 10h 计算，则可节约 4% 的电费。

6.8.2 景观灯控制方案

景观灯控制采用分组定时控制方案，即可以把不同地理位置和要求的景观灯分成若干组，对不同组采用不同的定时控制方案。

采用先进的全组态设计，通过中央控制室微机的设置程序，可任意设置一年中的开灯/关灯时间以及每周固定的开灯/关灯时间。通过群控方式，可将景观灯进行分组，不同组采取不同的控制方案；也可通过选控方式，将相应的饰灯逐点控制，更增强了系统的灵活性。



第7章 楼宇自动控制系统中的 LonWorks 技术及工程应用

楼宇自动化系统是智能建筑的重要组成部分，其任务是对建筑物内部设施进行监测、控制与管理，以提供一个既安全可靠、又节约能源，而且舒适宜人的工作或居住环境。要实现这一目标，需借助计算机控制系统。计算机控制系统经历了从集中式到分散式再到现场总线控制系统的发展过程，其中现场总线控制系统（Fieldbus Control System, FCS）是20世纪80年代发展起来的计算机自动控制系统，它是继计算机技术、网络技术和通信技术得到迅猛发展后，与自动控制技术相结合的产物。它的出现，使控制系统中的基本单元——各种仪表单元也进入了网络时代，从而改变了传统回路控制系统的基本结构和连接方式。现场总线控制系统在楼宇自动控制系统中的应用，保证了控制系统的网络化，实现了全分散控制，提高了控制系统的可靠性。

下面介绍在计算机控制技术基础上的现场总线技术的产生及其与传统控制系统的结构和组成，并详细介绍在楼宇自动控制系统中常用的现场总线技术——LonWorks技术的组成、结构、开发和应用。

7.1 楼宇自动化中的计算机控制技术

计算机控制技术是计算机技术与自动控制技术的结合，是构成智能建筑楼宇自动控制系统的关键技术。

7.1.1 计算机控制系统的控制过程

自动控制的目的是控制某些物理量按照指定规律变化，因此需要采用负反馈构成闭环控制系统，根据被控参数测量值与期望值的偏差，采用一定的控制方法使执行机构动作，以消除偏差。传统的采用模拟调节器进行控制的反馈闭环控制系统如图7.1所示，测量元件对被控对象的被控参数进行测量，反馈给由模拟调节器组成的控制器，控制器将反馈信号与给定值进行比较，如有偏差，控制器将产生控制量驱动执行机构动作，直至被控参数值满足预定要求为止。

将图7.1中的控制器和比较环节用计算机代替，则可构成计算机控制系统，如图7.2所示。由于计算机的输入和输出信号都是数字信号，因此计算机控制系统还需要有A/D和D/A转换装置。



图7.1 反馈闭环控制系统

计算机控制系统的控制过程通常有以下几个步骤：

- (1) 测量元件对被控参数的瞬时值进行检测，并通过A/D转换器输送给计算机。

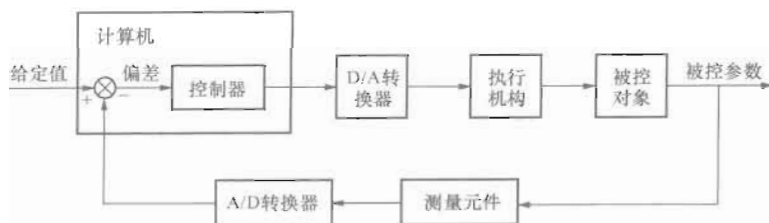


图 7.2 计算机控制系统基本框图

(2) 计算机对所采集到的表征被控参数的状态量进行分析，按照内部存储的相关算法或控制规律决定控制过程，计算出控制量。

(3) 计算机输出的控制量通过 D/A 转换器传送给执行机构，使之执行相应的操作，对被控设备加以控制。

上述过程不断重复，使整个系统能够按照一定的动态品质指标工作，并且对被控参数和设备本身出现的异常情况进行及时监督，同时迅速做出处理。

7.1.2 计算机控制系统的组成

为完成控制任务，计算机控制系统应包括硬件和软件两个部分。

7.1.2.1 硬件部分

硬件部分主要包括主机、外围设备、人机联系设备、过程输入输出设备和通信设备等，

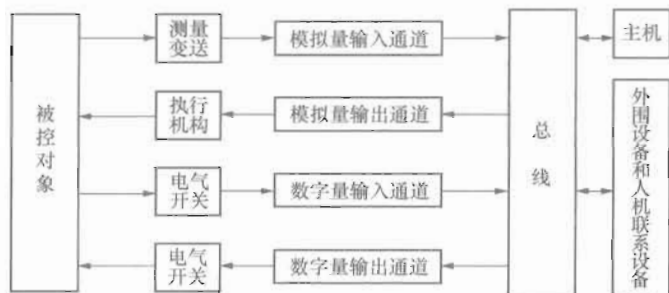


图 7.3 计算机控制系统硬件组成

其硬件组成如图 7.3 所示。

(1) 主机。由中央处理单元 (CPU) 和内部存储器组成。主机是计算机控制系统的核心，它根据过程输入设备送来的反应生产过程的实时信息，按照存储器中预先存入的控制算法和控制流程，自动进行信息的处理与运算，及时选定相应的控制策略，

并且通过过程输出设备向生产过程发送控制命令。

(2) 外围设备和人机联系设备。常用外围设备按功能可分为输入设备、输出设备和外存储器。输入设备用来输入程序、数据或操作命令，如键盘终端等。输出设备如打印机、绘图仪、CRT 显示器等，以字符、曲线、表格、画面等形式来反映生产过程工况和控制信息。外存储器有磁盘、磁带等，兼有输入和输出两种功能，用来存放程序和数据，作为内存存储器的后备存储设备。操作员与计算机之间的信息交换是通过人机联系设备进行的，如显示器、键盘、专用的操作显示面板或操作显示台等，其作用主要是用来显示生产过程的状态，供操作人员和工程师进行操作，并显示操作结果。

(3) 过程输入输出设备。计算机与生产过程之间的信息传递是通过过程输入输出设备进行的，它在两者之间起纽带和桥梁作用。过程输入设备包括模拟量输入通道 (AI 通道) 和开关量/数字量输入通道 (DI 通道)，AI 通道由多路采样开关、放大器、A/D 转换器和接口电路组成，它将模拟量信号 (如温度、压力、流量等) 转换成数字信号再输入给计算机，

DI 通道包括光电耦合器和接口电路等设备,它直接输入开关量或数字量信号(如设备的启/停状态、故障状态等)。过程输出设备包括模拟量输出通道(AO 通道)和开关量输出通道(DO 通道),AO 通道由接口电路、D/A 转换器、放大器等组成,它将计算机计算出的控制量数字信号转换成模拟信号后再输出给执行机构(如电动机、电动阀门、电动风门等),DO 通道包括接口电路、光电耦合器等设备,它直接输出开关量信号或数字量信号,用来控制设备的启/停和故障报警等。过程输入输出设备还必须包括自动化仪表才能够和生产过程(或被控对象)发生联系,这些仪表包括信号测量变送单元(传感器、变送器)和信号驱动单元(执行机构等)。

(4) 通信设备。用于实现不同地理位置、不同功能计算机或设备之间的信息交换。

7.1.2.2 软件部分

软件部分包括系统软件和应用软件两大类。

(1) 系统软件。一般包括操作系统、汇编语言、高级算法语言、过程控制语言、数据库、通信软件和诊断程序等。

(2) 应用软件。一般分为过程输入程序、过程控制程序、过程输出程序、人机接口程序、打印程序和公共服务程序等,以及控制系统组态、画面生成、报表曲线生成和测试等工具软件。

7.2 楼宇自动化中的现场总线技术

计算机刚出现时造价昂贵,体积庞大,计算机控制系统结构一般都是用一台计算机控制大量的现场设备,此时的计算机控制系统被称为集中式控制系统。集中式控制系统是以计算机为基础加上扩展 I/O 接口构成的,中心控制是一台计算机。

这种控制结构如同主从式计算机网络一样有着与生俱来的缺点,也就是有集中式控制机制带来的缺点。这些缺点是:

(1) 集中式计算机控制系统中的计算机若出现故障,会造成整个系统不能正常工作,系统可靠性较差,危险高度集中。

(2) 现场设备到计算机之间传递的是模拟量信号,只有计算机端对数据进行数字化处理。太多太长的现场连线通过各类干扰环境到达现场,这些连线各自传递着不同性质的信号,有微弱电流、电压信号,也有大功率的脉冲、开关信号,加上环境干扰,使系统抗干扰的设计和实现都十分困难。

(3) 由于控制系统结构所限,因此开发大范围的系统比较困难。

7.2.1 分散控制系统

自 20 世纪 70 年代以来,随着计算机技术的快速发展,计算机开发成本不断降低,集成化程度也越来越高,体积越来越小,分散式计算机控制系统应运而生。分散控制系统(Distributed Control System, DCS)基本思路是分散控制、集中操作、分级管理、配置灵活、组态方便。分散是指控制设备分散,危险也随之分散。

7.2.1.1 分散控制系统的体系结构

分散控制系统以多台微型计算机取代了集中控制系统的单台计算机,从体系结构上分散了危险性,提高了可靠性。尽管世界各国各公司推出的产品各有特色,但从基本功能上看都

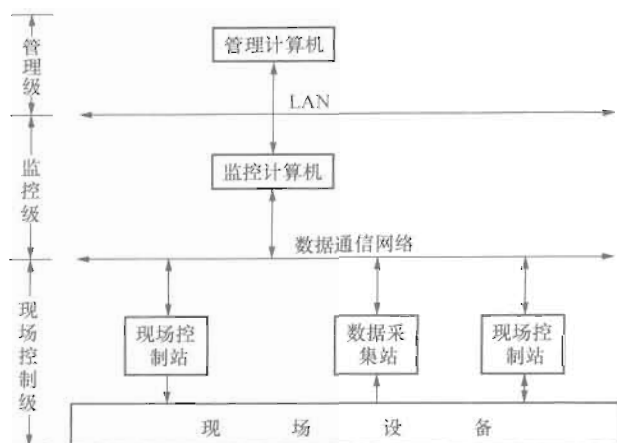


图 7.4 分散控制系统的基本构成

可以化为如图 7.4 所示的结构。分散控制系统一般分为三级，第一级为现场控制级，它承担分散控制任务并与过程及监控站联系；第二级为监控级，包括控制信息的集中管理；第三级为管理级，它将楼宇自动控制系统与整座智能建筑系统有机地结合起来。

(1) 现场控制级。一个现场控制站就是一个典型的计算机控制系统，其硬件结构如图 7.3 所示。现场控制级直接与现场各类装置如传感器、执行器、记录仪表等相连，主要任务包括过程数据采集、直接数字控制、设备监测和系统测试与诊断等，具体的功能实现是由安装在被控设备附近的现场控制站和数据采集站来完成。现场控制站和数据采集站又称作现场控制器和数据采集器，它们在分散控制系统体系结构中又被称为下位机或分机。现场控制器用于控制现场设备，是一种直接数字控制器（DDC），本身具有较强的运算功能和较复杂的控制功能，可以独立地进行就地控制。数据采集器由微型计算机、输入通道和输出设备组成，主要作用是采集非控制变量，进行数据处理，所采集的过程数据仅用于显示、记录、分析处理和打印制表。

(2) 监控级。监控级负责监视系统的各单元，并管理系统的信息，主要任务包括优化控制、协调控制和系统运行监视等，由计算机、大屏幕显示屏、操作控制台等组成，可以为运行操作人员提供人机界面，使操作员及时了解现场运行状态、各种运行参数的当前值、是否有异常情况发生等，并可通过输入设备（键盘、鼠标器、操作台）对过程进行控制和调节。例如，需要对控制回路进行在线调整，启动或终止某个控制回路时，可通过显示屏的模拟图形及模拟调节按钮来实现。监控层的计算机是现场控制层的上层机或上位机，它可以直接与现场控制器通信，监视其工作情况，并对历史数据进行处理，调用历史数据库完成运行报表、历史趋势曲线等。用于完成上述功能的软件，包括图形显示、动态实时数据刷新、报警显示、趋势显示、历史数据存储、报表打印处理、时间记录打印和报警处理（含发出报警声响、弹出报警窗口、将报警信息及文件、接受操作员的报警确认等）等功能。

监控级还可面向监督管理人员，主要功能是对分散控制系统进行在线配置和组态，包括硬件组态和软件组态。硬件组态，是指设计、选择和组成硬件系统的过程；软件组态，是指为实现某种控制任务，以某种代码的形式选择程序模块，并加以连接，然后赋予各程序模块以必要的参数，组成具体控制系统也就是编制应用程序的过程。

监控级还可对分散控制系统本身的运行情况进行监视，包括各个现场控制站的运行状态以及网络的通信情况等，一旦发现异常，系统工程必须及时采取措施，进行维修或调整，以使系统能够长期连续运行，而不因对生产过程的失控造成损失。除此之外，还应具有对组态的在线修改功能，如上下限设定值的改变、控制参数的调节、对某个监测点或若干个监测点，甚至是对某个现场控制器的离线直接操作等。上述操作只能由工程师来完成，因此在监

控级计算机上应对操作员和工程师的操作权限加以设定。

监控计算机需要长期连续在线运行,可靠性要求较高,一般可选用工业控制计算机,组成工作站,负责综合现场控制器的数据,并能够运用现代控制理论,通过最佳算法实现最优化控制或自适应控制,做出控制决策,指挥、协调各现场控制器,还可将有关信息整理后向上级管理计算机汇报。

(3) 管理级。上级管理计算机,可根据情况选用中型机,主要任务是收集智能建筑中各部门信息(包括安防、消防、办公自动化等),进行综合分析,完成管理、调度并从总体上做出决策,实现管理、控制一体化。

(4) 数据通信网络。数据通信网络由通信电缆和数据传输管理装置组成,用以传送数据信息,将监控级设备与现场控制级设备连接起来。数据通信网络是分散控制系统的支柱,整个分散控制系统的结构实质上就是一个网络结构,现场控制站、数据采集站、监控计算机等都是这个网络上的“节点”,都含有 CPU 和网络接口,可以通过网络发送和接收数据。网络中的各个节点可以处于平等地位,既能共享资源、又不互相依赖,形成既有统一指挥、又使危险分散的功能结构。

7.2.1.3 分散控制系统的特点

分散控制系统在一定程度上实现了分散控制的要求,可以用多个基本控制器作为现场控制器分担整个系统的控制功能,从而分散了危险性。但是现场控制器本身仍然是小型集中式系统,一旦现场控制器出现故障,影响面仍然较大,而且现场控制器和现场设备之间仍然存在长距离模拟量传输,抗干扰能力较差。此外,早期的分散控制系统厂商都把自己的产品做成封闭式系统,不能使用其他厂家的产品,使得系统的维护和升级成本很高。

7.2.2 现场总线控制系统及的特点

7.2.2.1 现场总线控制系统

传统仪表(传感器、变送器)的输出信号长期以来一直采用 4~20mA 的信号标准,现场各个测量点的仪表必须将 4~20mA 的模拟信号通过信号线送到控制站,每一路信号都应使用一对信号线,各路模拟量信号之间必须有良好的隔离措施。由于现场有大量的信号连接,仪表的种类、型号又各不相同,因此信号回路的保护隔离必须十分严格。

随着大规模集成电路技术和微处理器技术的发展,微处理器芯片价格不断降低,而功能不断提高,一块芯片常常能够集成有 CPU、存储器、A/D 转换器、I/O 通信接口等功能,形成控制器。将这种微处理器芯片嵌入到各种设备、仪表中,一方面可以加强设备、仪表的功能处理能力(如就地的控制、操作、显示功能),另一方面可以通过通信接口实现与外界通信,使设备、仪表智能化。智能化现场仪表还需要与上层系统通信,现场总线技术应运而生。

现场总线控制系统(Fieldbus Control System, FCS)的总体结构与分散控制系统相同(如图 7.4 所示),所不同的是现场控制级中的现场控制器利用智能化仪表实现了彻底的分散控制,同时克服了分散控制系统需要模拟量传输的缺点,使得系统的可靠性大大加强。

根据国际电工委员会 IEC 标准和现场总线基金会 FF 的定义:现场总线是连接智能现场设备和自动化系统的数字式、双向传输、多分支结构的通信网络。

7.2.2.2 现场总线控制系统特点

现场总线控制系统具有以下特点:

(1) 分散控制系统的通信网络接至现场控制级，现场仪表仍然是一对一的模拟信号传输，现场总线的现场设备采用智能化仪表（智能传感器、变送器或执行器等），现场总线的通信网络实现了这些智能现场仪表的互联，把通信线一直延伸到被控现场和设备。数字信号传输抗干扰能力强、精度高，无需采用过多的抗干扰措施，可有效减少系统成本。

(2) 在现场总线控制系统中，不同厂商的现场设备可以实现相互通信，而且可以统一组态，构成所需的控制回路，共同实现控制策略。用户可以选用各种品牌的现场设备集成在一起，即实现互操作性。现场设备互联是基本要求，只有实现互操作性，用户才能自由地集成现场总线控制系统 FCS。

(3) FCS 废弃了 DCS 的现场控制器，把现场控制器的功能块分散给现场仪表。例如，现场总线控制系统中的流量变送器不仅具有流量信号变换、补偿和累加输入功能块，而且有比例积分微分（PID）控制和运算功能块；调节阀除了具有信号驱动和执行功能外，还内含输出特性补偿功能块、PID 控制和运算功能块，甚至有阀门特性自校验和自诊断功能。功能块分散在多台现场仪表中，并可以统一组态，用户可以灵活选用各种功能块，构成所需的控制系统，实现彻底的分散控制。

(4) 现场设备或现场仪表（传感器、变送器、执行器）内嵌入了智能控制单元，这些设备通过一对传输线互联。现场总线可以使用多种通信介质，包括双绞线、同轴电缆、光线和电源线等，并可根据需要因地制宜地选择不同类型的传输介质，常用的传输线是双绞线。

(5) 现场总线允许使用通信线供电方式，此时现场仪表直接从通信线上摄取能量，这种低功耗现场仪表可以用于本征安全环境。通信线供电方式非常适用于控制现场有易燃、易爆物质的场合。

(6) 现场总线为开放式互联网络，既可与同类网络互联，也可与不同类型网络互联。开放式互联网络还体现在网络数据库共享，通过网络对现场设备和功能块统一组态，能把不同厂商的网络及设备融为一体，构成统一的现场总线控制系统。

(7) 支持多种网络拓扑结构，低速（小于 31.25kbit/s）现场总线支持点对点连接、总线型、菊花链型、树型拓扑结构，高速（大于 1Mbit/s，小于 2.5Mbit/s）现场总线只支持总线型拓扑结构。

(8) 现场总线的技术和标准实现了全开放，开发人员只需致力于建立统一的底层网络的开放系统，使得系统开发任务简化，开发周期缩短。

7.2.3 适用于楼宇自动控制系统的 LonWorks 现场总线

7.2.3.1 楼宇自动控制系统网络的互联性

对于一座智能化建筑而言，整个楼宇自动控制系统要求对各个子系统的设备进行监视并控制起来，也就是应该能用一个通用的控制网络把它们连接在一起，并尽可能地降低成本。但是楼宇自动控制系统各子系统的设备各有特点，且生产厂家也各不相同，它们有不同的现场控制总线、设备总线、传感器总线、BACnet 及多种专用的解决方案，而且这些建筑设备有时还需和智能建筑中的其他系统，如保安防盗、消防等，发生联系，协调运作，这些系统也有独立的网络结构和通信协议，以一种网络实现这些设备之间的统一管理和调度非常困难，这项任务可以利用 LonWorks 网络实现。因为 LonWorks 技术具有两大基本优势：高性能低成本的网络接口产品及内含三个 CPU 的超大规模 Neuron 芯片以及固化的 LonTalk 通信协议。同时，利用 MIP（微处理器接口程序）软件还可以开发出各种低成本的网关，因

此多种网络的互联变得非常容易。LonWorks 有很强的互联性及互操作性，能够通过网关把不同的现场总线、异型网络接进 LonWorks 网络内，从而增强其功能，构成一个统一的整体。

7.2.3.2 楼宇自动控制系统控制网络的现场要求

控制网络不同于通用计算机网络，与一般通信网络比较，更要保证网络的高可靠性和高安全性。在控制系统中，通信网络故障将导致整个系统比较严重的全局性故障，后果将难以估计，有时甚至危及生命安全，因此要求传递的信息绝对准确、可靠。同时，为满足过程控制中的实时性要求并对事故进行及时处理，要求数据通信网络必须具备良好的实时性，这就需要采取一定的措施解决传输碰撞问题。此外，需要在工作现场进行控制，必须能适应现场的强电磁干扰、强腐蚀及易爆环境。控制现场的复杂性，对传输介质的要求也有所不同，控制网络还应当适合于不同的场合。对于上述问题，LonWorks 网络采取了相应措施加以解决。

7.2.3.3 LonWorks 网络特性

(1) 可靠性。LonWorks 网络技术以超大规模的神经元芯片为核心，神经元芯片使每个节点的应用变得很简单，固化的 LonTalk 协议具有检测应答、自动重发、请求/响应等消息服务功能，保证了通信的高可靠性；高可靠性的节点结构分散，使得故障隔离，不影响整个系统的正常运行，易于实现冗余备份，从而大大提高了系统的可靠性。

(2) 实时性。目前在不同的网络中存在有多种介质访问控制的协议，其中之一就是大家熟悉的 CSMA（载波侦听），LonTalk 协议的 MAC（介质访问控制）协议是该标准的一种改进，目前存在的 MAC 协议，如 IEEE 802.2、802.3、802.4、802.5 都不能很好地满足在大网络和多通信介质、重负荷下网络的高效率。例如，以太网，在轻负载的情况下具有很好的性能，但在重负载的情况下，重复碰撞仍会发生，使网络效率大大降低。LonTalk 协议使用改进的 CSMA 介质访问控制协议，称为带预测的 P-坚持 CSMA（Predictive P-persistent CSMA）。它在保留 CSMA 协议优点的同时，注意克服它在控制网络中的不足，可以有效地避免网络的频繁碰撞，能够保证网络的实时性。

(3) 支持多种传输介质和网络拓扑结构。LonWorks 网络的一个重要特点就是支持多种传输介质和多种网络拓扑结构的支持，由于突破了传输介质的限制，LonWorks 网络可以根据不同的现场环境选择不同的收发器和介质。它不仅可以使用双绞线、同轴电缆，还可以使用光纤、无线电波、电力线以及红外光波等多种媒介。依据通信媒介的不同，具有 300bit/s~1.25Mbit/s 的数据传输速率。根据需要选择不同的通信媒介，不仅可以简化网络的安装，降低系统的成本，同时还可以选择不同的数据传输速率以满足不同的自动化领域中不同的通信速率要求。LonWorks 可通过多种收发器提供典型的拓扑结构系统，如总线型、星型、环型、混合型等，这就为网络在建筑物中的安装提供了极大的方便。

(4) 本征安全。有些建筑物的内部环境比较恶劣，比如化工厂、存有易燃易爆物品的仓库等，为这些建筑物设计楼宇自动控制系统，现场总线网络的本征安全性必须考虑。本征安全的关键是解决现场节点的供电问题。目前的方法是倾向于电源与信息共同传输，这在一些现场总线中是无法解决的。而 LonWorks 目前已有电源线、电力线等控制模块，可以完成此项功能，其用户协会已在本征安全方面做了大量研究，现已出现了满足易燃、易爆环境要求的产品。基于 LonWorks 的消防安全系统即将问世，可燃气体环境的本征安全系统已经投入

使用, 这些说明了 LonWorks 有其技术优势来解决这一重要技术关键问题。

LonWorks 网络本身是一个开放的系统。用它构建的系统可使不同厂家生产的设备及产品进行互联, 同时也易于实现系统的扩展及重组。为了更好地推广 LonWorks 技术, 由世界上十几个国家的上百家公司, 包括 ABB、Honeywell、Olicett、Motorola、IBM、Toshiba、HP 等公司, 组成了一个独立行业协会, 负责定义、发布、确认产品的互操作性标准, 并且已有多家公司生产 LonWorks 产品或将其产品纳入 LonWorks 网络。LonWorks 技术以其突出的统一性、开放性及互操作性受到了各行各业的重视, 支持许多应用的快速开发, 如分布式测控系统、仪器仪表、机器自动化、过程控制、诊断设备、环境监测和控制、能源分配和控制、生产控制、灯光控制、楼宇自动化和控制、安全系统、数据收集、机器人技术、家庭自动化、消费电子和汽车电子等。

7.3 LonWorks 现场总线网络技术核心器件 ——神经元 (Neuron) 芯片

LonWorks 技术是一个实现控制网络系统的完整平台, 在网络中智能设备或节点可以采集现场仪表检测到的各种控制参数, 或者向现场设备发送控制信号, 各节点可以通过不同的通信介质与其他节点进行通信。LonWorks 技术包含所有设计、配置和维护网络所需要的技术, 包括以下几种关键设备:

- (1) Neuron 芯片。
- (2) LonTalk 协议, 符合 OSI 完整的七层模型。

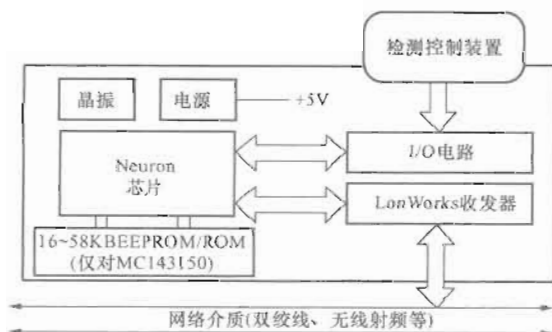


图 7.5 典型节点的组成和 Neuron 芯片在典型节点中的位置

- (3) LonWorks 收发器。

- (4) LonBuilder 和 NodeBuilder 开发工具。

Motorola 的 Neuron 芯片是一个超大规模集成电路元件, 分为 MC143150 和 MC143120 两个型号系列, 是 LonWorks 网络技术的核心器件, 实现网络功能并执行节点中的特定应用程序。一个典型的节点包含 Neuron 芯片、电源、收发器和 I/O 电路 (输入输出通道)。图 7.5 所示为典型节点的组成和 Neuron 芯片在典型节点中的位置。

7.3.1 处理器单元 (CPU)

Neuron C 芯片中包括三个处理器: 介质访问 CPU、网络 CPU 和应用 CPU, 这三个处理器在系统固件中各有独特的功能。

(1) 介质访问 CPU (MAC) 主要控制七层网络协议中的 1~2 层, 它负责驱动通信子系统的硬件, 并执行避免冲突的算法。介质访问控制处理器和网络处理器通过共享存储器中的网络缓冲区进行网络信息的收发工作。

(2) 网络 CPU (NET) 主要控制网络协议中的 3~6 层, 它处理网络变量进程、寻址、鉴别认证、软件定时器、网络管理和路由等功能。网络处理器使用共享存储器中的网络缓冲

区同介质访问控制处理器互传信息,使用共享存储器中的应用缓冲区同应用处理器互传信息。在更新共享缓冲区的数据时,用硬件信号来仲裁对共享缓冲区数据访问的冲突。

(3) 应用 CPU (APP) 主要执行用户代码和为用户代码调用的操作系统服务。应用程序使用的编程语言是 Neuron C, 它派生于 ANSI C, 并为适应分布式控制应用作了优化和扩展。Neuron 芯片上所有的程序利用 LonBuilder 开发系统或 NodeBuilder 开发系统进行软、硬件调试。

7.3.2 网络通信端口

Neuron 芯片可支持多种通信介质,使用最广泛的是双绞线和电力线,还支持 RF (无线射频)、IR (红外)、光纤和同轴电缆等。Neuron 芯片含有一个通信端口,它提供的 5 个引脚通过不同类型的收发器可与多种通信介质连接。

通信端口使用差分式曼彻斯特编码对发送和接收的数据进行编码和解码。这种编码机制的特点是在每一个码元的中间都有一次跳变,以实现数据流的同步发送和接收。“1”或“0”取值由每个码元开始的边界是否存在跳变而定,如果是“0”,则码元的前半部分电平与前一个码元后半部分的电平相反,如果是“1”,则码元前半部分电平与前一个码元后半部分的电平相同,如图 7.6 所示。

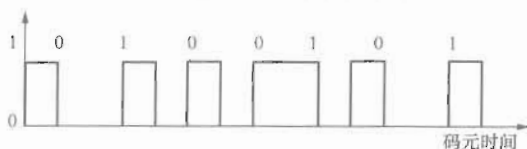


图 7.6 差分式曼彻斯特编码

通信端口可工作于以下三种模式之一：单端、差分和专用工作模式。

7.3.2.1 单端模式

单端模式是最常用的一种模式,用于实现收发器与多种通信介质的连接,图 7.7 所示为单端工作模式的通信端口配置。数据通信通过引脚 CP0 和 CP1 的单端输入/输出缓冲区完

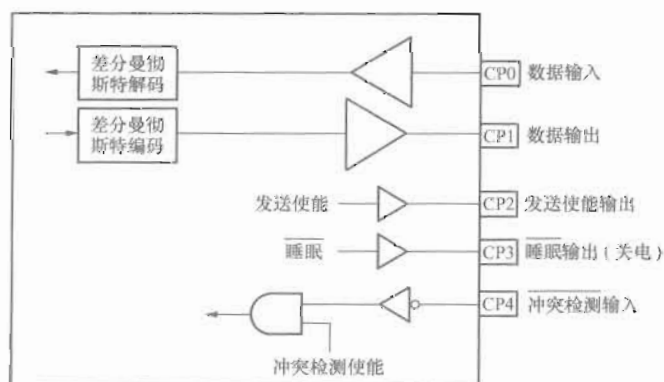


图 7.7 单端工作模式的通信端口配置

成。CP3 引脚在 Neuron 芯片进入睡眠状态时输出低电平,收发器依此切断有源电路的电源。CP4 是冲突检测输入,当硬件冲突检测电路检测到通道上有冲突时,通过该引脚告知 Neuron 芯片,该引脚低电平有效。

图 7.8 所示为典型数据包的结构,其中 T 代表位周期。在数据包发送之前,Neuron 芯片将数据输出引脚预设为低电平,然后让发送使能引脚 (CP2) 为有效高

电平,从而确保数据包的第一位从低变为高。在正式发送报文之前,发送端发送一个同步头 (preamble), 以确保接收节点接收时钟的同步。同步头包括位同步域和字节同步域,位同步域是由一系列的差分曼彻斯特编码 1 组成,其长度可变,以适应不同传输介质,但要求至少为 6 位,字节同步是一位用差分曼彻斯特编码表示的 0,表示同步头结束,开始正式报文数据的第一个字节。当数据和 16 bit CRC 校验码的最后一位发送完毕,Neuron 芯片通信端口强制差分曼彻斯特编码为一个线路空码 (line-code violation),并保持到接收端确认发送的报文结束。线路空码根据发送数据的最后一位的电平,来保持线路在线路空码时为高电平或

低电平。线路空码在 CRC 校验码的最后一位开始，延时 2bit 的时间。值得注意的是，由于 CRC 码的最后一位中间没有跳变，所以该电平一直保持 2.5bit 的时间。发送使能引脚 CP2 一直保持到线路空码结束，然后释放变为低电平，标志发送结束。

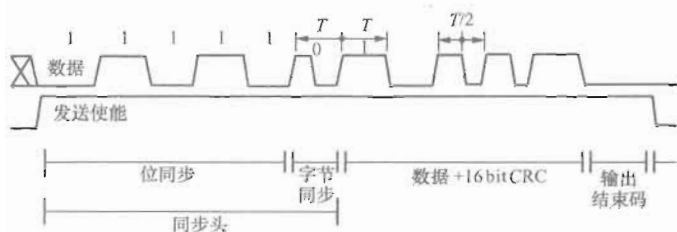


图 7.8 典型数据包的结构

Neuron 芯片具有可选的冲突检测功能。在数据发送期间，如果冲突检测使能和来自收发器 CP4 的冲突检测输入为低电平，且低电平持续时间至少为一个系统时钟周期（如 10MHz 时为 200ns），则 Neuron 芯片就认为数据发送过程中有冲突发生，此时数据必须重发。LonTalk 固件在同步头结束处和数据发送完毕时检查冲突检测标志。

如果不选用冲突检测功能，则确信报文发送成功与否的唯一方法是采用应答消息服务方式。当使用应答服务时，重发定时器必须设置成有足够的时间发送报文和接收应答报文。如果重发定时器时间超时，报文将被重新发送。使用冲突检测的优点在于：当节点发送数据包时就能检测是否发生冲突，一旦有冲突就能很快重发数据，不必等到重发定时器超时后再重发数据。

7.3.2.2 差分模式

图 7.9 所示为差分工作模式的通信端口配置，其中的滤波器为可选的低通滤波器，用来抑制噪声。差分模式下的数据包格式与图 7.7 所示的单端工作模式相同。差分模式在大多数场合与单端模式类似，它们的主要区别在于驱动/接收电路被设置为差分线路传送。在发送期间，数据输出引脚 CP2 和 CP3 的状态是反相的，即送出差分信号，这种方式可以抵消线路干扰信号。而在不发送期间，数据输出引脚 CP2 和 CP3 的状态为高阻状态。

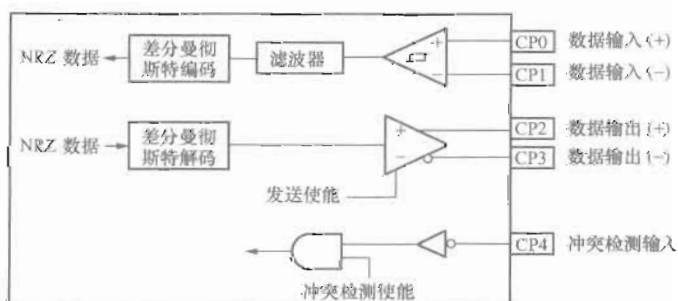


图 7.9 差分工作模式的通信端口配置

7.3.2.3 专用模式

在某些特定应用场合，需要 Neuron 芯片直接提供没有编码和未加同步头的原始报文。此时需要一个智能发送器接收来自 Neuron 芯片的无编码数据，然后按一定的数据格式组建数据包并插入同步头。智能接收器收到报文后，检测并丢弃同步头，将还原的无编码格式和

无同器步头的报文传送给 Neuron 芯片。

在专用模式下, Neuron 芯片和收发器之间通信采用专用协议, 此协议由 Neuron 芯片和收发器两部分组成, 它们之间同时传送 16 位数据 (8 位状态和 8 位数据), 在 Neuron 芯片输入时钟频率为 10MHz 时, 连续传输速率最大可达 1.25Mbit/s。

7.3.3 收发器

Neuron 芯片的通信端口通过收发器与网络交换信息, 各种不同的收发器支持不同的通信介质。

7.3.3.1 双绞线收发器

双绞线收发器是一种最常用的类型, 双绞线收发器与 Neuron 芯片的接口有三种基本类型: 直接驱动、EIA—485 和变压器耦合。

直接驱动接口使用 Neuron 芯片的内部收发器, 并配有外接电阻、限流二极管和 ESD 保护装置; EIA—485 收发器能支持多种数据传输速率 (最高达 1.25Mbit/s) 以及多种通信介质, Neuron 芯片的通信端口必须在单端模式才能与 EIA—485 网络相连; 变压器耦合接口适用于需要高性能、高隔离度和高抗干扰能力的应用场合, 由于有不同类型的变压器, 因此开发者可开发自己的 2 线制或 4 线制的变压器耦合电路。

表 7.1 示出了 Echelon 公司所提供的工作在 78kbit/s 和 1.25Mbit/s 数据传输速率的收发器系列产品, 最常用的 Echelon 收发器具有灵活的拓扑结构, 能支持总线型、环型或星型结构。

表 7.1 Echelon 公司收发器产品

产 品	传输速率	拓扑结构	节点数	距离/ (m)	型 号
TPX/XF-78	78kbit/s	总线	64	1 400	变压器隔离
TPX/XF	1.25Mbit/s	总线	64	130	变压器隔离
FTT-10	78kbit/s	总线	64	2 700	变压器隔离
FTT-10	78kbit/s	自由	64	500	变压器隔离
LPT-10	78kbit/s	总线	128	2 200	线路供电
LPT-10	78kbit/s	自由	128	500	线路供电

7.3.3.2 电力线收发器

Echelon 公司提供有一组符合北美和欧洲标准的电力线收发器系列产品, 当 Neuron 芯片与电力线收发器接口时, Neuron 芯片的通信端口应设置为专用模式, 此时的最高数据传输率为 10kbit/s。Echelon 公司的电力线收发器见表 7.2。

表 7.2 Echelon 公司的电力线收发器

产 品	比特速率 (kbit/s)	带宽/ (kHz)	适用地区
PLT-10A	10	100~450	特殊应用
PLT-21	5	125~140	欧洲/北美
PLT-30	2	9~90	欧洲 (米制)

7.3.3.3 无线射频收发器 (RF)

符合 LonWorks 技术的无线射频收发器 (RF) 可用于许多场合, 它有不同的频率范围

可供选择。在低成本、低发射功率的应用场合，可使用单一频率（350MHz）的收发器；对于需要高发射功率的应用场合，Motorola 公司提供有相应的无线射频收发器产品，可工作在 450MHz 的频率范围内。与无线射频收发器接口时，Neuron 芯片的通信端口应设置为单端工作模式，此时能达到的最大数据传输速率为 4 800bit/s。

7.4 网络变量 (Network Variables)

网络变量是节点中的一个对象，可以与一个或多个其他节点的网络变量相连接，用于在网络上互传信息。网络变量可以为输入，也可以为输出，允许在控制网络中共享数据。无论何时，如果一个程序更新了输出网络变量值时，则该值将会通过网络传给所有与该输出变量相连接的其他节点的输入网络变量。虽然网络变量通过 LonTalk 报文传播，但报文的传送是透明的，应用程序不需要任何显式的指令来接收或发送更新后的网络变量。

节点在通过 Service 引脚安装在网络上后，可以与网络上的其他节点通过网络变量进行逻辑连接，此时发送方节点的网络变量类型必须和接收方网络变量数据类型相匹配。LonTalk 协议提供有标准网络变量类型 (SNVT)，对互操作性有进一步支持，SNVT 是具有相应单位（如伏特、摄氏度、米等）的预定义类型的集合，是由 Neuron C 内部定义的变量类型，用户可以根据实际需要选用，具体类型可参考 Echelon 公司提供的标准网络变量表。

在每个互相独立的节点程序中，对所使用的网络变量首先要加以定义，然后才能使用。同时需要将节点中的输出网络变量与另外一个或多个节点中的输入网络变量进行连接 (Connect) 才能实现通信功能。

在 Neuron 芯片上运行的 Neuron C 应用程序最多可声明 62 个网络变量，主机 (Host) 应用程序可以声明更多的网络变量，最多可达 4 096 个。

网络变量定义语法为

```
network input | output [修饰字] [存储类] 网络变量类型
                    [连接信息] 网络变量名 [=初始值];
```

如果定义数组网络变量（一维），语法为

```
network input | output [修饰字] [存储类] 网络变量类型
                    [连接信息] 网络变量名 [数组长度] [=初始值];
```

(1) input | output，说明是输入网络变量，还是输出网络变量。

(2) 网络变量修饰字（可选），有关的修饰字如下。

sync | synchronized：定义网络变量为同步网络变量。只要发生同步网络变量的赋值，所赋的值必须一一发送，不丢一个值。如果定义时没有设置该选项，即非同步网络变量，调度程序就不能保证每次赋予的值都能被发送出去。例如，如果网络变量赋值过于频繁以至于调度程序来不及传送，那么调度程序将丢掉某些中间值。

polled：仅为输出网络变量选用，定义网络变量为轮询输出网络变量。只有在该网络变量的接收方节点发送轮询请求 [使用 poll () 函数] 时，该网络变量的值作为响应才被发送。

d_string：用于设置网络变量的自编文件串，最长为 1 023 个字节。这个修饰字在每个网络变量定义时只能出现一次，且放在 sync 或 polled 修饰字后面。sync 和 polled 不能同时使用。

(3) 网络变量的存储类别，可选择以下几种。

const: 指定应用程序不能修改的网络变量。该类别的输出网络变量存放在 ROM 或 EEPROM 中, 输入网络变量则存放在 RAM 中。

eeprom: 允许应用程序将网络变量值存放在 EEPROM 或闪存内, 以免节点掉电时有些数据会丢失。使用该类别网络变量时要注意, 对其修改次数有限。当程序装载时, 该类别网络变量的初始值生效, 复位后这些变量不会再初始化。

config: 由输入网络变量使用, 指定存放在 EEPROM 中的 const 类别的网络变量只能由另一个节点修改, 这类网络变量通常由网络管理器用来配置应用。

某个网络变量的存储类别可以是上述几种的组合, 如果没有指定存储类别, 网络变量就是全局变量, 存放在 Neuron 芯片的 RAM 内。

(4) 网络变量连接信息, 用来指定网络变量连接的可选项属性。

offline: 用于告知网络管理器在对该网络变量修改之前, 节点应离线 (offline), 该选项通常由 config 类别的网络变量选用。

unackd | unackd_rpt | ackd [(config | nonconfig)]: 指定网络变量采用的 LonTalk 协议报文服务类型, 允许的报文服务类型有: 非应答、非应答重发以及应答服务 (默认)。若选择 config, 则允许网络管理器在安装节点时修改消息服务类型, 若选择 nonconfig, 网络管理器不能修改报文服务类型。

authenticated | nonauthenticated [(config | nonconfig)]: 指定网络变量修改是否需要鉴别认证服务, 如果选用 authenticated, 接收方节点将对发送方节点的身份进行鉴别, 如果身份不符可以拒收网络变量值, 这里也可以用 auth | nonauth。config 和 nonconfig 用于指定网络管理器是否可以修改鉴别服务的选择。默认是 nonauth (config)。

priority | nonpriority [(config | nonconfig)]: 指定该网络变量的修改消息是否能优先传送。config 和 nonconfig 用于指定网络管理器是否可以修改优先服务的选择。默认是非 priority (config)。

以上各选项的前后顺序不受限制。

7.5 应用实例

现通过一个应用实例对网络变量在节点应用程序中的定义和应用加以说明。

图 7.10 所示是一个用开关控制灯的简单应用网络, 网络中有两个节点, 一个节点 Neuron 芯片的 IO-4 引脚外接一个开关 (称为开关节点), 另外一个节点的 IO-0 引脚外接一盏灯 (称为灯节点), 控制的目的是希望用开关节点上的开关控制灯节点上的灯, 两个节点通过网络变量来传递控制信息。开关节点应用程序中定义了一个输出网络变量 nv_switch, 灯节点应用程序中定义了一个输入网络变量 nv_lamp, 这里需要将这两个网络变量利用网络管理工具连接在一起, 要求这两个网络变量必须具有相同的网络变量类型。

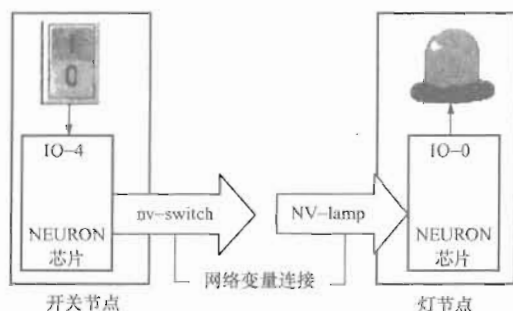


图 7.10 节点接线和网络变量连接

在图 7.10 所示的两个节点中，网络变量的定义是互相独立的。开关节点的任务是：当开关的实际状态发生改变时，向网络上的其他节点发送新的开关状态，因此开关节点网络变量主要用于传播开关的状态；而灯节点的任务则是：当从网络上接收到新的开关状态后，根据新开关状态控制节点上的 I/O 硬件开启或关闭电灯，因此灯节点的网络变量将被用来接收开关节点传来的网络变量值。

灯节点的应用程序如下：

```
# include< snvt_ lev.h> // 包含文件
# define LED_ON 1 // 定义常量
# define LED_OFF 0
IO_0 output bit ioLED= LED_OFF; // 定义 Bit 类型输出 I/O 对象
network input SNVT_ lev_ disc nv_lamp= ST_ON; // 定义网络变量
when (nv_update_occurs (nv_lamp)) // 当输入网络变量值更新时执行该任务
{
    io_out (ioLED, (nv_lamp!= ST_OFF)? LED_ON; LED_OFF); // 根据 nv_lamp 的值控制电
// 灯的开启或关闭
}
}
```

开关节点的应用程序如下：

```
# include< snvt_ lev.h> // 包含文件
# define BUTTON_DOWN 1 // 定义常量
# define BUTTON_UP 0
IO_4 input bit ioButton= BUTTON_UP; // 定义 Bit 类型输入//I/O 对象
network output SNVT_ lev_ disc nv_switch= ST_OFF; // 定义网络变量
When (io_changes (ioButton) to BUTTON_DOWN) // 当 IO_4 引脚状态发生变化时，
// 执行该任务
{
    nv_switch= (nv_switch!= ST_OFF)? ST_OFF; ST_ON; // 根据开关状态设置网络变量
// nv_switch 的值
}
}
```

说明：

(1) snvt_lev.h 文件中含有对标准网络变量类型 SNVT_lev_disc 的定义，SNVT_lev_disc 是含有六个元素的枚举类型，其元素为 {ST_OFF, ST_LOW, ST_MED, ST_HIGH; ST_ON, ST_NUL}，非常适用于对一台设备多个状态的监控，如水箱水位等。

(2) 编译指令 #pragma 用来设置 Neuron 芯片的系统资源及参数，包括硬件状态和软件缓存区分配等。

综上所述，网络变量是节点中的一个对象，输出网络变量可以与一个或多个其他节点的输入网络变量相连接，网络变量允许在分布式应用环境中共享数据。

7.6 应用开发过程

用户需要开发的应用系统无论是由一个节点组成,或多个节点的结合,或者是一个 LonWorks 控制网络,其开发步骤均基本相同。

(1) 定义系统的完整功能。系统可以是由单一 LonWorks 节点组成的简单系统,也可以是由许多 LonWorks 节点组成的复杂系统。如果系统是由许多 LonWorks 节点组成的 LonWorks 控制网络,应根据控制系统的完整控制策略,将控制系统分解为若干功能独立的模块或子任务,并以此来定义各模块在目标网络中的功能,以实现控制系统的完整方案。

(2) 节点定义和功能分配。当把任务分解成一个或多个节点任务后,由于每个节点均是一个独立对象,需要根据节点的任务及对控制网络的作用和影响进行节点的定义和功能的分配。大多数分布在现场的节点,可采用 Neuron 芯片作为应用程序处理器,组成基于 Neuron 芯片的节点。还有一些节点(如操作节点或监视节点)需要附加处理器或 I/O 功能,对这种节点可另加一个主处理器,由它与内含在 LonWorks 网络接口中的 Neuron 芯片一起发挥作用,组成基于主机的节点。PCNSS 网络接口卡和 LonManager DDE 服务器能被用于实现基于 Windows 平台的主处理器节点与 LonWorks 网络的数据交换。

各节点的功能独立性与控制系统的控制策略完整性之间需要进行协调,不仅要能够完成所有的监控功能,还要确保网络中的节点有足够的网络带宽用于通信。因此在功能定义时,有关网络设计中的节点数目和类型、节点间如何逻辑连接、节点物理安装在何处、路由器如何选择路径、如何提高可靠性、多种通信介质的连接等问题,都应给予充分的考虑。

(3) 为每个节点定义外部接口。为节点定义所需要使用的 I/O 对象、Neuron 芯片 I/O 引脚及其所需要外接的相应外部设备,以及需要和其他节点互传信息的网络变量或显式报文。

(4) 为节点编写应用程序。根据节点所承担的任务,采用 Neuron C 语言编写节点应用程序(即应用映像),包括 I/O 对象的配置、网络变量的定义、显式报文的构建、发送和接收等,以匹配每个节点与 Neuron C 对象的功能,定义事件,编写实现对象和任务的代码,实现网络环境的应用。

(5) 利用 LonBuilder 或 NodeBuilder 开发工具,为每个应用节点的任务执行进行调试。

(6) 定制应用节点。首先制作定制节点的硬件,然后将应用代码编译和下载到节点上,最后将定制节点安装和配置到网络通信信道上。

(7) 测试在定制节点上运行的应用程序。可以进行设置断点、单步执行等操作,还可以利用 LonBuilder 或 NodeBuilder 网络变量浏览器或 Neuron C 调试器来测试节点的工作情况。例如,通过网络变量浏览器能设置输入网络变量的值和观察输出网络变量的值。

(8) 将单个节点集成到网络中并测试。首先把节点放在现场的合适位置,通过网络通信介质或网络连接设备将其进行物理连接,然后完成节点的逻辑安装,建立与其他节点的逻辑连接,在上述操作无问题后,监视和测试节点之间的通信。

(9) 构成控制网络,并进行系统维护。网络监控节点一般采用 PC 机,主要负责监视现场设备的状态、故障显示,控制参数显示,并提供网络管理方面的各种功能,监视和管理所连子网及所有现场智能节点。操作人员可通过监控机实现对某些节点的手动操作或控制等,

工程师则可以进行控制系统组态、修改控制参数等操作。为满足不同应用系统的配置要求,且兼顾到监控网络实时数据通信的传输速率,允许每台监视用 PC 机最多配置 2 块网络适配卡,每块网络适配卡可直接连接 64 个现场智能节点。另外,对同一个网络也可根据需要进行配置多个 PC 机进行监视。运行于监控 PC 机上的监控软件应采用能够充分提供数据动态显示、图形目标动态显示、历史曲线和实时曲线显示、历史数据存储等基本功能,如 InTouch、Dephi 等。

7.7 LonWorks 现场总线网络控制技术在楼宇自动控制系统中的应用

楼宇自动化系统要为用户提供一个安全、高效、节能而又舒适的环境,在应用 LonWorks 网络进行系统监控时,应根据建筑物的使用功能和业主的具体需求进行系统设计。本节主要介绍两个 LonWorks 技术在楼宇自动控制系统中的应用实例。

7.7.1 基于 LonWorks 技术的住宅小区自动电能计费系统

7.7.1.1 自动电能计费系统的网络结构

根据自动电能计费控制要求、LonWorks 现场总线的特点及数据采集的智能节点的现场环境,自动电能计费系统选用两级计算机监控系统,即由上位管理机、LonTalk 适配器以及多个智能节点组成,节点数量可根据监控的需要增减,使用 LonWorks 现场总线作为控制和通信网络把各节点连接成一个分布式智能控制系统,网络拓扑结构采用总线方式,传输介质采用双绞线,其系统如图 7.11 所示。

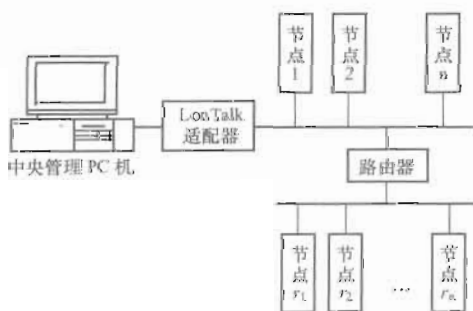


图 7.11 基于 LonWorks 技术的住宅小区自动电能计费系统

其中,上位机通过 LonTalk 适配器与 LonWorks 总线相连,一方面用于整个系统的集中监控与管理及分析并检测网络通信上的节点间的通信包、网络变量等的通信状况,包括通信量的分析、数据包的误码率和内容检测;另一方面用于与现场总线节点的数据交换、显示,报警、操作、参数设定等;LonWorks 接口控制器负责接收上位机下达的指令和上传本节点的实时检测参数。根据智能建筑的数量和分布情况,划分为不同的网段,网段之间使用 LonWorks 路由器相连,从而扩大了网络的容量,提高了网络性能的

可靠性。为了提高系统的抗干扰能力,在控制器和传输介质之间加入光电隔离。数据采集的智能节点的功能是采集用电量、显示用电量、用电时间和控制用电等数据,完成对电度表的脉冲量的采集、电度量的换算和对用户用电的控制。

7.7.1.2 智能节点硬件设计

LonWorks 智能节点主要由一块 LonWorks 主控制模块、脉冲量采集、显示器和电源模块组成。LonWorks 主控制模块是智能节点的基本构成单位。主控器模块通过固件完成 LonTalk 协议的数据传输,并通过事件调度完成用户定义的各种计算、I/O 事件处理及网络报文处理等功能。主控制模块中的收发器负责将节点连入网络。

为了使 LonWorks 智能节点能以 78.125kbit/s 的速率工作在恶劣的电气环境下,并进一步提高系统的抗干扰能力和可靠性,在 LonWorks 主控制模块和数据采集模块之间使用了由高速隔离器件 PC817C 和施密特触发器构成的隔离电路。

7.7.1.3 智能节点的控制功能

该电能数据采集模块的 I/O 设备较简单,处理任务不复杂,因此采用基于 Neuron 芯片的节点完成检测功能。Neuron 芯片既作为通信处理器,又作为应用程序的主处理器,实现数据采集功能。

该数据采集节点通过 Neuron 芯片的 IO4 和 I/O5 两个 I/O 引脚完成 1 个住宅单元 2 户脉冲电度表的脉冲量的采集,脉冲量通过光电耦合器 PC817C 和施密特触发器 SN7414 整形后送入 Neuron 芯片的 I/O 引脚。Neuron 芯片的定时器/计数器设为脉冲计数输入对象,对输入的边沿数计数,输入有效边沿每出现一次,内部计数器增加 1,每隔 0.839s,计数器的内容被保存,然后计数器清零,从而进行电度量的换算。

为了保证电量采集和显示的精度,在软件设计中将用电量的计算分为 1 度位和 0.1 度位,采用递增的方法。当电度表和专用脉冲集成电路芯片确定后,即可计算得到 1 度电对应电能表输出的脉冲数 D 为一常数,则 0.1 度电对应电度表输出的脉冲数为 $D/10$,即有 $D/10$ 个脉冲到来,电量递增 0.1 度。如果只对 0.1 度计数递增的话, $D/10$ 不一定正好为整数,若舍去小数或对小数进位取整,都会产生累计误差。因此采用分别递增的策略,即在程序中设 2 个常量 ($D/10$ 的常量 D_1 和 D 的常量 D_0) 和 3 个变量 (每 0.389s 的计数内容 T 、 D_1 减 T 的差 S_1 和 D_0 减 T 的差 S_0),每一个脉冲计数输入定时器溢出,判断 S_1 和 S_0 是否小于等于 0。若 S_1 小于等于 0,则 0.1 度变量递增 0.1 度,并对 S_1 重新置初值;若 S_0 小于等于 0,则 1 度变量递增 1 度,并对 S_1 和 S_0 重新置初值。这样在电量为整数时,累计误差将为 0。

为了使用户及时知道自己的用电情况,智能节点采用六位 LED 显示器显示用电情况,显示的量程为 99 999.9,显示的分辨率为 0.1 度。

自动电能计费的智能节点主要完成两个任务:一是电度表电量的测量;二是监控计算机和智能节点的信息交换,包括自动电能计费的智能节点检测到的电量、自身的运行状态和监控计算机发出的控制命令。各控制节点的应用程序采用 Neuron C 语言编写,并使用 Node-Builder 节点开发工具进行调试。

智能节点收到报警网络变量时,表明用户欠费,IO6 口输出一个控制信号,使该用户停电;当收到分时计费信号的网络变量时,智能节点输出一个用电量的网络变量;当计数器定时溢出事件发生时,程序处理 0.1 度变量和 1 度变量的递增运算。

7.7.1.4 监控计算机的功能

在基于 LonWorks 技术的自动电能计费系统中,监控计算机的主要功能如下:

- (1) 智能控制节点中的应用程序配合,实现与节点远程通信和自动控制。
- (2) 显示各个用户的用电历史数据的曲线。

(3) 通过以太网与其他计算机相连,构成多层的计算机控制系统; i. Lon 1 000 将 LonWorks 控制网络和基于 Internet 的数据网无缝对接,实现通过广域网的数据交换。

监控计算机用于实现信息采集与信息管理,通过网络变量间接获得实时数据,并具有数据显示、报警显示和历史数据记录等功能。用户用电量数据存储存储在过程数据库中,为高级控

制和管理优化软件的实时输入、输出数据提供支持。

7.7.2 基于 LON 总线与 RS-485 的楼宇自动化系统

作为 LonWorks 技术核心的神经元芯片是一个八位处理器，计算和控制的能力不是很强；而且其片载操作系统基于巡检机制，不太适合于要求实时性较强的场合。其次，LON 总线节点安装受到软件版权限制，网络管理调试工具也价值不菲；因而若单纯采用 LonWorks 网络技术构建楼宇自动化系统，随着系统规模增大、节点增多，整体造价会增长较大。

在当前楼宇自动化系统中，基于控制器串口的小型主从式 RS-485 控制网络系统仍然应用得相当普遍；众多十六位单片机系统作为一种廉价的通用控制器，其控制与计算能力也能够基本满足各种实时控制系统的要求。因此，若将 LonWorks 和 RS-485 两种控制网络进行网络集成，就既可以充分发挥 LonWorks 技术在通信上的优势，又可以利用单片机、PLC 等控制器在控制功能上的优势，弥补各自的不足。

7.7.2.1 基于 LON 总线与 RS-485 的楼宇自动化系统设计方案

此方案中，混合网络的主干级是 LonWorks 网络，通信协议为 Lontalk 协议，网络节点由神经元芯片和 PSD9xx 构成的核心模块，加上 FTT-10 收发器和相应的外围电路组成。LonWorks 网络的扩展通过 LonWorks 路由器实现。主干级 LonWorks 网络子网最大节点数为 128 个。混合网络的支干级是由 PLC、单片机等通用控制器构成的小型主从式 RS-485 控制网络系统，作为混合网络的一个特殊子网存在，通信协议与各实际子系统有关，是非开放式专用协议。支干主从式 RS-485 网络子网最大节点数为 80 个，作为主干与支干联系的纽带，开发了 LON 总线转 RS-485 协议的专用网关。它既作为 LON 总线的一个普通节点，

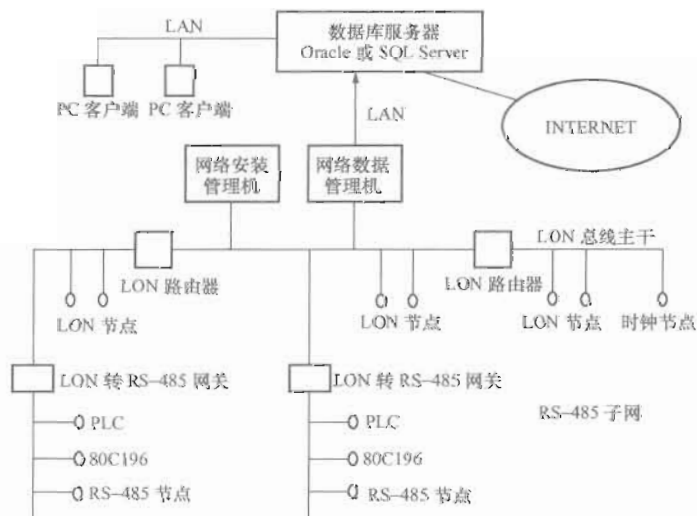


图 7.12 LON 总线与 RS-485 分级混合控制网络

又是相应主从式 RS-485 控制网络的通信主机，进行子网的通信控制；其内部数据交换区进行网络数据的转换。主干 LonWorks 网络的数据管理机内同时安装了 LonWorks 网和以太网网卡，在控制网络和信息网络之间采用 DDE 技术来交换数据信息，从而达到实时控制网络与计算机信息网络的信息共享，如图 7.12 所示。

此方案优点是：数据分级管理，各网关对数据实现上下两级分离，各网关可并行工作，一定程度缩短了上位管理机的巡检周期，

减少了网络流量，提高了网络数据传输的实时性；因为单片机、PLC 等控制器的实时控制能力比较强，提高了网络的响应速度；网络支干级底层节点核心部件大量采用通用芯片，大大减少了专用芯片的使用量，降低了系统成本，提高了整个系统的性价比。同时，采用 RS-485 协议使系统具有与其他传统的基于 RS-485 协议 DCS 控制网络联网通信的能

力, 适应于当前现场总线与 DCS 网络共存的局面。此方案不可避免地具有一定的缺陷: 它存在主从式结构, 采用专用通信协议, 使系统开放性下降; 有时必须自己编写通信软件, 增加了软件开发工作量。

LON 总线与 RS-485 分级混合控制网络主要包括三个核心部分: LonWorks 多功能控制节点核心模块、用于扩展 LON 总线的 LonWorks 路由器和实现 LonWorks 与 RS-485 转换的网关。

7.7.2.2 神经元芯片和 PSD9xx 构成的两片式智能节点核心模块

本系统中, LonWorks 智能节点核心模块由神经元芯片 TMPN3150 和带可编程逻辑的 PSD9xx 存储器构成。它扩展了收发器及相应的外围电路, 从而形成了具有模入、模出、开入、开出、脉冲、RS-232 等多种模块化接口的多功能控制节点。PSD9xx 在一块芯片上集成了 FLASH、SRAM 和通用可编程器件并且有后备电源接口, 取代了传统的通用存储器和可编程芯片; 大大地减小了节点的体积与功耗, 简化了系统的设计、提高了可靠性。PSD9 系列芯片还增加了神经元芯片的 IO 能力和存储量。采用 PSD9 系列芯片后, 神经元芯片 IO 端口可以从 11 个扩展到 21 个。两者结合可以提供高达 128k 的 FLASH (带嵌入式分页逻辑)、2k 的 SRAM、可编程地址译码逻辑以及其他可编程逻辑接口。

PSD9 系列芯片到神经元芯片的接口电路如图 7.13 所示。

图 7.13 中的 TMPN3150 工作于地址数据非复用的 8 位数据总线方式。因此, PSD9xx 芯片的 PA 口应配置成双向数据口。由于神经元芯片 TMPN3150 的 E 信号为低电平有效, 为简化逻辑连接, 应将 PSD9 系列芯片的 RDEDS 信号配置成 DS, 不采用 PSEN 信号, 将其固定接至高电平。

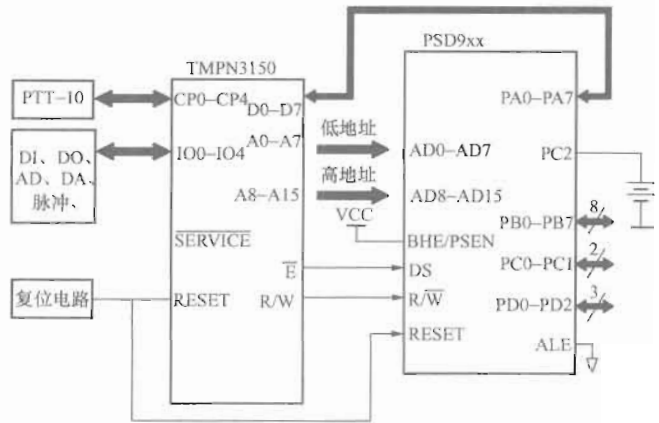


图 7.13 PSD9 系列芯片到神经元芯片的接口电路

7.7.2.3 LON 总线与 RS-485 协议网关的设计

若要将 LON 网络与 RS-485 网络互联, 关键是如何实现在两种不同物理特性、不同结构和不同通信协议的网络间进行数据实时、正确、可靠地传递, 此时, 网关的设计显得尤为重要。LON 网络与 RS-485 网络网关主要包括三个组成部分, 即 LON 总线节点、RS-485 网络通信控制器、数据交换区。

LON 总线节点与普通节点的结构相同。RS-485 网络通信控制器作为 RS-485 网络的通信主机主动发起通信, 它控制其子网内各 RS-485 节点与其进行信息交换。在所开发的系统中采用了 80C196 作为 CPU, 以 MAX1487 进行 RS-485 电平转换。此处采用双口 RAM 作为通信池进行数据交换。这种方式结构比较清晰, 易于软件编写, 能提供较大的数据交换区, 交换速度可大大提高。

7.7.2.4 网络数据的分级管理

系统中网络控制节点处理与传递的网络数据为: 报警信号输入 (DI)、管理机的控制指

令输出 (DO)、系统时钟信号、水电煤气三表读数、温度和流量输入等模拟量输入信号 (AD)、电压输出等控制信号 (DA)。

根据系统对各种数据实时性的不同要求, LonWorks 网络数据的优先级也有所不同。系统时钟要保证整个系统的正确时间, 必须稳定地、及时地传送, 因而将它的优先级别设置为最高; 报警信号变化不是很频繁, 但是一旦变化, 必须及时传递, 因此它也需要较高的优先级别; 在楼宇监控系统中, 模拟量节点的控制对象是主要是温度和湿度等, 属于大惯性大滞后的对象, 控制周期可定在几秒钟。控制的模拟量可分为两种, 一种是由管理机输出的调节信号, 通过 DDEServer 以网络变量的形式传输给控制节点。另一种是从各个送风口采集的数据, 以捆绑网络变量的方式进行节点间的数据交换, 完成相应的复杂控制算法, 将它的优先级定为第三级。网段与网段之间通过 LonWorks 路由器进行扩展与通信流量的隔离。所使用的节点均带有后备电池, 在掉电的情况下可以保护数据, 因而, 三表读数的传送周期可以是一天或几天, 甚至更长时间一次, 所以采用消息巡检的方式, 由上位管理机主动发起通信, 将它的优先级定为最低。

7.7.3 Metasys 楼宇自动控制系统

目前, 国内外的许多楼宇自动控制系统都在应用 LonWorks 技术, 使用该技术构建的系统具有开放性好、控制性能优异、组建系统灵活等许多优点。

Metasys 楼宇自动控制系统是美国江森公司开发的一个基于 Web 技术的楼宇控制管理系统, 该系统的控制网络就使用了 LonWorks 现场总线技术。Metasys 楼宇自动控制系统结构如图 7.14 所示。

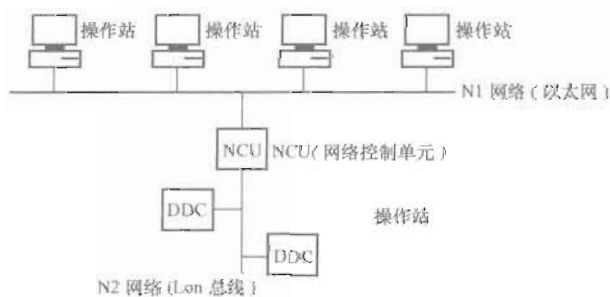


图 7.14 Metasys 楼宇自动控制系统结构

Metasys 楼宇自动控制系统是由中央操作站 (OWS)、网络控制器 (NCU)、直接数字控制器 (DDC) 等组成, 通过 Ethernet 网 (N1 网) 将中央操作站及网络控制器各节点连接起来。同时安装在建筑物各处的直接数字控制器 (DDC)、将通过 LonWorks 现场总线 (N2 网) 连接到网络控制器上, 与其他网络控制器上的直接数字控制器及

中央操作站保持紧密联系。现场须监控设备上的传感器及执行器等连接至以上各直接数字控制器内, 从而实现分散控制、集中管理。

7.7.3.1 Metasys 楼宇自动控制系统通信网络

Metasys 楼宇自动控制系统通信网络操作站及网络控制单元之间最常用的连接方式是 N1 通信网络。楼宇自动控制系统的网络通信环境中的第一层网络 N1 直接采用以太网 (Ethernet) 技术。

N1 网可以设置成总线型、星型和混合型结构。它使 N1 网可以方便地、经济地安装及扩展。N1 网可以使用同轴电缆、双绞线, 光纤或它们的组合。网络控制器 NCU 和操作站可以直接支持同轴电缆, 并可方便地加上适配器连接光纤回路。每段 N1 网的最长距离取决于所采用的媒质及网络上节点的数量。采用有源分流器可以延伸连接线的长度。两个节点间最长距离可达到 6.4km。

7.7.3.2 开放式的结构和互联性

N1 网上各节点均具备动态访问功能,即无论 N1 网上任何操作站或任何一个 NCU 上,均可以对全部的数据实现检测或控制,即在 Metasys 系统中,N1 总线上每个组件与组件之间可以实现方便的互通信。

7.7.3.3 操作站

Metasys 系统通过 OPC (OE for Process Contro) 软件技术使所有的设备管理系统均可在简单明了的图形显示下集中实现监控。

7.7.3.4 网络控制器 (NCU)

网络控制器是一种模块式、智能化的控制盘,是 Metasys 网络的“心脏”。通过多个网络控制器,即可将大楼各方面的管理情况紧密地连接起来,进行全面综合的管理。通过相互共享整个网络中的所有信息,每个 NCU 能用高级控制算法提供全建筑物范围的最优控制。网络控制器具有多种统计控制功能。网络控制器可配置手提终端检测器,该检测器完全可以代替操作站的功能,存取整个系统中所有信息和发出控制指令。

很多楼宇自动控制系统的通信网络环境都采用类似的网络层级结构:通过网络控制器连接中央管理工作站和现场控制器,实现对现场设备的监控。

7.7.3.5 Metasys 楼宇自动控制系统中的 DDC (DX-9100)

直接数字式控制器是 Metasys 系统的最前端装置,直接与大楼内有关的设施连接起来,再通过 N2 总线与网络控制器相连。系统中的 DDC 具有可编程控制功能及 PC 逻辑运算功能,除能完成各种运算及 PID 回路控制功能外,还具有多种统计控制功能,可同时设置时间控制程序。

控制器具有独立运作的功能,当中央操作站及网络控制器发生问题时,控制器不受影响,继续进行运行,完成原有的全部监控功能。

系统支持点对点通信,进行动态数据存取。还可通过传输模块连接扩展模块 (XP),增加控制输入输出点,配置灵活。

DDC 的实时数据存储于备用电池的 RAM 中。

7.7.3.6 系统整体特点

Metasys 是一个“分散式”的管理系统,从操作站、网络控制器到数字控制器。软件功能及数据库也是存放在网络中的每一个装置上,整个系统不存在任何一个“中央”设施,可以完全监测及控制整幢建筑物。Metasys 中文管理软件能提供良好的人机界面,具有较强的功能。

第8章 基于BACnet协议的楼宇 自动控制系统

8.1 楼宇自动控制系统的控制网络

8.1.1 楼宇自动控制系统的控制网络和现场总线技术

8.1.1.1 楼宇自动控制系统的底层控制网络

在如图8.1所示的楼宇自动控制系统的组成中,将许多不同的现场设备,通过现场传感器

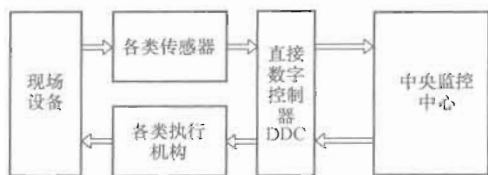


图8.1 楼宇自动控制系统的组成

和各类执行机构以及许多直接数字控制器连成一个协调运行的大系统,还需要有一个底层的通信网络来传递传感器采集到的各种信号,这些信号经过微处理器处理后形成特定的控制指令传送给现场的各类执行器,这个底层的通信网络就是控制网络。建筑物内的各种电气设备通过网络实现监测与控制。

控制网络可以采用多种实施方案,可以使用适合楼宇智能控制的总线系统,还可以应用已经很成熟的 LonWorks 总线网络、BACnet 网络以及直接使用以太网等。

8.1.1.2 楼宇自动控制系统中的现场总线控制系统

20世纪七八十年代,随着计算机可靠性提高,价格大幅下降,出现了集中、分散相结合的分分布式控制系统(DCS)。DCS是利用计算机技术对生产过程进行集中监视、操作、管理和分散控制的一种综合控制系统。它的测量和变送仪表一般是模拟仪表,因此属于一种模拟数字混合控制系统,这种系统比以前的各种控制系统有了很大的进步。DCS在工业自动化控制领域获得了广泛的应用,并逐步引入到楼宇自动化控制领域。

集散控制系统存在如下一些缺点:

(1) 安装费用高。采用一台仪表、一对物理传输线的接线方式,导致接线复杂、安装费用高,维护困难。

(2) 可靠性差。模拟信号传输精度低,而且抗干扰性差。

(3) 系统封闭。各厂家的产品自成系统,系统封闭、不开放,难以实现产品的互换与互操作以及组成更大范围的网络系统,即不能实现系统的开放性。

20世纪90年代后,出现了基于现场总线的控制系统(FCS),FCS克服了DCS的缺点,是一种全数字化的、全分散的、全开放、可互操作和开放式互联的新一代控制系统。与传统的DCS相比,FCS具有可靠性高、可维护性好、成本低、实时性好,实现了控制管理一体化。

8.1.2 应用于楼宇自动化领域的几种现场总线及以太网技术

目前国际上多达几十种开放型的现场总线标准。大多数现场总线只是用其中的一、二和

七层协议。其中，一部分现场总线技术在楼宇智能控制技术中获得了深入的应用，如LonWorks、BACnet、CAN、EIB等现场总线等。尽管基于现场总线的FCS克服了DCS的许多缺点，但还是有一些不尽如人意的地方，最明显的缺点是多种现场总线并存而互不兼容，导致FCS的可互操作性只能在同一种现场总线系统中实现。

8.1.2.1 LonWorks 技术

LonWorks (Local Operation Network) 技术，已经在楼宇自动化、工业自动化、电力系统供配、消防监控、停车场管理等领域获得广泛应用。LonWorks 技术具有以下优点：

(1) 网络结构灵活、组网方便。它支持多种网络拓扑形式，包括总线型、星型、树型、自由拓扑型等，这样可适应复杂的现场环境，方便现场布线。

(2) 支持多种传输介质。包括双绞线、同轴电缆、电力线、光纤、无线射频等；两种传输速率：78bit/s 和 1.25Mbit/s，最大传输距离由网络拓扑形式和传输介质决定，一般可达500~2700m。可接入的节点最多为32385个。

(3) 完善的开发工具。提供完善的系统开发环境，采用开放的Neuron C语言。

(4) LonWorks 网络中各节点的地位相同，网络管理可设在任一节点处，并可安装多个网络管理器。

(5) 开发LonWorks 网络节点的时间较短，也易于维护。LonWorks 采用的LonTalk 协议固化在Echelon公司的Neuron芯片中，这样可以节省开发LonWorks 网络节点的时间，也方便维护。

同其他现场总线一样，LonWorks 技术也有自身的缺点。首先，LonWorks 的实时性、处理大量数据的能力有些欠缺；其次，由于LonWorks 依赖于Echelon公司的Neuron芯片，因此它的完全开放性也受到一些质疑。尽管LonWorks 存在一些不足，但是基于LonWorks 的FCS在楼宇自动化领域却获得了广泛的应用。

8.1.2.2 BACnet

BACnet 是楼宇自动控制网络的数据通信协议，即通信规则。使用BACnet 组建的楼宇自动控制系统有很好的开放性和优良的性能。基于BACnet 协议的楼宇自动控制系统体现了建筑智能化新技术发展的趋势。该协议为不同商家的设备及系统之间进行互联互通提供了一个公共集成平台。BACnet 协议详细阐述了系统组成单元相互分享数据实现的途径、使用的通信介质、可以使用的功能以及信息如何翻译的全部规则。

BACnet 具体可采用Ethernet (以太网)、ARCNET、MS/TP、PTP、LonTalk 五种网络技术进行通信。可根据系统通信和通信速度选择不同的网络技术。相对其他现场总线，BACnet 标准最大的优点是可以与Ethernet、LonWorks 等网络进行无缝集成。不过BACnet 主要为解决不同厂家的楼宇自动控制系统相互间的通信问题设计，并不太适用于智能传感器、执行器等末端设备。

8.1.2.3 CAN 总线技术

CAN 总线最初是为汽车监控控制系统设计提出的，现在它已经成为一种国际标准，在电力、石化、空调、建筑等行业均有应用。CAN 总线具有以下优点：

(1) 采用8字节数据量的短帧传送数据，传输时间短、抗干扰性强。

(2) 具备多种错误校验方式，差错控制能力强。如果出现严重错误，节点会自动离线，避免影响总线上其他节点。

(3) CAN 芯片不但价格低而且供应商多。

CAN 总线技术的不足有：应用规模小，CAN 总线上最多可挂接 110 个节点，只有通过利用中继器进行扩展，相对其他一些现场总线，CAN 总线技术比较简单，CAN 技术应用系统的开发费用较低。国内狮岛、索龙集团开发出了 \$2 000 楼宇自动控制系统就是基于 CAN 总线的楼宇自动控制系统。

8.1.2.4 欧洲安装总线 EIB

欧洲安装总线 (European Installation Bus, EIB) 技术于 1990 年被提出，经过十多年的发展，成为欧洲最有影响的建筑智能化现场总线标准，在欧洲得到了近 300 家厂商的支持。1999 年，EIB 被引进中国的智能化建筑领域，ABB 公司和 SIEMENS 公司基本垄断了国内的 EIB 项目。

8.1.2.5 以太网进入楼宇自动控制领域

成熟的以太网早已进入工业控制领域和楼宇自动控制领域。新发布的 IEEE 802.3af 标准开始对以太网供电作出了规定，它消除了以太网技术进入现场控制领域的一个严重障碍。交换机市场已经提供符合 IEEE 802.3af 标准的交换机产品。据国外的行业发展调查

报告，以太网在楼宇智能化控制领域中的应用将越来越广泛。在大多数楼宇自动控制系统中，以太网多用于将基于现场总线的楼宇自动控制网络集成到智能建筑中的信息网络中去，如图 8.2 所示。英国的卓林楼宇自动控制系统就是一种使用以太网的楼宇智能化技术系统，

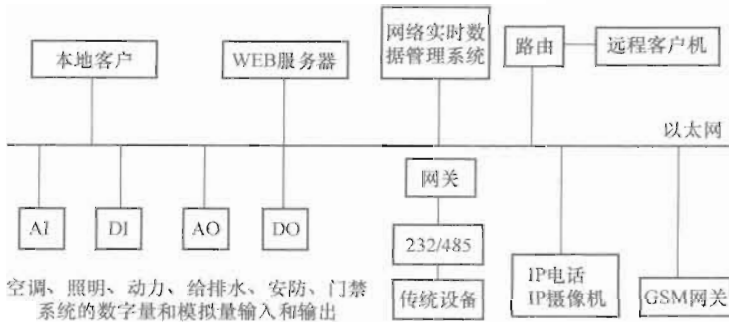


图 8.2 基于以太网的智能建筑自动控制系统的结构

以太网直接进入了控制层。

空调、照明等系统通过参量控制模块集成到以太网上；带有 RS232 或 RS485 接口的系统通过网关转换模块集成到以太网上；IP 电话以及 IP 摄像机直接连接到以太网上。

相对于以太网一网到底的楼宇自动控制系统来讲，在楼宇自动控制系统中采用基于现场总线作为自动控制网络所具有的优点是：

(1) 可靠性、实时性比采用 CSMA/CD 的以太网的实时性好。

(2) 系统投资成本低。由于开放的现场总线技术已经比较成熟，有很多公司提供的相关产品可供选择。

现场总线用于楼宇自动控制系统的缺点是：将现场总线无缝接入以太网较为复杂，当多种现场总线共存在一个系统中时，集成起来更复杂，系统的扩展性差。许多楼宇自动控制系统的管理层一般挂接在以太网上，而现场控制器只能通过一定的总线通过网络控制器接入中央管理工作站，使系统结构复杂化。

在楼宇自动控制网络中采用以太网的优点是：实现了从管理层（信息网）到现场设备控制层（控制网）的“一网到底”，即实现人们期望的通信协议的兼容和统一；这样系统扩展起来也比较方便；远程监控性能优良，与通信系统和办公自动化系统集成方便。

8.2 BACnet 协议及应用系统

8.2.1 BACnet 协议

在楼宇自动控制领域，两个标准占有极重要的地位并为业界广为接受：一个是于1995年6月由美国采暖、制冷和空调工程师协会（ASHRAE: American Society of Heating Refrigerating and Air-Condition Engineers）制定的BACnet（A Data Communication Protocol For Building Automation and Control Network）协议，标准编号为ANSI/ASHRAE Standard 135-1995，并于当年被批准为美国国家标准和得到欧盟标准委员会的承认，成为欧盟标准草案。另一个标准及协议是由美国Echelon公司制定和推出的LonTalk协议，也已被采纳为美国国家标准。这两个标准在楼宇自动控制的应用系统中各具特色。BACnet（Building Automation Control network）协议是专门为楼宇自动化和控制网络而设计的通信协议。

一般，楼宇自动控制设备从功能上讲分为两部分：一部分专门处理设备的控制功能；另一部分专门处理设备的数据通信功能。而BACnet就是要建立一种统一的数据通信标准，使得设备可以实现互通信并在互通信的基础上实现互操作。BACnet协议只是规定了设备之间通信的规则，并不涉及实现细节。

对于BACnet协议，所有的网络设备，除基于MS/TP协议的以外，都是完全对等的；每个设备实体都是一个标准“对象”或几个标准对象的集合，每个对象用其“属性”描述，并提供了在网络中识别和访问设备的方法；设备相互通信是通过读/写某些设备对象的属性，以及利用协议提供的“服务”完成。

BACnet协议是应用于分布控制面向对象开放型的网络通信协议。楼宇自动控制系统的开放性是业界进行开发、设计、工程施工到验收，从发标、中标到评估都应体现并贯彻其中的一项内容。BACnet协议提供了一个开放性的体系。在该体系内，任何计算机化的设备，都可以彼此进行数据通信。除了计算机可直接地应用于BACnet网络中以外，通用的直接数字控制器和专用的或个别设备的控制器，也可以应用于BACnet网络中。

8.2.2 BACnet 应用系统及主要特点

8.2.2.1 BACnet 系统及特点

BACnet协议是一种开放的非专有协议。BACnet标准以其先进的技术，较严密的体系和良好的开放性得到了迅速的推广和应用。在开放的BACnet平台或环境中，不同厂商的设备可以方便地进入其中。

BACnet应用系统的主要特点有：

(1) 专门用于楼宇自动控制网络。BACnet标准定义了许多楼宇自动控制系统所特有的特性和功能。

(2) 完全的开放性。BACnet标准的开放性不仅体现了对外部系统的开放接入，而且具有良好的可扩充性，不断注入新技术，使楼宇自动控制系统的发展不受限制。

(3) 互联特性和扩充性好。BACnet标准可向其他通信网络扩展，如BACnet/IP标准可实现与Internet的无缝互联。

(4) 应用灵活。BACnet集成系统可以由几个设备节点构成一个小区域的自动控制系统，也可以由成百上千个设备节点组成较大的自动控制系统。

(5) 应用领域不断扩大。在开放环境下, 由于具有良好的互联性和互操作性。BACnet 标准最初是为采暖、通风、空调和制冷控制设备设计的, 但该标准同时提供了集成其他楼宇设备的强大功能, 如照明、安全和消防等子系统及设备。正是由于 BACnet 标准的开放性的架构体系, 使楼宇自动化系统和整个建筑智能化系统的系统集成工作变得更易于实现了。

(6) 所有网络设备都是对等的, 但允许某些设备具有更大的权限和责任。

(7) 网络中的每一个设备均被模型化为一个“对象”, 每个对象可用一组属性来加以描述和标识。

(8) 通信是通过读写特定对象的属性和相互接收执行其他协议的服务来实现的, 标准定义了一组服务, 并提供了在必要时创建附加服务的实现机制。

(9) 由于 BACnet 标准采用了 ISO 的分层通信结构, 因此可以在不同的支持网络中进行访问和通过不同的物理介质去交换数据, 即 BACnet 网络可以用多种不同的方案灵活地实现, 以满足不同的网络支持环境, 满足不同的速度和吞吐率的要求。

8.2.2.2 BACnet 的体系结构

BACnet 协议模型是参考 ISO 的 OSI/RM 的七层级模型进行简化得到的, BACnet 标准采取了简化的四层级结构, 其中的物理层、数据链路层和网络层保留了 OSI 模型的底三层的结构形式, 并定义了简单的应用层, 如图 8.3 所示。BACnet 协议的数据链路层和物理层采用了成熟的局域网标准、协议作为自身的一部分内容, 兼容性很强。



图 8.3 BACnet 的简化结构

BACnet 四层级中的最底下两层与 OSI 模型的数据链路层和物理层对应提供了 5 种选择方案。第 1 种方案是以太网的通信协议, 采用的是非确认的、无连接的通信协议。方案 2 是将非确认、无连接的服务类型与 ARCNET 相结合。方案 3 是专门为楼宇自动化和控制设备设计的主-从标志传

递 (MS/TP; Master Slave /Token - Passing) 协议, MS/TP 协议提供了网络层的界面, 可控制对于 EIA-485 物理层的访问。方案 4 是点到点的通信协议, 提供了硬件互联或拨号串行异步通信。方案 5 是 LonTalk 通信协议。

BACnet 协议从硬/软件实现、数据传输速率、系统兼容和网络应用等几方面考虑, 目前支持五种组合类型的数据链路/物理层规范。其中, 主从/令牌传递 (MS/TP) 协议是专门针对楼宇自动控制设备设计的数据链路规范。BACnet 在物理介质上, 支持双绞线、同轴电缆和光缆; 在拓扑结构上, 支持星型和总线拓扑。

BACnet 标准选择简化的 4 层结构可以将通信协议的实现成本降低到最小。一般情况下, 信息传输的距离较近, 当需要进行较远的信息传输时, 可通过电话网络来进行。

与 OSI 的物理层一样, BACnet 网络的物理层也是提供设备之间的连接和传送数据的电信号。数据链路层将数据组织成数据帧或数据报文, 与具体的介质有关, 提供了寻址、错误恢复和流量控制。网络层提供的功能包括全局地址到局部地址的翻译、多个网络互联后的路由信息、调整由于不同网络对数据报文尺寸大小要求的不同、进行时序、流量和多路访问的

控制。在 BACnet 网络中，不同的设备之间只有一个逻辑通路，故不需要采用最佳路由的算法。当一个网络是由多个网段用中继器或网桥连接起来时，它仍然具有单一的网络地址空间。在这种情况下，OSI 模型中的网络层的许多功就不需要了。对于某些 BACnet 网络中，如果有两个或多个采用不同 MAC (Media Access Control, 介质访问控制) 的网络互联，这时整个网络有了多于一个的网络的地址空间，就需要关于不同的网络的路由信息。BACnet 网络具有一定的网络层能力，可以去定义包含必要的寻址和控制信息的网络层数据报文的头部。

应用层为通信对象提供了相互协商传输的语义，以便能够顺畅地交互数据信息，传输语义是在应用层对低层 8 位组序列数据的翻译。如果只允许一个翻译语义，应用层的功能便简化为表示应用数据的编码方案。BACnet 定义了这样的一个编码方案，并把它包括在应用层中。

BACnet 没有采用完整的 OSI 的 7 层模型，是充分地考虑楼宇自动控制系统功能实现的成本要尽可能地小，由于 OSI 的模型体系是计算机网络普遍采用的体系，BACnet 网络，易于和其他计算机网络系统进行集成。BACnet 网络使用简化的结构包括物理层、数据链路层、网络层和应用层，是现代建筑楼宇自动控制系统功能实现的较佳经济解决方案。

在 BACnet 拓扑中，设备节点之间只存在一条逻辑通路，无需广域网的最优路由算法；另外，BACnet 具有单一的局部地址空间，所以 BACnet 参照 OSI 模型制定了简化的网络层协议，向应用层提供不确认无连接的数据单元传送服务。每个 BACnet 设备都被一个网络号码和一个 MAC 地址唯一确定。

网络层通过路由器实现两个或多个异类 BACnet 局域网的连接，并通过协议报文进行路由器的自动配置、路由表维护和拥塞控制。BACnet 路由器与每个网络的连接处称为一个“端口”。路由表中包含端口的下列项目：

(1) 端口所连接网络的 MAC 地址和网络号。

(2) 端口可到达网络的网络号列表及与这些网络的连接状态。在图 8.4 中，“1/2RT”是半路由器，由 PTP 连接形成一个完整的 BACnet 路由器，即 BACnet 网际网将广域网技术向应用层屏蔽。

BACnet 应用层即 BACnet 应用实体，通过 API (应用编程接口) 为上层应用程序服务，并与对等应用层实体通信。应用实体由两部分组成：用户单元和应用服务单元 (ASE)。ASE 是一组特定内容的应用服务。而用户单元支持本地 API、保存事务处理上下文信息、产生请求、记录 ID 对应的应用服务响应、维护超时重传机制所需的计数器以及将设备行为要求映射为对象。

BACnet 应用层提供证实和非证实两种类型的服务。BACnet 定义了四种服务原语：请求、指示、响应和证实，它们通过应用层协议数据单元 (APDU) 传递。由于 BACnet 建立在无连接的通信模式上，因此 OSI 模型提供端到端服务的传输层部分简化功能也由应用层实现，分别为：可靠的端到端传输和差错校验；报文分段和流量控制；报文重组和序列控制。

BACnet 标准为楼宇自动控制系统中的分布控制和监控提供了解决方案，对楼宇自动控制系统中的各子系统及设备的通信进行管理。BACnet 定义了一组标准对象，BACnet 还提供一系列服务，如报警、事件服务、文件服务、对象访问服务、远方设备管理和虚拟终端服务。

BACnet 支持多种网络。

BACnet 协议也使用了 ISO 的 OSI 分层级通信体系，可在不同的网络之间和不同的物理介质之间交换相同的数据报文；BACnet 网络中的设备节点使用读写对象的属性和应用服务的方式来完成通信。

8.2.2.3 BACnet 应用系统的拓扑

BACnet 标准不对 BACnet 网络的拓扑做最严格的限定，目的是使应用系统有充分的灵活性。BACnet 设备可通过专用线缆或异步串行线与局域网进行物理连接。BACnet 网络体系由许多物理网段组成，这里的物理网段指：通过物理线缆直接将若干 BACnet 设备连在一起形成的网络区段；由若干个物理网段通过中继器再进行物理连接形成的网络区段叫网络段，简称网段。网段在物理层实现连接。

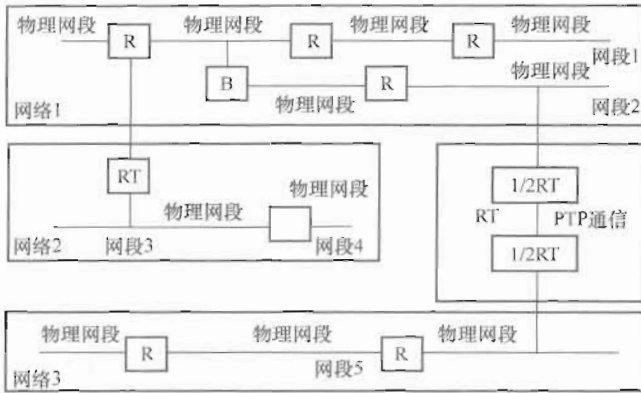


图 8.4 BACnet 网络体系

R—中继器；B—网桥；RT—路由器；1/2RT—半路由器

一个 BACnet 网络是用“网桥”将若干个 BACnet 网段互联而成。每个 BACnet 网络都对应一个唯一的 MAC 地址域。

使用 BACnet 路由器将若干个 BACnet 网络互联，形成一个 BACnet 际联网。BACnet 网络体系如图 8.4 所示。

在图 8.4 中，中继器的功能是在物理层将不同的物理网段连接起来；网桥的功能是将不同的网段连接起来；路由器在网络层将两个不同的网络互联起来。图 8.4 中的半

路由器是指在 PTP 连接中作为一个参与者的设备或节点，两个半路由器可以形成一个路由器，实现有源的 PTP 连接。在物理层和数据链路层上的接入设备，基于 MAC 进行信息的过滤，一个网络形成单一的 MAC 地址域。多个网络可使用不同的局域网拓扑，由 BACnet 路由器互联成一个 BACnet 互联网。在 BACnet 互联网中，在任何两个节点之间存在着唯一的通路。

在 BACnet 结构中，专门为楼宇自动控制系统和控制设备设计的主—从标志协议的最低层是 EIA - 232 和 EIA - 485 总线，它们将各种现场设备通过一对传输线互联，现场设备有传感器、变送器、执行器、智能仪表和 PLC 等。传输线可以使用对绞线、同轴电缆、光纤和电源线等。不同厂商的现场设备既可以互联又可以互换，实现“即接即用”。使用这种现场总线系统，可以方便地实现通信网络和控制系统的集成。在现场总线工作方式下，还经常使用通信线供电方式：通信线供电允许现场设备直接从通信线上摄取能量，这种方式可为具有安全要求环境下低功耗的设备提供电源。

8.2.3 BACnet 的对象、服务

8.2.3.1 BACnet 的对象和对象属性

BACnet 采用面向对象技术，提供一种表示楼宇自动控制设备的标准。在 BACnet 体系中，网络设备通过读取、修改封装在应用层 APDU 中的对象数据结构，实现互操作。BACnet 目

前定义了18个对象，每个对象都必须有三个属性：对象标志符（Object - Identifier）、对象名称（Object - Name）和对象类型（Object - Type）。其中，对象标志符用来唯一标识对象；BACnet设备可以通过广播自身包含的某个对象的对象名称，与包含相关对象的设备建立联系。BACnet协议要求每个设备都要包含“设备对象”，通过对其属性的读取可以从网络获得设备的全部信息。在BACnet中，把对象的方法称为服务，对象及其属性提供了对一个楼宇自动控制设备“网络可见信息”的抽象描述，而服务提供了如何访问和操作这些信息的命令和方法。BACnet设备通过在网络中传递服务请求和服务应答报文实现服务。BACnet定义了35种服务，并将其划分为以下六个类别：

(1) 报警与事件服务（Alarm and Event Services）：包含8种服务，处理环境状态的变化，提供了BACnet设备预设的请求值改变通告、请求报警或事件状态摘要、发送报警或事件通知、收到报警通知确认等方法。

(2) 文件访问服务（File Access Services）包含2种服务，提供读写文件的方法，包括上/下载控制程序和数据库的能力。

(3) 对象访问服务（Object Access Services）包含9种服务，提供了读、修改和写属性值以及增删对象的方法。

(4) 远程设备管理服务包含11种服务，提供对BACnet设备进行维护和故障检测的工具、方法。

(5) 虚拟终端服务（Virtual Terminal Services）包含3种服务，提供了一种面向字符的数据双向交换机制，使其他具有专有特性的楼宇自动控制设备成为一个BACnet虚拟终端并使BACnet网络能对其进行重构。

(6) 网络安全服务包含2种服务，提供对等实体验证、数据源验证、操作者验证和数据加密等功能。BACnet功能组规定了实现特定控制功能所需的对象和服务的组合。

BACnet已定义了13个功能组，包括时钟功能组、事件响应功能组、文件功能组、虚拟终端功能组、设备通信功能组等。

BACnet将系统中的每个物理点和软件值定义为一个对象（Object）。最常用的对象是模拟输入、模拟输出、模拟值、数字输入、数字输出和数字值。所有对象都有与之关联的属性，如当前值、描述、状态、单位等。每个对象都有必备属性和可选属性。

设计文件及相关系统图应该列出系统中要实现的每个物理连接，如同传统设计中的表列。这些列表应该包括与物理连接点相关的软件参数，如报警极限、设定值等。列表中的每一项，在BACnet系统中都被视为一个对象，该对象具有与之相关的属性。而且，每个对象的必备属性必须得到包含该对象的BACnet设备的支持。

当连接和集成两个以上的厂家提供的控制器时，对象非常重要的作用就会显现出来。如果楼宇自动控制系统要与冷冻机上的BACnet控制器通信，应该先确定要在冷冻机控制器和楼宇自动控制系统之间传送的所有对象。严格确定和设计控制器将要收发的所有对象，可确保系统安装运行顺利实现。相关厂商也会根据系统设计中提出的对象要求，在它们产品的接口中提供相应的对象操作支持。当进行系统级集成时，也应该采取上述步骤和措施。

设计文件可能忽略可选属性的支持。在很多情况下，这样做是合适的，因为被忽略的可选属性并不需要。但是，如控制功能的实现需要可选属性，则设计文件应将这些可选属性支持纳入每个对象类型的定义中。

8.2.3.2 BACnet 系统中的服务

服务是一个 BACnet 设备从另一个 BACnet 设备获得信息或命令另一个设备执行某种动作或通知一个或多个设备发生了某种事件的方法和手段。换句话说,服务控制了 BACnet 局域网中的活动,并保证报文和命令到达预定地点。一个服务可以从一个 BACnet 设备中读取一条信息,而另一个服务可以指示一个 BACnet 设备先关闭,然后再启动。

但是,如果一个 BACnet 设备支持某种服务而另一个设备却不支持这种服务,那么这两个设备就不能使用这种特定的服务进行相互通信。这一点可能很重要,也可能不重要,取决于何种服务不被支持。如果两个设备支持另一种可起到类似作用的服务,就可以使用共同支持的服务实现需要的通信功能。例如,一个设备可能支持“读多个属性”服务,而另一个设备可能不支持(读多个属性服务就是使用一条命令从一个设备中读取多个 BACnet 对象和属性)。一个设备可以通过多次发送“读属性”服务来实现“读多个属性”服务的功能。但是,多次重复“读属性”服务,BACnet 局域网上的通信活动会有所增加。

要求系统中每个 BACnet 设备都支持所有的 BACnet 服务是不可能的。BACnet 标准对系统中所有部件,从操作站到控制器甚至智能传感器都进行了阐述。许多服务需要在高层网络实现,但在控制器这一层网络却不必实现这些服务。在底层网络实现某些服务直接关系到 CPU 处理能力和存储器的选择,因而直接影响到这些产品的成本。

大多数设计需要一个通用的方法,来确定系统每一种所需要的服务。这就是 BACnet 标准定义了 6 个通用的一致性等级的原因。每个一致性等级都有一个必须实现的最少的服务数量。

8.2.3.3 BACnet 系统中的专用服务和对象

BACnet 标准允许生产商定义自己专用的服务和对象,也就是说,各生产商在不影响 BACnet 标准通信功能的前提下,可以在自己生产的系统内增添特别功能。然而,当某种系统功能依赖专用服务和对象时,就意味着其他生产商不能启用这种功能。

系统设计者必须决定是否将专用服务和对象用于一个工程项目。如果将专用服务和对象用于系统功能的实现,则设计文件应该要求专用服务和专用对象的提供者提交专用功能的设计文档,以便于其他生产商也能在系统中根据该文档实现该专用服务和对象,从而最终实现完全的系统集成。

8.2.3.4 BACnet 设备级别和设备等级说明

在实际的楼宇自动化系统中,没有必要也不可能所有的设备都支持,包含上述所有的对象和服务。因此,BACnet 定义了 6 个一致性类别(设备级别)。一致性类别的分级编号为 1~6,最低级别是类别 1。每个类别都规定了设备要实现的最小服务子集,且包含低级别的所有服务。

为了帮助用户和工程人员确定不同 BACnet 设备之间的互操作性,需要厂商为每个设备提供标准格式文件以标识设备中已实现的 BACnet 标准的内容,即文件需包括的设备符合 BACnet 等级的说明。这个文件就是 PICS (Protocol Implementation Conformance Statement),主要包括以下内容:

- (1) 标识厂商和描述设备的基本信息。
- (2) 设备符合 BACnet 的级别。
- (3) 设备所支持的功能组。

- (4) 设备所支持的基于标准或专有的服务, 设备启动或响应服务请求的能力。
- (5) 设备所支持的基于标准或专有的对象类型及其属性描述。
- (6) 设备支持的数据链路技术。
- (7) 设备支持的分段请求和响应。

8.3 BACnet 网络中的直接数字控制器

现场控制器接收传感器及设备传来的信号, 并按给定程序指挥执行器, 实现特定的功能, 同时执行中央计算机站发来的指令, 并把所有的信息传到中央计算机站, 中央计算机站与 DDC 之间、DDC 与 DDC 之间采用点对点的通信, 共享信息, 实现协调策略。DDC 具有自治性和独立性, 在与中央计算机站失去联系的情况下, 能继续工作。DDC 按现场就近设置的原则, 分设于设备机房或楼层弱电井内, 用于监控和管理该层或相邻层的机电设备。

DDC 控制器中的 CPU 运行速度很快, 并且配置的输入输出端口 (I/O) 较多, 可以同时控制多个回路, 实现多个模拟控制器的功能。DDC 控制器具有体积小、连线少、功能齐全、安全可靠、性能价格比高等特点。

DDC 作为 BAS 中现场设备的控制核心, 在 BAS 中现场设备的分布式和协调控制中, 承担着大量的现场数据采集、处理、数据通信和控制输出等控制与监控的任务。随着具体的控制环境、对象不同, 可采用 CPU 分别为 8 位、16 位和 32 位的 DDC 来构成控制精度不同和控制性能不同的系统。在 BAS 控制设备中, 目前使用的嵌入式实时操作系统如功能很强的“Embedded Real-Time System”、“ μ COS-II”和“Vxwork”作为单个 CPU 的 DDC 多任务操作系统已广为使用。用于 DDC 功能开发的开发语言也已从汇编语言发展到目前实时多任务的 C 语言, 尤其是美国的 Z-World 公司推出的动态 C 语言 (Dynamic C Language), 加入了许多适于实时控制的新语句、函数和功能较强的程序模块, 使 DDC 功能开发过程更为快捷。

当前 BAS 中, 以 16 位的 CPU 的 DDC 应用为主, 32 位 CPU 的 DDC 也有一定的应用。DDC 的 CPU 位数和其他运行参数综合地体现其性能水平, 选用 DDC 产品时, 综合考虑: 控制对象的实际情况和控制环境; 既要完成预定的控制策略, 又要节约投资和运行成本。

目前, 越来越多地进入楼宇自动控制市场的 DDC 产品, 其 I/O 节点应用类型可由软件进行方便的设置成数字型、模拟型、电压型和电流型, 克服了早期 DDC 产品的 I/O 节点类型不能改变的不足。使用通用型 I/O 节点的 DDC 产品大大方便了现场调试人员的工作, 并较好地克服了早期 DDC 产品的一些局限性。BAS 中使用通用型 I/O 节点的 DDC 产品正在成为一种主导局面。

DDC 的配置在整个系统的可靠性方面也起着至关重要的作用。在早些年的控制应用中, 通常在接线允许范围内将大部分或全部任务分配到一个处理能力强的大型 DDC 中。这种做法常会将相互无关的功能分配至同一个通用控制器。这就意味着一旦该 DDC 失效, 与此相关的所有功能也将丧失, 从而影响多个设备正常工作。多个功能分配至一个大型 DDC, 也意味着发现并排除故障是费时过程, 因系统配置无功能的逻辑分组, 而且更换大型 DDC 的成本也比小型 DDC 为高。

为克服使用大型 DDC 的缺陷, 出现了专用 DDC (Application Specific DDC) 的概念。即每台 AS DDC 专用于某一逻辑相关的特定功能, 如一台 DDC 专用于一台变风量终端箱,

一台风机盘管，一个区域照明控制等。这种一台 DDC 专注于一种特定功能即为模块化，且一旦出现故障，发现和修理故障将很容易。某一设备故障将立刻被发现并找到相应控制器，更换小型控制器也会更经济。因实现“单一”功能，一台大型多功能 DDC 实现多功能任务，一旦发生故障需要整个更换，这就是导致成本提高所在。

小型控制器的能力可与大型控制器相媲美，其能力来自于固化在每台专用控制器上的软件更智能化的控制策略。每台模块式控制器能够监测输入量并独立做出适当的控制输出到受控设备，即为智能化 DDC，这种智能不依赖系统服务器的决策能力，对系统的可靠性至关重要。只要电源不中断，即使服务器工作异常或网络通信中断，不依赖服务器而独立决策的 DDC 也能够继续工作，确保设备的控制不受影响。

对于楼宇自动控制系统中 DDC 来讲，如果已完成的编程逻辑未做完整详细的文件记录，DDC 失效的代价是昂贵的。更换通用 DDC 将是一个恢复从前配置的复杂过程，其编程并未遵循特定标准，而是集成商工程师根据情况编制，这意味着每个配置的系统可能是不同的。如果原来的系统集成工程师不再承担替换工作，遇到的问题将直接导致昂贵的修理费用。专用 DDC 将有所不同，由于更换简单直接且是模块化，因而是即插即用的做法。此外，如果新建系统选择了普遍应用的开放通信协议，如 LonWorks 网络，更换 DDC 甚至可以选择不同品牌，从而节省成本。

8.4 BACnet 系统设计中的一些问题

8.4.1 BACnet 系统中的相关问题

在设计 BACnet 系统时，应首先考虑几个重要问题，包括 BACnet 设备的选择、系统结构的确定等。系统结构选择的关键是，确定是否需要网关将非 BACnet 系统或设备接入 BACnet 系统，以及确定如何设计 BACnet 网关。设计 BACnet 系统时，必须指明其结构、系统的预期表现。

8.4.2 BACnet 系统结构的选择

可以用多种方法来构造一个 BACnet 系统：第一种方法是，全面采用一个厂商的产品。这种方法的优点是产品来源单一，与后续系统的兼容性好，同时，允许用户将来增加其他厂商的设备，但是，这种方法未充分利用 BACnet 标准带来的好处。第二种方法是选用不同厂商的产品。这种模式具有最佳的性能价格比。但是，设计文件必须清楚地说明谁负责各个部件的集成，谁负责使用所有与各个部件相关的软件安装和编程工具。如果这些内容不明确定义，系统在安装调试阶段就会出漏洞，造成系统不能完全运行和实现所有功能。

网关会使系统设计变得复杂，由于涉及增加额外的硬件和安装，因此编程时间、成本也会上升。

8.4.3 BACnet 系统中的网关

网关负责将非 BACnet 协议信息转换成与 BACnet 兼容的信息。每个网关将 BACnet 局域网和非 BACnet 局域网相连接。网关将非 BACnet 系统中的信息转换成 BACnet 对象中的属性，这种转换处理必须针对具体应用，通过编程实现。一般来说，项目不同，所定义需要转换的每个对象也不相同。通过正确连接和配置，网关才能将非 BACnet 系统或部件集成到 BACnet 系统中。

8.4.4 BACnet 控制网络的应用

在 BACnet 系统中,允许混用不同厂家的设备,并能为这些设备提供统一的数据通信服务和协议的操作平台。这不但给用户提供了更大的选择空间,而且给系统的升级、维护提供了灵活性。BACnet 标准是针对暖通空调、给水排水、消防、保安等楼宇系统设计的,它提供描述各种楼宇设备的模型,使得各种设备能互操作和协同工作。BACnet 定义了在各种不同局域网环境下工作站之间的通信规程,由于它利用以太网实现 BACnet 协议,因此其传输性能较传统的控制网络有较大提高。

BACnet 定义的对象、属性和服务很容易实现节点间的对等通信,使系统设计简化,可靠性提高。在 BACnet 中,一个设备可以从另一个设备中获取信息,可操作另一设备或向多个设备发布信息。BACnet 的对象和属性提供了通信的共同语言,而服务则提供了信息传递的手段。BACnet 的应用前景看好,尤其是大系统及有可能进一步扩容和升级的大系统。

图 8.5 所示为采用 BACnet 的楼宇自动化系统的一种方案。它能利用集成网络所提供的技术,快速、便利地传递和控制数据,通过网关在数据网络和控制网络之间提供连接。

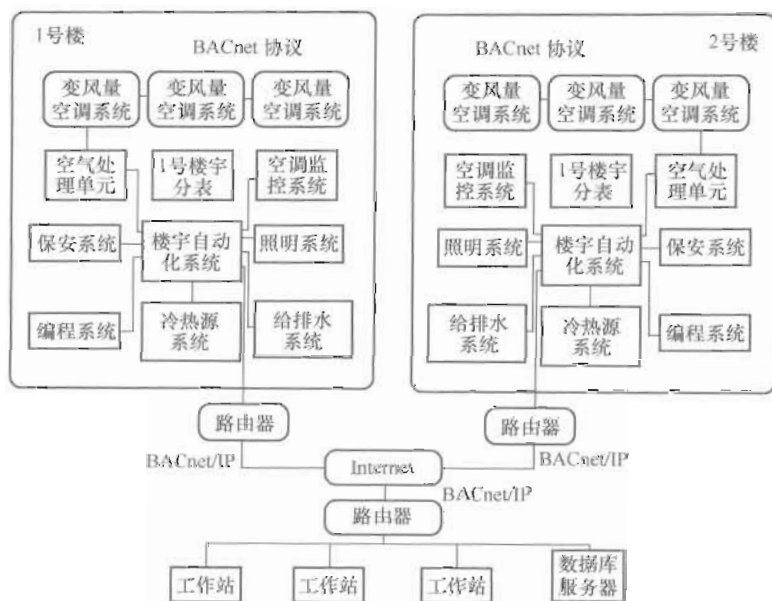


图 8.5 采用 BACnet 的楼宇自动化系统的一种方案

8.5 基于 BACnet 协议的 BACTalk 楼宇自动控制系统

美国艾顿系统就是一个基于 BACnet 协议的楼宇自动控制系统。该系统架构在基于 BACnet 标准通信协议的基础上,具有良好的开放性和灵活性。艾顿系统也是一个基于微软视窗的楼宇控制管理系统。

8.5.1 BACTalk 系统结构

8.5.1.1 BACTalk 系统的基本结构

BACTalk 系统是一个集成系统,在管理信息层面,可与办公自动化系统进行联网,实现

跨系统间咨询、数据的交流与操作。在多种控制系统集中的应用场合，BACtalk 能将多种控制系统连接为一个整体，采用国际标准通信协议 BACnet 实现多控制系统间的互通信及互操作。BACtalk 系统是一个完全开放式的系统，所有的现场控制层设备均采用国际通用的 BACnet 标准协议，并能与其他厂商生产的符合 BACnet 标准的产品进行互换。BACtalk 系统数据网络通信协议采用全开放式的工业标准 TCP/IP，网络结构采用以太网，网络连接及组网简便易行。Internet 技术在 BACtalk 系统中的使用，使得建筑物自动化系统能与企业网及其他类型的网络互联互通。

BACtalk 系统结构如图 8.6 所示。

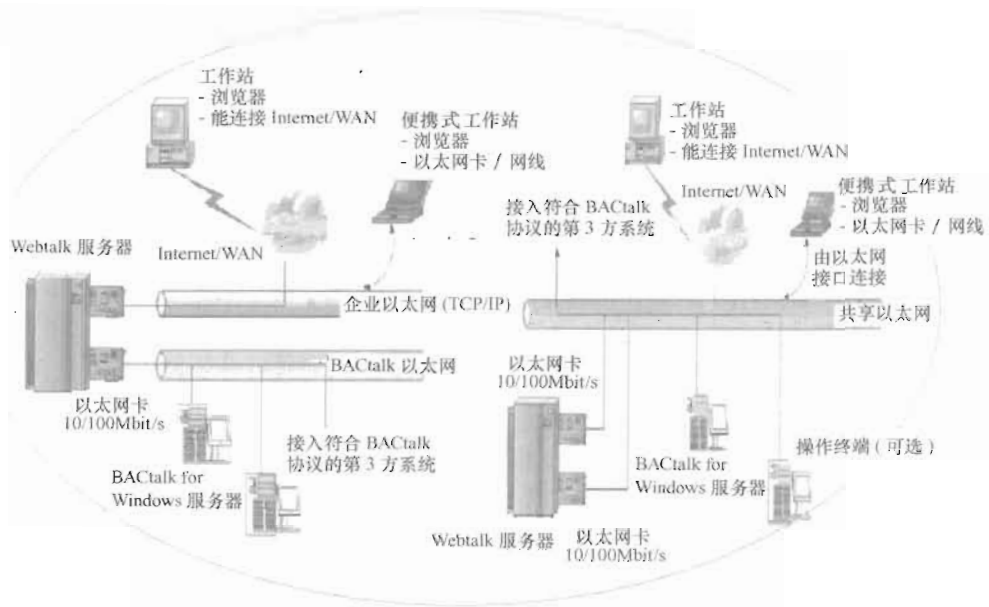


图 8.6 BACtalk 系统结构

BACtalk 系统结构分为四个层级，如图 8.7 所示。

(1) 管理层。通过广域网，用户只需通过简捷的图形操作软件就能在大范围内包括远程监控建筑物内的机电设备和信息设备，使用视窗中的三维动画及真彩色图形模块操作和实时访问被监控设备。系统的 BACnet 网络可方便地连接到本地网络及互联网络。管理层的特点是数据传输速率高，采用以太网连接 (TCP/IP)。

(2) 集成层。在点对点通信基础上，智能型 BACnet 可编程控制器能对整体简单或复杂的站点执行全局控制策略。这些设备能无缝连接第三方系统，如火灾自动报警系统、门禁管理系统及照明系统。

艾顿的 VLX 及其他高性能的控制器具有以太网接口，被设计应用于大型、综合的设备中心，大型的空气处理单元和其他重要的系统，并且，能通过 BACnet IP 以太网与其他系统集成。

(3) 现场控制层。BACtalk 系统中的集成、本地的 BACnet 逻辑控制器为 VLC，每个控制器可编写程序去支持一定范围的应用，从综合的空气处理单元到末端控制单元设备，如 VAV 控制器、热泵和空气调节单元。系统中的 BACnet 控制器都使用直观的、图形化的 DDC 编程语言为 VisualLogic。

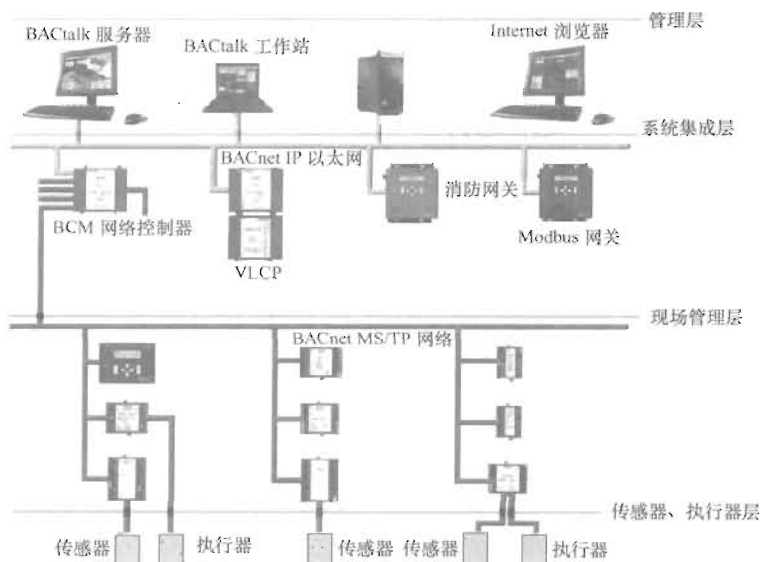


图 8.7 BACtalk 系统结构的四个层级

现场控制总线主要用于现场控制设备间传递实时控制信息，完成对现场被控设备的实时控制。BACtalk 系统现场控制总线为 BACnet MS/TP，传输速率最高达 76.8kbit/s。

(4) 传感器/执行层。该层级支持楼宇自动控制系统中的新型传感器，同时也支持传统的传感器及执行器。

在四个层级的 BACtalk 系统构架下，通过 BACtalk 的图形操作软件，用户可远程监控建筑物内的控制系统，可以使用三维动画及图形方式访问实时的数据和了解能源管理特性。

8.5.1.2 BACtalk 系统技术规格

(1) BACtalk 系统中央站计算机配置 (Envision for BACtalk 服务器) 要求。

- 1) CPU: Pentium III 600 或更高。
- 2) RAM: 128M 或更高 (安装 Visio/VisualLogic 软件需要 256M)。
- 3) 硬盘: 2GB 或更大。
- 4) 网络适配器 10/100Mbit/s 自适应。
- 5) 光驱: CD-ROM。
- 6) 接口: 并行接口、串行接口。
- 7) 操作系统软件: Windows 2000 专业版/Windows XP。

(2) 网络性能。BACtalk 系统能按照下面 6 种不同的方式组网通信:

- 1) BACnet Ethernet。
- 2) BACnet ARCnet。
- 3) BACnet MS/TP。
- 4) BACnet PTP。
- 5) BACnet LonTalk。
- 6) BACnet Virtual LANs。

(3) 监控点数:

- 1) BACtalk 系统最大可连接 4 194 303 独立的设备。
- 2) BACnet Ethernet 网络最大可连接 1~65 534 独立的 BACtalk 系统或设备。
- 3) 每台 BCM 或 BTI 全局控制器的 BACnet MS/TP 现场控制网络最大可连接 0~255 个 BACnet 现场控制器及协议转换器等设备。
- 4) 每台 BCM 全局控制器最大支持 7 条 MS/TP 现场总线。
- 5) 每台 BTI 全局控制器最大支持 4 条 MS/TP 现场总线。
- 6) 每条 BACnet MS/TP 现场控制总线最大可连接 64 个 BACnet 现场控制器及协议转换器等设备。
- 7) 系统服务器最大可达 1~65 534 台。
- 8) 系统操作终端最大可达 1~65 534 台。
- 9) 系统远程操作终端无限制。

8.5.2 BACtalk 控制器

8.5.2.1 全局控制器

(1) BTI BACnet 网络控制器。全局控制器之一：BTI BACnet 网络控制器如图 8.8 所示。

BTI 是艾顿公司新一代的，完全与 BACnet 兼容的网络控制器，适用于现场控制器 VLC 的数量在 255 个以内的楼宇自动控制系統。

BTI 网络控制器通过 MS/TP 网和现场控制器 VLC 连接，负责对 VLC 的协调管理，数据储存；同时，BTI 通过以太网与中央操作站电脑连接，负责数据的传输，实现中央操作软件 Envision for BACtalk 的各种控制功能。BTI 网络控制器可以连接四条 MS/TP 网路，这一功能使得楼宇的布线更灵活，同时也节省了施工的费用。

(2) BTI-100 网络控制器。BTI-100 (如图 8.9 所示) 是艾顿公司新一代的，完全 BACnet 兼容的网络控制器，适用于现场控制器 VLC 的数量在 55 个以内的楼宇自动控制系統。

BTI-100 网络控制器通过 MS/TP 网和现场控制器 VLC 连接，负责对 VLC 的协调管理，数据储存；同时，BTI-100 通过以太网与中央操作站电脑连接，负责数据的传输，实现中央操作软件 Envision for BACtalk 的各种控制功能。

8.5.2.2 现场控制器

艾顿现场控制器的种类有若干种，图 8.10 所示为其中的一种直接数字控制器。



图 8.8 BTI BACnet 网络控制器



图 8.9 BTI-100 网络控制器



图 8.10 VLC-651RC3 直接数字控制器

8.5.3 BACtalk 系统的主要特点

8.5.3.1 动画图形显示系统运行

BACtalk 系统有一个功能强大, 容易使用, 完全图形化的中央操作站软件 Envision for BACtalk。该中央操作站软件是一个采用三维动态图形显示, 使得操作人员可以轻松的显示、监测、控制楼宇系统中所有的受控设备。

除了显示和控制操作外, Envision for BACtalk 软件还提供了全新的用户密码等级、时间计划安排、报警、数据记录、趋势图、能源管理、自动退出、最佳启动时间等强大的功能, 使得整个楼宇自动控制系统操作更简单、更安全、更节省能源。

同时, Envision for BACtalk 软件中附带系统编程软件包, 允许用户自行对系统软件进行编程或修改程序。

BACtalk 采用了 3D 动画显示, 提供了“指向—单击”的手段使操作简单直观。可以用清晰的位图图形和 CAD 程序输入的图形, 扫描图形以及任何其他软件制作的图形建立自定义显示。BACtalk 运行平台是 Windows 2000/XP, 因此多视窗应用软件可以同时运行, 可以使用工业标准计算机网络或通过电话线将多个工作站联网。另外, 它还提供了诸如时间程序、趋势记录、能量记录、用户密码等所有管理功能。操作活动记录可以有效地确保系统安全, 防止非法访问。

8.5.3.2 系统结构和功能强大的通信能力

BACtalk 系统组成中有 Windows 2000/XP 工作站、网络控制器、网关和现场控制器。10Mbit/s 的 Ethernet 作为工作站和网络控制器间的支持网络。BACtalk 系统的网络控制器, 作为 Ethernet 与 MS/TP (EIA-485) 现场控制器网络 (76.8bit/s) 的路由, 同时它也是一个全局控制器, 可以完成定时、假日、报警、记录及其他各种设备控制功能。网关能将不同的通信语言转换成 BACnet 协议, 使两种异构系统互相联网。另外, 安装 WEBtalk 软件, 用户可通过互联网浏览器工具连接 BACtalk 系统, 作出快速、经济的远程监控。

8.5.3.3 系统具有很强的经济运行控制能力

Envision for BACtalk 视窗操作软件提供了如程序。

- (1) “时间控制程序”, 提供日、周、月、年、假日及事件等时程启停管理。
- (2) 最佳启停程序, 使机器设备在最佳时刻才启动, 实现节能。
- (3) 电力需求管理, 精确的管理运行, 确保电力供给在经济状态下被使用。
- (4) 可对以区域管理为基础的管理程序, 提供快速群组型设备名单的设立及管理。
- (5) 警报程序, 提供实时警报信息、警报记录及自动拨号通知重要人员。
- (6) 趋势记录程序, 提供对特殊监控点图形及文字趋势记录。
- (7) 能源记录程序, 提供图形及文字叙述的每小时或每天能源使用状况, 提供进一步拟定节能策略的思路。
- (8) 报表及打印程序, 丰富的报表内容提供监视及虚拟系统的操作效率。

8.5.3.4 Envision for BACtalk 的编程环境

BACtalk 系统有着简便直观、界面友好的编程工具——VisualLogic。下面介绍 BACtalk 软件的编程环境及其编程过程。

Envision for BACtalk 的编程包括对上位机界面的编程和对现场控制器 DDC 的编程两部分。上位机监控界面的编程主要是: 在选取的被控系统图上, 设置不同的监测点, 或者是数

字的，或者是模拟的，并编辑这些监测点的属性，把这些监测点直接和现场控制器的 AI、BI、AV、BV、AO、BO 等直接联系起来，从而能时时监测每一个现场控制器的状态或者远程控制现场控制器的动作。

Envision for BACtalk 为用户提供了 DDC 和 VisualLogic 图形模块两种编程环境，两种不同编程环境在本质上是相同的，编制的程序可以互相转换，只是 VisualLogic 图形模块程序更容易理解，学起来更方便。对于 VisualLogic 编程，主要有以下几个特点：

(1) 完全图形化 DDC 编程环境。只需简单的拖放、单击鼠标及连接图形功能模块并设定参数，即可编制出完整专业的 BACtalk 系统控制策略。

(2) 编程就是画图。在绘制完成图形程序后，编制程序注释文档，简单打印 VisualLogic 图形，保存输出产生一个顺序自动操作。

(3) 管理硬盘和现场控制器上 DDC 文件。通过单击鼠标，下载 DDC 程序文件到现场控制器。同时，也可以从现场控制器上下载 DDC 程序文件到 VisualLogic 软件中，使 DDC 程序文件转换为图形方式，便于整理和修改。

(4) 实时数据显示。VisualLogic 能从 BACtalk 系统的现场控制器上实时读取数据，并且显示 DDC 程序图中每个功能块的实时输入输出数值。

在 VisualLogic 环境中，共有 48 个功能模块，下面通过一个简单的例子，来更好地了解它的编程过程，如图 8.11 所示的模块组合程序。

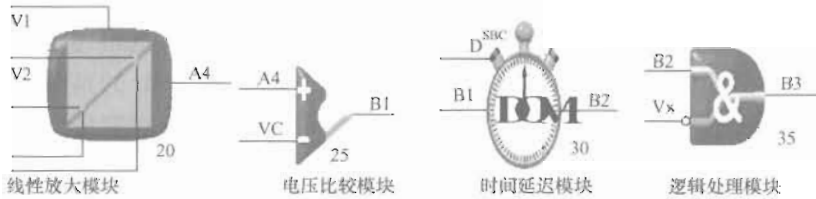


图 8.11 模块组合程序

在图 8.11 中，共有四个功能模块，在 VisualLogic 环境中，不需用线段连接这些功能模块，程序执行的顺序是直接按照每个模块右下角的编号，从小到大依次执行，四个模块的编号依次为 205, 210, 215, 221。205 模块为一线性比例模块，将输入信号 AI—1，经过线型变换直接输出给中间变量 AV—4，接着，210 模块实现比较的功能，当变量 AV—4 大于 30 时，BV—1 输出为 ON；否则为 OF。然后，215 模块实现延时开动作的功能，经过延时 10s，BV—3 动作，最终 221 模块实现与的功能，BV—3 与 BV—8—N 同时为 ON，BO—0 输出为 ON，输出给对应 BO—0 的执行机构。由此一个从传感器输入，经过软件编程进行逻辑控制变换，再输出给执行机构，程序就基本编写完毕。

当然可视化模块组成的 DDC 程序在实现之前要和实际的输入输出信号或设备联系起来，这就要通过设置“Device Setting”这一必不可少的环节，如图 8.12 所示。

在图 8.12 中可以看到许多设置栏，“General”，用来设置系统的单位是英制还是公制；“Descriptors”，用来设置所编程序的描述性文字，只是为了方便使用；“Analog Input Setup”、“Analog Output Setup”、“Binary Output Setup”、“Analog Value Setup”分别代表模拟输入设置、模拟输出设置、数字输出设置、模拟值设置；“Microset Field Service Setup”，用来设置智能传感器的区域服务属性。需要注意的是“Device Settings”也作为 DDC 程序

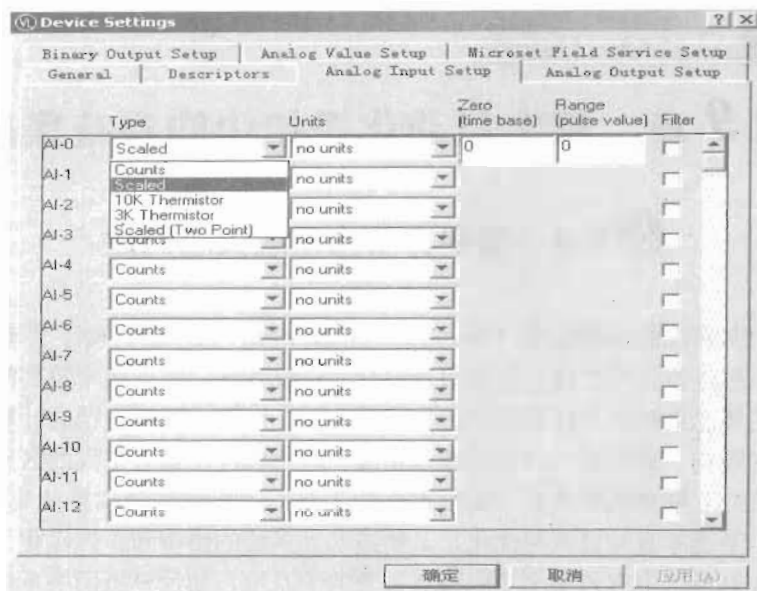


图 8.12 Device Settings 主界面

的一部分封装起来，传入现场控制器来执行。

其中“Analog Input Setup”比较关键，也相对复杂。“Analog Input Setup”直接影响了从给定输入电信号转化到程序里的数字值。模拟输入的设置类型有以下四种：

(1) “Counts”，用来设置数字的信号输入，只有 ON/OFF 两种状态。当处于 ON 状态时，输入值显示为 0；当处于 OFF 状态时，输入值显示为 4095。

(2) “Scaled”，用来设置模拟信号输入。例如，输入为 0~10V 电压信号时，对应的输入显示为 0~4095 中的值。

(3) “10K”，专门用来设置 10K 的热敏电阻型温度变送器，直接把输入电压值转换为温度值。

(4) “3K”，专门用来设置 3K 的热敏电阻型温度变送器，直接把输入电压值转换为温度值。

在程序编完以后，就可以选择现场控制器的编号，再传入编写好的程序就可以运行了。



第9章 楼宇自动化系统中的系统集成

9.1 楼宇自动化系统集成概述

楼宇自动控制系统的系统集成 (Systems Integration, SI) 是将楼宇自动控制系统中的不同智能化子系统进行智能连接, 实现信息综合, 资源共享、实现效率较高的协同运作。

系统集成的概念最初来自计算机网络技术的应用, 网络中需要连接的计算机设备多种多样, 无论是硬件结构、通信接口, 还是操作系统、应用软件, 都有很大的区别, 各种计算机和各种操作系统的互联难度较大但又是很重要的工作, 一般就称为“系统集成”。集成的目标是既要重视子系统本身的协调与优化, 又要追求大系统的协调和总体优化。

楼宇自动控制系统中有若干个功能特点显著的子系统, 如计算机网络系统、综合布线系统、通信自动化系统、安全防范自动化系统、消防自动化系统、办公自动化系统、供配电系统等子系统, 建筑物内个别局部地区没有实施布线的区域, 还可以引入无线局域网 (WLAN) 系统, 这些子系统合成为一个大系统, 要让该大系统高效运作, 并使智能化建筑在运行时有较高的智能性 (智商系数), 就需要系统集成, 系统集成不是诸子系统的简单堆叠合成, 而是通过许多“智能接口”彼此“嵌入”的智能化连接, 经过系统集成后的智能楼宇是一个优化、高效运作具有较高“智商”的系统。

系统集成的目的是对建筑物内的各智能化系统及相关子系统进行综合管理, 实现诸子系统的信息共享, 使整个建筑成为一个有一定智能性的高效运行实体。系统集成管理环节具有开放性、可靠性、容错性和可维护性等特点。

楼宇自动控制系统的系统集成设计就是根据用户的需求, 优化选择所需的各种产品、技术并有机地合成为一个完整的相互关联和协调运行的解决方案的过程。

系统集成从设计方面看就是实现最优的综合统筹设计, 这种设计不是简单地为用户提供许多设备、设施并将它们结合起来, 而是从整个建筑的结构、系统、服务和管理等智能建筑本质的四个方面综合进行设计。系统集成的设计和工程实施能够直接地创造和体现一种附加值。这种附加值的大小取决于系统集成设计与施工水平的高低。

在楼宇自动控制系统的系统集成中, 使用计算机网络技术和现代通信技术为核心, 将楼宇自动控制系统中的各智能子系统作为基本环节, 对语音、数据、图像以及监控信号经过统一的筹划设计, 用结构化的综合布线系统作桥梁, 再与公共通信网相连, 通过协调各类系统和局域网之间的接口和协议, 将分离的设备、功能和信息载体综合成一个完整的系统。

系统集成是对软、硬件及多元化信息整合的过程, 其设计包括: 设备的优选、系统软件的集成设计, 应用软件的集成设计、管理、组织环节的配合集成等诸方面的内容。

完整的楼宇自动控制系统的系统集成工程应满足以下一些要求:

- (1) 综合运用各智能化子系统的功能, 满足用户提出的功能要求。
- (2) 在各种智能化设备之间建立相应的通信接口, 提供所需要的数据通道和数据转换

处理。

(3) 对软件、硬件和多元化的信息流动, 实行统一控制和管理。

(4) 为智能楼宇的管理人员提供友好统一的用户界面, 实施各种控制、管理, 操作便捷方便。

(5) 将智能楼宇中的多元化信息、数据、参数储存在读取方便的数据库中, 支持整个系统的高效率运行、支持高效率的管理。

系统集成的水平在一定程度上制约着智能楼宇的智能化程度, 具体地表现在智能化子系统间的智能耦合程度上。系统集成在本质上就是进行功能集成、技术集成、子系统集成、物理系统集成和应用功能的集成。

在传统建筑中, 设备、消防及保安自动化系统与通信、办公自动化系统都是以各自独立的子系统出现的, 系统之间无法沟通, 无法协调工作。智能建筑则利用计算机网络和通信技术, 将智能建筑的 BAS、CAS、OAS、SAS 和 FAS 系统等组成部分中的语音、数据和图像以及监控信号, 构成统一的数据流, 利用贯穿在大厦内外的结构化综合布线系统为传输介质, 再通过协调各个系统和局域网之间的接口和协议, 把各自独立的设备、功能和信息有机地连成一个协调的整体。因此, 智能大厦的建设需要一个完善的智能控制系统集成解决方案。

9.2 楼宇智能控制中的弱电系统集成的接口界面

楼宇智能控制中的弱电系统集成应注意几个关键环节: 进行高质量的系统总体设计; 选好系统集成商或工程承包商; 优良的工程管理环节和良好的系统运行维护, 其中高质量的系统总体设计至关重要。

9.2.1 弱电系统集成中的工程界面

楼宇智能控制的弱电系统集成中, 工程界面的确定可以明确各子系统的功能及相应的接口界面。为实现系统集成, 工程接口界面力求做到标准化、规范化、模块化, 而实际工程中这种标准化、规范化、模块化的水平还不到位。弱电系统集成的工程界面就是各子系统之间、设备之间的接口与界面的划分, 通过这个界面实现不同子系统之间接口的连接配置及各子系统之间的通信与互操作功能。

9.2.2 系统操作平台接口与界面

各子系统运行中使用的操作系统、传输速率和网络支持环境并不一致, 管理层级的主干网管理系统应有效地进行全局性的监测和控制、管理所有的网络协议, 支持不同厂家的联网设备, 容纳不同的网络管理系统。

除此而外, 还应解决和设计好以下一些接口界面。

- (1) 各子系统之间软件的界面。
- (2) 系统设备和子系统应用软件的接口界面。
- (3) 新老应用软件的接口界面。

如在办公自动化系统中包括物业管理、综合信息管理、企业管理软件, 这些软件是企业逐步开发并投入使用的, 因此在建立 MIS 和 IBMS 过程中, 应充分考虑到新老应用软件的接口界面和软件的二次开发问题。

为了实现数据和信息共享,以体现系统集成的优越性,在集成系统总体设计中,以中央数据库管理系统为中心选择统一的网络数据库。

9.2.3 设备材料、软件界面确定

各子系统接口界面的设备有各类传感器、阀门、风门执行机构、集线器、交换机、通信接口、继电器柜等。

材料的接口界面主要是各类通信电缆及各子系统之间数据传输介质的管理界面。

9.2.4 系统的技术接口界面

各子系统硬件接口、信息传输、通信类的确定,必须与子系统硬件接口相匹配。

具体内容如下:

- (1) 数据信息、各计算机设备之间数据传输速率及与一定通信协议对应的数据帧格式。
- (2) 处理好系统中音视频信号的传输、接收和播放。
- (3) 监测与控制信号、脉冲与逻辑信号的物理层匹配。

9.2.5 施工安装界面的确定

弱电集成系统的施工安装总体上可以分为系统设备及其传感器、执行机构的安装、线槽管线敷设及穿线、接线、系统调试等主要工序,应清晰地划分施工安装各个不同部分的责任界限。

一般地,子系统的调试由各子系统承包商负责,集成系统的调试,由系统集成商负责。

9.3 网络系统集成和网络安全体系

9.3.1 网络系统集成和网络安全体系的建立

随着通信和计算机网络技术的迅速发展,现代计算机网络信息系统的概念与传统典型网络概念之间的差异越来越大,传统局域网仅需进行适当的规划设计,而当今的网络信息系统除了局域网之外,还包括了广域网和互联网,有多种异构的有线网络和还有多种不同制式的无线网络,要进行系统集成,需要进行周密的规划和设计。特别是对规模较大和结构较为复杂的计算机网络信息系统的集成必须进行详细、周密的规划和设计,才能使网络信息系统达到建设目的。对系统的所有资源进行方便统一的管理和实现较佳的配置,快速响应用户需求,使各类信息资源能有效地为用户所使用。一个最佳的网络系统解决方案是完全必要的,这个方案需要既能充分利用先进的网络技术,又能照顾到今后网络技术的发展,保护现有的投资。

楼宇自动控制系统的管理层网络直接使用以太网,同时还挂接其他制式的网络,保护服务器、工作站、网络设备及数据,因此,组织一个多层次宽纵深的防御和服务体系(防病毒、防火墙、控制远程访问、入侵检测、安全策略制定、身份认证、数据加密、主机和服务器安全防护、数据存储和备份及恢复、安防系统维护和监控、网络安全审计、网络安全脆弱性测试及事故响应制度体系)是十分必要的。楼宇自动控制系统通过以太网和其他制式的广域网实现远程的监测与控制,这就需要建立一个安全体系保护实现楼宇自动控制系统的通信网络。

9.3.2 信息网络与控制网络集成

9.3.2.1 信息网络与控制网络

信息网络是指已在办公和通信等领域内广泛采用的计算机局域网或广域网。信息网络的

技术特点是：数据通信量大，需要经常传送文档、报表、图形以及音频、视频等多媒体数据。控制网络是指用于对机电设备运行过程的参量进行监测并完成自动控制任务的网络，控制网络的节点中有计算机、工作站，还有具有计算与通信能力的现场控制器和测控仪表。这些自动控制设备分布在建筑内的各个专业监控系统中，如楼宇设备自动控制系统、综合保安系统、闭路电视监控系统、火灾报警系统、广播系统、停车场管理系统等。控制网络以独立的、分散的测量与控制设备作为网络节点，以现场总线为纽带，并把它们连接成为可以相互沟通信息，共同完成自动化控制任务的控制与网络系统。

信息网络通常工作在大数据量的传输和处理过程中，而楼宇自动控制系统控制网络的数据信号通常是较短小的监测控制信号。由于控制过程是实时的，因此楼宇自动控制系统对控制网络的基本要求是有很高的实时性、安全性和可靠性。控制网络与信息网络的结合，使楼宇内所有的机电设备和信息系统实现了大范围的通信，实现各层网络之间的连接。

9.3.2.2 控制网络的选择

由于要求控制网络具有高实时性，可靠性、安全性好，因此传送信息多为短帧信息，且信息交换频繁，容错能力强。控制网络结构具有高度的分散性。控制设备的智能化与控制功能的自治性。要求控制网络易于实现与信息网络的互联和集成。控制网络建设采用通用软硬件配置，易于维修和培训，性能价格比好。

BACnet 网络和 LonWorks 网络都是性能非常优良的控制网络，美国艾顿楼宇自动控制系统中的 MA/TP 总线也是控制网络。

9.3.2.3 一体化网络集成解决方案

智能楼宇的网络和系统集成包含信息网络和控制网络的集成、多网络环境下的网络集成、智能楼宇中各个子系统的系统集成。系统集成对象是楼宇管理系统、办公自动化系统和通信与网络系统，常常还将安防和消防系统在一定程度上集成进来。控制网络与专业子系统集成是智能楼宇第二层次的网络与系统集成平台，内涵属实时控制域，是以实现智能楼宇内各专业子系统之间的互操作和快速响应与联动控制，达到自动化监控的目的。

“信息网络与系统集成”和“控制网络与系统集成”在网络结构、系统集成模式、集成功能上存在着很大的差别。控制网络与系统集成的重要内容之一常需要选择是否采用集散型控制系统或现场总线控制系统。

(1) 信息网络与系统集成的主要内容。

1) 信息网络与系统集成实现一体化信息集成的功能，提高楼宇全局事件的监控和处理的能力，达到科学、综合，全面管理的功能。

- 2) 集中的监视、控制和管理功能。
- 3) 桌面系统的信息查询与控制功能。
- 4) 综合设备维护管理功能。
- 5) 全局事件管理功能。
- 6) 办公自动化功能。
- 7) 物业管理功能。
- 8) 通信网络管理功能。

(2) 控制网络与系统集成的主要内容。

对于第二层级的系统集成，采用 BACnet 和 LonWorks 现场总线控制网络结构，实现智

能楼宇内各专业子系统之间的互操作和快速响应与联动控制的功能，以提高大厦内设备的监控能力。

楼宇内各专业子系统之间的互操作和响应联动，可以根据联动功能的需要灵活采用软接口或硬接口的信息交互形式，但均应由管理者使用简单的事件描述语言，预先通过应用程序和响应程序的编制而达到互操作与联动控制目的，并且这种编程或设置均可随时进行修改。

楼宇自动控制系统中的系统集成通常建立在 BAS 系统平台上，并通过通信接口模块（或网关）将综合保安系统和火灾报警系统等专用子系统集成到这个平台上。BAS 系统平台采用开放性好和统一一的通信协议，如采用 BACnet 楼宇自动化控制网络协议，控制网络的结构可以灵活地采用 Ethernet、modbus+TCP/IP、Arcnet、cbus、RS485、MS/TP、Lon-Work 等集散态控制总线、现场总线或其他控制网络结构模式。

通过转换网关，将控制网络 BACnet 协议转换为 TCP/IP，当然也可以直接将各专业子系统的通信协议转换为 TCP/IP 协议，从而实现控制网络与系统信息主干网络的互联与集成。

9.3.2.4 BACnet/IP 连接技术

(1) BACnet/IP 体系结构。在采用 BACnet 协议的楼宇自动控制系统中，通过 BACnet/IP 方式实现和 Internet 的连接。BACnet/IP 是一种技术解决方案。BACnet/IP 处理连接问题的实质是：与 Internet 的连接看作是同一个“局域网”连接，BACnet 网络中的每个 BACnet 设备都有 6 字节的地址空间，前 4 个字节为 IP 地址，作用是进行 IP 寻址，后 2 个字节为用户数据报 UDP 协议端口地址作为一个缺省端口，所有 BACnet 设备都支持该缺省端口，这个协议端口既是 BACnet 设备直接通信的端口，又是 BACnet 设备逆向能够广播通信的端口。用户数据报 UDP 协议端口地址相当于 BACnet/IP 的公共通信端口，实现了 BACnet 网络与 Internet 网络无缝互联的网络就是在 BACnet/IP 网络。在 BACnet/IP 网络中，BACnet 设备是一个典型的 IP 节点，BACnet 制定了“BACnet 虚拟链路层（BACnet Virtual Link Layer, BVLL）”的微协议（microprotocol）。通过这个微协议仅实现了 BACnet 与 Internet 的无缝互联。BVLL 协议允许“外部设备”在 Internet 的任何位置接入 BACnet/IP 网络，这种“外部设备”既可以是暂时接入的 BACnet 设备，也可以是固定接入的 BACnet 设备。

一个 BACnet/IP 网络含有一个或多个 IP 子网，构成一个集合。该集合对应的网络整体只分配一个 BACnet 网络号。

BACnet/IP 的完整体系结构如图 9.1 所示。

从图 9.1 中看出：BACnet 网络体系的四层级结构中，与 OSI 开放系统的互联参考模型中的网络层对应的层级中增加了 BACnet 虚拟链路层（BVLL）和 BACnet/IP 层两个层。



图 9.1 BACnet/IP 的完整体系结构

BVLL 屏蔽下层协议的差异，向上层协议提供一个相同的视图，达到保持上层协议的稳定。这就是 BVLL 提供的这种功能，实现 BACnet 与 Internet 的无缝互联。BACnet/IP 层增加了一个规定的 UDP 协议端口和相应的功能；逻辑链路控制层（LLC）和介质访问控

制层 (MAC) 及物理层 (PL) 的协议内容与 TCP/IP 协议簇相应的部分内容保持一致。

(2) BVLL 协议提供以下的功能和服务。

- 1) 同一 IP 子网中 BACnet 设备间的直接通信。
- 2) 不同 IP 子网间 BACnet 设备间的广播式通信。
- 3) 允许 BACnet/IP 网络中接入“外部设备”。
- 4) 实现 BACnet/IP 网络与非 BACnet/IP 网络间和 BACnet 设备间的单目广播、多目广播和广播通信。

BVLL 采用无连接的用户数据报协议 UDP, 提供快捷占用资源较少的通信方式。

(3) BVLL 协议提供的服务。BVLL 协议提供的服务有两类, 共 12 个服务类别, 见表 9.1。

表 9.1 BVLL 协议提供的服务

序号	名称	功能概述	功能号
1	BVLL-Result	请求结果返回码	0x00
2	Write-Broadcast-Distribution-Table	初始化和广播分布表 (BDT)	0x01
3	Read-Broadcast-Distribution-Table	检索或查询 (BDT)	0x02
4	Read-Broadcast-Distribution-Table-Ack	(同上, 该服务为证实服务)	0x03
5	Forwarded-NPDU	BBMD 广播和注册外部设备	0x04
6	Register-Foreign-Device	在 BBMD 中注册外部设备	0x05
7	Read-Foreign-Device-Table	检索或查询外部设备 (FDT)	0x06
8	Read-Foreign-Device-Table-Ack	(同上, 该服务为证实服务)	0x07
9	Delete-Foreign-Device-Table-Entry	在 FDT 设备中删除一个外部设备入口	0x08
10	Distribute-Broadcast-to-Network	外部设备请求 BBMD 广播	0x09
11	Original-Unicast-NPDU	BACnet 设备或路由器的直接通信	0x0A
12	Original-Broadcast-NPDU	BACnet 设备或路由器广播	0x0B

BVLL 采用 UDP 协议, 而没有采用 TCP 协议, 原因在于 TCP 协议是面向连接的协议, 协议是实施执行占用的网络资源多, 使用 UDP 协议可以大大改善这种情况。

BVLL 协议是通过协议数据格式来体现其功能的, 而 BVLL 的数据格式只有在 BVLL 协议的上下文 (Context) 中才有意义。BVLL 协议包同样包含协议控制信息 (BVLCI) 和数据段, 每个 BVLCI 至少包含三个字段, 第一个字段的长度为 1 个字节, 表示协议的类别, 在 BACnet/IP 中, 其值为“0x81”。第二个字段的长度为 1 个字节, 表示 BVLL 服务的功能号, 第三个字段的长度为 2 个字节, 表示 BVLL 协议包的长度 (高位居前)。在传输过程中, BVLL 协议包的数据段用于封装上层协议包, 而自身的协议包则封装在下层协议 BACnet/IP 的数据段之中。

9.4 系统集成的特点和系统集成的基本思想

9.4.1 系统集成的特点

楼宇自动化系统集成也应具备先进性、开放性、实用性及经济性。楼宇自动化系统中有

若干控制子系统、信息传输、处理子系统等，系统集成有以下一些特点。

(1) 系统集成是多系统集成。在结构化布线的基础上，计算机网络系统、通信系统、楼宇自动控制系统、安防系统、消防系统以及办公自动化系统的硬件设备多种多样，涉及的技术不尽相同，各子系统涉及的协议接口也不相同，在进行系统集成设计时，就应基于这样的多设备、多协议、多借口、多技术多控制等通信软件系统进行技术集成。接口、协议的对接集成、控制、通信软件的对接集成、设备集成。系统集成是多子系统的软、硬件方面的对接集成。

(2) 集成中的横向、纵向层次关系。系统集成设计应充分考虑诸子系统的制约关系，根据系统运行中的横向、纵向层次关系，系统中诸子系统性能及应用，熟悉系统运行中，不同子系统间的横向关系及较大系统运行中的纵向关系。

智能建筑基于现代建筑技术、计算机技术、通信技术和自动化技术基础，并且集纳了这些科学技术中的最新部分，这些不同的技术相互交叉和渗透，并涉及标准化技术。

(3) 对整个系统进行统筹规划设计，建立通畅的诸子系统间的数据信息通道并建立协调控制的联动。

9.4.2 系统集成的基本思想

应充分认识到：诸子系统集成为一个大系统后，会表现出大系统才具备的特性，这种特性叫整体实现性。大系统特性决定智能建筑的整体性能及智能化程度，因此将诸子系统进行优化集成，是提高智能建筑智能化程度的主要途径。

系统中各子系统是开放的，集成后的大系统也是开放的。这种系统集成有一个网络环境的支持。为保证楼宇自动化系统的开放性，可采用 TCP/IP 作公共协议，也可以采用 BACnet 协议《楼宇自动化控制网络数据通信协议》或 LonWorks 通信协议进行集成。系统集成后，在与楼宇的主干网络连接和广域网的互联上都留有一定数量的预留标准接口。集成管理软件也以模块结构方式进行开发，使得服务过程有极大的灵活性。

由于工程实施环境的多样性，有些问题还存在争议，如在楼宇自动化系统集成中，是采用 TCP/IP、BACnet 协议还是 LonWorks 通信协议，设备底层是直接采用以太网，还是采用 LonWorks 网等。

进行集成的设计时，应充分考虑投资能力，如果一次性投资过高，则可以将系统集成的实施分几个阶段进行，但基本控制子系统和综合布线的建设是必须的，应一次到位，其他的自动化子系统可以逐步到位，但一定要有一个系统化的设计，以防止分阶段实施带来损失。

在楼宇自动化集成系统结构中，视频监控系統、供配电系统、照明系统、空调系统、电梯系统、给排水系统、消防报警系统和安防系统经集成后，形成一个管理层级，具有服务管理、资料管理、设备管理、监测管理、系统保护、库存管理、客户管理、数据存储和图形显示等功能。

9.5 楼宇自动化系统集成的步骤

在进行楼宇自动化系统集成过程中，始终应注意以下几个原则。

9.5.1 楼宇自动化系统集成的原则

(1) 保持技术先进性。

- (2) 系统具有开放性。
- (3) 系统运行中的各种操作具有安全性。
- (4) 有最好或接近最好的投资效益，即系统集成是经济合理的。
- (5) 集成后的系统便于管理。
- (6) 可扩充性好。

9.5.2 楼宇自动化系统集成的步骤

- (1) 系统集成分析，内容包括：用户需求分析及方案前调研，初步方案设计；方案可行性论证。
- (2) 楼宇自动化系统集成设计，内容有：总体设计、详细设计、实施规划。
- (3) 楼宇自动化系统集成实施，内容包括：软件配套设置、购置设备，安装调试（含软、硬件和设备调试）。
- (4) 系统集成评价，内容有：试运行管理、系统调整 and 系统验收。
- (5) 集成系统运行管理及维护。

9.6 系统网络结构设计和系统集成的水平层次

楼宇自动控制系统集成的网络结构设计分为主干网络设计和各局部网络设计。在智能建筑中，有多种网络并存，如局域网、电话网、有线电视网（有单向和双向的区别）和控制网络。主干网络是楼宇通信主干通道，覆盖整个楼宇，是各子系统信息、数据的流入流出通道。主干网一般要求具有大容量、高速率，并要求通用化和标准化。

对于局部网络设计，应考虑如下内容：

- (1) 将局部网络作为相对独立的子网，应与主干网兼容。
- (2) 子网可包括若干局域网，用路由器、网桥实现互联。
- (3) 子网应有自己的网络管理和服务。

在实际工程中，由于投资和技术原因，智能楼宇中的网络结构设计的水平受到限制，形成以下几种水平层次的楼宇自动化系统的集成。

(1) 资金和技术要求水平不高，无系统集成，各子系统分立运行，各子系统通过局域网构成基本网络环境。

(2) 以某一个子系统强化其功能，将其他子系统的集成信息汇入该子系统进行综合处置和管理。

(3) 由系统集成商以专用的客户机/服务器系统开发集成系统。这种情况下，也是基于局域网环境的系统集成。

(4) 由系统集成商使用完全开放的结构浏览器/服务器系统进行系统集成，即楼宇自动化系统智能化监控网络 Intranet 的集成开发，其各级网络及设备自动化系统连接关系如图 9.2 所示。

选择以 Intranet 网络环境进行系统集成，集成系统具有以下优点：

- (1) 使用统一的浏览器界面，可实时访问各层级网络的多媒体信息。
- (2) 系统的开放性（使用了 TCP/IP 协议），使用浏览器/服务器体系，取代客户机/服务器体系，整个系统结构简化，使用操作简化。

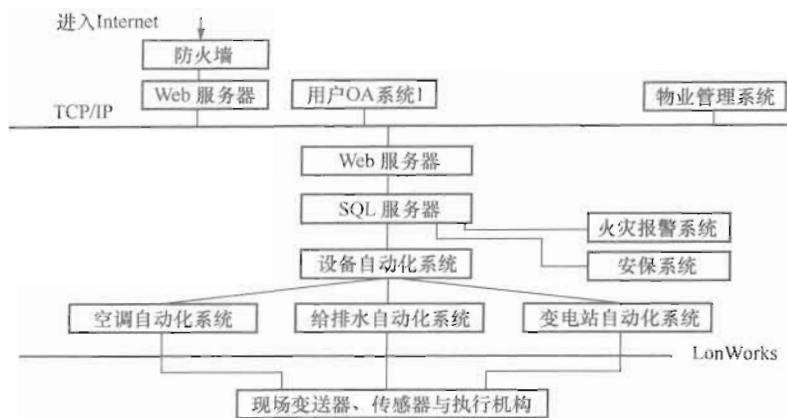


图 9.2 各级网络及设备自动化系统连接关系

(3) 远程实时监控/管理功能增强，远程访问数据库便捷。

(4) 使用 Intranet 网络环境，既能随时方便地将集成系统的通信网络连入 Internet，又具有很高的安全性。

9.7 楼宇自动控制系统集成的技术模式

从楼宇自动控制系统集成的技术模式来讲，主要有以下几种技术模式。

9.7.1 以 BMS 为中心的集成模式

BAS 集成系统，又称 BMS 集成系统。它是以开放的楼宇自动化系统为核心，广泛实现与消防报警控制系统、安保系统等子系统的综合集成，并具备与 CAS 系统和 OA 系统的基本集成功能和实现更为广泛集成基础的系统。

9.7.2 采用 BACent 或 LonWorks 技术的模式

BACent 是楼宇自动控制数据通信协议标准。制定该标准的基本目标为：在技术上定义一个开放的楼宇自动控制系统结构，实现不同系统的互联和互操作；还有一个目标是：使用户可自主地选择最佳的产品设备及服务，可自主地选择系统集成商；在系统升级维护上不限于特定厂商，充分保护用户已有投资。目前只是楼宇自动控制系统采用 BACent、LonWorks 协议，其他系统，如 FAS、SAS 须开发特定功能的网关才能与楼宇自动控制系统互联。BACent 与 LonWorks 是关于测控网络通信的优秀技术，适于大区域、监控点分散的控制系统，但不适合 FAS、SAS。

9.7.3 直接在以太网环境下进行系统集成

采用 10Mbit/s 的 10Base-T 作为楼宇级通信的主干网，标准统一、技术成熟，易于集成和扩展，通过网桥或路由器还可方便地与其他局域网或 Intranet 互联，方便地实现远程通信和远程监控。在这种模式中，SAS、FAS 的信息数据如果不是数字化的和开放性的，也无法将它们的信息集成到楼宇自动控制系统中去。

9.7.4 采用数据库集成模式

在楼宇自动控制系统集成中，主控制器级采用同一的通信协议，对同一层级网络进行互联，使同层级网络上不同子系统实现互通信、互操作和信息资源共享。在这种集成模式中，

楼宇自动控制一级采用网络服务器。

还可以采用数据库集成方式,即在 SAS、FAS 和 BAS 层级上建立管理系统,通过数据库集成技术对各子系统的数据库进行动态集成,来实现对楼宇内各子系统的数据库集成管理和联动控制。这种集成模式的核心是楼宇内各子系统首先建立自己的控制网络并保留“上位管理主机”,这里的“上位管理主机”指系统集成中负责子系统的监控、管理的完全开放式的数据、信息管理主机。每一子系统层级网络作为下层现场控制网络;再建立集成系统上层管理网络,由于这个高层级网络的工作数据量大,可采用诸如 100Mbit/s 的快速以太网,各子系统的“上位管理主机”接入此高速以太网。各子系统的“上位管理主机”完成下层控制网和上层集成管理网之间的协议、数据格式的转换,同时保留自身的独立监控管理功能。国外许多优秀的系统集成商采用这种数据库集成模式。新加坡的通达国际公司推出了 I3BMS 集成新模式,这是一种基于 Intranet 的浏览器/服务器模式,在 Intranet 网络环境中进行了 BAS、OAS 和 CNS 的集成,并用 WEB 服务器和浏览器这种开放的交互方式来实现集成运用。

从现实的情况看,智能楼宇的系统集成的已从 BMS 升级到 IBMS (Intelligent Building Management System)。

9.7.5 采用 OPC 技术及 ODBC 技术实现智能建筑系统集成

随着智能建筑的功能需求不断增长,楼宇内各种各样机电设备监控系统的种类和范围不断扩大,对应的监控子系统可能采用不同的网络平台、不同的通信协议。为实现 BMS 系统集成时,解决子系统互联和互操作的问题,主要采用以下一些方式:

- (1) 采用统一通信协议实现系统集成。
- (2) 采用协议转换实现系统集成。
- (3) 采用 OPC 技术实现系统集成。
- (4) 采用 ODBC 技术实现系统集成。

前两种方式前面已经论及,下面主要讨论后两种方式。

(1) 采用 OPC 技术实现系统集成的方式。OLE 对象链接和嵌入是用于应用程序之间的数据交换及通信的协议。允许应用程序链接到其他软件对象中。用于过程控制的 OLE 就是 OPC。OPC 主要解决应用软件与过程控制设备之间的数据的读取和写入的标准化及数据传输等功能。

OPC 提供信息管理域应用软件与实时控制域进行数据传输的方法,提供应用软件访问过程控制设备数据的方法,解决应用软件与过程控制设备之间通信的标准问题。当设备通过 OPC 互联时,图形化应用软件、趋势分析应用软件、报警应用软件等应用软件均基于 OPC 标准,现场设备的驱动程序也均基于 OPC 标准。在统一的 OPC 环境下,各应用程序可以直接读取现场设备的数据,不需要一个一个地编制专用的接口程序,各现场设备也可直接与不同应用之间互联。OPC 的重要作用是使设备的软件标准化,从而实现不同网络平台,不同通信协议、不同厂家的产品方便地实现互联和互操作。OPC 技术的完善和推广,为智能建筑系统在实时控制域与信息管理域的全面集成,提供了良好的软件环境。采用 OPC 技术实现系统集成将会成为一种建筑智能化系统集成的主要方式之一。

(2) 采用 ODBC 技术实现系统集成的方式。ODBC 是一种应用程序访问数据库的标准接口,也是解决各种数据库之间互联的标准,目前已被大多数数据库厂商所接受。该标准适

用于各种数据库。ODBC 兼容的应用软件通过 SQL 结构化查询语言,可查询、修改不同类型的数据库。这样,一个单独的应用程序,通过它可访问许多个不同类型的数据库及不同格式的文件。ODBC 提供了一个开放的、从个人计算机、小型机、大型机数据库中存取数据的方法。使用 ODBC,开发者可开发出对于多个异种数据库进行并行访问的应用程序。现在,ODBC 已成为客户端访问服务器数据库的 API 标准。只要被使用数据库支持 ODBC 技术规范,无论其数据库的类型如何,均能进行信息交换。采用 ODBC 及其他开放分布式数据库技术实现系统集成,也是智能建筑实现系统集成的重要方式。

如果将 OPC 技术与 ODBC 技术作以比较,可以发现 OPC 技术现在比 ODBC 技术更为成熟,产品更多,而且我国已有比较成熟的 OPC 技术和产品。因此目前采用 OPC 技术实现系统集成,可能会比采用 ODBC 技术实现系统集成更为广泛一些。两种技术的融合与补充,将会使系统集成技术加快发展。

9.8 BACnet 体系下的系统集成

9.8.1 BACnet 体系在系统集成中具有的特点

9.8.1.1 完全的开放性

BACnet 标准的开放性不仅体现在对外系统的开放接入上,而且具有良好的可扩充性,不断注入新技术,使楼宇自动控制系统在规模上和技术层级上不因发展而受限制。

9.8.1.2 互联特性和扩充性好

BACnet 标准可向其他通信网络扩展,如 BACnet/IP 标准可实现与 Internet 的无缝互联。

9.8.1.3 应用灵活

BACnet 集成系统可以由数个设备节点构成一个小区域的自动控制系统,也可以由很大数量的设备节点组成大的自动控制系统。

9.8.1.4 应用领域不断扩大

在开放环境下,具有良好的互联性和互操作性,由最初的仅用于暖通空调设备系统到成为适用于楼宇设备的各个领域的标准,如给排水、照明系统和安防系统等。

9.8.2 BACnet 系统集成方法

使用 BACnet 协议是实现楼宇各系统集成的基础。随着楼宇内各个以计算机/微处理器控制为基础的设备日益增多,要实现系统集成,各厂家按 BACnet 标准通信协议来生产开发楼宇自动控制系统的相关硬件产品和应用软件,可以方便地接入到一个协调的大系统中。BACnet 是一个标准通信及数据交换协议,不同厂家生产与 BACnet 兼容的控制器或接口,最终达到不同厂家控制器可在这一标准通信通道上互相交换通信数据的目的。

可使用多种网络结构组成基于 BACnet 协议的楼宇自动控制系统。如将网络控制器及路由器直接挂在以太网上,与计算机工作站同在一个层级。在网络控制器或路由器下通过 MS/TP 通信网连接各 DDC 控制器。上层是计算机和网络控制器,而下层是 DDC 控制器。在网络控制器下的 MS/TP 通信网的数据传输速率可达到 76.8kbit/s,满足 DDC 与 DDC 间的通信及交换数据需求。网络控制器是直接挂在以太网上的,扩展容易,而数量不受限制。数据处理只取决于计算机硬件配置。

MS/TP网可通过网络中继器扩展距离及覆盖范围,使 DDC 对各设备进行监控更为灵活。

通过将各子系统的信息资源汇集到一个系统集成平台上,对整个大厦进行最优化的控制和决策,达到高效、经济、节能、协调运行状态,创造一个舒适、温馨、安全的工作环境。

将楼内的机电设备及相关子系统集成起来,做到可以在同一人机界面下对所有机电设备及子系统,进行监视、控制和管理,提高管理效率,节约能耗,延长设备使用寿命,降低整个大厦的运行成本。

良好的系统集成可做到无缝隙集成。无缝隙的集成系统就是通过使用统一、标准的通信协议使系统具备开放性和互操作性,并且提供全面的、端到端的解决方案。开放性具有两层含义:一是指通信协议不为任何公司所独有;任何制造商都可以利用该的通信协议标准开发自己的产品;产品不仅可以单独销售也可以作为整体方案的一部分提供给用户。二是指系统满足楼宇的功能需求,易于扩展,并且可以兼容不同厂商的同类产品,允许用户选择质量更佳、价格更具竞争力的产品进行更换。互操作性是指设备在子系统内使用点对点的通信方式来共享信息,在子系统间不需网关和协议转换器等附加设备就可以实现信息的交换。

BACnet 采用面向对象技术,在 BACnet 应用系统中,对象就是在网络设备之间传输的一组数据结构,网络设备通过读取、修改封装在应用层协议数据单元(APDU)中的对象数据结构进行信息交换,实现互操作。通过广播自身所包含的特定对象的名称,BACnet 设备可以建立与所含相关对象的设备建立联系。因此 BACnet 协议要求每个设备都要包含“设备对象”,通过其属性的读取就可以让网络获得设备的全部信息。

BACnet 协议在人机界面和现场设备间或不同系统的现场设备间可以直接进行信息传输而无需特别附加设备。BACnet 和 LonWorks 是目前国内构建集成系统中最常采用的两种通信协议,两者都以满足开放性和互操作性为目的。在智能楼宇的系统集成方面,BACnet 具有 LonWorks 不具备的优点:

(1) 高速率和高吞吐量。BACnet 上层通过以太网作为主干网络,用于解决数据传输量较大的系统间的集成。与通信速率较低的总线应用系统相比,更适合大数据量的通信。因而能够大大提高整个系统的性能。LonWorks 主要用于解决数据传输量较小的现场控制器之间的集成,它实际上是一种工控网技术,它的优点在于方便现场仪器,如传感器、执行器等的联网,在于支持多种通信介质的使用甚至是混合使用。总的说来,LonWorks 很适用于实时控制领域,特别是在设备级的互联,而 BACnet 是适用于信息管理领域,特别是在上层网之间的互联。

(2) 功能更强大。前面讲了 BACnet 定义了 18 个对象,其中包括模拟输入、模拟输出、命令等。另外,BACnet 还定义了 13 种功能组包括时钟功能组、时间响应功能组、文件功能组、虚拟终端功能组、设备通信功能组等。为精简信息量,BACnet 定义了 6 个一致性类别(设备类别),一致性类别的分级编号由 1~6 级别依次升高,每个类别都规定了设备要实现的最小服务子集且包含低级别的所有服务。

(3) 互联网扩展更灵活。在 BACnet 拓扑中,设备之间只存在一条逻辑通路,无需广域网的最优路由算法;另外,BACnet 具有单一的局部地址空间,所以 BACnet 参照 OSI 模型制定了简化的网络层协议,向应用层提供不确认无连接的数据单元传送服务。每个 BACnet 设备都被一个网络号码和一个 MAC 地址唯一确定。

(4) 系统具有良好的可扩充性。BACnet 标准没有限制 BACnet 系统中设备节点的数量, BACnet 集成系统可以由几个设备节点构成一个很小的自动控制系统, 也可以形成一个规模很大的系统。

BACnet 协议通过建立统一的设备通信标准, 将控制网络和信息网络集成于一体, 并使设备间具备互操作性。因此 BACnet 应用系统、具备以下明显的优点:

(1) 实时性: 现场监控信息与运营管理系统实时通信。通过 BACnet 及局域网, 操作人员可以快速地通过统一的、友好的图形界面获得所需内容, 如对控制网络的工作状态进行远程监视与控制。

(2) 综合性: 实现控制网络与信息网络的信息集成, 使建立分布式的综合实时数据库成为可能, 保证了数据的一致性、完整性和互操作能力。

(3) 高效性: 实现控制网络与信息网络的信息集成, 才能充分利用各种信息并结合专家系统等各种智能控制高级算法提供辅助决策, 达到优化设备运行、提高物业管理效率、增强建筑物的利用与服务功能。

(4) 方便性: 在 Intranet 内部或通过 Internet 就可以对控制网络进行远程诊断和维护以及进行新版软件的升级等。

(5) 开放性和扩展性: 服务功能的增加或改变, 只需对系统进行模块级的调整, 并且保证兼容性。

(6) 经济性: 设备间的互操作的实现可使多个子系统共享一个传感器或控制设备, 可大大减少系统中传感器和控制设备的数量, 从而降低成本; 设备间的互操作也使业主不再被厂商所限制, 具有更大的选择空间, 同时开放的市场竞争也势必带来成本的降低。在楼层级网络上提供内嵌 BACnet/IP 协议的直接数字控制器, 可在 IO/IROOM 以太网上运行。控制器可独立或联网完成复杂的控制、监视和能源管理工作, 还可联接楼层级网络上的设备并提供中央监控功能。

BACnet 系统集成包含的内容有: 构造 BACnet 自动控制网络, BACnet 自动控制产品选型和资源配置等。基于 BACnet 标准定义的概念和原理, 不同的系统集成商在自动控制产品选型和资源配置方面可采用不同的组合, 因此系统集成内容也就彼此不同。利用 BACnet 标准进行楼宇自动控制系统的集成灵活性很大, 在厂商提供的软件工具的帮助和导向下, 来完成网络配置。

9.9 某大厦建筑智能化管理系统中的系统集成实例

9.9.1 系统概述

某大厦是一幢装备了较完整的建筑智能化系统的智能大厦, 智能大厦的核心技术是对信息的采集、传输、处理进行综合管理, 即对信息进行集成管理。对信息进行集成管理是通过弱电系统集成来实现的。构造一个统一的信息平台, 以实现各应用子系统的统一监控和管理。基于成熟、先进、实用的原则, 把构成智能建筑的弱电各子系统集成一个相互关联、完整和协调的综合系统, 使系统信息资源高度的共享和优化使用系统信息资源。

9.9.2 系统集成工程设计的目标和原则

(1) 标准化设计。工程设计及其实施严格按照相关的国家和行业有关标准进行, 选用的

系统、设备、产品和软件将尽可能符合工业标准或主流模式。

(2) 保持先进性。整体方案及各子系统方案保持一定程度的先进性。在技术上适度超前,所采用的设备、产品和软件不仅成熟而且在业界有较先进的技术水平。

(3) 兼顾合理、实用和经济性。在保证先进性的同时,以提高工作效率,节省人力和各种资源为目标进行工程设计,充分考虑系统的实用和效益。

(4) 开放性好。集成后的总体结构具有良好的开放性,结构呈模块化特点,具有很好的兼容性和可扩充性,既可使不同厂商的设备产品综合在一个系统中,又可使系统能在日后得以方便地扩充,并扩展其他系统厂商的设备产品。

9.9.3 使用 BMS 模式进行系统集成

(1) 以 BAS 为平台实现各子系统的集成。集成系统是将分散的、相互独立的弱电子系统,在相同的环境、软件界面中进行集中监控和管理。用户可以监视和观察设备的启动、停止,事故状态和模拟参数的量值等,这些设备将以对象的形式按需要的模式显示在屏幕上。在统一的管理界面下,能够对 BA 系统、安防系统、消防系统的被监控参量进行统一管理。

(2) BMS 模式系统集成中对楼宇自动控制系统中的被监控参量。

1) 室内外温湿度、空气质量值。

2) 给排水系统中的水箱水位状态、水泵的运行状态、故障状态的检测。

3) 新风机组中的送风湿度、送风温度、过滤器压差开关状态、加湿阀开度、电动两通阀开度、风机故障状态、风机运行状态。

4) 空调机组中的:防冻开关状态、回风湿度、风道温度、过滤器压差开关状态、加湿阀开度、电动两通阀开度、风机故障状态、风机运行状态、空气质量值、防冻开关状态、调节风口控制值。

5) 电梯控制系统中:电梯故障状态、电梯运行状态、上下行状态、停层状态。

6) 冷冻站系统中:水泵故障状态、各种设备、运行参量、执行器的运行状态。

7) 供配电系统中的主要电量运行值。

(3) BMS 模式系统集成中安防系统的被监控参量。

1) 各类探测器工作及执行器的工作状态。

2) 门禁系统的状态监测。

3) 巡更系统工作状态监测。

(4) BMS 模式系统集成中消防报警联动控制系统中的各类传感器、设备的工作状态监测。

(5) 实现不同子系统的联动,提高整个楼宇智能化系统性能。

不同子系统的联动楼宇智能化控制的水平。上班时,楼宇自动控制系统将办公室的灯光、空调自动打开,保安系统立刻对工作区撤防,门禁、考勤系统能够记录上下班人员和时间,同时闭路电视监控系统也可由摄像机记录人员出入的情况。当大楼发生火灾报警时,楼宇自动控制系统关闭相关区域的照明、电源及空调,门禁系统打开房门的电磁锁,同时停车场系统打开栅栏机,尽快疏散车辆。不同子系统的联动只有在集成系统中按实际需要设置后才能实现,这就极大地提高了楼宇的综合管理水平。BMS 通过对各子系统的集成,可有效地对大楼内的各类事件进行全局联动管理,同时可以通过编制时间响应程序和事件响应程序的方式,来实现楼宇内机电设备流程的自动化控制,节省能源消耗和人员成本。采用集成智能建

筑物管理系统，系统间的联动方式几乎是任意的，联动方式可以编程，能够根据用户的需求设定。例如，闭路电视监控系统与消防报警联动控制系统的联动控制。

联动控制内容丰富，如防盗报警信号可以联动报警区域的摄像机，将图像切换到控制室的监视器上，并进行录像；多个报警信号出现时，报警信号可以顺序切换到不同的监视器上，报警解除后图像自动取消；在防盗系统设防期间安装探测器的区域发生非法入侵时，闭路电视监控系统自动切换到相应区域显示该场景的视频图像等。

9.9.4 系统网络结构及通信

在系统中使用通信网关实现和各子系统的通信连接，然后转变为统一的数据格式向网络上发布。它可以适应不同类型的接口和数据格式，也不会因在传送通道产生瓶颈。另一方面，系统集成主要目的是对各子系统综合管理，以及向信息服务系统提供资源，这种数据并不是各种无序信息的集合，而是将这些数据处理后以标准的格式提供给整个网络的应用系统，如建立开放的网络公共数据库。

大厦的集成管理系统采用快速以太网作为基本的支持网络，支持 100Mbit/s 的传送速率。系统可以通过网桥或路由器和其他局域网，广域网连接。系统中以 TCP/IP 协议或者通信网关实现和各子系统的通信连接，采集各类机电设备的实时参数，然后通过实时对象服务程序把它们转变为同一的数据格式向网络上发布。设计弱电系统集成中的计算机网络系统时，可对网络与弱电各子系统的通信接口进行二次开发，实现系统对各子系统的通信，将大厦内的所有设备监控子系统集成为一个综合的系统，集中在中央监控室的计算机或者是网络上的个人计算机上进行全面的监控管理。在此基础上，建立大厦综合管理和信息服务系统。只有建立了弱电系统集成计算机网络系统，才有可能按照大厦物业管理的需要，进行深入的软件开发，形成大厦综合管理自动化系统。这个系统不仅是要对整个大厦内所有设备资源和运行状态进行监测，记录和管理，而且要对大厦内的各种公共服务设施，通信系统，办公自动化系统等进行综合集成管理。即构成一个集成智能大厦的自动化管理系统。

9.9.5 工作站和安全措施

9.9.5.1 集成系统的工作站屏幕显示

弱电系统集成系统 BMS 将集成的弱电系统数据显示于工作站屏幕上，并可分成各子系统显示、集成显示。根据大楼的平面布局在一张平面图上显示多个系统的设备状况。显示软件支持 BMP、WMF、GIF 和 EMF 图形格式，可将 AUTOCAD 图形直接转换到集成系统中去，也可以通过其他绘图软件制作相应的图形，或直接利用子系统的图库。显示软件支持 AVI 动画，可从摄像机或 VCD 中剪辑动画插入监控平面。软件提供用户自行编辑的若干动作的动画，以使图形生动。显示软件也支持如风机转动、水泵转动、水位及温度高低等动态和模拟量的显示。软件还支持 WAV 声音文件，在操作过程中产生多媒体效果。软件提供监视对象的变化趋势图。

9.9.5.2 系统的安全登录保障机制

系统集成中对所有物理、逻辑对象都可以安排在预设定的不同对象组中，每个对象组都可以进行特定的授权并使用相应的用户个人密码。只有被授权的用户才能对预设定的对象组进行操作和处理。

操作管理员级密码可作为二级密码，以此密码进入系统，只能作一般的操作、浏览和处理，进行有限的界面控制。程序员级密码，以此密码进入系统，可作全面的操作、浏览和处

理, 进行操作界面的修改和控制, 并且能够进行对象组的设置、修改和用户个人密码的授权。

9.10 关于系统集成商

系统集成商是中国 IT 生态链中非常活跃的一个群体。十几年前, 系统集成这一名词伴随着一些高端软硬件设备的应用, 开始为人们所了解。此后, 随着我国行业应用需求的逐渐增加, 系统集成商开始参与到行业客户的信息化进程中, 根据行业客户的个性化需求进行系统设计、软件开发、设备配置和工程实施。随着行业客户的成熟和市场需求的不断提升, 系统集成商进入了全新的发展阶段: 从以硬件集成为主, 转变为以产品化软件和专业服务为核心, 向客户提供整体的解决方案, 中国的系统集成商群体已经成为经济, 产业链和 IT 领域中一支活跃而富有发展前景的生力军。市场在不断扩大的同时, 对集成商也提出了更高的要求。不同的行业, 不同的“系统”对集成的要求也各不相同、从而促使系统集成商走专业化道路。每一家系统集成公司的强项各不相同, 只有系统集成商分别精通不同的行业和专业, 整个系统集成产业的实力才会上一个新台阶。

智能楼宇工程项目中核心的要素是技术服务, 智能楼宇的业主对于这类项目的高端需求表现为软件集成, 集成的内容包括: 楼宇自动化、办公自动化、通信自动化的功能、软件以及信息的集成。

系统集成方面已开发有多种不同的集成系统软件, 做得很专业化又高端的却较少。系统集成商根据客户的需求来选用不同产品搭配系统; 进行系统方案的设计、工程质量的控制; 不一定有自行开发的软硬件产品。因此很难具有可以量化的指标。但是系统集成商的系统方案设计也是知识产品, 这种知识产品的含金量可以通过实践效果、第三方权威机构的检测等方法来评估。我国的系统集成市场和竞争环境日益走向成熟和规范, 系统集成商要想获得进一步的发展, 仅依靠客户关系、销售为主、粗通技术加售后服务等手段是不行的。从中国软件评测中心在集成商资质认证过程中的经验和集成业界的共识来看, 要做行业集成的有实力企业, 必须在以下几个方面强化实力。

(1) 深刻了解行业的信息化需求, 根据客户的行业特点以及工作流程, 为用户提供全面优秀的解决方案, 承担本行业大型复杂的高增值的信息系统集成及服务项目, 不断在相关行业的系统集成上积累经验。

(2) 具备较强的行业应用开发队伍, 采用先进的技术和工具, 开发出具有竞争力的新型的领先的行业软件, 并在行业的系统集成中得到很好的应用。

(3) 具有较完备的管理机制, 实行现代化的企业管理。

(4) 与用户建立长期的合作伙伴关系, 为其提供满意的服务。

(5) 不断学习, 努力创新, 跟踪行业发展, 掌握行业标准, 用成熟、先进和可靠的技术进行系统集成工程的设计和实施。



第10章 基于TCP/IP协议的楼宇自动控制系统

10.1 部分主流应用的楼宇自动控制系统结构

楼宇自动控制系统一般采用两级网络的结构形式，第一级网络是信息网络，第二级网络是控制网络。第一级网络一般是以以太网，是在信息域范围内按照国际标准建立的有良好开放性的局域网。信息域网络侧重于管理信息，是高速网络，用来实现共享网络资源及各工作站间的通信，还可以接入 Internet 进行远程监测和控制，实现大范围的资源共享并能够实现不同厂商系统的远程和大范围互联。BACnet 网络和以太网的组合也能够作为楼宇自动控制系统的第一级网络。

第二级网一般采用的是标准总线方式，如 RS485 总线、CAN、Modbus、EIB、Profibus、LonWorks、BACnet、DeviceNet、MS/TP 总线等。其中，LonWorks、BACnet、CAN、EIB 等现场总线在楼宇自动化领域获得了较广泛的应用。建筑物各处的直接楼宇控制器（分站）分布式挂在二级网络上。

主流应用中的若干种楼宇自动控制系统的网络结构一般采用不同的网络作为第一、第二级网络。下面是几种不同楼宇自动控制系统的结构。

Honeywell 公司的 EXCEL 5000 系统结构如图 10.1 所示。

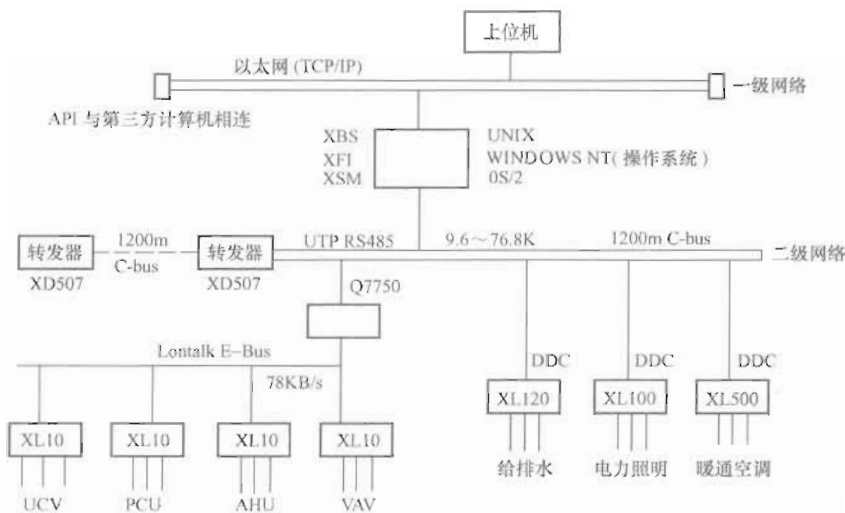


图 10.1 Honeywell 公司的 EXCEL 5000 系统结构

在 Excel 5000 系统中，第二级网络采用的是 C-bus 总线，用 C-bus 总线将各个分站连接在一起，这条总线上还可设置其他厂商的设备接口以实现与其他厂商设备的联网。

图 10.2 所示为美国安德沃公司的楼宇自动控制系统，第二级网络通过网络控制器与第一级网络连接。第二级网络挂接了 RS485 总线和 LonWorks 总线两种不同的控制网络。

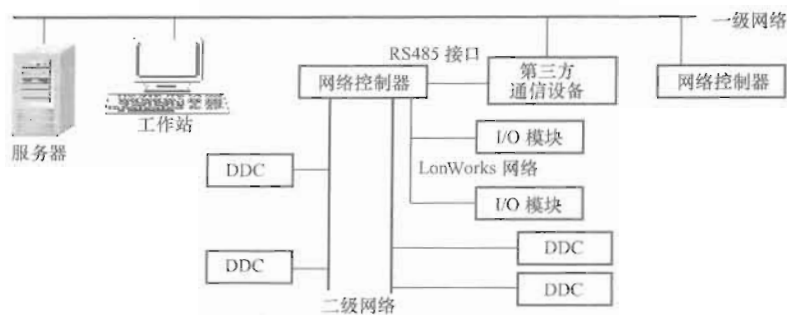


图 10.2 美国安德沃公司的楼宇自动控制系统

BACtalk 楼宇自动控制系统的结构如图 10.3 所示。控制网络采用 MS/YP 总线，通过网络控制器实现现场控制器和中央管理工作站之间的通信。

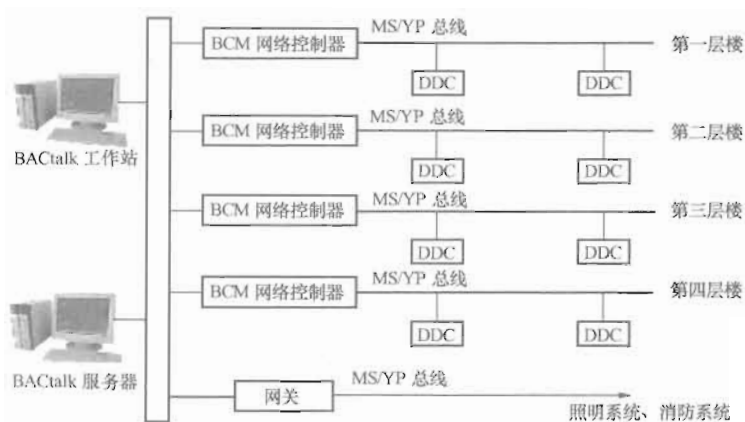


图 10.3 BACtalk 楼宇自动控制系统的结构

美国江森公司的 Metasys 楼宇自动控制系统结构如图 10.4 所示。

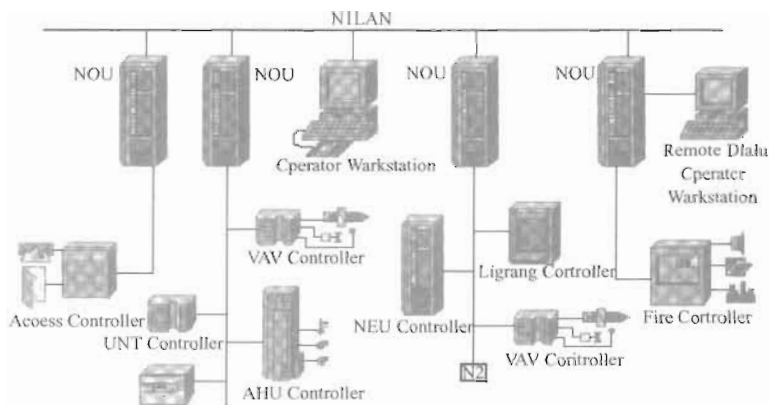


图 10.4 美国江森公司的 Metasys 楼宇自动控制系统结构

以上楼宇自动控制系统在结构上有一个共同特点，就是第二级网络通过一个网络控制器实现与第一级网络的连接通信。如果第二级网络也采用以太网，一网到底形成楼宇自动控制系统的各个层级统一的通信网络，并统一地使用 TCP/IP 协议，就形成了基于 TCP/IP 协议的楼宇自动控制系统。下面介绍的英国卓林系统就是基于 TCP/IP 协议的楼宇自动控制系统。

10.2 基于 TCP/IP 协议的楼宇自动控制系统

10.2.1 基于 TCP/IP 协议的楼宇自动控制系统

20 世纪 90 年代主流的 BAS，控制总线及现场总线仍基本使用传统 RS485 技术，管理总线则多采用基于 TCP/IP 协议的开放性以太网并成为发展趋势。而管理总线与控制/现场设备之间的连接，仍须通过独立的网络服务设备，作为不同总线技术的接口，将控制/现场层设备的数据转换为管理层 Web 可访问的信息，整个系统并未完全开放。这不可避免地将楼宇自动控制系统的网络结构复杂化，并需要单独进行 BAS 管线系统的设计施工，需要特定而昂贵的管理软件进行监控，需要采购额外的连接设备等，造成设计、施工、调试、使用及维护全过程中的实施难度和运行成本一直居高不下。

基于 TCP/IP 协议的楼宇自动控制系统将管理层的网络和控制网络总线层的网络统一化了。TCP/IP 网络技术的优势是有较好的开放性及由此而带来的系统成本降低。英国 TREND 公司推出的 IQ3 控制器构成的卓林系统，内嵌图形化网络服务器，完全基于 TCP/IP 协议，以开放的 Ethernet（以太网）直接作为管理/控制/现场层级的通信网络。

IQ3 控制器直接向 TCP/IP 网络开放，基于成熟的以太网技术，无论是一个 IQ3 控制器，还是由多台 IQ3 组成的控制系统，都完全直接依托于智能建筑中的通信自动化子系统的综合布线与计算机网络，形成 BAS 与通信自动化子系统的无缝集成。

10.2.2 以 IQ3 控制器为核心的智能楼宇自动化监控系统

使用 IQ 系列控制器构成的卓林楼宇自动控制系统就是一个典型的基于 TCP/IP 协议的楼宇自动控制系统。该系统有以下两个特点。

(1) 设计简约、操作便捷、扩展灵活。使用 IQ3 控制器进行系统设计过程简约并可使用扩展模块设计规模大小不等的楼宇自动控制系统。在设计和安装及综合布线的基础上，使用图形网页界面，操作简便。

如果系统规模略有增大，可增加监控点或额外的输入/输出扩展模块，没有必要增加更多控制器，连接时只需简单地使用一根导线，提供多种输入/输出扩展模块选择，一台 IQ3 的监控点可由 16 点扩展到 96 点，如配合 4DIX 模块可扩至上百点，并可通过 SRMV 模块进行 AO-DO 的转换，适合不同的需要。

(2) 使用开放及标准的网络技术。

使用以太网及 TCP/IP 网络技术，符合国际标准和协议开放，而且安装方便，安装成本低及安装时间短，网络的数据传输速率高、支持网络环境稳定可靠。

图 10.5 所示为使用 IQ3 控制器构成的基于 TCP/IP 协议的楼宇自动控制系统。

系统中的项目 A 中，使用 IQ3 控制器构成了一个以 10BASE-T 星型拓扑的系统；使用 IQ2 控制器构成一个环型拓扑的网络。不同的系统在广域网上实现系统互联。

10.2.3 卓林楼宇自动控制系统的其他一些主要特点

(1) 配置内嵌式图形化 Web 网页服务器。IQ3 控制器内嵌网页服务器——Graphic IQ，只需使用标准的网页浏览器便可以进行监控。IQ3 还提供图像及图表显示，直观地监控楼宇设备，并且根据用户登录的许可权级别，用户可以直接以 Web 方式调节及改变参数，不同级别的用户可监控不同页面，安全且效率高。通过互联网，只要在线，无论在何时何地，无需特定软件，通过标准的路由设备连接宽带网络或采用拨号连接，都能实现实时监控，还可使用 PDA 或移动电话等同时访问网络，实现移动状态中的监控。图 10.6 所示为中央控制站监控画面中一个空调机组被监控运行的三维图。

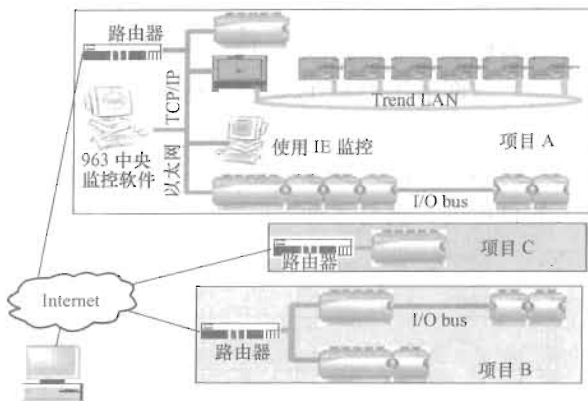


图 10.5 使用 IQ3 控制器构成的基于 TCP/IP 协议的楼宇自动控制系统

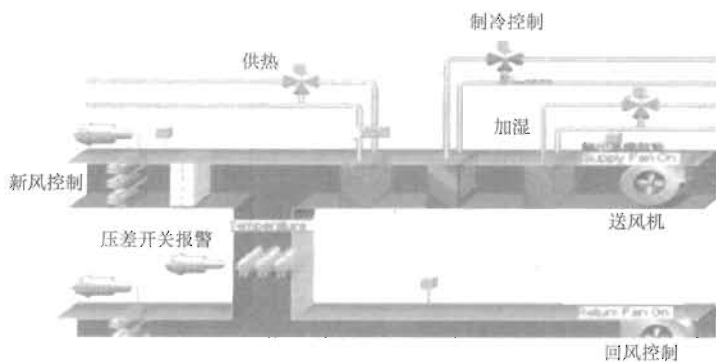


图 10.6 中央控制站监控画面中一个空调机组被监控运行的三维图

(2) 远程监控性能优良。图 10.7 所示为对 IQ3 控制器构成楼宇自动控制系统进行远程监控的系统。

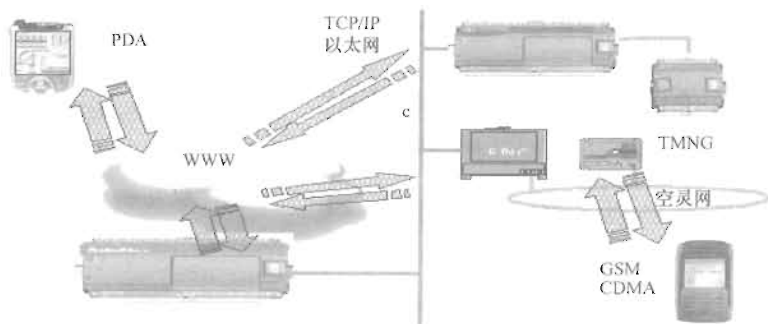


图 10.7 对 IQ3 控制器构成楼宇自动控制系统进行远程监控的系统

从图 10.7 看出，通过 PDA、使用 GSM、CDMA 1X 网络的移动电话都能对由 IQ3 控制器构成的楼宇自动控制系统进行远程监控。

(3) 内部适用严格工业通信标准。IQ3 内部使用工业通信标准——CANbus。CANbus 标准严谨、先进、互动速度迅速。

(4) 编程灵活。编程工具 (SET) 以图表为主，编程方式灵活，在设计监控程序时，有较大的自由度，满足各种不同的应用要求，如图 10.8 所示。

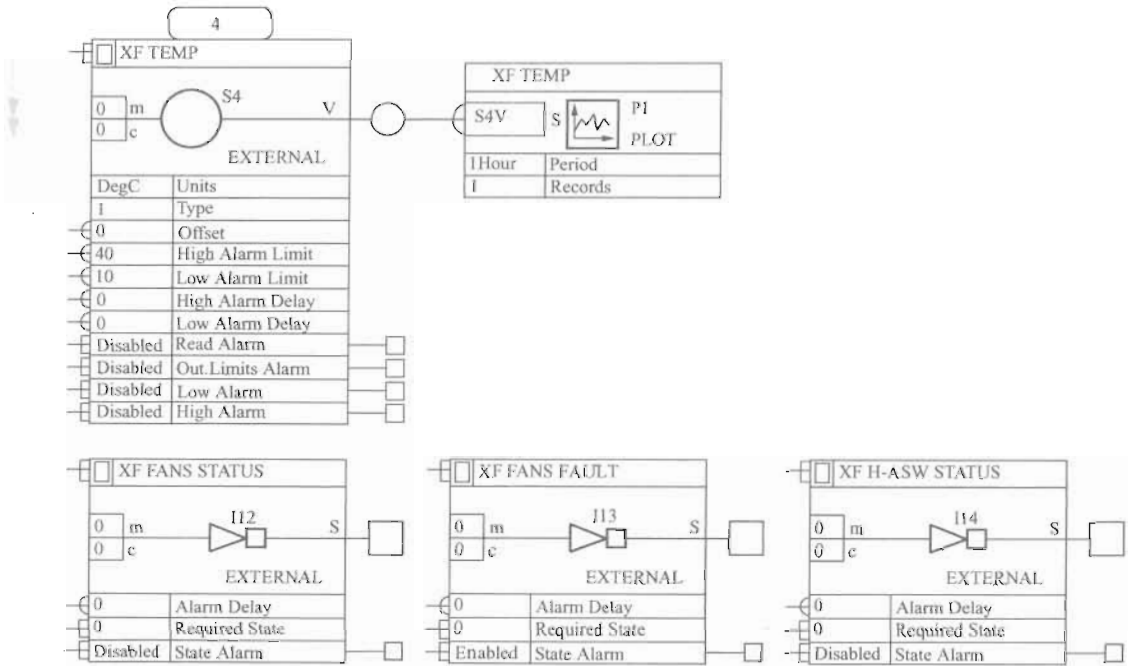


图 10.8 编程工具 (SET) 示意图

使用 SET 软件编制 DDC 控制程序时，只需对根据给定的控制策略和控制流程调用 SET 编程界面中的功能模块进行有序的组织就可以了，SET 软件的图形元件（功能模块）主要有五类基本模块，分别是：输入模块 (Input Bar)、输出模块 (Output Bar)、逻辑模块 (Logic Bar)、功能模块 (Function Bar)、其他模块 (Others Bar)，如图 10.9 所示。

(5) 网络功能较强和开放性较好。IQ3 之通信网络基于 TCP/IP 协议并以综合布线为基础，网络扩展容易，而控制器与控制器之间是对等网络 (Peer-to-Peer) 结构，控制器之间没有级别之分，资料存取及互相控制直观、迅速，大大减少了因某些控制器影响整个网络功能的问题。



图 10.9 基本模块

图 10.10 所示为使用集线器将 IQ3 控制器连接成的网络，网络结构简单。

图 10.10 所示为使用集线器将 IQ3 控制器连接成的网络，网络结构简单。

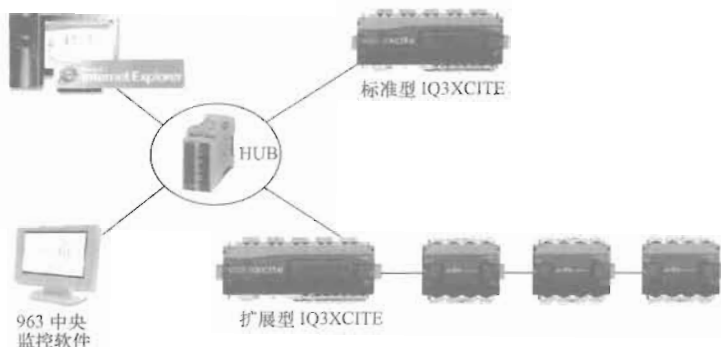


图 10.10 使用集线器将 IQ3 控制器连接成的网络

由于直接在底层硬件上基于 TCP/IP 协议及 Internet 技术,使得 IQ3 系统与目前大多数楼宇自动控制系统产品都能真正实现低成本的集成和兼容。

(6) 安全性能好并对突发故障提供预防手段。如果建筑内的机电设备突然发生故障而停机,卓林智能楼宇自动化监控系统可以从以下几个方面预防这种局面的出现:

1) 随时检查设备的实际负载和额定负载,一旦发现设备过载,立即自动卸载,同时向中央控制站发出报警信号,以防损坏贵重设备。

2) 监视设备运行状况,一旦发现其中某台设备运行异常,立即报警通知检修人员前去检查,以防引起更大范围的设备故障。

3) 自动记录设备的累计运行小时数,当累计值达到规定的维修时间时,自动报告中央控制站,及时提醒进行设备检修。

4) 当一组设备中的某台设备出现故障不能继续运转时,自动切换到备用设备;同时,对于临时停电的情况,当恢复供电后,系统自动执行顺序启动程序,可保证设备投运顺利,避免启动失败对设备的损害。

通过这些检测、报警和处理方式,使现代建筑对机电设备突发故障具备有效的预防手段,以确保设备和财产安全。

(7) 提高设备运行效率、减少管理人员数量。使用 IQ3 控制器构成的基于 TCP/IP 协议的楼宇自动控制系统能够实现设备运行状况的监测、诊断和记录,早期发现和排除故障,及时发出维护和保养的通知,保证设备始终处于良好的工作状态,大幅提高设备运行效率;节约了管理上的开支,同时也减少了管理人员的数量。

(8) 降低初期投资及未来升级费用。基于 TCP/IP 协议的楼宇自动控制系统的扩展性能好,实现灵活,扩展时只需将所需的扩展模块连接至原有的控制器,或将新增的控制器直接连接到楼内计算机局域网的网络通信线上即可。这个特点非常适用于现已广泛建设的办公自动化系统(OAS),实施采用计算机综合布线的智能建筑上,能将智能建筑中的两大系统——楼宇自动化系统(BAS)与办公自动化系统(OAS)直接在底层硬件上实现无缝集成。

10.2.4 IQ3 控制器及扩展模块

楼宇自动控制系统控制器——IQ3,使用先进、流行的网络技术。优先使用以太网及全开放式通信协议 TCP/IP,内置图形化 Web 网页服务器,既能显示文字及数据资料,又可

以显示图表及图像, 无需特定的软件在任何地方、任何时候都可以监控建筑内的所有楼宇自动控制设备; 在监控楼宇自动控制系统时, 用户可在任何地方通过网络直接来监测和控制, 如使用 PDA (个人数字助理) 或一个使用 GPRS 网络或 CDMA 1X 网络的移动电话作为远程监控终端。另外, 灵活编程软件及模块化硬件设计, 在应用及扩展时都较方便有效。

(1) IQ3XCITE/16/230 非扩展型 IQ3 控制器。具有 16 个 I/O 控制端口, 其中 10 个 UI 通用输入端口, 6 个 AO 模拟输出端口。它是一个高性能的独立控制器, 内嵌 32 位 CPU 控制运算。本身不具备扩展 I/O 控制功能, 适于受控设备 I/O 点数等于小于 16 的监控。通过 IQ3 控制器自身强大的 TCP/IP 网络互联控制功能, 可以将其与其他扩展/非扩展型 IQ3 控制器进行联网, 形成 IQ3 控制系统。

(2) IQ3XCITE/96/230 扩展型 IQ3 控制器。基本性能与非扩展型 IQ3 一致, 但被赋予了强大的扩展能力。通过 IQ3 的 I/O Bus 控制总线接口, 在扩展型 IQ3 控制器上逐一安装 IQ3 I/O 扩展模块, 最多可以扩展 15 个 I/O 扩展模块, 得到额外 80 个 I/O 控制端口, 加上自身的 16 个 I/O, 可扩展型 IQ3 控制器最多可扩展至 96 个 I/O, 适用于受控设备需求监控点数较多, 超过 16 个的情况。此时即可利用 IQ3 的扩展性能, 灵活选择扩展模块, 按需投入配置, 即使将来 I/O 控制点数量有所变化, 也只需调整扩展模块的配置即可, 方便高效, 又最大限度地节约投资。

同样, 扩展后的 IQ3 控制器一样可以通过内嵌的 TCP/IP 网络服务器, 与其他 IQ3 控制器进行互联, 形成高性能的大型 IQ3 控制系统。

IQ3 控制器 I/O 扩展模块共有 6 种不同的 I/O 配置, 设计人员可以按实际需求进行选择并逐一叠加至可扩展型 IQ3 控制器上。一个可扩展型 IQ3 控制器最多可扩展 15 个 I/O 模块, 形成最多达 96 个 I/O 的大型控制器规模。

(3) I/O 扩展模块分 4 通道和 8 通道两类。

1) 4 通道的 I/O 扩展模块有: ①XCITE/IO/4UI, 具备 4 个 UI 通用输入监控扩展能力。②XCITE/IO/2UI/2AO, 具备 2 个 UI 通用输入及 2 个 AO 模拟输出监控扩展能力。③XCITE/IO/4DO, 具备 4 个 DO 数字输出监控扩展能力。

2) 8 通道的 I/O 扩展模块有: ①XCITE/IO/8UI, 具备 8 个 UI 通用输入监控扩展能力。②XCITE/IO/4UI/4AO, 具备 4 个 UI 通用输入及 4 个 AO 模拟输出监控扩展能力。③XCITE/IO/8DO, 具备 8 个 DO 数字输出监控扩展能力。

另外, 为了使 IQ3 控制器系统的 I/O 配置更加灵活, 还可以使用以下两种模块: 数字输入扩展模块 4DIX 可实现将 IQ3 控制器及其扩展模块上的任意一个 UI 通用输入端口扩展为 4 个 AI 模拟输入端口。

可实现将 IQ3 控制器及其扩展模块上的任意一个 AO 模拟输出端口更改为一个 DO 数字输出端口。IQ3 控制器及相应扩展模块的输入为通用类型, 所有的工业标准电流 (4~20mA)、电压 (0~10V)、电阻、开关触点以及这些信号的任意组合都能被接收。控制器内的传感器换算软件模块, 适用于各种工业标准的传感器类型。

IQ3 控制器及相应扩展模块带有仿真量 0~10V 的电压和开关数字两种输出。仿真量输出增益精度是水阀或风阀全部工作范围的 0.5%。输出信道带有电路短路保护功能。任何输出信道的输出信号大小都可以在控制器的数据文件中记录并显示出来。开关量输出依靠本身

的转换继电器组件可外接 250V AC, 5A 的阻性负载。

所有与 IQ3 控制器及扩展模块相连的接线端子都为插入式或螺钉端子型, 以保证接线迅速, 更换方便。热敏电阻型输入连接可以是单件螺钉接线端子或双件金制接线端子以保证长期精度和可靠性。

IQ3 控制器配备有 LED 信号诊断指示灯, 以显示通信时发送和接收状态、微处理器运行是否正常。每一个开关型数字输入和输出信道都带有一个 LED 灯显示其开关状态。

IQ3 控制器的软件模块有不少于 5 个的最佳启/停程序, 6 个 PID 控制回路, 6 条记录曲线及 80 个数学函数及逻辑模块。以上的软件模块能有机的结合来达到智能建筑设备所需要的控制功能。

带扩展模块的 IQ3 控制器如图 10.11 所示。



图 10.11 带扩展模块的 IQ3 控制器

为了方便控制厂家和安装单位, IQ3 控制器和 I/O 扩展模块设计成可安装在标准 DIN 路轨上, 使配线减少, 安装容易 (输入一般在顶部, 输出在底部)。此外, 每个输入和输出都提供 (24V) 供电端子, 给与之相关的传感器和执行器。

基于高性能 32 位 CPU 的非扩展型及扩展型 IQ3, 加上数种不同配置的扩展模块, 与按需扩展的设计性能, 适用于最简单的受控设备到大型复杂的控制场合, 每个 IQ3 控制器内嵌 TCP/IP 网络服务器, 可直接与楼宇内的计算机网络的综合布线系统共用, 从而降低了工程成本。

10.3 卓林楼宇自动控制系统的中央管理站图形化系统软件

10.3.1 中央管理站图形化系统软件的特点和彩色动态图形显示

10.3.1.1 963 中央管理站图形化系统软件的特点

在中央管理站, 操作员可以在系统内进行各项资料的读取和监控, 可在不中断系统工作的前提下建立及修改数据库, 并可使用图形化编程工具编程。

在中央控制管理软件系统方面, 使用 963 系统软件, 配合 IQ3 控制器网络, 进行可视化编程及管理。963 Supervisor System 是一套图形化人机交互界面, 全实时的智能化楼宇中央管理控制软件系统。为用户开辟了简单高效的, 对楼宇设备运行的全局监控与配置的图形化管理策略。963 中央监控软件系统至少包括: 操作系统 (Microsoft Windows NT/2000/XP 版本)、通信和报警处理、流程图显示与文本显示处理、参数变化曲线与自动报表、日历表、文字处理、计算器辅助绘图以及电子报表程序。经过汉化的 963 软件系统, 是全中文的人机交互界面。

963 中央监控系统采用实时的多任务操作, 即允许多个实时程序同时运行。963 系统软件可调用其他软件, 比如电子报表和文字处理软件, 这些软件程序可与本程序同时使用, 而且相互之间可自动交换信息。

963 中央监控软件的主要的显示格式是以楼宇设备外观与结构形象化的彩色流程图进行显示, 在这些流程图上可以显示设备的实时动态数据, 如温度、湿度、水阀和风阀开度、风机运行状态等。

网络通信和故障报警处理程序在任何时候皆处于运行状态，而且无须操作人员干预就可自动执行任务。主监控微机在运行 BCMS (IQ3 楼宇自动化监控系统) 以外的程序 (如电子报表和文字处理程序) 的同时，仍能接收和确认系统的报警信号。通过直接传送或采用动态数据交换的方法，可把 BCMS 的数据信息送到其他程序中，将分析或统计结果存于文字处理过的文件中。

963 中央监控软件中的日历表可以提供一份基于时间和事件安排的计划表，来控制某一台或一组现场控制器在假期和特殊日期里的运行方式。

当工程建立后，963 系统管理站将提供给用户一个全面的控制操作面板，以使用户方便、快捷地监视和修改楼宇管理系统，确保高效、安全地操作设备。

10.3.1.2 963 系统软件的彩色动态图形显示功能

963 系统软件为用户提供一个面向对象的图形操作界面，用来监控设备的正常运转。设备的彩色图形是分层结构，分层结构通过连接区将一个图形与另一个图形连接起来。总之，操作人员可以使用连接域调取楼房平面图，然后依次调出楼层、房间、空调单元或其他设备的显示画面。

(1) 显示。操作人员可以改变彩色动态图形，改变时间设定、其他数值和状态。

(2) 动态显示。楼宇自动控制系统的正常运行期间，动态目标变化反应了设备的变化或由操作单元的操作动作产生的结果。动态目标的变化可以用目标的形状或颜色的改变、图形闪烁、实际值、不同文本等显示在屏幕上，也可以用动画形式表示物体的变化，也可以采用声音或语言提示彩色图形中物体的动态变化。温度、湿度、流量、运行状态等信息可以使用动态的图形实时显示。

操作站以多“窗口”方式运作，可同时显示出多幅图形，以便分析。彩色动态图形软件允许操作员增加、取消或修改图形显示图标。

10.3.2 中央管理站的操作

10.3.2.1 中央管理站上的用户操作

在中央工作站上，用户可进行如下操作：

- (1) 设备启停控制及监测。
- (2) 调校设定点。
- (3) 修正时间控制程序。
- (4) 执行或接通有关监控点的报警状态。
- (5) 执行或停止有关监控点的时间记录/趋势记录。
- (6) 调整有关 PID 控制回路的参数设定值。
- (7) 设定假期表，修正系统的时间。
- (8) 输入临时性的超载控制表。
- (9) 加入或更改模拟量输入点的报警门值/危险门值的数值。
- (10) 检查报警及提示报警上下限数值。
- (11) 执行或终止执行任务的“工作次序”。

10.3.2.2 系统登录

操作人员进入操作站由密码来控制，多级别的密码将为用户提供一个有效的保护工具，管理及限制不同部门人员使用 963 SUPERVISOR 系统。

(1) 系统登录控制。系统登录控制能保护系统不被未经授权人员侵入和干扰。进入系统必须输入用户密码,系统检查密码并识别用户的级别、授权和权限。密码以加密方式存储。系统登录控制功能提供了一种灵活的分组方式,例如可以对资深系统管理员、一般的系统管理员、一般操作人员和一般服务人员分组分级管理授予不同级别权限。用户登录界面如图 10.12 所示。

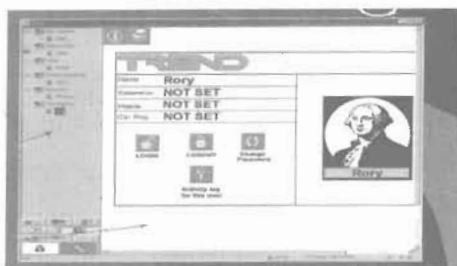


图 10.12 用户登录界面

操作人员可以通过选择 963 密码锁的菜单命令“退出登录”。

(2) 授权级别、等级和权限。每位操作人员有一授权级别,在相关配置中所有对象均有一授权级别。操作人员的授权级别决定了该操作人员能改变哪些对象。操作人员仅能改变与其授权级别相同或比其授权级别低的对象。

等级决定了哪些对象可以显示给操作人员。通过将设备间分成具有不同等级的不同区域,使不同组的同一等级的操作人员共享监视、影响和改变设备运行状态的能力。对象和操作人员必须属于同一等级,如 ELEC(电气)、HVAC(暖通)和 Security(保安)。开始交付使用时,963 是开放的,即每个人都可以看到任何内容。

权限在总体上决定了操作人员可以做什么,即操作人员执行某些命令、创建对象和配置对象的能力。系统内有 99 个密码以供有关人员使用。963 日历表具有对设备的时间控制功能,这些功能用来启动和停止设备间的不同设备。

系统可以容许操作员易于获得下列记录表:

- 1) 系统内的所有监控点总表。
- 2) 所有正在报警中的监控点。
- 3) 所有正在与系统网络停止联系的监控点。
- 4) 所有被停止活动的监控点。
- 5) 所有被指定为需要跟进的项目。
- 6) 星期开动和停止的活动表。
- 7) 上下限数值。

系统同时可以提供有关监控点及互相关联点的级别的摘要。操作员在任何自行选择组别的情况下,由中央监控中心提供记录或摘要时,并不需要提供有关硬件的地址码,但需要有权限。还可以选择事件排列方式并编辑信息显示栏的顺序。

10.4 控制程序举例

10.4.1 照明系统监控

使用 IQ3 控制器和 963 中央监控系统软件,对建筑照明实行监控,操作简单,有较好的节约电能效果。图 10.13 所示为照明系统监控窗口。

户外照明和公共照明实现以下监控功能:

- (1) 监视各灯光回路的开关状态。
- (2) 用日程表自动控制灯光系统的开启和关闭。

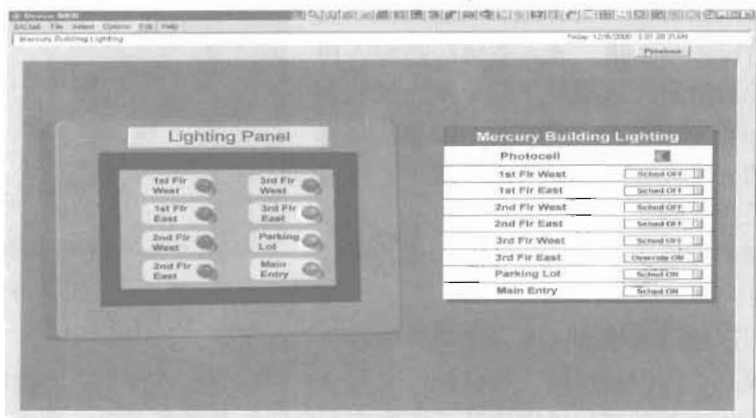


图 10.13 照明系统监控窗口

- (3) 程序控制灯光的图案。
- (4) 程序控制灯光开启的时间。
- (5) 用电量过大时自动切断并进行显示。

图 10.14 给出了某大厦对一个局部区域的公共照明进行自动监控的 DDC 控制程序。

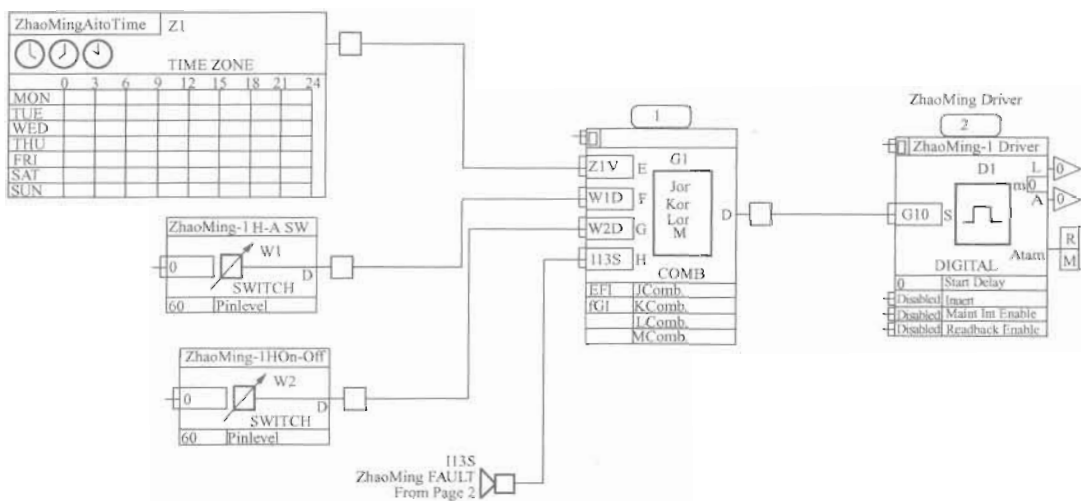


图 10.14 公共照明控制程序

10.4.2 新风机组自动控制系统设计

根据新风机组控制原理图，确定监测和控制点类型，并列出新风机组点表（见表 10.1）。

表 10.1 新风机组点表

监控设备名称	控制点描述	设备数量	DI	AI	DO	AO	接口位置
新风机组		1					
	送风机运行状态		1				DDC 数字输入接口

续表

监控设备名称	控制点描述	设备数量	DI	AI	DO	AO	接口位置
新风机组	送风机故障报警		1				DDC 数字输入接口
	送风机手/自动状态		1				DDC 数字输入接口
	送风机启停控制				1		DDC 数字输出接口
	回风温度			1			风管温度传感器
	风阀控制				1		DDC 数字输出接口
	水阀控制					1	DDC 模拟输出接口
	室外温湿度			2			室外温湿度传感器

新风机组风机及风阀控制程序如图 10.15 所示。

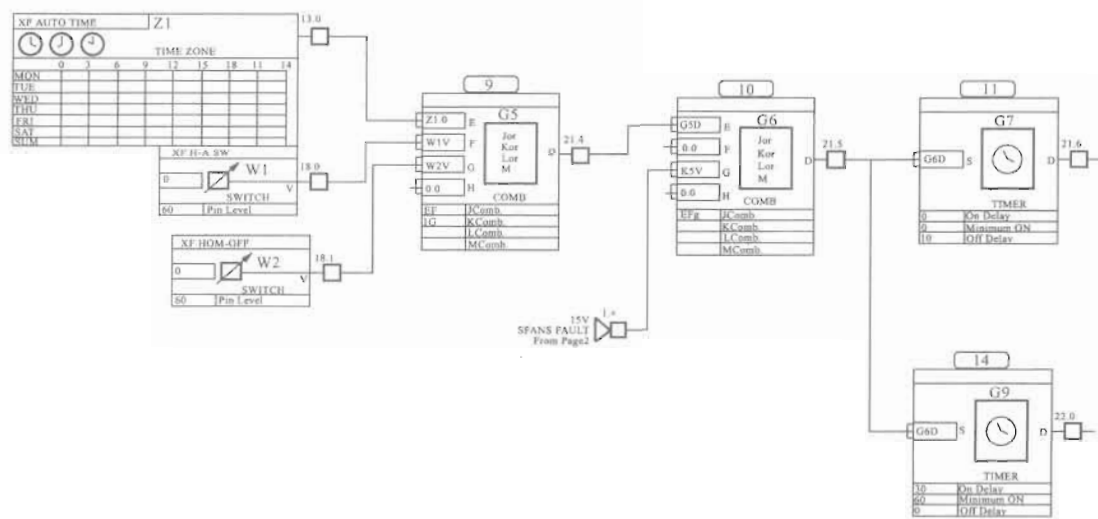


图 10.15 新风机组风机及风阀控制程序

10.5 卓林楼宇自动控制系统使用的控制器说明

卓林 IQ3 控制器与江森系统控制器性能指标比较见表 10.2。

表 10.2 卓林 IQ3 控制器与江森系统控制器性能指标比较

控制器	英国卓林 IQ3 控制器	美国江森控制器
网络	无级别环型网络，现场控制器通信全部点到点。网络上每个控制器均内置光电隔离器，如某台控制器有故障，仅将其隔离，不影响整个网络通信	二级网络，通信依赖网络控制器，现场控制器通信不能点到点。如网络控制器出现故障，则影响其他控制器的通信及工作
控制器	控制器 CPU 全部为 32 位	一级网络控制器为 32 位，其余为 16 位及 8 位。C260 及 ILC 照明控制器为低端产品
系统分布	为全分布型，控制器分布于各设备现场，各系统互不干涉	多种被控设备使用 1 台控制器，若其故障，影响多台设备自动监控，可靠性差

控制器	英国卓林 IQ3 控制器	美国江森控制器
控制逻辑	所有高端运算逻辑全部固化在每个控制器中	网络控制器及主控制器中含高端逻辑, 而 16 位以下控制器不含
软件	全部汉化并提供编程工具, 方便用户修改	部分汉化, 不提供编程工具, 软件修改麻烦

由表 10.2 看出: 基于 TCP/IP 协议的楼宇自动控制系统在结构上变得简约了。

10.6 楼宇自动控制系统中使用以太网 “一网到底”的一些问题分析

由于使用以太网“一网到底”, 将楼宇自动控制系统中的信息域网络和控制域网络进行了合并, 使楼宇自动控制系统的支持网络环境即通信网络环境结构变得简约化, 使系统在基于 Internet 体系下的工作性能提高, 表现在远程监控性能有教大幅度的提高。同时也有其他方面的一些问题必须要进行深入思考。

10.6.1 对控制的实时性和确定性构成影响

对于采用 802.3 协议工作的以太网, 使用 CSMA/CD 方式的信道与媒质争用方法, 就会带来这样一个问题: 对设备的实时控制产生重要影响。对实时控制来说, 就带来一个“不确定性”问题, 不能事先预言测控信息传送的时间。

楼宇自动控制系统中对建筑机电设备控制的实时性主要通过响应时间和循环时间来反映。以太网虽然在商业领域得到了广泛的应用, 但用标准的 UDP 或 TCP/IP 协议与 Ethernet 来构建实时控制网络是有一定困难的。这主要是因为以太网的媒介访问控制协议——CSMA/CD 有无法预见的延迟特性。网络每个节点要通过竞争来取得信息包的发送权; 节点监听信道, 只有当发现信道空闲时, 才能发送信息; 如果信道忙碌则需要等待。信息开始发送后, 还需要检查是否发生碰撞, 信息如发生碰撞, 须退出重发。当实时数据与非实时数据在普通以太网上同时传输时, 实时数据与非实时数据在源节点的竞争, 与来自其他节点的实时与非实时数据的碰撞, 实时数据将有可能经历不可预见的大延时, 甚至长时间发不出去的情况。以太网的整个传输体系并没有有效的措施及时发现某一节点故障而加以隔离, 从而有可能使故障节点独占总线而导致其他节点传输失效。因此工业控制响应的实时性问题不能得到解决。

确定性是指网络中任何节点、在任何负载情况下都能在规定的时间内得到数据发送的机会, 任何节点都不能独占传输媒介。

以太网的实时性较差这一缺陷使它较适合于信息传输系统而与过程控制系统的要求有一定的距离。这是因为这两个系统在通信的要求上有很大的不同: 信息传输的主要要求是速度快, 过程控制系统不仅要求速度快, 还要求响应快、即实时性好。信息传输系统对响应时间要求较低, 一般是 2~6s; 过程控制对系统的实时要求较高, 一般是 0.5~2s。信息传输系统对实时性的要求是低的, 只要大部分时间满足要求就可以了, 偶尔几次不及时响应是没有关系的; 过程控制对实时性的要求是很严格的, 因为它常常涉及安全, 必须在任何时间都及时响应, 不允许有任何不确定性。显然过程控制的实时性要求高得多; 过程控制通信将分散的节点接入系统时常采用广播方式和多组方式; 信息传输系统通信时, 一个自主系统和另一

个自主系统只在需要通信时建立一对一的方式。

因此，普通的以太网要应用于工业控制系统必须解决实时性和确定性的问题。

要克服这些缺点，就要提高以太网的传输能力。10/100BASE-T 全双工交换式以太网技术发展，基本上解决了 CSMA/CD 随机发送带来的不确定性问题。1990 年智能交换机的出现，基本上淘汰了信息发送时的冲突，而且，智能交换机的成本不断下降，为工业控制实际应用提供了可能。

全双工技术使以太网可以同时发送和接收数据，理论上又可以使传输速度翻一番，再加上快速以太网的出现，在处理实时控制方面，已经可以做到测控信息的传输不再是“不确定”的，而是能够适应实时控制的需求。

10.6.2 关于线路利用率

以太网传送测控信息的另一个问题是线路“利用率”（线路效率）。利用率是指线路用来成功地传输数据帧的时间部分。每个以太网数据包中不代表实际数据部分（同步、地址，字段长度、错误检验）所占比重较大，共 26B，这种“开销”使线路利用率下降。而在测控领域，实际数据很短，如 DI 20B、DO 16B、AI、AO 200B、通信接口 500B、PID 运算 500B、计数器 4B 等，这样，当使用以太网信息包包装时，大量信号还需要加上填充符才能满足最小 48B 数据段的长度要求，如 DI、DO、计数器，因此，效率较低。