

智能建筑 设备自动化系统

齐维贵 王艳敏 李战赠 李 喆 编著

电气自动化新技术丛书

电气自动化新技术丛书

智能建筑设备自动化系统

齐维贵 王艳敏 李战赠 李 喆 编著



机械工业出版社

本书突出“电气自动化新技术丛书”的特点,既有专题论著,又理论联系实际,系统地介绍了智能建筑的支撑技术,即计算机控制技术、通信技术和网络技术,有针对性地阐述了设备监控自动化系统、安全防范自动化系统和火灾自动报警与消防联动控制系统的工作原理及关键技术,并对目前研究的热点——智能建筑自动控制网络技术和系统集成等问题作了深入的介绍和技术展望,最后列举了工程案例,以帮助读者深入了解智能建筑系统的设计过程。

本书的主要读者为从事楼宇自动化技术的工程技术人员,亦可作为大专院校教师、研究生和本科高年级学生的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

智能建筑设备自动化系统/齐维贵等编著. —北京:机械工业出版社, 2010.3

(电气自动化新技术丛书)

ISBN 978-7-111-29452-8

I. 智… II. 齐… 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(2009)第 244037 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:孙流芳 责任编辑:孙流芳 版式设计:霍永明

封面设计:姚毅 责任校对:张晓蓉 责任印制:杨曦

保定市中华美凯印刷有限公司印刷

2010 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 23 印张 · 459 千字

0 001—3 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-29452-8

定价:47.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者服务部:(010) 68993821 封面无防伪标均为盗版

第5届电气自动化新技术丛书

编辑委员会成员

主 任：王志良

副主任：赵相宾 牛新国 王永骥 赵光宙

孙 跃 阮 毅 何湘宁 霍勇进

委 员：王永骥 王 旭 王志良 王 炎

牛新国 尹力明 许宏纲 孙 跃

孙流芳 李永东 李崇坚 陈伯时

陈敏逊 阮 毅 赵光宙 赵 杰

赵争鸣 赵相宾 张 浩 张承慧

张彦斌 徐殿国 何湘宁 彭鸿才

霍勇进 戴先中

秘 书：刘 娟 林春泉

电气自动化新技术丛书

序 言

科学技术的发展，对于改变社会的生产面貌，推动人类文明向前发展，具有极其重要的意义。电气自动化技术是多种学科的交叉综合，特别是在电力电子、微电子及计算机技术迅速发展的今天，电气自动化技术更是日新月异。毫无疑问，电气自动化技术必将在提高国民经济水平中发挥重要的作用。

为了帮助在经济建设第一线工作的工程技术人员能够及时熟悉和掌握电气自动化领域中的新技术，中国自动化学会电气自动化专业委员会和中国电工技术学会电控系统与装置专业委员会联合成立了电气自动化新技术丛书编辑委员会，负责组织编辑“电气自动化新技术丛书”。丛书将由机械工业出版社出版。

本丛书有如下特色：

一、本丛书是专题论著，选题内容新颖，反映电气自动化新技术的成就和应用经验，适应我国经济建设急需。

二、理论联系实际，重点在于指导如何正确运用理论解决实际问题。

三、内容深入浅出，条理清晰，语言通俗，文笔流畅，便于自学。

本丛书以工程技术人员为主要读者，也可供科研人员及大专院校师生参考。

编写出版“电气自动化新技术丛书”，对于我们是一种尝试，难免存在不少问题和缺点，希望广大读者给予支持和帮助，并欢迎大家批评指正。

电气自动化新技术丛书
编辑委员会

第5届电气自动化新技术丛书

编辑委员会的话

自1992年本丛书问世以来，在学会领导和广大作者的支持下，在前4届编辑委员会的努力下，至今已发行丛书48种50多万册，受到广大读者的欢迎，对促进我国电气传动自动化新技术的发展和传播起到了巨大作用。

许多读者来信，表示这套丛书对他们的工作帮助很大，希望我们再接再厉，不断地推出介绍我国电气传动自动化新技术的丛书。本届编委会决定选择一些大家所关心的新选题，继续组织编写出版，同时对受读者欢迎的已经出版的丛书，我们将组织一些作者进行修订再版，以满足广大读者的需要。为了更加方便读者阅读，我们对今后新出版的丛书进行了改版扩大了开本。

我们诚恳地希望广大读者来函，提出您的宝贵意见和建议，以使本丛书搞得更好。

在本丛书出版过程中，得到了中国电工技术学会、天津电气传动设计研究所等单位提供的出版基金支持，在此我们对这些单位再次表示感谢。

第5届电气自动化新
技术丛书编辑委员会
2007年12月18日

前 言

智能建筑是现代建筑与信息技术结合的产物。据世界银行预测，21 世纪全球 50% 的智能建筑将诞生在中国，智能建筑在我国的兴起和迅速发展，已成为拉动国民经济的新增长点。为了满足智能建筑业对信息技术专业人才的需要，“电气自动化新技术丛书”编委会将《智能建筑设备自动化系统》一书作为丛书之一予以出版。

本书突出“电气自动化新技术丛书”的特点，既有专题论著，又理论联系实际，内容深入浅出。读者以工程技术人员为主，可作为高等院校相关专业师生的选读教材或参考用书，也可作为从事智能建筑领域工作的科研人员自学专业的参考书。

本书共分为 8 章，各章内容安排如下：

第 1 章“绪论”，扼要介绍了智能建筑的产生、定义、分类、构成和关键技术。

第 2 章“智能建筑技术基础”，介绍了计算机控制技术、通信技术和网络技术，这三项技术构成了智能建筑所依托的现代信息技术的基础。

第 3 章“智能建筑设备自动化系统”，介绍了暖通空调监控系统、给排水监控系统、供配电监控系统、照明监控系统和电梯监控系统这五个主要子系统的工作原理、关键技术和实际应用。建筑设备自动化系统（BAS），是智能建筑不可缺少的重要组成部分。

第 4 章“安全防范自动化系统”，介绍了入侵报警系统、电视监控系统、出入口控制系统、电子巡更系统和停车场管理系统这五个主要子系统的系统构成和工作原理，并进一步向读者简述和分析了综合性的公共安全防范系统的体系结构、实际应用和未来的研究方向。安全防范自动化系统（SAS），是一个相对独立的完整系统，对保证用户的人身和财产安全具有重要的作用。

第 5 章“火灾自动报警与消防联动控制系统”，介绍了消防自动化系统工作原理，各类火灾探测器的分类、选择和布置，火灾报警控制器的性能指标和接线方式，以及消防联动控制系统的供电和控制方式等。火灾自动报警与消防联动控制系统（FAS），也是一个相对独立的完整系统，它对确保建筑物的安全至关重要，是智能大厦投入使用的先决条件。

第 6 章“智能建筑自动控制网络系统”，介绍了现场总线技术和 BACnet、Lon-Works 这两种建筑设备自动化系统的主流总线标准，以及相关控制网络的应用，并

进一步向读者简述了目前最新发展的 iopeNet——开放式建筑机电设备网络技术。

第7章“智能建筑系统集成”，介绍了系统集成的设计思想、集成目标、设计步骤、系统集成的网络结构等，并进一步向读者介绍了智能建筑各主要子系统的系统集成的设计要点。系统集成的水平在一定程度上制约着建筑物的智能化程度。

第8章“智能建筑自动化系统工程案例”，以某一大型工程为例，完整地介绍了智能建筑各重要部分的设计，包括中央集成平台、建筑设备自动化系统、安全防范自动化系统、火灾自动报警及消防联动控制系统、通信自动化系统，使读者既对以前章节内容进行回顾，又对实际工程设计具有清晰、明确的认识。

本书1~7章由哈尔滨工业大学智能建筑自动化研究所的齐维贵和王艳敏编写，第8章由中国建筑设计研究院机电专业设计研究院的李战赠和李喆编写。

本书出版得到机械工业出版社、“电气自动化新技术丛书”编委会和“十一五”国家科技支撑计划重大项目“既有建筑智能化设备改造技术研究”(2006BAJ03A05)的大力支持，在此表示衷心的感谢。在编著过程中还得到了中国建筑设计研究院机电专业设计研究院李陆峰院长、《智能建筑电气技术》杂志吕丽主编等专家的帮助，同时参考了众多教授、学者的成果。此外，特别感谢在调研过程中，北京联合美视国际信息技术有限公司（美国VMS公司中国技术支持服务中心）和杭州天视智能系统有限公司给予的鼎力帮助和热情接待，在此一并表示诚挚的谢意。

由于水平有限，书中缺点和疏漏之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

作者

于哈尔滨工业大学

2010年1月

目 录

电气自动化新技术丛书序言

第5届电气自动化新技术丛书编辑委员会的话

前言

第1章 绪论	1
1.1 概述	1
1.1.1 智能建筑的产生	1
1.1.2 智能建筑的兴起	2
1.1.3 智能建筑的定义	3
1.1.4 智能建筑的分类	4
1.1.5 智能建筑的优点	5
1.2 智能建筑的系统构成	6
1.2.1 建筑设备自动化系统	6
1.2.2 通信自动化系统	8
1.2.3 办公自动化系统	9
1.2.4 综合布线系统	10
1.3 智能建筑的关键技术	10
1.3.1 系统集成的目标	11
1.3.2 系统集成的实现途径	11
1.3.3 系统集成的模式	11
1.4 智能建筑系统工程的任务	12
1.4.1 智能建筑的设计原则	13
1.4.2 建筑设备自动化系统的设计流程	13
第2章 智能建筑技术基础	15
2.1 计算机控制技术	15
2.1.1 概述	15
2.1.2 计算机控制系统的工作过程	17
2.1.3 计算机控制系统的构成	18
2.1.4 集散控制系统	19
2.2 通信技术	29
2.2.1 通信系统模型	29
2.2.2 数据编码技术	34
2.2.3 数据通信技术	38

2.2.4 传输介质	43
2.3 网络技术	48
2.3.1 计算机网络的构成	50
2.3.2 计算机网络的拓扑结构	59
2.3.3 计算机网络的体系结构	63
2.3.4 局域网技术	70
2.3.5 网络互连技术	78
2.3.6 视频网络技术展望	81
第3章 智能建筑设备自动化系统	86
3.1 概述	86
3.1.1 建筑设备自动化系统的监控内容	86
3.1.2 建筑设备自动化系统的基本功能	88
3.2 暖通空调监控系统	89
3.2.1 空调系统的监控	89
3.2.2 制冷系统的监控	105
3.2.3 供热系统的监控	109
3.3 给排水监控系统	112
3.3.1 给水系统的监控	112
3.3.2 排水系统的监控	120
3.4 供配电监控系统	121
3.4.1 电力网、电压等级和负荷分类	121
3.4.2 供配电系统的监控原理	123
3.4.3 供配电系统的监测与保护	128
3.5 照明监控系统	131
3.5.1 照明系统的基本要求	131
3.5.2 照明系统的设计	132
3.5.3 照明光源	135
3.5.4 照明控制	137
3.5.5 照明系统的监控原理	138
3.6 电梯监控系统	140
3.6.1 电梯的分类	140
3.6.2 电梯的结构和工作原理	142
3.6.3 电梯拖动系统的控制方式	146
3.6.4 电梯监控系统的功能	147
3.6.5 电梯的电气保护	148
第4章 安全防范自动化系统	151
4.1 概述	151
4.1.1 安全防范自动化系统的基本功能	151

4.1.2 安全防范自动化系统的构成	152
4.2 入侵报警系统	153
4.2.1 入侵报警系统的构成	153
4.2.2 防盗探测器	153
4.2.3 探测器的选择与布防	157
4.3 电视监控系统	159
4.3.1 电视监控系统的构成	159
4.3.2 摄像设备	160
4.3.3 视频传输	169
4.3.4 视频控制	170
4.3.5 视频图像的显示与记录	170
4.4 出入口控制系统	172
4.4.1 出入口控制系统的构成	172
4.4.2 辨识装置	173
4.5 电子巡更系统	176
4.5.1 电子巡更系统的构成	176
4.5.2 电子巡更系统的类型	176
4.6 停车场管理系统	177
4.6.1 停车场管理系统的构成	177
4.6.2 停车场管理系统的设计	178
4.7 安全防范自动化系统的体系结构	179
第5章 火灾自动报警与消防联动控制系统	184
5.1 概述	184
5.1.1 火灾形成的原因	184
5.1.2 建筑的防火分类	185
5.1.3 建筑的防火、防烟分区的划分	185
5.2 消防系统的工作原理	189
5.2.1 消防系统的分类	189
5.2.2 消防系统的工作过程	191
5.2.3 消防系统的构成	192
5.3 火灾探测器	193
5.3.1 火灾形成过程	193
5.3.2 火灾燃烧的基本特征	194
5.3.3 火灾探测器的分类和构成	195
5.3.4 常见的火灾探测器	196
5.3.5 火灾报警区域和探测区域的划分	207
5.3.6 火灾探测器的选择和布置	208
5.4 火灾报警控制器	214

5.4.1	火灾报警控制器的基本功能	214
5.4.2	火灾报警控制器的分类	214
5.4.3	火灾报警控制器的主要技术指标	216
5.4.4	火灾报警控制器的接线方式	216
5.5	消防联动控制系统	218
5.5.1	消防供电	219
5.5.2	消防设备的联动控制	220
5.5.3	消防控制方式	228
第 6 章	智能建筑自动控制网络系统	230
6.1	概述	230
6.1.1	智能建筑控制系统的演变	230
6.1.2	智能建筑控制网络的特点	232
6.2	现场总线技术	233
6.2.1	现场总线的技术特点	233
6.2.2	几种常见的现场总线标准	235
6.3	BACnet 总线标准	237
6.3.1	BACnet 的体系结构	239
6.3.2	BACnet 的技术特点	242
6.3.3	BACnet 互联网	245
6.3.4	基于 BACnet 的楼宇自控产品	249
6.4	LonWorks 总线标准	251
6.4.1	LonTalk 协议	252
6.4.2	LonWorks 节点和神经元芯片	256
6.4.3	Neuron C 语言	262
6.4.4	LonWorks 开发平台	264
6.4.5	LonWorks 互联网	270
6.4.6	基于 LonWorks 的楼宇自控系统比较	271
6.5	开放式通信协议技术展望	273
6.5.1	iopNet 的网络框架	273
6.5.2	iopNet 的网络协议	274
6.5.3	iopNet 解决的问题	275
第 7 章	智能建筑系统集成	278
7.1	概述	278
7.1.1	系统集成的概念	278
7.1.2	系统集成的等级和标准	281
7.1.3	系统集成的内容	283
7.2	系统设计	287
7.2.1	系统集成的目标和原则	287

7.2.2	系统集成的步骤	289
7.2.3	系统集成的方式	294
7.2.4	系统集成的主要技术模式	298
7.3	系统集成的网络结构	301
7.3.1	集成系统的总体网络	301
7.3.2	基于现场总线的系统集成网络	306
7.4	智能建筑系统集成要点	308
7.4.1	建筑设备自动化系统集成设计	308
7.4.2	通信自动化系统集成设计	314
7.4.3	办公自动化系统集成设计	317
第8章	智能建筑自动化系统工程案例	321
8.1	概述	321
8.1.1	设计原则	321
8.1.2	系统构成	323
8.2	建筑设备自动化系统设计	324
8.2.1	基本功能	324
8.2.2	暖通空调控制系统设计	324
8.2.3	给排水系统设计	326
8.2.4	变配电系统设计	326
8.2.5	照明系统设计	329
8.2.6	电梯系统设计	329
8.3	安全防范自动化系统设计	329
8.3.1	电视监控系统设计	329
8.3.2	入侵报警系统设计	330
8.3.3	在线电子巡查系统设计	331
8.3.4	出入口控制系统设计	331
8.3.5	停车场管理系统设计	332
8.4	火灾自动报警及消防联动控制系统设计	334
8.4.1	火灾自动报警系统设计	335
8.4.2	消防联动控制系统设计	335
8.4.3	火灾应急广播系统设计	337
8.4.4	消防直通对讲电话系统设计	337
8.4.5	火灾应急照明系统设计	337
8.5	通信自动化系统设计	338
8.5.1	综合布线系统设计	338
8.5.2	通信系统设计	339
8.5.3	信息网络系统设计	340
8.5.4	有线电视系统设计	341

8.5.5 智能会议系统设计 341

8.6 办公自动化系统设计 343

8.6.1 物业管理系统设计 343

8.6.2 公共信息服务系统设计 343

8.6.3 智能卡应用系统设计 344

8.7 中央集成管理系统设计 346

8.7.1 基本要求 348

8.7.2 中央集成设计 348

参考文献 350

第 1 章 绪 论

智能建筑（Intelligent Building, IB）是信息时代的必然产物，是建筑艺术与控制技术、计算机技术、通信技术等高新技术的巧妙集成。在国内外正加速建设信息高速公路的今天，智能建筑以其安全、高效、舒适、灵活、投资合理等诸多优点，成为信息社会最重要的基础设施之一，已受到各国政府和企业的高度重视，正迅速发展成为一个新兴的技术产业。

1.1 概述

智能建筑的最初构想是在 20 世纪 70 年代初产生于日本的。当时日本的建筑行业出于节省日常能源开支的目的，首先提出使用定时设备控制建筑物内的电力、供水和热能等系统，并在中央计算机的统一管理下，最大效率地使用有限能源。但是，由于受到当时科技水平的限制，这种构想还仅仅是一种处于实验阶段的技术构想，无法在实际建筑工程中予以实现。

与此同时，控制技术、计算机技术和通信技术的飞速发展为智能建筑的实现奠定了技术基础，其中最具有影响力的是：微电子技术和计算机数据交换技术的发展。

微电子技术的进步，使得集成电路体积大幅减小，成本大大降低，从而使得建筑控制系统开始大量使用体积小、性能高的计算机控制设备，控制信号也由数字信号取代了各种模拟信号，使得建筑物内各种设备可以采用统一的数字信号控制器进行处理和控制。另一方面，高速计算机数据交换技术的发展，可以保证在很高的通信速率下，保持较好的通信质量，并且随着数字通信信道的质量和带宽的不断提高，很多过去采用模拟通信信道的传统通信系统都向着数字通信系统转变，为实现建筑物内外快捷、便利的信息传递和有效沟通提供了重要的基本条件。

1.1.1 智能建筑的产生

世界上第一座智能大厦是 1984 年 1 月在美国康涅狄格州哈特福德市建成的“都市大厦”，高 38 层，总建筑面积达十多万平方米，从此开创了传统建筑工程与新兴信息技术相结合的新领域。该大厦采用当时最新型空调系统、防灾设备和电梯，既节约了能源，又为用户提供了一个安全、舒适的建筑环境；同时该大厦拥有计算机、程控用户交换机和计算机局域网等通信设备，能为用户提供语音通信、文字处理、电子邮件、信息资料检索等服务，而用户只以分租方式获得昂贵设备的使用权，既节省费用又高效便捷。

1985 年 8 月在日本东京建成的青山大楼，由水田公司与 IBM 公司合作开发而

成，是世界上最早具有综合功能的智能大厦，其主要功能包括：

- 1) 上下班签到、食堂记账、进出门户等使用身份卡；
- 2) 通过利用电子邮件、录像机等装置，提高办公效率；
- 3) 安全性高，具有预防和消除火灾等灾害的功能；
- 4) 具有一定节能措施，例如水的循环利用、自然能源的有效利用、排热的回收利用等；
- 5) 建筑空间具有可拓展性，每一层都很少有柱子及固定的隔墙，可自由调整配置。

美国、日本最早的智能大厦为日后兴起的智能建筑勾画出了基本特征，可以看出，所谓智能建筑是“以建筑环境为平台，运用各种先进的科学技术，通过对建筑的结构（建筑环境平台结构）、系统（各应用系统）、服务（用户需求服务）、管理（物业运行管理）的优化组合，而获得的一个投资合理、高效、优雅舒适、便利快捷、高度安全的建筑（环境空间）”，其智能化的实质是信息、资源和任务的综合共享与全局一体化的综合管理，从而提高了服务和管理的效率，使用户拥有建筑环境的最大效率。

1.1.2 智能建筑的兴起

随后，智能建筑得到蓬勃发展。据不完全统计，到 20 世纪末，美国新建和改建的办公楼中约有 70% 是智能建筑，总数达上万座；日本新建的办公大楼中已有 60% 是智能建筑，65% 的建筑实现了智能化。此外，英、法、德、新加坡、马来西亚等国家和我国香港地区的智能建筑也迅速发展，智能大厦主要集中在各国的现代化都市中。

我国智能建筑的研究始于 20 世纪 90 年代，首先将智能大厦思想带到中国的是北美的通信公司，其中发挥作用最大的当属美国的 AT&T 公司和加拿大的 Northern Telecom 公司。1990 年建成的北京发展大厦（18 层）可认为是我国智能建筑的雏形，它虽然已经开始采用建筑设备自动化系统、通信网络系统、办公自动化系统，但还不完善，三个子系统没有实现统一控制。1993 年建成的位于广州市的广东国际大厦可称为我国大陆首座智能化商务大厦，它具有较完善的建筑智能化系统及高效的国际金融信息网络，通过卫星直接接收美联社道琼斯公司的国际经济信息，并且还提供了舒适的办公与居住环境。从 90 年代中期开始，我国智能建筑发展迅速，目前已建成居亚洲第二、世界第三高楼的上海金茂大厦（88 层），深圳地王大厦（81 层），广州中信大厦（80 层）等一批智能化程度较高的智能建筑。据 2005 年初步统计，国内已建成 4000 多幢智能大厦，其中上海约有 1500 幢，北京约有 1000 幢，广东约有 1200 幢。

我国政府及有关部门对智能建筑的发展给予了高度重视和政策支持，并颁布了一系列文件。例如 1997 年 10 月颁布了建设 [1997] 290 号文件《建筑智能化系统

工程设计管理暂行规定》，这是我国智能建筑领域第一个法规性文件；1998 年初成立了建设部建筑智能化系统工程设计专家工作委员会；我国第一个关于智能建筑设计标准的 GB/T 50314—2000《智能建筑设计标准》于 2000 年 10 月 1 日开始实施；到 2000 年底，建设部批准并颁发建筑智能化专项资质证书的单位有 707 家。这些都标志着我国智能建筑已步入规范有序、健康的发展时期，智能建筑将成为我国建筑业的主流和发展方向，据世界银行预测，在 21 世纪，全世界智能大厦中的 50% 将兴建在中国的各大城市里。

1.1.3 智能建筑的定义

智能建筑是高科技、多学科、多技术的综合集成，其智能化程度与科学技术的发展密切相关，因此各国在各时期对智能建筑的定义至今尚未统一。

日本是最早提出智能大厦思想的国家，其建筑结构工业协会在 1987 年提出智能大厦必须具备以下三个方面特点：

1) 大厦必须能够随时“知道”其内部发生的情况，并且必须能够立即向外部报告；

2) 大厦必须能够立即“选择”最有效的途径，为大厦用户提供方便、舒适和适宜工作、生活环境；

3) 大厦必须能够迅速“满足”大厦用户提出的任何要求。

日本智能大厦建筑业认为，智能大厦的主要任务是发挥其内部设施的作用，向大厦用户提供舒适、方便和高效的工作、生活环境。在这种思想指引下，日本在以后时期内不断发展楼宇自动化控制技术，建成以楼宇自动化系统为主体的大厦智能化管理系统。

美国智能大厦建筑业提出的智能大厦必须具备三个组成部分：楼宇自动化系统、办公自动化和计算机局域网系统以及综合通信系统。这三个组成部分在统一的管理和平台上发挥作用，提高大厦办公效率和改善生活环境，促进相互之间信息交换，最终达到提高大厦运行效能的目标。

美国智能大厦建筑业认为，建设智能大厦的重要意义并不在于使大厦内的任何设施都能被计算机控制，而是资源和能源的有效利用。智能大厦，首先是为了提高大厦在工作、生产、商业和金融活动中的价值，其次才是应该作为信息交互的中心。尽管美国在能源管理和楼宇自动化管理系统方面，拥有世界著名的 Honeywell 公司和 Johnson 公司，但是贡献最大的却是 AT&T 公司、IBM 公司和其他一些计算机和通信公司。

欧洲是世界上第三大智能大厦建筑市场，继日本和美国之后，也较早提出了对智能大厦的定义，认为智能大厦是具有各种智能化系统的综合性办公大厦，应该具有以下特点：

1) 高度智能化的办公环境，包括本地计算机网络、内部信息高速公路、信用

卡、电子档案、电子日记和其他高技术办公设备，供大厦用户、业主和管理者使用；

2) 优秀的远程通信能力，包括综合业务数字网、宽带远程服务、多媒体通信系统、传真，以及电话会议、可视会议和计算机会议系统；

3) 综合的大厦自动化管理能力，包括管理系统、安全系统、能源控制系统和数据传输系统；

4) 灵活的系统扩充和移动能力，可具有超越时间因素、大厦使用者个性独特要求因素和组织结构因素的能力。

到 1991 年，各国的智能大厦建设同行汇聚在美国的华盛顿，成立了第一个世界性的智能大厦协会——“世界智能建筑协会”，同时提出了一个对智能大厦的综合性定义：通过对建筑物的四个基本要素，即结构、系统、服务、管理以及它们之间的内在联系、最优化设计，提供一个投资合理，又拥有高效率的优雅舒适、便利快捷、高度安全的环境。

2006 年 12 月修订发布的 GB/T 50314—2006《智能建筑设计标准》中对智能建筑定义如下：智能建筑是以建筑物为平台，兼备信息设施系统、信息化应用系统、建筑设备管理系统、公共安全系统等，集结构、系统、服务、管理及其优化组合为一体，向人们提供安全、高效、便捷、节能、环保、健康的建筑环境。

总之，智能建筑以计算机网络为桥梁，利用系统集成方法，将现代控制技术、计算机技术、通信技术等信息技术（即所谓的“3C”技术）与建筑技术有机结合，综合配置建筑及建筑群内的各功能子系统，形成了一个设备和网络、硬件和软件、控制管理和提供服务有机地结合于一体的综合建筑环境。

1.1.4 智能建筑的分类

随着科学技术的发展，智能建筑的范围不断扩大，且呈现多样化的特征，例如高级办公楼、高级住宅及大型公共建筑（商场、医院、图书馆、博物馆、体育场馆、机场、车站等）。

通常智能建筑可分为三类，即智能大厦、智能住宅和智能小区。

智能大厦：通常是指具有综合智能化的商务型建筑，一般所说的智能建筑即指这一类，它也是智能建筑最早的表现形式。

智能住宅：是指通过家庭总线系统（Home BUS System, HBS）把家庭内的各种与信息相关的通信设备、家用电器和家庭保安装置都并入到网络中，进行集中或异地监视控制和家庭事务性管理，并保持这些家庭设施与环境的协调，为人们提供工作、学习、娱乐等各项服务，营造出具有多功能、信息化的居住空间。

智能小区：是指具有一定智能化程度的住宅小区，其基本特征为“居家生活信息化、小区物业管理智能化、IC 卡（Integrated Circuit Card，集成电路卡或智能卡）通用化”。智能小区除了具有满足人们基本生活的功能外，还要考虑安全、健

康、节能、便利、舒适五大要素，以创造出高标准的建筑环境，例如绿色环境、回归自然的环境、多媒体信息共享环境、优秀的人文环境等。

虽然各种智能建筑物在功能上各有所偏重，但其本质都是在各自建筑环境内利用智能化技术来提高建筑物的服务能力，缩短人与人之间的距离，实现了零时间、零距离的交流。

1.1.5 智能建筑的优点

增加功能、改善服务、提高效益、降低成本是建筑物的发展趋势。智能建筑具有传统建筑无可比拟的优越性，更能人性化地满足人们的不同需求，适应性极强，具有空间和时间上的可扩展性，而且可以最大限度地节约能源，因此备受人们的青睐。

从技术角度来说，智能建筑与传统建筑最大的不同之处在于，前者采用系统集成的方法，能将智能建筑中分离的设备、子系统、功能、信息通过计算机网络集成为一个相互关联、统一协调的系统，实现信息、资源、任务的重组和共享，既节省空间又节省费用。

从经济效益角度来说，智能建筑的优点主要体现在以下三个方面：

(1) 节省成本 据统计，智能建筑中智能系统部分的投资回收期为3年左右，远远短于建筑的其他部分回收期，运行费用和耗能通常比普通建筑低30%~45%，而售房率和出租率却比普通建筑高出15%。

(2) 节能 据统计，在发达国家中，建筑物的能耗约占全国总能耗的30%~40%，节能是智能建筑最重要的目标之一，也是智能建筑高效和高回报率的具体体现。在满足用户对环境要求的前提下，与传统建筑相比，智能建筑能通过其智能化技术最大限度地减少能源消耗，例如根据“工作”与“非工作”、“忙”与“闲”等不同时间阶段，对建筑物实施不同标准的自动控制；尽可能利用自然光来调节室内环境；采用高效率机组和节能产品等。

(3) 节省运行和维护的费用 据统计，现代大厦的管理费、水电费、煤气费、机械设备及电梯等的维护费，约占整个大厦运行费用的60%，且其费用还将以每年4%的速度增加。与传统建筑相比，智能建筑通过管理的科学化、智能化，使得建筑物内的各类机电设备的运行管理、保养维修更趋自动化，降低了机电设备的维护成本，同时由于系统的高度集成，系统的操作和管理也高度集中，人员安排更合理，使得人工成本降到最低。

从服务功能角度来说，智能建筑的优点主要表现在以下三个方面：

(1) 安全 智能建筑中配有消防报警自动化系统和安全防范自动化系统，其智能化可确保人、财、物的高度安全，并能对灾害和突发事件做出快速反应。

(2) 舒适 智能建筑能对温度、湿度、照度等环境因素自动调节，并提供多媒体音像、公共环境背景音乐等，能使用户心情舒畅，可极大地提高人们工作、学

习和生活的质量。

(3) 高效便捷 智能建筑通过建筑内外四通八达的电话、电视、计算机网络等现代化通信手段，可使用户通过国际直拨电话、电子邮件、电视会议、卫星接收、信息检索与统计分析等多种手段，及时获得全球性金融信息、商业信息、科技信息等最新动态，并随时与世界各地进行联系沟通，从而为人们提供一个高效便捷的工作、学习和生活环境。

智能建筑发展到今天，已经不是高新技术产品的简单合成，而是采用高科技来实现、解决人们的需求，改善和提高建筑环境的品质，更好地为人们服务。智能建筑的范围也不再局限于办公大楼、公寓、医院、学校、体育场馆等建筑领域，在国际上，智能建筑已经向“智能城市”、“智能半岛”等方向发展，如美国、日本的“空中城市”、“月球城市”计划，韩国的“智能岛”计划，印度的“智能城”计划，新加坡的“光纤智能花园”等计划。可以预见，随着科学技术日新月异的发展，将会有更多的高新技术应用到智能建筑中，这将使得智能建筑的未来有更广阔的发展天地。

1.2 智能建筑的系统构成

通常认为智能建筑是以建筑环境为平台，由建筑设备自动化系统（Building Automation System, BAS）、通信自动化系统（Communication Automation System, CAS）和办公自动化系统（Office Automation System, OAS）三大系统，即所谓的“3A”系统，通过综合布线系统（Generic Cabling System, GCS）连接而成的一个完整的智能化系统，如图 1-1 所示。

1.2.1 建筑设备自动化系统

建筑设备自动化系统（BAS），又称为楼宇自动化系统，是智能建筑最基本、最重要的组成部分，可实现对建筑物或建筑群内的电力、照明、空调、给排水、防火、安全防范、车库管理等设备或系统的集中监视、控制和管理，其功能主要包括以下两方面：

(1) 设备监控与管理 对建筑物内各种建筑设备的运行状态进行监视、起停和运行控制，并提供设备运行管理，其中包括维护保养及事故诊断分析、调度及费用管理等。

(2) 节能控制 通过对空调、供配电、照明、给排水等设备的控制，在不降低舒适性的前提下达到节能、降低运行费用的目的。

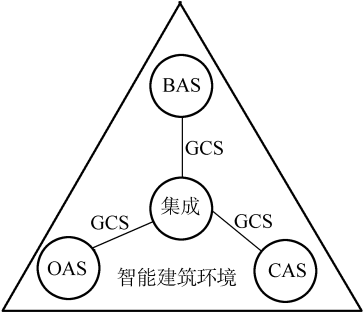


图 1-1 智能建筑的系统构成

BAS 有广义和狭义之分。狭义 BAS，通常称之为建筑设备监控系统；广义 BAS 则是在狭义 BAS 的基础上增加火灾自动报警与消防联动控制系统（简称消防系统）和安全防范的系统（简称安防系统）。

在智能建筑系统中，通常建筑设备监控系统、消防系统和安防系统这三个相对独立的子系统，通过综合布线系统（GCS），与上层建筑设备管理系统（Building Management System，BMS）相连，由 BMS 对大厦内所有实时监控系统实行集成监控、联动和管理，如图 1-2 所示。

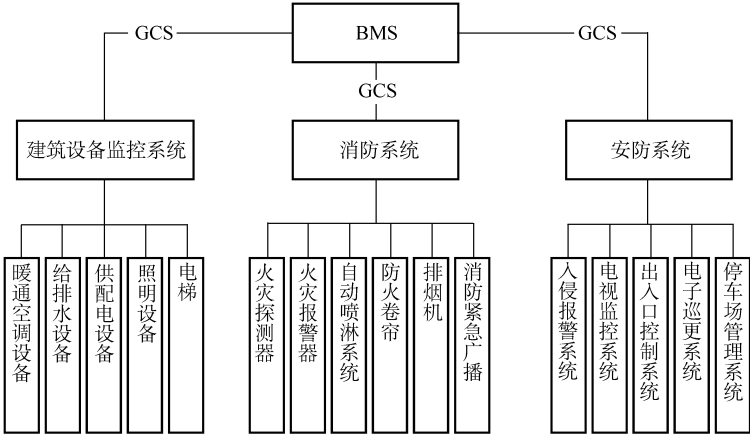


图 1-2 建筑设备自动化系统的构成

(1) 建筑设备管理系统（BMS） BMS 是对 BAS 三大组成部分——建筑设备监控系统、消防系统和安防系统进行系统集成。它采用标准、开放的通信接口、网络技术和交互操作的软件平台，并配置必要的数据库和应用服务程序，对纳入集成系统的所有设备在同一管理操作界面进行集中的监测和控制。

(2) 建筑设备监控系统 通常包括暖通空调设备、给排水设备、供配电设备、照明设备、电梯等子系统，是建筑物不可缺少的重要组成部分，其功能是对大厦的机电设备和能源实现智能化管理，这是创建安全、舒适的生活和工作环境必备的基础条件。

(3) 消防系统 火灾报警对确保建筑物的安全非常重要，有消防报警系统是智能大厦投入使用的先决条件。通常智能大厦根据使用环境的不同，在不同位置或场所配置不同类型（如感烟、感温、感光等类型）的火灾探测器，它们是及时发现火情的关键。当有火灾发生时，探测器产生火灾报警信号，并通过数据总线传送给判定单元和火灾报警监控主机。在对火灾信息进行处理后，如果确认发生火灾及其位置后，消防系统将启动一系列的消防联动措施，例如运转消防水泵和喷淋系统、启动排烟机、落下防火卷帘，以将火灾消灭在萌发状态。此外，为保证火灾时及时疏散人员，在大楼内还必须装备消防紧急广播系统；为获得强有力的消防后

援，智能化的消防系统还通过计算机网络与城市消防调度指挥系统连网等。

(4) 安防系统 安防系统对保障人们的人身和财产安全具有重要的作用，并且随着信息社会中计算机及计算机网络的应用普及，大量的文件和数据都存在计算机中，安防系统的功能不仅局限于防止各种盗窃和暴力事件的发生，已扩展到保护知识资产的作用。根据大厦使用类别、安全保障范围等不同情况，安防系统通常可包括入侵报警、电视监控、出入口控制、电子巡更、停车场（库）管理、防爆安全检查等子系统。例如，政府机关大楼应重点放在严格出入口管理上，采用刷卡是一种方便实用的方法，可限定进出区域和时间，对保密要求较高的场合，可采用 IC 卡；对于公共性和人员流动量大的建筑，可兼用出入口控制和闭路电视监控；对于楼内计算中心、控制中心等重要场所，可实行刷卡加密码的门禁控制方式等。

1.2.2 通信自动化系统

通信自动化系统（CAS）是保障智能建筑具有语音、数据、图像传输能力的实现基础，它与外部通信网（如公共电话网、数据通信网、计算机网络、卫星通信网以及广播电视网等）相连，能够与世界各地互通信息，为用户提供易于连接、方便快捷的信息服

务。通常，CAS 可分为语音通信、图文通信及数据通信等三个子系统。

(1) 语音通信系统 可提供预约呼叫、等待呼叫、自动重拨、快速拨号、转移呼叫、直接拨入、接收和传递信息的小屏幕显示、用户账单报告、屋顶远程端口卫星通信、语音邮件等上百种不同特色的通信服务。

(2) 图文通信系统 可提供传真通信、可视数据检索、电子邮件、电视会议等通信业务。由于数字传送和分组交换技术的发展及采用大容量高速数字专用通信线路实现多种通信方式的出现，使得用户可以根据需要选定经济而高效的通信线路成为可能。

(3) 数据通信系统 可供用户建立计算机网络，以连接办公区内的计算机和其他外部设备，使得不同用户的计算机可以进行通信，从而提供电子数据交换和多功能自动交换业务。

此外，智能建筑中的 CAS 还可认为由通信和计算机网络两大部分组成。通信系统目前主要包括用户程控交换系统和有线电视网两大系统，前者是由电信系统发展而来的，后者是从广播电视系统发展而来的。计算机网络系统，则包括智能建筑中的计算机局域网及其互联网、接入网。

目前，CAS 正沿着数字化、宽带化、高速化和智能化、综合化、网络化的方向迅速发展。业务种类已由传统的电话、传真等基础通信业务，发展到数据、图形图像、可视电话、会议电视、多媒体等；现代通信技术包括了综合业务数字网（ISDN）技术，即窄带 ISDN/宽带 ISDN（N-ISDN/B-ISDN）技术、宽带多媒体网络技术、异步传输模式（ATM）技术、同步数据系列（SDH）技术、接入网技术、

因特网/内联网（Internet/Intranet）、网际协议（IP）通信技术、卫星通信技术、移动通信和个人通信技术、数字微波通信技术、数据通信技术等。

1.2.3 办公自动化系统

办公自动化系统（OAS）是应用计算机技术、通信技术、多媒体技术和行为科学等先进技术，使人们的部分办公业务借助于各种办公设备，并由这些办公设备与办公人员构成服务于某种办公目标的人机信息系统。其目标是通过实现办公处理业务的自动化，最大限度地提高办公效率，改进办公质量，改善办公环境和条件，辅助决策，减少或避免各种差错和弊端，缩短办公处理周期，并用科学的管理方法，借助各种先进技术，提高管理和决策的科学水平。

OAS 的硬件，主要包括各种现代化的办公设备，根据办公活动的信息流，可分为输入设备、处理设备、存储设备、输出设备、复制设备、通信设备、销毁设备等七大类。

OAS 的软件，指能够管理和控制办公自动化系统的计算机程序，一般包括系统软件、支撑软件和应用软件三类。

（1）系统软件 用于管理计算机，主要是操作系统，例如 Linux、UNIX 和 Windows 等。

（2）支撑软件 用于开发办公自动化系统实际应用的工具软件，如数据库管理软件、压缩/解压缩软件、浏览器软件、音/视频播放软件等。

（3）应用软件 用于支持具体办公活动的应用程序，一般根据具体用户的不同需求进行设计。

通常，智能建筑的 OAS 可分为通用 OAS 和专用 OAS 两类。通用 OAS 可提供建筑物的物业管理、营运信息、电子账务、电子邮件、信息发布、信息检索、索引、电子会议以及文字处理、文档等管理功能。而对于专业型办公建筑，其办公自动化系统除具有上述功能外，还应按其特定的业务需求，针对不同用户的办公业务需求，建立专用 OAS，例如证券交易系统、银行业务系统、商场销售终端（POS）系统、企业资源计划（ERP）制造企业资源管理系统、政府公文流转系统等。

OAS 是一种用高新技术来支撑的、辅助办公的先进手段，从它的业务性质来看，主要承担三项任务：

（1）电子数据处理（Electronic Data Processing, EDP） 处理大量繁琐的事务性工作，例如发送通知、打印文件、汇总表格和组织会议等。

（2）管理信息系统（Management Information System, MIS） 完成对信息流的控制管理，把各项独立的事务处理通过信息交换和资源共享联系起来，提高部门的工作效率。

（3）决策支持系统（Decision Support System, DSS） 自动采集和分析信息，

提供各种优化方案，最大可能地辅助决策者做出正确的决定。

1.2.4 综合布线系统

综合布线系统(GCS)是在建筑物内部或建筑群环境下的一种信息传输技术。它将所有电话、数据、图文、图像及多媒体设备的布线综合（或组合）在一套标准的布线系统中，实现了多种信息系统的兼容、共用和互换、互调性能。GCS使语音、数据、图像等信息在建筑物内或建筑群间传输，满足人们在建筑物内的各种信息要求，是智能建筑连接“3A”系统必备的基础设施。

根据 GB/T 50314—2006《智能建筑设计标准》，目前 GCS 采用星形结构的模块化设计，由四个独立的子系统组成：

(1) 建筑群主干布线子系统 是指多个建筑物之间的布线系统，通常采用光纤作为传输介质。

(2) 建筑物主干布线子系统 是指贯穿建筑物上下各楼层之间的布线系统，从建筑物总配线架到各楼层配线架，属于建筑物主干布线子系统，通常采用光纤或 5 类以上非屏蔽电缆。

(3) 水平布线子系统 从楼层配线架到各信息插座的信息插口，属于水平布线子系统，通常包括信息插座、水平对绞电缆、水平光缆及其在楼层配线架上的连接硬件、接插软线和跳线等。

(4) 工作区布线子系统 是指水平布线系统的信息插座延伸到工作站终端设备处的连接线缆及适配器等。

1.3 智能建筑的关键技术

一座功能完整的智能大厦中包含了多个不同技术类别的子系统，如建筑、装潢、安保、消防、综合布线、计算机网络、大厦设备管理、办公自动化和电话系统等。它们分属于不同的学科，要把它们综合成具有统一的连接界面，有着相当的技术难度。而且随着现代通信、计算机及网络技术的飞速发展，智能建筑中的各个子系统正在向着大规模、多控制对象和分散的方向发展，各个子系统之间及建筑物之间对信息的传递速率和共享程度的要求也越来越高。

智能建筑的最终目标是系统集成。所谓系统集成，主要是通过楼宇中结构化的综合布线系统和计算机网络技术，使构成智能建筑的各个主要子系统具有开放式结构，协议和接口都要标准化和规范化。具体而言，就是软硬件的连接方式、交换信息的内容和格式、子系统之间的互控和联动功能、各子系统的扩展方法等方面，都必须标准化和规范化，从而能将各自分离的设备、功能和信息等集成到相互关联的、统一和协调的系统之中，达到资源的充分共享，并实现集中和便利的管理。

1.3.1 系统集成的目标

系统集成的目标可概括为一项基本要求、六类目标、四种性能。

一项基本要求是对使用者而言，智能大厦应当有一个有利于提高工作效率、激发人员创造性的方便、安全、舒适的环境；对管理者而言，智能大厦应当有一套便于管理、控制、运行、维护的系统。

六类目标是：

- 1) 能够提供高度共享的信息资源；
- 2) 确保提高工作效率和舒适的工作环境；
- 3) 高效节能，节约管理费用，减少物业管理人員；
- 4) 各种系统设备使用管理方便、安全可靠；
- 5) 适应管理工作的发展需要，具有可扩展性、可变性，能适应环境的变化和工作性质的多样化；
- 6) 投资合理，达到短期投资长期受益的目的。

四种性能是：安全性、舒适性、便捷性、可用性。具体而言，智能大厦建设要做到布线系统先进、信息系统全面、自动化系统周全、安全保障系统灵敏。

1.3.2 系统集成的实现途径

系统集成应根据需要采用功能集成、网络集成、软件界面集成等多种集成技术。系统集成实现的关键在于解决系统之间的互连和互操作性问题，它是一个多厂商、多协议和面向各种应用的体系结构。这既需要解决各类设备间及子系统间的接口、协议、系统平台、应用软件等问题，又存在与建筑环境、施工配合、组织管理、人员配备等相关的一切面向集成的问题，系统集成的本质是达到资源的共享。

智能化系统集成的实现，一般采用总承包的方式，选择一家有经济实力和智能化系统集成经验的公司作为系统集成的总承包商，完成从系统集成方案、各子系统之间的接口选择与连接、应用软件开发等工作。

系统集成的主要模式有以 BAS 为中心的集成模式、采用 LonWorks 或 BACnet 现场总线技术的方案等。以 BAS 为中心的集成模式是通过开发和第三方系统的网络通信接口（网关），将各种系统数据集成到网络主干上，BAS 网关能将消防、保安等第三方系统的协议转化为 BAS 楼宇级通信主干协议，从而实现以 BAS 为中心的集成目的。这种集成模式的优点是楼宇自控系统软件本身提供的开发平台比较强大，通过网关转换，不难将大楼内全部弱电系统连通，缺点是楼宇自控级网络通信速率最高只能达到 116kbit/s。而 LonWorks 或 BACnet 是非常优秀的测控网络通信技术，很适合大区域和点数分散的控制系统，LonWorks 通信速率能达到 1.25 Mbit/s，BACnet 可达 10Mbit/s。

1.3.3 系统集成的模式

智能建筑的系统集成有两个层面，即中央的集成（它代表系统从总体到局部

自上而下的整体规划)和子系统的集成(即从下而上实现子系统各项功能的集成)。为此,首先要在BAS、CAS、OAS三个子系统级各自集成,子系统集成是以功能实现为目标的基础集成,在形成智能建筑管理系统(Intelligent Building Management System, IBMS)、通信自动化系统(CAS)、办公自动化系统(OAS)这三个独立的子系统之后,在此基础上再对各个子系统作中央集成,这是以提高效率为目标的高层次集成。

智能大厦的中央管理机系统本质上是一个复杂的计算机网络系统,各个子系统与该网络的接口方式,也就是两者之间的硬件连接,大致可分为如下四种情况:

1) 直接与主网接口方式,如OAS子系统中的工作站等;

2) 子系统本身有自己的监控主机,而且其主机可与主网直接接口,如BA子系统等;

3) 子系统本身虽然有自己的监控主机,但因其主机没有与主网直接接口的功能,需要通过网络接口设备与主网相连,如低档巡更系统、出入口控制系统等;

4) 子系统本身没有自己的监控主机,只能将其通过智能网络接口设备与主网相连,如有线电视系统等。

软件连接分为以下两种模式:

(1) 子系统集成模式 各个子系统的操作与管理软件可以不在同一个计算机平台上,中央管理机系统在进行系统集成时,需与各子系统之间建立通信协议,其集成难度和造价高。

(2) 控制器集成模式 采用统一的操作系统,运行在同一个计算机平台上,各子系统与中央管理机系统之间没有明显的主从管理关系,而是并行处理、资源与任务共享关系。其实现方法是各子系统采集和控制的信号都汇总到现场控制器,通过分布式操作系统软件来调度现场控制器采集到的信息,并设置信息传送路径(目标接点),而中央管理机系统可以有一台或者多台并行处理主机,任何一台并行处理主机可以接收和处理智能管理系统的全部信息,也可以通过系统的信息途径分配、接收和处理某一个系统的信息。控制器集成模式不但可以实现一体化的集成,而且系统的并行处理主机是互为热备份的,因此被认为是一种先进的系统集成方式。

当今的系统集成,特别要求是网络化的集成,而不再是以处理器或服务器为中心。计算机环境也正从客户机/服务器(Client/Server, C/S)逐步向浏览器/服务器(Browser/Server, B/S)和客户机/网络(Client/Network, C/N)的方向发展。集成系统的开发也不再是面向过程,而是面向对象,密切结合应用需求,强调系统集成。从信息交互上来看,已经从简单的状态信息组合和基于监控的处理,发展到基于内容的处理和融合,以及基于虚拟和多媒体技术的人机接口。

1.4 智能建筑系统工程的任务

智能建筑是现代高新技术的结晶,既是技术密集型建筑,也是资金密集型建

筑，它的设计与施工都不能照搬传统建筑的方法，需要有专业化的设计队伍和承建商，以及相应的行业规范。此外，我国是发展中国家，目前智能建筑还不属于普及型建筑，应力求避免盲目立项，以防造成重大浪费。

1.4.1 智能建筑的设计原则

智能建筑的设计，应从建筑物使用功能的实际需要出发，不能脱离实际地追求高标准集成。其设计必须经过用户需求咨询、可行性分析论证、系统总体设计、实施深化设计等环节，既要做到功能适用、技术先进、经济合理、维修方便，又要留有可扩充余地，并且符合可持续发展方向的要求。安全、舒适、快捷的优质服务是智能建筑的实现目标，具体而言，这三个方面的目标可分别由以下各子系统实现。

1) 安全性方面可由入侵报警系统、出入口控制系统、电视监控系统、电子巡更系统、火灾自动报警与消防联动控制系统、紧急广播系统、停车场管理系统等相关子系统来保障实现。

2) 舒适性方面可由暖通空调系统、供电与照明控制系统、卫星及共用天线电视系统、背景音乐系统、多媒体音像系统等来实现。

3) 便捷性方面可由结构化综合布线系统、信息传输系统、通信网络系统、办公自动化系统、物业管理系统等来实现。

智能建筑的建筑设计还必须与智能化系统设计协调一致、同步进行，并贯彻于设计工作的全过程。从总体到细部都应考虑智能化系统的布置、安装与正常运行的特殊需要，及由此引起的人们工作与生活方式的变化对建筑设计的影响。智能建筑的建筑设计应具有足够的应变能力，以满足用户变动、技术升级的需要，如采用大柱网（大于 $8\text{m} \times 8\text{m}$ ）框架结构、内隔墙由便于拆装的轻质墙组成等，以提高适应性与灵活性。

智能建筑系统设计的核心技术方法是系统集成。应该在同一个计算机网络支持平台上、统一的操作界面运行环境下，将 BAS、CAS 和 OAS 三大子系统集成为一个统一的整体，选用符合标准的定型产品，构成具有开放性的系统。

1.4.2 建筑设备自动化系统的设计流程

建筑设备自动化系统（BAS）是本书介绍的重点内容，其设计流程为：

1) 研究建筑物功能，了解业主需求、业主要求及期望达到的目标等。

2) 了解机电专业对控制系统的要求，确定 BAS 的监控范围，探讨控制方案，确定控制功能和网络结构，了解给排水、暖通空调、安防、消防、供配电、照明、电梯等专业对控制系统的要求，在探讨控制方案、确定控制功能时，应该考虑节能、设备保养与维护、减少故障、防灾、保安等方面要求。然后，根据 BAS 的监控范围、功能集成的要求，确定系统网络结构。

3) 和土建专业共同确定中央控制室的位置、面积，确定竖井数量、位置、面积、布线方式等，以使建筑设计满足 BAS 正常运行的要求，与 BAS 设计形成和谐

的统一整体，并为 BAS 留有可扩充余地。

4) 根据 BAS 的网络拓扑结构和现场建筑设备的具体布置，画出 BAS 的控制网络图。

5) 完成配线设备二次回路设计（配合强电专业）和各种仪表选择、调节阀计算，确定 BAS 现场传感器、执行器的规格、尺寸和安装方式。

6) 画出各子系统的控制系统图及各层管线敷设平面图，在此基础上，可以作出各个直接数字控制器（DDC）的监控表。

7) 开列 BAS 的设备、材料表，写出设计、施工要点及各专业图样会签。

8) BAS 的电源应由变电所引出专用回路向中央控制室供电，供电回路采用保安电源供电。中央操作站应设不间断电源（UPS）装置，DDC 宜采用中央控制室集中供电方式。

9) BAS 的接地要求。一般采用建筑物总体接地方式，要求总体接地电阻应不大于 1Ω 。系统单独设置接地极时，宜采用一点接地方式，接地电阻应不大于 4Ω ，并且接地极与建筑物防雷接地极之间的距离不得小于 20m。

第 2 章 智能建筑技术基础

智能建筑区别于传统建筑体现在“智能化”。它是建筑技术与信息技术相结合的产物，并且将随着科学技术的进步而不断发展和充实。智能建筑的支撑技术可概括为计算机控制技术、通信技术和网络技术。

2.1 计算机控制技术

2.1.1 概述

计算机控制技术是计算机技术与自动控制技术的结合，是构成智能建筑设备自动化系统的核心技术。

计算机技术是 20 世纪发展最为迅速的技术之一，计算机的应用几乎遍及整个智能建筑的角落，在智能建筑的众多智能子系统中，一般都采用计算机作为其核心部件，有的系统还不止使用一台计算机，例如 BAS 中，中央操作站是计算机，而现场控制器即 DDC 则均具有嵌入式的计算机。

计算机大体上由两部分组成：一部分为核心部分，包括中央处理器（CPU）和存储器；另一部分为外部设备。对于计算机的核心部分，其主要的功能有三项：计算能力、记忆能力和逻辑判断能力。而且，随着半导体集成电路制造工艺的飞速发展，作为计算机“大脑”的 CPU，无论从体积上还是从功能上均以惊人的速度在发展，平均工作速度每 18 个月增加 1 倍，而成本则每 18 个月降低 1 半。除了速度、集成度的极大提高外，CPU 的发展还经历了从复杂指令集计算机（CISC）技术到精简指令集计算机（RISC）技术，从单微处理器到多微处理器并行处理技术的发展。

在软件方面，目前主要有以下三种主流技术：

（1）面向对象技术 国内已经在智能建筑 BMS、OAS 应用软件开发中采用了面向对象技术，它与客户机/服务器技术是 20 世纪 90 年代计算机技术发展的两大代表。面向对象技术主要包括面向对象程序设计语言、面向对象的软件开发方法和面向对象数据库等方面，其中面向对象软件开发技术将最终取代传统的结构化软件开发技术。

（2）客户机/服务器技术 客户机/服务器（C/S）技术是一种优化的网络计算模式，将一个计算机应用分解为两个部分，交由网络上不同的计算机来分别执行，把复杂的计算任务留给后端的服务器（高性能计算机）处理，而把一些频繁与用户打交道的简单任务交给前端客户机（PC）来处理。客户机与服务器之间是一种

请求/响应的关系。

浏览器/服务器 (B/S) 技术是在 C/S 技术的基础上, 将客户机上的应用程序简化为统一的浏览器软件, 使得应用系统的开发和维护集中在服务器端, 大大降低了应用软件的开发周期和成本。Internet 和 Intranet 就是采用 B/S 技术, 智能建筑中的各种信息服务系统现在也主要采用 B/S 模式。

(3) 计算机支持协同工作技术 计算机支持协同工作 (Computer Supported for Cooperative Work, CSCW) 是指在计算机技术支持的环境中, 一个群体协同工作完成一项共同的任务。CSGW 是在现代社会中, 以人们的协同工作方式为背景, 并且以计算机技术、通信技术、多媒体技术的发展和融合为基础, 具有广泛的应用领域为前提条件而形成的。它涉及到众多的学科领域, 如计算机、管理学、通信、分布系统、人工智能、社会学、心理学、组织理论等。

现代自动控制技术主要是数字控制技术, 即利用计算机本身所具有的强大计算能力、逻辑判断能力、大容量存储能力来实现各种控制算法, 满足智能建筑系统的不同功能要求。随着高新科技的发展, 新的控制理论、技术以及控制系统不断出现, 如非线性控制、智能控制、自适应控制、模糊控制、分布式控制、神经网络控制等, 在智能建筑中将越来越多地采用这些现代控制技术。

1. 模糊控制

模糊控制是智能控制的较早形式, 吸收了人的思维具有模糊性的特点, 利用专家的控制经验来控制对象, 广泛应用于信息处理和过程控制领域。模糊控制不需要数学模型, 是解决不确定系统控制的一条有效途径。但模糊控制也有其自身的缺点: 控制精度较低, 模糊控制器的隶属函数、控制规则是根据经验预先总结确定的, 在控制过程中无法进行修正, 不具有学习和适应的能力。自组织模糊控制器则是对模糊控制器的改进, 它具有自学习、自适应能力, 能在运行过程中自动修改、调整和完善, 使系统达到十分满意的运行效果, 现在已越来越多地应用于智能建筑的控制系统中。

2. 神经网络控制

神经网络控制是由大量的处理单元 (或称神经元) 广泛地互连而形成的复杂网络系统, 可以被看作是一个多输入多输出的非线性动力学系统, 并通过一组状态方程和一组学习方程加以描述。神经网络通过修正网络权值来进行学习, 从而调整整个神经网络的输入输出关系, 因此采用神经网络作为控制器时, 不需要为被控对象建立精确的数学模型, 并且对于外界环境和参数变化, 它也表现出很强的自适应性。神经网络控制以其可学习的特性和高度并行的结构, 使得该技术具有容错性强、并行计算、便于用大规模并行电路实现等优点, 可逼近任一非线性函数。例如采用神经元芯片作为核心的 LonWorks 现场总线技术, 可实现真正的分布式控制。

3. 预测控制

预测控制是一类新型的计算机控制算法，由预测模型、滚动优化、误差反馈校正和给定值设置四部分构成，汲取了现代控制理论中的优化思想，采用不断地在线有限优化，即滚动优化，取代了传统的最优控制。由于在优化过程中利用实测信息不断进行反馈校正，所以在一定程度上克服了不确定性的影响，增强了控制系统的鲁棒性，且在线计算比较简单。目前，预测控制已经在空调系统、热电厂等领域得到良好应用。

此外，随着计算技术的蓬勃发展，它与多种技术相融合而伴生出新的技术，例如多媒体技术、信息安全技术等，从而使得控制系统的功能不断增多。多媒体技术是将计算机技术与信息处理技术、数据库技术、人机界面技术等多种技术融合，使得计算机由原来只能处理文字、图形，发展到如今能够处理图像、声音、视频等多媒体信息，这是一种发展的必然。计算机信息安全技术则是由计算机管理而派生出来的一门科学技术，其研究内容主要包括密码技术、反病毒技术、防火墙技术等，研究目的主要是为了改善计算机系统和应用中的某些不可靠因素，以保证计算机正常运行，信息被授权合法使用。计算机网络技术的发展，尤其是 Internet 在社会各领域的广泛应用，使得计算机信息系统的安全日益成为影响网络效能的重要因素。在网络时代，计算机信息系统安全要着眼于网络安全，必须有足够的安全措施，能够全方位地针对各种不同的威胁和脆弱性，这样才能确保信息的保密性、完整性和可用性。

综上所述，计算机本身所具有的强大计算能力、逻辑判断能力、大容量存储能力，再加上与其他技术相融合而成的多种功能，使得计算机控制能够解决常规控制技术解决不了的难题，达到常规控制技术达不到的优异性能指标，真正实现智能建筑系统安全、节能、高效而又便利的控制目标。

2.1.2 计算机控制系统的工作过程

在智能建筑各子系统计算机，一般主要执行的是控制功能。通过数据采集设备，如探测器、传感器等，将采集到的数据加以转换，输入到计算机中。计算机按照某些算法，对采集到的数据进行加工处理，然后输出，并通过执行机构控制外界环境按照设定的方向转变，从而为人们提供一个舒适、安全、高效的生活、学习、工作和娱乐的环境。

图 2-1 所示为计算机控制系统的工作过程，控制系统周而复始地运行，使得整个系统能按照一定的动态品质指标进行工作，并且能对被控参数和设备本身出现的异常状态实时监督，并迅速处理，控制过程可大体分为三步。

(1) 实时数据采集 是指被测参数经传感器、变送器，转换成统一的标准电信号，再经多路开关分时送到 A/D 转换器进行模拟/数字转换，转换后的数字量通过接口送入计算机。

向系统的各个部分发出各种命令，同时对被测参数进行巡回检测、数据处理、控制计算、报警处理以及逻辑判断等。CPU 的选用将直接影响到系统的功能及接口电路的设计等。目前最常用的有 Intel 80X86 及 Intel 8051、8096 系列单片机等。

(2) I/O 接口 I/O 接口是 CPU 与外部设备进行数据交换的桥梁，目前绝大多数 I/O 接口电路都是可编程的，即它们的工作方式可由程序进行控制。目前常用的 I/O 接口有 8155 和 8255 并行接口；8251 串行接口等；8237 直接数据传送控制器；8259 中断控制接口；8253 定时器/计数器等。

此外，由于计算机只能接收数字量，而生产过程被测参数大多为模拟量，如温度、压力、流量、液位、电压以及电流等，因此为了实现计算机控制，必须把模拟量转换成数字量，即 A/D 转换。同样地，外部执行机构的控制也多为模拟量，所以计算机计算出控制量之后，还必须把数字量变成模拟量，即 D/A 转换。

(3) 通用外部设备 通用外部设备主要是为了扩大主机的功能而设置的，可用于显示、打印、存储及传送数据。目前已有许多专门厂商生产出各种通用外部设备，如打印机、阴极射线管（CRT）显示终端、卡片读入机、磁盘驱动器、光盘驱动器及扫描仪等。

(4) 检测元件 检测元件即传感器，是对生产过程中的各种数据，如温度、压力、流量、液位等进行采集，把非电量参数转换成电量。这些信号经变送器转换成统一的标准信号（0 ~ 5V 或 4 ~ 20mA）后，再送入计算机。检测元件的精度直接影响到计算机控制系统的精度。

(5) 执行机构 执行机构的作用是控制现场装置的各种参数，例如，在水位控制系统中控制进入容器的水的流量。目前，执行机构有电动、气动、液压传动等，也有的采用电动机、步进电动机以及晶闸管等进行控制。

2. 软件组成

软件是计算机控制系统的神经中枢，整个控制系统的协调工作都是在软件指挥下进行的。按使用功能分，软件可分为系统软件和应用软件。系统软件一般是由计算机厂商提供的，专门用来使用和管理计算机的程序。应用软件是面向生产过程的程序，大都由用户自己根据实际需要进行开发，如 A/D、D/A 转换程序，数据采集、数字滤波程序，标度变换程序，键盘处理程序，显示程序，过程控制程序等。

2.1.4 集散控制系统

集散型计算机控制系统，简称为集散控制系统（Distributed Control System, DCS），自 1975 年 Honeywell 公司推出的 TDC2000 集散控制系统以来，集散控制系统在近 30 年的发展过程中逐步完善、成熟，20 世纪 80 ~ 90 年代在控制领域中占主导地位。

目前对集散控制系统尚无确切的定义，其实质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新型控制技术。它是由计算机技术、信

号处理技术、测量控制技术、通信网络技术和人机接口技术相互发展、渗透而产生的，既不同于分散的仪表控制系统，又不同于集中式计算机控制系统。它是吸收了两者的优点，在它们的基础上发展起来的一门系统工程技术，具有很强的生命力和显著的优越性。

1. 集散控制系统的结构和组成

集散控制系统的结构是一个分布式系统，从整体逻辑结构上讲，是一个分支树结构，这与工业生产过程的行政管理结构相一致，如图 2-3 所示。

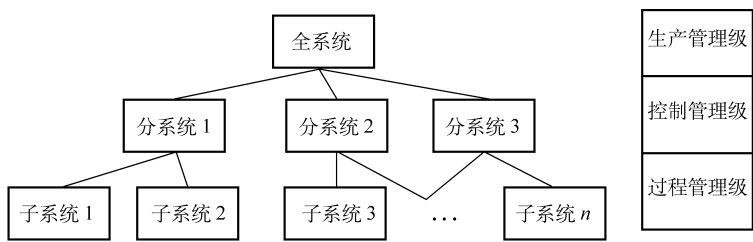


图 2-3 集散控制系统结构

按系统结构进行垂直分解，它可分为过程控制级、控制管理级和生产管理级。各级既相互独立，又相互联系，每一级又可按水平分解成若干子集。从功能分散看，纵向分散意味着不同级的设备有不同的功能，如实时控制、实时监视和生产过程管理等。横向分散则意味着在同级上的设备有类似的功能。按照这种思想来设计集散控制系统的硬件和软件，就是要贯彻既集中又分散的原则。

集散控制系统主要由分散过程控制装置、集中操作和管理装置、数据通信系统三大部分组成，其典型组成结构如图 2-4 所示。

(1) 分散过程控制装置 分散过程控制装置是集散控制系统与生产过程间的界面，生产过程的各种过程变量通过分散过程控制装置转化为操作监视的数据，而操作的各种信息也通过分散过程控制装置送到执行机构。在分散过程控制装置内，进行模/数转换，完成控制算法的各种运算，对输入与输出量进行有关的软件滤波及其他运算。

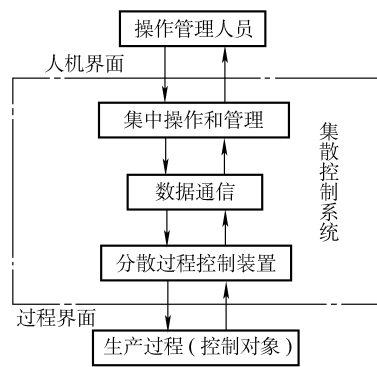


图 2-4 集散系统的组成

分散过程控制装置按功能又可分为控制站、监测站或现场控制站，其中控制站可实现对现场物理信号（包括开关信号）进行实时采集，并进行数据处理、控制运算，或将结果传送到上位机。

(2) 操作和管理装置 操作和管理装置是操作人员与集散控制系统间的界面，操作人员通过集中操作和管理装置了解生产过程的运行状况，并通过它发出操作指令给生产过程。生产过程的各种参数在操作管理装置上显示，以便于操作人员监视和操作。

集中操作和管理部分又可分为工程师站、操作员站和管理计算机。工程师站只供工程师使用，主要用于组态和维护；操作员站用于监视和操作，可实现控制系统的控制操作、过程状态显示、报警状态显示、历史数据的收集和各種趋势显示及报表生成与打印等；管理计算机则主要用于全系统的信息管理和优化控制。

(3) 数据通信系统 分散过程控制装置与操作和管理装置之间需要有一个桥梁来完成数据之间的传递和交换，这就是通信系统。通信部分连接集散控制系统的各个分布部分，完成数据指令及其他信息的传递。集散控制系统软件是由实时多任务操作系统、数据库管理系统、数据通信软件、组态软件和各種应用软件所组成，使用组态软件这一工具，就可生成用户所要求的实用系统。

通信网络是集散控制系统的重要支柱，执行分散控制的各单元以及各级人机接口要靠通信系统连成一体，这种在局部区域内使用各种数据通信设备互连的通信网络称为局域网（LAN）。它是一个高通信速率、低误码率、快速响应的局部网络，具有组织灵活、易于扩展、资源共享的特点，然而 DCS 完成的是工业控制，因此它与一般的办公室用局域网有所不同，具有如下的特点：

1) 具有快速响应能力，一般办公室用局域网响应时间为 2 ~ 6s，而它则要求 0.01 ~ 0.5s；

2) 具有较高的可靠性，必须连续、准确运行，数据传送误码率低于 $10^{-8} \sim 10^{-11}$ ，系统利用率在 99.999% 以上；

3) 适合于在恶劣环境下工作，能抗电源、雷击、电磁等引起的干扰；

4) 为适应 DCS 的分层结构，其通信网络也必须具有分层结构，如分为现场总线、车间级网络系统、工厂级网络系统等不同层次。

目前，集散控制系统的网络最多有四级，分别是 I/O 总线、现场总线、控制总线和 DCS 网络，其网络结构如图 2-5 所示。

(1) I/O 总线 它把多种 I/O 信号送到控制器，由控制器读取 I/O 信号，I/O 模块之间并不交换数据。I/O 总线包括并行总线

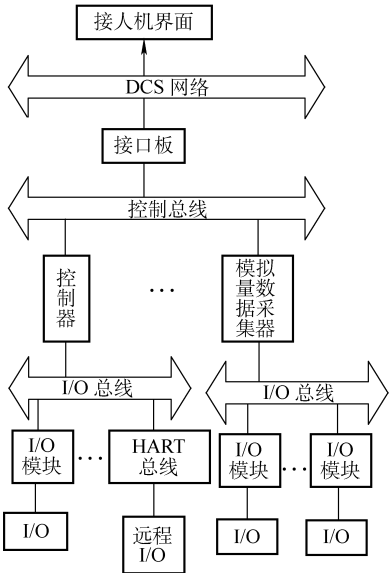


图 2-5 集散控制系统网络结构

和串行总线。I/O 总线的传输速率从每秒几十千比特到几兆比特不等，为了快速，最好采用并行总线。采用并行总线，其 I/O 模块必须与控制器模块相邻；若采用串行总线，I/O 模块和控制器之间的距离也要比较近才行。通常把控制器模块和 I/O 模块装在一个机柜内或相邻的机柜内。

(2) 现场总线 现场总线是 20 世纪 90 年代初发展起来的，远程 I/O 应该采用现场总线，如 CAN (Control Area Network, 控制局域网)、LonWorks (Local Operating Network, 局域操作网络)、HART (Highway Addressable Remote Transducer, 可寻址远程传感器高速通路) 总线等。在 DCS 中，远程 I/O 采用 HART 总线比较多，比如现场的变送器，距离控制器机柜比较远，常把来自 16 个变送器的信号编成一组，用 HART 总线把信号送到控制器，控制器同时读入来自 16 个变送器的信号。采用现场总线，控制器和变送器间距离可达 1km 以上。

(3) 控制总线 把完成不同任务的控制器连在一条总线上，实现控制器之间的通信，称为控制总线，且控制总线上的不同控制器的数量不受限制。控制总线不是所有 DCS 都具有的，可以把各种控制器分别连到 DCS 网络上，控制器之间的数据调用通过 DCS 网络。控制总线的传输速率与 I/O 总线的传输速率相近，通常为每秒几十千比特到几兆比特之间，通信协议类似以太网，采用载波监听、令牌广播发送。

(4) DCS 网络 它把现场控制器和人机界面连成一个系统。为了确保通信可靠，DCS 生产厂商无论是电缆，还是通信接口都作成冗余的，即当一条网络发生故障，另一条备用网络立即投入运行。连在 DCS 通信网络上的部件称为节点（结点），它是 DCS 中参与网络通信的最小单位。节点可以分散配置，各 DCS 中各节点的距离不同，有的可达几百米。DCS 网络的传输速率在每秒几十万比特 ~ 100Mbit/s 之间，网络的总长度可达几千米，最短也有几百米，网络不够长时需加中继器。目前的 DCS 主要采用同轴电缆或光纤，通信速率为 1 ~ 10Mbit/s。

2. 集散控制系统的结构特征

集散控制系统是由一些微处理器、计算机组成的子系统合成为一个大系统，它具有递阶控制结构、分散控制结构和冗余化结构的特征。

(1) 递阶控制结构 DCS 由相互关联的子系统组成，它们各自的特性以及它们之间的关联决定了 DCS 的特性，由于各子系统之间需要互相交换信息，因此需要一个协调者负责此工作，它对各子系统的控制按一定的优先和从属关系来实现，形成金字塔式的结构。同一级的各决策子系统可同时对下级施加作用，同时又受上级的干预，子系统可通过上级互相交换信息。因此，DCS 具有递阶控制结构。递阶控制结构具有经典控制结构所不具备的优点，主要包括：

- 1) 系统的结构灵活，容易改变，系统容量可以扩大或缩小；
- 2) 控制功能增强，除了直接控制外，还有优化控制、自学习、自适应和自组

织等功能；

- 3) 降低了信息存储量、计算量，减少了计算时间；
- 4) 可设置备用子系统，降低成本，提高可靠性；
- 5) 各级的智能化将进一步提高系统的性能。

(2) 分散控制结构 分散控制结构是针对集中控制结构可靠性差的缺点而提出的，与递阶控制结构的根本区别是分散控制系统结构是一个自治的闭环结构。它的结构可以是垂直型、水平型以及两者混合的复合型。

垂直型结构，又称阶层型结构，是以上下关系为基础的结构，下位向左右方向扩大，形成金字塔形。系统的通信发生在上下位间，其主导权由上位掌握，对下位设备的动作有监视和进行调整的权限。水平型结构是对等的分散子系统以自我管理为基础的系统结构，在通信系统中，这些子系统具有平等的地位。复合型结构把水平型结构和垂直型结构结合起来，各子系统各自管理的同时，形成上下阶层关系，各子系统有较强的独立性，上位系统的故障不影响下位子系统间的数据交换和各自的功能，正常工作时，上位监视和支持下位的工作。DCS 大多采用复合型分散控制结构。

DCS 的分散控制结构体现在下面几个方面：

1) 组织人事的分散：DCS 的运行需要操作人员、管理人员，功能的分散与工厂的人员管理体制应相适应。为此，DCS 在组织人事的管理上采用了垂直分散的结构，其上层以数据管理、调度为主，居于全厂优化和调度管理级和车间操作管理级；下层则进行实时处理和控制在，属于过程装置控制级和现场控制级。

2) 地域的分散：地域的分散通常是水平型分散，当被控对象分散在较大的区域，例如油罐区的控制，则 DCS 就需对控制系统在地域上进行分散设置。此外，各被控对象（过程）因地理位置的因素，也有分散控制的需要。

3) 功能的分散：DCS 的分级是以功能分散为依据的。按控制原理分散分，则可以分为直接控制、优化控制、自学习和自适应控制、自组织控制等；按类型分散分，则可以分为常规控制、顺序控制和批量控制。在 DCS 中，分散的功能之间应尽可能有较少的关联，尤其是在时间节拍上的关联应越少越好。因此，通常采用的功能分散是具有人机接口功能的集中操作站与具有过程接口功能的过程控制装置的分散；过程控制装置中控制功能的分散；按装置或设备进行的功能分配以及全局控制和个别控制之间的分散等。

4) 负荷的分散：DCS 的负荷分散不是由于负荷能力不够而进行负荷分散，主要目的是把危险分散。通过负荷分散，使一个控制处理装置发生故障时的危险影响减至尽可能小的地步。当控制回路之间的关联较弱时，可通过减少控制处理装置处理的回路数达到危险分散的目的。当控制回路之间有较强的关联时，尤其是在顺序控制中，各回路间还存在时间上的关联，这时为了使危险分散，可进行与相应装置

对应的功能分散，按装置或设备进行分散，来设置过程控制装置。

分散控制结构是以良好的通信系统为基础的。过分的分散，使系统的通信量增大，响应速度下降；同样，过分的集中，因受微处理器处理速度限制而使信息得不到及时处理，造成响应速度变慢。因此，考虑到经济性、响应性、系统构成的灵活性等因素，DCS 纵向常分为 3~4 层。

(3) 冗余化结构 为了提高系统的可靠性，DCS 在重要设备、对全系统有影响的公共设备上常采用冗余结构。把所有设备都采用冗余结构是不必要也是不经济的，应对冗余增加的投资和系统故障停工造成的损失进行权衡比较，考虑合适的冗余结构方式。常采用的冗余方式有：

1) 同步运转方式：同步运转方式应用于要求可靠性极高的场合，它是让两台或两台以上的装置以相同的方式同步运转，输入相同的信号，进行相同的处理，然后对输出进行比较，如果输出保持一致，则系统正常运行。两台同步运转方式运行的系统称为双重系统。这种冗余方式常用于信号联锁系统，一些重要的联锁系统常采用“三中取二”的方式来提高系统的可靠性。

2) 待机运转方式：待机运转方式的冗余结构采用 N 台同类设备，备用一台后备设备，平时后备设备处于准备状态，一旦 N 台设备中某一台发生故障时，能起动后备设备使其运转。当一台设备工作、一台设备后备时，称该系统为双工系统或 1:1 备用系统。 N 台设备工作、备用一台后备的系统为 $N:1$ 备用系统。由于备用设备处于待机工作状态，故又称热后备系统。在这种方式中，需要有一个指挥装置处理故障发生时软件、数据的转移等操作，还需由相应程序自动切入备用设备，使之运转。

DCS 中，根据装置的重要性，选用待机运转方式。通信系统为了保证高的可靠性，通常采用 1:1 备用方式，多回路控制器常采用 $N:1$ 备用方式， N 的数值与制造厂商的产品特性有关。

3) 后退运转方式：正常时， N 台设备各自分担各自的功能以进行运转，当其中一台设备损坏时，其余设备放弃部分不重要功能，以此来完成损坏设备的功能，这种方式称为后退备用方式。这种方式的应用例子是 CRT 和操作站。通常，采用二台或三台操作站。通过分工，可以让第一台用于监视，第二台用于操作，第三台用于报警。当任一台故障时，监视和操作功能在正常操作台上完成。而当系统开、停车或紧急事故状态，这三台操作站都可用于监视或操作。

4) 多级操作方式：多级操作方式是一种纵向冗余的方法，正常操作是从最高一层进行的，如该层故障，则由下一层完成，这样逐步向下形成对最终元件执行器的控制。DCS 中的有关功能模块都设有手动、自动切换开关。自动时，由该功能模块自动操作输出信号；手动时，由人工操作输出信号。通常一个控制回路的最高层操作是在操作站的自动状态下进行，其设定值也可由更高一层的优化层给出。当它

失效时，切换为手动，通过键盘输入，对执行器进行手动操作。如该模块失效，可通过输出模块的手动，在通信失效时由分散控制装置的编程器转入自动或手动，一旦 DCS 全部故障，最终还可用执行器的手轮机构实施现场手动控制。

3. 集散控制系统的典型结构

(1) 模块化控制站 + 宽带、载波带局域网 + 信息综合管理系统 这是一类最新结构的 DCS。作为大系统，通过宽带和载波带网络，可在很广的地域内应用。通过现场总线，系统可与现场智能仪表通信和操作。这是一类开放的、系统互连的、具有互操作性的系统，是第三代 DCS 的典型结构，如图 2-6 所示。

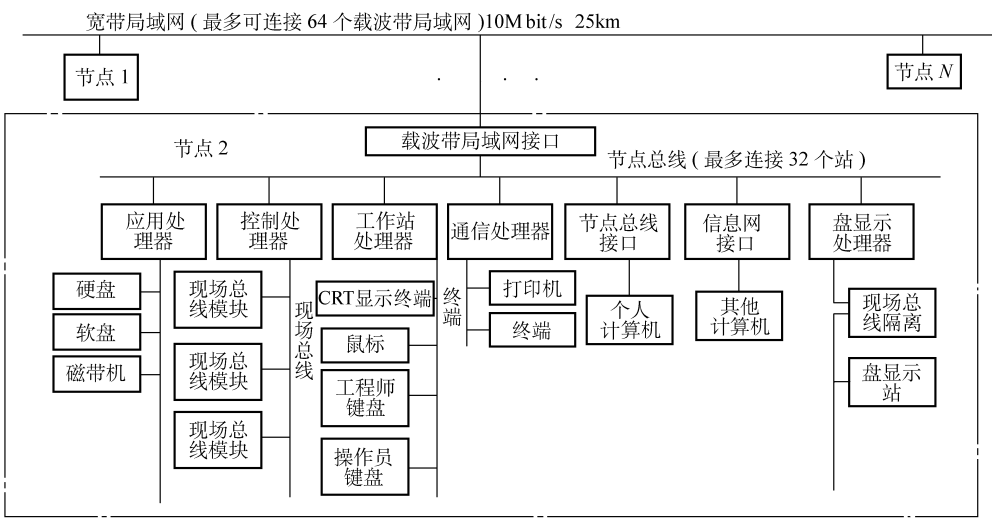


图 2-6 第三代集散控制系统的结构

由图 2-6 可见，系统每个节点工作站采用节点总线将各种控制器以及其他单元的接口连接起来，挂接了 6 类处理器或接口。其中，应用处理器实质上是一种与大容量存储器相连的接口装置，执行系统管理功能，支持系统软件；通信处理器是节点与 RS-232 设备的通信接口；信息网接口是节点与子通信网相连的接口；载波带局域网接口是节点挂接到系统网络上的通信接口；工作站处理器是节点与所带的本地操作站主机及附属的外部设备的接口；控制处理器是执行分散控制功能的主控设备，可以进行连续控制、顺序控制、批量控制、数据采集等多功能、多回路控制，它通过现场总线与传感器、执行器相连。

(2) 分散过程控制站 + 局域网 + 信息管理系统 由于采用局域网技术，使通信性能提高，连网能力增强。这是第二代 DCS 的典型结构，如图 2-7 所示。

(3) 分散过程控制站 + 高速数据公路 + 操作站 + 上位机 这是第一代集散控制系统的典型结构。

(4) 可编程序控制器（PLC） + 通信系统 + 操作管理站 这是一种在制造业

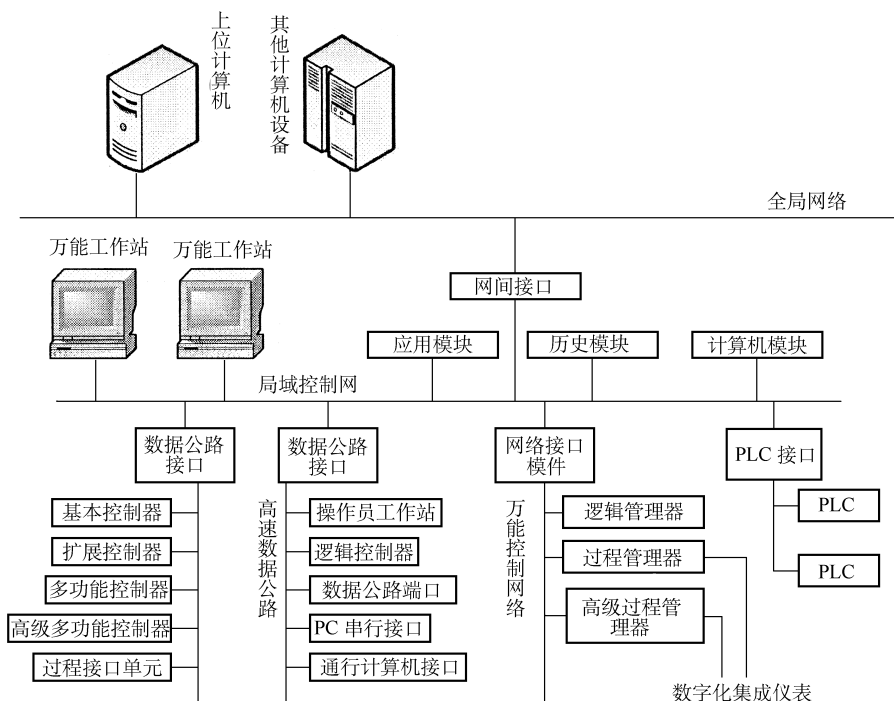


图 2-7 第二代集散控制系统的结构

广泛应用的 DCS 的结构，尤其适用于有大量顺序控制的工业生产过程。DCS 制造商为适应顺序控制实时性强的特点，现已有不少产品可以下挂各种型号的 PLC，组成 PLC + DCS 的形式，应用于有实时性要求的顺序控制和较多回路的连续控制的场合。

(5) 单回路控制器 + 通信系统 + 操作管理站 这是一种适用于中、小型企业的小型 DCS 结构，它用单回路控制器（或双回路、四回路控制器）作为盘装仪表，信息的监视操作由操作管理站或仪表面板实施，有较大的灵活性和较高的性价比。

(6) 工业级微机 + 通信系统 + 操作管理机 工业级微机作为多功能多回路的分散过程控制装置，相应的软件也已由软件厂商开发。

4. 集散型 BAS 的几种方案

(1) 按楼宇建筑层面组织的集散型 BAS 对于大型的商务楼宇、办公楼宇，往往各个楼层有不同的用户和用途（如首层为商场，二层为某机构的总部等），因此各个楼层对 BAS 的要求有所区别，按楼宇建筑层面组织的集散型 BAS 能很好地满足要求。

按楼宇建筑层面组织的集散型 BAS 方案如图 2-8 所示。由于是按楼宇建筑层面组织的，因此布线设计及施工比较简单，子系统（区域）的控制功能设置比较

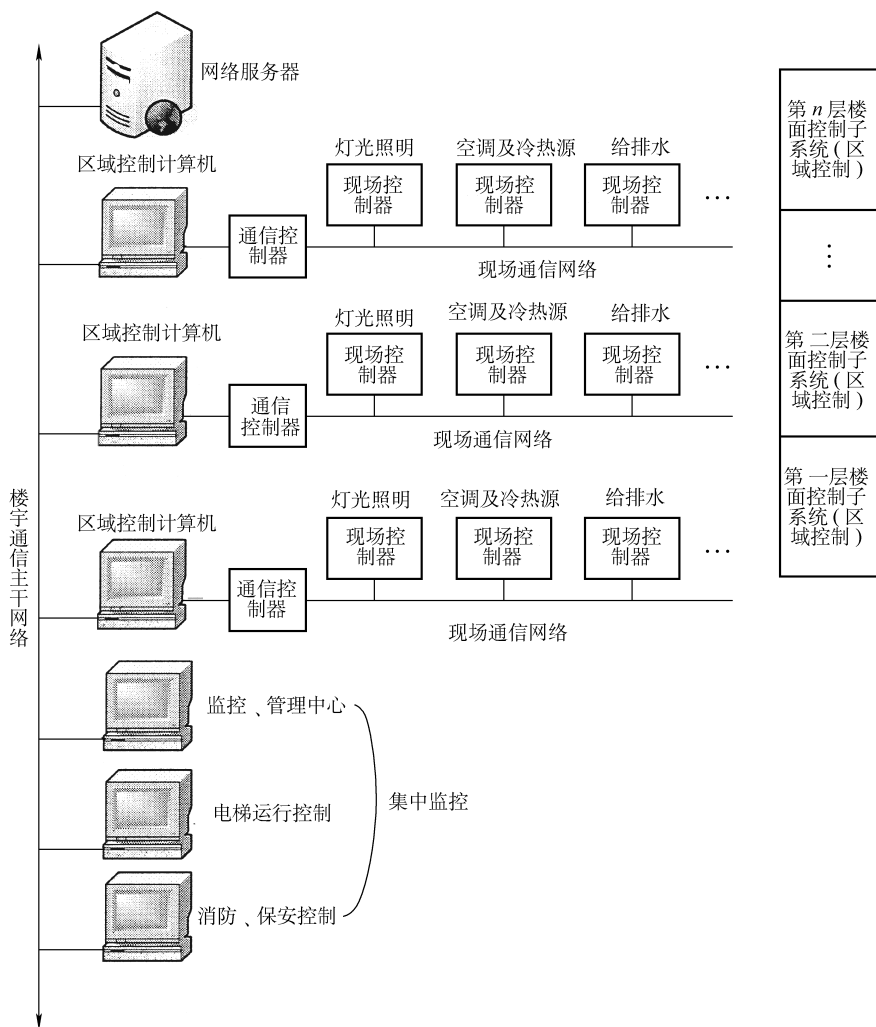


图 2-8 按楼层组织的集散 BAS 结构

灵活，调试工作相对独立，整个系统的可靠性较好，子系统失灵不会波及整个楼宇系统。设备投资增大，尤其是高层楼宇，较适合商用的多功能楼宇。

(2) 按楼宇设备功能组织的集散型 BAS 这是常用的系统结构，按照整座楼宇的各个功能系统来组织，其结构如图 2-9 所示。由于是按整座楼宇设备功能组织的，因此布线设计及施工比较复杂、调试工作量大；整个系统的可靠性较弱，子系统失灵会波及整个楼宇系统，但设备投资省，较适合功能相对单一的楼宇（如企业、政府办公楼宇、高级住宅等）。

(3) 混合型的集散型 BAS 这是兼有上述两种结构特点的混合型系统，即某

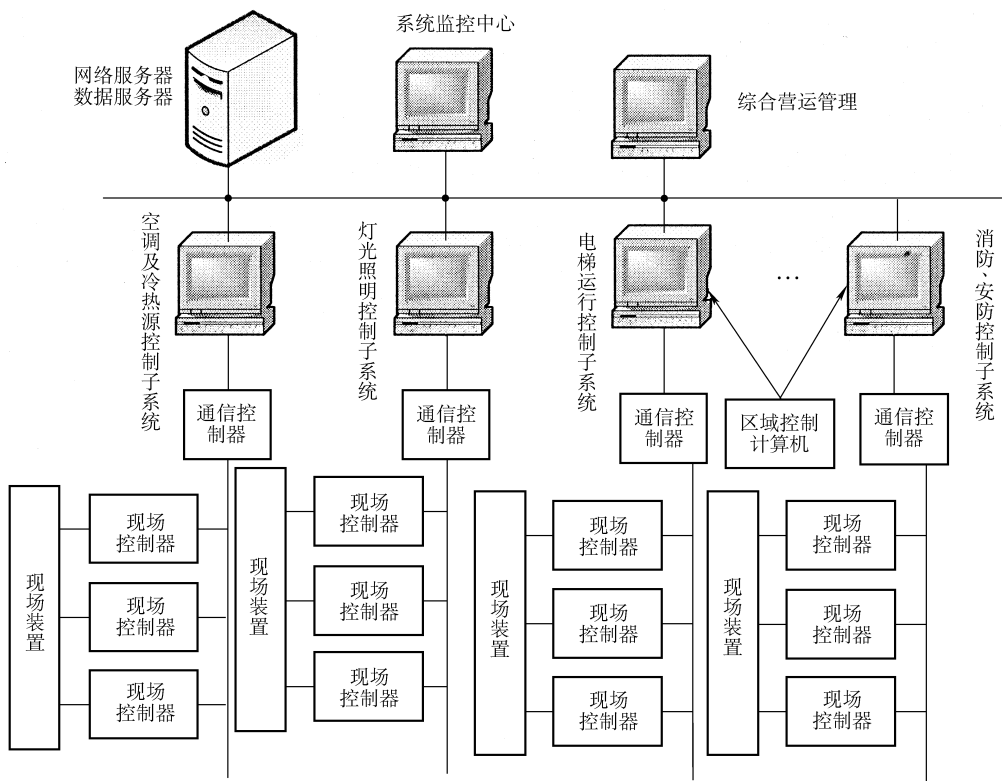


图 2-9 按设备功能组织的集散型 BAS 结构

些子系统（如供电、给排水、消防、电梯）采用按整座楼宇设备功能组织的集中控制方式，另外一些子系统（如灯光照明、空调）则按楼宇建筑层面组织的分区控制方式。这是一种灵活的结构系统，它兼有上述两种方案的特点，可以根据实际的需求而调整。

5. 集散控制系统面临的挑战

随着控制技术、计算机技术、通信技术和网络等技术的成熟与发展，在实际生产需求的驱动下，20 世纪 80 年代产生的现场总线，是控制技术又一个新时代的开始。现场总线控制系统（Fieldbus Control System, FCS）以现场总线为基础应用于生产现场，在测量和控制设备之间实现双向、串行、多节点数字通信的系统，也被称为开放式、数字化、多点通信的底层控制系统。

FCS 较 DCS 有诸多的优点，这使得在控制领域一直为主流的 DCS 受到了极大的冲击。例如，FCS 的结构比 DCS 简单，由于现场总线技术将专用微处理器置入测量控制仪表、执行器等现场设备之内，使这些现场设备各自都具有数字计算、逻辑判断、数字通信和智能功能，因此 FCS 中没有了控制器，其控制功能已有现场

仪表及设备来实现。由于结构上的改变，FCS 比 DCS 更节约硬件设备。使用 FCS 可以减少大量的隔离器、端子柜、I/O 卡及 I/O 端口，这样就节省了 I/O 装置及装置室的空间；同时减少了大量电缆，可以极大地节省安装费用。由于免去了 D/A 与 A/D 转换，使仪表准确度得到极大的提高；通过将比例积分微分（PID）控制功能植入到相应的智能传感器中去，使控制周期大为缩短。目前 FCS 可以从 DCS 的每秒调节 2~5 次增加到每秒调节 10~20 次，改善了调节性能。更明显的是，两者的传输介质差别很大，DCS 需要多根导线，例如 100 个检测点需 101 根导线，而 FCS 仅需 1 根双绞线。

FCS 在不久的将来肯定要取代 DCS，在本书的第 6 章中将重点对这种新的控制技术进行详细介绍，以适应未来技术发展的脚步。然而多种现场总线并存，就意味着有多种标准，这就严重束缚了现场总线的应用和发展。此外，由于目前 FCS 是一种新技术，应用时间不太长，因此与成熟的 DCS 相比，还存在一些不足。例如在某些场合中，FCS 还无法提供 DCS 已有的控制功能；由于软硬件水平的限制，其模块的功能还不是很强，品种也不够齐全；用现场仪表还只能组成一般的控制回路，如单回路、串级、比例控制等，对于复杂、先进的控制算法还无法在仪表中实现。由于这些原因，FCS 取代 DCS 将是一个渐进演变的过程，在这一过程中，对控制系统的设计与选用应全面考虑。

2.2 通信技术

在实际通信系统中，信息是以某种电或电磁的形式进行表达的，而通信的目的是传递信息。现代通信技术的发展与计算机技术的发展密切相关，已经形成了一门独立的学科，主要是研究对计算机中的二进制数据进行传输、交换和处理的理论、方法以及实现问题。

2.2.1 通信系统模型

图 2-10 所示为通信系统的模型，通常由信源、信道和宿源三部分组成。

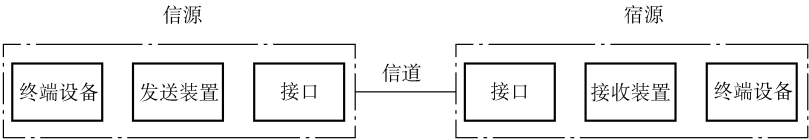


图 2-10 通信系统模型

信源是指发送信息的一端，其作用是通过变换、编码和调制将信息转换为适合在信道中传输的信号。宿源是信息的接收者，其作用是通过解调、解码将信号还原为信息。虽然信源和宿源的作用相反，但通常都是由终端设备、通信设备和接口构成。信源和宿源之间的通信线路称为信道，它是以传输介质为基础，传输介质的特性往往决定信道的特性。具体地说，信道是由有线或无线电路提供的信号通路；抽

象地说，信道是在指定的一段频带内，允许信号通过，又给信号以限制与损害。通常，将信号的传输介质称为狭义信道，而把传输介质和传输设备（如发送接收设备、馈线与天线、调制解调器和转发器等）构成的信道称为广义信道。

下面详细介绍一下图 2-10 所示的通信系统模型涉及到的几个基本概念。

1. 信号

信号是通信系统传输和处理的具体对象，是数据的电磁或电子编码，在数据进入信道之前要变成适合传输的电磁信号，这些信号也可以是模拟的或数字的。

(1) 模拟信号和数字信号 模拟信号是电磁波。这种电磁波可以按照不同频率在各种介质上传输。例如，语音经过声电转换器变成一个模拟电信号。数字信号是一系列的电脉冲。例如，用恒定的正电压来表示二进制 1，用恒定的负电压来表示二进制 0。模拟信号的取值是随时间连续变化的，而数字信号则是离散值，如图 2-11 所示。

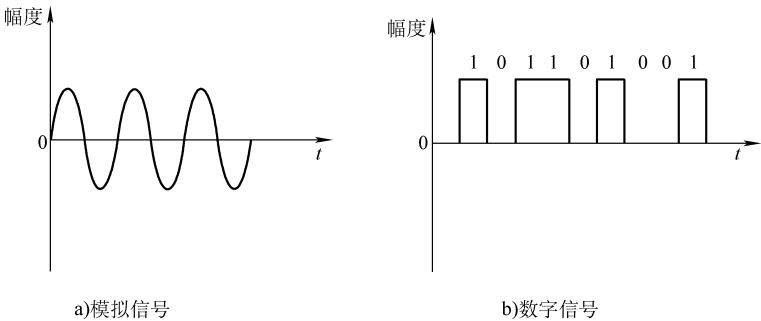


图 2-11 模拟信号和数字信号

(2) 信号强度 信号强度是传输信号的一个重要参数，通常用分贝数来表示，单位为 dB，即

$$N_{\text{dB}} = \lg \frac{P_1}{P_2} \tag{2-1}$$

式中 P_i ——电平功率值， $i=1,2$ 。

2. 数据

数据通信就是发送或接收数据信号，但是不同形式的数据，以不同的传输方式，在不同的传输介质上传输，它所能达到的最大传输速率、传输距离是有明显区别的。

(1) 模拟数据和数字数据 数据可以分为模拟数据和数字数据两种形式。模拟数据是连续的值，大多数是采用传感器收集的数据，如温度和压力等。数字数据是离散的值，不仅在时间上离散，而且在幅度上也是离散的，例如开关状态等。

模拟数据和数字数据的表示形式可以互相转换。例如，利用调制解调器，数字数据也可以用模拟信号来表示。调制解调器通过一个载波信号把一串二进制电压脉冲转换为模拟信号，所产生的信号占有以此种载波频率为中心的某一频谱，并且能在适合于此种载波的介质上传播，大多数通用的调制解调器都用音频频谱来表示数字数据，因此能使数字数据在普通的音频电话线上传播，在线路上的另一端，调制解调器把载波信号解调为原来的数字数据。与调制解调器完成的操作相类似，模拟数据也可以用数字数据来表示。对于声音数据来说，完成这种功能的是编解码器。编解码器接收一个直接表示声音数据的模拟信号，然后用二进制位流近似地表示这个信号，在线路的另一端，二进制位流被重新构造造成模拟数据。

模拟数据可以用模拟信号来表示，如温度、压力等模拟数据经过传感器可转换成温度、压力等模拟信号。数字数据可以用数字信号表示，如二进制码的序列可以用高/低电平的数字信号来表示。

对于远程通信，数字信号的传输不像模拟信号的传输那样用途广泛和实用。例如数字信号传输不可能用卫星系统和微波系统，然而无论在价格方面还是在质量方面，数字传输都比模拟传输优越，因此远程通信系统正在把声音数据和数字数据逐步转变为数字传输。在局域网中，不一定采用像远程通信那样的解决办法，由于数字电路价格的下降，采用数字技术越来越便宜。

(2) 数据传输速率 数据传输速率表示单位时间内传送的数据量，通常指每秒能传输的代码位数，单位为（位/秒，bit/s），其计算公式为

$$S = (1/T) \log_2 n \quad (2-2)$$

式中 T ——脉冲宽度或脉冲间隔；

n ——一个脉冲所表示的有效状态，即调制电平数（为2的整数倍）。

此外，还可以引出另一个信号传输速率的度量单位——波特，也称为调制速率或波特率。它就是信号经调制后的传输速率。所谓调制速率，是指信号调制过程中，调制状态的每秒转换次数。例如，在二进制中，调制转换的有效瞬间间隔为 T 秒，则单位时间内线路状态的变化数为

$$B = \frac{1}{T} \quad (2-3)$$

它正好是调制转换时间的倒数。

在某些调幅或调频方式的调制器中，一个调制转换时间与一个代码相对应，所以数据传输速率和调制速率相等。但在调相的四相信号方式中，一个调制转换时间与两位代码位相对应，所以调制速率只是传输速率的一半，将式（2-3）代入式（2-2）中，可得到调制速率和传输速率关系为

$$S = B \log_2 n \quad (2-4)$$

以上数据传输速率的三个定义，在实际应用中既有连续又有侧重。例如，在讨

论信道特性，特别是传输频带宽度时，通常使用波特率；在研究传输数据的速率时，采用数据传输速率；而在涉及系统实际传输能力时，则使用比特率。

3. 信道

(1) 分类

1) 按用途分类，信道可分为用于电话的电话信道，用于电报的电报信道，用于电视的电视信道等。

2) 按传输介质分类，信道可分为有线信道和无线信道。有线信道包括双绞线、同轴电缆和光纤；无线信道包括无线微波、红外线、卫星中继通信系统等。

3) 按允许通过的信号分类，信道可分为模拟信道和数字信道。模拟信道允许通过取值连续的模拟信号，目前大部分的信道均属此类。数字信道只允许通过取值离散的数字信号。需要指出的是，传输介质的性质是模拟的，加上某些设备才构成数字信道，数字信道的输入和输出均为比特流，因此数字信道更便于传输数据，只要解决数据终端与数字信道的接口即可。利用模拟信道也可以传输数字数据，但要用调制解调器，以便原始的数据信号与信道相匹配。

4) 按传输信号的频谱分类，信道可分为基带传输信道和载波信道。基带信道用于近距离的传输，是由有线信道组成的。用于长途的数据、话务、报务传输的信道均属载波信道，它包括有线和无线信道。

5) 按使用的方法分类，信道可分为专用（租用）信道和公共（交换）信道。专用信道是指两点或多点之间的固定线路，尽管它可能是从电信局租用的，但与公共交换网不发生关系。公共信道是通过交换机转接为大量用户服务的信道。

(2) 带宽 带宽是指通信系统的频带宽度，是信道所能够通过信号的最高频率与最低频率之差，单位为 Hz。如某一信道能通过的最高频率为 5000Hz，最低频率为 500Hz，则信道带宽为 4500Hz。

信道带宽也称为信道的通带，在其他条件一定时，频带越宽，传送数据的速度就越快，即意味着在短时间内传送更多的数据。虽然通信系统设计者希望带宽尽可能地宽，但最大的可能带宽取决于传输介质的通信特征和连接各种信道的设备。

(3) 信道容量 通信的目的在于可靠而有效地传输信息，然而通信的可靠性和有效性之间存在着矛盾，也就是说，在一定的物理条件下，提高了通信效率，通信的可靠性往往会下降。所以，对于通信工作者来说，如何在给定信道条件下尽可能提高信息传输量并减小传输的差错率，是值得探讨的课题，这实际上是信道容量的问题。

在给定信道的条件下，如果要求误码率任意地小（即趋近于零），单位时间内可以传输的信息量，或把信道能够传送信息的最大速率称为信道容量。信道容量是一个理想的极限值，香农的信息论证明了这个极限的存在，并给出计算公式。对于连续信道，若 B 为信道带宽，在加性高斯白噪声干扰下，根据香农信息论，其信

道容量 C 为

$$C = B \log_2 (1 + S/N) \quad (2-5)$$

式中 N ——噪声的平均功率；

S ——信号的平均功率；

S/N ——信噪比。

可见，对于给定的 C ，可以用不同的带宽和信噪比的组合来传递信息。若增大带宽，则可用较小的信号发送功率，即减小信噪比 S/N ，从而也说明了宽带系统具有较好的抗干扰性，因此，当信噪比太小而不能保证通信质量时，可采用宽带系统，以改善通信质量，这就是带宽换功率的措施。反之，若减小带宽，则必须增大信噪比。在实际系统中，调制和编码的过程就是实现带宽和信噪比互换的手段。

由于信息速率 $C = I/T$ ，将其代入式 (2-5) 中，则可得到

$$I = TB \log_2 (1 + S/N) \quad (2-6)$$

式中 I ——信息量；

T ——传输时间。

可见，当信噪比 S/N 一定时，给定的信息量可以通过不同的带宽和时间的组合来传输。

4. 传输损耗

信号在信道的传输过程中，由于受到传输介质、传输环境等因素的影响，不可避免地存在各种损失，其中最重要的是衰减、延迟畸变和噪声。

(1) 衰减 在任何传输介质中，信号的强度都会随距离的增加而降低，例如有线信道（硬传输介质）中，信号强度的减小一般是对数式的；无线信道（软传输介质）中，衰减是距离和大气组成的一个更为复杂的函数。当超过一定距离时，衰减大到不可接受时，就要使用转发器或放大器以提升信号。对于模拟信号来说，衰减频率的增函数，常用的解决方法是采用均衡技术。例如，对于音频电话线，通常是使用改变线路的电学特性的加感线圈，结果是使衰减效应平滑些。另外，还可以使用对高频的放大量大于对低频的放大量的放大器。

衰减对于数字信号来说算是小得多的问题，例如对矩形脉冲数字信号，其频谱的大部分集中在靠近信号的基频处，因此高频的衰减对数字信号影响不大。

(2) 延迟畸变 延迟畸变是有线信道特有的畸变，是由于信号通过硬传输介质时，其传播速度随频率变化而引起的。对于限带信号，在中心频率附近，传播速度可能增高，而在频带边缘，传播速度可能下降，因此一个信号的不同频率成分在不同的时间到达接收端。

延迟畸变对于数字信号的传输影响明显。假设正在传输一个比特序列，由于延迟畸变，某个比特位置上的信号成分的一部分可能分散到别的比特位置上，从而产生码间干扰，这是最大比特率（信道容量）的一个主要限制。常用的减小延迟畸

变的方法是采用均衡补偿技术。

(3) 噪声 噪声是制约通信系统性能的主要因素，主要有热噪声、交调噪声、串音和脉冲噪声四类。

热噪声常称为“白噪声”，来自导体电子的热扰动，普遍存在于电子装置及传输介质中。热噪声是温度的函数，均匀分布于频谱，不可能被排除，因此它为通信系统性能设置了一个上限。

当不同频率的信号共用传输介质（多路复用）时，结果可能有交调噪声。交调噪声的效应是产生频率为两个原来频率之和或者之差以及这些频率的倍数的信号。当发送和接收装置以及其他传输设备存在某些非线性时，就会产生交调噪声。正常情况下，这些部件是作为线性系统设计的，即输出与输入满足线性叠加关系。而在非线性系统中，输出是输入的复杂函数。这种非线性可能是由于元器件故障或用了过大的信号强度所造成的。

当你打电话时，有时会听到另外的对话，这就是串音噪声，它是信号路径之间的有害耦合。例如，可以由邻近的双绞线之间发生电耦合而造成，然而由于同轴电缆具有电磁屏蔽性，因此在同轴电缆上很少有串音噪声。另外，串音噪声也可能在无线信道中发生，例如由于使用的频带密集，通过某个频道滤波器的信号可能混杂其他信号。通常，串音噪声具有与热噪声相同或较小的数量级。

以上讨论的三种噪声，都在一定程度上具有恒定和可预计的量值，因此在设计传输系统时，可以设法使噪声对信号影响最小。脉冲噪声则与这些噪声不同。脉冲噪声由一些不规则的脉冲或持续时间很短、幅度相当高的噪声尖峰信号构成，是不连续的。脉冲噪声由多种原因产生，例如雷电、外界电磁干扰以及通信系统的故障和缺陷等。一般来说，脉冲噪声对模拟数据影响不大，例如语音传输可以被短暂的喀喀声破坏，但不损失可辨别性。然而，脉冲噪声是数字数据通信的主要差错根源。例如，0.01s 的尖峰信号能量不会毁坏任何语音数据，但会冲掉正在以 4800bit/s 传输的数据信号中的大约 50bit。

决定传输系统性能的一个重要参数是信号对噪声之比即所谓的信噪比，它是现有的信号功率与噪声功率的比值，通常这个比值在接收端测量。

2.2.2 数据编码技术

在数据通信中，有模拟通信和数据通信两种方式，模拟和数字数据都可以用模拟信号和数字信号表示，因此数据编码类型可以分为四种：

- 1) 模拟数据、模拟信号；
- 2) 数字数据、模拟信号；
- 3) 数字数据、数字信号；
- 4) 模拟数据、数字信号。

除了模拟数据的模拟信号发送外，后三种的数据发送都需要某种形式的表示或

编码。

1. 数字数据、模拟信号

数字数据的模拟信号传输是借助于载波实现的。载波是频率和幅值固定的周期信号，通常是正弦信号。振幅、频率和相位是周期函数的三个重要特征。把一个数字数据调制成模拟信号，就是用数字数据来控制一个连续信号的振幅、频率和相位。在信道中传输的已调制的连续信号，包含了原始数字数据的特征。在接收端采用与调制技术相反的“解调技术”，

再把调制信号解调为原数字数据。数字信号调制方法有三种：幅移键控（Amplitude - Shift Keying, ASK）法；频移键控（Frequency - Shift Keying, FSK）法；相移键控（Phase - Shift Keying, PSK）法，分别如图 2-12a ~ c 所示。

在幅移键控（ASK）方式下，如图 2-12a 所示，用载波的两个不同的振幅来表示两个二进制值。在有些情况下，用振幅恒定的载波的存在表示一个二进制数字，而另一个二进制数字用载波的不存在来表示。ASK 方式容易受增益变化的影响，是一种效率相当低的调制技术，在音频线路上，通常只能达到 1200bit/s。

在频移键控（FSK）方式下，如图 2-12b 所示，用载波频率附近的两个不同频率表示两个二进制值。这种方案比起 ASK 方式来，不容易受干扰的影响，在音频线路上，通常可达到 1200bit/s。这种方式也广泛用于高频（3 ~ 30MHz）的无线电传输，甚至也用于较高频率的局域网。

在相移键控（PSK）方式下，如图 2-12c 所示，利用载波信号的相位移动来表示数据，用发送与以前发送信号串同相的信号表示 0，用发送与以前发送信号串反相的信号表示 1。移相键控（FSK）也可以使用多于两相的位移，如四相系统能把每个信号串编码为两位。PSK 方式有较强的抗干扰能力，而且比 FSK 方式更有效，在音频线路上，传输速率可达到 9600bit/s。

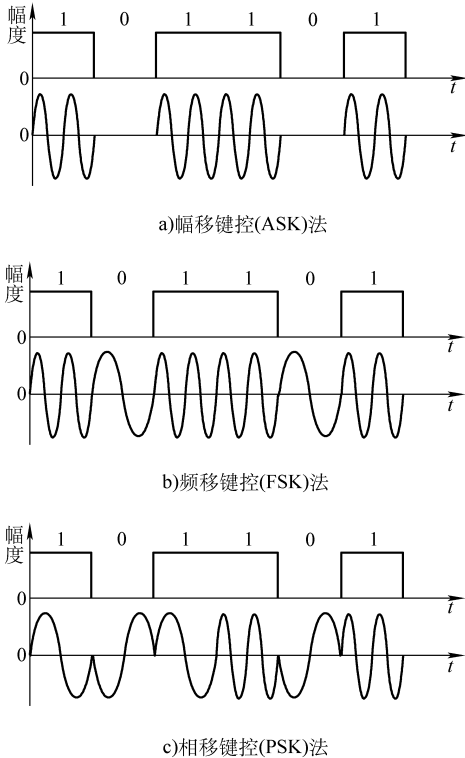


图 2-12 数字数据的模拟信号调制

2. 数字数据、数字信号

数字信号可以直接采用基带传输。所谓基带传输就是利用数字通信信道直接传输数字数据信号，即不加任何调制而在线路基本不改变数字信号波形的情况下，直接传送数字信号，可达到很高的数据传输速率。进行基带传输时，主要问题是解决数字信号表示和收发两端的同步。常见的编码方法有：不归零制（Non-Return to Zero, NRZ）编码、曼彻斯特编码和差分曼彻斯特编码方法，如图 2-13 a ~ c 所示。

(1) 不归零制（NRZ）编码

不归零制（NRZ）编码使用负电压（低）表示 0，使用正电压（高）表示 1，如图 2-13a 所示。NRZ 编码的缺点是难以判断一位的结束和另一

位的开始，需要有某种方法使发送器和接收器进行定时或同步。同时，如果传输中 1 和 0 的信号个数不相等时，就会存在直流分量和损耗电路，同时还在连接点产生电腐蚀，这种情况在数据传输中是不希望存在的。

(2) 曼彻斯特编码

曼彻斯特编码如图 2-13b 所示，在每一比特的中间有一个跳变，前半周期传送该比特的反码，后半周期传送该比特的原码。该编码信号不含直流分量，克服了 NRZ 编码方法的缺点，而且在每个比特的中间都有一次电平的跳变，每次跳变的时间间隔是半个周期或一个周期。该跳变既可作为数据，又利用电平的跳变产生双方的同步信号，因此在传送曼彻斯特信号时，不需要另发同步信号。但是，曼彻斯特编码效率很低，在信号传输速率是 10Mbit/s 时，发送时钟信号的频率为 20Mbit/s。

(3) 差分曼彻斯特编码

差分曼彻斯特编码方法是一种改进的曼彻斯特编码，如图 2-13c 所示。每比特中间的跳变仅作为时钟定时，每比特值是根据开始边界是否发生跳变来决定的，例如一比特开始处出现电平跳变表示传输数据为“0”，不发生跳变表示传输数据为 1。

曼彻斯特编码和差分曼彻斯特编码是数据通信中常用的数字数据信号编码方式，由于时钟和数据包含于信号数据流中，所以这种编码也被人们称为自同步编码。它们的缺点是需要编码的时钟频率是发送信号速率的两倍，即如果发送速率是 10Mbit/s，则发送时钟为 20MHz。

3. 模拟数据、数字信号

由于数字信号传输具有失真小、误码率低、费用少、数据传输速率高等优点，在许多情况下都将模拟数据用数字信号编码进行传输，在接收端再恢复模拟数据。利用数字信号对模拟数据进行编码的常见方法是脉码调制（Pulse Code Modulation,

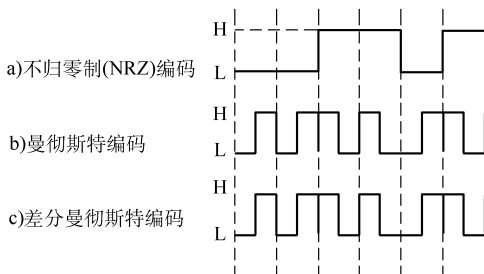


图 2-13 数字信号编码

PCM)，它常用于对声音信号进行编码，数字化过程包括采样、量化和编码三个部分。

(1) 采样 脉冲编码调制是以采样定理为基础的，以大于或等于通信信道带宽两倍的速率定时将模拟信号的值取出作为样本，那么这些采样值包含了原始信号的全部信息，利用低通滤波器可以从这些采样中重新构造出原信号的所有信息。例如，如果声音数据限于 4000Hz 以下的频率，那么每秒 8000 次的采样可以满足完整的表示声音信号的特征。

(2) 量化 量化是将信号分为若干量化级，根据精度的要求决定量化的级数，规定每一级对应的幅值范围，然后将取样所得的幅值与上述量化级幅值范围比较与取整，如图 2-14 所示。

(3) 编码 编码是用相应位数的二进制代码表示量化后的取样的量级。如果是 N 个量化级，则二进制的位数为 $\log_2 N$ 。当前语音数字化

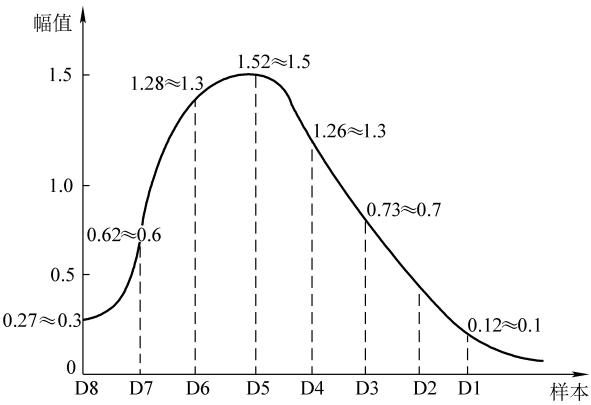


图 2-14 量化过程

系统中多采用 128 个量级，则需要 7 位编码。由于采样频率为 8000kHz，因此数据传输速率可达到 $7 \times 8000\text{bit/s} = 56\text{kb/s}$ 。经过编码后，每个取样值就由相应的编码脉冲表示，如表 2-1 所示，D3 取样的幅值为 0.73，取整为 0.7，量化级为 7，则编码为 0111。

表 2-1 脉冲调制编码

样本	量化级	二进制编码	编码信号
D1	1	0001	
D2	4	0100	
D3	7	0111	
D4	13	1101	
D5	15	1111	
D6	13	1101	
D7	6	0110	
D8	3	0011	

2.2.3 数据通信技术

1. 串行传输和并行传输

在二进制传输方式中，一个比特就是一个码元，一个字符用几位二进制码的一种组合来表示，这种组合称为码组。根据数据代码在信道上传输的顺序，数据传输可分为串行传输和并行传输两种，如图 2-15 所示。

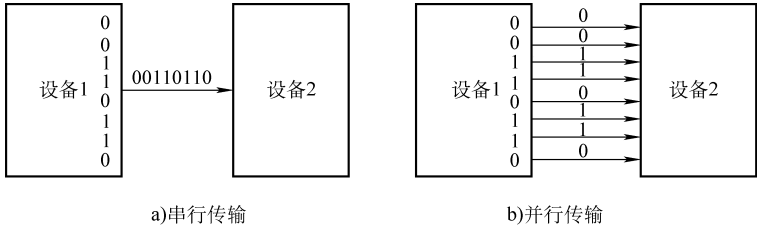


图 2-15 串行传输和并行传输

在串行传输中，收发双方只需要一条传输通道，数据码流以串行方式在一条信道上传输，如图 2-15a 所示。这种传输方式实现容易，也是实际中较为常用的一种传输方式。但需要注意的一个问题是，串行通信必须同时保证收发双方的位同步和字符同步。

并行传输是将数据以成组的方式在两条以上的并行信道上同时传输，如图 2-15b 所示。在并行传输中，字符虽然串行传输，但代表字符的码组则并行传输，码组的每一位都单独使用一条通道，只有采取额外措施才可实现收发双方的字符同步，通常用于现场通信或计算机与外部设备之间的数据传输。然而由于并行传输需要传输的信道多，设备复杂，所以成本高，一般适用于计算机和其他高速数字系统，特别是在设备之间距离较近时采用。

2. 单工通信、半双工通信和全双工通信

根据数据传输的流向和时间关系，数据传输可分为三种工作模式：单工通信、半双工通信和全双工通信。

在单工信道中，信息只能在一个方向传送，信道的全部带宽都用于由发送方到接收方的数据传送。无线电广播和电视广播都是单工传送的例子。

半双工信道的通信双方可交替发送和接收信息，但不能同时发送和接收。在一段时间内，信道的全部带宽用于一个方向上传送信息，例如航空和航海无线电台以及对讲机等都是以这种方式通信的。这种方式要求通信双方都有发送和接收能力，并具有双向传送信息的能力，因而比单工通信设备昂贵，但比全双工设备便宜。在要求不很高的场合，多采用这种通信方式，虽然转换传送方向会带来额外的开销。

全双工是一种可同时进行双向信息传送的通信方式，例如现代的电话通信就是

这样的方式。这不仅要求通信双方都有发送和接收设备，而且要求信道能提供双向传输的双倍带宽，所以全双工通信设备最昂贵。

3. 同步传输和异步传输

在通信过程中，发送方和接收方必须在时间上保持同步（步调一致），才能准确地传送信息。在传送由多个码元组成的字符以及由许多字符组成的数据块时，通信双方也要就信息的起止时间取得一致。目前有两种不同方式：异步传输和同步传输，如图 2-16 所示。

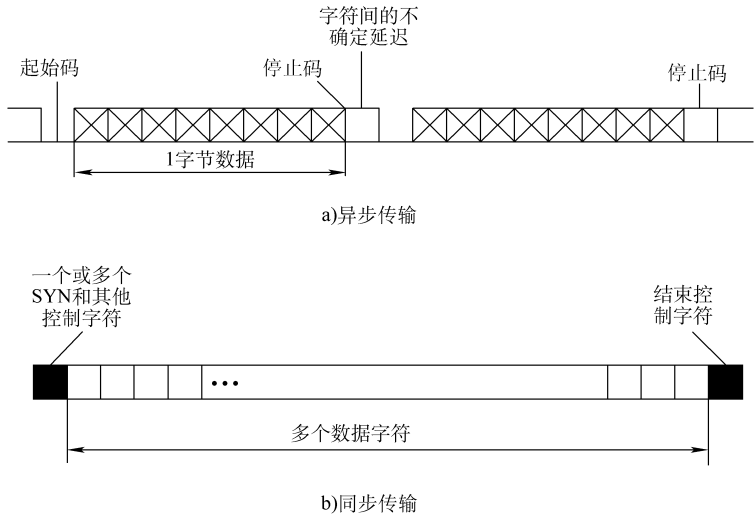


图 2-16 异步传输和同步传输

(1) 异步传输

异步传输方式又称为起——止传输方式，是最简单的收发装置同步方法。异步传输一般以字符为单位，不论所采用的字符代码长度为多少位，在发送每一字符代码时，前面均加上一个“起”信号，其长度规定为 1 个码元。字符码后面均加上一个“止”信号，长度一般为 1 个或 2 个码元。图 2-16a 所示为异步传输结构，“起”、“止”信号的作用是为了能区分串行传输的字符。在串行传输时，字符可连续发送，也可以独立发送，每一字符的起始时刻可以是任意的。但在同一个字符内部各码元的持续时间是相等的，因而它们的出现时刻相对于“起”码元而言是固定的。如果没有发送的数据，那么发送方就发送连续的停止码，接收方根据 1、0 的跳变来识别一个新字符的开始。

异步传输方式适用于 1200bit/s 及以下的低速数据传输，实现方法简单，收发双方的时钟不需严格的同步。然而，对于每一个字符都需要加入“起”、“止”码元，每个字符有 2~3 位的额外开销，使得传输效率降低。例如，传输一个美国信

息交换标准码（ASCII）字符，每个字符有 7 位，若停止位用 2 位，加上 1 位校验位和 1 位起始位，共计 11 位。11 位传输码中只有 7 位是有用信息，效率只有 64%。

（2）同步传输

同步传输方式通常适用于速率 2400bit/s 以上的数据传输，如图 2-16b 所示。与异步传输方式相比，由于它发送的每一字符时不需要单独加“起”、“止”位，因此具有较高的传输效率。但同步传输是以固定的时钟节拍来发送数据信号的，因此在一个串行的数据流中，各信号码元间的相对位置都是固定的，接收方为了从收到的数据流中正确区分出一个个信号码元，首先必须建立准确的时钟信号，这是同步传输比异步传输复杂的原因。定时信号可由终端设备产生，也可由通信设备（如调制解调器、多路复用器等）提供。在接收端，通常由通信设备从中提取定时时钟信号，且接收的定时时钟信号必须始终保持，以避免接收的比特重叠或丢失。

同步传输有两种方式：一种是面向字符的；另一种是面向位的。为了使接收端能判断数据组的开始与结束，在每个数据组的开始加个帧头，在尾部加个帧尾，一个整体就称为一帧。

面向字符是将字符组织成组，以组为单位进行传送。每组字符之前加上一个或多个用于同步控制的同步字符 SYN，每个数据字符内不加附加位。接收端收到同步字符 SYN 后，根据 SYN 来确定数据字符的起始位和终止位。

面向字符的方案正在逐步被更有效、更灵活的面向位的方案所代替。这种方案把数据块作为位流来处理，而不是作为字符流来处理。除了帧头和帧尾的原理有一点差别外，其他基本相同。在面向位的方案中，由于假设数据是一个任意的位模式，因此不能够保证在数据中发现帧头和帧尾标志，例如高级数据链路控制（HDLC）和同步数据链路控制（SDLC）方案中，把模式 011111110 称为标志，既作为帧头使用，也作为帧尾使用。为了避免在数据流中出现这种模式，发送方总是在所发送的数据中，每当连续出现 5 个 1 之后插入一个附加的 0；当接收方检测到连续 5 个 1 的序列时，若后面一位是 0，则接收方就删除它。这种规程就是所谓的位填充。

4. 信道复用技术

无论远程通信还是进程通信，差不多总存在这样现象：传输介质的能力超过传输单一信号的能力。为了有效地利用通信系统，人们设法允许两个或两个以上的数据源共享一个公共传输介质，这种能实现多种信号同时在一介质中传输的技术就叫做多路复用（Multiplexing）。多路复用目前普遍使用的技术有两种：频分多路复用（Frequency Division Multiplexing, FDM）和时分多路复用（Time Division Multiplexing, TDM），如同 2-17 所示。

（1）频分多路复用（FDM） FDM 技术主要针对模拟信号，目前普遍应用于

电视和无线电传输中。FDM 是一种按频率来划分信道的复用方式，它把整个传输介质的传输频带，按一定的频率间隔，划分为若干较窄的频带，每个窄频带构成一个子信道。通常若介质的可用带宽超过给定信号所需的带宽，就采用 FDM 技术。如果每个信号以不同的载波频率进行调制，而且各个载波频率是完全独立的，即信号的带宽不相互重叠的话，就可以同时携带多个信号。最典型的 FDM 系统是多路载波系统，用于实现语音信号的长距离传输。

FDM 的工作原理如图 2-17a 所示。假设有 6 个信号源输入到一个多路复用器中，这个多路复用器用不同的频率 ($f_1 \sim f_6$) 调制

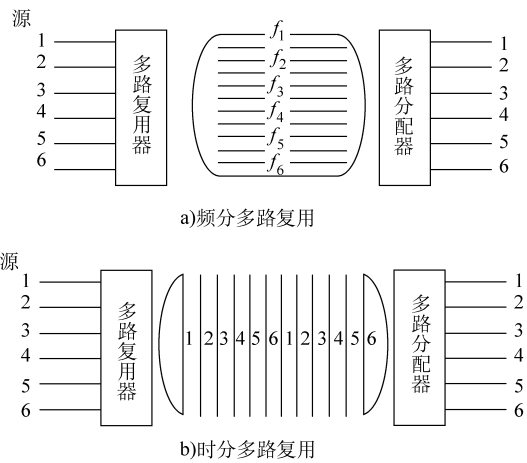


图 2-17 频分多路复用和时分多路复用

每一个信号。每一信号以它的载波频率为中心要求一定的带宽，这个带宽即为信道。为了防止信道间的相互干扰，使用保护带来隔离每一个信道，保护带是一些无用的频谱区。 $f_1 \sim f_6$ 以及所有隔离带宽的和，要小于或等于处于多路复用器和多路分配器之间传输介质的带宽。多路复用器经这一高数据速率的链路将输入 1~6 的载波传至多路分配器，多路分配器依照信道分离数据，并将它送至相应的输出线上。

(2) 时分多路复用 (TDM) TDM 技术主要针对数字信号，和 FDM 技术把信号结合成一个单一复杂信号的做法不同，TDM 保持了信号物理上的独立性，而从逻辑上把它们结合在一起。若传输介质能达到的位传输速率超过传输数字数据所需的数据传输速率，就采用 TDM 技术。利用每个信号在时间上的交叉，可以在一个传输通路上传输多路数字信号。这种交叉可以是位一级的，也可以是由字节组成的块或更大量的信息。

TDM 的工作原理如图 2-17b 所示。假设一个多路复用器有 6 个输入，每个输入的数据传输速率假设是 9600bit/s，这样一条容量达 57600bit/s 的线路就能容纳这 6 个信号源。每个信号源的时间片序列（每个信号源一个）称为一条通道时间片的一个周期，亦称为一帧。

如果在 TDM 方案中，每个时间片长度固定且预先指定，因而从各个信号源的发送定时是同步的，则称同步 TDM。与此相反，异步 TDM 又称为统计 TDM 或智能 TDM，它通过传输介质动态地按需分配时隙来提高传输能力。异步 TDM 和同步 TDM 不同的是，多路复用器的每一个 I/O 线有与之相应的缓冲存储器。若 I/O 线

有 n 条, 则一个周期的时间片只有 k 个, 且有 $k < n$ 。对于输入端, 多路复用器的功能是扫描输入缓冲器, 收集数据, 直到缓冲区填满才将此缓冲区的数据送出。对于输出端, 多路分配器收集到此数据后, 将它送入相应的输出缓冲区存储器中。

5. 差错控制技术

在数据通信系统中, 差错控制是指对数据传输设备、数据通信线路和通信控制器等产生的差错进行控制。所谓差错控制技术, 就是指发送端利用信道编码器在数字信息中增加一些监督信息, 并事先规定两者的相互关系, 用这些附加的信息来检测传输中发生的错误 (检错编码) 或纠正这些错误 (纠错编码)。

差错控制编码: 用户的原始数据通常不带有多余的东西, 因此要通过编码产生与用户原始数据相关的冗余信息, 然后将带有冗余信息的数据发送出去, 在接收端通过检测来发现和纠正传输错误。奇偶校验编码和循环冗余校验编码是最为常用的两类差错控制编码。

(1) 奇偶校验编码 奇偶校验编码是一种最常用的检测编码方式, 可分为奇校验编码和偶校验编码两种, 编码简单, 但检错能力有限, 常用于要求不高的场合。

无论是奇校验还是偶校验, 无论信息位有多少位, 校验位只有一位 a_0 。接收端可通过校验接收字符码组中“1”的个数为偶数 (或奇数) 来判断是否有错。在偶校验编码中, 码组中“1”的个数为偶数, 接收端对接收到的码组各位 $a_0 \sim a_{n-1}$ 进行模 2 加, 即满足 $a_{n-1} \oplus a_{n-2} \oplus \cdots \oplus a_0 = 0$; 奇校验编码与偶校验编码类似, 码组中“1”的个数为奇数, 满足 $a_{n-1} \oplus a_{n-2} \oplus \cdots \oplus a_0 = 1$ 。在偶校验中, 若为偶数, 则判为无差错; 在奇校验中, 若为奇数, 则判为无差错, 否则就认为有错。

(2) 循环冗余校验编码 循环冗余校验 (CRC) 编码, 是目前应用最广泛的一种检错编码, 检错能力强, 既能检测随机差错, 也能检测突发性差错。在实际应用中, CRC 编码的生成与校验过程可用软件或硬件来实现, 目前已有很多通信集成电路芯片本身带有标准的 CRC 编码生成与校验功能, 使用非常方便。

首先介绍 CRC 编码过程中用到的以多项式的系数表示二进制序列的方法。在长度为 n 的二进制序列中, 每个二进制序列与以 x 为基的 $n-1$ 次多项式之间具有对应关系。例如二进制数 10111, 可表示为以 x 为基的多项式 $x^4 + x^2 + x + 1$ 。CRC 编码生成多项式的结构与检错效果是经过严格数学分析和实验后确定的, 有相应的国际标准, 如 CRC-12 表示成多项式为 $G(x) = x^{12} + x^{11} + x^3 + x^2 + x + 1$; CRC-16 可表示为 $G(x) = x^{16} + x^{15} + x^2 + 1$ 等。

下面介绍 CRC 编码生成和校验过程, 分以下 5 步。

步骤 1: 在发送端将待发送的数据多项式 $T(x)$ 表示为 x^k , 其中 k 为生成多项式 $G(x)$ 的最高幂次, 例如 CRC-12 中, $k=12$, 对于二进制乘法, $T(x)x^k$ 意味着 $T(x)$ 对应的发送数据比特序列左移 k 位。

步骤 2: 将 $T(x)x^k$ 除以生成多项式 $G(x)$, 得

$$\frac{T(x)x^k}{G(x)} = Q(x) + \frac{R(x)}{G(x)}$$

式中 $Q(x)$ ——商；

$R(x)$ ——余数多项式。

步骤 3：将 $T(x)x^k + R(x)$ 所对应的比特序列作为一个整体送入信道发送。

步骤 4：在接收端，对接收序列所对应的多项式 $T'(x)x^k$ 进行同样的运算，即

$$\frac{T'(x)x^k}{G(x)} = Q(x) + \frac{R'(x)}{G(x)}$$

得到余数多项式 $R'(x)$ 。

步骤 5：比较两余数多项式 $R(x)$ 和 $R'(x)$ ，若两者相等，则认为传输正确；反之，则认为错误。

以发送数据序列 110011 为例，具体解释以上 CRC 编码检验步骤：①生成多项式 $G(x) = x^4 + x^3 + 1$ ， $k=4$ ，所对应序列为 11001；②将发送数据序列左移 4 位，新序列为 1100110000；③按模 2 算法，将生成的新序列被生成的多项式序列去除，即

$$\begin{array}{r} G(x) \rightarrow 11001 \overline{) 1100110000} \begin{array}{l} \leftarrow Q(x) \\ \leftarrow T(x)x^k \end{array} \\ \underline{11001} \\ 10000 \\ \underline{11001} \\ 1001 \leftarrow R(x) \end{array}$$

得到余数多项式比特序列 1001；④将余数多项式比特序列 1001 加到发送数据序列 110011 中，构成带有 CRC 编码的实际发送比特序列 1100111001；⑤如果数据在传输过程中没有发生差错，则接收端收到带 CRC 编码的比特序列一定能被同一生成多项式序列整除，即

$$\begin{array}{r} 11001 \overline{) 1100111001} \\ \underline{11001} \\ 11001 \\ \underline{11001} \\ 0 \end{array}$$

2.2.4 传输介质

传输介质特性对网络的通信速率和通信质量都有很大的影响，传输介质的选择是由许多因素决定的，如传输特性、环境范围、可靠性、元件、安装及维护费用等。传输介质有有线（包括双绞线、同轴电缆和光纤）和无线（包括微波、红外线、卫星中继通信系统等）两种，目前应用比较广泛的主要是双绞线、同轴电缆和光纤三种。

1. 双绞线

双绞线（Twist - Pair）在综合布线系统中是价格便宜、应用最多的一种传输介

质，其结构如图 2-18 所示。其中，图 a 为无屏蔽双绞线（Unshielded Twisted Pair, UTP）；图 b 为屏蔽双绞线（Shielded Twisted Pair, STP）。STP 在双绞线与外层绝缘封套之间有一个金属层蔽层，在线径结构上要明显粗些，比 UTP 精细使 STP 比同类的 UTP 具有更高的传输速率和电气性能。但由于 STP 的价格较非屏蔽双绞线贵，且 UTP 的性能对于普通的企业局域网来说影响不大，所以在企业局域网组建中所采用的通常是 UTP。

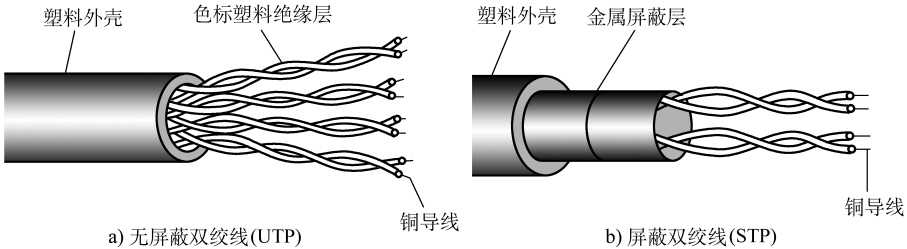


图 2-18 双绞线电缆

双绞线一般由两根 22 ~ 26AWG（美国线规号，0.4 ~ 0.8mm）绝缘铜导线相互缠绕而成，实际使用时，典型的双绞线有四对的，也有更多对的；放在一个电缆套管里的，称之为双绞线电缆（或双扭线电缆）。导线的绞合是为了抵御一部分外界电磁波干扰，更主要的是降低自身信号的对外干扰，以提供相对稳定的导电特性。电缆的粗细为 4.5 ~ 17mm 不等。在双绞线电缆中，不同线对具有不同的扭绞长度，一般地说，扭绞长度在 38.1 ~ 14cm 内，按逆时针方向扭绞。相邻线对的扭绞长度在 12.7cm 以上，一般扭线越密，其抗干扰能力就越强。

（1）分类 根据电气特性，美国电子工业协会（EIA）/通信工业协会（TIA）通常把双绞线主要分为以下几类，其中最常见的是 3 类线、5 类线和超 5 类线。

1) 1 类线：主要用于模拟语音传输，常见于 20 世纪 80 年代初之前的电话线缆；

2) 2 类线：传输频率为 1MHz，用于语音传输和最高传输速率为 4Mbit/s 的数据传输，常见于使用 4Mbit/s 规范令牌传递协议的旧令牌网；

3) 3 类线：指目前在 ANSI（美国国家标准学会）和 EIA/TIA568 标准中指定的电缆，传输频率为 16MHz，适用于语音和最高传输速率为 10Mbit/s 的数据传输，常见于 10Base - T。

4) 4 类线：传输频率为 20MHz，适用于语音传输和传输速率为 16Mbit/s 的数据传输，主要用于基于令牌的局域网和 10Base - T/100Base - T。

5) 5 类线：该类电缆增加了绕线密度，外套了一种高质量的绝缘材料，传输频率为 100MHz，适用于语音传输和最高传输速率为 100Mbit/s 的数据传输，主要

用于 100Base-T 和 10Base-T 网络。这是最常用的以太网电缆。

6) 超 5 类线：具有衰减小、串扰少、信噪比高、时延误差小等特点，主要用于吉位以太网（1000Mbit/s）。

7) 6 类线：传输频率为 1~250MHz，提供 2 倍于超 5 类的带宽，传输性能远远高于超 5 类标准，适用于传输速率高于 1Gbit/s 的应用。

(2) 应用 双绞线既可用于点到点连接，也可用于多点连接。双绞线传输数据的最大距离可达到 15km，在 10Mbit/s 局域网中，与集线器的最大距离是 100m。此外，双绞线可用于模拟信号传输，也可用于数字信号传输。对于模拟信号，每隔 5~6km 需要有放大器；对于数字信号，每隔 2~3km 需要有转发器。

双绞线最常用于声音的模拟传输。虽然语音频谱在 20Hz~20kHz 之间，但是进行可理解的语音传输所需要的带宽却窄得多，一条全双工音频通道带宽是 300Hz~4kHz。在一根双绞线上，使用 FDM 技术可以进行多个音频通道的多路复用，每个信道为 4Hz 的带宽，并在信道间提供适当的间隔。双绞线的带宽可达 268kHz，具有 24 条音频通道的容量。

使用 Modem（调制解调器）也可以在模拟音频信道上传输数字数据。根据目前 Modem 的设计，使用相移键控（PSK）法，实用的传输速率可达到 9600bit/s 以上。在一条 24 信道的双绞线上，总的数据传输速率为 230kbit/s。

另外，也可以在双绞线上发送数字信号。目前，3 类标准的 UTP 数据传输率达到 10Mbit/s，5 类标准的 UTP 数据传输速率达到 100Mbit/s，150Ω 的 STP 数据传输速率超过 100Mbit/s。

双绞线标注方法是这样规定的，如果是标准类型则按 CATx 方式标注，如常用的 5 类线和 6 类线，则在线的外包皮上标注为 CAT5、CAT6。而如果是改进版，就按 xe 方式标注，如超 5 类线就标注为 5e。

目前，国外的主流双绞线品牌有安普、康普、西蒙、朗讯、丽特、IBM 等公司，国内的主流双绞线品牌有鼎志、TCL、一舟、清华同方、兆龙、绿色硅谷、威诺等公司。

2. 同轴电缆

同轴电缆的基本结构如图 2-19 所示。它由一个空心的圆柱外导体，隔了一层固体绝缘材料，内部包一条线性导体面组成。外导体可以是整体的或金属编织的，内导体是整体的或多股的。用均匀排列的绝缘环或整体的绝缘材料将内导体固定在合适的位置，外导体用绝缘护套覆盖。单根同轴电缆的直径约为 0.5~2.5cm，几个同轴电缆线往往套在一个大的电缆内，有些里面还装有两芯扭绞线或四芯线组，用于传输控制信号。同轴电缆的外导体是接地的，由于它的屏蔽作用，外界噪声很少进入其内。

(1) 分类 同轴电缆按用途可分为两种基本类型：基带同轴电缆和宽带同轴

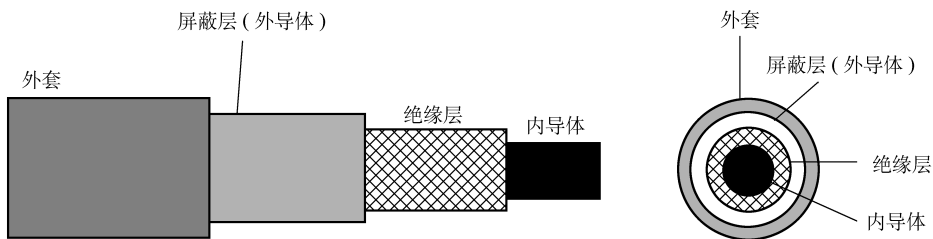


图 2-19 同轴电缆

电缆。目前基带常用的电缆，其屏蔽线是用铜制成网状的，特征阻抗为 50Ω （如 RG-8、RG-58 等）；宽带同轴电缆常用的电缆屏蔽层通常是用铝材冲压成的，特征阻抗为 75Ω （如 RG-59 等）。宽带同轴电缆一般用于模拟信号的传输，可以使用频分多路复用方法，将一条宽带同轴电缆的频带分成多条通信信道，使用调制方式可支持多路传输，也可只用于一条通信信道的高速数字通信，称之为单信道宽带。基带同轴电缆使用的最大距离限制在几千米范围内，而宽带同轴电缆最大距离可达几十千米。

按同轴电缆的直径大小分为细同轴电缆（RG-58）和粗同轴电缆（RG-11）。细缆的直径为 0.26cm ，阻抗为 50Ω ，最大传输距离为 185m ，安装相对简单，造价低，适合架设终端设备较为集中的小型以太网，但由于安装过程要切断电缆，两头须装上基本网络连接头，然后接在 T 型连接器两端，所以当接头多时容易产生接触不良的隐患，这是目前运行中的以太网最常见的故障之一。粗缆的直径为 1.27cm ，阻抗为 75Ω ，最大传输距离达到 500m ，适用于比较大型的局域网，主要用于网络主干，用来连接数个由细缆所接成的网络。由于安装时不需要切断电缆，因此可以根据需要灵活调整计算机的入网位置，但粗缆网络必须安装收发器和收发器电缆，安装难度大，所以总体造价高。

（2）应用 同轴电缆是用途广泛的传输介质，主要应用于长距离的电话或电报传输、有线电视（电缆电视）、局域网和短距离系统连接的通信线路等。

常用的同轴电缆主要型号有 RG-8、RG-11、RG-58、RG-59、RG-62 等。计算机网络一般选用 RG-8 以太网粗缆和 RG-58 以太网细缆；RG-59 用于电视系统；RG-62 用于附加资源计算机网络（ARCnet）。

与双绞线相比，同轴电缆具有较高频率和数据传输速率。由于其屏蔽的同轴心结构，比起双绞线，它对干扰和串音不敏感，影响其性能的主要因素是衰减、热噪声和交调噪声。对于模拟信号的长距离传输，每隔几千米就需设置一个放大器，且传输频率较高，设置距离要适当缩短。对于长距离数字信号传输，每 1000m 左右需设置转发器，而要达到较高的传输速率，转发器的间隔还要近些。在实验室中，当转发器间距为 1.6km 时，数据传输速率可达到 800Mbit/s 。

3. 光纤

光纤，又称光导纤维，是一种利用光在玻璃或塑料制成的纤维中的全反射原理而形成的光传导介质。多数光纤在使用前必须由几层保护结构包覆，包覆后的缆线即被称为光缆，图 2-20 所示为一种多模光缆的结构。

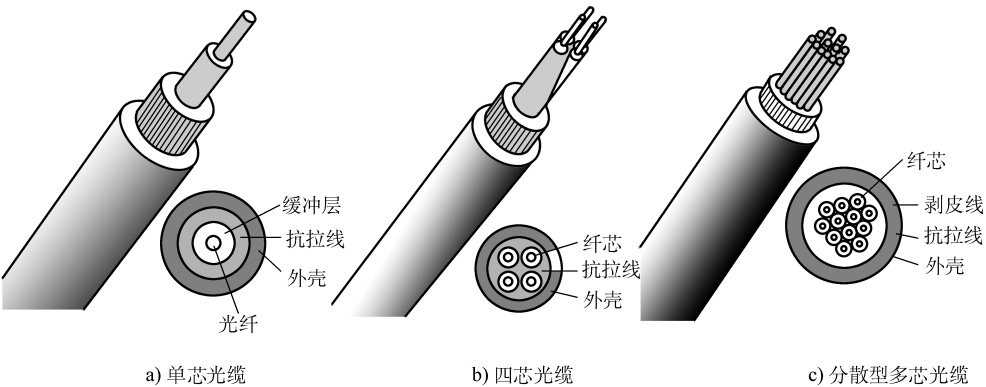


图 2-20 光缆

光纤和同轴电缆相似，只是没有网状屏蔽层，中心是光传播的玻璃芯。光束在折射率很高的单根光纤内传输，多条光纤组成一束构成一条光缆。由于光纤的折射系数高于外部包层的折射系数，因此可形成光波在光纤与包层界面上的全反射，光导纤维通过内部的全反射传输一束编码的光信号。通常，光纤的一端的发射装置使用发光二极管或一束激光将光脉冲传送至光纤，光纤的另一端的接收装置使用光敏器件检测脉冲。

(1) 分类 光纤有单模、多模和多模变率三种基本传输模式，如图 2-21 所示。

单模方式指光信号仅与光纤轴成单个可分辨角度的单光线传输。如果光纤芯体减小，必须减小入射角才能入射并向前传播。当芯体半径减小到波长数量级时，可以在光纤里传播的只有一个角度的光波。图 2-21a 中画的只是轴向射线，实际也是要经过

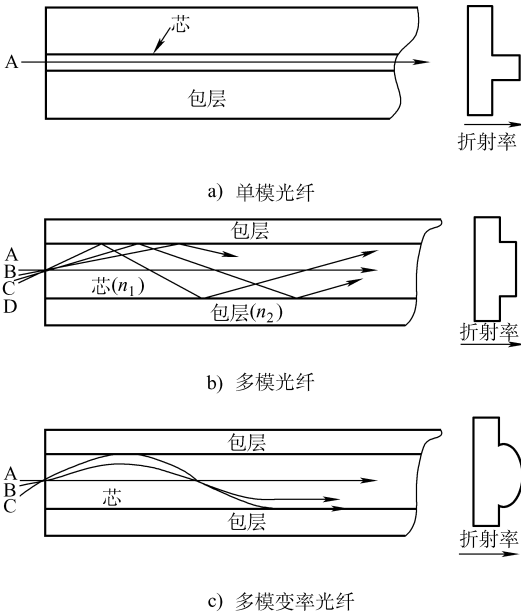


图 2-21 光纤传输模式

反射向前传播的。

多模光纤是指光信号与光纤轴成多个可分辨角度的多光线传输。由于存在多条传播路径，每一条路径长度不等，因而传过光纤的时间不同，这就造成信号码元在时间上分散开，从而限制了数据传输速率。

多模变率方式是多模方式的一种，即芯体的折射率是变化的，光线传播的路径像正弦曲线。与不变折射率的多模方式比较，它具有更有效的射线聚焦效果，因而性能上有较大的改善。这种形式的光纤应用较多，因为它的性能介于单模与多模方式之间，而传播系统的费用较单模便宜得多。

(2) 应用 利用光纤进行通信是 20 世纪 70 年代后兴起的最新通信方式，光纤具有传输容量大、损耗低、线径细、重量轻、不受电磁干扰等优点，因此各国都大力发展光纤信道，把它作为近程、中程以及远程的传输线路。光纤还可以部分取代电缆，减少金属材料的消耗。

光纤信道是典型的数字信道，要传送的电信号（可以是模拟信号）经处理变成可以对光进行调制的电信号，例如二进制电信号。从光源发出的光和该电信号输入光调制器，通过输出已调光信号来反映电信号的变化，并耦合到光纤线路中去。在接收端的光探测器检测到光波，并转换（解调）成相应的电信号，经处理输出给用户可以接收的信号。

在光纤信道中，可以设置中继器。中继器有直接中继器和间接中继器（再生中继器）两类。直接中继器是光放大器，它直接将光信号放大以补偿光纤的损耗。间接中继器将光信号先解调成电信号，经放大限幅和再生后，再调制沿光波传输。在数字光纤信道中，为减小失真和噪声的积累，每隔一定距离也需要加入再生中继器。

常用光纤规格有单模光纤：8/125 μm 、9/125 μm 、10/125 μm ；多模光纤：50/125 μm （欧洲标准）、62.5/125 μm （美国标准）；工业，医疗和低速网络用光纤：100/140 μm 、200/230 μm ；塑料光纤：98/1000 μm ，用于汽车控制。

2.3 网络技术

计算机网络技术是现代通信技术和计算机技术相结合的产物，通过将地理位置不同且具有独立功能的多个计算机系统，利用通信设备和通信线路连接起来，在网络软件（如网络通信协议、信息交换方式及网络操作系统等）的支持下，实现数据传输和资源共享。计算机网络的种类很多，分类方法也不同。

1) 根据网络的规模及连网计算机所处位置的远近，计算机网络可分为局域网（LAN）、广域网（WAN）和城域网（MAN）三种。

局域网一般属于一个单位或部门所有，网络覆盖范围仅限于一幢大楼或一个建筑群之内，线路距离短，一般不超过几千米，因此受外界干扰小，经济可靠。局域

网通常采用廉价高速的宽带信道，而不利用邮电或公共部门的公用或专用通信网络，所以局域网的通信频带宽，数据传输速率高，可达 10Mbit/s 以上。

广域网又称远程网，是由远程线路（如电话交换网、公用数据网、卫星等）将地理位置不同的多个局域网连接起来的网络。网络覆盖范围可以延伸到整个国家，甚至可以达到全球范围，如当今的 Internet 等。广域网的传输速率较低，一般为 64kbit/s 以下，且响应时间长，建网及维护网络的费用也较高。

城域网是在局域网的基础上发展起来的一种新型数据网，网络规模介于局域网和广域网之间。它由多个局域网互相连接构成，网络覆盖为普通城市的地理范围，支持高速传输和综合业务，数据传输速率为每秒几兆位。

2) 根据网络使用的频带，计算机网络可分为基带网和频带网。计算机网络传输的是数字信号，里面的内容可能是语音、图像、数据或多媒体信息，但都转换成二进制数字信号，因此可采用基带传输或频带传输。

基带传输是直接使用数字通信信道传输数字信号，而频带传输则是使用模拟通信信道传递数字信号，其传输过程是：在数据发送端，调制解调器将数字信号转化成模拟信号，如 ASK、FSK 及 PSK 等，在数据接收端，调制解调器将接收到的模拟信号再还原成计算机可识别的数字信号。

基带传输的特点是：信道中为数字信号，而且整条通道的频谱均为传送一路数字信号所占用。此外，基带传输是双向传送，即连接于总线上各节点的发送信号沿两个方向向总线的末端传送。目前国内广泛使用的局域网多数是基带网，传输速率在 1 ~ 10Mbit/s 之间。基带传输的优点是实现简单，电缆铺设方便，投资少。

频带传输的特点是：信道中为模拟信号，通道可以采用频率划分方式进行通道的多路复用。在频带传输中，为了获得双方向的通信，可采用双通道，所有节点的发送信号都沿一条通道传送至一个端点，然后沿另一条道送向各节点发送。频带传输的优点是容量较大，便于实现数据、声音、图像等多种用途信息的多路复用传送，采用放大器可使传输距离扩大到很大的范围。频带传输的缺点是安装及维护较复杂，投资大，平均通道时延远比基带传输长。

3) 根据网络通信线路所使用的介质，计算机网络可分有线网和无线网。

有线网使用的传输介质有同轴电缆、双绞线、光纤等。无线网使用的传输介质有红外线、无线电、微波及卫星等。

4) 根据数据交换的方式，计算机网络可分为共享型网络和交换型网络。

共享型网络是一种竞争共享的数据传输方式，网络上的每台计算机必须争得传输通道的使用权后，才能传送数据，且当两个用户正在互相传送数据时，其他用户就不能传送数据。通常低速局域网采用此种网络，如 10Base - 2、10Base - 5、10Base - T 以太网、令牌网及光纤分布式数据接口（FDDI）网等。

交换型网络是一种采用分组交换技术的数据传输方式，每个工作站独占一定带

宽，网络系统带宽随连网工作站数量的增加而增加。通常高速局域网和广域网采用此种网络，如快速以太网、吉位以太网等。

计算机网络技术的实质是资源共享的技术，通过对网络资源的合理使用，可以有效地达到分担负载能力的目的，从而降低了投资成本，同时提高了资源利用率。具体而言，计算机网络的功能主要表现在以下三个方面：

1) 硬件资源共享，如互联网上的任何一台微机或终端可以访问网上的所有主机，从而节省硬件开销；

2) 软件资源共享，如互联网上的任何一台微机或终端都可以访问网上主机的各种类型的数据库、图书资源，新闻资料、科技资料等；

3) 提供强有力的通信手段，如通过计算机网络来传送电子邮件、发布新闻消息等，消除了地理和时间因素的限制，方便了用户之间信息的交流和相互协作。

2.3.1 计算机网络的构成

计算机网络系统由硬件与软件两部分构成，其中硬件可分为资源子网和通信子网两部分。资源子网是指用于执行用户程序和作业的数据终端设备，主要负责全网的信息处理，包括计算机系统的大型机、中型机、小型机、个人计算机及各种输入输出设备终端等；通信子网主要用于信息传输，不执行用户程序，包括传输介质、通信设备及通信控制设备等。

1. 网络硬件

不同的计算机网络系统根据其需求的不同，硬件组成往往是不同的，常见的有：服务器、工作站、网络接口卡、集线器、路由器、调制解调器及通信介质等。

(1) 服务器 (Server) 服务器是指能为网络提供服务和进行管理的计算机系统，通常由高档微机、小型机甚至大中型机担当，可以与磁盘驱动器、打印机、调制解调器和专用通信线路等设备相连提供给客户计算机使用。网络用户依靠不同的服务器提供不同的网络服务，所以网络服务器是网络资源管理和共享的核心，其性能对整个网络的共享性能有着决定性的影响。

服务器通常以能在网络中提供的服务来命名，可分为文件服务器、数据库服务器、通信服务器、应用服务器等。

1) 文件服务器：主要提供以文件存取为基础的服务，它将服务器上大容量磁盘存储空间供给网上的客户机，接收客户机发出的数据处理、存取请求。由于文件共享服务是网络中最基本也是最常用的服务，因此网络文件服务器也常被简称为网络服务器或服务器。

2) 数据库服务器：主要提供数据库操作服务，即以数据库检索、更新为基础的服务。

3) 通信服务器：负责网络中各客户对主计算机的联系、网与网之间的通信以及在客户机之间共享高速调制解调器等通信设备。

4) 应用服务器：提供一种特定应用的服务，例如电子邮件服务器、计算服务器等，可以提供诸如科学运算、气象预报及自动订票等需要进行大量计算或特定计算的应用服务。

采用什么样的微机用作服务器最为合适？若有条件购置专用的文件服务器则更好，专用的文件服务器对数据的存储、速度、可靠性都有考虑，诸如硬盘镜像、双工等容错技术一般都会得到应用。不过一般的小型局域网，采用 PII 级的微机，配备一个或数吉字节的大容量硬盘和一个 32 位的网卡就可以满足需求。

(2) 工作站 (Workstation) 工作站也称为客户机，是指连接到计算机网络中，并通过应用程序或实用程序来共享网络资源、执行任务的客户计算机，由普通的计算机承担，其性能一般低于服务器，可以访问一个或多个服务器上的数据与设备，是网络中数据主要的发生场所和使用场所。个人计算机接入 Internet 后，在获取 Internet 的服务的同时，其本身就成为一台 Internet 上的工作站，网络工作站需要运行网络操作系统的客户端软件。

网络工作站根据其在网络中空间或拓扑的位置，可分为本地工作站和远程工作站。本地工作站是指在同一类型干线中或直接由网络传输介质连接在一起的工作站，它们与网络之间可进行高速的数据交换。远程工作站是通过异步远程网桥或其他异步连接设备连接到局域网的一台计算机或终端。某一网络中的远程工作站也可以是另一个网络中的本地工作站。一般的远程工作站是通过电话网或其他公用网络来进行远程通信，因而数据传输速率受到一定的限制，使得远程工作站与网络只能以较低的传输速率进行数据交换。

(3) 网卡 网卡也称为网络适配器、网络接口卡 (Network Interface Card, NIC)，主要作用是将计算机数据转换成能够通过介质传输的信号。大多数局域网采用以太网 (Ethernet) 卡，如 NE2000 网卡、计算机存储卡接口适配器 (PCM-CIA) 卡等。在局域网中，网卡将用户计算机与网络电缆相连，一端连接到传输介质，另一端通常是以接口卡的形式连接到网络设备上，它把网络电缆 (或介质) 上的串行信号转换为计算机的并行数据流，也可将数据格式由并行变成串行，并能进行信号再生，以便传输必要的距离。

网卡有 16 位与 32 位之分，16 位网卡的代表产品是 NE2000，一般用于工作站；32 位网卡的代表产品是 NE3200，一般用于服务器。网卡的接口有三种规格：粗同轴电缆连接单元接口 (AUI)、细同轴电缆接口插入式标准连接器 (BNC) 接口和无屏蔽双绞线接口 (RJ-45 接口)。

在网络工作时，网卡一方面会通过连接到传输介质的端口，监测网络的状态，侦听介质上的信号。当接收到有效数据时，它会判断是否是发送给本站的数据，若是，则将数据通过与网络设备的接口传送给网络设备，否则将数据放弃或按原方向重发。另一方面，网络设备要发送的数据，也通过接口送给网卡，网卡按一定的发

送时机（如传输介质空闲或收到准发信号）再将数据发送到传输介质上，从而实现网络设备间的通信。另外，网卡还完成通信包的装配与拆卸、网络存取控制、网络信号驱动等。

网卡允许独立于 CPU 运行，即不需要 CPU 就能处理数据传输与接收的细节。例如在接收数据时，网卡能等待网上的一帧、复制帧的副本、核对帧的检验和以及检查目的地址。如果目的地址与计算机地址或广播地址相匹配，那么网卡在主存中存储帧的副本，并中断 CPU；如果帧内的目的地址与计算机地址不匹配，那么网卡丢弃这一帧并等待下一帧。这样，只有当发给这台计算机的帧到达时，网卡才中断 CPU。

由于网卡与网络传输介质共同实现国际标准化组织（ISO）网络模型中的最低两层，即物理层与链路层，所以网卡对网络的拓扑结构、传输介质及通信协议的选择有决定性的影响。反之，网络的拓扑结构及传输介质等也确定了网卡的可选范围。

（4）通信介质 网络电缆用于网络设备之间的通信连接，常用的网络电缆有双绞线、细同轴电缆、粗同轴电缆、光缆等。此外，计算机网络还使用无线传输介质（包括微波、红外线和激光）、卫星线路等传输介质。

不同传输介质的传输速率和传输距离各不相同，在选择传输介质时，首先要考虑带宽，因为带宽较宽的信道支持数据传输速率也高。其次，应考虑传输距离，即在保证足够信号和通信质量的前提下，节点间的最大距离和网络的覆盖范围。最后，还要考虑网络拓扑结构，因为网络拓扑结构与传输介质有关，比如光纤一般采用环形拓扑，宽带同轴电缆采用总线型或树形拓扑，双绞线采用星形、环形或总线型拓扑。另外，还要综合考虑抗干扰能力、安全性、施工难易及费用等问题。

（5）网络连接设备

1) 调制解调器（Modem）：调制解调器俗称为“猫”，是一个通过电话拨号接入 Internet 的必备的硬件设备。通常计算机内部使用的是“数字信号”，而通过电话线路传输的信号是“模拟信号”。调制解调器的作用就是当计算机发送信息时，将计算机内部使用的数字信号转换成可以用电话线传输的模拟信号，通过电话线发送出去；接收信息时，把电话线上传来的模拟信号转换成数字信号传送给计算机，供其接收和处理。

按调制解调器与计算机连接方式不同可将调制解调器分为内置式与外置式。内置式调制解调器体积小，使用时插入主机板的插槽，不能单独携带；外置式调制解调器体积大，使用时与计算机的通信接口（COM1 或 COM2）相连，有通信工作状态指示，可以单独携带，能方便地与其他计算机连接使用。

按调制解调器的传输能力不同，有低速和高速之分，可分为低速（小于 1200bit/s）、中速（1200 ~ 9600bit/s）和高速（大于 9600bit/s）三类。常见的调制解调器速

率有 14.4kbit/s、28.8kbit/s、33.6kbit/s、56kbit/s 等，工作速度越快，上网效果越好，价格越高，但电话线路的通信能力可能制约调制解调器的整体工作效率。

标准的调制解调器一般至少具有两个 RJ-11 电话插座和一个网络或计算机的接口。通常，调制解调器的一端和计算机的 RS-232 接口相连，它们之间使用串行数字通信，另一端与公用电话网（PSTN）相连，与远端的另一个调制解调器相连。调制解调器之间使用音频信号进行通信，其连接示意图如图 2-22 所示。

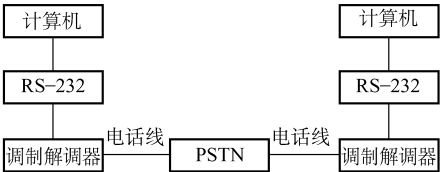


图 2-22 调制解调器连接示意图

2) 中继器（Repeater）：限制局域网连接距离的一个因素是信号在传送时会衰减，为消除这个限制，一些局域网用中继器来连接两根电缆。中继器，又称为转发器或重发器，是网络物理层的一种介质连接设备，它起信号再生和放大作用。中继器不需要了解帧的格式，也没有物理地址。

中继器一般用于以太网，如图 2-23 所示。一个中继器连接的两根以太网电缆称为网段，每个网段都连有站点。粗缆以太网网段的设计连接距离是 500m（不能超过最大距离 800m），通过连接两个网段，一个中继器可以使以太网的连接距离增至 1000m。因为中继器传送两个网段的所有信号，所以可使连在一个网段上的计算机能和连在另一个网段上的计算机通信。

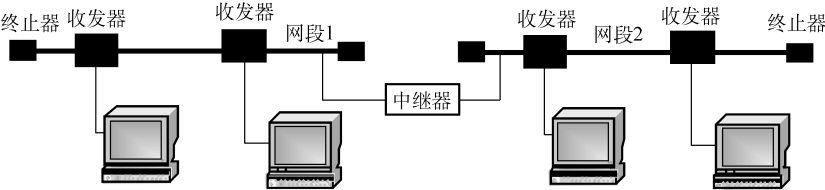


图 2-23 用中继器连接两个以太网网段

中继器只在两个局域网的网段间实现电气转接，它仅用于连接同类型网段，而不能互连不同类型的网络。有些中继器还可以连接不同的传输介质，起转换作用。用中继器相连的网络段成为同一网络的一部分，具有相同的网络地址。网段中的每个节点有自己的地址，扩展段中的节点地址和已有的网段节点地址必须相同，因为它们已成为同一网络段上的一部分。

从理论上讲，可以采用中继器连接无限数量的网段，然而实际上各种网络中接入的中继器数量，因受时延和衰耗的影响，都有具体的限制，一般而言，任何一对工作站之间的中继器个数不能超过四个，否则网络便不能正常运行。此外，中继器本身的功能局限决定了它不能隔离分段间不必要的网络流量，不具有通信隔离的功

能，它只负责将每一个信号从一段电缆传送到另一段上，而不管信号是否正常。

中继器优点是安装简单容易，造价低廉，主要的缺点是它再生电子干扰及错误信号；另外由于中继器双向传递网络段间的所有信息，所以它很容易导致网络上的信息拥挤，同时当某个网段有问题时，会引起所有网段的中断。其扩展规模（长度、站点数）也不能突破单级的限制，新的发展趋势是用无屏蔽双绞线（UTP）作为网络传输介质，如在楼宇规整化布线系统中，UTP 为主要规范性传输介质，属于中继器的以太网 UTP 集线器也大量使用。

为适应用户的需求，市场上有各种各样的中继器产品：多路复用器、多口中继器，还有模块中继器、缓冲中继器等。多路复用器主要用来增加物理介质的利用率，主要是时分多路复用器、频分多路复用器、统计时分多路复用器等。多口中继器用来支持三个或多个总线网段，即三个或更多的 10Base-2 或 10Base-5 网段。

3) 集线器（Hub）：集线器是应用于网络物理层的纯硬件网络底层设备，其作用是将分散的网络线路集中在一起，从而将各个独立的网络分段线路集中在一个设备中。集线器也可以看成是星形布线的线路中心，线路由这个中心向外辐射到各个局域网。实际上，集线器也是一种中继器，其区别仅在于集线器能够提供更多的端口服务，所以又叫多口中继器。

按功能，集线器可分为无源集线器、有源集线器和智能集线器三种。无源集线器仅具有单纯的集线功能，不对信号做任何处理。有源集线器除了具有集线功能外，还可对传输信号进行再生和放大，扩展介质长度。智能集线器在有源集线器的功能基础上，增加了网络管理和智能选择网络传输通路的功能，实现了不同类型网络间的协调通信，不需要增加路由器或网桥，从而既增加了网络的灵活性，又降低了建网的成本。

按结构，集线器可分为独立式集线器、堆叠式集线器、智能模块化集线器和交换式集线器。独立式集线器只具有集线的功能，也有智能型的。堆叠式集线器由几个独立的单元组成，每个单元有给定数目的端口，每个单元像独立式集线器那样按自己的规划工作，但同时具有外部连接，以增加和它完全一样的补充单元。智能模块化集线器也称为机箱式集线器，它由机箱、电源、背板、控制卡、功能模块卡组成，网络功能以模块方式实现。例如，在集线器的扩展槽中，插入不同类型的接口卡，就可以将不同类型的线路连接起来。如果插入 FDDI 卡，则相连的是光纤；如果插入令牌环接口卡，则相连的是双绞线，这样集线器就可支持多种传输介质。机箱的大小由插槽数目来确定。交换式集线器平台增加了线路交换功能和网络分段方式，从而有效提高了传输带宽，不仅支持现有网络技术，而且还可以支持交换式网络技术。

目前，集线器产品已在技术上向交换机技术进行了过渡，具备了一定的智能性和数据交换能力。但随着交换机价格的不断下降，仅有的价格优势已不再明显，集

线器的市场越来越小，处于淘汰的边缘。尽管如此，集线器对于家庭或者小型企业来说，在经济上还是有一点诱惑力的，特别适合家庭几台机器的网络中或者中小型企业作为分支网络使用。

4) 网桥 (Bridge)：网桥又称为桥接器或桥路，工作在数据链路层，具有在不同网段之间再生信号的功能，通常用于连接数量不多的、同一类型的网段。网桥有两方面的功能：

① 网桥可以把实际上分离的局域网连成一个逻辑上单一的局域网。一个局域网上的用户可以透明地通过网桥访问另一网络上的资源，访问如同是在同一个局域网上进行，从而扩大了网络的地理范围。

② 网桥还可实现通信分段，隔离网络通信流量。因为网桥可以把较大的局域网分成若干个逻辑子网，把通信性质相似的用户分配在同一个子网中，从而减少整个局域网中信息流量，提高网络效率。

和中继器不一样，网桥具有帧过滤功能，能处理一个完整的帧，并使用和计算机相同的接口设备。网桥以一种随机方式侦听每个网段上的信号，当它从一个网段接收到一个帧时，网桥会检查并确认该帧是否已完整地到达，如果需要的话，可把该帧传送到其他网段上。

目前，网桥主要有透明网桥、转换网桥、封装网桥、源路由选择网桥等四种类型。此外，当需要把处于两个地点相隔很远的网段连接成一个逻辑网时，可以采用远程网桥，两地之间的通信信道可以租用电话线路或者卫星频道，图 2-24 所示是用卫星来桥接两个网段。对本地网桥而言，性能比较重要，而对远程网桥而言，在长距离上正常运行更重要。

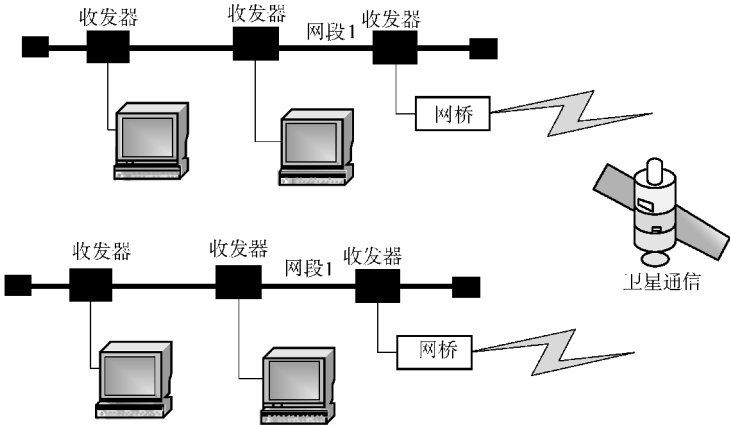


图 2-24 远程网桥

5) 路由器 (Router)：路由器是在网桥的基础上改进得到的一种端口设备，它可以比网桥完成更多的功能。路由器除了提供过滤和桥接的功能外，还提供复杂的

路径控制和管理功能。网桥常用于局域网点到点的互连，而路由器则可用于建立大型的、复杂的符合 X.25 标准的互联网。

路由器工作在开放式系统互连（OSI）网络模型的第三层，即网络层。它需要处理网络层的数据分组、判断网络地址和选择路径，能在复杂的网络互连环境中，建立非常灵活的连接，能在网段的冗余路径中作出选择，并可用完全不同的数据分组和介质访问方法连接各子网。

路由器具有不同局域网间的路由能力，即可用来在令牌环网用户和以太网用户之间进行通信。路由器接收传来的帧，并把它存到存储器中。当帧被存储后，路由器阅读帧中包含的信息，使用复杂的网络寻址过程来判断适当的网络目标，重新按最终到达的网络类型改组成新的帧，最后将它发送到正确的端口上。

此外，路由器还可以利用通信协议本身的流量控制来控制信息的传送，解决通信拥挤的问题，同时它还可以过滤网络中的错误，有错误的数据包不能通过路由器。

从功能上划分，可将路由器分为骨干级路由器、企业级路由器和接入级路由器。骨干级路由器是实现企业级网络互连的关键设备，数据吞吐量较大。为了获得高可靠性，网络系统普遍采用诸如热备份、双电源、双数据通路等传统冗余技术，从而使得骨干路由器的可靠性一般不成问题。企业级路由器连接许多终端系统，连接对象较多，但系统相对简单，数据流量较小，对这类路由器的要求是：以尽量便宜的方法，实现尽可能多的端点互连，同时还要求能够支持不同的服务质量。接入级路由器主要应用于连接家庭或因特网服务提供商（Internet Service Provider, ISP）内的小型企业客户群体。

6) 网关（Gateway）：网关又称为网间连接器、协议转换器，是支持比网络层更高层次上的网络互连设备，可连接不同类型的网络，既可以用于广域网互连，也可以用于局域网互连，使不同类型的网络之间可以进行信息交换。

网关是一种充当转换重任的计算机系统或设备，在使用不同的通信协议、数据格式或语言，甚至体系结构完全不同的两种系统之间，网关是一个翻译器，它将数据完全重新分组，甚至要改变报文的格式，使之与接收端的应用程序相一致，所以网关不仅要连接分离的网络，还必须确保一个网络传输的数据与另一个网络的数据格式兼容。同时，网关也可以提供过滤和安全功能。充当网关设备的，一般是专用的微机或文件服务器，网关计算机运行两类系统间转换的程序，实现数据传输和协议对话，其使用情况如图 2-25 所示。

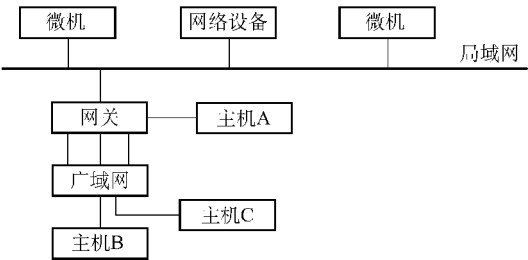


图 2-25 网关的使用

按照不同的分类标准，网关

有很多种，传输控制协议/网际协议（TCP/IP）里的网关是最常用的，所以一般意义上的“网关”均指 TCP/IP 下的网关。实质上，网关是一个网络通向其他网络的 IP 地址，只有设置好网关的 IP 地址，TCP/IP 才能实现不同网络之间的相互通信，也就是说，网关的 IP 地址是具有路由功能的设备 IP 地址，所以网关也常被称为 IP 路由器。比如有网络 A 和网络 B，网络 A 的 IP 地址范围为“192.168.1.1 ~ 192.168.1.254”，子网掩码为 255.255.255.0；网络 B 的 IP 地址范围为“192.168.2.1 ~ 192.168.2.254”，子网掩码为 255.255.255.0，在没有路由器的情况下，两个网络之间是不能进行 TCP/IP 通信的，即使是两个网络连接在同一台交换机（或集线器）上，TCP/IP 也会根据子网掩码（255.255.255.0）判定两个网络中的主机处在不同的网络里。而要实现这两个网络之间的通信，则必须通过网关。如果网络 A 中的主机发现数据包的目的主机不在本地网络中，就把数据包转发给它自己的网关，再由网关转发给网络 B 的网关，网络 B 的网关再转发给网络 B 的某个主机。

按功能分，网关可大致分为三类：协议网关（主要功能是在不同协议的网络之间的协议转换）、应用网关（针对专门的应用而设置，将某个服务的一种数据格式转化为该服务的另外一种数据格式，用以实现数据交流）和安全网关（最常用的安全网关就是包过滤器，实际上就是对数据包的原地址、目的地址和端口号、网络协议进行授权）。此外，最近微软公司从网关的日常功能出发，也提出了它自己的分类方案，即分为数据网关（主要用于进行数据吞吐的简单路由器，为网络协议提供传递支持）、多媒体网关（除了数据网关具有的特性外，还提供针对音频和视频内容传输的特性）、集体控制网关（实现网络上的家庭控制和安全服务管理）。

2. 网络软件

计算机网络硬件通过传输媒介实现了本地网络设备与其他网络设备之间的硬件连接，但要真正实现网络设备之间的数据通信和管理，必须通过网络软件来完成。

（1）网络软件构成 计算机网络软件大致可分为五类：操作系统核心软件、通信控制协议软件、管理软件（包括安全、记账、错误处理、配置等）、交换与路由软件以及应用软件。

操作系统核心软件是网络软件系统的基础，网络操作系统是整个网络控制和管理的核心，它可在不同的网络硬件上运行，支持网络实用程序及其管理，为用户提供丰富的界面，具有多种网络控制方式，为网上用户提供了便利的操作和管理平台。一般来说，和计算机网络连接的主机或交换设备所使用的操作系统必须是多任务的，否则将无法处理来自不同计算机的数据的收发任务，这也是 Unix 操作系统从一开始就成为 Internet 主要操作系统的原因。

通信控制协议软件是计算机网络中各部分通信之间所必须遵守的某些约定和规则的集合，它定义了交换信息时的词汇、格式和顺序。计算机网络的体系结构都是

由协议决定的，而且网络管理软件、交换与路由软件以及应用软件等都要通过通信控制协议软件才能发生作用，所以通信控制协议软件是计算机网络软件的核心部分。

管理软件主要负责管理计算机网络的用户与网络的接入、认证、安全、运行状态和计费等。

交换与路由软件主要负责为各部分通信之间建立和维护传输信息所需的路径。

应用软件主要负责解决用户在实际工作中的各种操作实现。

(2) 网络操作系统的选择 在组建网络时，关键是选择合适的网络操作系统。网络操作系统 (Network Operation System, NOS) 是为用户提供访问网络中各计算机资源服务的操作系统，它包括一些具有实现网络访问功能的模块以及相关的数据通信协议，是使网络上各计算机能方便有效地共享网络资源、为用户提供所需的各种服务软件和规程的集合。

由于提供的服务类型不同，网络操作系统与运行在工作站上的单用户操作系统或多用户操作系统不同。一般情况下，网络操作系统应以使网络相关特性最佳为目的，如共享数据文件、软件应用及共享硬盘、打印机、调制解调器等，用户可以根据经验和自身的需求选择网络操作系统。从体系结构的观点看，网络操作系统不同于一般网络协议所需的完整的协议通信传输功能，它还具有所有操作系统的职能，如任务管理、缓冲区管理、文件管理及磁盘与打印机等外部设备管理。从操作系统的观点来看，网络操作系统大多是围绕核心调度来实现多用户共享资源。从网络的观点看，一般的网络操作系统可支持多种网络接口卡，如 Novell 公司、3Com 公司以及其他厂商生产的网卡；有基于总线的网卡，也有基于令牌环的网卡以及支持星形网络的 ARCnet 卡。因此，从拓扑结构来看，网络操作系统可以运行于总线型、环形、星形等多种形式的网络之上，换句话说，网络操作系统独立于网络的拓扑结构。另外，为了提供网络的互连，一般网络操作系统都提供了多种复杂的桥接、路由功能，可以实现由具有相同或不同的网络接口卡、不同协议和不同拓扑结构的网络连接。

由于计算机网络应用前景广阔，因此众多厂商竞争激烈，相继推出各自的网络系统，目前国内常用的网络操作系统主要有如下几类：

1) Novell 网络操作系统，包括 Netware V3.11、V3.12、V4、V5 等，它具有高效能和适用性好的特点，能为用户提供一种可伸缩、可扩展的网络解决方案。

2) Unix 网络操作系统，具有良好的网络管理功能和丰富的应用软件支持，目前的版本主要包括 Solaris 和 Linux 等。

3) Windows 网络操作系统，如 Windows NT/2000/XP 等。

目前网络操作系统的基本工作模式主要有对等式网络、专用服务器和客户机/服务器三种。

1) 对等式 (Peer to Peer) 网络结构: 对等式网络不需要专用的服务器, 每一台工作站都具有自主权, 工作站之间可以互相直接交换文件, 前提是工作站的操作系统相同。支持这种网络结构的操作系统有 Microsoft 公司的 Windows For Workgroup 和 Novell Netware 等。

2) 专用服务器 (Server – Based) 结构: 专用服务器结构需要一台专用的文件服务器, 该服务器中存储着应用程序和数据, 当工作站用户需要应用程序和数据时, 可从文件服务器上获取。所有的工作站皆以此服务器为中心来进行作业, 网络上的工作站之间无法直接进行文件传输, 所有的文件读取, 消息传送都要通过服务器作媒介。在这种结构中, 每一台工作站都具有独立运算的能力, 所以这属于集中管理、分散处理的方式。支持这种网络结构的操作系统有: Microsoft 公司的 LAN Manager 和 Novell 公司的 Netware V2. x 以上版本。

3) 客户机/服务器 (Server/Client) 结构: 在客户机/服务器结构中, 客户机是提出服务请求的计算机, 它负责用户界面和 I/O 的处理, 并向服务器提出要求, 而服务器是为客户机提供服务的计算机。工作时, 服务器一端不断倾听工作站是否有请求, 如果有请求, 服务器处理此请求, 并且将结果与相关的信息送回给工作站, 工作站将收到的结果和相关信息通过界面呈现给用户。支持这种网络结构的操作系统有: Microsoft 公司的 LAN Manager 和 Windows NT, Novell 公司的 Netware 和 Linux 以及 SUN 公司的网络文件服务器 (NFS) 等。

2.3.2 计算机网络的拓扑结构

计算机网络的拓扑即计算机网络的结构, 是指网络中的站点 (工作站、服务器、外部设备等) 在逻辑上或物理上的连接方式和形式。常见的网络拓扑结构有星形拓扑、总线型拓扑、环形拓扑, 树形拓。拓扑结构的选择往往和传输介质的访问控制方法紧密相关, 选择拓扑结构时, 主要应考虑以下几方面的因素:

(1) 费用低 不管选用何种传输介质, 都需要进行安装, 如挖电缆沟、敷设电缆管道等, 因此费用的降低, 就和拓扑结构的选择及相应的传输介质选择、传输距离等有关。

(2) 灵活性 计算机网络应具有可扩展性, 如原站点删除或新站点加入; 另外建网时, 还应考虑到设备移动时能够容易重新配置网络的拓扑结构。

(3) 可靠性 网络故障常见的有两类: 一类是网络中个别节点损坏; 另一类是网络本身无法运行。正确选择拓扑结构要使故障检测和隔离较方便。

1. 星形拓扑

星形拓扑是数据通信系统中使用最广泛的结构之一, 由中央节点和通过点对点链路连接到中央节点的各个站点组成, 其拓扑结构如图 2-26 所示, 其中 2-26b 表示使用接线盒的星形拓扑结构, 接线盒相当于中间集中点, 可以在每一楼层配置一个。接线盒有足够数量的连接点, 以供该楼层的站点使用, 站点的位置可灵活设置。

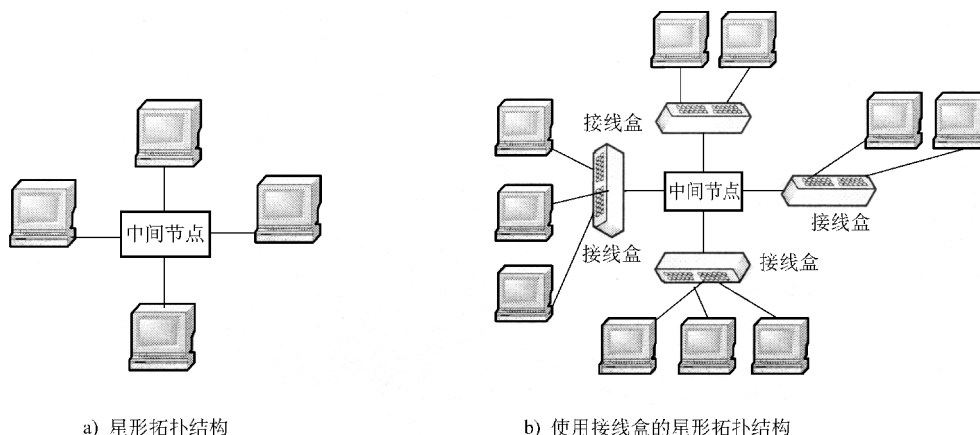


图 2-26 星形拓扑结构

中央节点通常用一台中小型计算机或服务器担任，既可以作为信息控制开关，又可以作为通用数据处理设备。中央节点执行集中式通信控制策略，因此中央节点相当复杂，而各个站点的通信处理负担都较小。当外围节点之间希望通信时，请求通信的外围节点，即源节点必须向中央节点发送请求信息，由中央节点建立目标节点的相应通路。如果有多个源外围节点要求与同一目标节点通信，那么这些源外围节点必须排队等待，让优先级别高的节点优先使用由该目标节点与中央节点之间的通路。

采用星形拓扑的交换方式有电路交换和分组交换，尤以电路交换更为普遍。现有的数据处理和语音通信的信息网大都采用这种拓扑结构。

星形拓扑的优点是网络配置灵活方便，且便于故障的检测和隔离，因为线路可以一条条隔离开来，进行故障定位，单个节点的故障不会影响全网。但是这种拓扑结构对中央节点的依赖太大，如果中央节点出了故障，则造成全网的瘫痪，所以一般对中央节点的可靠性和冗余度要求较高。

2. 总线型拓扑

总线型拓扑是目前最常见的局域网拓扑形式，广泛采用单根传输线作为传输介质，所有的站点都通过相应的硬件接口直接连接到传输介质（或称为总线）上。其结构如图 2-27 所示。其中，图 a 是总线拓扑结构，图 b 是带有中继器的总线型拓扑结构。

总线型拓扑结构是一种共享通路，在总线网络中数据传输采用广播方式，任何一个站点发送的信号，都可以沿着介质传播，而且能被所有其他站点接收。然而，因为所有的站点共享一条公用的传输链路，所以一次只能由一个设备传输信号。需要有一种访问控制策略，来决定下一次哪一个站点可以发送。发送时，发送站将报文分成分组，然后一个一个地依次发送这些分组，有要与其他站点来的分组交替地

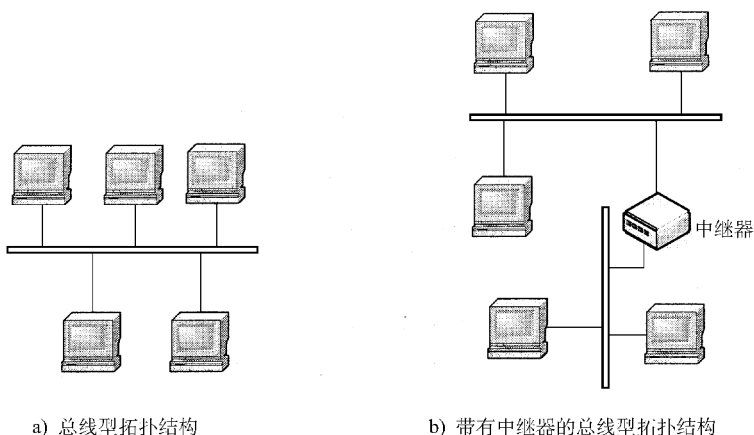


图 2-27 总线型拓扑结构

在介质上传输。当分组经过各站点时，目的站将识别分组的地址，然后复制下这些分组的内容。这种拓扑结构减轻了网络的通信处理的负担，它仅仅是一个无源的传输介质，而通信处理分布在各站点进行。

因为所有的站点接到一个公共数据通路上，所以总线拓扑只需很短的电缆长度，从而减少安装费用，且可靠性高，易于扩充，当需要增加新的站点时，只需在总线的任何点将其接入，如需要增加长度，可通过中继器扩展一个附加段。然而因为总线拓扑不是集中控制，所以故障隔离和检测困难。如果故障发生在站点，则只需将该站点从总线上去掉；如果传输介质故障，则整个这段总线要切除。

3. 环形拓扑

环形拓扑是另一种常用的网络结构，由一些中继器和连接中继器的点到点链路组成一个闭环，如图 2-28 所示。环形拓扑是一种非集中控制方式，各工作站之间无主从关系，每个节点都可以获得并执行控制权，不存在对路线选择的问题，控制简单，有利于实现分布式控制。接口线路及连接结构较简单，可采用高速数字式传输信息，而不需要调制解调器。信息在环上的流动是单方向的。环形网络中采用有源节点，即每个站点都是通过一个中继器连接到网络上的，每个中继器都与两条链路相连。中继器是一种比较简单的设备，它能够

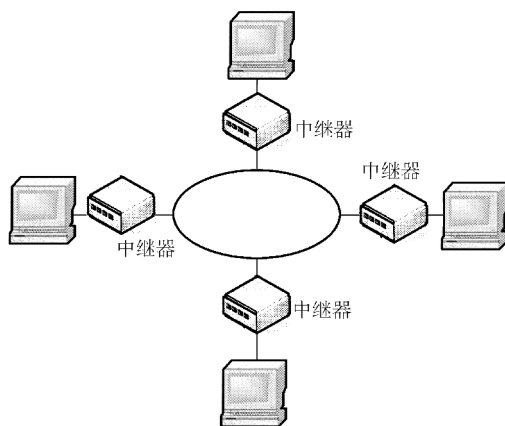


图 2-28 环形拓扑结构

在环上的流动是单方向的。环形网络中采用有源节点，即每个站点都是通过一个中继器连接到网络上的，每个中继器都与两条链路相连。中继器是一种比较简单的设备，它能够

接收从一条链路上传来的数据，并以同样的传输速率串行地把该数据传送到另一链路上，而不在中继器中缓冲。

数据以分组的形式发送，每个分组包括一段数据加上某些控制信息，其中包括目的站的地址。源站依次把每个分组放到环上，然后通过其他中继器进行循环。当目的站识别带有它自己地址的分组，就在这些分组通过时将它接收下来。由于多个站点共享一个环，因此需要对此进行控制，以便决定每个站什么时候可以把分组放在环上。这种功能是用分布控制的形式完成的，每个站点都有控制发送和接收的访问逻辑。

环形拓扑所需电缆长度短，因为环形拓扑是点到点的连接，所以不需像星形拓扑那样配置接线盒。环形拓扑是单方向传输，而光纤传输速率高，因此光纤传输介质十分适用。然而，环形拓扑结构影响访问协议，当环上每个站点接收到数据后，要负责将它发送到环上，这意味着要同时考虑访问控制协议，因此站点发送数据前，必须事先知道它所使用的传输介质。另外，在环上的数据传输要通过接在环上的每一个节点，如果环中某一节点故障，会引起全网故障，需要对每个节点进行检测，扩充环的配置较困难，同时要关掉一部分已接入网络的站点也不容易，因此常采用旁路技术和双环技术。

4. 树形拓扑

树形拓扑又称为层次型拓扑或垂直型拓扑，形状像棵倒置的大树，顶端有一个带分支的根，每个分支还可以延伸出子分支。在这种拓扑中，根部的数据终端设备负责网络的控制，所有节点之间的信息流都起源于根部的数据终端，如图 2-29 所示。树形拓扑是分布式多处理机系统的一种互连结构，也可作为局域网的一种拓扑形式，通常采用同轴电缆作为传输介质，且使用带宽传输技术。

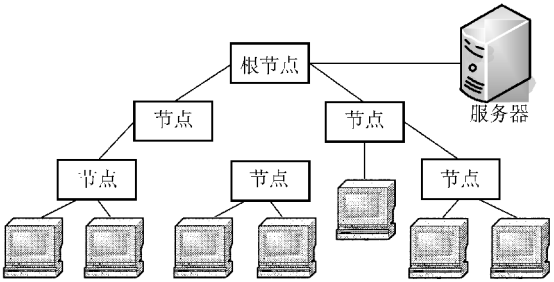


图 2-29 树形拓扑结构

树形拓扑是从总线拓扑演变过来的，两者的区别在于根的存在，当站点发送时，根接收该信号，然后再重新广播发送到全网。这种结构不需要中继器。树形拓扑最突出问题是对路径的选择。路径算法的好坏，直接影响到网络通信的速度、效率、可靠性等。对路径算法的基本要求：路径短、开销少、独立性好、可靠性强。

树形拓扑比较灵活，容易扩展，这种结构可以延伸出很多分支和子分支，因此新的节点和分支易于加入网内。另外，它的故障隔离比较容易，如果某一支的节点或线路发生故障，很容易将这个分支和整个系统隔离开来，所以网络可靠性高，

控制也比较简单。树形拓扑的突出缺点是对根的依赖性太大，如果根发生故障，则全网不能正常工作，因此这种拓扑结构的可靠性和星形拓扑结构的相似。

5. 传输介质与网络拓扑结构的关系

网络拓扑结构与传输介质有着密切的关系，表 2-2 给出了每种网络拓扑结构可使用的传输介质种类。

表 2-2 拓扑结构与介质的关系

传输介质	拓扑结构			
	星形	总线型	环形	树形
双绞线	√	√	√	
基带同轴电缆		√	√	
宽带同轴电缆		√		√
光纤	√		√	

2.3.3 计算机网络的体系结构

计算机网络系统通常使用分层体系结构，即整个计算机通信任务的完成由一组彼此功能相关的模块来实现，各模块之间呈现明显的层次结构，每一层实现一组预先定义的任务功能，并且与相邻层有特定的接口定义，低层通过层间接口向它的上层提供服务。而高层又是在低层提供的服务基础上实现高一级的服务，使得每一层的实现恰恰相当于一个“黑盒子”，可任意修改、甚至完全重写某一层功能，但唯一要求是保持固定一致的接口定义，从而确保与相邻层之间的相互操作不会发生改变。

在同层次间的通信进程中，一方计算机 A 的某层与另一方计算机 B 的相应层进行“谈话”，其中，两台计算机中的对应层称为同层实体或同等进程，两个同层实体之间通信时所使用的“语言”称为协议（Protocol）。通常我们依据协议所在的层次来对协议进行分类的。图 2-30 描述了对等层上完成同层实体之间的逻辑信息交换时详细的工作过程。

数据在逐层向下传递，直至最底层。最底层总是物理介质，可以使用电缆（或者是用无线电发送器）把二进制信息传递到另一台计算机。当数据到达另一台计算机时，则逐层向上传递，直至对等层实体。所有现代计算机网络结构基本上都是以这样方式工作的。

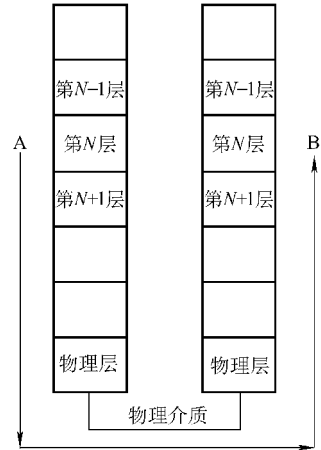


图 2-30 分层体系结构

计算机在通信时所使用的分层协议总称为协议栈（Protocol Stack），为了完成

同层实体间的通信任务，所有计算机必须采用相同的协议栈。如果两台采用不同协议栈的计算机需要互相通信时，需要使用网关来完成协议的互相转换。类似地，通过定义相邻层之间的功能和接口，完整的协议栈就可以移植到不同的硬件或者不同的操作系统上。事实上，可以通过硬件来实现某些层（主要基于传输速率方面考虑），通过软件实现其他层（主要基于易于升级方面考虑）。

1. 网络协议

在计算机网络中，为了实现各种服务功能，各实体之间经常要进行各种通信和对话，所以协议是计算机网络中的一个极其重要的概念。这里的实体是指各种应用程序、文件传送软件、数据库管理系统、电子邮件系统及终端等。例如，对于不相容的终端，除了需变换字符集字符外，还有其他的特性，如显示格式、行长、行数、屏幕滚动方式等也需要作变换，这样的协议通常称为虚拟终端协议。又如，通信双方常需要约定如何开始通信，这也是一种协议。所以协议是通信双方为了实现通信所进行的约定或所作的对话规则。

一般来说，协议由语义、语法和定时关系三部分组成。语义规定通信双方彼此“讲什么”，即确定协议元素的类型，例如规定通信双方要发出什么控制信息、执行的动作和返回的应答。语法规则规定通信双方彼此“如何讲”，即确定协议元素的格式，如数据和控制信息的格式。定时关系规定事件执行的顺序，即确定通信过程通信状态的变化，通常可以用状态图来描述，例如规定正确的应答关系，就属于定时关系的问题。

在计算机网络中，需要连接的计算机设备不可能是出自同一厂商的同一产品，而不同的厂商，甚至同一厂商生产的不同机种采用的数据交换方式都不尽相同。要把不同厂商、不同型号的计算机设备连接起来，就需要有一套国际性的标准来统一这些格式。网络标准能确保不同的设备厂商的产品通用，这意味着顾客可以选择各种网络产品来设计最合适的网络，而不必局限于某一厂商的产品。世界上一些主要的标准化组织在这方面做了卓有成效的工作，研究和制定了一系列有关数据通信和计算机网络的国际标准。国际标准化组织（ISO）的开放系统互连（OSI）参考模型、国际电信联盟（ITU），原名为国际电报电话咨询委员会（CCITT）的 X 系列和 V 系列建议书、美国电气与电子工程师学会（IEEE）的 IEEE802 局域网协议标准以及美国电子工业协会（EIA）的 FS 系列标准等都是著名的国际标准。这些标准的制定为计算机通信和网络技术的应用和发展起到了积极的推动作用。

2. 开放系统互连（OSI）参考模型

1977 年国际标准化组织（International Standard Organization, ISO）成立了专门机构研究网络体系结构与网络协议的国际标准化问题，经过多年卓有成效的工作，提出了一个试图使各种计算机在世界范围内互连成网络的标准框架，即著名的开放系统互连参考模型（Open System Interconnection/Reference Model, OSI/RM），简称

OSI。“开放”是指只要遵循 OSI 标准，一个系统就可以和位于世界上任何地方的、也遵循这同一标准的其他任何系统进行通信；而“系统”是指在现实的系统中与互连有关的各部分。直到 1983 年才形成开放系统互连参考模型的正式文件，即著名的 ISO7498 国际标准，这就是我们平常说的 OSI 参考模型，也称为 OSI 七层模型。

由于 ISO 的权威性，使 OSI/RM 成为广大厂商努力遵循的标准，它采用分层体系结构描述通信功能，将网络通信任务划分为 7 个功能层，分别为物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层以及应用层，如图 2-31 所示，每一层利用下一层所提供的服务实现该层功能，并向上一层提供服务。

在 OSI/RM 中，系统 A 的用户向系统 B 的用户传送数据时，首先系统 A 的用户把需要传输的信息（data）告诉系统 A 的应用层，并发布命令，然后由应用层加上应用层的控制头信息送到表示层，表示层再加上表示层的控制头信息送往会话层，会话层再加上会话层的控制头

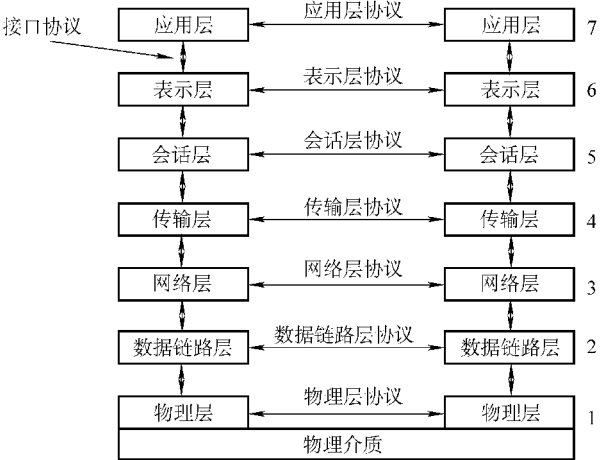


图 2-31 OSI 参考模型

信息送往传输层。依此类推，数据报文到达数据链路层，数据链路层加上控制头信息和尾信息，形成数据帧，最后送往物理层，物理层不考虑信息的实际含义，以比特流（0、1 代码）传送到物理信道（传输介质），到达系统 B 的物理层，系统 B 将物理层所接收的比特流数据送往数据链路层，以此向上层传送，直到传送到应用层，告诉系统 B 的用户。这样看起来好像是对方应用层直接发送来的信息，但实际上相应层之间的通信是虚通信，这个过程可以用一个简单的例子来描述。有一封信从最高层向下传，每经过一层就包上一个新的信封。包有多个信封的信传送到目的站后，从第一层起，每层拆开一个信封后就交给它的上一层。传到最高层后，取出发信人所发的信交给收信的用户。

OSI/RM 中的低三层（物理层、数据链路层和网络层）主要提供电信传输能力，以点到点通信为主，因此应归入计算机网络中的通信子网范畴，其协议由专门的形象识别系统（VISI）通信芯片实现，直接做到网卡上。而 OSI/RM 中的高三层（会话层、表示层和应用层）以提供应用程序处理功能为主，所以应归入资源子网的范畴。传输层起着衔接上三层和下三层的作用。OSI/RM 的高层协议（包括传输

层协议),基本上仍由软件实现,被网络操作系统所控制。下面依次列出各层简要描述。

(1) 物理层 物理层是 OSI/RM 的最低层,它建立在通信介质基础上,是网内设备间的物理接口,直接实现数字比特的物理传输。物理层虽然处于最低层,却是整个开放系统的基础。

物理层主要规定了标准的机械、电气、功能和规程特性,以便在网络上各站点的数据链路层之间建立、维持和拆除物理连接。机械特性包括连接器的型号种类、插头排列方式、连接电缆的长度及导线数目等。电气特性包括数据传输速率、信号电平及状态等。功能和规程特性包括一组接口电路的名称和功能、数据交换的一组等待应答等操作序列。

物理层传输介质包括架空明线、平衡电缆、光纤、无线信道等。在计算机网络中应用的物理电缆主要有同轴电缆、双绞线和光纤,而无线信道则主要是自由空间。计算机数据通信信道不仅需要传输介质,还需要互连的设备,互连设备是指 DTE 和 DCE 间的互连设备。DTE 即数据终端设备,又称物理设备,如计算机、终端等都包括在内;DCE 即数据通信设备或电路连接设备,如调制解调器等,数据传输通常经过 DTE→DCE,再经过 DCE→DTE 的路径。互连设备是指将 DTE、DCE 连接起来的装置,如各种插头、插座,LAN 中的各种粗细同轴电缆、T 型接头、插头、接收器、发送器、中继器等都属于物理层的媒体和连接器。

物理层的一些标准和协议早在 ISO/TC97/C16 分技术委员会成立之前就已制定,并投入使用,ISO 后来也制定了一些标准,并采用了原来标准中的一些已有的成果,下面是一些重要的物理层标准。

ISO 2110:1989《信息技术 数据通信 25 插针 DTE/DCE 接口连接器和插针分配》。它与 EIA/RS-232-C 基本兼容。

ISO/IEC 2593:2000《信息技术 系统间远程通信和信息交换 34 插针 DTE/DCE 接口连接器的配合尺寸和插针分配》。

ISO 4092:1989《信息技术 数据通信 37 插针 DTE/DEC 接口连接器和插针分配》。它与 EIA/RS-449 兼容。

CCITT V.24 称为 DTE 和 DCE 之间的接口电路定义表,其功能与 EIA/RS-232-C 和 EIA/RS-449 兼容于 100 序列线上。

(2) 数据链路层 传输介质是长期的,连接是有生存期的,在连接生存期内,收发两端可以进行不等的一次或多次数据通信,每次通信都要经过建立通信联络和拆除通信联络两过程,这种建立起来的数据收发关系就叫作数据链路。而在物理媒体上传输的数据难免受到各种不可靠因素的影响而产生差错,为了弥补物理层上的不足,为上层提供无差错的数据传输,就要能对数据进行检错和纠错,这就是数据链路层的基本任务,即数据链路的建立和拆除,对数据的检错和纠错。

数据链路层规定了信息的格式、信息的成帧和拆帧方式，将物理层的比特位（0 和 1）数据组成适合于正确传输的帧形式的数据块，使得高层不必考虑物理介质的具体特性。数据链路层还提供差错检测服务，如果发送方发送一帧数据后，在一定时限内没有收到接收方的确认响应，就重发该帧。另外，数据链路层还提供流量控制服务，以保证发送方不致因为速度快而导致接收方不能正确接收。常用的数据链路层标准主要有：

ISO 1745：1975《信息处理 数据通信系统基本模式控制程序》。这是一种面向字符的标准，利用 10 个控制字符完成链路的建立、拆除和数据交换，以及对帧的收发情况和差错恢复等任务。ISO 1155、ISO 1177、ISO 2626 和 ISO 2629 等标准的配合使用，可形成多种链路控制和数据传输方式。

ISO/IEC 3309：1993《信息技术 系统间远程通信和信息交换 高级数据/链路控制（HDLC）规程帧结构，它和 ISO 4335：1993《信息技术 系统间远程通信和信息交换 高级数据链路控制（HDLC）规程 规程要素》和 ISO 7809：1993《信息技术 系统间远程通信和信息交换 高级数据链路控制（HDLC）规程 规程类别》都是为面向比特的数据传输控制而制定的，常把这三个标准组合称为高级数据链路控制规程。

ISO/IEC 7776：1995《信息技术 系统间远程通信和信息交换 高级数据链路控制规程 与 X.25LAPB 兼容的 DTE 数据链路规程的描述》。它与 CCITT X.25LAB（平衡型链路访问规程）相兼容。

独立的链路产品中最常见的是网卡，此外还有网桥、调制解调器等。数据链路层本质上是将不可靠的传输介质变成可靠的传输通路，提供给网络层。

（3）网络层 网络层是通信子网的最高层，为多个节点传输层之间建立、维持和释放网络连接，实现传输层之间端到端透明的数据传输。

网络层除了传输数据外，还要负责解决路由选择。在连机系统和线路交换的环境中，网络层的功能没有太大意义。当数据终端增多时，它们之间有中继设备相连，此时会出现一台终端与多台终端通信的情况，这就产生了把任意两台数据终端设备的数据链接起来的问题，也就是路由或者称为寻径。当收发双方的计算机不在同一网络中时，两个计算机之间的节点将负责为信息包提供路由，这一过程称为包交换。它通过存储-转发机制来实现。每个中间节点收到包后，先将包存储起来，等到信道可用时再进行包的前向转发。包的路由信息可以是静态的，也可以是动态的。在静态系统下，用户在存放有路由信息的工作站中，手工地修改路由信息，而在动态系统下，网络通过特殊的路由协议，自动建立并维护路由信息。路由协议如 Novell 公司的 RIP（Routing Information Protocol，路由信息协议），因特网的 OSPF（Open Shortest Path First，开放最短路径优先）等。此外，网络层还负责解决死锁、拥塞控制和网际互连等问题，这对于维护网络通信的高效率十分重要。

网络层向传输层提供的通信服务分虚电路和数据报两类。虚电路服务是指在两个主机通信之前网络层负责建立一条通路，称为虚电路，虚电路一经建立就只为某一对主机服务，数据传输结束，就拆除该虚电路。数据报服务是直接为传输层传送报文，每个报文分组都附有目的地址、源地址、顺序号等信息。无论是虚电路还是数据报，从源到目的地的路由选择，都是由网络层解决的，在网际互连中，非同种协议有不同的报文格式和流量控制规则，也由网络层进行转换。

网络层的一些主要标准有：ISO/IEC 8208：2000《信息技术 数据通信 数据终端设备用 X.25 包级协议》、ISO/IEC 8348：1996《信息技术 开放系统互连 网络服务定义》、ISO/IEC 8473-1：1998《信息技术 提供无连接方式网络服务的协议：协议规范》、ISO/IEC 8072：1996《信息技术 开放系统互连 传输服务定义》、ISO/IEC 8073：1997《信息技术 开放系统互连 提供连接方式传输服务的协议》。除上述标准外，还有许多标准，这些标准都只是解决网络层的部分功能，所以往往需要在网络层中同时使用几个标准才能完成整个网络层的功能。由于面对的网络不同，网络层将会采用不同的标准组合。

在具有开放特性的网络中的数据终端设备，都要配置网络层的功能。现在市场上销售的网络硬设备主要有网关和路由器。

(4) 传输层 传输层是资源子网与通信子网的界面和桥梁，是整个协议层次结构中最核心的一层，它只存在于端口开放系统中，是介于低三层通信子网系统和高三层之间的一层，也是源端到目的端对数据传送进行控制从低到高的最后一层。传输层具有数据通信的缓冲作用，当网络层服务质量不能满足要求时，它将服务加以提高，以满足高层的要求；当网络层服务质量较好时，它只用很少的工作。

传输层使用网络层的路由选择以及网际服务，它的作用是从会话层接收数据，数据的单元是段，若数据较长，则把它们划分为较小的单元，再传送到网络层，并确保到达对方的各段信息正确无误。正是这一层使得用户可以选择从网络（即网络层）得到几种不同质量（和代价）的服务，执行端到端差错控制、流控制和顺序控制功能，管理多路复用等。

传输层通常提供两类服务，面向连接服务和无连接服务。面向连接，就是在发送站和接收站之间建立一条虚电路，这条虚电路类似于电话系统中的两个通话实体之间的连接。面向连接的优势在于，每组数据无需在抵达接收站之前分别进行路由选择，在传输大批数据时就会使效率大为提高，其不足之处在于建立会话时，必须首先建立一条固定的连接，而在会话结束时，又必须释放该连接，对于较小数据量而言，就必须考虑由此而产生的开销。传输层提供的无连接服务类似于基本网络层协议所得供的服务，但作为传输层协议，必须负责实现端到端通信，例如 Internet 协议栈中的 UDP（User Datagram Protocol，用户数据报协议）。

传输层通过监视接收数据的次序，向发送方提供确认响应等来保证通信的可靠性，此外传输层还提供流量控制，防止因发送方发送过快而导致接收方无法正常接收。传输层可以实现数据的多路复用，在一个公用通信信道中传送多路信息。对于具有较高优先级的信息，传输层能够将数据分段后在多个通信信道中传送。相应地，如果通信信道的成本较高，传输层能够将多块数据封装在一个段中，从而最有效地利用该信道。在上述例子中，接收站必须对数据进行重组，然后再提交给高层。

常用的传输层标注有两种：ISO/IEC 8072（传输服务定义）和 ISO/IEC 8073（提供连接方式传输服务的协议）。

（5）会话层 会话层是在用户与用户的连接（技术上称为两个表示层的进程）之间建立起逻辑通路，两个应用进程之间建立起一次联络就称为一次会话。会话层的职责就是，使得应用进程之间能够建立和维护会话连接，即当会话不可靠时可进行断开、检查、再接通的联络服务。这一层往往放在操作系统中。会话层主要的功能是对话管理、数据流同步和重新同步。要完成这些功能，需要由大量的服务单元功能组合，已经制定的功能单元有几十种。

会话层能够控制会话的方向，如果必要的话，可强制应用进程之间按次序完成数据交换，例如主机—终端的会话控制就是这样完成的。另外，会话层可以通知进程之间实现同步通信，具体做法是在会话双方数据流之间插入检验点，从而判断是继续会话还是进行信息重发。在进行大型文件的传输时，一次失败就意味着大量数据需要重发。因此，检验点的功能就显得十分重要。

会话层的主要标准有 ISO/IEC 8236：1996《信息技术 开放系统互连 会话服务定义》和 ISO/IEC 8327 - 1：1996《信息技术 开放系统互连 面向连接的会话协议：协议规范》（会话协议规范）。

（6）表示层 表示层的主要功能就是将数据转换成某种能被各种入网计算机及运行的应用程序所相互理解的约定格式（传输语法），提供标准的应用接口和通用的通信服务，以保证不同的计算机能相互理解。例如，IBM 公司主机使用扩充二—十进制交换码（EBCDIC），而大部分个人计算机（PC）使用的是美国信息交换标准码（ASCII），在这种情况下，便需要会话层来完成这种转换。

表示层还能提供数据压缩、解压缩服务，从而可以高效、经济地利用通信信道，但这可能导致服务器、工作站的性能有所下降。此外，表示层还可以对数据加密、解密。当网络传送的“敏感”信息（如个人信贷情况、银行信息等）增多时，安全性和保密性就显得非常重要。

ISO 为表示层制定的服务、协议、文本通信符方面标准主要有：ISO/IEC 8822：1994《信息技术 开放系统互连 表示服务定义》、ISO/IEC 8823 - 1：1994《信息技术 开放系统互连 面向连接的表示协议：协议规范》、ISO/IEC 6937：1994《信息

技术 文本通信用编码字符集 拉丁字母》等。

(7) 应用层 应用层是 OSI/RM 的最高层，建立在下面六层已提供的各类基础服务之上，直接为应用进程提供服务，其作用是在实现多个系统应用进程相互通信的同时，完成一系列业务处理所需的服务。本层功能主要由用户或应用决定。

应用层向应用程序提供服务，这些服务按其向应用程序提供的特性分成组，并称为服务元素。有些可为多种应用程序共同使用，有些则为较少的一类应用程序使用。服务元素分为两类：公共应用服务元素（CASE）和特定应用服务元素（SASE）。CASE 提供最基本的服务，它成为应用层中任何用户和任何服务元素的用户，主要为应用进程通信、分布系统实现提供基本的控制机制。SASE 则要满足一些特定服务，如文件传送、访问管理、作业传送、银行事务、订单输入等。

ISO 为应用层制定的标准主要有：ISO/IEC 8649：1996《信息技术 开放系统互连 联系控制服务元素服务定义》、ISO/IEC 8650-1：1996《信息技术 开放系统互连 面向连接的联控制服务元素协议：协议规范》等。

2.3.4 局域网技术

局域网（LAN）是一种在有限的地理范围内将许多 PC 和各种设备互连在一起实现数据传输和资源共享的计算机网络。社会对信息资源的广泛需求及计算机技术的广泛普及，促进了 LAN 技术的迅猛发展。在当今的计算机网络技术中，LAN 技术已经占据了十分重要的地位。

在定义和制定 LAN 协议时，一方面要参考 OSI/RM 的原则，并尽可能与之靠近，以便引用广域网（WAN）中较成熟的技术和经验，并简便地把 LAN 连接到 WAN 上；另一方面还必须结合 LAN 的特点，防止 LAN 协议不必要的复杂化，并能很好地满足 LAN 应用的需要。

从总体上看，LAN 协议较为简单，一般仅有两层或三层。物理层与 OSI/RM 中定义的类似，ISO 已经对物理介质、附属设备和层间接口做了定义说明。由于 LAN 多采用广播通信技术，需要很好地解决信道争用问题，故数据链路层的一些细节问题与 OSI/RM 中定义的不同。OSI/RM 中的第三层网络层主要解决路径选择问题，由于 LAN 没有路由问题，一个节点发出的信息，其他节点都可以收到，而且只有一条公共信道，所以 LAN 一般不设该层，OSI/RM 中的网络层的其他功能合并到数据链路层。对于第 4 到第 7 层，LAN 系统没有明确的定义，所以高层仍用 OSI 的协议标准，多把其他高层作为一层来处理。

1. LAN 标准化

LAN 的标准化工作，能使不同生产厂商的 LAN 产品之间更好地兼容，以适应各种不同型号计算机的组网需求，并有利于产品成本的降低。为此，美国电气与电子工程师学会（IEEE）专门设立了一个 LAN 课题研究组，即 IEEE802 课题组，制订了 IEEE802 LAN 标准系列，为网络产品的电缆铺设、物理拓扑、电气拓扑和媒

体访问控制方式制定了不同用途的标准，这些标准分别表示为 IEEE802 后面加一个数字，如 IEEE802.2 为逻辑链路控制（LLC）子层的信息结构和链路控制协议；IEEE802.3 为带碰撞检测的载波侦听多址访问（CSMA/CD）总线协议，IEEE802.4 为令牌总线（Token Bus）协议，IEEE802.5 为令牌环（Token Ring）协议，IEEE802.6 为城域网（MAN）协议。

IEEE802 以 OSI/RM 为基础，也采用了 7 层参考模型，但只定义最低两层，即物理层和数据链路层，其分层模型和 OSI/RM 对比如图 2-32 所示。

IEEE802 的物理层和 OSI/RM 的物理层功能一样，主要处理位流的传输与接收；但对于数据链路层，该层细分为两个功能子层：数据链控制（LLC）子层和媒体访问控制（MAC）子层。这种功能分解主要是为了使数据链路层功能中与硬件有关的部分和与硬件无关的部分分开。LAN 数据链路层与 OSI/RM 的数据链路层功能上相类似，都是涉及帧在两站之间的传输问题，但 LAN 内帧的传输没有中间交换节点。由于共享信道，所以与传统的链路有如下差别：

- 1) LAN 链路支持多重访问，支持成组地址与广播式的帧传输；
- 2) 支持 MAC 层链路访问控制功能；
- 3) 提供某些网络层功能。

数据链路层的两个子层分别为：

（1）数据链路控制（LLC）子层 该子层向高层提供一个或多个逻辑接口或称为服务访问点（SAP），它具有帧收、发功能。发送时把要发送的数据加上地址和 CRC 字段等构成帧。接收时，把帧拆开，执行地址识别和 CRC 功能，并具有帧顺序与错误控制及流控制等功能。这一层还包括某种网络层功能，如数据报、虚电路和多路复用等。

（2）媒体访问控制（MAC）子层 这一层具有管理多个源、多个目的链路的功能，这是传统数据链控制所没有的。IEEE802 制定了几种 MAC 方法，同一个 LLC 层能与其中任一种访问方法接口。媒体访问方法是确保对网络中节点进行有序访问的一种方法。

为确保传输介质的正常访问和使用，目前 LAN 中主要有两种媒体访问方式：竞争方式和令牌方式。

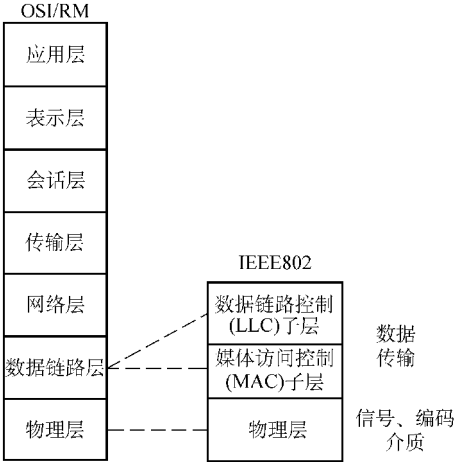


图 2-32 IEEE802 和 OSI/RM 的对比

1) 竞争方式：在竞争方式中，允许多个站点对单个通信信道进行访问，每个站点之间互相竞争信道的控制使用权，并据此传送数据，两种主要的竞争方式是 CSMA/CD 和 CSMA/CA（带避免碰撞的载波侦听多址访问）。它们通常用于总线或树形拓扑结构中。

在 CSMA/CD 方式中，发送站检测通信信道中的载波信号。如果检测到载波信号，就说明没有其他站点在传送数据，或者说信道上没有数据，这时可以发送数据。当数据信号在电缆中传送时，每个站点检查数据帧中的地址字段，并依此判定是接收该帧还是忽略该帧。当信号在整个范围传送时，所有的站点都有接收信息的机会。由于数据帧传输需要时间，某些位置靠后的站点就可能监听不到任何消息，而此时信道中又确实有信号传送。这时发送数据就可能引起信号在信道中发生冲突而引起数据丢失。为了避免冲突就要使用冲突检测，每个发送站在发送数据后，同时监听自己的信号，如果该信号出现错误，发送站再发送一个干扰信号。听到这一干扰信号后，发送站停止一段时间再发送，这一时间由网卡中的一个算法来决定。

CSMA/CD 方式的优势在于，站点无需依靠中心控制就能进行发送，当网络通信量较小时，冲突也就较少发生，因此 CSMA/CD 方式是快速而有效的。而网络负荷较重时，就容易出现冲突，网络性能也就相应降低。最常见的 CSMA/CD 系统是以以太网及 IEEE802.3 标准。

在 CSMA/CA 方式中，是依靠算法来避免冲突，发送站和接收站在数据传输之前使用“握手”机制，当监听到“握手”信号后，网络中的其他站点进入等待状态，从而有效防止了大多数传输冲突。

2) 令牌方式：在令牌方式中，令牌是一个有特殊目的的信息段，它在网络中沿各站依次传递，一个站点只有在持有令牌时才能发送数据。令牌方式常用于环形拓扑中，其优点在于网络中的站点依次收到令牌，有效避免了网络冲突，并且可以计算出最坏情况下的访问时间、吞吐量等，在工业生产控制中，经常使用类似的固定系统。令牌传送还允许建立优先级控制，从而保证较重要的信息能够首先被发送。然而令牌方式也存在一定的问题，例如硬件尤其是网卡的错误，会使得令牌可能损坏或丢失，以致所有的站点都在等待并不存在的令牌；反之，网络中也有可能出现两个或多个令牌，导致站点错误的时间发送数据。为防止上述错误，要求每个网络必须具有错误检测能力、恢复机制等。通常网络中的某个站点被设计为专用的监视器，检查重复或丢失的令牌。为防止监视器本身故障，可以设置一个或几个备用监视器。

概括地讲，竞争方式和令牌传送方式在局域网的访问方法中都占有一定的地位。在较轻的负荷下，竞争方式提供较好的性能，可使用简单、便宜的网卡，也不必为等待令牌而耗费时间。令牌传送系统则在负荷较重、通信量较大的网络时性能较好，而且每个站点对网络的访问具有一个最大时间间隔。

2. IEEE802 标准系列

对于使用不同传输介质的不同局域网，IEEE 局域网标准委员会分别制定了不同的标准，见表 2-3。它们适用于不同的网络环境。这些标准在物理层和 MAC 子层有区别，但在（LLC）子层是兼容的。

表 2-3 IEEE802 标准系列

标准	职责	标准	职责
IEEE802.1	网络互操作与网络互连	IEEE802.7	宽带 LAN 标准
IEEE802.2	LLC 子层协议	IEEE802.8	光纤 LAN 标准
IEEE802.3	CSMA/CD 及 100Base - X	IEEE802.9	综合语音数据 LAN
IEEE802.4	令牌总线网	IEEE802.10	LAN 的安全性技术
IEEE802.5	令牌环网	IEEE802.11	无线网络标准
IEEE802.6	城域网（MAN）标准	IEEE802.12	100 VG - AnyLAN

IEEE802.1 LAN 体系结构及网络互连标准，负责处理 IEEE802 其他各标准间的互操作性、网络互连及系统管理等。

IEEE802.2 LLC 子层协议，负责向网际层提供数据的准确无误传输。

IEEE802.3 定义使用 CSMA/CD 协议和总线拓扑的网络，采用载波监听多路访问控制方法和物理技术规范。对 IEEE802.3 标准的一项补充是 Grand Junction Network 公司向 IEEE 提交的 100 BASE - X（快速以太网）建议。

IEEE802.4 定义了一种使用宽频带或单信道媒体的令牌总线拓扑网络，运用这种拓扑，在网络负荷量大的情况下，网络性能将优于 CSMA/CD 网络。

IEEE802.5 规定了令牌环网的拓扑，在这种拓扑结构中，电缆形成一个闭合的环。这种网络标准的每个环网最多可以连接 250 个节点，数据传输速率为 4Mbit/s 或 16Mbit/s。当节点接收到一个令牌帧时，它才对环网具有访问权，才能发送信息。

IEEE802.6 针对 MAN 提出了一种快速而经济的 LAN 方案，该方案采用了西澳大利亚大学建议的分布式队列双总线技术。

IEEE802.7 用于宽频带传输网，负责制定使用宽频带技术及其安装方法的网络标准。

IEEE802.8 用在光纤电缆网中，作为 IEEE802.3 ~ IEEE802.5 这几种标准中定义电缆的替代标准。

IEEE802.9 用在数据和语音综合网中，其目标是建立一种与 ISDN 和 IEEE802.2 技术标准相兼容的标准。

IEEE802.10 负责处理 LAN 中诸如加密和与参考模型相兼容的安全结构问题。

IEEE802. 11 处理无线网络的安全及网络协议和接口标准问题。

IEEE802. 12 解决使用需求优先协议和四重信号法的 100Mbit/s 以太网标准。

3. 几种常见 LAN

目前，常见的 LAN 有以太网（Ethernet）、令牌环（Token Ring）网和光纤分布式数据接口（FDDI）网三种。

（1）以太网 以太网是最早的 LAN 结构之一，也是当今现有 LAN 采用的最通用的通信协议标准，用于定义 LAN 中采用的电缆类型和信号处理方法，由于其高度的灵活性，使得不论是传输介质、拓扑还是速度，几乎可以适应所有场合下的需要。

1) 标准以太网：早期的以太网只有 10Mbit/s 的吞吐量，称为标准以太网，它使用 CSMA/CD 的访问控制方法，主要有双绞线和光纤两种传输介质，所有的以太网遵循 IEEE 802. 3 标准。例如：

10Base - 5 使用粗同轴电缆，最大网段长度为 500m，基带传输；

10Base - 2 使用细同轴电缆，最大网段长度为 185m，基带传输；

10Base - T 使用双绞线，最大网段长度为 100m；

10Broad - 36 使用同轴电缆（RG-59/U CATV），宽带传输，最大网段为 3600m；

10Base - F 使用光纤，传输速率为 10Mbit/s。

在上述标准中，前面的数字表示传输速率，单位是 Mbit/s，最后的一个数字表示单段网线长度（基准单位是 100m），Base 表示“基带”，Broad 表示宽带。

传统的以太网结构多为总线型，所采用的介质多以粗同轴电缆（10Base - 5）或细同轴电缆（10Base - 2）为主。组成以太网的同轴电缆（不管是粗缆还是细缆）的每个末端必须安装一个终止器。终止器对网络的正确运行是很重要的，因为无终止器的电缆的末端像镜子反射光一样反射电子信号。如果一个站点试图在无终止器的电缆上发送一个信号，那么该信号会从无终止器的末端反射回来。当反射回来的信号到达发送站点时，它将引起干扰。发送方会认为这个干扰是由另一站点引起的，并使用一般的以太网碰撞检测机制来回退。因此，无终止器的电缆是不能用的。

10BASE - 5 也称为标准以太网或粗缆以太网，它采用 RC11（50Ω）粗同轴电缆作传输介质，总线连接，如图2-33所示。连接网络节点必须在总线上安装一种称为收发器的设备，然后通过收发器电缆将收发器和计算机上的网卡连接起来。收发器电缆是 780Ω 的 6 对屏蔽双绞线电缆，其两端各有一个阳性和阴性 15 针 DIX 连接器，分别接到网卡的 DIX 接口和收发器的 DIX 插头上，收发器电缆的最大长度是 50m。当粗缆总线长度超过 500m 时，必须把总线分成若干长度不足 500m 的段（称网段）。网段与网段之间须用中继器互连。

10Base-2 也称为细缆以太网，采用 RG-58A/U (50Ω) 细同轴电缆作为传输介质，总线型连接。当细缆总线长度超过 185m 时，必须把总线分成若干长度不足 185m 的网段。网段与网段之间须用中继器互连。在一个细缆以太网中，最多只允许五个网段，每个网段的两端都应连接终止器。

与粗缆以太网比较，主要有三个不同点：①细缆通常在安装与运行方面比粗缆要便宜；②因为完成收发器功能的硬件被做在网卡里，所以不需要外部收发器；③细缆不使用收发器电缆来连接网卡与通信介质，它是使用一个 BNC 连接器直接连接到网卡。

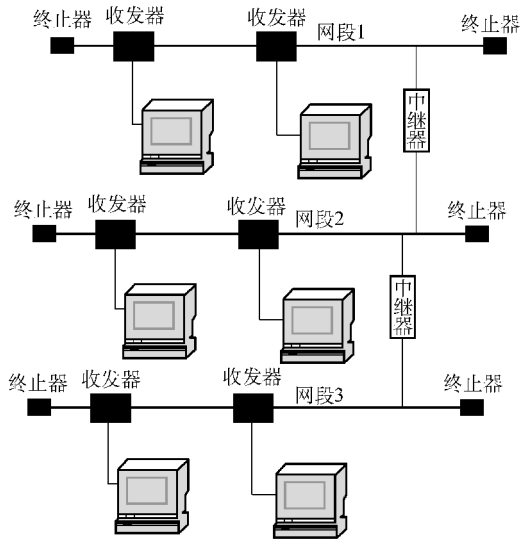


图 2-33 粗缆以太网

2) 快速以太网：在 1993 年 10 月以前，对于要求 10Mbit/s 以上数据流量的 LAN 应用，只有 FDDI 可供选择，但它价格非常昂贵。为解决日益增长的网络数据流量速度需求，1993 年 10 月 Grand Junction 公司推出了世界上第一台 Fastch10/100 快速以太网集线器和 FastNIC100 网络接口卡，快速以太网技术正式得以应用。随后 Intel、SynOptics、3Com、BayNetworks 等公司亦相继推出自己的快速以太网装置。1995 年 3 月 IEEE 宣布了 IEEE802.3u 100 Base-T 快速以太网标准，从此开始了快速以太网的时代。

100Mbit/s 快速以太网标准主要分为 100Base-TX、100Base-FX、100Base-T4 三种类型。

100Base-TX 使用 5 类数据级无屏蔽双绞线或屏蔽双绞线，包括两对线，一对用于发送，另一对用于接收数据。在传输中使用 4B/5B 编码方式，信号频率为 125MHz，采用 RJ-45 连接器，最大网段长度为 100m。

100Base-FX 使用光缆，包括单模和多模光纤，其中多模光纤连接的最大距离为 550m，单模光纤连接的最大距离为 3000m。在传输中使用 4B/5B 编码方式，信号频率为 125MHz，使用 MIC/FDDI 连接器、ST 连接器或 SC 连接器，最大网段长度为 150m、412m、2000m 或更长至 10km，这与所使用的光纤类型和工作模式有关。特别适合于有电气干扰的环境、较长距离连接或高保密环境等情况下使用。

100Base-T4 使用 3、4、5 类无屏蔽双绞线或屏蔽双绞线，包括 4 对线，其中的 3 对用于在 33MHz 频率上传输数据，每一对均工作于半双工模式，第 4 对用

于 CSMA/CD。在传输中使用 8B/6T 编码方式，信号频率为 25MHz，使用 RJ-45 连接器，最大网段长度为 100m。

3) 吉位以太网：吉位以太网技术是最新的高速以太网技术，同时继承了传统以太网技术价格便宜的优点，它采用了与 10Mbit/s 以太网相同的帧格式、帧结构、网络协议、全/半双工工作方式、流控模式以及布线系统。由于该技术不改变传统以太网的桌面应用、操作系统，因此可与 10Mbit/s 或 100Mbit/s 的以太网很好地配合工作。升级到吉位以太网不必改变网络应用程序、网管部件和网络操作系统，能够最大程度地保护投资。

吉位以太网技术有两个标准：IEEE802.3z 和 IEEE802.3ab，其中 IEEE802.3z 制定了光纤和短程铜线连接方案的标准，IEEE802.3ab 制定了 5 类双绞线上较长距离连接方案的标准。吉位以太网主要有以下几种类型：

1000Base - CX 使用 STP，最大传输距离为 500m；

1000Base - T 使用 Cat5 UTP，最大传输距离为 100m；

1000Base - SX 使用多模光纤，最大传输距离为 500m；

1000Base - LX 使用单模光纤，最大传输距离为 3000m。

4) 万兆位以太网：万兆以太网规范包含在 IEEE 802.3ae 中，扩展了 IEEE 802.3 协议和 MAC 规范，可支持 10Gbit/s 的传输速率。此外，它还可通过 WAN 界面子层（WAN Interface Sublayer WIS），被调整为较低的传输速率，如 OC - 192 (9.584640Gbit/s)，从而允许万兆以太网设备与同步光纤网络（Synchronous Optical Network, SONET）STS - 192 传输格式相兼容。

万兆位以太网主要有以下几种类型。

10GBase - SR 和 10GBase - SW：主要支持短波（850nm）多模光纤（MMF），光纤距离为 2 ~ 300m。其中，10GBase - SR 主要支持“暗光纤”，其中暗光纤是指已经敷设但没有投入使用的光缆，以适应将来需要，且避免反复光纤敷设所带来的高额成本；而 10GBase - SW：主要用于连接 SONET 设备，可应用于远程数据通信；

10GBase - LR 和 10GBASE - LW：主要支持长波（1310nm）单模光纤（SMF），光纤距离为 2m ~ 10km。

10GBase - ER 和 10GBase - EW：主要支持超长波（1550nm）单模光纤（SMF），光纤距离为 2m ~ 40km。

10GBase - LX4：采用波分复用（Wavelength Division Multiplexing, WDM）技术，支持 1310nm 的多模或单模暗光纤方式，在单对光缆上以 4 倍光波发送信号。

(2) 令牌环网 令牌环网是一种环路逻辑拓扑结构的令牌传递网络。它的网络拓扑实际是星形和环形的混合型结构，如图 2-34 所示。它由节点、传输介质、集线器、网桥、网关等部分组成。

节点由计算机、文件服务器或终端组成，每个节点配有适配器接入环网，并通

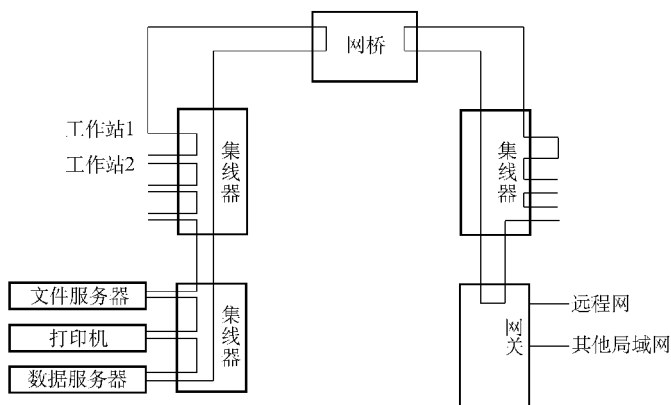


图 2-34 令牌环网结构

过它与环网上的其他节点通信。传输介质采用双绞线、光纤或它们的组合形成多介质网络。集线器将物理星形拓扑接成逻辑环型拓扑，在集线器的每一个接头处装有的几个电子继电器，由两对线组成的插入器连线，分别形成适配器上发送和接收两条路径。一个集线器上可连接几个插入器，分别与对应的适配器相连。当一个互连到网上的节点工作时，该节点的插入器就处在环路路径中，若该节点停止工作或出现故障时，处在集线器相应接头上的电子继电器就使该插入器的两对双绞线短路，自动使这个节点与网络脱离关系，防止一个站点出现问题引起整个环网瘫痪。使用集线器给整个环网结构的配置带来很大的灵活性，同时也增加了网络的可维护性和可靠性。网桥作为令牌环网之间的互连设备，可把相同的令牌环网相连。网桥与环网之间的接口如同节点与环网的接口一样。网桥接收到帧后，首先识别帧中的地址，然后传送到另外一个环上。网关可实现令牌环网和远程网或其他不同 LAN 之间的互连，从而使环网上的节点与其他 LAN 上的节点或远程网上的用户互相进行通信。

令牌环网的数据传输速率可达 4Mbit/s 或 16Mbit/s，可采用令牌环网方式进行通信访问。数据传输速率的高低取决于所用网卡的类型。所有工作站都必须同一速率下工作。令牌环网中的多站存取装置（Multi-station Access Unit, MAU），类似于集线器的功能。最常用的 MAU 是 IBM 公司的 8228，它有 10 个端口，中间 8 个用于连接工作站，首尾两个则用于连接其他的 MAU。

对距离的限制以及对最大网络节点数目的限制取决于用户所选择的电缆类型。在正常配置下，令牌环网络可以支持多达 260 个节点。从工作站到 MAU 的距离最大可达 100m，因此用户必须十分了解网络中任何一节点所使用的电缆类型。

(3) 光纤分布式数据接口 (FDDI) 网 光纤分布式数据接口 (Fiber Distributed Data Interface, FDDI) 网是由美国国家标准学会 (ANSI) 制定的在光缆上发送

数字信号的一组协议，是新型的、有前景的网络拓扑，主要用来满足需要传输大量数据的应用，另外也应用于图像处理及多媒体等方面。在大型企业网络及校园网的多级公用网络结构中，FDDI 网往往作为多级网络结构中的主干网。

FDDI 网采用多模光纤作为传输介质，信道宽，传送的信息量大，其标准传输速率为 100Mbit/s，光纤不受电波频率干扰或电磁干扰，不易窃听，保密性好，而且光纤信号衰减小，传输距离长，站点与站点之间的距离最大可达 2km，网络覆盖范围可达 100km，可容纳 500 个节点。

FDDI 网的访问控制方式为分时令牌环（Time Token Passing），它与令牌环的区别在于：FDDI 网运行速度非常快，每一时刻可以有多个令牌，一旦某个持有令牌的站点发送完数据后，该令牌将传送到下一站点。FDDI 网允许在同一时间内有多个包在环上传送。

FDDI 网采用双环拓扑结构，如图 2-35 所示。

在正常情况下，只用其中的一个环来传输数据，该环称为主环。另一个环称为辅环。当主环中的一个节点或一条链路出现问题时，网络可以重构，以保持连接。与两个环相直接连接的所有双连接设备均称为双连接站（Dual Attached Station，DAS）。这样的接入方法保证了高可靠性，但成本也相应提高。尽管环网是由两条电缆组成的，但并非所有的

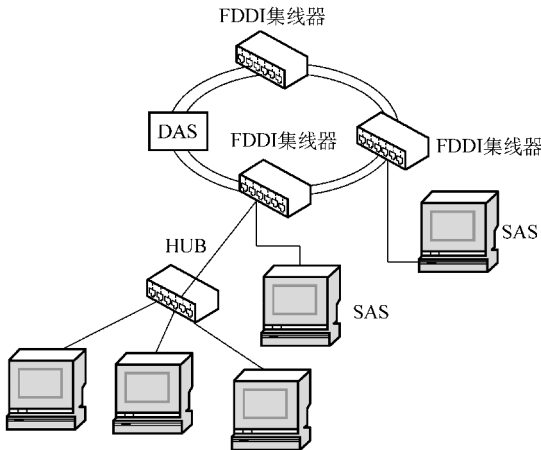


图 2-35 FDDI 网

站点都必须与环网直接相连。可以通过集中器与环网相连。单连接设备作为单连接站（Single Attached Station，SAS）只需通过一根电缆与集中器相连即可，如果该段电缆出现断点，集线器将把 SAS 从环网中断开，而整个环网仍继续运行。

此外，FDDI 网还有两种变型，其中一种为铜线分布数据接口（CCDI），它采用双绞铜缆为传输介质，数据传输速率通常为 100Mbit/s；另一种称为 FDDT（FDDI 全双工技术），它采用与 FDDI 网相同的网络结构，但传输速率可以达到 200Mbit/s。

2.3.5 网络互连技术

随着网络技术的发展和普及，单一的网络环境已经不能满足社会对日益增加的信息量的需求，因此网络互连技术是目前的一个研究热点。网络互连是指利用网络互连设备及相应的协议和技术把两个以上相同或不同类型的计算机网络连通，实现

计算机网络之间的互连，组成覆盖更大地理范围、更大规模、功能更强和资源更为丰富的网络。全球规模最大的、最开放的 Internet 就是由众多网络相互连接而成的，它的成功应用都证明了计算机网络互连越来越被人类社会所需要。

1. 网络互连的基本要求

网络互连不仅在同类网之间进行，而且也需要在异构网之间进行。异构网具有不同网络拓扑结构、不同的网络协议和不同的编址方案等。为了达到各类网络互连的目的，网络互连有以下几点基本要求：

1) 网络互连首先要使用传输介质和网络互连设备，实现网络间的物理连接，以便信息的传输。

2) 在 Internet 环境中，不同的网络通信可能需要经过多个中间互连设备，因此网络互连设备必须具有路径选择和数据转发的功能。

3) 力求不修改互连的各网络原有的结构和协议，利用网间互连设备进行协议转换，协调各网络的差异。

4) 在网络互连时，应尽量避免由于互连而降低网内的通信性能。

5) 网间互连协议是专为网络互连而设计的，是网络互连的核心软件。网络互连协议旨在屏蔽物理网络存在的差异，通过网络互连协议得到统一。

从计算机网络的体系结构来看，为了解决网络互连问题，一般在网络层增加一个互联网层（也称为网际网层或网间网层）。在互联网层，所有的网络都执行相同的互联网协议，这样才能实现真正意义上的网络连通。TCP/IP（传输控制协议/网间协议）是应用最广泛的网络互连协议。处在网络层的 IP 可以隔离和统一不同的物理网络差异，并与 TCP 一起把互联网中的各个物理网统一为一个逻辑网络，通过 TCP/IP 完成互联网上任意两个网络站点之间的通信。

2. 网络传输介质互连设备

网络互连时，可能用到的传输介质互连设备主要有 T 型连接器、收发器、RJ-45 双绞线连接器、RS-232 接口（DB-25）、DB-15 接口、VB35 同步接口、网络接口单元、调制解调器等。这些器件的可靠性对网络互连起到至关重要的作用。

同轴电缆与 T 型连接器是依赖于 BNC 接插件进行连接的，BNC 接插件有手工安装和工具型安装之分，用户可根据实际情况和线路可靠性进行选择。

RJ-45 双绞线连接器有 8 根连针，在 10Base-T 标准中，仅使用 4 根，即第 1 对双绞线使用第 1 针和第 2 针，第 2 对双绞线使用第 3 针和第 6 针，第 3 对和第 4 对作备用。

DB-25（RS-232）接口是目前微机与异步通信线路接口的常用方式；DB-15 接口用于连接网络接口卡的附加连接单元接口（AUI），可将信息通过收发器电缆送到收发器，然后进入主干介质。VB35 同步接口用于连接远程的高速同步接口。

终端适配器安装在同轴电缆（粗缆或细缆）的两个端点上，它的作用是防止

电缆无匹配电阻或阻抗不正确，以免引起信号波形反射，造成信号传输错误。

调制解调器一般通过 RS-232 接口与计算机相连，将计算机的数字信号与模拟信号相互转换，以便在电话线路或微波线路上传输。

3. 网络互连设备

网络的功能与协议是分层的，网络互连设备也是分层的。

(1) 网络物理层互连设备

1) 中继器：由于在网络传输介质中存在噪声及传输过程中信号的衰减，使有用的数据信号变得越来越弱，因此为了保证有用数据的完整性，并在一定范围内传送，要用中继器把所接收到的变弱的数据信号分离，并再生放大，以保持与原数据相同。

2) 集线器：集线器是一种特殊中继器，作为网络传输介质间的中央节点，克服了介质单一通道的缺陷，使得当网络系统中某条线路或某节点出现故障时，不会影响网上其他节点的正常工作。

(2) 数据链路层互连设备

1) 网桥：网桥是实现 LAN 互连的存储转发设备。它的作用是扩展网络和通信手段，在各种传输介质中转发数据信号，扩展网络的距离，同时又有选择地将有地址的信号从一个传输介质发送到另一个传输介质，并能有效地限制两个介质系统中无关紧要的通信。

2) 交换机：交换机本质上是一个多端口的网桥。它根据每一个进来帧的目的 MAC 地址，通过查询转发地址表决定将帧转发到交换器的哪个端口，然后在发送节点和接收节点之间建立一条虚电路，再转发数据帧到目的端口，完成数据帧的交换。

(3) 网络层互连设备

1) 路由器：路由器具有判断网络地址和选择路径的功能，可用完全不同的数据分组和介质访问方法，在多网络互连环境下建立灵活的连接。路由器不关心各子网使用的硬件设备，但要求运行与网络层协议相一致的软件。

2) 交换器。

(4) 应用层互连设备

在一个计算机网络中，当连接不同类型而协议差别大的网络时，要选用网关。网关的功能体现在 OSI/RM 的最高层。它将协议进行转换，将数据重新分组，以便在两个不同类型的网络系统之间进行通信。由于协议转换是一件复杂的事，一般来说，网关只进行一对一转换，或是少数几种特定应用协议的转换，很难实现通用的协议转换。用于网关转换的应用协议有电子邮件、文件传输和远程工作站登录等有关的协议。目前，网关已成为网络上每个用户都能访问大型主机的通用工具。

2.3.6 视频网络技术展望

随着互联网技术的普及和高速发展，人们对信息内容的形式和要求也越来越高，信息可视化将是未来发展的重要方向之一。一些科学家在互联网的早期时代就曾预言，未来的网络基本上是一个高品质的视频网络，视频信息的传输将占用到网络传输总量的 99% 以上。

然而，典型数据、音频和视频文件体积比为 1:100:10000，在网络中，视频服务能够产生比文字或声音服务多上千倍的流量，高清品质的视频服务更能产生多达数万倍的流量，双向高清视频服务将会更多。据推理，10% 的视频服务需求能够消耗掉 90% 以上的网络资源，而当视频达到高清互动品质时，所占用的网络资源将更加庞大，现有的网络系统将无法提供服务。在这种背景下，1996 年，美国 VMS 公司开发设计了全新的综合多媒体视频交换技术，并由此研发了世界上第一套多媒体视频服务平台系统。VMS 平台所用的视频交换技术是第三代交换式数字电视技术的标准，这套全新的通信协议能够实时、高品质的传输视频流媒体，并且能够对视频流媒体、语音、多媒体、IP 数据进行全兼容，并在一根线路上进行传输，从根本上解决了 IP 网络、互联网在视频信息传输方面的缺陷，成为网络科技和互联网的一个重要发展里程碑。

1. VMS 平台的核心——视频交换技术

到目前为止，视频传输方式经历了三种模式，与早期的单向式视频和目前的交互式视频不同，MP 技术采用了交换式视频方式，它没有了信息传输主从站之分，任何站点都可以作为发送点，从而使得视频技术的应用范围扩展到延时电视点播、电视电话、视频会议等无限新业务，使得用户体验最大。VMS 平台的核心技术是目前最先进的流媒体实时交换传输技术，可以支持任何接入网承载，包括光纤、5 类线、同轴电缆、ADSL2+ 或无线（只要提供足够双向带宽），视频质量可以达到高清至超高清品质，全球范围内的数千千米异地视频传输延时仅为毫秒级。

传统的视频传输通常采用“文件式”路由传输方式，通常由用户终端、路由器、服务器和存储器/硬盘四部分组成，每一部分都需要足够大的存储空间，使得视频信息经过每一部分时都是先存储再发送，因此系统成本高，但却永远无法实时传输。而 VMS 平台的核心技术中仅有用用户终端和低成本的集成电路设备（IDE）硬盘组成，其中用户终端没有记忆体，可实现零延时下载；IDE 硬盘针对流媒体的操作系统，效率 10 倍于传统 DOS/Windows 操作系统技术；同时路由器的去除，可以不使用路由表和记忆体，实现全程线速交换；服务器的去除，不使用 CPU，不对每个包进行处理，而只管理用户和资源，从而极大地减少芯片压力，释放了光纤效率，最终实现了大规模视频交换，这是传统“文件式”路由传输方式所无法匹敌的。

VMS 系统采用的全部技术，包括网络技术、传输技术、组包技术、交换技术、存储器技术、服务器技术等 400 余类项的专利技术已在包括美国、中国和欧盟地区在内的世界大部分地区申请了全球专利保护。这些核心专利技术在很大程度上突破了原有 IP 或互联网流媒体的技术瓶颈，能够在现有的网络上实现高品质（DVD/高清/超高清）的视频实时传输。

（1）交换机技术举例

1) OLRS（Off – Line Routing Selection，离线路由算法）确保发生故障时快速切换到备用路由，加快了故障发生时网络恢复时间。

2) LADS（Layered Automatic Distribution System，分层自治的网络结构）消除了 IP 核心路由器的技术瓶颈以及核心路由器带来的可靠性隐患。

3) HANS（Hierarchical Access Network Structure，有序化的分层结构）确保了在不增加复杂度的前提下，可将网络规模扩展至全球范围。

4) WSPS（Wire Speed Packet Switching，全线速分组交换结构）在保障电视级品质的同时，实现了全程线速交换，大大降低了系统的延时。

5) MDRE（Minimum Delay Rate Equalizer，数据均流适配算法）确保瞬时流量稳定。

6) SPRR（Smart Predictive Resource Reservation，基于流量预测的智能资源保留算法）不须记忆虚电路信息，实现网络电信级的品质保证。

（2）网络技术举例

1) TSEP（Topological Structure Extraction Procedure，拓扑结构提取算法）完成整个网内所有节点交换机的型号、结构、拓扑信息库、网络连接图以及网络设备地址分配。

2) RCSG（Reduced Complexity Server Group，简化功能的服务器群）将复杂的服务器分解成多个流程固化的简单功能模块，有效消除了由软硬件过度堆砌而造成的服务器效率瓶颈。

3) CCSG（Client Centered Service Group，以客户为中心的服务体系）是以客户为中心的自带病历卡式的服务器群的工作模式，极大地提升了网络和服务器的整体系统处理能力。

（3）存储器技术举例

1) VDOS（Video Disk Operation System，流媒体专有的硬盘操作系统）实现了针对视频流媒体的硬盘格式化、节目建立、删除、目录、读写、复制等功能，每台服务器可管理 500 个硬盘。

2) VLSS（Very Long Section Storage，超长数据连续存储模式）大大减少硬盘磁头的机械运动，进而有效地增加了视频点播系统的并发流。VLSS 存储格式与视

频帧结构直接对应，确保视频内容完全实时传输，省去了传输设备和终端设备中的缓存器，实现了视频点播的进、退、快、慢等实时操作。

(4) 安全性技术举例

1) AOPP (Address On Physical Port, 物理端口绑定) 是用户终端地址由网络决定，具备防范假冒的用户认证功能，任何试图假冒的用户源地址或与用户身份不符的数据包均不能进入网络。

2) EEUP (End to End Unchanged Packets, 端到端不变的分组) 传输模式是确保用户数据包在整个交换过程中不打开、不修改、不作任何处理，全程无缝连接，实现了低成本、高效率 and 安全性，由此可从根本上杜绝病毒感染。

3) ULPF (Up Link Packet Filter, 上行数据包过滤) 算法用以对来自用户的数据实施参数的过滤，只要任一参数不符就不放行，有效保证所有上行数据清洁，用户不需下行防火墙，网络安全获得结构性保障。

目前，基于 MP 技术，典型业务系统的性能指标可以做到如下程度：

- (1) 系统重载丢包率 小于百万分之一 (此项指标全球第一)；
- (2) 系统带宽利用率 大于 90% (重载流媒体网络)；
- (4) 超低网络延时 微秒级全线速交换机；
- (5) 服务操作响应时间 小于 1s (无下载等待)；
- (6) 终端入网响应时间 小于 10s (即插即用，无需配置)；
- (7) 退网或故障检测响应时间 小于 5s；
- (8) 每户保证带宽 16Mbit/s (每户多台电视，包括高清电视)；
- (9) 广播电视同时收看比例 100% 用户；
- (10) 点播节目同时收看比例 50% 用户 (可设定)；
- (11) 电视通信同时使用比例 50% 用户 (可设定)。

2. VMS 综合多媒体视讯服务平台系统

VMS 综合多媒体视讯服务平台是基于视频交换技术研发的系统平台，它突破了传统网络视频的缺陷，将高品质的视频播放、现场 (远程) 直播、智能化视频点播 (VOD)、视频 (远程) 通信、视频 (远程) 会议、视频 (远程) 监控、广播电视、数字电视、智能化视频录制 (PVR)、视频邮件、视频推送、智能化视频广告、虚拟 (企业) 频道、多媒体展示、智能化导览、电子地图、参观者自助互动终端、电子商务、互动商业、IP 数据传输等数十种视频、多媒体、IP 数据相关的服务整合在一个系统平台上，通过一条线路传输，视频质量可以达到高清至超高清品质，全球范围内的异地视频传输延时仅为毫秒级。图 2-36 所示为典型的 VMS 平台小系统网络结构。

IP 网络由 VMS 核心服务器 P1 端口，或由中间任意 BX-008 交换机接入 VMS

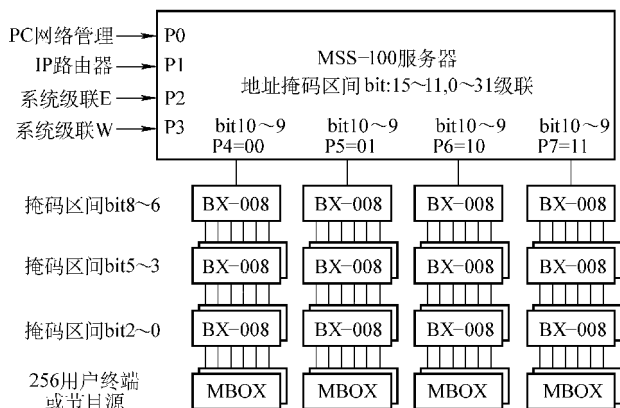


图 2-36 VMS 平台系统网络结构

平台网络，然后 IP 数据将由 VMS 平台网络进行传输，一条网络线路上可以同时传输 IP 数据、VMS 流媒体数据和语音数据（最高支持 30 余种不同数据），最终在任意 BX -008 交换机或 VMS 平台双向机顶盒（MBOX）终端设备（机顶盒）将 IP 数据接出至电脑或 IP 网络设备，而语音数据在任意 MBOX 终端设备（机顶盒）接出至电话机等语音通信设备。

基于 VMS 小系统级别平台，可以实现多个服务器级联，目前 VMS 已经通过广播电视网络进行远程通信（见图 2-37），从而使得终端点位服务规模可以扩大到万个以上。

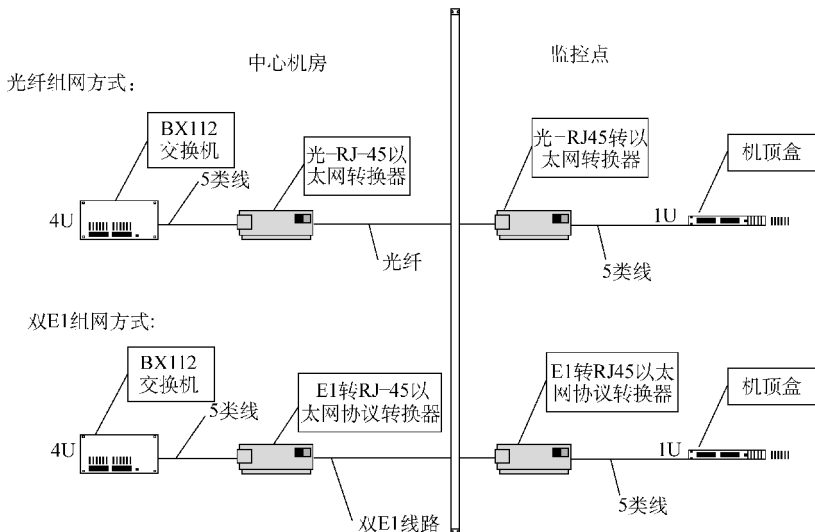


图 2-37 大规模应用广播电视网络组网

3. VMS 平台的主要功能

VMS 综合多媒体视讯服务平台可以为用户提供几乎无限制的服务，不但支持传统的“三重播放”（语音、数据和电视），而且无限制地放大了视频服务，是最彻底的双向数字电视网络，如图 2-38 所示。

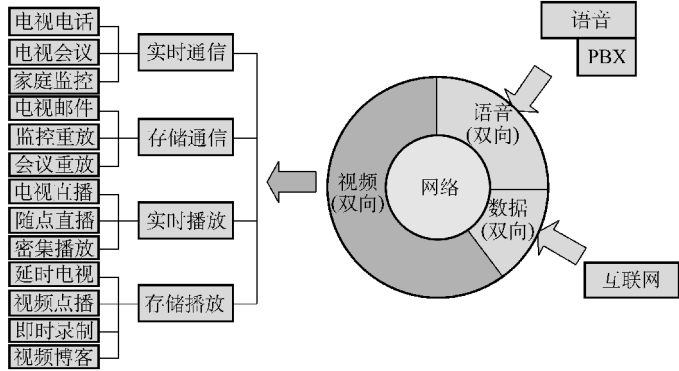


图 2-38 MP 的服务功能

例如，对于智能监控功能，VSM 智能监控分析模块是视频监控的一种高端应用，它以其强大的功能对传统监控进行一个极大补充和增强，能满足视频监控多样化的需求，例如：

- 1) 为客户提供闯入、离开、绊线、有向绊线、徘徊、骤变等六个基础事件检测功能；
- 2) 提供人员的异常奔跑报警、检测打架报警、检测物品遗留和物品丢失提示、云台全方位运动及镜头变倍、变焦控制（Pan/Tilt/Zoom，PTZ）自动目标跟踪等功能，为客户提供一个更加智能化的安全管理。
- 3) 提供视频诊断功能，能够检测视频的清晰度异常、视频干扰、视频亮度异常、视频偏色、PTZ 运动、画面冻结、视频信号缺失，及时为客户检测破坏监控设备的不法行为。

到目前为止，VMS 平台已经成功地在众多重要工程项目中获得成功应用，例如 2008 奥运电视播出和直播安全系统；VMS 与美国商务部在中国多个城市的 VMS 虚拟多媒体展示平台系统工程等。

鉴于 MP 综合视频服务技术的未来应用的重要性，国家科技部高新司、国家 863 计划通信主题和高性能宽带信息网专项专家组在北京专门组织了交换式视频核心技术在中国市场全面覆盖建设的专项研讨会；国家广电总局也将交换式视频核心技术立项为“下一代通信技术和计算机技术对广播电视发展的影响”专项研究课题。可以预见，交换式视频核心技术将是未来网络科技和互联网的一个重要发展方向。

第 3 章 智能建筑设备自动化系统

建筑设备自动化系统（BAS），又称为楼宇自动化系统，是智能建筑不可缺少的重要组成部分。它以“舒适、安全、可靠、经济、节能”为控制目标，通过对建筑物内的各种机电设备（如空调、照明、电力、电梯、给排水、消防、安防等）实行综合自动化管理，使系统中的各个设备处于最佳运行状态，从而保证系统运行的经济性和管理的智能化，为用户提供良好的工作和居住环境。

3.1 概述

建筑设备自动化系统实质上是一套采用计算机、网络通信和自动控制技术，通过计算机、现场控制器、传感器和执行器对建筑物中的设备进行自动化监控管理的中央监控系统，其构成如图 3-1 所示。



图 3-1 建筑设备自动化系统的基本构成

3.1.1 建筑设备自动化系统的监控内容

建筑设备自动化系统通常包括暖通空调、给排水、供配电、照明、电梯、消防和安全防范等系统，通常又分为设备运行管理和监控系统、消防系统和安防系统三个相对独立的系统，如图 3-2 所示。

1. 暖通空调系统

暖通空调系统根据季节的变化，提供适宜的空气温度、湿度、气流速度和洁净度，为室内人员创造一个良好的空气环境。暖通空调系统主要包括空气处理、制冷和热力三个子系统。

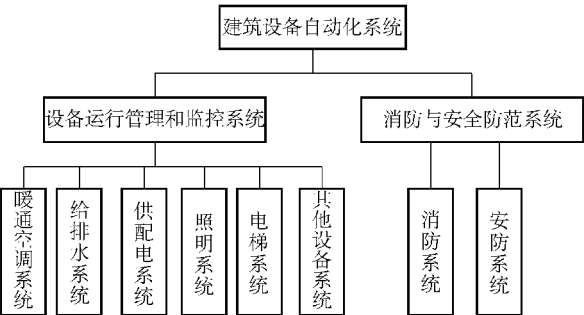


图 3-2 建筑设备自动化系统的监控范围

(1) 空气处理系统 空气处理系统能够对空气进行加热、冷却、加湿、干燥及净化处理，并利用风机和通风管道把处理好的空气送到室内，把室内的污浊空气排出。

空气处理系统的监控范围主要包括风机状态显示、起停控制、转速控制、过负

荷保护、室内温度和湿度测量、CO₂ 浓度监测、室内风机盘管工作状态的 control、风道风压测量、风门启闭、风量调节、冷热水流量调节、加湿控制、与消防系统的联动控制等。

(2) 制冷系统 制冷系统是指空气处理系统的冷源，其监控范围主要包括机组起停控制和运行状态显示、冷冻水进出口水温度、压力测量、水流量测量及制冷量记录、起动次数和运行时间记录、系统运行模式、设定值的显示、机组台数控制、过负荷报警、水流状态显示、水泵起停控制及运行状态显示、水泵过负荷报警、冷却塔风机运行状态显示、冷却水进出口水温测量及控制、风机起停控制、风机过负荷报警等。

(3) 供热系统 供热系统指空气处理系统的热源，包括蒸汽和热水两种，可以由锅炉直接供热，也可以通过集中供热系统的交换站供热。

监控范围主要包括锅炉台数控制，蒸汽、热水出口压力、温度、流量显示，运行状态显示，顺序起停控制，安全保护信号显示，燃料消耗统计记录，锅炉房可燃物、有害物质浓度监测报警，烟气含氧量监测及燃烧系统自动调节，热交换器进水(汽)量控制等。

2. 给排水及污水处理系统

低层建筑的给水一般由城市管网提供，而高层建筑需加压供水，一般使用高位水箱给水、气压给水和水泵直接给水，这三种供水方式都必须使用水泵。在建筑物的排水和污水处理系统中，则需要使用污水泵，还要修建污水集水池和废水集水池。

给排水及污水处理系统的监控范围主要包括水泵运行状态显示、水泵起停控制、水泵过负荷保护、液位高低显示和水流状态显示等。

3. 供配电系统

供配电系统主要包括变配电所和应急柴油发电机组或蓄电池组，其监控范围主要包括高低压主开关运行状况监视及故障报警，电源及主供电回路电流、电压、功率因数显示，电能计量，变压器超温报警，应急电源供电情况监视等。

4. 照明系统

照明系统主要是指对公共照明进行自动控制，其监控范围包括庭院灯，泛光照明，门厅、楼梯及走道灯，停车场照明，航空障碍灯及一些重要场所的照明等。

5. 电梯系统

电梯是智能建筑必备的唯一安全、迅速、舒适和方便的垂直交通工具，其监控范围主要包括电梯运行状态监测、停电及紧急状况处理、语音报告服务等。

6. 消防系统

在建筑设备自动化系统中，消防系统是一个独立的完整系统，消防控制室在总控制室中要占有独立的区域，与其他系统相互间不能产生干扰，但要做好与其他相关子系统的联动。其监控范围主要包括自动监测与报警、灭火、排烟、联动控制、紧急广播等。

7. 安防系统

在建筑设备自动化系统中，安全防范系统也是一个独立的完整系统，它监测范围主要包括入侵报警、电视监控、出入口控制、巡更、停车场（库）管理及其他特殊要求子系统。

本章将重点对暖通空调、给排水、供配电、照明和电梯系统的监控过程给予详细介绍，而消防系统和安防系统的监控将分别在第4、5章中给予介绍。

3.1.2 建筑设备自动化系统的基本功能

建筑设备自动化系统的一个主要特点是设备多而散。多，即被控制、监视、测量的对象数量多，可达上千点到上万点；散，即这些设备分散在各层次和角落。建筑设备自动化系统的基本功能可概括为以下几个方面。

1) 自动监视、控制各种机电设备的起停、显示或打印当前运转状态，并实现设备的管理，包括设备档案管理（设备配置及参数档案）、设备运行报表和设备维修管理等。

2) 自动检测、显示、打印各种设备的运行参数及其变化趋势或历史数据，例如温度、湿度、压差、流量等，当参数超过正常范围时，可实现自动越限报警。

3) 根据外界条件、环境因素、负荷变化等情况，实现系统的自动调节，以使各种设备始终处于最佳运行状态。

4) 监测并及时处理各种意外、突发事件，例如检测到停电、煤气泄漏等偶然事件时，可按预先编制的程序迅速处理，以避免事故扩大。

5) 实现对楼内各种机电设备的统一管理、协调控制，例如当火灾发生时，供配电系统立即自动切断普通电源，确保消防电源；空调系统自动停止通风，启动排烟风机；电梯系统自动停止使用普通电梯，并将其降至底层，自动启动消防电梯；照明系统自动接通事故照明、避难诱导灯；有线广播系统自动转入紧急广播，指挥安全疏散等，从而使得消防及相关系统实现一体化的协调运转，以使火灾损失减少到最小。

6) 实现能源的智能化管理，包括自动进行对水、电、燃气等计量和收费；提供最佳能源控制方案，例如白天使用燃气、夜晚使用电能，以错开用电高峰，达到合理、经济地使用能源；自动监测、控制设备用电量，例如下班后及节假日室内无人时，系统自动关闭空调器及照明设施等。

3.2 暖通空调监控系统

暖通空调监控系统主要包括空调、制冷和热力三个子系统。空调系统主要调节室内空气的冷、热、干、湿，并起到净化空气的作用；制冷系统和热力系统则分别提供满足要求的冷、热水，并由水泵输送到各个空调机组与空气进行热交换后，把处理后的空气送到被调区域。

3.2.1 空调系统的监控

自然界的空气是由于干空气和水蒸气组成的混合气体，称为湿空气。在大气层中，距地面高度 10km 以内的范围内，都含有一定量的水蒸气，空气中水蒸气的大幅度变化，将造成不同的空气环境状态。因此，湿空气是我们生活中的真实空气环境，空气调节的任务在于按照使用的目的，对房间或公共建筑物内的空气状态参数进行调节，解决空气的温度和湿度问题，为人们的工作和生活创造一个温度适宜、湿度恰当的舒适环境。

1. 空气的状态参数

空气的状态可用一些物理量来表示，例如压力、温度和湿度等，这些物理量称为空气的状态参数。空调系统中常用的空气状态参数主要有以下几个。

(1) 压力 压力流体作用于单位面积上的垂直作用力叫做压强。在工程上，人们往往习惯把压强简称为压力。在空调工程中，一般所说的“压力”，都是指单位面积上承受的力。空气有两种压力，即大气压力和水汽分压力。

1) 大气压力：地球表面的空气层作用在单位面积上的压力称为大气压力，一般用帕斯卡（Pa）表示，而工程技术上则常用非法定单位毫米汞柱（mmHg）表示， $1\text{mmHg} = 133.322\text{Pa}$ 。通常以纬度 45° 的海平面上的平均气压作为一个标准大气压（或称物理大气压），它相当于 101.325kPa 或 760mmHg 。

大气压力随季节、天气的变化而不同，所以在空调系统设计和运行中必须考虑该地区的气压变化规律。

2) 水汽分压力：水汽分压力是气体分子热运动的结果。由于空气是一种混合气体，水汽与干空气同时存在，这两种气体各自的压力被称为分压力，且两者之和等于空气的总压力，即

$$p = p_g + p_c \quad (3-1)$$

式中 p ——湿空气的总压力，即大气压；

p_g ——干空气的分压力；

p_c ——水汽的分压力。

水汽分压力是空调系统中常用到的一个参数。它反映了空气中水汽的多少，是空气湿度的一个指标。此外，由于空气的加湿、干燥处理过程是水分蒸发到空气中

去或水汽从空气中冷凝出来的湿交换过程，所以这种交换和空气中的水汽分压力也有密切关系。

(2) 温度 温度是表示空气冷热程度的指标，反映了空气分子热运动的剧烈程度，通常用 t 表示摄氏温度 ($^{\circ}\text{C}$)，用 T 表示绝对温度 (K)，两者的关系是 $t = T - 273.15$ 。

在空调系统中，温度通常用干球 (DB) 温度和湿球 (WB) 温度来表示。干、湿球温度计由两只棒状温度计组成，其中一只直接测量空气本身的温度，而另一只是在测湿球上包上湿布，测得湿球温度。由于在湿空气未达到饱和前，湿布上的水分蒸发，吸收了一部分汽化潜热，所以湿球温度计上的读数总要低些。环境空气的相对湿度越小，湿球上水分蒸发得就越快，湿球温度降低的幅度就越大。比较这两个温度值，便可计算出相对湿度。

在空调系统中，温度是衡量空气环境对人体是否合适的一个重要参数。按照人类的生理特征和生活习惯，常要求居住和工作环境与外界的温差不宜过大，从保健的角度看，以 5°C 左右对人体健康比较有益。夏日里，如果降温过剧，则人由室外进入室内时，将受到冷冲击；而人由室内走到室外时，又将受到热冲击，这两种情况都会使人体感到不舒适。因此对于大多数人，居住室温夏季保持在 $25 \sim 27^{\circ}\text{C}$ ，冬季保持在 $16 \sim 20^{\circ}\text{C}$ 比较适宜。

(3) 湿度 空气中的湿度有以下几种表示方法。

1) 绝对湿度： 1m^3 湿空气中所含的水汽量，称为空气的绝对湿度，即

$$x = \frac{G_c}{V_c} \quad (3-2)$$

式中 G_c ——水汽的含量 (kg)；

V_c ——湿空气的体积 (m^3)。

如果把湿空气近似地作为理想气体，那么根据理想气体的状态方程可得

$$x = \frac{G_c}{V_c} = \frac{p_c}{R_c T_c} \quad (3-3)$$

式中 p_c ——水汽的分压力 (kg)；

R_c ——水汽的气体常数，等于 $461\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ；

T_c ——水汽的绝对温度 (K)。

从中可知，当温度一定时，水汽分压力越大，绝对湿度越大，所以水汽分压力可以反映出水汽的多少。

2) 相对湿度：相对湿度表示绝对湿度接近于饱和绝对湿度的程度。所谓饱和湿度，指空气中的水汽量超过了最大限度，多余的水汽开始凝结的水汽量。通常用 x_b 表示饱和绝对湿度，则相对湿度 φ 可表示为

$$\varphi = \frac{x}{x_b} \times 100\% \quad (3-4)$$

根据上述公式可知，当湿度一定时，相对湿度越大，空气就越潮湿；反之，空气就越干燥。在空调系统中，相对湿度是衡量空气环境的潮湿程度的一项指标，空气的相对湿度大，则人体就不能充分发挥出汗的散热作用，便会感到闷热；相对湿度小，则水分便蒸发得过多过快，人体便会觉得口干舌燥。

3) 含湿量：在空调系统中，为了排除因空气温度和水汽量变化时对湿度这个概念造成的影响，一般将采用 1kg 干空气中所含有的水汽量（数量较小时，用 g 来衡量）称为含湿量 d ，即

$$d = \frac{1000G_c}{G_g} \quad (3-5)$$

式中 G_g ——干空气的含量 (g)。

上述公式反映了空气中所含水汽量的多少，在空调系统设计中，含湿量和温度一样，是一个十分重要的参数。在任何空气发生变化的过程中，例如加湿或干燥过程中，都必须用含湿量来反映水汽量增减的情况。

人体感觉的冷热程度，不仅与空气温度的高低有关，还与空气中水蒸气的多少有关，即与湿度有关。由生活经验得知，空气过于潮湿或过于干燥都将使人感到不舒适。一般来说，相对湿度，冬季在 40% ~ 50% 之间，夏季在 50% ~ 60% 之间，人的感觉比较良好。假如温度适宜，相对湿度即便在 40% ~ 70% 的范围内变化，人们也能基本适应。

(4) 露点温度 所谓露点温度是指空气中水汽凝结成水时的温度。通常，空气在某一温度时，其相对湿度小于 100%，如果使其温度降到某一个适当值时，其相对湿度即使达到 100%，此时便结露，且湿度越大，露点与实际温度之差就越小。

如果已知空气的含湿量 d ，根据空气性质表查出饱和含湿量等于 d 时所对应的温度，它就是这时空气的露点温度。在空调系统中，有时需要结露，有时则不需要结露。

(5) 焓 在空调系统中，经常需要对空气加入或减去热量，这种加热或减热过程可以近似地看成是在等压情况下进行的。为了便于计算空气热量的变化，便引入了焓的概念，由此可见，焓代表能量，表示空气热量的一种变化关系。

对于空调系统，由于空气是由干空气与水汽组成的，因此空气的总热量是这两部分所含热量之和。如果干空气的焓用 h_g 表示，水汽的焓用 h_c 表示，那么空气焓 h 为

$$h = \frac{h_g + \frac{h_c}{1000}}{1 + \frac{d}{1000}} \quad (3-6)$$

由于 $d/1000 \ll 1$ ，则湿空气的焓近似可表示为

$$h = h_g + \frac{h_c}{1000} \quad (3-7)$$

由于焓是一个相对值，为了便于计算，通常选定 0°C 干空气与水汽的焓为零，这样 $t^\circ\text{C}$ 时空气的焓为

$$h = 1.01t + (2500 + 1.84t) \frac{d}{1000} \quad (3-8)$$

在实际空调系统的设计、测试、调整和运行管理中，通常采用空气线图（湿空气性质图）求空气状态参数，它较公式计算或查表法简便得多。在空气线图上，经常把焓 h 和绝对湿度 x 作为坐标 $h-x$ 线图，也有把干球温度 t 和绝对湿度 x 作为坐标 $t-x$ 线图以及用含湿量 d 和焓 h 作为坐标 $h-d$ 线图。在空气线图上的任何一点称为状态点，如果知道了某一状态点，便可求出该状态下的空气状态参数，例如干球温度、湿球温度、露点温度、绝对湿度、相对湿度、焓以及体积比等。

2. 常见的空气处理方式

处理空气的方法有很多，其基本要求是既要满足空气的温度、湿度、焓值、空气洁净度的要求，又要节省能耗。下面介绍几种常见的空气处理方式。

(1) 冷却减湿处理

1) 采用喷水室进行冷水喷淋，空气与冷水发生湿、热交换。由于冷水温度比空气温度低，从而使得空气冷却，并带走一部分空气中的水分，使空气温度和含湿量都有所下降。

2) 采用表面式冷却器，即冷却盘管。通过盘管内流动的冷水（或制冷剂）与空气进行热交换后，使空气冷却并减湿，这种方式最适合高层民用建筑的集中式空调系统。

(2) 等湿加热处理 空气的湿度不变，利用蒸汽、热水及电热对空气的温度进行加热处理，常用于对空气的加热处理。

(3) 等温加湿处理 空气温度保持不变，而湿度及焓值增加的过程称作等温加湿处理。这一过程常采用干蒸汽加湿来实现，广泛应用于建筑中。

(4) 降温升焓加湿过程 采用水喷雾方法，且在喷雾的过程中，空气加热并加湿，使焓值增加。

(5) 等焓加湿 喷淋室采用循环水喷淋加湿，加湿过程稳定，焓值不变。目前高层民用建筑应用较少。

3. 常见的空调设备

一般来说，空气调节主要是指空气的温度、湿度控制。

(1) 空气的加热设备 空气的加热是通过加热器来实现的，空调系统所用的加热器一般是以热水或蒸汽为热媒的空气加热器和电加热器。

以热水或蒸汽为热媒的空气加热器一般均采用肋片管式换热器。它是由几排（每排有数根）肋片管和联箱组成的。当热水或蒸汽在管内流动、空气在肋片管间流动时，空气被高温的肋片表面及基管加热。空气和管内水的流速越大，加热量越大（以蒸汽为热媒时，加热量仅与空气流速有关）；热水（或蒸汽）与空气间的温差越大，加热量越大；空气与加热器接触面积越大，加热量也越大。但增加空气和水的流速，或靠增加排数来增大加热器面积，加热器的空气阻力和水阻力均增加，风机和水泵的耗电也增加。

肋片管式空气加热器一般作为空调系统的一次或二次加热器。一次加热器的任务在冬季是负责将一次回风和新风混合后的空气加热到指定温度（湿球温度与夏季设计机器露点相同），以便系统进入加湿处理。一次加热器多用于冬季室外气温较低的北方地区和全年一次回风混合比不变的系统；对于冬季室外气温较高的南方地区和一次回风混合比可变的系统，可以通过调节一次回风混合比使一次回风和新风的混合温度达到设计值。一次加热器在夏季一般不使用，但有时也可将其内通自来水等作为新风预冷器，达到加热冷却两用的目的，但此时冷、热水管路上的阀门要严密，以防相互串通。二次加热器用于将被表冷器冷却或与二次回风混合后（有二次回风时）的空气加热到所需的送风温度。

电加热器是通过电阻丝将电能转化为热能来加热空气的设备，具有加热均匀、加热量稳定、效率高、结构紧凑和易于控制等优点，但耗电量大、加热量大，常用于各类小型空调机组内。在恒温恒湿精度较高的大型集中式空调系统中，常采用电加热器作为末端加热设备（或称为微调加热器，放在被调房间风道入口处）来控制局部加热。

电加热器有裸线式和管式两种，裸线式加热器加热迅速、热惯性小、结构简单，但易断线和漏电，安全性差；管式电加热器加热均匀、热量稳定、经久耐用，可直接装在风道内，但其热惯性较大、结构复杂。

(2) 空气的减湿冷却设备 空气的减湿与冷却可以通过表冷器来实现。与空气加热器结构类似，表冷器也都是肋片管式换热器，它的肋片一般多采用套片和绕片，基管的管径也较小。

表冷器内流动的冷媒有制冷剂和冷水（深井水、冷冻水、盐水等）两种。以制冷剂为冷媒的表冷器，称为直接蒸发式表冷器，多用于各类局部机组中；以冷水作为冷媒的表冷器，称为水冷表冷器，多用于集中式空调系统和半集中式空调系统

的末端设备中。

与加热器的工作原理类似，当空气沿表冷器的肋片间流过时，通过肋片和基管表面与冷媒进行热量交换，空气放出热量而使温度降低，冷媒得到热量而使温度升高，当表冷器的表面温度低于空气的露点温度时，空气中的一部分水蒸汽将凝结出来，此时称表冷器处于湿工况下，从而达到对空气进行降温减湿处理的目的。

增大空气和冷水的流速、增加换热面积和空气与冷水间的温差，都可以提高传热量。但风速、水速过大，风机和水泵耗电量增加，且在湿工况下，过大的空气流速容易将冷凝水带到表冷器后面的空气中，影响减湿效果。设计时，一般取表冷器迎面风速 $u = 2.5 \text{ m/s}$ 左右，管内水流速 $w = (0.6 \sim 1.5) \text{ m/s}$ 。

表冷器的安装与以热水为媒介的空气加热器安装方式基本相同，但表冷器下部应设积水盘，用来收集空气被表冷器冷却后产生的冷凝水。

表冷器的调节方法有两种：一种是水量调节；另一种是水温调节。水量调节是改变进入表冷器的冷水流量，水温不变，使表冷器的传热效果发生变化。水量减少，表冷器传热量降低，空气温降小，除湿量也少；反之，增大冷水量，空气经过表冷器后的温降大，除湿量也多。

水温调节是在水量不变的条件下，通过改变表冷器进水温度，改变其传热效果。进水温度越低，空气温降越大，除湿量也增加；反之，供水温度提高，空气温降减小，除湿量降低。该方式调节性能好，但设备复杂，运行也不太经济，一般多用于温度控制精度较高的场合。

(3) 空气的加湿设备 空调系统一般采用向空气中喷蒸汽的办法进行加湿，常用的喷蒸汽加湿方法有干蒸汽加湿和电加湿两种。干蒸汽加湿是将由锅炉房送来的具有一定压力的蒸汽，由蒸汽加湿器均匀地喷入空气中；而电加湿则多用于加湿量较小的机组或系统中。

电加湿器分为电热式加湿器和电极式加湿器两种。电热式加湿器体积较大，是将电热元件直接放在盛水的容器内（若容器与大气连通，称为开式电热加湿器，否则称为闭式电热加湿器或电热低压锅炉），利用加热元件所散出的热量加热水而产生蒸汽。闭式电热式加湿器，在工程中比较常用。作为完整的电热式加湿器，除蒸汽发生器外，还需配备自动补水设施、用于恒定蒸汽压力的电源控制设施、湿度敏感元件、湿度调节器和带电动调节阀的喷管组件。

电极式加湿器是用三根不锈钢棒（也可以是铜镀铬棒）作为电极，放在不易锈蚀的水容器中，以水作为电阻，通电后水被加热而产生蒸汽。通过调整水位的高低，可以改变水的电阻，从而改变热量和蒸汽的发生量。电极式加湿器结构紧凑，多用于各类空调机组内，其加湿量较小。

4. 空调系统的分类

空调系统按其特点可以有多种分类方法。

按照负担空调的负荷所用介质，空调系统可分为：①全空气空调系统；②全水空调系统；③空气—水空调系统；④制冷剂空调系统。

按照空气处理设备的集中程度，空调系统可分为：①集中式空调系统；②半集中式空调系统；③分散式空调系统。

按照被处理空气的来源，空调系统可分为：①封闭式（全部回风式）空调系统；②直流式（全部新风）空调系统；③混合式（新风与一次回风或两次回风混合）。

另外，还可分为定风量、变风量空调系统，低速、高速空调系统，工艺性、舒适性空调系统，一般性、恒温恒湿性空调系统等。

5. 空调系统的工作原理

空调系统是先对无论是来自室外、还是室内返回的空气进行集中处理，经过处理达到送风要求的空气给需要空气调节的房间或区域使用。组成空调系统的工作原理主要是：调节送风参数（送风温度、湿度、洁净度和新鲜空气含量等）和送风量，使送入室内的空气受到的热湿等负荷作用后，成为所要求的室内环境状态。常见的空气处理过程有：

加热过程：利用热源、热媒加热空气的过程，空气在加热过程中只有温度的变化，含湿量不变，属于显热传递过程，主要使用表面式空气加热器加热空气。

冷却过程：利用冷源、冷媒来冷却空气的过程，主要使用空气冷却盘管和喷水室冷却空气。在空气冷却过程中，如果含湿量不变，则只存在显热传递；如果有水分凝结，即空气的含湿量减少，则同时存在显热传递和潜热传递，称作冷却减湿过程。

加湿过程：增加被处理空气中的水蒸汽含量的过程，属于潜热传递过程，通常用喷水或喷蒸汽的方法增加空气湿度。

减湿过程：把水蒸汽从被处理空气中分离出来，以降低空气含湿量的过程，或称为去湿。除使用前述冷却法减湿外，还可使用液体吸湿剂法（吸收法）或固体吸湿剂法（吸附法）降低空气湿度。

（1）组合式空调系统 组合式空调系统是迄今大型公共建筑中用得最多、最基本的方式。其特点是空气（包括新风和回风）集中由大型分段（每段都是一节矩形风道）组合式的空气处理设备进行了冷却、加热、加湿、干燥等处理，经调节后的空气用风道分送到各空调房间，并用回风道将各房间内吸收（或放出）了热（冷）、潮湿（干燥）的空气引回设备，重新进行处理后循环使用，或是排放到大气之中。

组合式空调系统中，对空气温度进行调节的设备是盘管式表冷器，表冷器的盘管内部流动着空调冷水（或热水），外部流动着被冷却（或被加热）的空气。冷却（夏季）与加热（冬季）合用一套表冷器，叫做二管制系统；冷却、加热分别用彼此独立的两套表冷器，叫做四管制系统。

组合式空调系统中，使空气流动的设备是风机，只有一台送风风机的组合式空调系统，叫做单风机组合式空调系统，如图 3-3a 所示；有一台送风风机和一台回风风机的组合式空调系统，叫做双风机组合式空调系统，如图 3-3b 所示。

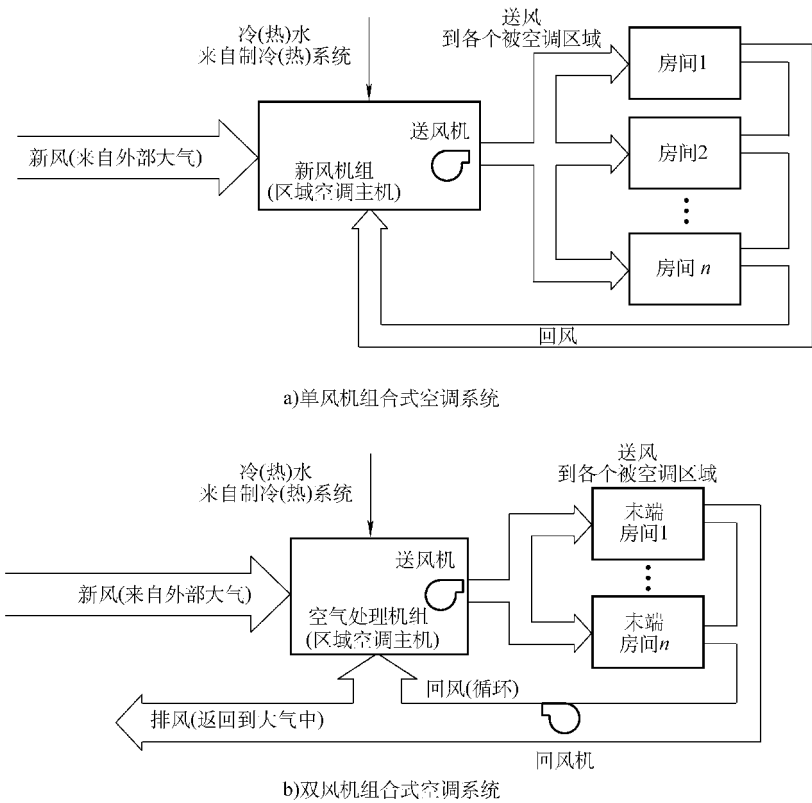


图 3-3 组合式空调系统

采用双风机组合式空调系统，除能实现单风机组合式空调系统对房间的温度、湿度等的控制功能外，还能通过调节新风阀、排风阀和回风阀，控制进入室内的新风量，为室内提供足够的新风，在过渡季节可全新风运行，充分利用自然能源，以利于节能。

根据组合式空调系统使用场合的不同，在冷却、加热段和送风、回风段采用不同的结构，通常有以下几种组合形式：

1) 二管制、单风机系统 冷却/加热合用一套盘管表冷器, 设一台送风机, 回风靠负压回风。

2) 二管制、双风机系统 冷却/加热合用一套盘管表冷器, 设一台送风机和一台回风机。

3) 四管制、单风机系统 冷却、加热分别用两套盘管, 彼此独立, 只设一台送风机, 回风靠负压回风。

4) 四管制、双风机系统 冷却、加热分别用两套盘管, 彼此独立, 一台送风机和一台回风机。

通常, 二管制系统适用于一般民用建筑的舒适性空调, 四管制系统适用于高档宾馆、酒店, 特别是涉外酒店和宾馆中适应不同地区宾客对环境温度的要求。

(2) 新风机 + 风机盘管系统 在宾馆、办公楼等建筑物里最为常见的是: 风机盘管由冷、热源提供的冷、热水来承担室内负荷, 新风系统 (即新风机组) 为室内提供经过处理的新鲜空气; 一套新风系统提供一个区域的新风供给, 这一区域里连接着一组风机盘管; 一套风机盘管提供一个小区域的空气调节。通常新风机组是由建筑设备监控与管理系统进行集中监控, 而风机盘管则是三速控制开关, 在就地人工控制, 也有网络型三速控制开关。图 3-4 所示为新风机 + 风机盘管的检测与控制系统原理图。

1) 新风机组的组成

① 新风风门、防冻开关: 当送风机不工作时, 为防止表冷器被冻坏, 必须关闭新风风门; 防冻开关起报警作用。

② 空气过滤器、差压开关: 为保证空气过滤器的过滤效果和节能需要, 测量其前后的差压, 及时发出阻塞报警信号。

③ 送风温度传感器、表冷器、空调水阀: 调节空调水流量, 以控制送风温度。

④ 送风湿度传感器、加湿器: 根据室内湿度要求, 起动或关闭加湿设备。

⑤ 新风机、差压开关: 据新风机前后两端的空气差压, 判断新风机的运行和故障状态。

2) 风机盘管的组成

① 风机盘管: 本身也是一台空调器, 内有三速风机、表冷器等。

② 三速开关: 墙面安装, 内置室温传感器、温度设定盘、速度选择开关、加热/冷却选择开关。

③ 电动二通阀: 在风机盘管的表冷器的空调水管上安装。

3) 检测与控制功能: 空气处理系统应具有下列检测与控制功能: ① 风机状态显示; ② 送回风温度测量; ③ 室内温、湿度测量; ④ 过滤器状态显示及报警; ⑤ 风道风压测量; ⑥ 风机起停控制; ⑦ 过载报警; ⑧ 冷热水流量调节; ⑨ 加湿控

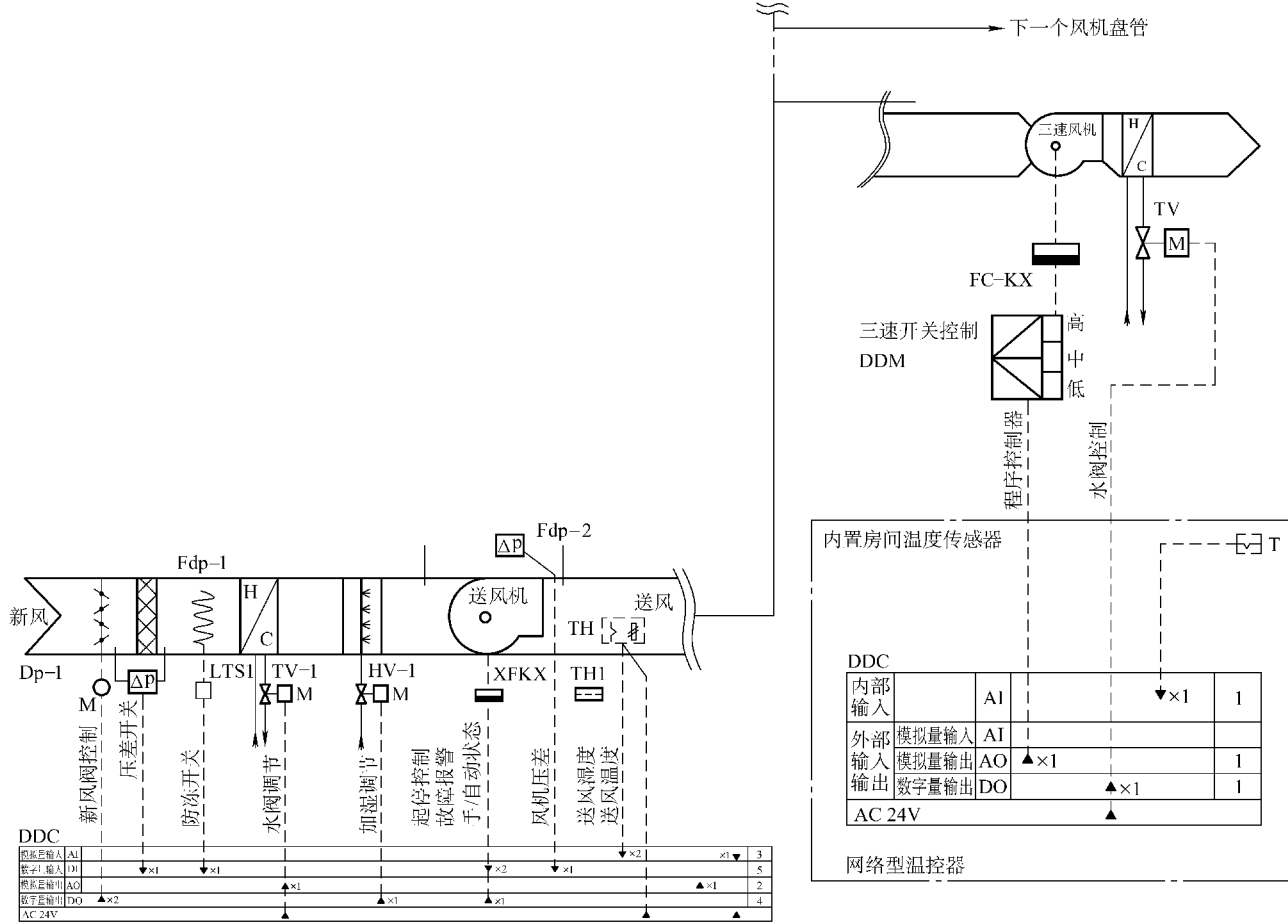


图 3-4 新风机 + 风机盘管的检测与控制系统原理图

注：[H/C] 为加热/冷却；[ΔP] 为压差开关；[] 为起停控制箱。

制；⑩风门控制；⑪风机、风门、调节阀之间的联锁控制；⑫室内 CO₂ 浓度监测；⑬寒冷地区换热器防冻控制；⑭风机与消防系统的联动控制。

4) 新风机组 + 风机盘管系统的功能描述

表 3-1 为新风机 + 风机盘管系统的检测与控制功能描述。

表 3-1 新风机 + 风机盘管系统的检测与控制功能描述

序 号	实 现 功 能	控 制 参 数	功能与性能描述
1	送风温度控制	SP, TH1, TV - 1	根据设定值与测量值之差, PID 控制冷热水阀的开度, 保证送风温度为设定值
2	风阀控制	Dp - 1	机组运行, 风阀打开, 反之亦然
3	监控	XFKX, TH1	监控送风段温度, 监控机组运行/停止状态
4	定时起停控制		根据事先排定的工作及节假日作息时间表, 定时起停机组, 并自动统计机组的工作时间, 提示定时维护
5	保护监控	TV - 1, TH, LTS1, Dp - 1	冬季停机时, 如室外温度低于 2℃, 调节阀开度设为 10% 的最低开度; 当表冷器温度低于 5℃ 时, 防冻报警, 并自动开启热水调节阀开度为最大; 对于带电加热器的空调机组, 同时接通电加热器
6	报警	Fdp - 1, Fdp - 2	参数超限报警, 过滤器阻塞报警, 风机异常自动报警
7	房间温度控制	T, TV	网络型温控器, 根据设定值与房间温度测量值开关控制冷热水阀, 以保证室内温度为设定值
8	风速控制	DDM	通过网络型温控器就地或远程控制高、中、低三档风速
9	联动		机组的起停与风阀、调节阀的联动控制; 季节切换与调节阀的正、反作用切换控制
10	复杂控制		根据不同系统进行串级、选择等复杂调节, 以提高系统的控制质量
11	LCD 就地显示		通过网络型温控器的 LCD, 显示当前的设定温度及房间温度, 并通过对 LCD 的不同编程, 选择不同的显示模式
12	网络监视功能		通过 RS-485 总线, 监视网络型温控器内所有参数

(3) 变风量空调系统 全空气空调系统一般分为定风量与变风量空调系统。

定风量空气处理机组主要指的是送风流量是定值，在空气处理过程中，靠调节循环风的流量，保证室内空气的新鲜程度。变风量（Variable Air Volume, VAV）空调系统于 20 世纪 60 年代在美国诞生，其基本原理是通过改变送入房间的风量来满足室内变化的负荷。近几年来，变风量空调系统由于节省能源、控制灵活等优点，逐步被国内采用。

变风量空调系统主要有以下几个突出优点：

1) 由于变风量空调系统是通过改变送入房间的风量来适应负荷的变化，而空调系统大部分时间在部分负荷状态下运行，所以风量的减少带来了风机能耗的降低。

2) 区别于常规的定风量或风机盘管系统，在每一个系统中的不同朝向房间，空调负荷的峰值出现在一天的不同时间，因此变风量空调器的容量不必按全部冷负荷峰值叠加来确定，而只要按某一时间各朝向冷负荷的各最大值来确定。这样，变风量空调器的冷却能力及风量比定风量、风机盘管系统减少 10% ~ 20%。

3) 变风量空调系统属于全空气系统，与风机盘管系统相比，明显的好处是冷冻水管与冷凝水管不进入建筑吊顶空间，因而免除了盘管凝水和霉变问题。

此外，变风量空调系统还具有灵活性好，易于改、扩建等优点，因此尤其适用于格局多变的建筑。

1) 变风量空调系统的工作原理：变风量空调机组检测与控制系统原理图如图 3-5 所示。变风量空调系统主要由空气处理机组、室内温控器、变风量末端装置（VAV BOX）和智能变频控制器组成；其中空气处理机组由新风阀、回风阀、送风阀、预热器、表冷器和送风机等组成。

为获得空调系统的实时负荷情况，在每个建筑单元内安装一个室内温控器，用来检测室内温度，并与用户设定的期望温度值进行比较，当两者出现差值时，温控器改变 VAV BOX 内的风阀开度，减少或增加送入室内的风量，从而调节室内的温度，直到室内温度恢复为设定值为止。同时，根据 VAV BOX 的负荷情况，通过变频控制器调节送风机转速，还起到节能的作用。

通常采用的定风量空调系统，其追踪房间负荷变化的手段是控制回风温度、调节冷热水阀门。在这个过程中，送风量保持不变，送风机的能耗不变。但对于变风量空调系统来说，追踪房间负荷变化的主要手段是控制各个末端的送风量。由于空调负荷在全年的绝大多数时间里都低于设计负荷的状态，因此低负荷时减少风机的送风量，将使得送风机的能耗得以降低，因而达到全年节能的目的。然而由于变风量空调系统增加了系统静压、最大/最小送风量以及新风量等控制环节，由此又加大了其控制系统的复杂程度。

2) 检测与控制功能：变风量空气处理机组的检测与控制内容包括：①新风温、

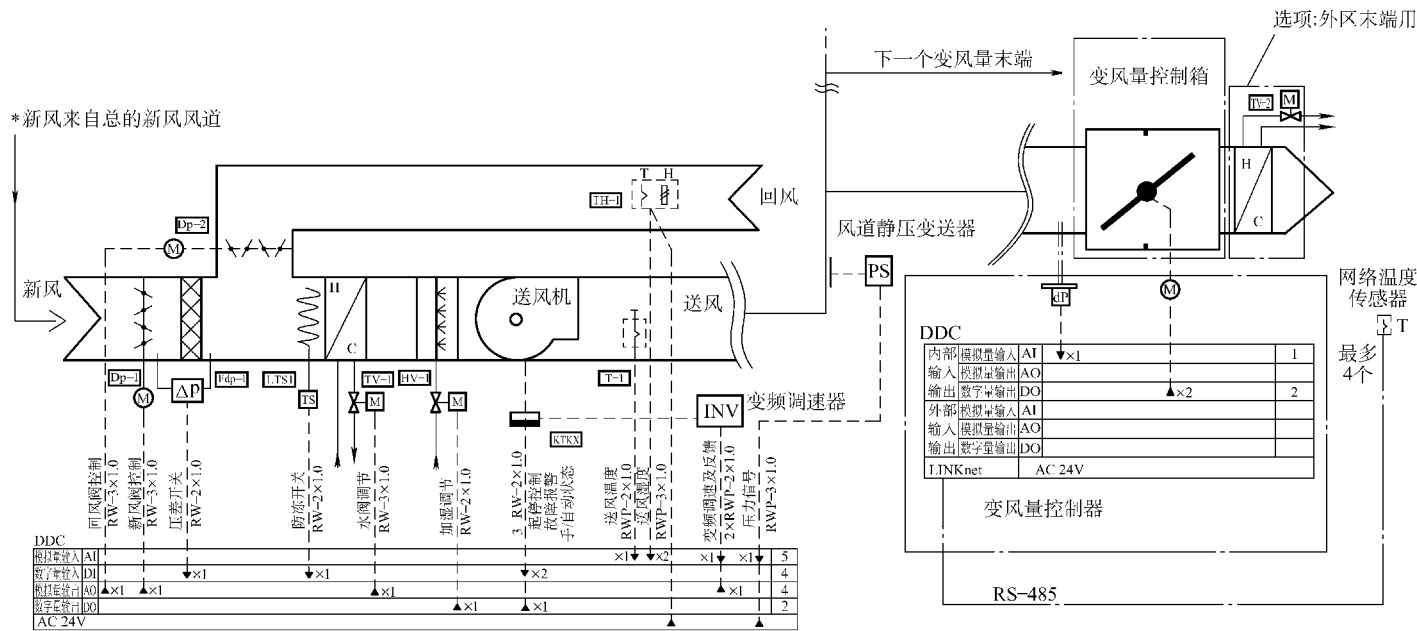


图 3-5 变风量空调机组检测与控制系统原理图

湿度检测；②送风温、湿度检测；③回风温、湿度检测；④送、回风动压检测；⑤风管静压检测；⑥风机变频调节；⑦滤网压差报警检测；⑧防冻报警检测；⑨水阀调节；⑩加湿阀控制；⑪新、回风阀调节；⑫风阀调节；⑬风机运行状态检测；⑭故障报警检测；⑮手/自动状态检测；⑯起、停控制。

变风量末端的检测与控制内容包括：①室内/区域温度检测；②室内/区域温度设定；③末端一次风压检测；④末端送风量检测；⑤风机起停控制（当有风机时）；⑥再热盘管热水阀开关控制（当有热盘管时）；⑦末端风门开度控制；⑧末端实际风门开度反馈；⑨变风量末端的运行状态；⑩变风量与空调机组的联动控制；⑪最大、最小风量设定；⑫变风量末端的就地及集中起停控制；⑬变风量末端故障状态。

对变风量空调系统，应具有下列检测与控制功能：①系统总风量调节；②最小风量控制；③最小新风量控制；④再加热控制；⑤变风量空调系统的控制装置应有通信接口。

3) 系统风量控制方法：虽然变风量空调系统的总风量和各空调房间送风量都能随着负荷的变化而变化，但是只有拥有了可靠的控制系统，其节能性和经济性才能完全体现出来，因此控制系统与变风量空调系统设计密不可分，它主要包括房间温度、空气处理装置、系统静压和房间正压等控制环路，其中最不能忽略的是最小新风量控制和最小送风量控制。变风量空调系统中，送风量随负荷的减小而减小，新风量也随之减小，若负荷很低，新风量可能不能满足卫生要求，所以选择控制方法时一定要考虑能否保证最小新风量。变风量空调系统中存在两个最小送风量：一个是末端装置的最小送风量；另一个是系统的最小送风量。末端装置送风量有两个极值（最大和最小），当其送风量已经减小到最小风量而仍不能达到室内参数要求时，需要采取相应的措施，以保持室内的参数。

系统风量控制方法主要有定静压控制方法和变静压控制方法等。

定静压控制方法通过在风管内安装静压传感器，测量该点的静压值，并调节风机的转速，使静压传感器安装点的静压恒定。这种控制方法的优点是系统简单，但变风量空调的节能效果没能充分体现，关键在于静压传感器的设定值（含理论计算和调试结果），在设置静压传感器时，应设于气流稳定的风管的直线段上，并尽量避免离静压传感器最近的变风量空调箱的流量变化对传感器的影响。

变静压控制方法则通过使用带风阀开度的传感器、风量传感器（通常使用毕托管测量变风量末端的空气流量）和室内温控器的 VAV BOX 装置，根据风阀开度控制送风机的转速，使任何时候系统中至少有一个变风量末端装置的风阀是全开的，主要分为以下三种情况：

① 变风量末端装置的风阀全部处于中间状态，系统静压过高，则调节并降低

风机转速；

② 变风量末端装置的风阀全部处于全开状态，且风量传感器检测的实际变风量末端空气流量等于温控器设定值，则系统静压合适；

③ 变风量末端装置的风阀全部处于全开状态，且风量传感器检测的实际风量低于温控器设定值，系统静压偏低，则调节并提高风机转速。

变静压控制方法的优点是使变风量空调系统的节能效果充分得到体现，但也有其主要缺点：

① 增加了阀门开度控制，相应增加了投资成本，使控制系统更加复杂，调试更加麻烦；

② 风阀开度信号的反馈对风机转速的调节有一个滞后的过程，使得房间负荷变化后要达到房间设定值有一段小幅波动的过程。

4) DDC 法：在建筑设备监控管理系统中，通常采用 DDC 进行最小静压控制。如果知道了末端装置的风阀全开时的开度、压差和流量特性，风管的流量和阻力特性，风机的转速、扬程和流量特性，就可以根据风量求得满足最小静压控制的送风机转速，其步骤为：给出各末端要求风量→计算风管的阻力→选择最不利环路和计算最小静压状态的送风机扬程，计算送风机转速→选择送风机的转速，送风机风量为各末端装置要求风量之和，然后根据送风机转速的设定值控制送风机的转速，并对风机转速的变化率加以控制，以免电动机过载。

① 变风量空气处理机组：图 3-6 所示为变风量空气处理机组调节系统原理图，其主要功能包括以下几个方面：

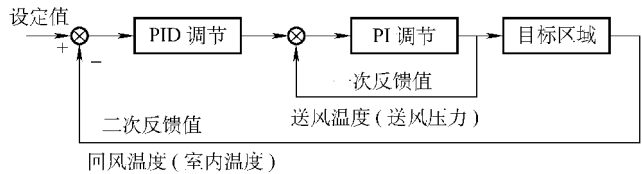


图 3-6 变风量空气处理机组调节系统原理图

- 设定制冷模式，即根据新、回风焓值来控制新风和回风的比例，当新风焓值 $\geq$ 回风焓值时，则减少新风阀到最小新风阀位，打开回风阀至最大阀位；当新风焓值 $<$ 回风焓值时，则打开新风阀到最大阀位，关闭回风阀，运行在全新风状态，以提高空气质量并节能。

- 设定制热模式，即根据新风、回风焓值来控制新风、回风的比例，当新风焓值 $\geq$ 回风焓值时，运行在过渡季节模式，空调机组只用作通风机使用；当新风焓值 $<$ 回风焓值时，打开新风阀到最大阀位，关闭回风阀，运行在全新风状态，混合风经热水盘管加热后直接送出；当新风焓值小到与送风点等湿线的交点时，开始变新

风运行，打开回风阀，其混合的原则是使混风的点处在送风点等湿线上，混合风经热水盘管加热后直接送出。当室外新风焓值不断变小，相应的新风阀位也不断变小，当达到最小新风阀位以后，将不再继续减小，使系统运行在最小新风的工况，混风经热水盘管加热后，再进行等焓加湿到送风点。

- 新风阀与送风机联动，即当启动时，先打开新风阀，再启动风机；当停机时，先停止送风机，再关闭新风阀。

- 送风机的频率控制，即根据多个变风量区域的温度来控制各区域 VAV 末端的阀位，由该阀位及风速传感器的反馈信号，计算所需风量后，再进行送风机频率的控制，但要保证最小送风量的要求（程序设定最小运行频率）。当在最小送风量运行时，所需温度还在继续偏离设定值时，则需调节表冷器/加热器电动调节阀的开度，使实测温度达到设定温度值；若此时末端负荷加大，则首先调节水阀，慢慢至最大阀位，若还不能满足负荷要求，则再根据所需风量进行风机的频率控制。

- 当过滤网阻塞时，过滤网的压差传感器给出过滤网淤塞报警信号。

- 根据新、送、回风管中的温度来调节表冷器/加热器电动调节阀的开度，使实测温度达到设定温度值。

- 根据新、送、回风管中的湿度来控制加湿阀的开关，使实测湿度达到设定湿度值。

- 根据送风机两端的压差传感器，来检测风机是否正常运行。

- 风机的远程起停控制及运行监控。

② 变风量（VAV）空调末端：将变风量空调系统分成三个状态：低负荷（送风温度值和风机转速值均优化设定）、正常负荷（风机转速值优化设定）和高负荷（送风温度值和风机转速值均优化设定）。

③ 风机转速控制：它能动态重置风机转速，并不断计算和重置风机转速达到最低水平，以避免风量不足，确保变风量空调末端的风阀开度在 70% ~ 90% 之间（可修改），小于 70% 为低开度，大于 90% 为高开度。有些变风量空调末端的风门为低开度，有些为高开度，只要有一个变风量空调末端的风门为高开度，则风速降低将取消。在修改设定值以后，需要有一段时间使系统稳定，如果时间太短，则使系统响应太快，将导致更多的数据处理。

④ 送风温度控制：在高/低负荷情况下，重置是用来调节送风温度范围的，可节省能源。当风机转速为 100% 维持 15min（可调）时，空调机从正常负荷变为高负荷，将重置送风温度设定值；当重置参数为 0 ~ 15min（可调），说明负荷减少，则空调系统从高负荷变为正常负荷。

5) 变风量空调系统的功能描述：表 3-2 为变风量空调系统的检测与控制功能描述。

表 3-2 变风量空调系统的检测与控制功能描述

序 号	实 现 功 能	控 制 参 数	功能与性能描述
1	变风量控制末端	TH, Δp	变风量控制器以房间温度为主参数、以风道空气流量为副参数组成主副环
2	变风量温度控制	T, TV - 2, dP, M	串级调节系统；主环为定值调节系统，变风量控制器将检测到的房间温度与设定值进行比较，PI 调节输出到副环；副环为随动调节系统，变风量控制器将以主环的输出为设定值，与空气流量进行比较，PI 或 PID 控制调节室内温度
3	风道静压控制	PS, INV	控制主机用 DDC 将检测到的风道压力信号与设定值进行比较，PI 调节送风机的变频调速，以消除变风量控制末端负荷变化而引起的压力波动
4	定时起停控制		根据事先排定的时间表及不同用户的要求，定时开关变风量控制器末端
5	简单计量控制		自动统计或简单计量不同用户的能耗情况
6	监控		监控各末端变风量控制箱的运行状态及各用户房间温度状态
7	联动		变风量控制箱的开启与空调主机的联动控制

3.2.2 制冷系统的监控

空调系统需要冷源，夏季供给表冷器的冷水就是由制冷系统提供的。制冷系统根据现场各类传感器测量所得冷冻水和冷却水供/回水的温度、压力、流量、压差等参数，自动计算冷负荷，并由此来自动调整冷冻机组和冷却塔的运行台数、调节电动二通阀，使系统优化运行，在满足空调系统制冷需求的基础上实现节能。水泵起动后，水流开关监测水流状态，如果发生故障，则自动产生报警信号，并自动停机。此外，对冷水机组、冷却塔、冷却塔风机、电动蝶阀、冷冻水泵、冷却水泵等设备将进行严格的联锁起停控制，以确保冷水系统的可靠运行。

1. 制冷方式和原理

空调制冷系统常用的制冷剂有氟利昂、溴化锂、氨等，制冷方式有压缩式制冷、吸收式制冷和蓄冰制冷三种。压缩式制冷以消耗电能作为补偿，通常以氟利昂或氨为制冷剂；吸收式制冷以消耗热能作为补偿，以水为制冷剂，溴化锂溶液为吸收剂，可以利用低位热能和高温冷却水；蓄冰制冷是让制冷设备在电网低负荷时工作，将制冷量贮存在蓄冷器中，在用电负荷的高峰期，向空调系统提供冷源，因而可以调节电网负荷，起到削峰填谷、缓和供电紧张状况的作用。

以压缩式制冷为例，其制冷原理如图 3-7 所示。冷水机组由冷凝器、压缩机、蒸发器等装置组成，制冷剂（气体）先由压缩机进行压缩，压缩后进入冷凝器，

经冷却水冷却后变成液体。液体制冷剂再由冷凝器进入蒸发器，并在蒸发器中蒸发吸热，使冷冻水降温，降温后的冷冻水由冷冻水泵送给空调系统使用。冷水机组中的冷却水由冷却塔提供。冷却塔的基本工作原理是利用水喷射和冷却风机将水中的热量排入大气，使水冷却，接近大气温度。冷冻水和冷却水均通过回水泵进行循环使用，节约水源。

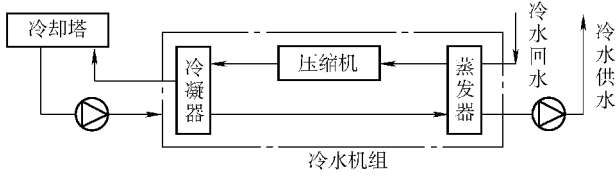


图 3-7 压缩制冷系统原理图

目前，无论是压缩式制冷系统、吸收式制冷系统或蓄冰制冷系统，大多数制冷机组设备厂商的产品均带有成套的自动控制装置，系统本身能独立完成机组监控与能量调节的功能。当与建筑设备自动化系统相连时，需要考虑的问题一个是机组成套控制系统包含哪些监控功能，另一个是如何与系统进行数据通信。

2. 制冷系统的监控原理

以图 3-8 一级泵系统的压缩式制冷系统为例，其监控的目的为：

- 1) 保证冷冻机蒸发器通过稳定的水量，以使其正常工作；
- 2) 向空调冷冻水用户提供足够的水量，以满足使用要求；

3) 在满足使用要求的前提下，尽可能提高供水温度，提高机组的能效比（EER，也称为性能系数（COP））值，同时减少系统的制冷量损失，实现系统的经济运行。

制冷系统采用直接数字控制器（DDC）进行控制，冷水机组使用台数应根据系统需要的制冷量和承压要求来合理确定，通常冷冻水泵和冷却水泵为两用一备，冷却塔的台数则应与冷却水泵相适应。制冷系统监控内容主要包括以下几方面。

（1）冷水机组的联锁控制 制冷设备起停顺序由中央监控系统按预先编制的程序来实现，即只有当润滑油系统起动，冷却水、冷（冻）水流动后，冷水机组才能起动。DDC 通过模拟输出通道控制冷水机组的起停，将冷水机组主电路中交流接触器的辅助触头作为开关量信号，输入 DDC 监测冷水机组的运行状态，而主电路中热继电器的辅助触头信号作为冷水机组过载停机报警信号。

冷水机组起动顺序为：冷却塔风机、电动阀→冷却水电动阀→冷却水泵→冷冻水电动阀→冷冻水泵→冷水机组。

冷水机组停止顺序为：冷水机组→冷冻水泵→冷冻水电动阀→冷却水泵→冷却水电动阀→冷却塔风机、电动阀。

（2）冷冻水供/回水温度监测 通过供水总管上的温度传感器 T_1 检测冷冻水供水温度，检测的信号送入 DDC 中，通过回水总管上的温度传感器 T_2 检测冷冻水回水温度，检测的信号也一并送入 DDC 中。

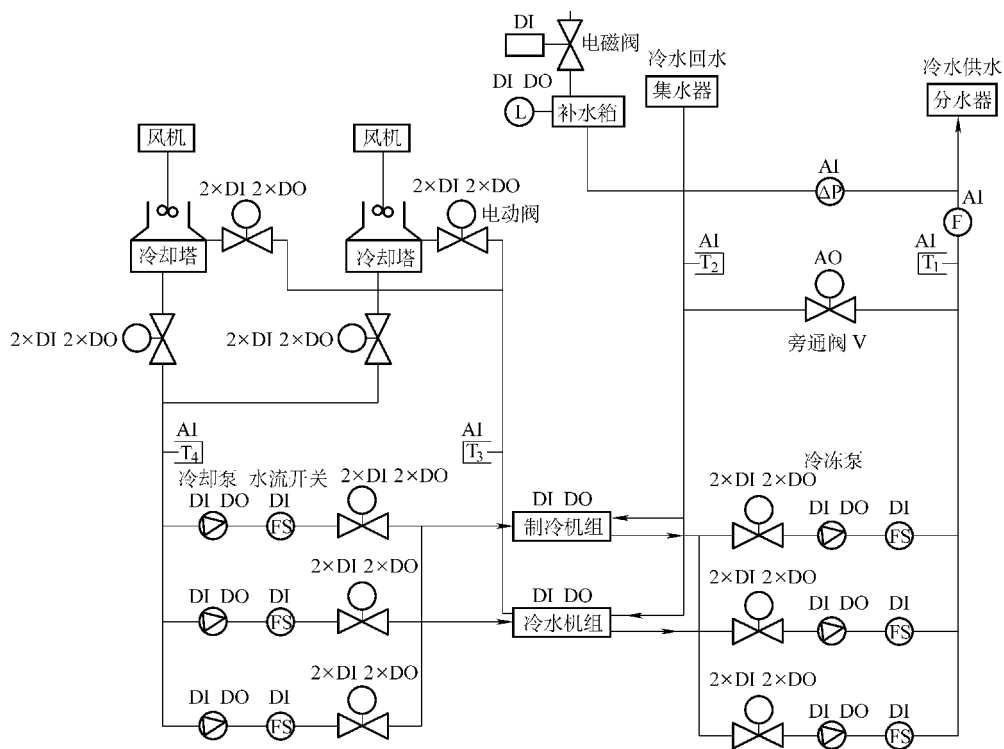


图 3-8 制冷系统监控原理图

DI—数字输入量 DO—数字输出量 AI—模拟输入量

AO—模拟输出量 $T_1 \sim T_4$ —温度传感器 ΔP —压差传感器

F—流量传感器 L—液位传感器 V—旁通阀 FS—水流开关

(3) 冷冻水供水的水流量监控 通过供水总管上的流量传感器 F 检测冷冻水流量，送入 DDC 中。

(4) 冷水机组运行时间和起动次数记录、运行台数控制 为了延长机组设备的使用寿命，需要记录各机组设备的运行累计小时数及起动次数，通常要求各机组设备的运行累计小时数及起动次数尽可能相同。因此，每次开始起动机组设备时，都应优先起动累计运行小时数最少的设备（除特殊设计要求，例如某台冷水机组是专为低负荷节能运行而设置的外）。

为使设备容量与变化的负荷相匹配以节约能源，将通过供水总管上的温度传感器 T_1 检测冷冻水供水温度、通过回水管总管上的温度传感器 T_2 检测冷冻水回水温度，以及供水总管上的流量传感器 F 检测冷冻水流量的三种信号送入 DDC 中，计算出实际的空调冷负荷，再根据实际冷负荷及压差旁通阀 V 的开度自动调整冷水机组投入台数与相应的循环水泵投入台数。

(5) 压差旁通控制 由压差传感器 ΔP 检测冷冻水供水管网中分水器与回水管网中集水器之间的压差, 送入 DDC 中, 与压差预先设定值比较后, DDC 送出相应信号, 控制位于供水管网中分水器与回水管网中集水器之间的旁通管上电动调节阀的开度, 实现供水与回水之间的旁通, 并且基本保持冷冻水泵及冷水机组的水量不变, 从而保证了冷水机组的正常工作。注意设置压差传感器时, 其两端接管应尽可能靠近旁通阀两端, 并设于供回水系统中压力较稳定的地点, 以减少水流量的波动, 提高系统控制精度。

(6) 水流检测/水泵控制 冷冻水泵、冷却水泵起动后, 通过水流开关 FS 检测水流状态, 其信号送入 DDC 中, 根据水流状态由 DDC 发出信号, 通过电动阀调节水流。如果流量太小, 甚至断流, 把信号送入 DDC 中, 则系统自动报警, DDC 送出信号自动停止相应的制冷机组运行; 如果某一台水泵出现故障, 其信号送入 DDC 中, DDC 发出信号控制备用水泵自动投入运行。

(7) 冷却水温度监测 利用温度传感器 T_4 检测冷却塔出水温度, 检测信号送入 DDC 中, 实时控制冷却塔风机的起停台数。

(8) 工作状态、报警显示与打印功能 包括工作参数、设备状态及报警显示, 如冷水机组起/停状态、故障显示, 冷冻水供/回水温度监测, 冷却水供水温度监测, 冷冻水流量, 冷负荷, 冷冻水泵与冷却水泵起/停状态、故障显示, 冷却塔风机起/停状态、故障显示等信息分别送入 DDC 中, 并与监控中心进行信息交换。

(9) 水箱补水控制 通过液位传感器 L 检测水箱水位, DDC 根据水位信号, 控制进水电磁阀的启闭, 以维持水位在允许范围内, 水位越限时, 则发出报警信号。

(10) 机组运行时间自动累计、用电量自动累计 这些为收费和管理提供依据, 实现自动监测、控制和节能。

3. 制冷系统的能量调节与控制

冷源及水系统的能耗主要由冷冻机主机电耗及冷冻水、冷却水及各循环水泵、冷却塔风机电耗构成。制冷系统采用计算机控制时, 应在保证系统正常运行的基础上, 充分利用计算机系统强大的数据处理与分析功能, 合理调节冷冻机运行状态, 提高机组的 COP 值, 降低冷冻水循环泵、冷却水循环泵及冷却塔风机电耗, 以达到节能的目的。当冷冻水末端用户采用变水量调节时, 冷冻水循环泵 (或二级系统中的加压泵) 必须提供足够的循环水量, 并满足用户对循环水压降的要求。可能的节能途径是减少各用户冷冻水调节阀的节流损失, 并尽可能使循环水泵在效率最高点运行。这样, 冷源及水系统的节能控制就主要通过如下三个途径完成:

1) 在冷水用户允许的前提下, 尽可能提高冷冻机出口水温, 以提高冷冻机的 COP 值; 当采用二级泵系统时, 调节冷冻水泵的转速或减少冷冻水加压泵的运行台数, 以减少水泵的耗电。

2) 根据冷负荷状态, 恰当地确定冷冻机的运行台数, 减少无效的能量消耗。

3) 在冷冻机运行所允许的条件下, 尽可能降低冷却水温度, 同时又不增加冷却泵和冷却塔的运行耗电。

3.2.3 供热系统的监控

供热系统的功能有两个方面: 一是为大厦的用户提供日常的生活用热水, 另一是在天气较冷时, 为空调系统的供暖提供热源。

供热系统中应用最广泛的是锅炉供热系统。锅炉分热水锅炉和蒸汽锅炉, 热交换系统是以热交换器为主要设备, 而这种热媒, 通常是由自备锅炉房或市热力网提供的。

1. 供热系统的工作原理

以燃气锅炉为例, 供热系统的基本工作原理是: 采用燃气锅炉将经过软化、除氧等措施处理的自来水加热生成水蒸气, 然后通过汽水热交换器将水蒸气的热量传递给热水, 最后将产生的热水经分水器供给用户或者空调机组使用。系统可以通过对循环泵的自动调节, 配合电动二通阀的调节来控制热水供应的温度和压力, 并在此基础上实现节能。在通常情况下, 生活用热水系统和空调用热水系统的汽水热交换器是分开使用的, 两者相互独立。

对于供热系统中的锅炉, 其控制功能一般自成体系。受到众多因素的限制, 建筑设备自动化系统通常只是通过通信网关等设备对锅炉的运行状态和有关参数进行二次监视和管理, 出现故障时, 产生报警信号, 并不直接参与控制。对于供热系统中的汽水热交换器, 有时采取自力方式对蒸汽阀门进行自动调节, 此时建筑设备自动化系统也不参与相关的控制。

2. 供热系统各部分的监控

供热系统主要包括热水锅炉房、换热站及供热网, 下面重点对热水锅炉房和换热站的监控原理进行详细介绍。

(1) 供热锅炉系统的监控原理 供热锅炉房的监控对象可分为燃烧系统及水系统两部分, 采用直接数字控制器 (DDC) 进行监控, 并把数据实时地送入中央监控站, 根据供热的实际状况, 控制锅炉及循环泵的使用台数, 设定供水温度及循环流量。

1) 锅炉燃烧系统: 锅炉采用的燃料通常分为燃油、燃气和燃煤几种类型, 而燃油、燃气和燃煤锅炉的燃烧过程不同, 所以监控过程也不同。燃油与燃气锅炉称为室燃烧, 是燃料随空气流喷入炉室中混合后燃烧的炉子; 而燃煤锅炉为层燃烧, 燃料被层铺在炉排上进行燃烧。由于室燃烧的炉污染小、效率高, 且易于实现燃烧调节机械化与自动化, 因此目前民用建筑已逐步开始采用燃气、燃油锅炉。

在燃气、燃油锅炉燃烧系统中, 为保证燃气、燃油锅炉的安全运行, 必须设

置油压、气压上下限控制以及越限自动报警装置。此外，还应设置熄火保护装置，用于检测火焰是否持续存在。当火焰持续存在时，则熄火保护装置允许燃料连续供应；当火焰熄灭时，熄火保护装置及时报警，并自动切断燃料。为保证燃烧的经济、可靠，还要设置空气燃料比的控制，并实时监测加热温度、炉膛压力等参数。

燃煤锅炉燃烧系统的主要任务是：控制风煤比和监测烟气中的含氧量，以保证产热与外界负荷相匹配。具体而言，监控内容主要包括：

① 监测温度信号：包括排烟温度，炉膛出口、省煤器及空气预热器出口温度，供水温度等。

② 监测压力信号：包括炉膛、省煤器、空气预热器、除尘器出口烟气压力，一次风、二次风压力，空气预热器前后压差等。

③ 监测排烟含氧量信号：通过监测烟气中含氧量，反映空气过剩情况，提高燃烧效率。

④ 控制送煤调节机构的速度或位置，以达到控制送煤量的目的。

⑤ 控制送风量，以达到控制风煤比，使燃烧系统保持在最佳状态，燃料充分燃烧，并节约能源。

⑥ 自动保护与报警，例如蒸汽超压的保护与报警。

2) 锅炉水系统：锅炉水系统监控的主要任务有以下几个方面：

① 系统的安全性：主要保证主循环泵的正常工作及补水泵的及时补水，使锅炉中的循环水不致中断，也不会由于欠压缺水而放空。

② 计量和统计：测定供回水温度、循环水量和补水流量，从而获得实际供热量和累计补水量等统计信息。

③ 运行工况调整：根据要求改变循环泵运行台数或改变循环水泵转速，调整循环流量，以适应供暖负荷的变化，节省电能。

图 3-9 所示为 2 台热水锅炉和 3 台循环水泵组成的锅炉房水系统监控原理图，图中温度传感器 T_1 、 T_2 用来测量热水出口温度， P_3 、 P_4 是安装于锅炉入口调节阀后的压力传感器，它们与锅炉出口压力传感器 P_1 测量值的差，间接反映了两台锅炉间的流量比例，流量通过调节阀 V_1 、 V_2 进行调节；温度传感器 T_3 、 T_4 、 T_5 和流量传感器 F_1 构成对热量的测量系统；压力传感器 P_1 、 P_2 则用于测量网络的供回水压力；补水泵与压力传感器 P_2 、流量传感器 F_2 及旁通调节阀 V_3 构成补水定压调节系统。

(2) 热交换系统 热交换系统是以热交换器为主要设备，通过监测水力工况，以保证要求的供热水参数，实现热水系统的正常循环。图 3-10 所示为采用直接数字控制器（DDC）控制的热交换系统监控原理图。

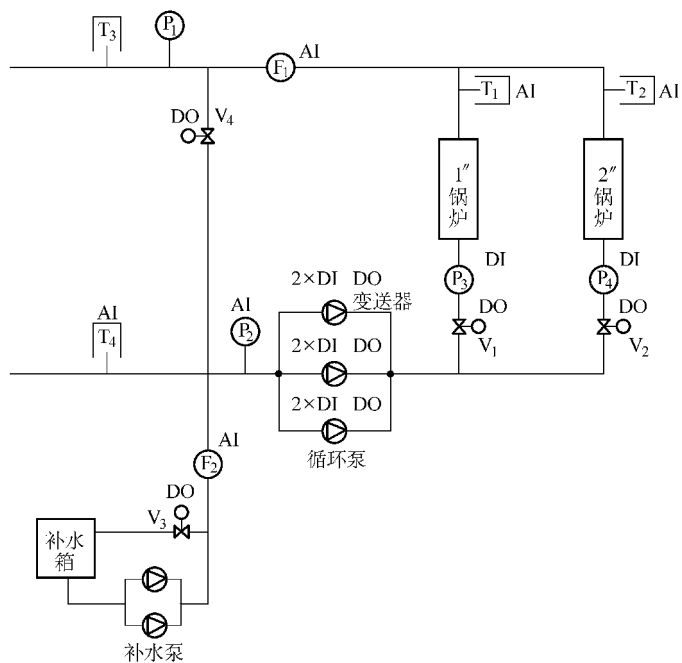


图 3-9 锅炉房水系统监控原理图

注：P₁ ~ P₄ 为压力传感器，其余符号说明同图 3-8。

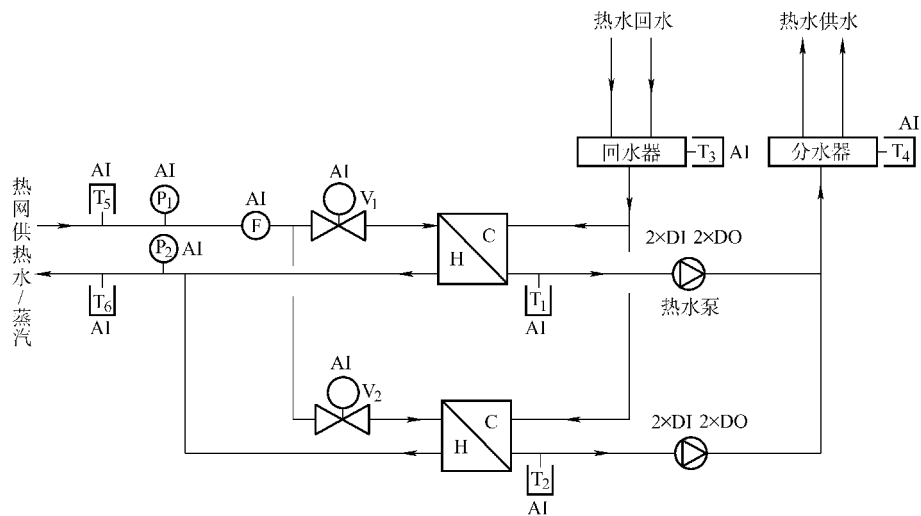


图 3-10 热交换系统监控原理图

注：P₁、P₂ 为压力传感器，其余符号说明同图 3-8。

流量传感器 F 与温度传感器 T_5 、 T_6 构成热量计量系统，DDC 通过测量这三个参数的瞬时值，可以得到每个时刻从供热网输入的热量，再通过软件的累加计算，即可得到每日的总热量及每季度总耗热量。

压力传感器 P_1 、 P_2 用来监测外网压力状况，及时把信号送入到 DDC 中。

由温度传感器 T_1 、 T_2 监测二次热水出口温度，送入 DDC 中，并与设定值比较得到偏差，按 PI 控制规律进行调节，DDC 再输出相应信号，去控制热交换器上一次热水/蒸汽电动调节阀 V_1 、 V_2 的开度，调节一次热水/蒸汽流量，使二次热水出口温度控制在设定范围内，从而保证空调系统采暖温度。

热水泵的起/停由 DDC 发出的信号进行控制，并随时监测其运行状态及故障情况，监测信号实时地送入 DDC 中，当热水泵停止运行时，一次侧热水/蒸汽电动调节阀自动完全关闭。

3.3 给排水监控系统

给排水监控系统的功能是通过计算机控制，及时地调整系统中泵房的最佳运行，保证供水质量，节约能源，达到供水量和需水量、来水量和排水量之间的平衡，实现管网的科学管理。

给排水系统包括给水和排水两个子系统。其中，给水系统主要由生活供水系统和消防供水系统两部分组成，主要功能是切实保障大厦用户的生活用水和消防用水，并在此前提下避开大厦的用电高峰，提高生活水泵的供水效率。排水系统主要是指污水处理系统，主要功能是监测污水池的水位，控制污水泵的起停，从而确保污水不会溢出而影响大厦用户的正常生活和工作。

给排水系统的监控对象主要是建筑内水池、水箱的水位和各类水泵的工作状态，例如水泵的起停状态，水泵故障报警以及水箱高低水位的报警等。

3.3.1 给水系统的监控

1. 系统构成

建筑内部的给水系统通常由下列几部分组成：

(1) 引入管 对于一幢单独建筑物而言，引入管是室外给水管网与室内管网之间的联络管段，也称为进户管，而对于一个工厂、一个建筑群体、一个学校，引入管则通常指总进水管。

(2) 水表节点 水表节点是指引入管上装设的水表及其前后设置的阀门、泄水装置等的总称。闸门用以关闭管网，以便修理和拆换水表；泄水装置用以检修时放空管网、检测水表准确度及测定进户点的压力值。

(3) 管道系统 管道系统是指建筑内部给水系统的水平或垂直干管、立管、横支管等。

(4) 给水附件 给水附件指管路上的闸阀、止回阀等各式阀类及各式配水龙头

头、仪表等。

(5) 升压和贮水设备 在室外给水管网压力不足或建筑内部对安全供水、水压稳定有要求时,需设置各种附属设备,如水箱、水泵、气压装置、水池等升压和贮水设备。

(6) 室内消防设备 按照建筑物的防火要求及规定需要设置消防给水时,一般应设消火栓等消防设备。有特殊要求时,另专门设置自动喷水灭火或水幕灭火设备等。

2. 压力需求

建筑内部给水系统的压力,必须能将需要的水量输送到建筑物内最不利点的用水设备处,并保证有足够的水流出。

对于住宅的生活给水,在未进行精确的计算之前,为了选择给水方式,可按建筑物层数粗略估计自室外地面算起所需的最小保证压力值。一般一层建筑物为100kPa,二层建筑物为120kPa,三层及三层以上的建筑物,每增加一层增加40kPa。对于引入管或室内管道较长或层高超过3.5m时,上述值应适当增加。

为了节省电能,应充分利用室外管网的水压,在最低区可直接采用城市管网供水,并将大用水户如洗衣房、餐厅、理发室、浴室等布置在低区,以便由城市管网直接供水。

高层建筑的高度高,一般城市管网中的水压力不能满足用水要求,除了最下几层可由城市管网供水外,其余上部各层均需提升水压供水。由于供水的高度增高,如果采用统一供水系统,显然下部低层的水压将过大,过高的水压对使用、材料、设备、维修管理均将不利,为此必须进行合理竖向分区供水。分区的层数或高度,应根据建筑物的性质、使用要求、管道材料、设备的性能、维修管理等条件,结合建筑层数划分。在进行竖向分区时,应考虑低处卫生器具及给水配件处的静水压力。在住宅、旅馆、医院等居住性建筑中,供水压力一般为300~350kPa;在办公楼等公共建筑可以稍高些,可用350~450kPa的压力为宜,最大静水压力不得大于600kPa。

3. 给水方式

(1) 直接给水方式 建筑内部给水系统直接在室外管网压力作用下工作,这是最简单的给水方式。当室外给水管网的水量、水压在一天内任何时间均能满足建筑内部用水需要时,采用此种方式。

(2) 水泵和水箱的联合给水方式 当室外给水管网中压力低于或周期性低于建筑内部给水管网所需水压,而且建筑内部用水量又很不均匀时,宜采用设置水泵和水箱的联合给水方式。

这种给水方式由于水泵可及时向水箱充水,使水箱容积大为减小,又因水箱的调节作用,水泵出水量稳定,可以使水泵在高效率下工作。如果对水箱采用水位监

测装置，还可使水泵启闭自动化。这种方式技术合理、供水可靠，虽然设备费用较高，但其长期效果经济可行。

(3) 无水箱的水泵直接给水方式 给水系统设水箱的优点是预存一定水量，供水直接可靠，尤其对消防系统是必要的。但水箱重量很重，增加建筑物的负荷，占用建筑物面积，且存在水源受二次污染的危险等诸多缺点，因此出现了无水箱的水泵直接供水系统。

水泵直接供水，最简便方法可以采用调速水泵供水系统，有时可采用自动控制的多台水泵并联运行。根据水泵的出水量与转速成正比关系的特性，调整水泵的转速，以满足用水量的变化，同时也可节省动力。

无水箱的水泵直接给水系统，最好是用于水量变化不太大的建筑物中，因为水泵必须长时间不停地运行。由于水泵机组投资较高，需要进行技术经济比较后确定。

(4) 分区供水的给水方式 在层数较多的建筑物中，室外给水管网水压往往只能供到建筑物下面几层，而不能供到建筑物上层时，为了充分有效地利用室外管网的水压，常将建筑物给水系统分成上下两个供水区。下区直接在城市管网压力下工作，上区则由水泵水箱联合供水（水泵水箱按上区需要考虑）。两区间可由一根或两根立管连通，在分区处装设闸阀，必要时可使整个管网全由水箱供水或由室外管网直接向水箱充水。

(5) 环状给水方式 按照用户对供水可靠程度的要求不同，管网分为枝状式和环状式。一般建筑中，均采用枝状式；而在任何时间都不允许间断供水的大型公共建筑、高层建筑和某些生产车间则需采用环状式。

4. 给水系统的监控原理

给水系统的主要监控过程为：通过液位传感器测量蓄水池和水箱的水位高低，并根据水位对各级水泵进行相应的起停控制。当水位超过溢流水位时，系统产生高水位报警信号；当水位低于最低报警水位时，系统产生低水位报警信号。管理员可以根据这些报警信号，判断是否有设备产生了故障，从而对给水系统进行有效的维护和管理。系统还可以根据各水泵的运行情况决定是否启用备用泵，根据大厦的用电分配情况决定水泵的运行策略，以尽可能避开用电高峰，并实现节能。

给水系统的形式有多种，常用的主要有恒压（或变压）供水系统和采用高位水箱、低位水池给水系统。

(1) 恒压（或变压）供水系统的监控原理 恒压（或变压）供水系统应用变频装置改变水泵电动机转速，以适应用水量变化。供水系统由水泵和低处蓄水池（地下室）及管网构成。由于近几年来，计算机控制与电子技术的飞速发展，变频装置的成本降低和性能越来越好，因此变频调速装置在工业与民用供水系统中得到了越来越广泛的应用。它的特点是供需水量相匹配，节约能源，节省设备（不设

高位水箱) 和建筑面积。但这种供水系统要求供电系统可靠, 否则由于没有蓄水设备, 停电即停水。图 3-11 所示为典型的恒压给水系统监控原理图。

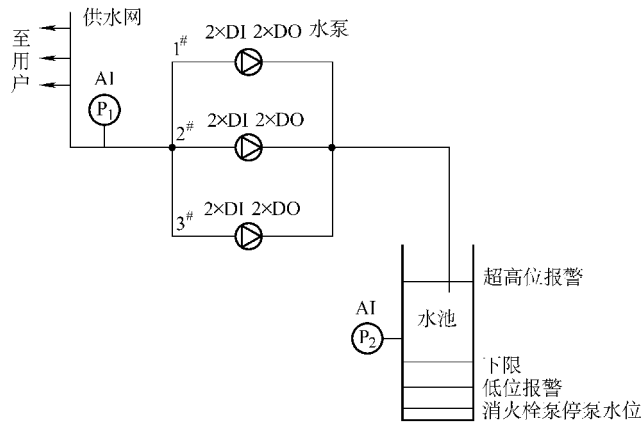


图 3-11 生活恒压给水系统监控原理图

注: P_1 、 P_2 为压力传感器, 其余符号说明同图 3-8。

1) 水泵起/停自动监控 控制器采用直接数字控制器 (DDC), 在水泵机组出口处设置压力传感器 P_1 , 可以监测控制点的压力变化, 即供水流量的变化, 依靠变频器变频改变水泵电动机转速, 从而控制水流 (水压) 的大小, 维持系统恒压供水。其具体工作过程如下:

启动: 水泵启动前, 供水管网压力最低, 通过压力传感器 P_1 把信号送到 DDC 中, 然后 DDC 送出信号给变频器, 变频器调频使 1# 水泵电动机的输入频率和电压由低向高逐渐上升, 1# 水泵电动机启动, 而且转速随之增加, 当频率上升到供水管网内设定的供水压力和流量要求的相应频率 (设定值可改变), 并且随着监控点压力的变化, 即水流量的变化, 而改变频率, 调整 1# 水泵的电动机转速, 使供水达到连续恒压。如果这时用户的用水量继续增加, 1# 泵的频率一直上升到工频, 转速达到最高, 若仍然不能满足用户的需水量, 即压力传感器 P_1 检测的压力送入 DDC 后, 仍达不到设定值, 则 DDC 发出信号给 1# 泵, 使 1# 泵自动切换到工频状态下运行, 同时给变频器发出信号, 控制 2# 泵变频启动, 启动过程同 1# 泵。如果此时供水网压力仍然达不到设定值, 则 2# 泵也自动切换到工频状态下运行, 同时由 DDC 发出指令启动 3# 泵。

停泵: 如果用水量减少, 3# 泵的频率逐渐降低至最低限 (3# 泵无水量输出), 监控点压力仍大于设定值, 则 DDC 发出信号给 1# 泵, 使 1# 泵停止运行, 3# 泵立即恢复, 按供水网流量 (压力) 所对应的频率运行。如果此时用水量继续减少, 3# 泵的频率逐渐降低至最低限, 且 DDC 发出信号给 2# 泵, 使 2# 泵停止运行, 3# 泵又立即响应供水系统压力 (流量) 所对应的频率变频调速运行, 适应供水管网压力

的变化。三台水泵起动顺序是轮流交替的，使水泵损耗均衡。

2) 自动监测及报警 在水池处可设置液位传感器或压力传感器（例如压力传感器 P_2 ），检测水池水面位置。当水池水位达到最高限时（即溢流水位），传感器 P_2 向 DDC 发出信号，系统自动报警；当水池水位下降至下限（停泵水位）时，传感器 P_2 向 DDC 送出信号，DDC 给水泵机组输送信号，使水泵自动停机；当水位低于所设的低位报警水位时，系统报警，但此时水池通常仍有水。这部分水供消防栓用水，当水位低于所设消防栓停泵水位时，消防栓水泵受 DDC 控制自动停止运行。这种压力传感器可以通过压力连续检测水池水位，并把信号送入 DDC 中，而停泵和报警水位的设定是可改变的。例如：某智能大厦，地下水池 5m 深设定超高位报警水位 4.5m，停泵水位 2.5m，低位报警水位 2m，消防栓泵停泵水位 0.5m。当压力传感器检测到压力所对应的水位，则系统按其功能自动控制水泵停机或报警。

图 3-12 所示为高层建筑恒压给水监控系统原理图。高层建筑由于楼层高，设置两种扬程的水泵。高区水泵扬程高，能保证高区水压达到供水要求。低区水泵扬程低，若高、低区都用高扬程水泵，则浪费设备，又增加管网的压力，容易损坏管网设备。图 3-13 所示的监控原理与图 3-12 所示的系统监控原理相似，这里不再详述。

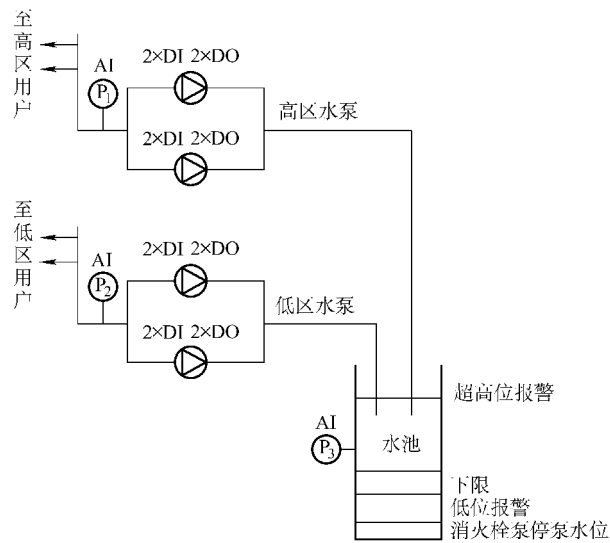


图 3-12 高层建筑恒压给水监控系统原理图

注： $P_1 \sim P_3$ 为压力传感器，其余符号说明同图 3-8。

(2) 高位水箱、低位水池给水监控系统原理 高位水箱、低位水池给水系统中，在屋顶设高位水箱，在低处（地下室）设低位水池，中间设置水泵，如图

3-13所示。

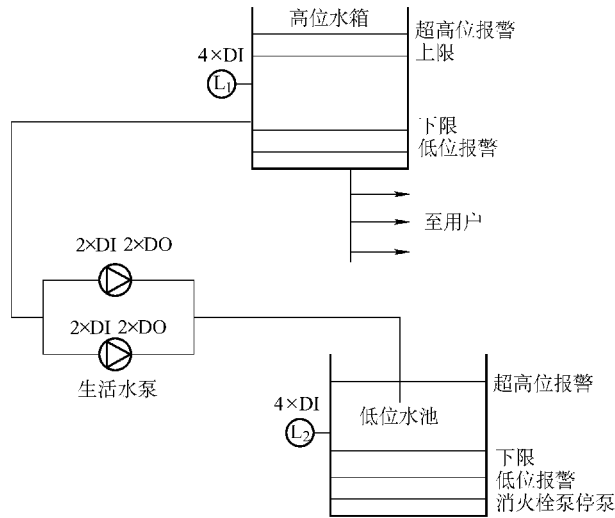


图 3-13 高位水箱、低位水池给水监控系统原理图

注：符号说明同图 3-8。

1) 水泵起/停：当高位水箱水位低于下限水位时，液位传感器 L₁ 把信号送入现场 DDC 中，然后 DDC 输出信号，自动起动水泵。当高位水箱水位高于上限水位时，液位传感器 L₁ 把信号送入 DDC，然后 DDC 发出信号，自动停止水泵，或者当低位水池水位低于下限水位，液位传感器 L₂ 把信号送入 DDC 中，DDC 输出信号，水泵也自动停止。水泵为一用一备，当一台水泵出现故障时，信号送入 DDC 中，系统自动报警，且另一台水泵接收 DDC 指令，自动投入运行，并且自动显示起/停状态，累计水泵运行时间及用电量。

2) 自动监测及报警：当高位水箱或低位水池水面高于超高位时，液位传感器 L₁、L₂ 把信号送入 DDC 中，并自动报警。当高位水箱或低位水池水位低于报警水位时，信号送入 DDC 中，并自动报警。当发生火灾时，低位水池水位低于消防栓泵停泵水位，则信号送入 DDC 中，DDC 输出信号自动控制消防栓泵停止运行。

5. 给水系统的节能运行

水泵是给水排水工程中一个重要组成部分，起到提升水位、输送和调节水量的作用，被称为给水排水工程的“心脏”。水泵站的全部投资在整个工程的投资中所占比例很小，而泵站的运行费用所占比例则很大，因此泵站的设计与控制是给水系统节能运行的首要问题。

提高泵站效率的关键在于合理地选择水泵，水泵的性能和数量不但决定了泵站动力费用的大小，还影响泵站的造价以及运行管理和维修工作，因此必须慎重考

考虑。水泵种类很多，给水系统中应用最广泛的是离心泵。因为离心泵结构简单、体形轻便、效率较高、价格低、流量和扬程在一定范围内可以调节，所以非常适用于水泵站。

选用水泵要根据设计流量、扬程及管网的水力计算和用水量曲线来确定，图 3-14 所示为泵的通用性能曲线。

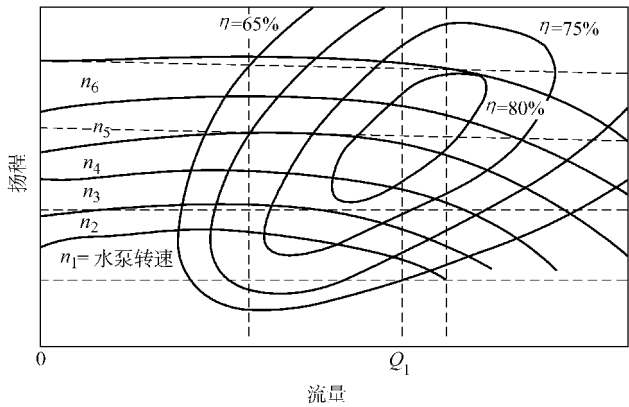


图 3-14 泵的通用性能曲线

由图 3-14 可知，当泵的转速一定时（假设为 n_1 ），泵的扬程 H 在流量小的区域内是随着流量的增加而增加的，但当超过一定的区域后，反而会随着流量的增加而急剧下降。泵的效率变化呈马蹄形，先是随着流量的增加而增加，到达最高点之后又会下降。当泵的转速改变时，泵的扬程随转速的增减而增减。围绕高效率区呈现一个近似斜方形的面积，表示水泵在某些转速下可以以较高的效率运行，如图所示 $n_3 \sim n_6$ ，流量在 Q_1 附近的区域即为高效运行区。

水泵一般都安装在管路上，水泵自吸水池，经吸入管路将水吸入，又经压出管路送往排水池，水在管路中流动，当管路一定时，管路阻力与流量的二次方成正比。单位时间内由泵排出的水体积，也就是同一时间内在管路中流动的水体积，即流量是一致的。在此流量的情况下，单位质量水在泵中获得的能量，也正是这个质量的水流经管路时所需要的能量。图 3-15 所示为泵在此管路系统中运转的工况，它是按同一比例将泵的转速曲线 $H-Q$ 与管路装置的特性曲线绘在同一坐标图上得到的，这两条曲线的交点，

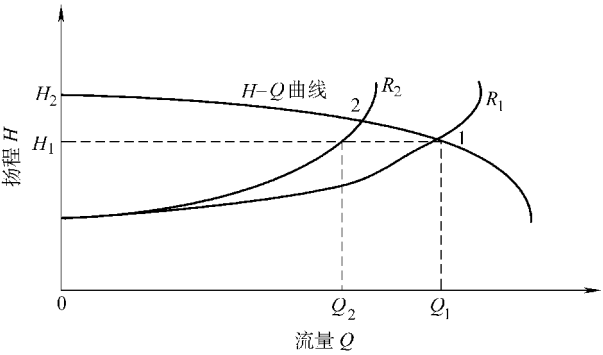


图 3-15 管路特性调节曲线

即为泵在此管路系统中的工况点，可以反映出泵的流量、扬程、功率、效率等情况。

水泵的节能运行是通过合理的调节工况，使泵运行在最佳工况区域而实现的，目前可以得出改变工况点的办法有以下三种。

1) 保持泵的性能曲线不变，只改变管路特性曲线，通常由管路中的闸阀来调节。当将闸阀关小，则管路特性曲线变陡，图 3-15 中的工况点由 R_1 改变为 R_2 时，流量由 Q_1 改变为 Q_2 ，扬程曲线 H_1 改变为 H_2 。反之，当闸阀的开度加大，管路特性曲线变为较平坦。

2) 管路特性曲线不变，只改变泵的性能曲线，通常通过改变泵的转速来调节。由图 3-16 所示的泵的调速运行曲线可知，当转速从 n_2 变到 n_6 时，工况点从 A 变到 E，其中 B、C 两点工况为最佳工况（效率最高）。

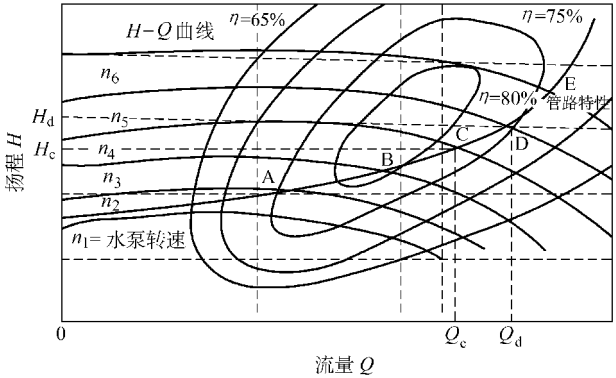


图 3-16 泵的调速运行曲线

这种调节办法用变频器加三相交流电动机作动力，比用闸阀调节更为经济，控制简便，容易实现最佳工况运行。

3) 同时改变泵的性能曲线与管路特性曲线，即同时调节泵的转速和管路上的闸阀。

目前最实用的方法是用交流调速装置作为泵的动力，根据水泵的出水量与转速成正比关系的特性，调整水泵的转速而满足用水量的变化，同时也可节省动力。水泵调速可有下列几种方法：

1) 采用水泵电动机可调速的联轴器（力矩耦合器）：联轴器类似于汽车的变速器。电动机的转速不可调，在用水量变化时，通过调节可调速的水泵电动机的联轴器，改变水泵的转速，以达到调节水量的目的。

2) 采用由变频器控制的调速电动机：由用水量的变化而控制电动机的转速，从而使水泵的水量得到调节。这种方法设备简单、运行方便、节省动力，国内已有

使用，效果很好。

此外，近年来，国外研究一种自动控制水泵叶片角度的水泵，即随着水量的变化控制叶片角度的改变来调节水泵的出水量，以满足用水量的需要。这种供水系统设备简单、使用方便，是一种有前途的新型水泵给水系统。

智能建筑的给水系统如何规划与设计，应根据使用要求、用水量的大小、建筑物结构情况以及材料设备供应等具体条件全面考虑。在水安全可靠的前提下，考虑技术上先进，经济上合理的给水系统。

3.3.2 排水系统的监控

1. 系统组成

建筑内部的排水系统通常由下列几部分组成：

(1) 卫生器具或生产设备受水器

(2) 排水管系 排水管系由器具排水管（连接卫生器具和横支管之间的一段短管，除坐便器外，其间包括存水弯）、有一定坡度的横支管、立管、埋设在室内地下的总干管和排出到室外的排出管等组成。

(3) 通气管系 通气管系有三个作用：一是向排水管系补给空气，使水流畅通，更重要的是减少排水管道内气压变化幅度，防止卫生器具水封破坏；二是使室内外排水管道中散发的臭气和有害气体能排到大气中；三是使管道内经常有新鲜空气流通，可减轻管道内废气对管道的锈蚀。

(4) 清通设备 清通设备一般包括检查口、清扫口、检查井以及带有清通门（盖板）的90°弯头或三通接头等设备，以作为疏通排水管道之用。

(5) 抽升设备 民用建筑的地下室、人防建筑、高层建筑的地下室、某些工业企业车间地下或半地下室、地下铁道等地下建筑内的污、废水不能自流排至室外时，必须设置污水抽升设备。

(6) 室外排水管道 自排出管接出的第一检查井后，至城市下水道或工业企业排水主干管间的排水管段，即为室外排水管道，其任务是将建筑内部的污、废水排送到市政或工厂的排水管道中去。

(7) 污水局部处理设备 当建筑内部污水未经处理不允许直接排入城市下水道或污染水体时，必须设置予以污水局部处理的设备。

2. 排水系统的监控原理

生活排水系统分集水坑排水系统和污水池排水系统，其监控原理相同。现以集水坑排水系统为例介绍排水系统监控原理。

生活排水系统的主要功能是监测集水坑的水位，控制排水泵的起停，从而确保生活排水不会溢出而影响大厦用户的正常生活和工作。当集水坑中的水位超过报警水位时，系统将自动报警，同时起动排水泵排水。系统可以根据集水坑中的起泵水

位和停泵水位来控制排水泵的起停。当排水泵出现故障时，备用排水泵自动投入运行，并发出故障报警信号。图 3-17 所示为采用一用一备排水泵的排水监控系统原理图。

(1) 起停控制 集水坑有三种液位，液位由液位传感器 L 把信息传递给直接数字控制器（DDC），实现排水自动控制。当集水坑中水位超过起泵水位时，液位传感器 L 把信号送给 DDC，DDC 再把起泵信号送给工作泵，工作泵起动，实现排水功能；当集水坑中水位低于停泵水位时，液位传感器 L 把信号送给 DDC，DDC 把信号送至工作泵，工作泵立即自动停止运行，排水过程结束。当集水坑中液位超过报警水位时，L 把信息送至 DDC，DDC 再把信号送给备用泵，备用泵则立即自动起动。

(2) 检测与报警 当集水坑中液位超过报警水位，L 把信号送给 DDC，系统自动报警，当水泵出现故障时，信号送给 DDC，系统自动报警。水泵运行时间、用电量自动累计。

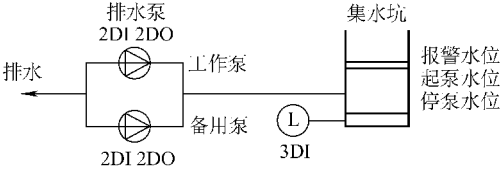


图 3-17 排水监控系统原理图

3.4 供配电监控系统

智能建筑通常是高层建筑，与一般多层建筑相比，智能建筑具有用电设备种类多、耗电量大、用电负荷集中的特点，用电负荷有电气照明设备、电梯设备、给排水设备、冷热源设备、洗衣房设备、厨房设备、暖通空调设备、消防用电设备以及弱电设备等，因此建筑供配电系统的安全、可靠运行，对于保证大楼内人身和设备财产安全、保证智能建筑各子系统的正常运行，具有极为重要的意义。

3.4.1 电力网、电压等级和负荷分类

一切用电的部门，如果没有自备发电机，则都是由电力系统供电的，智能建筑也不例外。电能是由发电厂生产的，发电厂又多建在一次能源所在地，可能距离城市及工业企业很远，而电能用户又大都集中在城市或工业中心，所以必须建设升压变电所和架设高压输电线路，将电能高压输送到用户中心，然后又经过降压变电所降压，通过配电线路再送给各类电能用户。由发电厂、电力网（输电、变电、配电）和用户组成的统一整体称为电力系统，其目的是把发电厂的电力供给用户使用，因此电力系统又常称为输配电系统或供电系统。

1. 电力网

输、配电线路和变电所是连接发电厂和用户的中间环节，是电力系统的一部分，称为电力网。电力网常分为输电网和配电网两大部分。

由 35kV 及以上的输电线路和与其相连接的变电所组成的网络称为输电网，输电网的作用是将电力输送到各个地区或直接送给大型用户。35kV 以下的直接供电给用户的线路称为配电网或配电线路。用户电压等级如果是 380/220V，则称为低压配电线路；把电压降为 380/220V 的用户变压器称为用户配电变压器。如果用户是高压电气设备，这时的供电线路称为高压配电线路；连接用户配电变压器及其前级变电所的线路也称为高压配电线路。

以上所指的低压，是指 1kV 以下的电压，1kV 及以上的电压称为高压。一般还把 3kV、6kV、10kV 等级的电压称为配电电压。把高压降为这些等级电压的降压变压器称为配电变压器；接在 35kV 及以上电压等级的变压器称为主变压器。因此，配电网是由 10kV 及以下的配电线路和配电变压器所组成的，它的作用是将电力分配到各类用户。

2. 电压等级

习惯上，电网或系统以电压等级来区分，例如说 10kV 电网或 10kV 系统，其意思是指相互连接的整个 10kV 电力线路。

电力网的电压等级是比较多的，不同的电压等级有不同的作用。目前，我国电力网的电压等级（kV）主要有 0.22、0.38、3、6、10、35、110、220，共 8 级。

从输电的角度看，电压越高，则输送的距离就越远，传输的容量也越大，电能的损耗就越小；但电压越高，要求绝缘水平也越高，因而造价也就越高。

3. 负荷等级

电力网上用电设备所消耗的功率称为用户的用电负荷或电力负荷。用户供电的可靠性程度用负荷等级来区分。它是由用电负荷的性质来决定的。由于智能建筑用电设备多、负荷大、对供电的可靠性要求高，因此应对负荷进行分析，合理、准确地划分负荷等级，以便组织供配电系统，使之既能做到供电合理，又不造成浪费或使初始投资增加。负荷等级划分的原则，主要是根据中断供电后在政治、经济上造成影响的程度而定。按照 JGJ16—2008《民用建筑电气设计规范》负荷等级划分为三类：一级负荷、二级负荷和三级负荷。

一级负荷是指：①中断供电将造成人员伤亡者；②中断供电将造成重大政治影响者；③中断供电将造成重大经济损失者；④中断供电将造成公共场所的秩序严重混乱者。

二级负荷是指：①中断供电将造成较大政治影响者；②中断供电将造成较大经济损失者；③中断供电将造成公共场所秩序混乱者。

三级负荷是指：凡不属于一级和二级的负荷。

目前智能建筑大部分为高层建筑，对于高层建筑中的消防设备，如消防水泵、消防电梯、应急照明等，按照 GB 50045—2001《高层民用建筑设计防火规范》的

规定，一类建筑为一级负荷，二类建筑为二类负荷。

通常，一类高层智能建筑中的消防控制室、消防水泵、消防电梯、防排烟设施、火灾自动报警及消防联动控制系统用电负荷，火灾应急照明和电动防火门窗、卷帘、阀门等消防用电负荷，电话机房、监控管理用计算机房用电负荷，重要机房的照明，重要办公用房的照明负荷等属于一级负荷；客梯、生活水泵等属于二级负荷；空调设备等属于三级负荷。

3.4.2 供配电系统的监控原理

供配电系统的监控对象为高压系统、低压系统、直流系统、变压器、备用发电机系统的有关设备的状态控制以及系统电流、电压、功率等某些参数，监测的信号由相应设备上的电压互感器、电流互感器、电能传感器、温度传感器及开关设备辅助触头上获得，经过变送器转换为统一的直流参量，再经过 A/D 转换送入现场监控器中。由监控站输出的控制信号一般送到相应的操作机构的线圈上，控制某些断路器或开关设备自动接通或分断。

对于一级负荷，为了保证供电可靠性，应至少有两个独立电源，具体数量应视负荷大小及当地电网条件而定。当一路电源停电或需要检修时，其他电源间联络开关自动闭合，由另一路电源给所有重要负荷提供电能，同时还要设置一台柴油发电机组，能够在 15s 内自行起动，供应事故照明、消防用电和其余重要负荷用电。

采用计算机监控系统就可实现变配电所无人值班，自动测量、监视、控制，并把测量的数据由计算机及时、准确地进行分析和处理，自动显示并打印。以计算机为核心的供配电系统是实现远距离测量、监视与控制综合自动化的系统，是为了减少值班人员劳动强度，减少维护工作量，提高供电安全、可靠性，合理调配负荷，实现优化运行、科学管理、有效节约电能。

1. 负荷分布及变压器的配置

高层建筑的用电负荷一般可分为空调、动力、电热、照明等类。对于全空调的各种商业性楼宇，空调负荷属于大宗用电，约占 40% ~ 50%。冷热源设备一般放在大楼的地下室、首层或下部。动力负荷主要是指电梯、水泵、排烟风机、洗衣机等设备，普通建筑的动力负荷都较小，随着建筑高度的增加，在超高层建筑中，由于电梯负荷和水泵容量的增大，动力负荷的比重将会明显地增加。动力负荷中的水泵、洗衣机等亦大部分放在下部，因此就负荷的竖向分布来说，负荷大部分集中在下部，因此将变压器设置在建筑物的底部是有利的。

但是，在 40 层以上的高层建筑中，电梯设备较多，此类负荷大部分集中于大楼的顶部。竖向中段层数较多，通常设有分区电梯和中间泵站。在这种情况下，宜将变压器按上、下层配置或者按上、中、下层分别配置。供电变压器的供

电范围大约为 15 ~ 20 层。例如纽约的世界贸易中心共有 110 层，变压器配置在第 7、41、75、108 层；日本的新信大厦共有 60 层，变压器配置在地下 4 层和地面 40 层；纽约的帝国大厦共有 102 层，变压器配置在地下 2 层、地面 41 层及 84 层。

为了减少变压器台数，单台变压器的容量一般都大于 1000kVA。由于变压器深入负荷中心而进入楼内，从防火要求考虑，不应采用一般的油浸式变压器和油断路器等在事故情况下能引起火灾的电气设备，而应采用干式变压器和真空断路器。

负荷中心是供配电设计中一个重要的概念。变电所应尽量设在负荷中心，以便于配电、节省导线，也有利于施工。负荷中心实际上是一种最佳配电点，它需要按所要达到的优化目标及不同的计算条件而列出的目标函数来确定。事实上，负荷的大小不是恒定不变的，因此负荷中心常会变动，在设计时也往往由于各种实际因素而不能将配电点布置在计算得到的负荷中心上。只有在负荷比较平稳的部门，才可将变电所设在负荷中心或大负荷的近旁。

2. 高压供电方式

智能建筑高压供电只是将高压电源移至大楼附近而已，大楼内的用电设备仍是以低压为主。智能建筑中的高压供电方式主要有以下几种：

- 1) 两路高压电源，一用一备用或互为备用；
- 2) 三路高压电源，两用一备用或互为备用；
- 3) 一路高压电源，一路低压备用电源，适用于一般高层住宅；
- 4) 一路高压电源，一路柴油发电机作为第二备用电源，第三路由不间断电源 (UPS) 作为第三电源，可用于保证计算机系统、消防通信系统、事故照明等重要一级负荷的供电可靠性；
- 5) 目前，我国南方推广采用环网供电，这种供电方案结构简单、投资少、可靠性高。

智能建筑由于功能上的需要，目前一般都采用双电源进线，即要求有两个独立电源，常用的高压供电方案如图 3-18 所示。

图 3-18a 所示为两路高压电源，正常时一用一备用，即当正常工作电源事故停电时，另一路备用电源自动投入。这个方案可以减少中间母线联络柜和一个电压互感器柜，对节省投资和减小高压配电室建筑面积均有利，这种接线要求两路都能保证 100% 的负荷用电。当清扫母线或母线故障时，将会造成全部停电。因此，这种接线方式常用在大楼负荷较小、供电可靠性要求相对较低的建筑中。

图 3-18b 所示为两路电源同时工作，当其中一路故障时，由母线联络开关对故障回路供电。该方案由于增加了母线联络柜和电压互感器柜，变电所的面积也就要

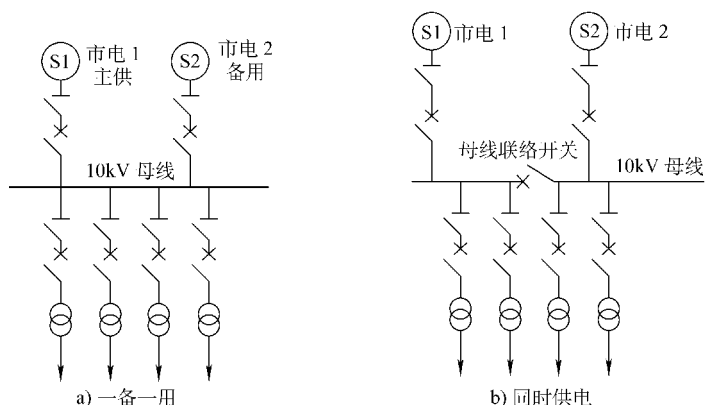


图 3-18 常用的高压供电方案

增大。这种接线方式是商用性楼宇、高级宾馆、大型办公楼宇常用的供电方案。当大楼的安装容量大、变压器台数多时，尤其适宜采用这种方案，因为它能保证较高的供电可靠性。

当变压器台数较少时，可从邻近楼宇高压配电室以放射式向该楼宇变压器供电。例如深圳熙龙大厦设有两台 800kVA 变压器，大厦不设 10kV 高压配电室，只在变压器室墙壁上装高压负荷开关，10kV 电源来自相距 50 余米的国际商业大厦的 10kV 高压配电室的两段母线。

电力的输送与分配，必须由母线、开关、配电线路、变压器等组成一定的供电电路，这个电路就是供电系统的一次接线，即主接线。我国目前最常用的主接线方案如图 3-19 所示。采用两路 10kV 独立电源，变压器低压侧采取单母线分段的方案，例如广州东方宾馆、白云宾馆均采用这种供电方案。

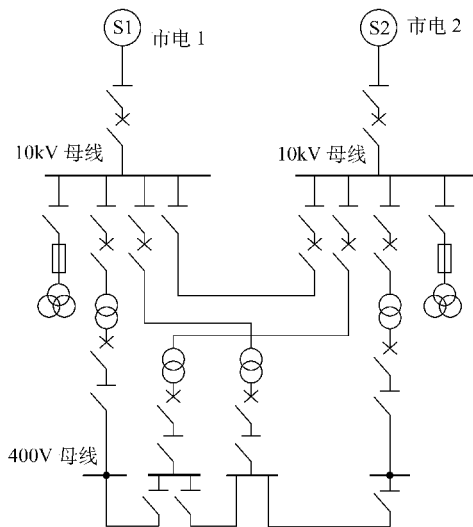


图 3-19 双电源主接线方案

对于规模较小的建筑，由于用电量不大，从当地获得两个电源又较困难，附近又有 400V 的备用电源时，可采用一路 10kV 电源作为主电源，400V 电源作为备用电源的高供低备主接线方案，如图 3-20 所示。

3. 低压配电方式

低压配电方式是指低压干线的配线方式。低压配出干线一般是指从变电所低压配电屏分路开关至各大型用电设备或楼层配电盘的线路；用电负荷分组配电系统是指负荷的分组组合系统。智能建筑由于负荷的种类较多，低压配电系统的组织是否得当，将直接影响大楼用电的安全运行和经济管理。

低压配电系统可分为放射式和树干式两类，大型的智能建筑多采用放射式和树干式相结合的混合式配电系统。图 3-21a ~ c 分别是放射式、树干式和混合式配电系统方案。

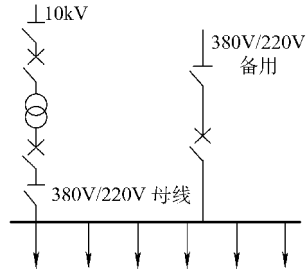


图 3-20 高供低备主接线方案

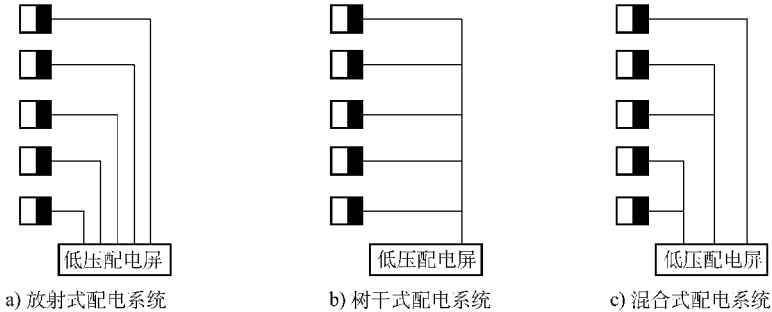


图 3-21 低压配电系统方案

放射式配电是一独立负荷或一集中负荷均由一单独的配电线路供电，可适用于供电可靠性高、单台设备容量较大或容量比较集中的低压配电场所。对于大型消防泵、生活水泵和中央空调的冷冻机组，一是供电可靠性要求高，二是单台机组容量较大，因此考虑以放射式专线供电。对于楼层用电量较大的大厦，有的也采用一回路供一层楼的放射式供电方案。

树干式配电是一独立负荷或一集中负荷按它所处的位置依次连接到某一条配电干线上。树干式配电所需配电设备及有色金属消耗量较少，系统灵活性好，但干线故障时影响范围大，一般适用于用电设备比较均匀、容量不大，又无特殊要求的场合。

在高层住宅中，住户配电箱多采用由小型单极塑料外壳断路器组装而成的组合配电箱。对一般照明及小容量插座采用树干式接线，即住户配电箱中每一分路断路器带几盏灯或几个小容量插座；而对电热水器、窗式空调器等大宗用电量的家电设备，则采用放射式供电。

4. 后备供电与应急供电

智能建筑中的用电负荷种类繁多，但并不是所有的用电负荷都必须在任何情况下保证供电，也就是说，可以把用电负荷分成保证负荷和非保证负荷。保证负荷包括一级负荷和那些在非消防停电时仍要求保证的负荷，其余则为非保证负荷或一般负荷。

根据电气设计规范，一级负荷要求由两路电源供电。二级负荷当条件许可时也宜由两路电源供电，特别是属于消防用的二级负荷，按规定也要求由两路电源供电。因此，智能建筑对供电的可靠性要求较高，一般都要求由两路电源供电。

目前我国城市电网的供电状况虽然较稳定，但对一个建筑物来讲，城市电网虽已提供两路电源，并且有时这两路电源来自不同的上一级变电站，但在实际运行中，当一路电源故障时，往往另一路也会出现故障，因为再上一级电源往往是同一电源。因此，为了确保智能化大楼供电的可靠、安全，设置自备发电机是十分必要的。国外的有些大楼由城市电网供应了三路、四路电源，但仍然设置自备发电机组。

(1) 自备发电机组容量的选择 对于自备发电机组容量的选择，目前尚无统一的计算公式，因此在实际工作中所采用的方法也各不相同。有的简单地按照变压器容量的百分比确定；例如用变压器容量的 10% ~ 20% 确定；有的根据消防容量相加；也有的根据业主的意愿确定。自备发电机组的容量选得太大，会造成一次投资的增加，选得太小，事故时一是满足不了使用的要求，二是大功率电动机起动困难。通常应按自备发电机组的计算负荷来选择，同时用大功率电动机的起动来检验。

在计算自备发电机组容量时，可将智能建筑用电负荷分为三类：

第一类保安型负荷，即为保证大楼人身安全及大楼内智能化设备安全而要求可靠运行的负荷，有消防水泵、消防电梯、防排烟设备、应急照明及大楼设备的管理计算机监控系统设备、通信系统设备、从事业务用的计算机及相关设备等。

第二类保障型负荷，即保障大楼运行的基本设备负荷，也是大楼运行的基本条件，主要有工作区域的照明、部分电梯、通道照明等。

第三类一般负荷，除上述负荷外的负荷，例如用于满足舒适功能的空调设备、水泵及其他一般照明、电力设备等。

计算自备发电机组容量时，第一类负荷必须考虑在内，第二类负荷是否考虑，应视城市电网情况及大楼的功能而定。若城市电网很稳定，能保证两路独立的电源供电，且大楼的功能要求不太高，则第二类负荷可以不计算在内。虽然城市电网稳定，能保证两路独立的电源供电，但大楼的功能要求很高或级别相当高，那么应将第二类负荷计算在内，或部分计算在内，例如银行、证券大楼的营业大厅的照明，主要职能部门房间的照明等。

若将保安型负荷和部分保障型负荷相叠加，并依此来选择发电机组容量，则其容量往往偏大。因为在城市电网停电，大楼并未发生火灾时，消防负荷设备不启动，那么自备发电机组只需提供给保障型负荷供电即可。而发生火灾时，保障型负荷中只有计算机及相关设备仍供电，工作区域照明不需供电，而只需保证消防设备的用电。因此要考虑两者不同时使用，择其大者作为发电机组的计算容量。在初步设计时，自备发电机组容量可以取变压器总装机容量的 10% ~ 20%。

(2) 自备发电机组的选择

1) 启动装置：图 3-22 为机组运行流程。

由于这里讨论的自备发电机组均为应急所用，因此首先要选有自启动装置的机组，一旦城市电网中断，应在 15s 内启动机组且供电。机组在市电停电后延时 3s 后开始启动发电机，启动时间约为 10s（总计不大于 15s，若第一次启动失败，第二次再启动，共有三次自启动功能，总计不大于 30s），发电机输出主开关合闸供电。当市电恢复后，机组延时 2 ~ 15min（可调）不卸载运行，5min 后，主开关自动跳闸，机组再空载冷却运行约 10min 后自动停车。

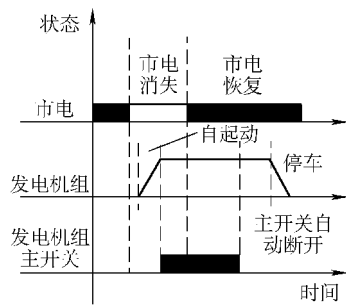


图 3-22 发电机组运行流程

2) 外形尺寸：机组的外形尺寸要小，结构要紧凑，重量要轻，辅助设备也要尽量减小，以缩小机房的面积和层高。

3) 自启动方式：自启动方式尽量用电启动，启动电压为直流 24V。若用压缩空气启动，需要有一套压缩空气装置，比较麻烦，所以应尽量避免采用。

4) 冷却方式：在有足够的进风、排风通道情况下，尽量采用闭式水循环及风冷的整体机组，这样耗水量很少，只要每年更换几次水，并加入少量防锈剂就可以了。在没有足够进、排风通道的情况下，可将排风机、散热管与柴油机主体分开，单独放在室外，用水管将室外的散热管与室内地下层的柴油主机相连接。

5) 励磁方式：发电机宜选用无刷型自动励磁的方式。

3.4.3 供配电系统的监测与保护

为了对供配电系统设备的运行状态及供电情况及时、准确地了解和掌握，同时为了保证供配电质量与系统安全，要对供电系统的电流、电压、有功功率、无功功率、功率因数、有功电能、无功电能及频率等参数进行监测，并通过电量变送器转化为统一的直流参数变量，然后通过 A/D 转换，以数字信号形式被计算机监控系统采集，同时经过计算处理，供显示、打印、存储及分析使用。

另外，电网的供电状况随时受到监视，一旦发生电网全部断电的情况，控制系

统应做出相应的停电控制措施，应急发电机组将自动投入，确保消防、保安、电梯及各通道应急照明的用电，而类似空调系统、洗衣房等非必要用电负荷可暂时不予供电。同样，恢复供电时，控制系统也将有相应的恢复供电控制措施。

1. 高低压端电压及电流自动检测

对 6 ~ 10kV 高压线路的电压及电流测量方法如图 3-23a、b 所示。低压端 (380V/220V) 的电压及电流测量方法与高压侧基本相同，只不过是电压和电流互感器的电压等级不同而已。

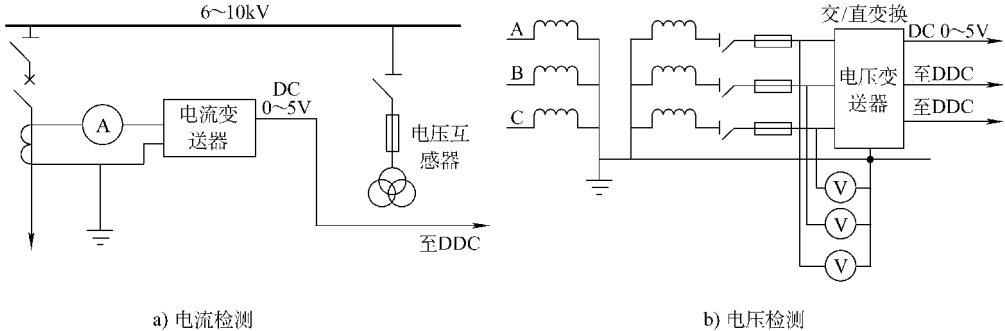


图 3-23 高压线路的电压及电流测量方法

2. 功率、功率因数的检测

通过测量电压与电流的相位差可测得功率因数，有了功率因数、电压、电流数值即可求得有功功率和无功功率。因此，可以先测量功率因数，然后间接得出功率数据，这是一种间接测量功率的方法。

比较精确的测量功率方法是采用模拟乘法器构成的功率变送器，或者用数字化测量的方法（高速采样电压、电流数据，再对数字信号进行处理），直接测量功率数据。

3. 供电品质的监测

供电品质的指标通常是电压、频率和波形，其中尤以电压和频率最为重要。电压质量包括电压的偏移、电压的波动和电压的三相不平衡度等。

(1) 频率 在电气设备的铭牌上都标有额定频率，我国电力工业的标准频率为 50Hz。由于频率直接影响电子设备的正常工作，因此对于频率的偏差要求很严格，国家规定电力系统对用户的供电频率偏差范围为 $\pm 0.5\%$ 。

对电网频率的检测可在低压侧进行，在电网的频率偏差超过允许值时，监测系统应予以报警，必要时切断市电供电，改用备用电源或应急发电机供电。

(2) 电压偏移 各种电气设备的铭牌都标有它的额定工作电压，但在实际运行中，由于电力系统负荷的变化或用户本身负荷的变化等原因，往往使用电设备的

端电压偏离额定值。电压低于额定值往往发生在高峰负荷时长线路的末端，电压高于额定值往往发生在低负荷时线路的始端。

当电压过高或过低时，监测系统应予以报警，同时需采取系统或局部的调压及保护措施。对电压偏移的改善，一般要求在电网的高压侧采取措施，使电网的电压随负荷的增大而升高，反之随负荷减少而使电压降低。对于重要的负荷，宜在受电或负荷端设置调压装置及稳压器。

(3) 电压波动及谐波 电动机的起动，电梯、电焊类冲击负荷的工作，将引起供电系统中的电压时高时低，这种短时间的电压变化称为电压波动。电力系统中交流电的波形，从理论上讲应该是正弦波，但实际上由于三相电气设备的三相绕组不完全对称，带有铁心线圈的励磁装置，特别是大型晶闸管装置、电力电子设备的应用，在电力系统中产生了与 50Hz 基波成整数倍数的谐波，于是电压的波形发生畸变成为非正弦波。

电压波动及谐波对电气设备的运行是有害的，照明和电子设备对电压波动比较敏感。国内外许多研究成果都表明，谐波不仅严重影响电气设备的安全正常运行，而且对通信系统和计算机系统等也有较大影响，因此消除/抑制谐波是十分重要的。

传统的无源型 LCR 滤波器已被用来解决这一问题，但由于结构原理上的原因，无源滤波器在应用中存在着一些难以克服的缺点：

- 1) 滤波器只对调谐点的谐波效果明显，而对偏离调谐点的谐波无明显效果，实际应用中不可能无限地增加滤波器；
- 2) 当系统中谐波电流增大时，无源滤波器可能过负荷，甚至损坏设备；
- 3) 电源阻抗强烈地影响滤波特性，严重时在电源和滤波器间可能发生谐振，这就是所谓的谐波放大现象。

20 世纪 70 年代中期，Gyugyi 等提出的有源电力滤波器（Active Power Filter, APF）是消除和抑制谐波的新型技术，从理论上来说，APF 可以完全消除谐波，同时也可完全补偿无功电流。

(4) 电压的不平衡度 低压系统中一般采用 $Yy0$ 联结三相四线制，单相负荷接于相电压上。由于单相负荷在三相系统中不可能完全平衡，因而三个相电压不可能完全平衡。电压的不平衡度可以通过测量三个相电压及三个相电流的数据，再经相互比较其差值得到，差值越大，则不平衡度越大。当这个不平衡电压加于三相电动机时，由于相电压的不平衡使得电动机中的负序电流增加，因而增加了转子内的热损耗。

在设计中应尽量使单相负荷平衡地分配在三相中，对相电压不平衡敏感的负荷（如电子计算机类设备）应采用分开回路的措施，同时监测系统应予以报警。

4. 系统保护监测与报警

系统保护有过电流保护、速断保护、重合闸保护、温度保护、差动保护、接地故障保护、过电压保护、欠电压保护、过负荷保护、电机保护、变压器保护等，这些保护信号即为故障信号，这些信号在二次回路设计中通过信号继电器来接通光字牌作为就地指示，事故信号送入计算机监控系统时，则计算机监控系统也会显示与报警。

5. 节能管理

现场监控站的监控器根据用电量的统计与分析，通过预先编制的程序，对用电高峰和低谷用电状况下变压器投入的台数进行合理的控制，提高变压器的利用率，而且供电监控系统通过软件对用户用电量的监测、分析、预测，对系统负荷做相应的控制与调整，最终达到节约用电的目的。

3.5 照明监控系统

电气照明是建筑的重要组成部分，其基本功能是创造一个良好的人工视觉环境。照明设计的优劣除了影响建筑的功能外，还影响建筑艺术的效果。

3.5.1 照明系统的基本要求

1. 照度合适

要建立良好的视看条件，首先必须选择合适的照度。我国的照度标准是按间接法制定的，即除根据视觉功能的实验资料外，还进行了大量的实测、调查和咨询，并结合我国电力工业的生产水平和消费水平选定最低照度值。

我国的照度标准有 GB 50034—1992《工业企业照明设计标准》和 GBJ 133—1990《民用建筑照明设计标准》两个标准，其范围值有高、中、低三挡，供设计人员按建筑等级、功能要求和使用条件选取。不同场所的具体数据可参考有关电气照明设计手册。

2. 限制眩光

所谓眩光是泛指由于亮度太大，或在时间上相继出现的亮度相差过大所造成的视觉不适或视觉降低，严重的眩光甚至使人眩晕、恶心和造成事故，必须加以限制。

限制的方法有采用保护角较大的灯具；采用带乳白玻璃或磨砂玻璃散光罩的灯具；采用小功率低亮度灯泡；降低背景亮度；提高灯具的悬挂高度等。限制眩光，将会降低照明装置的发光效率，增加照明装置费用，因此在人员仅作短暂停留和工作较为粗糙的房间以及在人们不常观察的方向上可以降低对限制眩光的要求。

3. 良好光色

光色差不仅使人不舒适，而且会使被观察的颜色失真，这对于商店、展览馆等需要正确辨色的场所是不允许的。

4. 电压质量

为了保证照明质量，必须按照不同场合选好照明电源与电压。室内及露天场所采用 220V 电压；在特殊场所，如地沟、隧道或低于 2m 的有触电危险的房间的照明电压采用 36V 或 12V，检修照明也采用 36V 或 12V；在没有低压电源的高压配电室，由仪用电压互感器作照明电源时，可采用 100V 照明电压。作好照明系统设计，并校验具有不同运行工况下的电压偏差，其值一般要求不偏离其额定值的 $\pm 5\%$ 。

5. 安全

正确选择良好的接地系统。照明系统采用的导线型号及敷设方式通常依照环境特征而定，设计时必须合理选用开关、正确配线，以实现安全、灵活的控制。

6. 经济节能

合理的照明设计还须充分注意初期投资和年运行费用。照明设计时应尽量采用自然光，注意节约电力。

3.5.2 照明系统的设计

照明系统设计的原则是，在满足照明质量要求的基础上，正确选择光源和灯具，节约电能；安装和使用安全可靠；配合建筑的装饰；经济合理及预留照明设计条件等。

1. 照明系统设计步骤

- 1) 确定照明方式、照明种类、照度设计标准；
- 2) 确定光源及灯具类型，并进行布置；
- 3) 进行照度计算，并确定光源的安装功率；
- 4) 确定照明的配电系统；
- 5) 线路计算，包括负荷、电压损失计算，机械强度校验，功率因数补偿计算等；
- 6) 确定导线型号、规格及敷设方式，并选择配电控制设备及其安装位置等；
- 7) 绘制照明平面布置图，同时汇总安装容量，列出主要设备及材料清单等。

2. 照明系统设计基本概念

(1) 光通量 Φ 光源在单位时间内以辐射形式发射、传播和接收的能量，称为光通量，单位为流 [明]，符号为 lm。电光源每消耗 1W 功率所发出的流明数，称为光视效能，单位为流 [明] 每瓦 [特]，符号为 lm/W。光视效能是衡量电光源性能优劣的重要指标。

(2) 发光强度 I 光源在某一特定方向上单位立体角内辐射的光通量，称为光源在该方向上的发光强度，单位为坎 [德拉]，符号为 cd。

(3) 亮度 L 光源在给定方向的单位投影面上的发光强度称为亮度，单位为坎 [德拉] 每平方米，符号为 cd/m^2 。

(4) 照度 E 单位被照面面积上的光通量，称为照度，单位为勒 [克斯]，符号为 lx，即

$$E = \frac{\Phi}{A} \quad (3-9)$$

式中 A ——被照面积 (m^2)。

照明设计中，必须满足国家标准规定的最低照度值。它是照明设计的基础物理量。为了对照度有一个实际概念，下面举一些常见的照度数字。

1) 住宅楼宇：住宅楼宇的照明主要应满足人们不同居住水平、不同居住条件的需要。在住宅或公寓照明中，常用的光源有白炽灯和荧光灯两种。住宅楼宇照明的平均照度值，各房间的照度不能要求一致，如起居室、卧室为 30 ~ 75lx，餐厅、厨房为 50 ~ 100lx，走道、楼梯 15 ~ 30lx 等。一般地说，高照度能创造活跃、愉快的气氛，低照度能创造轻快、宁静的气氛。

2) 办公型楼宇：办公室是人们长时间进行公务活动的场所，不应只考虑工作面的照明，还应使整个房间的视觉环境比较舒适，不致引起心理及眼睛的疲劳。确定办公型楼宇的照度应该从视力、心理、节能等方面综合考虑。有人从心理学的观点研究照度值，认为通常在读书之类的视觉工作中至少需要 500lx，为了进一步减小眼睛的疲劳就需要 1000 ~ 2000lx。

办公型楼宇一般照明的照度值，可在 75 ~ 200lx 范围内选取；对设计室、绘图室可以取 300 ~ 500lx，在有计算机显示屏的工作场所，不宜取过高的照度，否则显示屏的反差会减弱。

为使工作具有较好的照度均匀度和控制反射眩光，宜采用与办公桌成垂直的接近蝙蝠翼形配光的荧光灯带。典型蝙蝠翼形配光曲线如图 3-24 所示。

3) 学校建筑：学校的教室、实验室、绘图室等合适的照度一般是 100 ~ 300lx。教室黑板上的垂直照度平均值不宜低于 200lx；电化教学中演播区内主光垂直照度宜取 2000 ~ 3000lx，书库架上（距地面 0.25m 处）的垂直照度为 20 ~ 50lx。

教室内的一般照明宜采用荧光灯，为避免光幕反射、安装灯具时其长轴应与学生看黑板的视线方向一致。灯具可以吊下也可以吸顶安装，有吊顶时也可用嵌入式灯具。灯具距桌面的最低悬挂高度不应低于 1.7m。灯具以选择蝙蝠翼形配光的荧光灯最为合适。其特点是在 30° ~ 60° 范围内光强值较高，即这部分出射的光通量

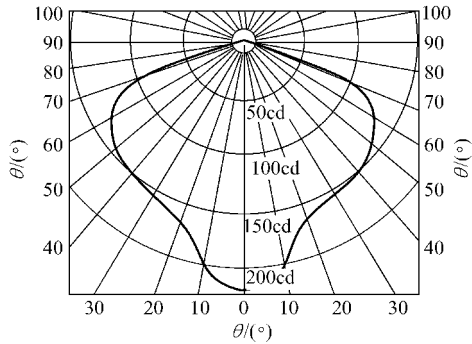


图 3-24 蝙蝠翼形配光曲线

较多，以达到减少光幕反射、限制眩光、提高照度均匀度的目的。

3. 照明的方式和种类

进行照明系统设计时，必须对照明方式和种类有所了解，方能正确规划照明系统，照明方式通常可分为下列三种。

(1) 一般照明 在整个场所或场所的某部分照度基本上是均匀的照明。对于工作位置密度很大而对光照方向又无特殊要求，或工艺上不宜装设局部照明装置的场所，宜单独使用一般照明。

(2) 局部照明 局限于工作部位的固定或移动的照明。对于局部地点需要高照度并对照射方向有要求时，宜采用局部照明，但在整个场所不应只设局部照明，而无一般照明。

(3) 混合照明 一般照明与局部照明共同组成的照明。对于工作面需要较高照度并对照射方向有特殊要求的场所，宜采用混合照明。此时，一般照明照度宜按不低于混合照明总照度的 5% ~ 10% 选取，且最低不低于 20lx。

根据照明的功能，照明可分成下面五类：

(1) 工作照明 正常工作时使用的室内、外照明。它一般可单独使用，也可与事故照明、值班照明同时使用，但控制线路必须分开。

(2) 应急照明 应急照明包含以下三部分内容：

1) 正常照明因故障熄灭后，供继续工作或暂时继续工作的照明称为备用照明；

2) 为确保处于危险之中的人员安全的照明称为安全照明；

3) 发生事故时，保证人员安全疏散时的照明称为疏散照明。

在因工作中断或误操作容易引起爆炸、火灾以及人身事故会造成严重政治后果和经济损失的场所，应设置应急照明。应急照明灯宜布置在可能引起事故的工作场所以及主要通道和出入口处，并在灯的明显部位涂以红色，以示区别。应急照明必须采用能瞬时点燃的可靠光源，通常采用白炽灯或卤钨灯。

(3) 值班照明 在非生产时间内供值班人员使用的照明。例如对于三班制生产的重要车间、有重要设备的车间及重要仓库，通常宜设置值班照明，可利用常用照明中能单独控制的一部分，或利用事故照明的一部分或全部作为值班照明。

(4) 警卫照明 用于警卫地区周边附近的照明。

(5) 障碍照明 装设在建筑上作为障碍标志用的照明。在飞机场周围较高的建筑上或有船舶通行的航道两侧的建筑上，应按民航和交通部门的有关规定装设障碍照明。

4. 照明配电线路

照明灯具的工作电压通常为 220V，其配电线路采用 380V/220V 三相四线制供电。线路一般采用放射式，由总配电盘经中央楼梯或两侧走廊处，采取干线立管的

方式向各层分配电盘供电，各分配电盘引出的各支线对各房间的照明灯具供电，各层的分配电盘安装的位置应在同一垂直线上，便于干线立管的敷设。

事故照明用电应同其他照明用电加以区分，单独敷设配电线路。另外，应留有适量的照明插座，吊顶内预留线槽，以便供增补局部照明及接用办公电器。

3.5.3 照明光源

常用照明电光源可分为两大类：一类是热辐射光源，如白炽灯、卤钨灯等；另一类是气体放电光源，如荧光灯、高压汞灯、高压钠灯、金属卤化物灯、氙灯等。灯具由光源和控照器（灯罩）组成，也称为照明器。

1. 常用照明光源

(1) 白炽灯 白炽灯是第一代电光源，属于热辐射光源，它是通过钨丝白炽体高温辐射来发光的，构造简单，使用方便。但是由于白炽灯钨丝热辐射的频率范围很广，其中可见光部分仅占很小的比率，紫外线很少，绝大部分是红外线，可见光部分约占 2% ~ 30%，这就使得白炽灯的光视效能很低，仅为 (10 ~ 18) lm/W，寿命比较短，约为 1000h。

提高钨丝温度可以提高白炽灯的光视效率。根据光谱分析，温度大约在 6500K 时，可见光在总辐射能中所占的比率最大，约为 43%，理论上光视效能可达 85lm/W。钨丝白炽灯的工作温度一般为 2500K，但是提高钨丝温度会使钨的升华变快，使得钨丝很快变细以致烧断；同时由于钨蒸气凝华到泡壳上使泡壳变黑，又会降低白炽灯的光视效能。

(2) 卤钨灯 卤钨灯泡壳是用石英玻璃制成的，在泡壳内，充入适量的卤族元素（常用的如碘、溴等）和惰性气体。

卤钨灯是靠卤钨循环来解决上述灯丝温度与钨升华的矛盾的，当灯丝在高温下工作，升华出来的钨蒸气在灯泡壳内壁附近温度较低处与卤素化合成卤化钨，并向管心扩散。在高温下重新分解成卤素和钨，因而在钨丝周围形成一层钨蒸气，一部分钨又重新凝华在钨丝上，有效地抑制了钨的升华。但是，钨的卤化物的挥发温度超过 200℃，在这个温度下长期工作，普通玻璃会析晶，变得不透明，因而灯泡壳采用石英玻璃。石英玻璃还具有热膨胀系数小、熔点高、高温下透明度好等优点。

卤钨灯工作温度高，灯丝耐振性差，不宜在振动场所使用。为了保证卤钨循环，灯具安装时需保持水平（一般目测，与水平面交角不超过 40°），如果倾斜，将会破坏卤钨循环，使灯泡很快发黑，灯丝加快烧断，灯具寿命降低。

(3) 荧光灯（俗称为日光灯） 荧光灯靠汞蒸气弧光放电时发出可见光和紫外线，后者又激励管内壁的荧光粉而发光，两者混合光色接近白色，其特点是光效高、寿命长。

荧光灯的光视效能为 25 ~ 67lm/W，平均寿命为 2000 ~ 3000h。为了保证灯管发光的稳定性，它必须与镇流器（或称稳压器）一起使用。荧光灯的电源电压的

变化范围为 $\pm 5\%$ ，否则将影响灯的光视效能和寿命。

(4) 荧光高压汞灯（俗称高压水银荧光灯） 荧光高压汞灯的发光原理与低压荧光灯基本相同，只是它的工作气压要高得多。荧光高压汞灯的光视效能比白炽灯高 3 倍左右，寿命也长，启动时不需加热灯丝，故不需要启动器。

自镇流荧光高压汞灯用钨丝作为镇流器，利用高压汞蒸气放电，白炽体和荧光材料三种发光物质同时发光的复合光源。

(5) 高压钠灯 它是利用高压钠蒸气放电，其辐射光的波长集中在人眼较灵敏的区域内，故光视效能高，为荧光高压汞灯的 2 倍，约为 110lm/W ，且寿命长，但电源电压的变化范围为 $\pm 5\text{V}$ 。

(6) 金属卤化物灯 金属卤化物灯（简称为金属卤素灯）通过在高压汞灯内添加某些金属卤化物，靠金属卤化物的循环作用，不断向电弧提供相应的金属蒸气，金属原子在电弧中受激发而辐射该金属的特征光谱线。

金属卤化物灯是一种新型光源，光色好，光视效能高，接入电路时需配用镇流器。电源电压的变化范围为 $\pm 5\text{V}$ ，使用时要特别注意它的悬挂高度和安装方向，否则有灯管炸裂的危险。

(7) 管形氙气灯（也称为长弧氙气灯） 高压氙气灯放电时能产生很强的白光，接近连续光谱，特别适合于大面积场所的照明。管形氙气灯点燃瞬间能达到 80% 光输出，光电一致性好，工作稳定，受环境温度影响小，电源电压波动时容易自熄。由于这种灯在发光时有强紫外线辐射，因此安装高度不宜低于 20m。

2. 照明光源的光电参数特性

作为照明用的光源，其主要性能指标是：光视效能、寿命、色温、显色指数、启动稳定时间、再启动时间等。这些性能指标之间，有时是互相矛盾的。在实际选用时，一般应先考虑光视效能高、寿命长，其次才考虑显色指数、启动性能等。

气体放电光源一般比热辐射光源光视效能高、寿命长，能制成各种不同光色；白炽灯由于结构简单、使用方便、显色性好，故在一般场所仍被普遍采用。常用照明电光源的主要特性见表 3-3。

表 3-3 常用照明电光源的主要特性比较表

光源名称特性	白炽灯	卤钨灯	荧光灯	荧光高压汞灯	管形氙气灯	高压钠灯	金属卤化物灯
额定功率范围/W	10 ~ 1000	500 ~ 2000	6 ~ 125	50 ~ 1000	1500 ~ 100000	250 ~ 400	400 ~ 1000
光效/ (lm/W)	6.5 ~ 19	19.5 ~ 21	15 ~ 67	30 ~ 50	20 ~ 37	90 ~ 100	60 ~ 80
平均寿命/h	1000	1500	2000 ~ 3000	2500 ~ 5000	500 ~ 1000	3000	2000
显色指数	95 ~ 99	95 ~ 99	70 ~ 80	30 ~ 40	90 ~ 94	20 ~ 25	65 ~ 85
色温/K	2700 ~ 2900	2900 ~ 3200	2700 ~ 6500	5500	5500 ~ 6000	2000 ~ 2400	5000 ~ 6500
启动稳定时间	瞬时	瞬时	1 ~ 3s	4 ~ 8min	1 ~ 2s	4 ~ 8min	4 ~ 8min

(续)

光源名称特性	白炽灯	卤钨灯	荧光灯	荧光高压汞灯	管形氙气灯	高压钠灯	金属卤化物灯
再启动时间/min	瞬时	瞬时	瞬时	5 ~ 10	瞬时	10 ~ 20	10 ~ 15
功率因数	1	1	0.33 ~ 0.7	0.44 ~ 0.67	0.4 ~ 0.9	0.44	0.4 ~ 0.61
频闪效应	不明显	不明显	明显	明显	明显	明显	明显
表面亮度	大	大	小	较大	大	较大	大
电压变化对光通量的影响	大	大	较大	较大	大	大	较大
环境变化对光通量的影响	小	小	大	较小	小	较小	较小
耐热性能	较差	差	较好	好	好	较好	好
所需附件	无	无	镇流器、 启动器	镇流器	镇流器、 触发器	镇流器	镇流器、 触发器

3.5.4 照明控制

正确的控制方式是实现舒适照明的有效手段，也是节能的有效措施。目前设计中常用的控制方式有跷板开关控制方式、断路器控制方式、定时控制方式、光电感应开关控制方式、智能控制器控制方式等，下面对各种控制方式逐一加以介绍。

1. 跷板开关控制方式

该方式以跷板开关控制一套或几套灯具，是目前采用最多的控制方式，可以配合设计者的要求随意布置，但该控制方式线路繁琐、维护量大、线路损耗多，很难实现舒适照明。同一房间不同的出入口均需设置开关，单控开关用于一处启闭照明，而双控及多程开关用于楼梯及过道等场所，上层下层或两端多处启闭照明。

2. 断路器控制方式

该方式是以断路器控制一组灯具，控制简单，投资小，一般用于商场等需要同时开闭大量灯具的场所。但由于控制的灯具较多，造成大量灯具同时开关，在节能方面效果很差，又很难满足特定环境下的照明要求，因此在智能楼宇中应谨慎采用该方式。

3. 定时控制方式

这是一种定时控制灯具的控制方式，它可利用建筑设备自动化系统的接口，通过控制中心来实现。但该方式太机械化，遇到天气变化或临时更改作息时间表时，较难适应，一定要通过改变设定值实现，显得非常麻烦。

还有一类延时开关，特别适合用在一些短暂使用照明或人们容易忘记关灯的场所，使照明点燃后经过预定的延时时间后自动熄灭。

4. 光电感应开关控制方式

光电感应开关通过测定工作面的照度与设定值比较来控制照明开关，这样可以

最大限度地利用自然光，达到节能的目的，也可提供一个较不受季节与外部气候影响的相对稳定的视觉环境，特别适合一些采光条件好的场所。当检测的照度低于设定值的极限值时开灯，高于极限值时关灯。

5. 智能控制方式

照明智能控制系统采用模块化分布式控制结构，通常由调光模块、开关模块、智能传感器、控制面板、液晶显示触摸屏、时钟管理器、手持编程器等独立的单元模块所组成，各模块独立完成各自的功能，并通过通信网络连接起来。

3.5.5 照明系统的监控原理

按其用途不同，智能建筑的照明种类很多。一是为了创造一个良好的舒适的视觉照明，也就是为了满足人的视觉需要的办公或生活的局域照明；二是为了美化环境，渲染空间环境气氛的艺术照明；三是楼梯、走廊等公共照明；四是特殊照明，如航空障碍灯照明、景观照明、应急照明、疏散指示照明等。按其控制功能，分为环境照度控制，即保证建筑内各区域的照度及视觉环境而对灯光进行的控制以及为了节约电能对照明设备采取的控制，即照明节能控制。下面概括地介绍照明系统监控原理。

1. 办公室照明系统监控

对于办公室的照明，要求照明质量高，需要保证足够的照度，减轻人们的视觉疲劳，使人们在舒爽愉悦的环境中工作。

办公室照明的一个显著特点是白天工作时间长，因此办公室照明要把天然光和人工照明协调配合起来，才能保证照明的质量，达到节约电能的目的。当天然光较弱时（傍晚或阴雨天），根据照度监测信号或预先设定的时间调节，增强人工光的强度。

照明调光系统通常由调光模块和控制模块组成，调光模块安装在配电箱附近，控制模块安装在便于操作的地方，如图 3-25 所示。

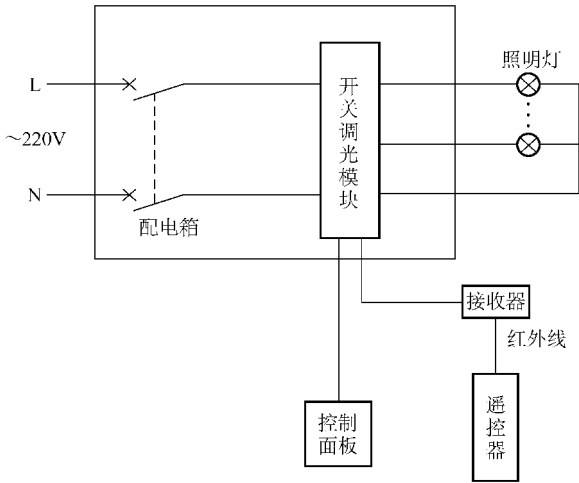


图 3-25 智能照明自动控制系统

调光模块是一种数字式调光器，具有限制电压波动和软启动开关的作用。开关模块有开关作用，是一种继电器输出。调光方法可分为照度平衡型和亮度平衡型。照度平衡型是使离窗口近处的工作面与远离窗口处工作面上的照度达到平衡，尽可能均匀一致；而亮度平衡型是使室内人工照明亮度与窗口处的亮度比例达到平衡，消除物体的影像。因此，在实际工程中，应根据对照明空间的照明质量要求、实测的室内天然光照度分布曲线，选择调光方式和控制方案。调光时，根据工作面上的照度标准和天然光传感器检测的天然光亮度变化信号自动控制照明灯具。根据白天工作区与夜间工作区的使用特点，分别编制控制程序，例如在白天，对靠近窗口处人工照明提供的照度自动调低一些，而远离窗口处照度自动调高一些；在夜间，工作区的照明开关自动接通，而非工作区的照明开关自动断开，使照明合理分配，节约电能。

这种模块控制形式克服了中央集中控制的缺点，系统的每个功能都储存在某个模块中，若某个模块出现故障，只是与该模块相关的功能失效，而不影响网络中其他模块的正常运行。该系统可以在任何时候进行扩展，不必重新配置或重新布线，只需将增加的模块用数据线接入原有网络系统，该系统是按区域划分管理的，各区域通过网络控制器分隔，避免某些意外情况发生时，而导致整个建筑照明系统受到影响。

2. 楼梯、走廊等照明监控

以节约电能为原则，防止长明灯，在下班以后，一般走廊、楼梯照明灯及时关闭。因此照明系统的 DDC 监控装置，应依据预先设定的时间程序自动断开或接通照明配电盘中的相应开关。

3. 障碍照明监控

高空障碍灯的装设应根据该地区航空部门的要求来决定，一般装设在建筑或构筑物凸起的顶端，采用单独的供电回路，同时还要设置备用电源，利用光电感应器件通过障碍灯控制器进行自动控制障碍灯的开启和关闭，并设置开关状态显示与故障报警。

4. 建筑物立面照明监控

大型的楼、堂、馆、所等建筑物，常需要设置供夜间观赏的立面照明（景观照明）。目前立面照明通常选用投光灯，根据建筑物的功能和特点，通过光线的协调配合，充分表现出建筑的风格与艺术构思，体现出建筑物的动感和立体感，给人以美的享受。投光灯的开启与关闭由预先编制的时间程序进行自动控制，并监视开关状态，故障时能自动报警。

5. 应急照明的启/停控制

当正常电网停电或发生火灾等事故时，事故照明、疏散指示照明等应能自动投入工作。监控器可自动切断或接通应急照明，并监视工作状态、故障时报警。

3.6 电梯监控系统

电梯是智能建筑必备的唯一安全、迅速、舒适和方便的垂直交通工具，是建筑内的一种大型机电产品，它既有完备的机械专用设备，又有较复杂的驱动装置和电气控制系统。

对电梯系统的要求是：安全可靠，起、制动平稳，感觉舒适，平层准确，候梯时间短，节约能源。试验表明，人体感觉与速度无关，而取决于加（减）速度和加（减）速度变化率。电梯加速上升或减速下降时，会产生超重感；电梯加速下降或减速上升时，会产生失重感，人体对失重的感觉比对超重更加不适。因此，为满足感觉舒适、平层准确，并且尽可能缩短运行时间、提高运行效率，选择适当的加速度及其变化率是重要的。

3.6.1 电梯的分类

电梯的主参数一般包括额定载重量和额定速度，其中电梯的载重量主要有400kg、630kg、800kg、1000kg、1250kg、1600kg、2000kg、2500kg等；额定速度一般有0.63m/s、1.0m/s、1.60m/s、2.50m/s等。按照不同的分类方法，一般电梯可以分为以下几类。

1. 按用途分类

(1) 乘客电梯 为运送乘客设计的电梯，主要用于高层住宅以及办公大楼、宾馆、旅馆，载客数为8~21人，运送效率高，在超高层大楼应用时，速度可以超过3m/s，甚至可达到5~10m/s。

(2) 载货电梯 为运送货物设计的电梯，主要用于运载货物，或运载手推车，或机动车上的货物及伴随的装卸人员，轿厢的容积、载重量较大，且结构牢固，速度为1m/s左右。

(3) 客货（两用）电梯 主要用作运送乘客，但也可运送货物的电梯。它与乘客电梯的区别在于轿厢内部的装饰结构不同，通常称此类电梯为服务梯，一般为低速。

(4) 病床电梯 医院里用于运送病人、医疗器械和救护设备，其特点是轿厢窄而深，常要求前后贯通开门，对运行稳定性要求较高，运行速度一般为0.63~2.0m/s。

(5) 住宅电梯 居民住宅楼宇使用的电梯，主要运送乘客，也可运送家用物件或生活用品，轿厢还允许运送残疾人员乘坐的轮椅和童车，额定载重量为400~1000kg，速度在低、快速之间。

2. 按运行速度分类

(1) 超高速电梯 3~10m/s或更高的电梯，通常用于超高层建筑物内。

(2) 高速电梯（甲类梯） 2~3m/s的电梯，通常用在6层以上的建筑物内。

(3) 快速电梯（乙类梯） $1 \sim 2\text{m/s}$ 的电梯，通常用在 10 层以上的建筑物内。

(4) 低速电梯（丙类梯） 1m/s 及以下的电梯，通常用在 10 层以下的建筑物内，一般为客、货两用电梯或货梯。

3. 按拖动方式分类

(1) 直流电梯 其曳引电动机为直流电动机，通常为直流发电机—电动机拖动系统，包括用晶闸管励磁装置和采用晶闸管直接供电的晶闸管—电动机拖动系统两种，其特点是性能优良、梯速较快，通常在 1m/s 以上，有的可以达到高速运行。

(2) 交流电梯

1) 单速，曳引电动机为交流电动机，速度一般在 0.5m/s 以下。

2) 双速，曳引电动机为交流电动机，并有高低两种速度，速度在 1m/s 以下。

3) 三速，曳引电动机为交流电动机，并有高、中、低三种速度，速度一般为 1m/s 。

4) 交流调速电梯，曳引电动机为交流电动机，起动和减速时分别采用开环和闭环控制方法。

5) 交流调压调速电梯，曳引电动机为交流电动机，起动、减速时都采用闭环控制方法。

6) 交流调压调频电梯，又称为 VVVF 电梯，通常采用微机、逆变器、PWM 控制器以及速度电流等反馈系统，性能优越，安全可靠，速度可达 6m/s 。

(3) 液压电梯 靠液压传动的电梯，根据柱塞安装位置，可分为柱塞直顶式，其液压缸柱塞直接支撑轿厢底部，使轿厢升降；以及柱塞侧置式，其液压缸柱塞设置在井道侧面，借助曳引绳通过滑轮组与轿厢连接使轿厢升降，速度为 1m/s 以下。

(4) 齿轮齿条电梯 齿条固定在构架上，采用电动机—齿轮传动的机构，装于电梯的轿厢上，利用齿轮在齿条上的爬行来拖动轿厢运行，一般用于建筑工程中。

(5) 直线电动机驱动电梯 驱动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。

4. 按控制方式分类

(1) 手柄控制电梯 由司机在轿厢内操纵手柄开关控制电梯的运行，通常多用于货梯。

(2) 按钮控制电梯 有轿外按钮控制和轿内按钮控制两种形式，前一种是由安装在各楼层厅门口的按钮操纵，一般用于服务电梯或层站少的货梯；后一种是由安装在轿厢内的按钮操纵，一般只接受轿厢内的按钮指令，通常多用于货梯。

(3) 信号控制电梯 是一种自动控制程度较高的电梯，将层门上下召唤信号、

轿厢内选层信号和其他专用信号加以综合分析判断，由电梯司机操纵轿厢运行控制，通常用于客梯或客货两用电梯。

(4) 集选控制电梯 是在信号控制基础上发展起来的全自动控制电梯，与信号控制的主要区别在于能实现无司机操纵，其主要特点是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。这种电梯操纵兼有有/无司机两种方式，当实行司机操纵时，为信号控制（人流集中高峰时间里，为保证安全运行），而在人流较少时，改为无司机的集选控制。

(5) 下（或上）集选控制电梯 一般下集选控制方式用得较多，常用于住宅电梯。这是一种只当电梯下行时才能被截停的集选控制电梯，其特点是乘客若从某一层到上面层楼时，只有先截停向下运行的电梯，下到基层后，才能再次乘梯到达目的层。

(6) 并联控制电梯 将 2 或 3 台电梯的控制线路并联起来进行逻辑控制，共用层站外召唤信号，按规定顺序自动调度，确定其运行状态的控制。

(7) 梯群程序控制电梯 它是用微机控制和统一调度多台集中并列的电梯，使多台电梯集中排列，共用层门外召唤按钮，按规定程序集中调度和控制。

(8) 梯群智能控制电梯 这种电梯具有数据采集、交换、存储功能，还能进行分析、筛选、报告等功能，控制系统可以显示出所有电梯的运行状态，由计算机根据客流情况，自动选择最佳运行控制方式，其特点是合理分配电梯运行时间、节能、效率高。

(9) 微机控制电梯

1) 用微机作为交流调速控制系统的调速装置，由它承担调速各环节的功能，使调速系统的有/无触点器件大大减少，从而提高了可靠性，同时微机具有较强的逻辑和算术运算功能，与模拟调速装置相比，更便于解决舒适感的问题。

2) 将微机用作信号处理，取代传统的选层器和绝大部分继电器逻辑电路，如果在交流调速电梯内同时具有这两种微机，则称为双微机控制交调电梯。

3.6.2 电梯的结构和工作原理

1. 电梯的基本结构

电梯的基本结构如图 3-26 所示，它主要的机械装置由轿厢、门系统、导向系统、曳引系统、对重系统及安全保护系统等组成。

(1) 轿厢 轿厢是乘客或货物的载体，是电梯的主要设备之一。它由轿厢架及轿厢体构成，其中轿厢架上下装有导靴，滑行或滚动于导轨上；轿厢体由厢顶、厢壁、厢底及轿厢门组成。在曳引钢丝绳的牵引作用下，轿厢沿敷设在电梯井道中的导轨，做垂直上下的快速、平稳运行。轿厢门供乘客或服务人员进出轿厢使用，门上装有联锁触头，只有当门扇密闭时，才允许电梯起动；而当门扇开启时，运动中的轿厢便立即停止，使得电梯运行得到安全保护。

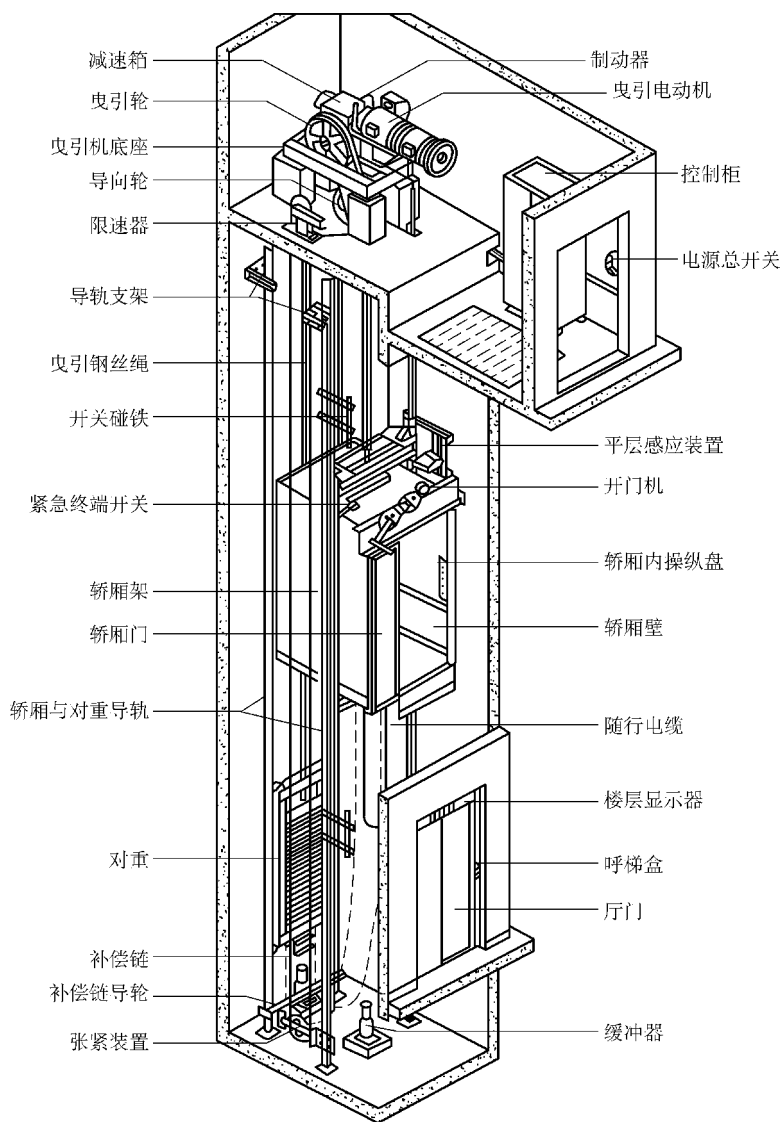


图 3-26 电梯的基本结构

现代电梯轿厢型式较多，但轿厢的设计必须遵照现行电梯设计与制造规范，高层建筑的客梯对轿厢的要求较为严格，厢内设有空调通风设备、照明设备、防火设备、减振设备等，使轿厢安静、舒适、豪华，轿厢内的电气控制装置完备无缺，主令控制器、指层信号灯、急停开关、警铃及对讲机等设计合理，美观大方。门上还装有安全触板，若有人或物品碰到安全触板，依靠联锁触头作用，使门自动停止关闭并迅速打开。

(2) 门系统 门系统由电梯门（厅门和厢门）、自动开门机、门锁、层门联动机构及门安全装置等构成。

电梯门有中分式、旁开式和直分式等类型。它是打开或关闭电梯轿厢与厅站（层站）的出入口，通常由门扇、门套、门滑轮、门导轨架等组成。轿厢门由门滑轮悬挂在厢门导轨架上，下部通过门靴与厢门地坎配合；厅门由门滑轮悬挂在厅门导轨架上，下部通过门滑块与厅门地坎配合。电梯门（厢门和厅门）的开启与关闭是由自动开门机实现的。自动开门机是由小功率的直流电动机或三相交流异步电动机带动的，是具有快速和平稳开、关门特性的机构，根据开、关门方式不同，开门机又分为两扇中分式、两扇旁开式和交栅式。电梯门开、闭时的速度变化可根据使用者的要求设定，只要适当控制驱动电动机（交流或直流），便可以实现满意的开、关门过程。

门锁也是电梯门系统中的重要部件，按其工作原理可分为撞击式门锁和非撞击式门锁。前者与装在厢门上的门刀配合使用，由门刀拨开门锁，使厅门与厢门同步开或闭；后者（位置型门锁）与压板机构配合使用，完成厅门与厢门的同步开、闭过程。

门系统中还有厅门联动机构。厅门是被动门，由厢门带动，但厅门的门扇之间的联动则需要专门设计的联动机构来完成。旁开式厅门联动机构又常分为单撑臂式、双撑臂式及摆杆式；中分式厅门联动机构常采用钢丝绳绳式结构。

(3) 导向系统 电梯导向系统由导轨架、导轨及导靴等组成。导轨限定了轿厢与对重在井道中的相互位置；导轨架是导轨的支撑部件，它被固定在井道壁上；导靴被安装在轿厢和对重架两侧，其靴衬（或滚轮）与导轨工作面配合，使轿厢与对重沿着导轨做上下运行。

(4) 曳引系统 曳引系统由曳引机组、曳引轮、导向轮、曳引钢丝绳及反绳轮等组成。

曳引机组由曳引电动机、制动器及减速器（无齿轮电梯无减速器）等组成，是电梯机房内的主要传动设备。它的作用是产生动力并负责传送。曳引电动机通常采用适于电梯拖动的三相交流异步电动机，制动采用电磁制动器，当电动机接通时松闸，而当电动机断电，即电梯停止时制动器制动。减速器通常采用蜗轮蜗杆减速器。

曳引轮是具有半圆形带切口绳槽轮，与钢丝绳之间的摩擦力（牵引力）带动轿厢与对重做垂直上下运行。

钢丝绳两端分别连接轿厢与对重，与曳引轮之间产生摩擦牵引力。

导向轮安装在曳引机的机架或承重梁上，使轿厢与对重保持最佳的相对位置。

反绳轮是指设置在轿厢顶和对重顶上的动滑轮和设置在机房的定滑轮，曳引钢

丝绳绕过反绳轮可构成不同曳引比的传动方式。

(5) 对重系统 对重系统也称重量平衡系统，它包括对重及平衡补偿装置。

对重的作用是平衡轿厢自重及载重，减轻曳引电动机的负担。平衡补偿装置则是为电梯在整个运行中平衡变化时设置的补偿装置。对重产生的平衡作用在电梯升降过程中是不断变化的，这主要是由电梯运行过程中曳引钢丝绳在对重侧和在轿厢侧的长度不断变化造成的。为使轿厢侧与对重侧在电梯运行过程中始终都保持相对平衡，就必须在轿厢和对重下面悬挂平衡补偿装置。

对重是由对重架及铸铁对重块组成，其计算公式为

$$Q_D = P_X + K_P P \quad (3-10)$$

式中 Q_D ——对重的重量 (kg)；

P_X ——轿厢的自重 (kg)；

P ——电梯的额定载重量 (kg)；

K_P ——平衡系数，一般为 0.4 ~ 0.5。

(6) 机械安全保护系统 电梯安全保护系统分为机械安全保护系统和电气安全保护系统。其中，机械安全保护系统中的典型机械装置有机械限速装置、缓冲装置及终端保护装置等。

机械限速装置由限速器与安全钳组成。限速器安装在电梯机房楼板上，在曳引机的一侧，安全钳则是安装在轿厢架上底梁两端。限速器的作用是限制电梯运行速度超过规定值，例如当电梯超速下降时，限速器甩球离心力增大，通过拉杆和弹簧装置卡住绳轮，限制了钢丝绳的移动，但由于惯性作用，轿厢仍会向下移动，此时钢丝绳就会把拉杆向上提起，通过传动装置再把轿厢两侧的安全钳提起，卡住导轨，禁止轿厢再移动。

缓冲器是安装在电梯井道底坑中的弹簧或液压装置，位于轿厢和对重的正下方。缓冲器是电梯安全保护的最后一种装置，当电梯上下运行时，由于某种事故原因使轿厢或对重发生高速滑落时，将由缓冲器起缓冲作用，以避免轿厢与对重直接冲顶或撞底，保护乘客和设备的安全。

终端保护装置实际上是轿厢或对重冲撞缓冲器之前的安全保护行程开关，是为防止电梯超越上下规定位置而设置的。

2. 电梯的工作原理

曳引式电梯是靠曳引力实现相对运动的，安装在机房内的电动机通过减速箱、制动器等组成的曳引机，使曳引钢丝绳通过曳引轮，一端连接轿厢，一端连接对重装置，轿厢与对重装置的重力使曳引钢丝绳压紧在曳引轮绳槽内产生摩擦力，这样电动机一转动就带动曳引轮转动，驱动钢丝绳，拖动轿厢和对重作相对运动，即轿厢上升，对重下降；轿厢下降，对重上升。于是，轿厢就在井道中沿导轨上、下往复运行，电梯就能执行它的垂直升降任务。

3.6.3 电梯拖动系统的控制方式

评价电梯的自动化程度，主要表现在两个方面：一是其拖动系统的组成形式，另一是其操纵自动化程度。

1. 电梯拖动方式

电梯的电力拖动系统为电梯提供动力，并对其实行速度控制，它主要由曳引电动机、供电系统、速度反馈装置、电动机调速装置等组成。要实现电梯的高速平稳运行，电动机的调速是重要的环节。

(1) 交流调压调频 (VVVF) 拖动方式 这种拖动系统利用微机控制技术和脉宽调制技术，通过改变曳引电动机电源的频率及电源电压使电梯运行速度按需要平滑调节，调速范围广，调速精度高，动态响应好，使电梯具有高效、节能、舒适等优点，是目前高层建筑电梯拖动的理想形式。

电梯 VVVF 拖动系统自动化程度高，一般选择自带计算机系统，强电部分包括整流器、逆变器及接触器等执行电器；弱电部分通常为微机控制或者为可编程序控制器 (PLC)，并且留有与建筑设备自动化系统的相应信息接口，与分布在各处的控制装置和上位管理机进行数据通信，组成分布式电梯控制系统和集中管理系统。

(2) 交流调压调速拖动方式 由单速电动机驱动，用晶闸管控制送往电动机上的电源电压。受晶闸管控制，电动机的转速可按要求的规律连续变化，因此乘坐舒适感好，同时拖动系统的结构简单。但由于晶闸管调压的结果，主电路三相电压波形严重畸变，不仅影响供电质量，还造成电动机严重发热，故不适用于高速电梯。

2. 电梯的操作方式

电梯操纵自动化是指电梯对来自轿厢、厅站、井道、机房等外部控制信号进行自动分析、判断及处理的能力，这是电梯使用性能的重要标志。

常见的操纵形式有按钮控制、信号控制和集选控制等形式。一般高层建筑中的乘客电梯多为操纵自动化程度较高的集选控制电梯。所谓“集选”就是将各楼层厅外的上、下召唤及轿厢指令、井道信息等外部信号综合在一起进行集中处理，从而使电梯自动地选择运行方向和目的层站，并自动地完成起动、运行、减速、平层、开关门及显示、保护等一系列功能。

集选控制的 VVVF 电梯自动化程度要求高，系统强电部分包括整流器、逆变器及接触器等执行电器。电气控制柜弱电部分通常为微机控制系统或可编程序控制器 (PLC)，柜内的计算机系统带有通信接口，可以与分布在电梯各处的智能化装置 (如各层呼梯装置和轿厢操纵盘等) 进行数据通信，组成分布式电梯控制系统，也可以与上位监控管理计算机连网，构成电梯监控网络。

3. 电梯的运行曲线

电梯在运行中的速度变化，可以用一条曲线来表示，也称为速度曲线，它应符

合在起动加速段和制动减速段皆为抛物线、中间为直线的抛物线—直线系综合速度曲线。

不同的拖动和调速方法，电梯的运行速度曲线不大一样，它决定了电梯的运行品质，例如起制动加减速速度低、起制动时间长、电梯运行效率低；起制动加减速速度大，乘坐不舒适。为了获得良好的乘坐舒适感，电梯常采用计算机进行速度闭环控制，使实际的运行速度曲线与给定的理想速度曲线比较，然后由电气控制系统使电梯跟踪理想速度曲线。

3.6.4 电梯监控系统的功能

1. 监控内容

由于电梯的安全运行与用户的生命安全直接关联，所以电梯系统在建筑设备自动化系统中有较为特殊的地位，一般相对独立，控制系统自成体系。除了在出现火灾等意外情况时，火灾报警及消防联动系统将接管对电梯的控制之外，建筑设备自动化系统通常只是通过通信网关等设备对电梯系统的各种状态信息进行二次监测和管理。因此，在建筑设备自动化系统中，对电梯系统的主要监控内容是监测电梯的运行状态、运行方向、停靠楼层以及进行故障报警和紧急报警等。

2. 多台电梯的群控管理

由于大型建筑中人员流动大，一般由多台电梯构成一个电梯群，电梯的控制方式通常采用群控方式，其主要功能是在确保电梯群安全运行的基础上进行优化控制，尽量减少用户的候梯时间和乘梯时间，以提高电梯的运行效率，其功能结构如图 3-27 所示。

每层楼设立一台门厅控制器，每台电梯设立一台主控制器，每台电梯内有一台轿厢控制器，整个大厦有一台群控制器，所有控制器在必要时可留有备份。

群控管理在计算机及监控系统中计算并监控轿厢内乘客数量、上下方向的停站数、厅站的呼梯及轿厢的所在位置来选择最佳的客流情况下输送方式，输送方式可分为：

- 1) 上行客流顶峰状态（早晨上班上行乘客非常多）；
- 2) 平常时间状态（午餐时上行、下行交错往返，中等程度的客流量）；
- 3) 下行客流顶峰状态（下班时下行乘客非常多）；
- 4) 闲时间状态（清晨或夜间）。

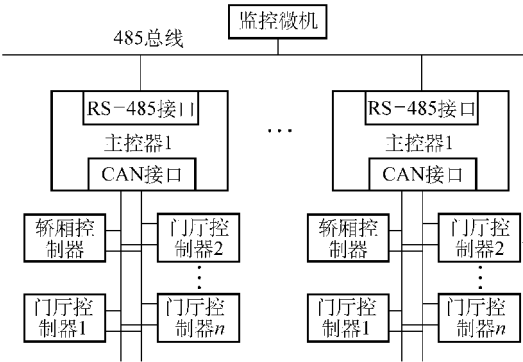


图 3-27 群控电梯系统的功能结构

当客流量大并且集中在某一层时，如上班时首层、会议室楼层、餐厅楼层等，在人员流动大时，监控系统通过对各厅站及轿厢内选层信号进行扫描监视，调动几台电梯前往，使候梯时间最短，缓解载客高峰，以满足最快速度的运行。

当客流量暂时很少时，有一台电梯在首层待命，其余电梯可在其余层站待命，以便在有召唤信号时，系统将离召唤层最近的电梯调度前往，以最快的速度最短的时间做出响应；当在夜间或公休日时，自动停止部分电梯，避免空负荷运行而浪费能源。

目前，国内外电梯技术的发展越来越迅速，研究也越来越深入，群控电梯技术采用几种人工智能技术相结合，比如模糊控制、专家系统和神经网络相结合，根据电梯交通数据，编制控制指令，控制各台电梯的运行，使其达到最优配置。

通过群控管理，可大大缩短候梯时间，提高电梯的运输效率，改善电梯运输的服务质量。

3. 配合消防系统协同工作

当发生火灾时，普通电梯自动载人驶入地上首层，切断电源，由应急电源供电，消防电梯自动投入运行，在地上首层待命，听从消防部门调遣。对于超高层建筑和级别高的宾馆等大型公共建筑，在防火控制中心设置显示各部电梯运行状态的模拟盘及电梯故障或异常状态时的操纵盘。

4. 配合安全防范系统协同工作

接到信号时，根据保安级别自动行驶至规定楼层，并对轿厢门实行监控。

3.6.5 电梯的电气保护

电梯安全保护系统的安全装置一般由机械保护装置和电气保护装置两大部分组成，国家标准 GB/T 10058—1997《电梯技术条件》对电梯的电气安全装置的设置作出了明确的规定：

- 1) 超速保护装置；
- 2) 供电系统断相、错相保护装置；
- 3) 超越上下极限工作位置时的保护装置；
- 4) 层门锁与轿门电气联锁装置；
- 5) 停电或电气系统发生故障时，应有慢速移动轿厢的措施；
- 6) 在机房中，对应每台电梯应装设一个能切断该电梯总电源的主开关，该开关应具有切断电梯正常使用情况下最大电流的能力；
- 7) 电气设备的一切金属外壳，必须采用保护接地或保护接零的装置（措施），零线与接地线应分开；
- 8) 轿顶应设红色标志的非自动复位开关；
- 9) 轿顶必须设检修开关。

1. 超速保护开关

超速保护开关的作用是防止电梯超速运行。在速度大于 1m/s 的电梯上，限速器上都设有超速保护开关，在限速器的机械动作之前，超速保护开关就应动作，切断控制电路，使电梯停止运行。有些限速器装有两个超速保护开关：第一个开关动作使电梯自动减速；第二个开关才切断控制回路。对于速度不大于 1m/s 的电梯，其限速器上的电气安全开关最迟在限速器达到其动作速度时才起作用。

2. 曳引电动机的过负荷保护

电梯所使用的电动机功率一般比较大，从几千瓦至十几千瓦，为了防止电动机过负荷后被烧毁，电气系统设置了热继电器过负荷保护装置。

在保护电路中常采用的 JR20 系列热继电器是一种双金属片热继电器，两只热继电器热元件分别接在曳引电动机快速和慢速的主电路中，当电动机过负荷超过一定时间，即电动机的电流大于额定电流，热继电器中的双金属片经过一定时间后变形，从而断开串接在安全保护回路中的触头，以保护电动机不因超时过负荷而烧损。目前也有将热敏电阻埋藏在电动机的绕组中，即当过负荷而发热引起阻值变化，经放大器放大使微型继电器吸合，断开其串接在安全回路中的触头，从而切断控制电路，强令电梯停止运行。

3. 电梯控制系统的短路保护

熔断器是最常用的一种电路短路保护装置，当电路发生短路时，电流剧增，使熔断器熔断，切断电源，对电气设备起到保护作用。

RCIA 型插入式熔断器的熔体为熔丝常用于极限开关的保护。此外，电梯电路中还采用了 RL 系列螺旋式熔断器和 RLS 系列螺旋式快速熔断器，用以保护半导体器件。

4. 供电系统相序和断相保护

当供电系统因某种原因造成三相动力线的相序与原相序不同时，就会使电梯原设定的运行方向变为相反的方向，这给电梯运行造成极大的危险性，此外，当曳引电动机在三相电源断相情况下不正常运转时，会导致电动机烧损。

电梯电气线路中常采用 XSJ 相序继电器，当线路错相或断相时，相序继电器切断控制电路，使电梯不能运行。近几年，由于电力电子器件和交流传动技术的发展，电梯的主驱动系统应用晶闸管直接供电给直流曳引电动机，以及以 IGBT 为主体的变频技术在交流调压调频电梯（VVVF）系统中的应用，使电梯系统工作与电源的相序无关，因此在这种系统中断相保护非常重要，所以电梯控制系统一般总是要求有断相和错相保护两者相结合的保护继电器。

5. 主电路方向接触器互锁装置

(1) 电气互锁 交流电梯运行方向的改变是通过主电路中的两个方向接触器，改变供电相序来实现的。如果两个接触器同时吸合，则会造成电气线路的短路。为防止短路故障的发生，在方向接触器上设置电气互锁，某一方向接触器的控制电路

受另一方向接触器辅助常闭触头控制，只有该方向接触器处于失磁状态时，另一方向接触器才能吸合，这样上下方向接触器就形成了电气互锁。

(2) 机械互锁 为防止上下方向接触器的电气联锁失灵，造成短路事故，在上下方向接触器的背面装设一根杠杆。当某一方向接触器吸合时，由于杠杆作用，限制住另一方向接触器的机械部分不能动作，使接触器触头不能闭合，从而达到机械联锁的目的。

6. 可切断电梯电源的主开关

每台电梯在机房中都装设一个能切断该电梯电源的主开关，并具有切断电梯正常行驶的最大电流的能力，例如有多台电梯时，还应对各个主开关进行相应的编号。注意，主开关切断电源时，不包括轿厢内、轿顶、机房和井道的照明、通风以及必须设置的电源插座等的供电电路。

7. 紧急报警装置

当电梯轿厢因故障被迫停驶，为使电梯司机与乘客在需要时能有效地向外求援，应在轿厢内装设乘容易于识别和触及的报警装置，以通知维修人员或有关人员采取相应的措施。报警装置可采用警铃（由充电蓄电池供电）或对讲系统（外部电话或类似形式的装置）。

第4章 安全防范自动化系统

智能建筑的安全防范系统具有设备众多、功能繁杂的特点，且随着信息社会中计算机及计算机网络的应用普及，大量的文件和数据都存在计算机中，安全防范系统的功能不仅局限于防止各种盗窃和暴力事件的发生，已扩展到保护知识产权的作用。为了能够进行有效管理，必须进行周密组织，针对特定的系统，必须强化其主要功能，从而形成以中央监控计算机为核心的综合性安全防范自动化系统。

4.1 概述

在智能建筑中，安全防范自动化系统，通常简称为安防系统，是一个相对独立的完整系统。其监测范围主要包括入侵报警、电视监控、出入口控制、电子巡更、停车场（库）管理及其他特殊要求子系统等。它对保证人们的人身和财产安全具有重要的作用。

4.1.1 安全防范自动化系统的基本功能

智能建筑需要多层次、立体化的安防系统，从防止罪犯发生的过程讲，应至少具有以下三个层次的保护。

1. 外部侵入保护

这是第一道防线，其目的是防止无关人员从外部侵入楼内，将罪犯排除在所防卫区域之外，例如防止罪犯从窗户、门、天窗、通风管道等地侵入楼内。

2. 区域保护

当罪犯突破了第一道防线，进入楼内，安防系统则需要提供第二个层次的保护，即区域保护。该层次保护的目的是探测是否有人非法进入某些区域，如果有，则向控制中心发出报警信息，由控制中心根据具体情况做出相应的处理。

3. 目标保护

第三道防线是对特定目标，如保险柜、重要文物等的保护，这是在前两道防卫措施都失效后的又一项防护措施。例如，对计算机房和主要设备控制中心机房等高安全区，应设置出入控制装置。

总之，智能建筑的安防系统最好在罪犯有侵入的意图和动作时就能及时发现，并尽快采取防范措施“拒敌于外”。当罪犯侵入防范区域时，智能安防系统能使保安人员及时发现，并能通过电视监视系统了解其活动。当罪犯把手伸向目标时，安防系统能采取相应的防范措施，同时还有事件发生前后的信息记录，以便事后对事件发生经过进行分析。

4.1.2 安全防范自动化系统的构成

安防系统要完成的功能以及要达到的智能化水平不尽相同，其配置和组成也会有较大差异，按照子系统机械地进行组合效果不会理想，而应该有针对性进行组合，特别是以网络为连接纽带的智能化组合，才会取得较满意的效果。

图 4-1 是安防系统的基本构成框图。它通常由入侵报警系统、电视监控系统、出入口控制系统、巡更系统、停车场管理系统等部分组成，其中系统主机位于建筑设备管理系统（BMS）的网络层，现场信息可以通过网络传送给建筑中央监控管理中心。

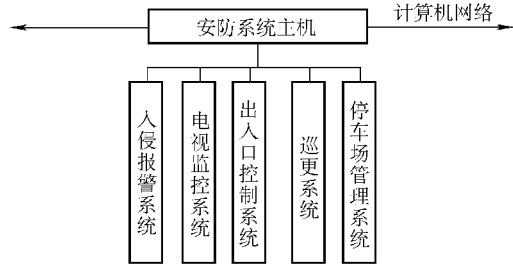


图 4-1 安防系统的基本构成框图

1. 入侵报警系统

入侵报警系统能根据建筑的安全技术防范管理的需要，利用各种探测装置对建筑重要的地点或区域进行布防，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。

2. 电视监控系统

电视监控系统利用在需要监控的场所、部位、通道等安装摄像机，向监视中心提供实时现场信息。显示与记录装置通常与报警系统联动，即当报警系统发现哪里出现事故时，联动装置使显示与记录装置立即跟踪显示，并记录事故现场情况，以供日后分析和使用。

3. 出入口控制系统

出入口控制系统的实现功能是，按各种不同的通行对象及其准入级别，对其进、出实施实时控制与管理，并具有报警功能。

出入口控制系统一般分为两种类型：一类是正常进入情况，但对人员需加以限制，这类系统主要是对进入人员的身份进行辨识；另一类是针对不正常的强行闯入情况，这类系统主要是通过设定的各种门磁控开关等发现闯入者，并报警。

4. 巡更系统

巡更系统按照预先编制的保安人员巡更软件程序，通过读卡器或其他方式对保安人员巡逻的工作状态（是否准时、是否遵守顺序等）进行监督、记录，并能对意外情况及时报警。

5. 停车场管理系统

停车场管理系统根据各类建筑物的管理要求，对停车场的车辆通道口实施出入控制、监视、行车信号指示、停车计费及汽车防盗报警等综合管理。

此外，安防系统还包括访客控制、广播音响系统等多种辅助功能系统，但不论

公共安全防范系统规模有多大、子系统有多少，其中入侵报警系统、电视监控系统和出入口控制系统都是安防系统基本和通用的三大组成部分。

4.2 入侵报警系统

通常，包括智能大厦在内的现代化的大型建筑，在其内部的主要设施和要害部门都要求设置入侵报警的装置，这些场所包括停车场、大堂、商场、银行、餐厅、酒吧、娱乐场所、设备间、仓库、写字楼层及其公共部分、大厦周围及主要场所的出入口等。

4.2.1 入侵报警系统的构成

图 4-2 所示为入侵报警系统的结构框图。

从图中可见，入侵报警系统负责建筑内外各个点、线、面和区域的侦测任务，一般由探测器、区域控制器和报警控制中心三个部分组成。它的设备分三个层次：底层是探测和执行设备，它们负责探测非法闯入等异常情况并报警，同时向区域控

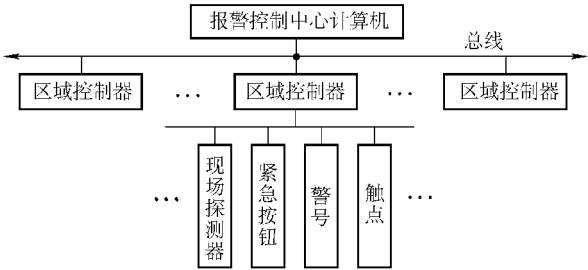


图 4-2 入侵报警系统的结构框图

制器发送信息；区域控制器再向报警控制中心计算机传送所负责区域内的报警情况；报警控制中心计算机负责管理整幢楼宇的防盗报警系统，并通过通信接口可受控于智能建筑管理系统（IBMS）主计算机。

4.2.2 防盗探测器

如何根据具体的环境恰当地选用探测器，以发挥各种探测器的功效，是建立防盗报警系统首要考虑的问题。下面对常用的几类探测器进行详细介绍。

1. 开关探测器

开关探测器是防盗系统中最基本、简单而经济有效的探测器，一般装在门窗上作为点控型探测器。这类探测器的传感器工作状态类似于电路开关，它可以把现场传感器的位置或工作状态的变化转换为控制电路通断的变化，并以此来触发报警电路。最常用的开关探测器包括微动开关、磁控开关两种。

（1）微动开关 微动开关是一种依靠外部机械力的推动实现电路通断的电路开关，其结构如图 4-3 所示。微动开关需要将其他固定在被保护物之下，一旦被保护物品被意外移动或抬起时，按钮弹出作用于动簧片上，使其产生瞬时动作，簧片末端的动触点 a 与静触点 b 快速接通，同时断开 c 点；当外力移去后，动作簧片在压簧的作用下，迅速弹回原位，电路又恢复使触点 a、c 接通，触点 a、b 断开，从而控制电路发生通断变化，引起报警装置发出声光报警信号。

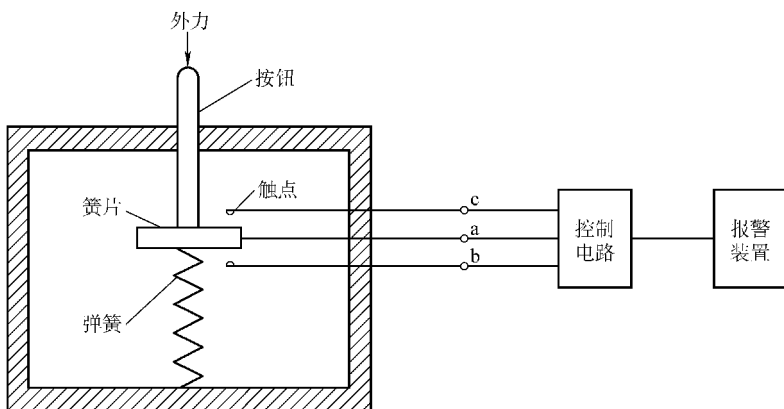


图 4-3 微动开关探测器结构

(2) 磁控开关 磁控开关由带金属触点的两个簧片封装在充有惰性气体的玻璃管（也称干簧管）和一块磁铁组成，常用作门的防盗探测器，其结构如图 4-4 所示。

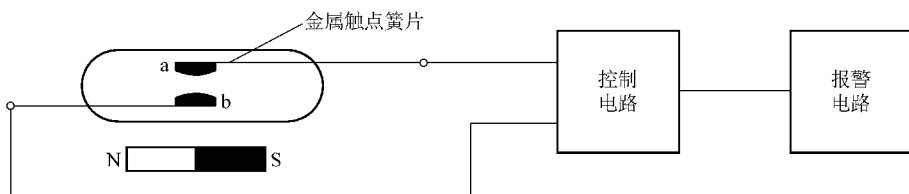


图 4-4 磁控开关探测器结构

当磁铁靠近干簧管时，管中带金属触点的两个簧片在磁场作用下被吸合，a、b 两点接通，当磁铁远离干簧管达一定距离时，干簧管附近磁场消失或减弱，簧片靠自身弹性作用恢复到原位置，则 a、b 两点断开。使用时，一般把磁铁安装在被防范物体（如门、窗）的活动部位，把干簧管装在固定部位（如门框，窗框），磁铁与干簧管的位置需要保持适当距离，关门后两者的距离应小于或等于 1cm，以保证门窗关闭时干簧管触点闭合，门窗打开时，干簧管触点断开，控制器产生断路报警信号。

2. 玻璃破碎探测器

玻璃破碎探测器一般应用于玻璃门窗的防护，装在面对玻璃面的位置。由于只对 10 ~ 15kHz 的玻璃破碎高频声音进行有效的检测，因此不会对玻璃本身的振动信号产生响应。

为了最大限度地降低误报，目前玻璃破碎报警采用了双探测技术，其特点是需要同时探测到破裂时产生的震荡和音频声响，才会产生报警信号，因而不会受室内

移动物体的影响而产生误报，增加了报警系统的可靠性，适合于昼夜 24h 的防范。

3. 微波探测器

微波探测器是利用微波能量辐射及探测技术而构成的，既能警戒空间，也可以警戒周界。按其工作原理，可分为移动式探测器和遮挡式探测器。

(1) 微波移动式探测器 微波移动式探测器是利用超高频的无线电波来进行探测的。探测器发出无线电波，同时接收反射波，当有物体在探测区域移动时，反射波的频率与发射波的频率有差异，两者的频率差，称为多普勒频率。探测器就是根据多普勒频率来判定探测区域中是否有物体移动的。由于微波的辐射可以穿透水泥墙和玻璃，在使用时需考虑安放的位置与方向，通常适合于开放的空间或广场。

(2) 微波遮挡式探测器 微波遮挡式探测器由微波发射机、微波接收机和信号处理器组成。它是通过分析收、发射机之间微波能量的变化来进行探测的。这种探测器必须将发射天线和接收天线相对放置在监控区域的两端，发射天线发射微波束直接送达接收天线，当有运动目标遮挡微波波束时，接收天线接收到的微波能量减弱甚至消失，此减弱的信号经检波、放大及比较，即可产生报警信号。

4. 声控探测器

声控探测器用微音器作为传感器，用来监测入侵者在防范区域内走动或者作案活动时发出的声响（如启、闭门窗，拆卸、搬运物品及撬锁时的声响），并将此声响转换为电信号，经传输线送入报警主控制器。此类报警电信号即可供值班人员对防范区域进行直接监听或录音，也可同时送入报警电路，在现场声响强度达到一定电平时，启动报警装置而发出声光报警。声控探测器通常与其他类型的报警装置配合使用，作为报警复核装置，可以大大降低误报及漏报率。

5. 周界探测器

周界探测器常称之为“电子篱笆”。它由若干种能感知周界被入侵的传感器组合而成，可以固定安装在围墙或栅栏上及地层下，当入侵者接近或超过周界时产生报警信号。目前，常用的传感器有泄漏电缆传感器、光纤传感器和平行线周界传感器三种类型。

(1) 泄漏电缆传感器 这种传感器是同轴电缆结构，但屏蔽层处留有空隙，电缆在传输时就会向周围泄漏电磁场，把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，就组成了泄漏电缆探测器。当有入侵者进入埋有泄漏电缆的探测区时，空间电磁场的分布状态发生变化，从而使接收机收到的电磁能量产生变化，此时能量的变化即可作为报警信号触发探测器工作。

(2) 光纤传感器 将光纤固定在长距离的围栏上，当入侵者跨越光缆时压迫光缆，使光纤的光传输模式发生变化，从而探测出入侵者的侵入，使探测器发出报警信号。

(3) 平行线周界传感器 这种传感器由多条平行导线构成，在多条平行导线中有部分导线与振荡频率为 $1 \sim 40\text{kHz}$ 的信号发生器连接，称为场线，工作时场线向周围空间辐射电磁场；另一部分平行导线与报警信号处理器连接，称为感应线，场线辐射的电磁场在感应线中产生感应电流。当入侵者靠近或穿越平行导线时，就会改变周围电磁场的分布状态，相应地使感应线中的感应电流发生变化，从而发出报警信号。

6. 超声波探测器

通常将 20kHz 以上频率的声波称为超声波。超声波探测器是探测室内运动物体的空间探测器，由于容易受到振动和气流的影响，在使用时，不要放在松动的物体上，同时也要注意是否有其他超声波源存在，以防止干扰。

由于工作方式的不同，目前主要可分为多普勒式探测器和脉动回波式探测器两种类型。

(1) 多普勒式探测器 多普勒式探测器由超声波发射器、超声波接收器和报警装置组成，工作时，发射机发射一定分布模式的超声波充满室内空间，接收机接收从墙壁、天花板、地板及室内其他物体反射回来的超声波，并不断与发射波频率进行分析比较。当室内没有移动物体时，收发频率不变，不产生报警。当有入侵者在探测区移动时，反射波产生多普勒频移，探测器即可检测出收、发波的频率变化，并以此作为报警信号输出。

(2) 脉动回波式探测器 脉动回波式探测器的工作原理与多普勒式探测器不同之处在于，它的发射机向空间发射的超声波能量较大，在室内产生多次反射后，使所防范空间的各个层次、各个角落都充满了密度较高的超声波能量。在入射波和多次反射波的共同作用下，室内空间超声波能量密度立体分布是不均匀的。当室内没有运动物体时，能量密度分布处于某一相对稳定状态；如果室内有运动物体时，就会使空间波腹点和波节点的立体分布状态随着物体的运动而连续变化，接收机就会接收到幅度连续变化的超声波信号，从而产生报警信号。

脉动回波式探测器的探测灵敏度与物体的运动方向无关，并且与室内物体多少、位置、角度也无关，还能探测出金属物体后面的入侵者。由于室外的运动物体不影响室内超声波的能量分布状态，因而对室外的运动物体不产生报警。

7. 红外线探测器

红外线探测器是利用红外线能量的辐射和接收技术构成的报警装置，按其工作原理，可分为热感式红外线探测器和光束遮断式红外线探测器两种类型。

(1) 热感式红外线探测器 热感式红外线探测器也称为人体探测器。因物体的不同，其所辐射的红外光波长亦有差异。由于红外光的波长范围是 $0.78 \sim 14\mu\text{m}$ ，人体所辐射的红外线波长在 $10\mu\text{m}$ 左右，因此热感式红外线探测器就是利用这种特点来侦测人体。

热感式红外线探测器根据探测原理不同,又分为量子型和热型两种。一般量子型探测器的灵敏度和响应速度都较热型探测器好,但其灵敏度对波长十分敏感。热型探测器的灵敏度与波长关系不大,其中又以焦电式探测器具有最佳的灵敏度和响应速度,是目前防盗系统中用得最多的。焦电式探测器上设有 $7\sim 15\mu\text{m}$ 的带通滤波器,以屏蔽非人体光源的红外线,而只有接近人体的温度发生变化时,才能产生响应。焦电式探测器内的探测元件,有装一个和两个之分。装两个时,根据差动效应,可以对干扰进行有效的抑制,这样可以提高其稳定性,防止误报。

一般来说,热感式红外线探测器是最有效的防入侵的探测装置,只有在下面两种情况下可能失效:一种是入侵者以很低的速度移动,一般小于 0.1m/s ,以使探测器无法感觉到温度的变化;另一种就是入侵者因故产生的热辐射非常小,探测器无法探测到。

(2) 光束遮断式红外线探测器 这种探测器由一个红外线发射器和一个接收器以相对方式布置组成。当入侵者横跨门窗或其他防护区域时,挡住了不可见的红外光束,从而产生报警信号。通常探测用的红外线必须先调制到特定的频率再发送出去,而接收器也必须配有频率与相位鉴别的电路来判别光束的真伪。

目前,比较先进的光束遮断式探测器是采用激光作为光束,由于激光有直射而不发散的特性,可以靠许多折射镜的布置来回交织构成一个防护圈或防护网,比单纯一道光束的红外线更为有效。由于其价格比较昂贵,目前尚未普及。

8. 双鉴探测器

双鉴探测器是将红外、微波、超声波等两种不同探测原理的探头组合起来,构成互补探测的复合报警器,以降低单一类型探测器的误报率。组合中的两个探测器应满足以下两个条件:一个是两个探测器有不同的误报机理,另一个是两个探头对目标的探测灵敏度必须相同。当上述条件不能满足时,应选择对警戒环境产生误报率最低的两种类型探测器。如果两种探测器对警戒环境误报率都很高,组合起来,误报率也不会显著下降,这样就没有实际应用意义。

目前,微波/遮断式红外探测器是误报率低、可信度高、应用广泛的一种双鉴探测器,它使两种探测器取长补短,在相互抑制本身误报和由环境干扰引起的假报警情况下的效果最好。同时,它采用了温度补偿技术,弥补了单一技术的遮断式红外探测器灵敏度随温度变化的不足,使微波/遮断式红外双鉴探测器的灵敏度不受环境温度的影响。

4.2.3 探测器的选择与布防

探测器选择是否适当、布置是否合理,将直接影响保安的效果。一套优秀的安防系统,需要各种探测器配合使用,才能取长补短,完成周密而安全的防护,所以设计安防系统时,要对现场进行仔细观察,并做出整体规划。

1. 探测器的选择

由于工作原理和技术性能的不同，各种防盗探测器适用的场合和防护的部位都不同。

按照防护的场合不同，通常微动开关、平衡磁控开关和压力垫适用于“点”的探测；微波、红外及激光遮挡式周界探测器适用于“线”的探测；红外、电视探测器、玻璃破碎探测器适用于“面”的探测；微波、红外遮断式、声控、超声波、双鉴探测器适用于“空间”的探测。

按照防护的部位不同，通常微波、声控、超声波、红外、双鉴探测器适用于室内；电视、红外、玻璃破碎、开关探测器适用于门、窗；电视、微波、红外、开关探测器适用于通道；微波、红外、周界探测器适用于周界。

2. 防范区域的勘察

防范区域的勘察分为室内和室外两种情况。室内防范现场勘察，即指建筑内部特定区域或部位及特殊目标；而室外防范现场勘察，即指大面积特定范围或独立建筑的周围警戒。

室内现场勘察应调查和了解的内容主要有：

- 1) 建筑结构，包括建筑内部面积、形状，顶板高度，一切可能的入口，如门、窗、天窗、通风口、地沟等。
- 2) 建筑材料，包括门窗的材料、结构、密闭性能、尺寸及方向等。
- 3) 环境因素，包括温度变化，阳光入射方向，附近是否有热源、超声源（空调机、空压机、风扇、暖气装置等）及电磁场干扰源。
- 4) 工作条件及室内布局，包括是否靠近公路、铁路、强振动源，是否有窗帘、门帘等易摆动或转动物，室内是否有较大的金属物，人工光源的照度及投光方向，室内物品的种类、摆放等。

室外现场勘察应调查和了解的内容主要有：防范区域的地形、地貌（平地、丘陵、山地、河流、湖泊），防范周界状况（是平地还是丘陵或是山地），植被情况（是否有草、树等植物），气候情况（包括气温、风、雪、雷雨、雾、冰雹等）和土质情况。此外，还应注意周围有无小动物及鸟类的活动，是否有地磁干扰（广播发射机及各种高频设备）。

3. 布防模式

通过现场勘察的实际情况及防盗探测器工作特性的分析，就可以确定布防模式。根据防范场所、防范对象及防范要求的不同，现场布防可分为周界防护、空间防护和复合防护三种模式。

(1) 周界防护模式 周界防护模式是指采用各种探测报警手段对整个防范场所的周界进行封锁，例如对大型建筑，采用室外周界布防，选用主动红外、遮挡式微波、电缆泄漏式微波等报警器；对大型建筑也可采用室内周界布防，使用探测器

封锁出入口、门窗等可能受到入侵的部位；对于面积不大的门窗可以用磁控开关，对于大型玻璃门窗可采用玻璃破碎报警器。

(2) 空间防护模式 空间防护时的探测器所防范的范围是一个特定的空间。在室内封锁主入口及入侵者可能活动的部位，对于小房间可仅用一个探测器；对于较大的空间，则需要采用几个探测器交叉布防，以减少探测盲区。

(3) 复合防护模式 周界防护模式是在防范区域采用不同类型的探测器进行布防，使用多种探测器对重点部位作综合性警戒。例如，对重点厅堂的复合防护可在窗外设周界报警器，门窗安装磁控开关，通道出入口设有压力垫，室内设双鉴探测器报警器，由此构成一个立体防范区。当防范区内有入侵者的进入或活动，就会引起两个以上的探测器陆续报警，这样在控制台上既可显示出入侵的地点，也可显示入侵者的路径及行踪，从而提高了报警系统的可靠性和安全性。

4.3 电视监控系统

电视监控系统，也称为闭路电视监控系统（Closed Circuit Television, CCTV），其主要功能是辅助保安系统对建筑物内的现场实况进行监视，使管理人员在控制室中能观察到楼内所有重要地点的情况，并为消防、楼内各种设备的运行和人员活动提供监视手段。

4.3.1 电视监控系统的构成

电视监控系统按其工作原理一般可分为摄像、传输、控制、显示与记录四个部分，其结构框图如图 4-5 所示。

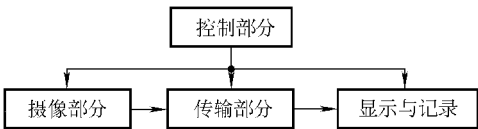


图 4-5 电视监控系统结构框图

1. 摄像部分

摄像部分安装在现场，包括摄像机、镜头、防护罩、支架和电动云台四部分，其作用是对监视区域进行摄像，并将其转换成电信号。

2. 传输部分

传输部分包括线缆、调制解调设备、线路驱动设备等，其作用是：一方面是把摄像机发出的电信号传到控制中心；另一方面将控制中心的控制信号传送到现场。

3. 控制部分

控制部分负责所有设备的控制，例如控制摄像机的焦距、光圈与图像信号的处理。

4. 显示与记录部分

显示与记录部分包括监视器、画面处理器和录像机等。控制中心将电信号转换成图像在监视设备上显示，记录部分则根据需要将监视区域的图像用录像机录制，所以显示记录用的主要设备是监视器和录像机。

4.3.2 摄像设备

1. 摄像机

电荷耦合器件 (Charge Coupled Device, CCD) 摄像机具有高灵敏度、高可靠性、寿命长、能在较宽的温度环境中长期正常工作等优点, 且技术日渐成熟化和商品化, 从而使得 CCD 摄像机在安防系统中的应用越来越普遍, 并使电视监控系统得到了飞速发展。

CCD 的成像原理是: 被摄物体的图像经过镜头聚焦至 CCD 芯片上, CCD 根据光的强弱积累相应比例的电荷, 各个像素积累的电荷在视频时序的控制下, 逐点外移, 经滤波、放大处理后, 形成视频信号输出, 视频信号连接到监视器或电视机的视频输入端便可以看到与原始图像相同的视频图像。CCD 通常由微型镜头、分色滤色片、感光层等三层结构构成。

(1) 微型镜头 微型镜头为 CCD 的第一层, 成像的关键就在于其感光层, 为了扩展 CCD 的采光率, 必须扩展单一像素的受光面积, 但是提高采光率的办法也容易使画质下降, 这一层“微型镜头”就等同于在感光层前面加上一副眼镜, 因此感光面积不再取决于传感器的开口面积, 而由微型镜片的表面积来决定。

(2) 分色滤色片 分色滤色片为 CCD 的第二层, 目前有两种分色方式: 一种是 RGB 原色分色法; 另一种则是 CMYK 补色分色法。这两种方法各有优缺点。RGB 即三原色分色法, 几乎所有人类眼镜可以识别的颜色都可以通过红 (Red)、绿 (Green) 和蓝 (Blue) 来组成, 这说明 RGB 分色法是通过这三个通道的颜色调节而成的。CMYK 是由青 (C)、洋红 (M)、黄 (Y) 和黑 (K) 四个通道的颜色配合而成的, 在印刷业中, CMYK 更为适用, 但其调节出来的颜色不及 RGB 的多。

原色 CCD 的优势在于色彩真实, 但缺点则是噪声问题。一般采用原色 CCD 的数码相机, 在 ISO 感光度上多半不会超过 400。相对地, 补色 CCD 多了一个 Y 黄色滤色器, 在色彩的分辨上比较仔细, 但却牺牲了部分影像的分辨率, 而在 ISO 值上, 补色 CCD 可以容忍较高的感光度, 一般都可设定在 800 以上。

(3) 感光层 感光层为 CCD 的第三层, 这层主要负责将穿过滤色层的光源转换成电子信号, 并将信号传送到影像处理芯片, 将影像还原。

CCD 芯片就像人的视网膜, 是摄像头的核心。目前我国尚无能力制造, 市场上大部分摄像头采用的是日本 SONY、SHARP、松下、富士等公司生产的芯片, 现在韩国三星等也有能力生产, 但质量就要稍逊一筹。因为芯片生产时产生不同等级、各厂家获得途径不同等原因, 造成 CCD 采集效果也大不相同。在购买时, 可以采取如下方法检测: 接通电源, 连接视频电缆到监视器, 关闭镜头光圈, 看图像全黑时是否有亮点, 屏幕上雪花大不大, 这些是检测 CCD 芯片最简单直接的方法, 而且不需要其他专用仪器; 然后可以打开光圈, 看一个静物, 如果是彩色摄像头, 最好摄取一个色彩鲜艳的物体, 查看监视器上的图像是否偏色、扭曲、色彩或灰度

是否平滑。好的 CCD 可以很好地还原景物的色彩，使物体看起来清晰自然，而残次品的图像就会有偏色现象，即使面对一张白纸，图像也会显示蓝色或红色。个别 CCD 由于生产车间的灰尘，CCD 靶面上会有杂质，在一般情况下，杂质不会影响图像，但在弱光或显微摄像时，细小的灰尘也会造成不良的后果。

摄像机是监视系统的重要部件，摄像机的选择和安装是决定系统整体性能的重要因素。下面重点介绍一下 CCD 摄像机的各种参数，以备读者在选择摄像机时作为参考。

2. CCD 摄像机的主要参数

(1) 色彩 摄像机有黑白和彩色之分，可以根据监视的目的和经济情况来决定采购什么型号的产品。一般黑白摄像机的灵敏度大约是 $0.02 \sim 0.51\text{x}$ ，彩色摄像机多在 11x 以上，因此黑白摄像机要比彩色的灵敏度高，比较适合用于光线不足的地方，如果使用的目的只是监视景物的位置和移动，可采用黑白摄像机。如果要分辨被摄物体的细节，比如分辨衣服和景物的颜色，则采用彩色的比较好。

(2) 电源和功耗 摄像机的电源一般有交流 220V 、交流 24V 、直流 12V 和直流 24V 等多种，在应用中可根据系统的电源和现场需要适当地选择。

CCD 摄像机功耗很小，一般小于 2W ，少数可达 10W 。

(3) 尺寸 CCD 摄像机扫描的有效面积，有时也叫靶面，通常是由等效的摄像管直径来标称的，有 $1/3\text{in}$ 、 $1/2\text{in}$ 和 $2/3\text{in}$ ($1\text{in} = 25.4\text{mm}$) 等几种，目前采用的芯片大多数为 $1/3\text{in}$ (靶面宽 $\times$ 高为 $4.8\text{mm} \times 3.6\text{mm}$ ，对角线为 6mm) 和 $1/4\text{in}$ (靶面宽 $\times$ 高为 $3.2\text{mm} \times 2.4\text{mm}$ ，对角线为 4mm)。

在购买摄像头时，特别是对摄像角度有比较严格要求时，CCD 靶面的大小、CCD 与镜头的配合情况将直接影响视场角的大小和图像的清晰度。

(4) 制式 摄像机同电视机一样，也有 PAL (逐行倒相) 制和 NTSC (国家电视标准代码) 制等几种制式之分，购买时要根据系统使用的制式选择。由于我国电视信号的制式是 PAL 制，所以市场上出售的摄像机大多数是 PAL 制式的，标准为 625 行、50 场，只有医疗或其他专业领域才用到一些非标准制式。另外，日本采用 NTSC 制，标准为 525 行、60 场。

(5) 清晰度 清晰度分水平清晰度和垂直清晰度两种，其中垂直清晰度受摄像机制式的限制，有一个最高的限度，例如 PAL 制的为 400 行，因而摄像机的清晰度是用水平清晰度来表示的。

如果用 R_Δ 表示水平清晰度， V 表示画面的垂直高度， H 表示水平长度， m 表示一条水平线上能再现的像素数，则水平清晰度可由下式定义：

$$R_\Delta = \frac{V}{H}m \quad (4-1)$$

一般 V/H 为 0.75 。CCD 摄像机的水平清晰度一般为 $300 \sim 700$ 行，当然，清晰度越

高越好，但价格也越贵，所以应根据实际需要慎重选择。

(6) 灵敏度（最低照度） 一般摄像机的灵敏度是用被摄物体的照度来表示，其单位为勒〔克司〕（lx）。被摄物体的亮度不仅取决于照度，还取决于表面的反射能力，所以摄像机的标称灵敏度是对白色反射率为 89.9%、黑色反射率接近零的测试卡而言的，通常摄像机给出最低照度。根据经验知识，景物的照度是摄像机所标最低照度的 10 倍时，就可以得到很清晰的图像。

CCD 摄像机的最低照度一般为 0.1 ~ 5lx。CCD 摄像机对红外光比较敏感，如果要在完全黑暗的地方进行监视，可加上红外光源。

(7) 同步方式 为了防止图像切换时产生闪跳现象，所有摄像机都需外加一个同步信号，主要有以下途径实现同步功能：

- 1) 内同步：用摄像机内同步信号发生电路产生的同步信号来完成操作；
- 2) 外同步：使用一个外同步信号发生器，将同步信号送入摄像机的外同步输入端；
- 3) 电源同步：也称为线性锁定或行锁定，是利用摄像机的交流电源来完成垂直推动同步，即摄像机和电源零线同步。

4) 外 VD 同步：将摄像机信号电缆上的 VD（场驱动）同步脉冲输入完成外 VD 同步。

5) 多台摄像机外同步：对多台摄像机固定外同步，使每一台摄像机可以在同样的条件下作业，因各摄像机同步，这样即使其中一台摄像机转换到其他景物，同步摄像机的画面亦不会失真。

(8) 自动增益控制 所有摄像机都有一个将来自 CCD 的信号放大到可以使用水平的视频放大器，其放大量即为增益，它等效于有较高的灵敏度，可使其在微光下灵敏地工作，然而在亮光照的环境中放大器将过负荷，使视频信号畸变。为此，需利用摄像机的自动增益控制（AGC）电路去探测视频信号的电平，适时地开关 AGC 电路，从而使摄像机能够在较大的光照范围内工作，这就是动态范围，这也就意味着在低照度时自动增加摄像机的灵敏度，可提高图像信号的强度来获得清晰的图像。目前市场上，CCD 摄像机的最低照度都是在这种条件下给出的参数。

(9) 白平衡 白平衡只用于彩色摄像机，可使得摄像机图像能够精确地反映景物状况，目前主要有手动白平衡和自动白平衡两种方式。

1) 自动白平衡：

① 连续方式：此时白平衡设置将随着景物色彩温度的改变而连续地调整，范围为 2800 ~ 6000K。这种方式对于景物的色彩温度在拍摄期间不断改变的场合是最适宜的，使色彩表现自然，但对于景物中很少甚至没有白色时，连续的白平衡不能产生最佳的彩色效果。

② 按钮方式：先将摄像机对准诸如白墙、白纸等白色目标，然后将自动方式开关从手动拨到设置位置，保留在该位置几秒钟或者至图像呈现白色为止，在白平衡被执行后，将自动方式开关拨回手动位置以锁定该白平衡的设置，此时白平衡设置将保持在摄像机的存储器中，直至再次执行被改变为止，其范围为 2300 ~ 10000K，在此期间，即使摄像机断电也不会丢失该设置。以按钮方式设置白平衡最为精确和可靠，适用于大部分应用场合。

2) 手动白平衡：开手动白平衡将关闭自动白平衡，此时改变图像的红色或蓝色状况有多达 107 个等级供调节，如增加或减少红色各一个等级、增加或减少蓝色各一个等级。此外，有的摄像机还有将白平衡固定在 3200K（白炽灯水平）和 5500K（日光水平）等档次命令。

(10) 电子光线控制 不少 CCD 摄像机利用电子快门，根据射入光线的亮度来调节 CCD 图像传感器的曝光时间，从而在光线变化较大时，也可以不采用自动光圈镜头。一般电子光线控制的范围，相对于电子快门在 1/50 ~ 1/10000s 范围内连续变化。

在 CCD 摄像机内，是用光学电控影像表面的电荷积累时间来操纵快门。电子快门控制摄像机 CCD 的累积时间，当电子快门关闭时，对 NTSC 制摄像机，其 CCD 累积时间为 1/60s；对于 PAL 制摄像机，则为 1/50s。当摄像机的电子快门打开时，对于 NTSC 制摄像机，其电子快门以 261 步覆盖从 1/60s 到 1/10000s 的范围；对于 PAL 制摄像机，其电子快门则以 311 步覆盖从 1/50s 到 1/10000s 的范围。当电子快门速度增加时，在每个视频场允许的时间内，聚焦在 CCD 上的光减少，结果将降低摄像机的灵敏度，然而较高的快门速度对于观察运动图像会产生一个“停顿动作”效应，这将大大地增加摄像机的动态分辨率。

(11) 逆光补偿 逆光补偿，又称为逆光补正或背光补偿，具有逆光补偿电路的摄像机，可以避免在逆光摄像下图像出现发黑不清的现象。

此外，在摄像机的选用上，还应重点考虑以下原则：

(1) 性价比 按技术性能指标的高低，摄像机可分为广播级、通用级、摄录级以及特殊级等，但作为一般的电视监视系统，选取通用级即可保证图像质量满足要求，而价格只有专业级的 1/5 ~ 1/6。

(2) 色彩 摄像机有彩色和黑白之分，对于电视监视系统，为了降低成本和实现无调整化，除非特殊需要外，均以灵敏度和清晰度都较高的黑白摄像机为宜。

(3) 尺寸 小尺寸摄像机体积小，使用方便，而大尺寸摄像机维护和修理方便，价格也相对便宜，故选择时应综合考虑，通常使用 1/3in 或 1/2in 摄像机。

(4) 灵敏度 应根据监视场合的监视目标的照度来选用不同灵敏度的摄像机，以确保画面清晰的质量要求。

3. 镜头

在电视监视系统中，镜头的作用是收集光信号，并成像于摄像机的光电转换面上。在设计系统时，它的选择与摄像机的选择是同等重要的。

镜头的选择要根据观察的视野和亮度变化的范围，同时兼顾所选摄像机 CCD 的尺寸。视野决定采用定焦距还是变焦距镜头，对定焦距，要考虑选择多大焦距，对变焦距，要考虑选择多大范围。亮度的变化决定是否使用自动光圈镜头。下面介绍一下镜头主要的参数选择。

(1) 空间分辨率 镜头的空间分辨率表示镜头所成像在单位长度上能分辨的黑白条纹数，其单位是线/毫米。对不同幅面格式的摄像镜头有一个最低的分辨率要求，它可以由下面公式计算：

$$N \approx \frac{180}{H} \quad (4-2)$$

式中 N ——镜头的分辨率；

H ——幅面格式的高度。

目前 CCD 摄像机可以将像素密度做得很高，因此其尺寸就可以做得很小，与之配套的电视摄像镜头的分辨率也应提高。如 1/2in 格式画幅为 4.8mm × 6.4mm，镜头的最低分辨率应为 38 对线/mm；而 1/3in 格式画幅为 3.6mm × 4.8mm，分辨率应大于 50 对线/mm。所以摄像机的靶面越小，对镜头的分辨率要求也越高。

(2) 镜头的尺寸 电视摄像镜头的尺寸，要由选用的摄像机的靶面大小来确定，一般大尺寸的镜头可以用在小靶面的摄像机上，反之则不行。这是因为光束的一部分被镜头和镜筒挡掉了，这种情况下得到的图像边缘不是发黑就是发虚，是不能用的。如果镜头的分辨率不高，大尺寸的镜头用在小靶面的摄像机上会损失图像的清晰度，这也是要注意的问题。

(3) 焦距 镜头的焦距和摄像机靶面的大小决定了视角。焦距越小，视野越大；焦距越大，视野越小。如果用 w 和 h 表示 CCD 的宽度和高度， f 表示焦距，则视角可用下式算出

$$\begin{cases} \text{水平视角: } \theta_w = 2\arctan \frac{w}{2f} \\ \text{垂直视角: } \theta_h = 2\arctan \frac{h}{2f} \end{cases} \quad (4-3)$$

由于一般监视器的光栅通常有 10% ~ 15% 的过扫描，所以图像的边缘不能被显示出来，因此设计时应考虑加上 15% ~ 20% 的裕量。

(4) 光圈（光圈指数或光圈数） 光圈是衡量镜头通光量的参数，是镜头焦距与通光孔径的比值，一般用 F 表示。镜头的规格上都标有最大的 F 值，例如 6mm/ $F1.4$ 表示最大的孔径是 4.29mm。 F 越小，通光量越大，它是与 F 数的二次方成反

比关系。

目前，市场上供监视摄像机用的镜头很多，就光圈而言，可分为手动光圈镜头及自动光圈镜头两种；就焦距而言，又可分为定焦镜头及变焦镜头两种。

(1) 手动、自动光圈镜头的选用 手动、自动光圈镜头的选用取决于使用环境的照度是否恒定。

对于在环境照度恒定的情况下，如电梯轿箱内、封闭走廊里、无阳光直射的房间内，均可选用手动光圈镜头，这样可在系统初装调试中根据环境的实际照度，一次性整定镜头光圈大小，获得满意亮度画面即可。

对于环境照度处于经常变化的情况，如随日照时间而照度变化较大的门厅、窗口及大堂内等，均需选用自动光圈镜头（必须配以带有自动光圈镜头插座的摄像机），这样便可以实现画面亮度的自动调节，获得良好的较为恒定亮度的监视画面。

对于自动光圈镜头的控制信号又可分为直流（DC）电压控制及视频（Video）信号控制。这在自动光圈镜头的类型选用上，摄像机自动光圈镜头插座的连接方式上，以及选择自动光圈镜头的驱动方式开关上，注意三者能协调配合好即可。

(2) 定焦、变焦镜头的选用 定焦、变焦镜头的选用取决于被监视场景范围的大小，以及所要求被监视场景画面的清晰程度。

在镜头规格一定的情况下，镜头焦距与镜头视场角的关系为：镜头焦距越长，其镜头的视场角就越小；在镜头焦距一定的情况下，镜头规格与镜头视场角的关系为：镜头规格越大，其镜头的视场角也越大。所以由以上关系可知：在镜头物距一定的情况下，随着镜头焦距的变大，在系统末端监视器上所看到的被监视场景的画面范围就越小，但画面细节越来越清晰；而随着镜头规格的增大，在系统末端监视器上所看到的被监视场景的画面范围就增大，但其画面细节越来越模糊。在镜头规格及镜头焦距一定的前提下，CS 型接口镜头的视场角将大于 C 型接口镜头的视场角。镜头视场角可分为图像水平视场角以及图像垂直视场角，且图像水平视场角大于图像垂直视场角，通常我们所讲的视场角一般是指镜头的图像水平视场角。

在电梯轿厢等狭小的被监视环境中，均应采用短焦距广角或超广角定焦镜头，如选用镜头规格为 1/2in，CS 型接口，镜头焦距为 3.6mm 或 2.6mm，这些镜头视场角均不小于 99°或 127°，这对于摄像机在狭小空间里一般标高为 2.5m 左右时，其镜头的视场角范围足以覆盖整个近距离狭小被监视空间。

对于一般变焦（倍）镜头而言，由于其最小焦距通常为 6.0mm 左右，故其变焦（倍）镜头的最大视场角为 45°左右，如将此种镜头用于这种狭小的被监视环境中，其监视死角必然增大，虽然可通过对前端云台进行操作控制，以减少这种监视死角，但这样做必将会增加系统的工程造价（系统需增加前端解码器、云台、防

护罩等)以及系统操控的复杂性,所以在这种环境中,不宜采用变焦(倍)镜头。

在开阔的被监视环境中,首先应根据被监视环境的开阔程度、用户要求在系统末端监视器上所看到的被监视场景画面的清晰程度,以及被监视场景的中心点到摄像机镜头之间的直线距离作为参考依据,在直线距离一定且满足覆盖整个被监视场景画面的前提下,应尽量考虑选用长焦距镜头,这样可以在系统末端监视器上获得一幅具有较清晰细节的被监视场景画面。在这种环境中,也可考虑选用变焦(倍)镜头(电动三可变镜头),这可根据系统的设计要求以及系统的性价比决定,在选用时也应考虑以下两点:

- 1) 在调节至最短焦距(看全景)时,应能满足覆盖主要被监视场景画面的要求;
- 2) 在调节至最长焦距(看细节)时,应能满足观察被监视场景画面细节的要求。

通常情况下,在室内的仓库、车间、厂房等环境中,一般选用6倍或者10倍镜头即可满足要求,而在室外的库区、码头、广场、车站等环境中,可根据实际要求选用10倍、16倍或20倍镜头即可。一般情况下,镜头倍数越大,价格越高,可在综合考虑系统造价允许的前提下,适当选用高倍数变焦镜头。

4. 云台

云台是安装、固定摄像机的支撑设备。它与摄像机配合可扩大监视的范围。

云台的种类很多,按用途分类,可分为通用型云台和特殊型云台;按其使用环境分类,可分为室内型云台、室外型云台、防爆型云台、耐高温云台和水下云台等;按其回转的特点分类,可分为只能左右旋转的水平云台和既能左右旋转、又能上下旋转的全方位云台。

在智能楼宇的监视系统中,最常用的是室内外全方位普通云台,图4-6所示为其结构。

全方位云台内部有两个电动机,分别负责云台的上下和左右各方向的转动,其工作电压的不同也决定了该云台的整体工作电压,一般有交流24V、交流220V及直流24V。当接到上、下动作电压时,垂直电动机转动,经减速箱带动垂直传动轮盘转动;当接到左、右动作电压时,水平电动机转动,并经减速箱带动云台底部的水平齿轮盘转动。云台分别由水平和垂直的限位栓微动开关实现其限位功能。当转动角度达到预先设定的限位栓时,微动开关动作切断电源,云台停止转动。限位装置可以位于

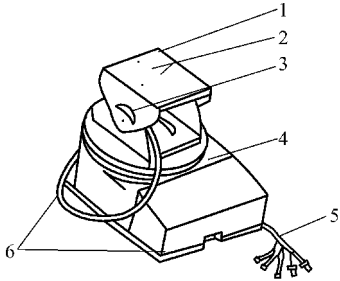


图4-6 全方位电动云台

- 1—摄像机安装座 2—摄像机外壳连接螺钉
- 3—垂直方位调整螺钉 4—水平方位调整螺钉
- 5—视频电缆 6—电动云台安装螺钉

预先设定的限位栓时,微动开关动作切断电源,云台停止转动。限位装置可以位于

云台外部，调整过程简单；也可以位于云台内部，通过外设的调整机构进行调整，调整过程相对复杂。但外置限位装置的云台密封性不如内置限位装置的云台。

下面介绍一下云台的主要选择参数，以供设计者根据实际需要选定适当云台。

(1) 转动速度 云台的转动速度是衡量云台档次高低的重要指标，云台水平和垂直方向是由两个不同的电动机驱动的，因此云台的转速也分为水平转速和垂直转速。由于载重的原因，垂直电动机在起动和运行保持时的扭矩大于水平方向的扭矩，再加上实际监控时对水平转速的要求要高于垂直转速，因此一般来说，云台的垂直转速要低于水平转速。

交流云台使用的是交流电动机，转动速度固定，一般水平转速为 $4^{\circ}/s \sim 6^{\circ}/s$ ，垂直转速为 $3^{\circ}/s \sim 6^{\circ}/s$ 。有的厂商也生产交流型高速云台，水平转速可以达到 $15^{\circ}/s$ ，垂直转速可达到 $9^{\circ}/s$ ，但同一系列高速型云台的载重量会相应降低。

直流型云台大都采用的是直流步进电动机。它具有转速高、可变速的优点，适合需要快速捕捉目标的场合，其水平最高转速可达 $40^{\circ}/s \sim 50^{\circ}/s$ ，垂直最高转速可达 $10^{\circ}/s \sim 24^{\circ}/s$ 。另外，直流型云台都具有变速功能，所提供的电压是直流 $0 \sim 36V$ 之间的变化电压。变速的效果由控制系统和解码器的性能决定，以使云台电动机根据输入的电压高低按相应转速进行转动。常见的变速控制方式有两种：一种是全变速控制，就是通过检测操作员对键盘操纵杆控制的位移量决定对云台的输入电压，全变速控制是在云台变速范围内实现平缓的变速过渡；另外一种是分档递进式控制，就是在云台变速范围内设置若干挡，各挡对应不同的电压（转速），操作前必须先选择所需转动的转速档，再对云台进行各方向的转动操作。

(2) 转动角度 云台的转动角度可分为水平和垂直两个角度，其中垂直转动角度与负荷（防护罩/摄像机/镜头）的安装方式有很大关系，由于限位栓会占用一定的角度，云台的水平转动角度一般都能达到 355° ，但会出现少许的监控死角。当前的云台都改进了限位装置，使其可以达到 360° 甚至 365° （有 5° 的覆盖角度），以消除监控死角，用户使用时可以根据现场的实际情况进行限位设置。例如安装在墙壁上的壁装式，即使云台具有 360° 的转动角度，实际上只需要监视云台正面的 180° 角度，即使转动到后面方向的 180° 也只能看到安装面（墙壁），没有实际监控意义，因此壁装式只需要监视水平 180° 的范围，角装式只需监视 270° 的范围。这样避免云台过多地转动到无需监控的位置，也提高了云台的使用效率。

(3) 承载能力 云台所承载的是摄像机、镜头和防护设备。其最大承载能力可定义为：摄像机（包括防护罩）的重心到云台工作面的距离为 $50mm$ ，该重心必须通过云台的回转中心，而且与云台的工作面垂直，此时的最大承载力是云台的标称值。如果负荷位置安装不当，重心偏离回转中心，增大了负荷力矩，实际的载重量将小于最大负荷量的设计值，因此云台垂直转动角度越大，重心偏离也越大，相应的承载重量就越小。

云台的载重量是选用云台的关键，如果云台载重量小于实际负荷的重量，不仅会使操作功能下降，而且云台的电动机、齿轮也会因长时间超负荷而损坏。云台的实际载重量可为 3 ~ 50kg 不等，同一系列的云台产品，侧装时的承载能力要大于顶装，高速型的承载能力要小于普通型。

对于室内云台，防护设备比较简单，重量轻，所以其承载能力设计得很小，一般在 8kg 左右。而室外云台必须有防水性能，因此电缆接口等都要考虑水密设计，同时室外防护罩由于考虑全天候工作，体积大，重量也大，所以其承载能力设计得较大，一般在 10kg 以上。

(4) 电源 目前市场上出售的云台的电压一般是交流 220V、交流 24V，特殊的还有直流 12V 的。

(5) 使用环境 室内使用的云台要求不高，云台使用环境的各项指标主要针对室外使用的云台，其中包括使用环境温度限制、湿度限制、防尘防水的 IP 防护等级。一般室外环境使用的云台温度范围为 -20℃ 至 60℃，如果用在更低温度的环境下，可以在云台内部加装温控型加热器，使温度下限达 -40℃ 或更低。湿度指标一般为 95% 不凝结。防尘防水的 IP 等级应达到 IP66 以上。另外，在实际使用中，应根据环境选择使用相适合的材料和防护层，如铁质外壳不适合使用在潮湿和具有腐蚀性的环境中。

5. 防护罩

摄像机的防护罩分为室内防护罩和室外防护罩两种。

(1) 室内防护罩 一般对室内防护罩的要求比较简单，其主要作用是防尘，有时也有隐蔽作用，使监视场合和对象不易察觉受监视。室内防护罩一般由涂漆或经阳极氧化处理的铝材、涂漆钢材、黄铜或塑料制成。如果使用塑料，应当使用耐火型或阻燃型。

防护罩必须有足够的强度，安装界面必须牢固，视窗应该是清晰透明的安全玻璃或塑料（聚碳酸酯），电气连接口的设计位置应该便于安装和维护。在室温很高的环境下，室内防护罩需要配置风扇，帮助散热。另外，某些使用环境要求高的场合，还要考虑外形美观，造型要有时代感，安装简单实用，或者可省去防护罩，直接把摄像机安装在支架上。

(2) 室外防护罩 室外防护罩，也称为全天候防护罩，主要功能是防晒、防雨、防尘、防冻、防凝露。其结构一般采用双层防水结构，由耐腐蚀铝合金制成，表面还涂有防腐材料；气温 35℃ 以上时，要有冷却装置，低于 0℃ 时要有加热装置。一般室外防护罩配有温度继电器，在温度高时，自动打开风扇冷却，温度低时自动加热，下雨时可以人为控制雨刷器刷雨。有些室外防护罩的玻璃可以加热，如果防护罩有结霜，可以加热除霜。

室外防护罩一般由铝材、带涂层的钢材、不锈钢或可以使用在室外环境的塑料

制成。制造材料必须能够耐受紫外线的照射，否则会很快出现裂纹、褪色、强度降低等老化现象。在需要防护罩耐用、具有高安全度、可抵抗人为破坏的环境中，应该使用不锈钢防护罩；经过适当处理的铝防护罩也是一种性能优良的防护罩，处理方法有三种：聚氨酯烤漆、阳极氧化、阳极氧化加涂漆。在有腐蚀性气体的环境中，不应该选择铝制或钢制防护罩；在盐雾环境中，应使用由不锈钢或特殊塑料制成的防护罩。

4.3.3 视频传输

监视现场和控制中心之间有两种信号传输：一种是由现场把视频信号传输到控制中心；另一种是控制中心把控制信号传输到现场。

1. 视频信号的传输

在智能建筑的监视系统中，信号的传输距离一般在 1km 以内，目前多采用视频基带的同轴电缆传输，且应穿金属管，远离强电线路，其优点是对外界的静电场和电磁波有屏蔽作用，传输损耗也比较小。然而该电缆的布线施工时，应对外部条件特别注意。

监视用的信号传输带宽为 50Hz ~ 4MHz，为把该信号的各频率都进行同样的传输，则要按照所使用同轴电缆的长度和特性进行补偿，表 4-1 列出了国产同轴电缆主要特性。

表 4-1 国产同轴电缆的主要特性

型 号	波阻抗/ Ω	30MHz 时衰减 (dB/m)	
		>	<
SYV - 75 - 2	75 $\pm$ 5	0.186	76
SYV - 75 - 3	75 $\pm$ 3	0.122	76
SYV - 75 - 1	75 $\pm$ 3	0.0706	76
SYV - 75 - 7	75 $\pm$ 3	0.0510	76
SYV - 75 - 9	75 $\pm$ 3	0.0369	76
SYV - 75 - 12	75 $\pm$ 3	0.0344	76
SYV - 75 - 15	75 $\pm$ 3	0.0274	76
SYV - 75 - 17	75 $\pm$ 3	0.0244	76
SYV - 75 - 23 - 1	75 $\pm$ 3	0.0200	76
SYV - 75 - 23 - 2	75 $\pm$ 3	0.0161	76
SYV - 75 - 33 - 1	75 $\pm$ 3	0.0164	76
SYV - 75 - 33 - 2	75 $\pm$ 3	0.0124	76

一般 SYV - 75 - 3 型电缆在 100m 内，SYV - 75 - 5 型电缆在 300m 以内时，其衰减的影响可以不予考虑。大于上述距离时，如果图像质量不好，要考虑使用电缆补偿器。

2. 控制信号的传输

在智能建筑的监视系统中，由于系统一般比较大，所以常采用如下两种控制方式传输控制信号。

(1) 通信编码的间接控制 随着微处理器和各种集成电路芯片的普及，目前规模较大的电视监视系统大都采用串行通信编码控制方式，这种方式用单根双绞线就可以传送多路编码控制信号，到现场后再行解码，传输距离可达 1km 以上，从而大大节约了线路费用。

(2) 同轴视控 同轴视控的传送方式，不需另铺设控制电缆，而使控制信号和视频信号复用一条同轴电缆。从原理上讲，它的实现有两种方法：一种是频率分割，即把控制信号调制在与视频信号不同的频率范围内，然后同视频信号复合在一起传送，在现场再把它们分解开；另一种则是利用视频信号场消隐期间传送控制信号。目前，这种一线多传方式的系统价格比较贵，设计时要综合考虑，但是却是未来的发展方向。

闭路电视系统一般是指有线传输，但在某些布线困难或难以实现的场合，还可以考虑无线传输，一般要向当地的无线电管理委员会申请频率范围。目前常用的无线传输设备是微波定向传输，采用这种方式在无阻挡情况下可传送 32km，比较适合交通、银行等监控系统。

4.3.4 视频控制

电视监控系统需要控制的项目如图 4-7 所示。

1. 电动变焦镜头的控制

变焦镜头是在固定成像面的情况下，能够连续调整焦距的镜头。它与电动旋转云台组合可以对相当广阔的范围进行监视，而且还可以对该范围内任意部分进行特写。对它的控制就是变焦、聚焦和光圈三种功能，每种有长短、远近或开闭两种控制，总计有六种控制。

2. 云台的控制

全方位云台有左右和上下四种控制，有些云台还有自动巡视功能，共有六种控制。

3. 切换设备的控制

切换设备的控制一般要求和云台、镜头的控制同步，即切换到哪一路图像，就控制那一

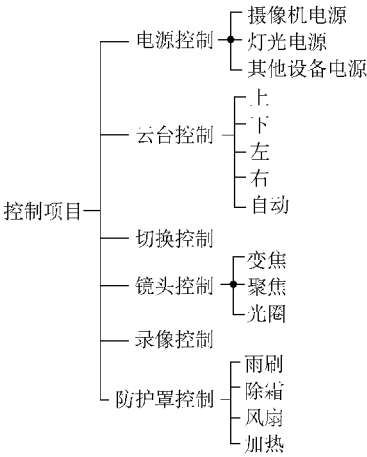


图 4-7 电视监控系统的控制项目

4.3.5 视频图像的显示与记录

显示与记录设备是安装在控制室内的，主要有监视器、录像机和一些视频处理设备。

1. 监视器

监视器是电视监视系统的显示设备，可将摄像机信号的图像监视、控制室的图像预览、线路信号监视等显示在监视器的荧光屏上。一般监视器有如下的特点：

1) 监视器只可输入视频信号和同步信号，没有射频（Radio Frequency, RF）调谐器。

2) 监视器的清晰度高，例如中清晰度的监视器的水平分辨率 ≥ 600 线，高清晰度监视器的水平分辨率 ≥ 800 线，均较一般电视机的400线高得多。

3) 监视器对电磁屏蔽要求高，这是由于在安防控制中心的多台监视器、视频处理器均在一起，要求尽量减少相互之间的电磁干扰，因而监视器多装有金属外壳。

2. 录像机

录像机是闭路电视监视系统中的记录和重放装置，与一般的家用录像机相比，有一些特殊的要求：一方面要求记录时间长，目前监视系统专用录像机可以录24h，还有960h的；另一方面要有遥控功能，即当需要对录像机进行远距离操作时，或要求在闭路电视系统中用控制信号自动操作录像机时，就需要遥控功能。

3. 视频切换器

在闭路电视监视系统中，摄像机数量与监视器数量的比例为2:1~5:1之间，视频切换器可以使我们用少量的监视器看多个监视点。它按一定的时序把摄像机的视频信号分配给特定的监视器，这就是通常所说的视频矩阵，切换的方式可以按设定的时间间隔对一组摄像机信号逐个循环切换到某一台监视器的输入端上，也可以在接到某点报警信号后，长时间监视该区域的情况，即只显示一台摄像机信号。

从视频信号输入和输出路数来分，主要有两种类型：一种是 n 路入1路出，这是最一般的形式，如图4-8所示；另一种是 n 路入 m 路出的系统，它要把 n 台摄像机的视频信号送给两台监视器，并且在一台监视器上能任意切换所有摄像机信号，这种切换器称之为视频矩阵，如图4-9所示。

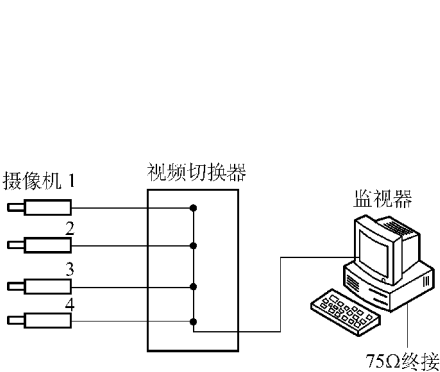


图 4-8 n 路入 1 路出的视频切换器

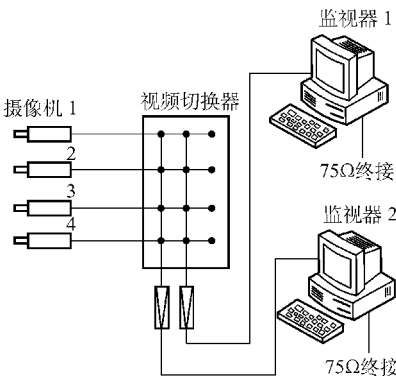


图 4-9 n 路入 m 路出的视频切换器

4. 多画面分割器

多画面分割器能够把多路视频信号合成一路输出，可以在一台监视器上同时显示多个画面。目前常用的分割方式常有4画面、9画面及16画面。使用多画面分割器可在一台监视器上同时观看多路摄像机信号，也可以一台录像机同时录制多路视频信号。现在一些比较好的多画面分割器还具有单路回放的功能，即能选择同时录下的多路视频信号的任意一路在监视器上满屏显示。

5. 视频分配器

视频分配器可将一路视频信号送到多个显示与记录设备，其构成如图 4-10 所示。视频分配器实际上是一个多输出的视频放大器。

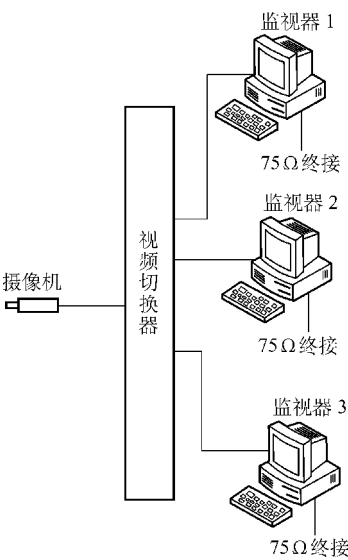


图 4-10 视频分配的基本形式

4.4 出入口控制系统

出入口控制系统也称为门禁管理系统，可实现对建筑正常的出入通道进行管理，控制人员出入以及在楼内或相关区域的行动。

4.4.1 出入口控制系统的构成

出入口控制子系统的结构框图如图 4-11 所示，由三个层次的设备组成。

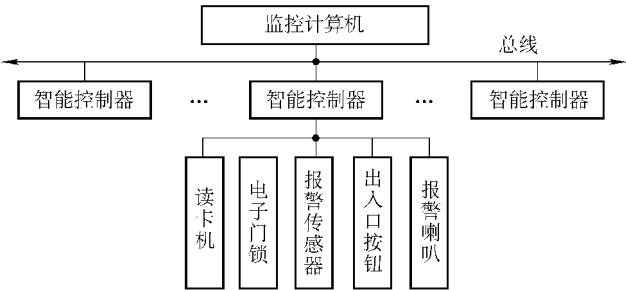


图 4-11 出入口控制系统框图

第一层为与人直接打交道的各种设备，包括读卡机、电子门锁、报警传感器、出入口按钮、报警喇叭等。第二层为智能控制器，它将从第一层设备获得的信息与预先存储的信息相比较，通过相应的控制算法做出判断信息，实现对第一层设备的相应控制。第三层为监控计算机，对防区内所有的智能控制器所产生的信息进行分

析、处理和管理，从而实现对整个防区的出入口管理。

目前，先进的出入口控制系统都是通过计算机网络来进行管理的，并可为局域网的一部分与其他子系统连网。

4.4.2 辨识装置

辨识装置是出入口控制系统的关键部件，其辨识性能将直接决定着出入口控制系统的控制品质，只有当进入人员的身份特征和储存在计算机中的特征信息相符时，系统才允许其进入。通常，人员的身份特征种类很多，可以使用密码（如采用密码卡），也可以利用人体生物特征（如声音、指纹与掌纹、视网膜等）；如果对安全性有更高要求的系统，可考虑设置生物辨识装置。下面简单介绍一下目前主要使用的辨识装置。

1. 磁卡

这类装置以各类卡片作为识别凭证，由配套使用的读卡机来判断信息是否符合，其优点是在断电后仍能长时间保存资料记忆，因此这类装置可做到一卡多用，既可以用作门卡，也可用作出勤卡等。根据卡片的工作方式，又具体可分为接触卡和感应卡两大类。

(1) 接触卡 接触卡主要包括条码卡、磁条卡、铁码卡、集成电路卡、红外线卡等。

1) 条码卡：条码卡是由印刷的黑白相间的条码或金属条置于塑胶卡夹层中而制作成的，很容易用激光印表机复制，且易脏和破损、变形，因此这种卡仅适用于安全性要求不高的场合，而在频率高、潮湿、脏污和过冷过热等恶劣环境下，其应用受到严重限制。目前，条码卡有逐渐被淘汰的趋势。

2) 磁条卡：磁条卡是将磁条贴在塑胶卡上构成的，其优点是价廉方便，外加密码辨识后可提高其安全性，缺点是易复制、易消磁和易污损。

3) 铁码卡：铁码卡也称为威根卡。它利用金属磁扰原理，采用先进的制造技术将卡片中间以特殊材质的细金属线排列编码。由于卡片一经剥离，金属线排列便遭到破坏，因此这种卡具有无法复制的优点。此外，卡片内特殊金属线不会受磁场磁化，所以有防磁、防水、防压效果，可用于气候极度恶劣的地区，并可长期使用，是目前安全性较高的卡片。

4) 集成电路卡：集成电路卡也称为 IC 卡，在非金融交易类应用中，主要是存储器卡；如果带 CPU，并且 EPROM 容量在 1KB 以上的，则称为智能卡。为了提高安全性，对信用卡或储蓄卡等类智能卡，有的附加上客户指纹特征字节，以提高可靠性。此外，为了满足一卡多用的需求，有的对卡内存储器（如快闪存储器等）的存储区域进行相应划分，不同区域对应不同的用途。

5) 红外线卡：红外线卡以特殊的方式在卡片上设定密码，由红外线光读卡机阅读，其缺点是易复制、易脏损。

(2) 感应卡 感应式出入口读卡系统的基本配备包括读卡机、控制器及发射应答器(识别卡),其工作过程为:利用射频(RF)感应辨识技术,通过读卡机产生的电磁场,激发识别卡内部的编程芯片,使得该编程芯片被激发后发出射频电波,由此射频电波负荷一组识别码(标识码(ID))传回读卡机。读卡机再将其信号放大后传至解码器,解码器运用模/数转换电路将此信号转换成数字信号,再经解码后,通过通信接口以串行方式传输给CPU,完成感应识别的功能。

感应卡由一片经编程的特殊芯片和一组天线组成,芯片是感应卡的核心元件,天线用来发射和接收电磁波。

感应卡读卡机,如果按照其识别元件(卡片)不同,可分为不需电池供应电力的被动发射和由电池供应电力的主动发射两种;如果按照其读取单元,则又可分为天线与读卡机分离式和天线与读卡机整合式两种。读卡机常用频率范围有100~150kHz的低频;13.56MHz的中频和2.45GHz的高频。频率越高,读取距离就越远,可感应的距离一般为40~300cm。

感应卡具有防水、防污、刷卡方便、感应速度快、节省时间以及可用于恶劣环境等优点,且由于卡上的IC芯片可以储存资料,不容易仿造,因此感应卡会朝着结合信用卡、身份证、汽车驾照、电信卡、出入口卡等多功能方向发展,加之具备隔墙感应特性,因此具有隐秘性,未来发展前景广阔。

2. 人体生物特征识别技术

人体生物识别技术是以人体生物特征作为辨识凭证,对其身份进行识别的一门技术。由于生物特征具有唯一性、终身不变、无法仿冒与借用、不用携带、不怕遗失、不会遗忘的特点,因此特别适用于核电站、航空管制塔、机要文件管理、计算机中心等高机密性场所等出入人员的身份识别。根据生物特征的种类不同,主要有以下几种生物特征识别方法。

(1) 指纹识别 相对于其他生物识别技术,指纹识别实现容易,是最常使用的一种人体生物识别技术。指纹识别主要包括活体指纹图像获取,指纹特征提取和指纹比照三部分。指纹比照通常采用特征点法,目前在出入口管理系统中,大部分指纹比照装置是以线形来取指纹,抽出指纹上山状曲线的分歧点或指纹中切断的部分(端点)等特征点,特征点是一个三维矢量,包含了位置和方向等信息。法律上规定拥有12个相同特征点的两个指纹为同一指纹,但是为了安全起见,实用装置采集比对的特征点甚至超过100个。此外,还有指纹自动分类、定位、形态和细节特征提取与指纹自动匹配的算法。在特征点法的辨识中,手指按压或流汗、指纹线的愈合和伤痕对辨识影响不大。登录指纹数为2000枚左右的指纹机,在与输入者个人标识码并用时,可做到读取判定时间1s以内,误判率低于0.1%。

此外,相位设定法也是指纹比照常用的方法,它的工作过程是将指纹角度的相对位置以傅里叶方式变换指纹图像,用以辨识指纹相位的相关强度,原理上不

受指纹位置与图像明暗的影响，在与输入者个人标识码并用时，读取判定时间为 0.1s，误判率在 0.1% 以下。

因为相位设定处理方式单纯，适用于制作大规模集成电路，同时相应的周边设备精简，所以可实现小型化及成本便宜的出入口辨识装置。

(2) 掌形识别 掌形识别技术是通过在三维空间测试手掌的形状、4 指的长度、手掌的宽度及厚度、各指两个关节部分的宽与高等来实现识别功能的，由于掌形识别器识别速度快、误差率低，因此主要用于金库门和通道控制上。

在掌形识别技术中，手的长度与宽度数据以俯视角度获得，手的厚度数据从侧视角度获得，从而获得手的轮廓数据，最终经数据压缩将手的图像变换成若干字符长度的辨识矢量，作为用户模板存储起来，比照时只要符合手掌的长、宽、高、指关节、手指间距等 8 个特征点即可。掌形识别机在登记约 2 万个掌形时，读取判定时间为 1.2s，误判率为 0.1% 以下。

在此基础上，国外还发展了能够比对手掌 14 个特征的扫描仪。因为世界上不存在 14 种特征完全相同的另一只手掌，因此只要事先将每个人手掌的 14 个特征存储在芯片上，并做成卡片，就可以成为未来全世界通用的护照。检查时只要将手掌放入扫描仪中，仪器阅读手掌上的生物特征，并将它与芯片上的 14 个数据比较，即可验明正身。

(3) 视网膜识别 视网膜识别技术只能用于生物活体，因此不可能伪造，通常是通过微弱的近红外线来检查视网膜路径来实现辨识功能，但是在眼底出血、白内障、戴眼镜的状态下却无法辨识比照。在误判率百万分之一的高精密度下，个人资料为 92 位，登记 1500 枚时，识别时间在 5s 以下。

(4) 虹彩识别 眼睛虹彩不同于视网膜，它存在于眼睛的表面（角膜的下部），是瞳孔周围的有色环形薄膜。眼球的颜色由虹膜所含的色素决定，不受眼球内部疾病等影响，且从出生第二年左右，虹彩就为各人特有，终生不变，因此具有识别功能，在距离摄像机 1m 左右拍摄，虹彩比照的阻碍比较少。新推出的虹彩识别产品，个人资料为 256 位，可达到误判率为十万分之一以下的高精度，且在眼睛上贴眼球相片的伪造者，也会在眼球转动测试中被排除。

(5) 脸面识别 脸面识别是通过眼、鼻、口、眉、脸的轮廓形状和位置关系，以及脸的轮廓阴影等特征来进行辨识。在实际运用中，可采用两台摄像机立体拍摄面貌影像，获取样本，以防止用照片进行仿冒。

(6) 声音识别 声音识别通过个人特有的声音的比照来实现辨识功能，然而由于人的声音会因感冒等疾病的影响而发生变化，而且应用场所的噪声也会对声音识别装置产生影响，因此这种辨识方法识别精度不高，应用受到一定程度的制约。

(7) 签名识别 签名识别是利用笔顺、笔运、笔压等特征来识别身份，将签名识别技术应用到信用卡等需要签名的场合，可极大地提高其安全性和可靠性。实

际运用中，比照一个签名只需要 0.1s。

4.5 电子巡更系统

智能建筑的出入口多、进出人员复杂，为了维护楼宇的安全，必须设置巡更系统，派专人负责安全巡逻，重要地方还需设巡更站，定时进行巡更。自古以来，巡更就是维持社会治安的一种有效手段，智能建筑的巡更系统本质上和我国古代的敲更没有什么不同，只不过借助了高新技术手段而已。

4.5.1 电子巡更系统的构成

智能建筑的巡更系统实质上是一个由微机管理的应用微电子技术的系统，其结构如图 4-12 所示。图中，巡更点的数量和位置由建筑的具体情况而定，一般可达几十个点上，多安装于建筑物内的重要位置，巡更点可以是密码台，也可以是电锁。

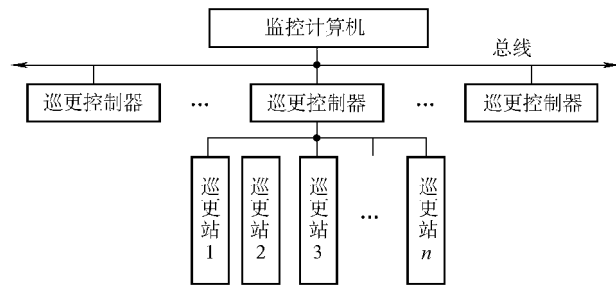


图 4-12 巡更系统结构框图

巡更管理系统的主要功能是，保证保安值班人员能够按时、顺序地对建筑的巡更点进行巡视，同时保护巡更人员的安全。通常在巡更的路线上安装巡更开关，巡更保安人员在规定的时间内到达指定的巡更点，并且用专门的钥匙开启巡更开关，向系统管理中心发出“巡更到位”的信号。系统管理中心收到信号后，记录下巡更到位的时间、巡更点编号。如果在规定的时间内，指定巡更点未发出“巡更到位”的信号，该巡更点将发出报警信号，如果未按顺序开启巡更开关，未巡视的巡更点也会发出未巡视状态信号，并记录在系统管理中心。

4.5.2 电子巡更系统的类型

电子巡更系统一般有在线式和离线式两类。

1. 在线式电子巡更系统

在线式电子巡更系统一般多共用入侵报警系统的设备，由入侵报警系统中的警报接收与控制主机编程确定巡更路线，每条路线上有数量不等的巡更点。巡更点可以是门锁或读卡机，视为一个防区，巡更人员在走到巡更点处，通过按钮、刷卡、开锁等手段，以无声报警表示该防区巡更信号。

倘若巡更管理系统与电视监控系统综合在一起，更能检查是否巡更到位，监控中心也可以通过对讲系统或内部通信方式与巡更人员沟通和查询。

2. 离线式电子巡更系统

离线式电子巡更系统灵活、方便，不需要布线，可应用于宾馆和智能大厦，也可作为巡更人员的考勤记录。

离线式电子巡更系统通常由一台 PC、Windows 操作系统、接触探头、接触探头发送器和信息存储器几部分组成。接触探头由金属浇铸而成，内有 9V 锂电池供电的存储器，容量达 128KB 以上，内置日期和时间。而信息存储器是由不锈钢封装的存储器芯片，每个信息存储器在制作时均被注册了一个唯一的序列号，它们用强力胶固定在巡更点上。这样在巡更员将其接触探头放在巡更点的信息存储器上时，会发出蜂鸣声，互相连通的电路就会将信息存储器中的数据存入接触探头的存储单元中，完成一次存读。此后，只需将每个接触探头插入接触探头发送器，就可通过串行口与计算机连通，读出其中的巡更记录。

4.6 停车场管理系统

停车场管理系统，是利用高度自动化的机电设备对停车场进行安全、快捷、有效的管理。由于减少了人工的参与，从而最大限度地减少人员费用及人为失误造成的损失，极大地提高了停车场的使用效率。

4.6.1 停车场管理系统的构成

停车场管理系统通常包括中央控制计算机、自动识别装置、临时车票发放及检验装置、挡车器、车辆探测器、监控摄像机、车位提示牌等设备。

1. 中央控制计算机

中央控制计算机是停车场自动管理系统的控制中枢，负责整个系统的协调与管理，包括软硬件参数控制、信息交流与分析、命令发布等，它将管理、保安、统计及商业报表融合为一体，既可以独立工作构成停车场管理系统，也可与其他计算机网相连，组成一个更大的自控系统。

2. 车辆的自动识别装置

车辆自动识别是停车场自动管理的核心技术，通常采用磁卡、条码卡、IC 卡、远距离射频（RF）感应卡等识别装置，从使用方式上，可分为接触型（刷卡型）和非接触型（感应型）两种类型。

（1）接触型卡 接触型识别方式使用磁卡、条码卡、IC 卡等，优点是价格低、制作简单，缺点是需要刷卡过程，容易损坏、处理信息速度慢。

（2）非接触型卡 非接触型卡使用 RF 感应卡，具有保密性好、难以伪造等优点，同时它还省去刷卡过程，提高了识别速度。而且由于在识别系统中不存在活动机械装置，杜绝了塞卡现象的发生，从而极大地提高了可靠性。

非接触型卡又可分为近距离 RF 感应卡和远距离 RF 感应卡两种，其中近距离 RF 感应卡采用反向散射技术，识别距离为 0.3 ~ 0.6m；远距离 RF 感应卡，采用声表面波技术，识别距离为 0.3 ~ 6m，当使用高速识别技术后，车辆可以在高速行驶（时速 < 200km/h）下进行识别。

3. 临时车票发放及检验装置

此装置放在停车场出入口处，对临时停放的车辆自动发放临时车票。车票可采用简单便宜的热敏票据打印机打印条码信息，记录车辆进入的时间、日期等信息，再在出口处或其他适当地方收费。

4. 挡车器

在每个停车场的出入口处都安装电动挡车器。它受系统的控制升起或落下，只对合法车辆放行，防止非法车辆进出停车场。挡车器有起落式栏杆、升降式车挡（柱式、锥式、链式等）。

5. 车辆探测器和车位提示牌

车辆探测器一般设在出入口处，负责对进出车场的每辆车进行检测、统计。它将进出车场的车辆数量传送给中央控制计算机，通过车位提示牌显示车场中车位状况，并在车辆通过检测器时控制挡车器栏杆落下。

6. 监控摄像机

在车场进出口等处设置电视监控摄像机，将进入车场的车辆输入计算机。当车辆驶出出口时，验车装置将车卡与该车进入时的照片同时调出，检查无误后放行，以避免车辆丢失。

4.6.2 停车场管理系统的设计

根据使用对象的不同，停车场可分为内部停车场和公用收费停车场两大类。

1. 内部停车场

内部停车场面向本单位自用，主要实现各单位内部车库、住宅小区、写字楼公寓等的车辆保安与管理，其特点是使用者固定，禁止外部车辆使用，使用者对设施使用时间长。在早晚上班等高峰期出入密度较大，对停车场设备的可靠性及处理速度要求较高。

内部停车场宜采用非接触型 RF 感应卡，在小型停车场可配备短距离 RF 感应卡系统，该系统造价低，对需要停车识别时，不会造成过多的堵车。在大型停车场可配备远距离 RF 感应卡系统，系统能自动识别远距离带卡车辆，挡车器根据授权自动开关，车辆可连续进入，不会造成出入口堵塞，设备使用寿命长，但价格较高。

2. 公用收费停车场

公用收费停车场主要是为临时性的停车服务，车场使用者通常为临时一次性的使用者，数量多、时间短。要求车场管理系统运营成本低廉、使用简单、设备牢固

可靠、可满足收费等商业处理要求。因此，公用收费停车场宜采用磁卡或打印条码卡，价格低，使用方便，配置灵活。

综上所述，智能建筑的安防系统主要由入侵报警系统、电视监控系统、出入口控制系统、电子巡更系统和停车场管理系统等若干个子系统组成。过去甚至现在许多建筑中对这些安防子系统采用的是组成模式，即选用相互独立的不同厂商的设备进行自成体系的系统设计。在这种组成模式中，因各子系统相互独立，造成各个系统的硬件设备大量重复，而且要求操作管理人员熟悉掌握各个不同厂商的产品和技术，系统的投资高，维修成本也高，同时系统管理效率低。目前，基于系统集成的安防系统正在兴起，其结构框如图 4-13 所示。

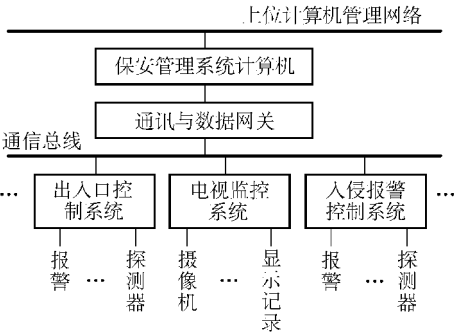


图 4-13 采用集成模式的安防系统结构框图

入侵报警系统、电视监控系统、出入口控制系统、电子巡更系统和停车场管理系统等若干个子系统建立在同一个计算机网络的平面上，共享同一管理软件和集中统一操作，使各子系统的管理级都集中到一个中央监控计算机主机上，并采用了统一的并行处理、分布式计算机操作方式，不仅提高保安管理工作的效率，同时还提高了系统容错性和可靠性。

4.7 安全防范自动化系统的体系结构

从体系结构来看，综合性的公共安防系统可以有下列几种组成方式。

1. 以视频矩阵切换控制器为中心的系统结构

这类系统的基本结构框图如图 4-14 所示。视频矩阵切换控制器响应由各类报警探测器发送来的报警信号，联动实现相应报警部位摄像机图像的切换显示。视频矩阵切换控制器与每台摄像机间视频和控制信号的传输，既可以是以多芯电缆传输的常规型，也可以是以单根同轴电缆传输的同轴视控型。该系统本质上是独立式系统，不具备连机上网能力。

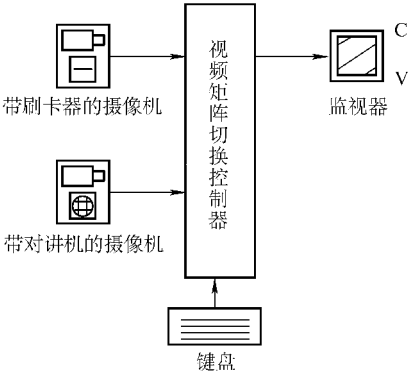


图 4-14 以视频矩阵切换控制器为中心的系统结构

这类系统的未来的发展趋势是：

1) 不局限于视频切换，将音频也包纳在其中，从而实现视频、音频同步全交叉矩阵切换；

2) 键盘除了有以有线方式连接外，还将增配红外无线遥控器；

3) 增强视频矩阵切换控制器本身的菜单编程功能，用菜单选择完成系统状态、工作方式和显示方式、预置位设置与快速预置定位、报警探测的布防与撤防、报警联动控制等编程项目的设置和执行，植入汉字字库芯片，实现用汉字标识摄像机名称和工作状态等提示信息。

2. 由视频矩阵切换控制器和微机组成的二级控制系统

这类系统仍然以视频矩阵切换控制器为切换与控制的核心部件，在兼顾以视频矩阵切换控制器组成的基本系统全部功能的基础上，新增配的微机将起到上位机的指挥命令功能，既可以替代键盘实现显示切换、控制前端等动作，也可将显示屏作为一个监视器显示任何视频图像。若在微机中配备视频图像采集卡，则可具有报警时刻、报警现场、图像采集存储及报警图像资料库检索查询等功能。同时微机还可以管理出入口控制装置，连带微机本身也可参与连网，以接收来自网络上的相关信息源。视频矩阵切换控制器与上位微机之间通过 RS - 232 或 RS - 485 标准接口进行通信。这种系统具有层次型结构，其基本结构框图如图 4-15 所示。

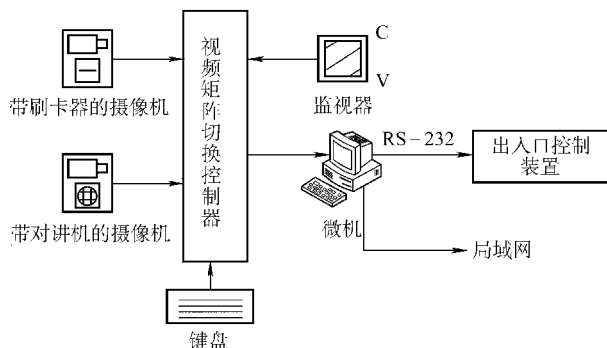


图 4-15 视频矩阵切换控制器和微机组成的二级控制系统结构框图

在较特殊的应用场合，可将视频矩阵切换控制器放置于摄像前端现场，称之为“前端切换”方式，从而可大大降低工程实施时线缆的使用量。另外，在某些情况下，也以用多台微机作为系统的分控操作，实现键盘的控制。

视频矩阵切换控制器加微机组成的二级控制系统不仅将系统的控制档次升级，而且微机的引入将大大丰富系统的信息资源，如可以很方便地实现汉字系统、快速查询报警信息等，目前这种结构的系统在国内较为流行。

3. 控制与管理相融合的一体化系统

这类系统与视频矩阵切换控制器和微机组成的二级控制系统相比，较视频矩阵切换控制器和微机相配合的功能在组合方式上更进一步地融合，常用的实现方案有：

- 1) 将视频矩阵切换、对前端摄像设备控制等功能以插卡形式装入通用微机之中，形成以微机为核心的一体化系统；
- 2) 将微机部件纳入视频矩阵切换控制器，形成新型微机化控制器的方案；
- 3) 系统自成体系，其所有的产品均具有 RS - 485 接口，通过一根双绞线作为总线进行双向通信，包括多画面处理器、视频切换器、红外报警模块等；对于不具有 RS - 485 接口的微机、调制解调器等设备，则需要经过适配器作接口转换后挂接。

不论技术上的实现途径如何，重要的是系统功能的增强，这样除了能完成视频矩阵切换和对摄像机前端的控制功能外，这类系统同时还具备很强的计算机管理功能，例如能够设置注册密码、具有编程能力和菜单选择、可输入输出报警信息与图像信息，并能随时予以检索查询、可完成出入口控制及报警联动操作、具有连网通信与网上传输功能等。

微机与视频矩阵切换控制器的一体化控制系统框图如图 4-16 所示。这类系统均内置有多路报警输入与输出，可配接多台分控键盘 (PC 或专用控制键盘)，并连接较多的前端解码器，大型系统可实现分级、分层控制连网。

随着计算机技术、网络技术的高速发展，以及信息时代对安防系统的功能要求不断提高，计算机必将成为安防系统的核心部件，它将视频矩阵切换控制器、报警控制装置、出入口控制等设备作为其外部设备，同时将视频、声音、传输通信等多媒体功能全部纳入，这必将成为未来的一个发展方向。

4. 大型网络式监控系统

这种系统以网络为核心，所有的子系统或设备均可挂在网上运行，并通过网络完成信息的传输和交互。监控装置完成基本监视与报警功能，网络通信实现命令传递与信息交换，计算机系统则统一管理整个安防管理系统的运行。这类系统的特点是：

- 1) 系统为组合式的大范围监控系统。
- 2) 监控图像与报警信息具有在网上传输的能力，特别是影像的传输；网络的类型可以是常规或快速以太网、光纤网络，也可以是高速宽带的异步传输模式 (ATM) 网。

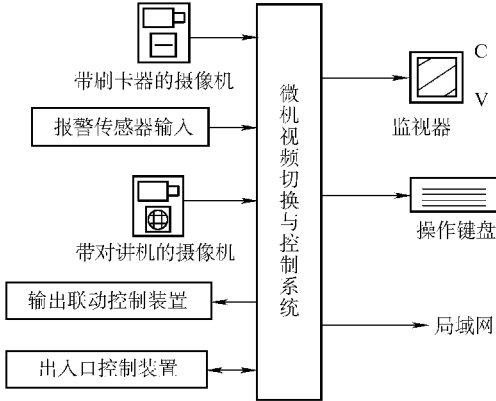


图 4-16 控制与管理相融合的一体化系统结构框图

3) 基于图像压缩、多路复用等数字化技术应用基础上, 实现综合性安防管理系统, 它建立在社会公共信息网络之上, 真正实现电视监控、探测报警和出入口控制三个安全防范要素的有机结合。

4) 能够较好地与智能大厦管理控制系统相结合, 成为智能建筑管理系统 (IBMS) 的有机组成部分或者融合成一体, 其实用系统的结构框图如图 4-17 所示。

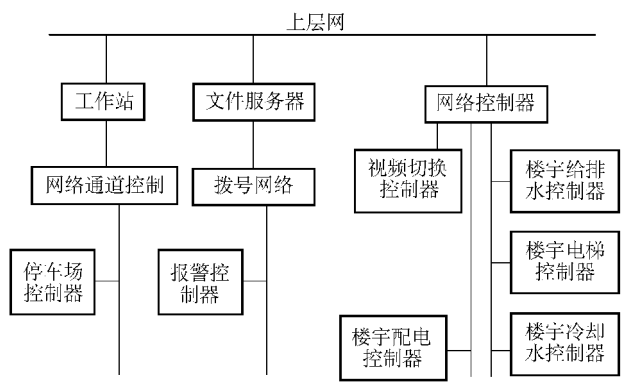


图 4-17 大型网络式监控系统结构框图

5. 分布式安全防范系统

由于安防系统缺乏统一的标准, 各厂商的产品没有兼容性, 因此给使用者带来诸多不便, 为此近来业内人士基于现场总线技术和现场总线控制系统 (FCS), 提出了一种基于现场总线和 PLC 的分布式安全防范系统, 以实现信号传输的全数字化、系统结构的全分散式、通信网络的开放互连性和技术标准的全开放性。

这种系统以 PLC 及附属电路为核心, 由 PC 通过 RS - 232 串行口与 PLC 通信, 完成视频切换、前端控制、显示选择、报警输入输出、声音侦听、灯光控制等工作, 取消了传统的切换控制器; 系统具有硬件统一化特点和模块化结构, 只需增减 PLC 的 I/O 模块数量就可实现不同的系统容量。由于 PLC 具有很强的输出驱动能力, 因此替代了传统系统中驱动云台和镜头的解码器, 简化了系统结构。

基于现场总线的分布式安防系统的总体结构框图如图 4-18 所示。它采用低成本、两层网结构。上层局域网采用 100Base - T 快速以太网, 图像数据库、文件服务器、网络服务器、工作站等之间可以实现高速通信, 并可通过标准拨号电话线或网关与异地通信, 实现多媒体数据远传。下层网采用过程现场总线 Profibus 标准, 可以用德国倍福电气有限公司的现场总线控制系统 (FCS) 为实现基础。该系统由工业机和 PLC 实时系统软件构成, 可替代现有的可 PLC 硬件, 编程、可视化、数据存储、网络连接等功能集成在一台 PC 设备中, PC 与外部设备之间由高传输速率的总线连接, 系统采用高度开放的分布式 I/O 系统, 包括现场总线系统及其接口卡、现场模块、总线耦合器、智能化总线端子等。

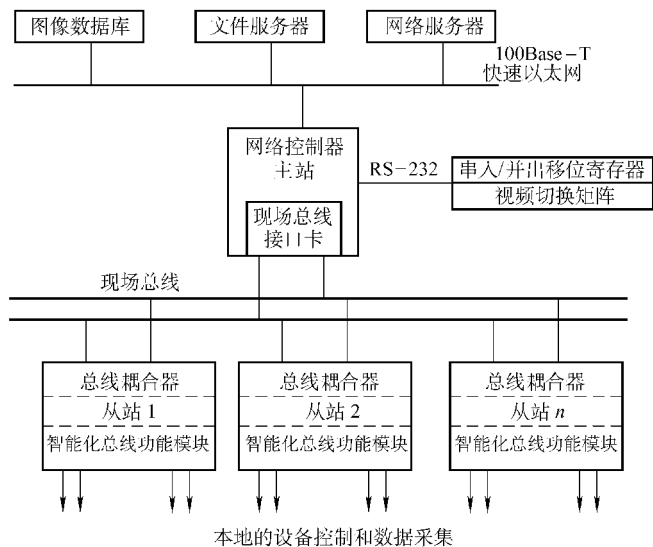


图 4-18 基于现场总线的分布式安防系统的总体结构框图

第5章 火灾自动报警与消防联动控制系统

相对于传统建筑，智能建筑投资巨大，多为高层和超高层建筑，且其用途多以重要的办公大楼、财贸金融中心、电信大楼、广播电视大楼以及高级宾馆等为主，建筑本身的重要性决定了智能建筑应将安全问题摆在首位，而火灾是发生频率较高的灾害，消防人员扑救难度大，人员疏散困难，一旦发生火灾，后果不堪设想。

在智能建筑中，火灾自动报警与消防联动控制系统（简称消防系统），是一个相对独立的完整系统。它包括火灾自动报警和消防联动控制两个大的子系统。其监控范围主要包括自动监测与报警、灭火、排烟、联动控制、紧急广播等。消防系统对确保建筑的安全非常重要，有无消防系统是智能大厦投入使用的先决条件。

5.1 概述

智能建筑多以高层和超高层建筑为主，起火因素复杂，其根本原因是人们对火灾的危害认识不足，在设计、施工、管理方面疏于防范。

在建筑内，虽然大多数建筑的本体结构材料是钢筋混凝土、砖、灰浆等不燃烧材料，但是大量可燃物，甚至难燃烧物装饰材料的使用，家具、用品、可燃性的固体及具有爆炸可能性的液体、气体材料的贮存等，造成了诸多火灾因素。

5.1.1 火灾形成的原因

火灾形成的原因很多，归纳起来，其中大部分火灾由下列各种原因之一造成。

1. 人为因素

人为因素是造成火灾最直接的原因，且具有上升的趋势。由于人们防火意识淡薄，违规操作，如不遵守安全工作规程动用气焊、电焊，不必要的带电违规操作造成电火花，私用电炉，乱接电线，违章吸烟或随意乱扔烟头等，将直接引起火灾，甚至爆炸。此外，人为蓄意纵火也是不可忽视的原因之一。

2. 电气事故

现代建筑中，电气设备及线路极为复杂，管线纵横交错，因此由于设计、施工安装以及使用维护不当而造成的短路、过负荷、电弧、雷击等因素极易形成火灾。此外，大量劣质电气产品经过不当渠道进入大楼，也是留下严重电气事故隐患的一个主要原因。

3. 易燃易爆品

违规贮存大量的易燃易爆品也是造成火灾的一个重要原因。易燃品包括棉花、纸张、化工纤维材料、木材、煤炭等，当由于某种原因而使环境温度升高情况下，

某些物质会分解出一些可燃气体，加之通风不良，均可能使这些物质的温度达到其自燃点而形成自燃。

易爆品通常包括可燃气体、可燃液体、油品和一些有机溶液，如天然气、甲烷、丙酮、甲醇、乙醇丙酮、醋酸乙烯等，由于保存不善发生泄漏或挥发，会与空气混合形成混合气体，当其浓度、温度达到或超过其爆炸下限，遇火源即能发生爆炸。可见，对可燃物的贮存与保管是十分重要的，应当严格按照规章进行管理。

造成火灾的因素还有很多，因此对智能建筑的消防系统设计应立足于防范，在尽量选用阻燃型的建筑装修材料的同时，其照明与配电、机电设备的控制等强电控制系统必须符合消防要求。此外，还需建立一个完善的消防系统，能对各类火情准确探测，快速报警，并迅速将火势扑灭。

5.1.2 建筑的防火分类

建筑的防火分类是建筑消防设计的主要依据之一，不同防火类别的建筑，其消防设计的要求不同。按我国有关规定，高层民用建筑根据其性质、火灾危险程度、疏散和救火难度等因素，建筑的防火分为两大类，见表 5-1。

表 5-1 高层民用建筑防火分类

名称	一 类	二 类
居住建筑	高级住宅 19 层及以上的普通住宅	10 ~ 18 层的普通住宅
公共建筑	医院 高级宾馆 建筑高度超过 50m 或每层建筑面积超过 1000m ² 的商业楼、展览楼、综合楼、电信楼、财贸金融楼 建筑高度超过 50m 或每层建筑面积超过 1500m ² 的商住楼 中央级和省级（含计划单列市）广播电视楼 网局级和省级（含计划单列市）电力调度楼 省级（含计划单列市）邮政楼、防灾指挥调度楼 图书超过 100 万册的图书馆、书库 重要的办公楼、科研楼、档案楼 建筑高度超过 50m 的教学楼和普通旅馆、办公楼、科研楼、档案楼等	除一类建筑以外的商业楼、展览楼、综合楼、电信楼、财贸金融楼、商住楼、图书馆、书库；省级以下的邮政楼、防灾指挥调度楼、广播电视楼、电力调度楼 建筑高度超过 24m，但又不超过 50m 的教学楼和普通旅馆、办公楼、科研楼、档案楼等

由于建筑的多样性、防火保护对象的多样性以及形成火灾的不同场合及特点，应有的放矢地设置不同形式的消防系统。

5.1.3 建筑的防火、防烟分区的划分

为了最大限度地防止火灾在建筑内蔓延，减少人员伤亡和财产损失，我国有关防火规范要求将建筑内部划分为若干防火、防烟分区，即采用防火墙、防火卷帘或

防火水幕将建筑内部划分为若干独立的防火分区。防火、防烟分区的划分在建筑设计初步设计阶段就应予以考虑。

1. 防火分区的划分

防火分区的划分应根据建筑的使用性质、火灾危险性以及建筑的耐火等级、建筑内容纳人员和可燃物的数量、消防扑救能力和消防设施配置、人员疏散难易程度及建设投资等情况综合考虑。根据《高层民用建筑设计规范》，每个防火分区允许的最大建筑面积一般情况下不得超过表 5-2 的规定。

表 5-2 每个防火分区允许的最大建筑面积

建筑类别	每个防火分区的建筑面积/m ²
一类建筑	1000
二类建筑	1500
地下室	500

注：1. 设有自动灭火系统的防火分区，允许最大建筑面积可按本表增加 1.00 倍；当局部设置自动灭火系统时，增加面积应按该局部面积的 1.00 倍计算。

2. 一类建筑的电信楼，其防火分区允许最大建筑面积可按本表增加 50%。

(1) 防火分区的划分原则

1) 在同一个建筑内，各危险区域之间、不同用户之间、办公用房和生产车间之间，应该进行防火分隔处理；

2) 高层建筑中的各种竖向井道，如电缆井、管道井、垃圾井等，其本身应该是独立的防火单元，保证井道外部火灾不得传入井道内部，井道内部火灾也不得传到井道外部；

3) 有特殊防火要求的建筑，如医院等，在防火分区之内应当设置更小的防火区域；

4) 高层建筑在垂直方向应以每个楼层为单元划分防火分区；

5) 所有建筑的地下室，在垂直方向应以每个楼层为单元划分防火分区；

6) 为扑救火灾而设置的消防通道，其本身应受到良好的防火保护；

7) 设有自动喷水灭火设备的防火分区，其允许面积可以适当扩大。

(2) 防火分区的划分方式

1) 利用防火分隔物进行防火分隔，如防火墙、防火卷帘、防火门窗等。

2) 利用封闭楼梯间和防烟楼梯间进行防火分隔。作避难通道使用的楼梯间、前室和某些有避难功能的走廊，必须受到完全保护，保证其不受火灾的侵害，并时刻保持畅通无阻。

防火分区通常包括水平防火分区和竖向防火分区。

水平防火分区是指在建筑内用防火墙、防火门等防火分隔物在建筑的水平方向

所划分出的防火空间。在同一层上，根据空间性质或面积大小，用防火墙或防火卷帘划分防火分区。划分水平防火分区应遵循下列基本原则：

1) 水平防火分区的占地面积（高层建筑为每层的建筑面积）不允许超过有关规定。

2) 划分水平防火分区时，还必须结合建筑的平面形状、使用功能及人流、货流情况妥善确定防火分隔物的具体位置。

3) 同一层的两个相邻防火分区之间，在水平方向紧靠防火墙两侧（或防火卷帘两侧）的门、窗、洞口之间的最近水平距离不应小于 2m；在内转角两侧上的门、窗、洞口之间最近的水平距离不应小于 4m。

竖向防火分区是指在建筑的垂直方向，用耐火性能比较好的楼板及墙壁（含上下连通的竖向井道的井壁及外墙壁）等防火分隔物划分出的防火空间。

1) 对于建筑高度不超过 32m 的高层建筑和按 GB 50016—2006《建筑设计防火规范》规定的一些多层建筑，在楼层间应以乙级防火门划分防火分区。

2) 对于超过 32m 的高层建筑，在楼层间应以前室和乙级防火门划分竖向防火分区。

3) 单层和多层建筑防火分区的面积，按各层与用开敞式非封闭楼梯间或上下层连通的走廊、自动扶梯等开口部位连通的各层面积之和计算。

(3) 安全疏散设计 人身安全是消防安全的重中之重，以人为本的消防工作理念必须始终贯彻于整个消防工作中，从某种角度上说，安全疏散设计是建筑防火设计中最根本、最关键的技术，安全疏散设计的目标就是要保证建筑内人员疏散完毕的时间必须小于火灾发展到危险状态的时间。安全疏散设计的重点是安全出口、疏散出口、安全疏散通道的数量、宽度、位置和疏散距离。

在考虑疏散设计时，既要考虑到建筑的功能结构、人员组成，又要考虑到人在火灾状态下的心理状态。每个防火分区必须设置两个安全出口；疏散路线必须满足室内最远点到房门、房门到最近楼梯间的行走距离限值；疏散方向应尽量为双向疏散，疏散出口应分散设置；选用合适的疏散楼梯形式；地上与地下不得共用楼梯间、疏散宽度保证不出现拥堵现象。疏散设施一定要完善，为人员疏散创造基本条件，如设置防烟楼梯间和封闭楼梯间、应急照明和疏散指示标志等。一般规定，一类建筑和除单元式和通廊式住宅外的建筑高度超过 32m 的二类建筑以及塔式住宅，均应设防烟楼梯间；裙房和除单元式和通廊式住宅外的建筑高度不超过 32m 的二类建筑应设封闭楼梯间。

2. 防烟分区的划分

防烟分区是指用挡烟垂壁、隔墙和挡烟梁等设施划分成的、用于阻止烟气蔓延的区域，防排烟的目的就是防止烟气向其他分区蔓延，并把起火分区内的烟气排出去。防烟分区的面积越小，则安全性越高，所以在条件允许的情况下，防烟分区的

面积应尽量地小，防烟分区不应跨越防火分区，其面积不应大于 500m^2 。对电梯、楼梯等烟气蔓延的重点部位，要单独划分防烟分区，对避难层，无论多大都应单独划分防烟分区。

(1) 防排烟系统的划分原则 防排烟系统可分为排烟系统和防烟系统。排烟系统是指采用机械排烟方式或自然通风方式，将烟气排至建筑外，控制建筑内的有烟区域保持一定能见度的系统。防烟系统是指采用机械加压送风方式或自然通风方式，防止烟气进入疏散通道的系统。

除建筑高度超过 50m 的一类公共建筑和建筑高度超过 100m 的居住建筑外，靠外墙的防烟楼梯间及其前室、消防电梯间前室和合用前室，宜采用自然排烟方式；不具备自然排烟条件的防烟楼梯间、消防电梯间前室或合用前室，采用自然排烟措施的防烟楼梯间，其不具备自然排烟条件的前室、封闭的避难层，均应设置机械防烟。

对不具备自然排烟条件的防烟楼梯间及其前室进行加压送风的做法有以下三种：一是对防烟楼梯间进行加压送风，其前室不送风；二是对防烟楼梯间及其前室分别设置两个独立的加压送风系统，进行加压送风；三是对防烟楼梯间设置一套加压送风系统的同时，又从该加压送风系统伸出一支管分别对各层前室进行加压送风。

一类高层建筑和建筑高度超过 32m 的二类高层建筑的下列部位，应设置机械排烟设施：无直接自然通风且长度超过 20m 的内走道，或虽有直接自然通风但长度超过 60m 的内走道；面积超过 100m^2 且经常有人停留，或可燃物较多的地上无窗房间或设固定窗的房间；不具备自然排烟条件或净空高度超过 12m 的中庭；除利用窗井等开窗进行自然排烟的房间外，各房间总面积超过 200m^2 ，或一个房间面积超过 50m^2 且经常有人停留或可燃物较多的地下室。

(2) 送风排烟量的确定 机械排烟系统担负一个或两个防烟分区排烟时，排烟量不小于 $60\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ ，但排烟风机的最小排烟量不应小于 $7200\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ 。为了节约投资，常常采用一台风机担负三个或三个以上防烟分区的排烟任务，这时应按其中最大防烟分区面积的排烟量不小于 $120\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ 计算，送风量不小于排烟量的 50% ，且必须小于排烟量，使着火房间处于负压，对送风的速度，规范规定为小于 7m/s ，送风速度过大会破坏着火房间内烟气和空气分层，使空间下部的空气和烟气混合，威胁到滞留人员的安全。

(3) 送排烟口的布置

1) 排烟口的尺寸和布置位置：排烟口的尺寸和布置位置在很大程度上影响排烟的效果。由于烟气层浮在房间的上部，因此排烟口应设在顶棚平面上或离顶棚较近的高度。过低会吸入室内下部的空气，使排烟量减少，且排烟口的流速不宜大于 10m/s ，否则会卷吸大量的空气，降低排烟的效果。对于大面积的房间，可分散布

置多个排烟口。排烟口离房间最远点的水平距离不大于 30m，过大距离的排烟，会吸不到远处的烟气，且排烟口的位置不宜太靠近疏散出口。在排烟通道中，条缝形排烟口对整个排烟口都是有效的，而矩形排烟口则不容易排掉通道两侧的烟气。通常排烟口的最小面积一般不小于 0.04m^2 。在设置排烟口时，注意应使排烟方向与人员疏散方向相反。

2) 机械送风与机械排烟的配合：许多建筑都是将排烟口、送风口布置在吊顶上，送风、排烟多采用联动控制，且送风口设在顶部中心，排烟口设在顶部靠墙。防排烟送风系统启动时，新鲜空气从中间送风口向下流，排烟口周围的空气向排烟口流动。这种设计方法存在很大的缺陷，不能有效地排除火灾烟气。如果没有排烟送风系统，火灾烟气在浮力的作用下向上升起，遇到楼板改为水平扩散，当烟气被冷却到一定温度，烟气向下流动，烟气流动路线和送风系统产生的气流路线相反，火灾烟气会蔓延整个空间。排烟口宜布置在烟气防烟分区的居中位置，离疏散出口 2m 以上。对有多个防烟分区，可采取通过控制送风支管上阀门只向同一防火分区中未探测到火灾的防烟分区送风，排烟口则仍在排烟防火阀的控制下动作。

5.2 消防系统的工作原理

消防系统的保护对象千差万别，对系统的功能要求也不尽相同。从技术角度看，消防系统的结构形式可以做到多种多样，但从标准化要求看，则希望系统结构形式统一。在工程设计中，应根据保护对象的分级规定、功能要求及工程规模的大小，合理确定消防系统的形式。

5.2.1 消防系统的分类

根据现行国家标准，消防系统的基本结构形式有三种：区域报警系统、集中报警系统和控制中心报警系统。

1. 区域报警系统

区域报警系统由通用型报警控制器或区域火灾报警控制器、火灾探测器、手动火灾报警器和火灾报警装置等组成，系统中也可设置一些功能简单的消防联动装置，其组成结构框图如图 5-1 所示。区域报警系统一般适用于二级保护对象，保护范围为某一局部范围或某一设施，可独立应用于小型建筑，也可作为集中报警系统和控制中心报警系统中的最基本组成设备。

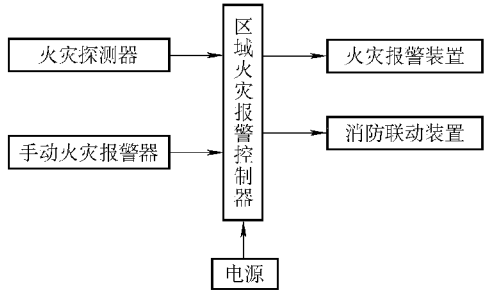


图 5-1 区域报警系统的结构框图

2. 集中报警系统

集中报警系统一般适用于一、二级保护对象，典型结构框图如图 5-2 所示。它通常由集中火灾报警控制器、区域火灾报警控制器、火灾探测器和消防联动装置等组成，或由火灾报警控制器、区域显示器、火灾探测器和消防联动装置等组成，属于功能较复杂的火灾自动报警系统。随着计算机技术在火灾自动报警系统中的应用，带有地址码的火灾探测器、手动火灾报警器、输入模块和输出模块等，都可以通过总线将信息传输给报警控制器，并实现联动控制。

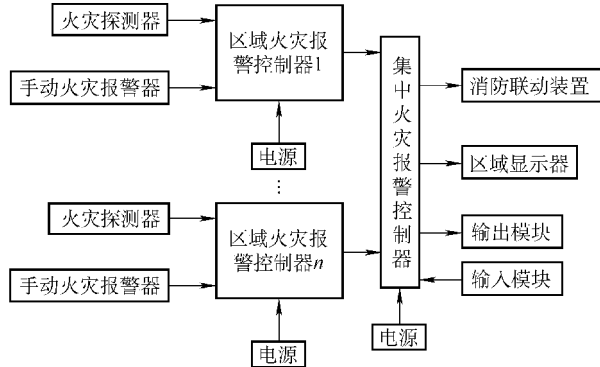


图 5-2 集中报警系统的典型结构框图

集中报警系统应至少设有一台集中火灾报警控制器和两台以上区域火灾报警控制器，其中，集中火灾报警控制器设在消防室，区域火灾报警控制器设在各楼层服务台。

3. 控制中心报警系统

控制中心报警系统，是智能建筑消防系统的主要类型，一般适用于特级、一级保护对象，保护范围为规模较大、需要集中管理的场所，如群体建筑、超高层建筑等，其典型结构框图如图 5-3 所示。

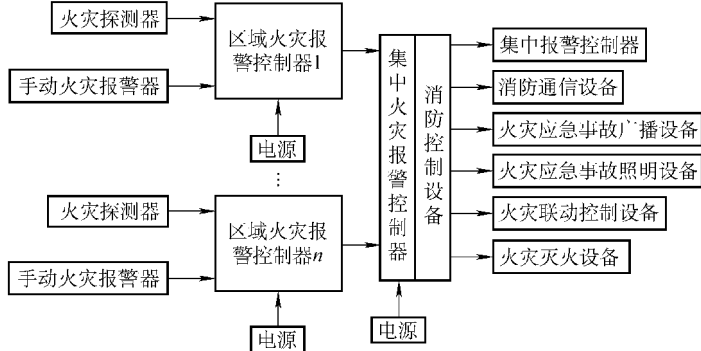


图 5-3 控制中心报警系统典型结构框图

控制中心报警系统，通常由至少一台集中火灾报警控制器、一台专用消防控制设备、两台以上区域火灾报警控制器和火灾探测器等组成。控制中心设置集中报警控制器、图形显示设备、电源装置和联动控制器；和控制中心相连的受控设备有区域火灾报警控制器和火灾探测器等。有些报警控制器允许一定数量的输入、输出控制模块进入报警控制总线，从而不用单独设置火灾联动控制设备。

消防控制设备根据需要可以由下列部分或全部控制装置组成：集中报警控制器、室内消火栓系统、火灾灭火设备（如自动喷水灭火系统的控制装置，泡沫、干粉灭火系统的控制装置，卤代烷、二氧化碳等管网灭火系统的控制装置等），火灾联动控制设备（如电动防火门、防火卷帘的控制装置，通风空调、防烟排烟设备及电动防火阀的控制装置，电梯的控制装置等），火灾应急广播设备，火灾应急照明设备，消防通信设备等。

5.2.2 消防系统的工作过程

消防系统的工作原理如图 5-4 所示。正常情况下，安装在探测区域的火灾探测器不断监视区域发出巡测信号，监视现场的烟雾浓度、温度等情况，并通过传输线路不断反馈给火灾自动报警控制器，控制器将接收的信号与内存的正常设定值相比较，判断是否发生火灾。

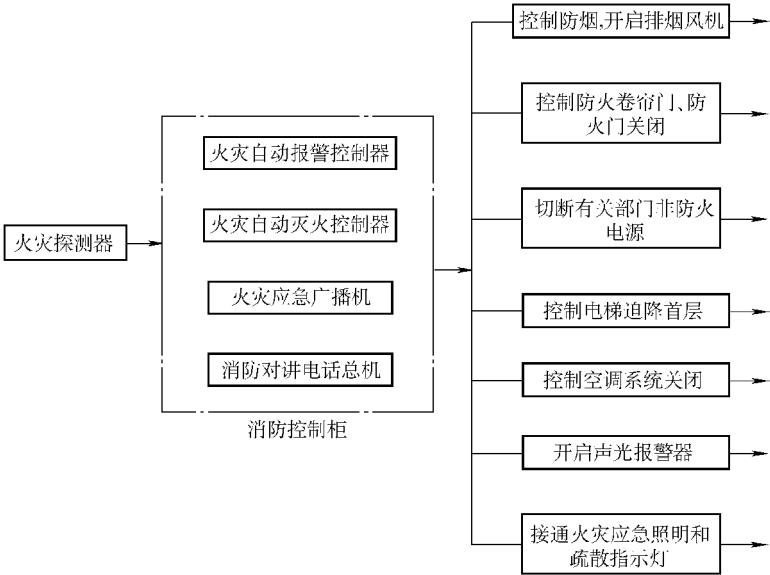


图 5-4 消防系统的工作原理

发现火灾的情况可分为两种：一种情况是，当人员发现火灾时，可用手动报警器或消防专用电话报警给监控主机；另一种情况是，火灾发生时，火灾探测器（温、烟、可燃气体等）根据现场探测到的情况，将立刻通知所在区域的报警控制

(显示)器及消防控制室的监控主机(当系统不设区域报警控制器时,将直接通知监控主机)。

消防系统的监控主机在接收到报警信号后,首先进行火情确认,当确定火情后,发出声、光报警信号,显示烟雾浓度,显示火灾区域或楼层房号的地址编码,并打印报警时间、地址等。同时监控主机将根据火情及时启动联动控制系统,诸如及时开启着火层及上下相邻层的疏散警铃、消防广播通知人员尽快疏散;打开电梯前室、楼梯前室的正压送风及走道内的排烟系统;停止空调机、送风机的运行;切断相关区域非消防电源、启动应急照明电源;电梯迫降首层、消防电梯投入紧急运行;关闭防火卷帘,并启动消防泵、喷淋泵等灭火设施。

5.2.3 消防系统的构成

智能建筑的消防系统一般由触发器件、火灾报警装置和消防联动控制装置三部分构成,触发器件和火灾报警装置都属于火灾自动报警子系统,而消防联动控制装置属于消防联动控制子系统。

1. 触发器件

自动或手动产生火灾报警信号的器件称为触发器件,通常主要包括火灾探测器和手动报警器。

火灾探测器是火灾自动报警系统中应用量最大、应用面最广、最基本的触发器件。它能对火灾参数(如烟、温、光、火焰辐射、可燃气体浓度等)产生响应,并可自动生成火灾报警信号。按响应火灾参数的不同,火灾探测器分成感温火灾探测器、感烟火灾探测器、感光火灾探测器、可燃气体火灾探测器和复合火灾探测器五种基本类型。不同类型的火灾探测器适用于不同类型的火灾和不同的场所,在实际应用中,应当按照现行国家标准的有关规定合理选择。

手动火灾报警器,也是火灾自动报警系统中不可缺少的组成部分之一。它具有在应急情况下人工手动通报火警或确认火警的功能。手动火灾报警器通常为装在金属盒内的按键,当人工确认火灾后,敲破保护罩,将按键按下,则报警设备(如火警电铃)动作,同时手动信号也传送到报警器,发出火灾报警,其准确度比探测器要高。

2. 火灾报警装置

火灾报警装置是接收、显示和传递火灾报警信号,并能发出控制信号,以声、光等形式指示火灾发生的具体部位,进而发送消防设备的启动控制信号。火灾报警控制器是最基本的火灾报警装置,此外,还有一些如中继器、区域显示器、火灾显示盘等功能不完整的报警装置,它们可视为火灾报警控制器的演变或补充,在特定条件下应用,与火灾报警控制器同属火灾报警装置。

火灾报警控制器是火灾自动报警系统的核心组成部分,按其用途不同,可分为区域火灾报警控制器、集中火灾报警控制器和通用火灾报警控制器三种基本类型。

近年来，随着火灾探测报警技术的发展和模拟量、总线制、智能化火灾探测报警系统的逐渐应用，在许多场合，已不再分为区域、集中和通用三种类型火灾报警控制器，而统称为火灾报警控制器。

3. 消防联动控制装置

在消防自动化系统中，当接收到来自触发器件的火灾报警信号时，能自动或手动启动相关消防设备及显示其状态的设备，称为消防联动控制设备。消防联动控制设备是火灾自动报警系统的重要控制对象，联动控制的正确可靠与否，直接影响火灾扑救工作的成败。消防联动控制装置主要包括火灾警报装置（如警铃）、火警电话、火灾事故照明、防排烟系统、消防电梯、火灾事故广播及固定灭火系统等。

1) 火灾警报装置 当发生火情时，能发出声或光报警。

2) 火警电话 为了适应消防通信需要，应设立独立的消防通信网络系统，例如设立在消防控制室、消防值班室和工厂消防站等处。

3) 火灾事故照明 为保证在发生火灾时，重要房间或部位能继续正常工作，需设立火灾事故照明，主要包括火灾事故工作照明和火灾事故疏散指示照明两种类型。

4) 防排烟系统 在发生火灾时将烟气迅速排除，并防止烟气窜入防烟楼梯、消防电梯及非火灾区内，便于人们在火灾时的正常疏散。

5) 消防电梯 与高层建筑用的普通电梯不同，它仅限于发生火灾时，供给消防人员扑火和营救人员专用。

6) 火灾事故广播 便于组织人员的安全疏散和通知有关救灾的事项。

7) 固定灭火系统 当火灾发生时，固定灭火系统启动，以达到自动灭火的目的，最常用的有自动喷淋灭火系统和消火栓灭火系统等。

消防控制设备一般设置在消防控制中心，以便实现集中统一控制，也有的设置在被控消防设备所在现场，但其动作信号必须返回消防控制室，实行集中与分散相结合控制方式。

下面分别对火灾探测器、火灾报警控制器和消防联动控制系统进行介绍。

5.3 火灾探测器

火灾探测器是基于物质燃烧过程中产生的各种物理现象为机理，捕捉到物质刚开始燃烧时产生的信号，并把它转变为电信号，提供给报警控制器，从而实现早期发现火灾的目的。火灾的早期发现，对于充分利用灭火措施、减少火灾损失、保护生命财产具有重大意义。

火灾造成的原因不同，火灾形成和蔓延的过程也不同。了解和掌握火灾形成过程，对正确设计消防系统、选取相应类别的火灾探测器是必不可少的。

5.3.1 火灾形成过程

一般认为火灾形成和蔓延的过程可以分为三个阶段：初起阶段、阴燃阶段和火

焰燃烧阶段，图 5-5 给出了烟雾浓度与热气流温度随时间变化的曲线，其中曲线 a 表示烟雾浓度与时间的关系；曲线 b 表示热气流温度与时间的关系。

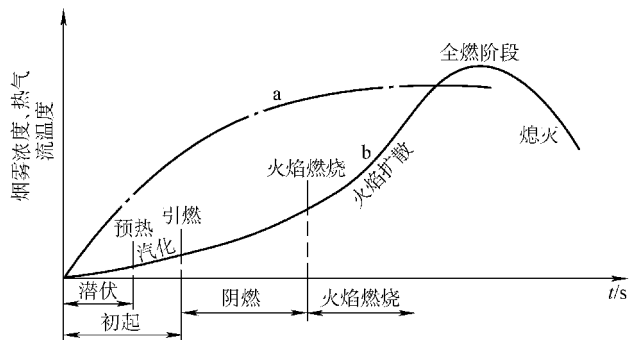


图 5-5 普通可燃物质的典型燃烧过程

1. 初起阶段

火灾的初起阶段一般所占时间较长，特征现象是燃烧体被焚熏、预热，室内温度升高，产生大量的烟雾，并且大量的烟雾可能已充满建筑内空间，但环境温度不高。如果此阶段能将火灾信息感知，提供早期报警，进行早期灭火，就可以将火灾损失降低到最低程度，所以建筑内应优先考虑选择感烟探测器进行信号检测。

2. 阴燃阶段

阴燃阶段所占的时间较短，特征现象是：室内的烟雾气浓度已达相当水平，足够的蓄积热量使环境温度迅速升高，并在物质的着火点开始加速，发展成火焰燃烧，形成火焰扩散，火势开始蔓延，环境温度不断升高，燃烧不断扩大，形成火灾。若此阶段能将火灾引起的明显温度变化探测出来，也能较及时的控制火灾。

3. 火焰燃烧阶段

这个阶段已形成火灾，特征现象是火灾产生大量可见光，室内温度迅速上升，火势迅速蔓延，当燃烧产生的热与通过外围结构散失的热量逐渐平衡后，室内温度基本上维持恒定。为此，这一阶段灭火的重点应防止火灾进一步蔓延，以减少火灾损失，这也是选取火焰探测器的目的之一。此外，感光探测器和可燃气体探测器也是这一阶段常用的探测器。

5.3.2 火灾燃烧的基本特征

物质燃烧过程是一种伴有烟、光、热的化学反应过程，通常会产生烟雾，并释放出称之为气溶胶的燃烧气体，它们与空气中的氧发生化学反应，形成辐射大量红外线和紫外线的火焰，从而导致周围环境温度逐渐升高。这些烟雾、温度、火焰和燃烧气体称为火灾参量。

1. 热（温度）

物质燃烧，必有热量释放，从而使环境温度升高，这是物质燃烧的基本特征之

一。注意，在燃烧速度非常缓慢的情况下，热（温度）不易鉴别出来。

2. 燃烧气体和烟雾

通常，物质燃烧产生的燃烧气体和烟雾统称为烟雾气溶胶，其粒径一般在 $0.01 \sim 10\mu\text{m}$ 。由于燃烧气体和烟雾具有流动性和毒性，能潜入到建筑的任何空间，据统计，火灾中约有 70% 的人员死亡是由燃烧气体或烟雾造成的，因此燃烧气体和烟雾是重要的火灾探测参数。普通可燃物在燃烧开始时，往往首先释放出燃烧气体。燃烧气体一般由单分子的一氧化碳、二氧化碳等气体，较大的分子团，悬浮在空气中的未燃烧物质微粒等组成，粒径一般在 $0.01\mu\text{m}$ 左右，通常称作气溶胶；而烟雾一般指人眼可见的燃烧生成物，通常是粒径在 $0.03 \sim 10\mu\text{m}$ 的液体或固体微粒。根据光散射定律，一个悬浮在空气中的小粒子，当其轻度着色，并且粒径大于被反射光的波长时，它才能产生反射光。由于可见光范围为 $0.3 \sim 0.7\mu\text{m}$ ，因而只有粒径大于 $0.3\mu\text{m}$ 的轻度着色微粒才能反射可见光，即被人眼看到。

3. 火焰

火焰是物质着火产生的灼热发光的气体部分。由于物质燃烧到发光阶段，一般是物质的全燃阶段，此时物质燃烧反应的放热，提高了燃烧产物的温度，并引起产物分子内电子能级跃迁，从而放出各种波长的光。所以，火焰光作为燃烧的基本特征，也是重要的火灾探测参数。

5.3.3 火灾探测器的分类和构成

火灾探测器种类很多，通常可按其结构形式、被探测参数和使用环境进行分类，如图 5-6 所示。任何一种探测器

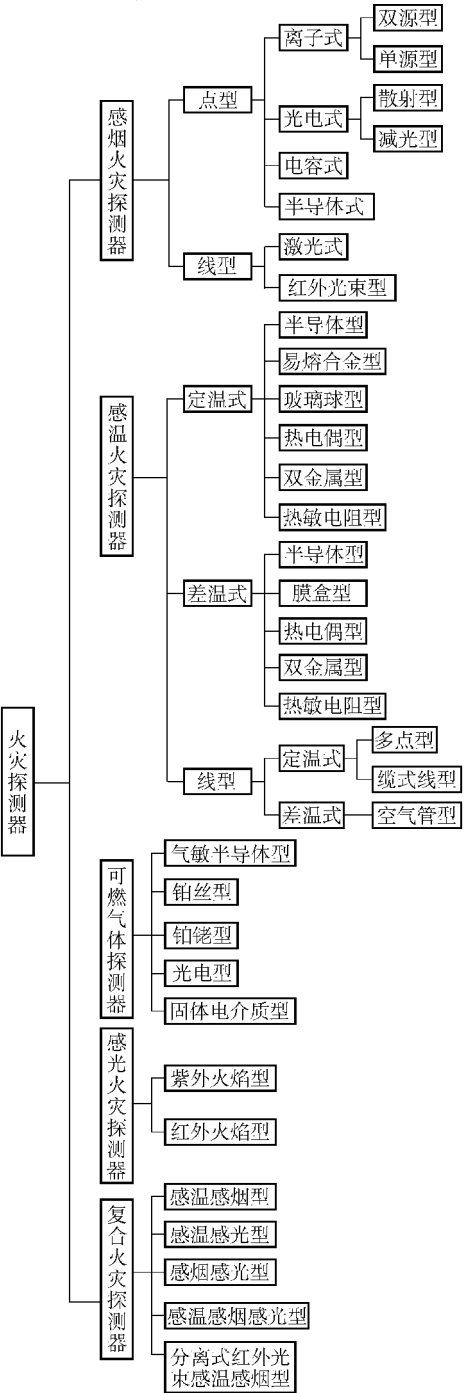


图 5-6 火灾探测器的分类

都不是万能的，都有一定的环境适应性，也有一定的局限性。从物质燃烧的基本规律出发，选择合适的火灾探测器来预测火情是一个重要问题。

火灾探测器的型号意义如图 5-7 所示。它是按照产品型号命名方法国家标准编制的，国标型号均是按汉语拼音字头的大写字母组合而成，从名称就可看出产品类型及特征。

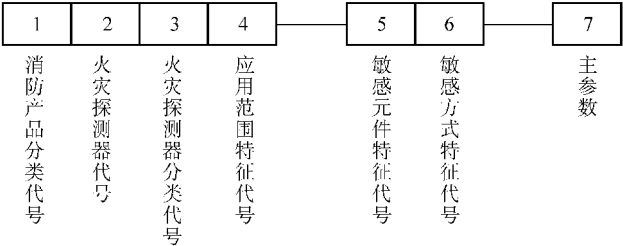


图 5-7 火灾探测器的型号定义

图 5-7 中各序号中符号的含义见表 5-3。

表 5-3 符号的含义

序号	常用符号含义
1	J：火灾报警设备
2	T：火灾探测器代号
3	Y：感烟探测器；W：感温探测器；G：感光探测器；Q：可燃气体探测器；F：复合探测器
4	B：防爆型；C：船用型（注：非防爆型或飞船用型可省略，无须注明）
5	LZ：离子；GD：光电；SD：双金属定温；SC：双金属差温；GY：感光感烟；YW-HS：红外光束感烟感温；BD：半导体定温；MD：膜盒定温；MC：膜盒差温；MCD：膜盒差定温；GW：感光感温；YW：感烟感温；ZD：热敏电阻定温
6	
7	对感烟感温探测器标注，表示被测参数的灵敏度等级，分Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级

5.3.4 常见的火灾探测器

1. 感烟探测器

感烟探测器可以探测物质燃烧初期所产生的气溶胶（直径为 0.01 ~ 0.1 μ m 的微粒）或烟粒子浓度，对火灾前期和早期报警很有效，应用最广泛。常用的感烟探测器有离子感烟探测器、光电感烟探测器和红外光束线型感烟探测器三种。

（1）离子感烟探测器 离子感烟探测器适用于点型火灾探测，是目前感烟探测器中应用最多的一种。它是利用烟雾粒子改变电离室电离电流的原理设计而成的，其工作原理如图 5-8 所示。

在放射性同位素作用下，使空气产生电离电流的装置称为电离室，因此感烟电离室是离子感烟探测器的核心传感器件。在图 5-8 中，电极之间放有 α 放射源

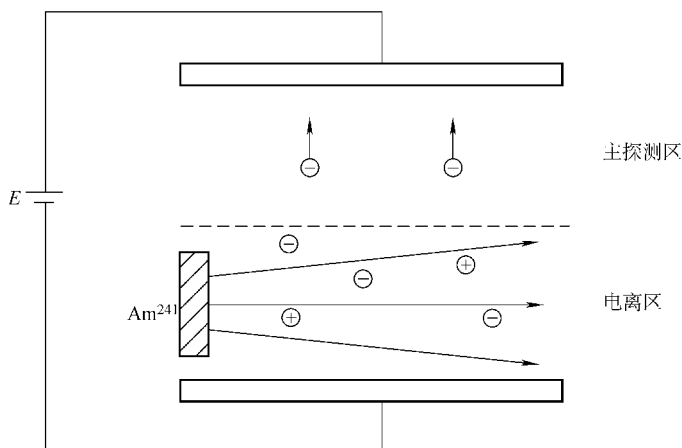


图 5-8 离子感烟探测器的工作原理

Am^{241} ，它持续不断地放出 α 粒子， α 粒子以高速运动撞击空气分子，从而使极板间空气分子电离为正离子和负离子，且在电场作用下，正、负离子有规则运动，使电离室形成离子电流。当烟粒子进入电离室时，被电离的正离子和负离子被吸附到烟雾粒子上，使正离子和负离子互相中和的概率增加，这样就使到达电极的有效离子数减少。另一方面，由于烟粒子的作用， α 射线被阻挡，电离能力降低，电离室内产生的正负离子数减少，这些变化导致电离电流减少，因而引起施加在两电离室两端电压的分压比变化。火灾发生时，烟雾进入采样电离室，电离电流减少，当减少到一定值时，控制电路动作，发出报警信号。此报警信号传输给报警器，实现了火灾自动报警。

离子感烟探测器又可分为双源双室型和单源双室型两种类型。

1) 双源双室离子感烟探测器：双源双室离子感烟探测器，将两个单极型电离室串联起来，一个作为检测电离室（也叫外电离室），结构上做成烟雾容易进入的形式；另一个作为补偿电离室（也叫内电离室），烟粒子很难进入，而空气又能缓慢进入。电离室采用串联的方式，主要是为减少环境温度、湿度、气压等自然条件的变化对电离电流的影响，提高离子感烟探测器的环境适应能力和稳定性。

图 5-9 所示为其工作原理。有火灾发生时，烟雾粒子进入检测电离室后，烟粒子的重量比离子重 10 万倍，被电离的部分正离子和负离子吸附到烟雾粒子上去，因此离子在电场中运动速度比原来降低；而且在运动过程中，正离子和负离子互相复合的几率增加，这样就使到达电极的有效粒子更少了。另一方面，由于烟粒子的作用，射线被阻挡，电离能力降低了很多，电离室内产生的正负离子数就少。这些微观的变化反映在宏观上，就是烟雾粒子进入检测电离室后，使得电离电流减少，相当于检测电离室的空气等效电阻增加，因而引起施加在两个电离室两端电压的分压比变化。

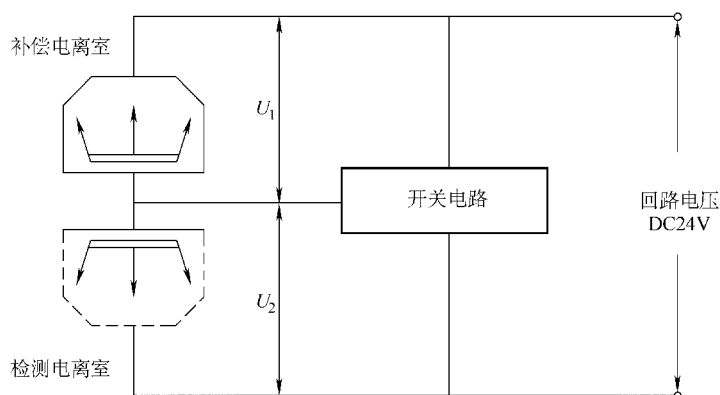


图 5-9 双源双室离子感烟探测器的工作原理

图 5-10 为检测电离室和补偿电离室的电压 - 电流变化特性曲线，可以清楚地看出，电压、电流的变化与燃烧生成物的关系。在正常情况下，探测器两端的外加电压 U_0 等于补偿电压 U_1 和检测电压 U_2 的和，即 $U_0 = U_1 + U_2$ 。当有火灾发生时，烟雾进入检测室后，电离电流从正常的 I_1 减少到 I'_1 ，也就是相当于检测电离室的阻抗增加。此时，检测电离室两端的电压从 U_2 增加到 U'_2 ，增加电压值 $\Delta U = U'_2 - U_2$ ，由于检测电离室与补偿电离室分压比的变化，即检测电离室的电压增加了 ΔU 。当 ΔU 增加到一定值时，开关控制电路动作，发出报警信号，并传输给报警控制器，从而实现了自动报警的目的。

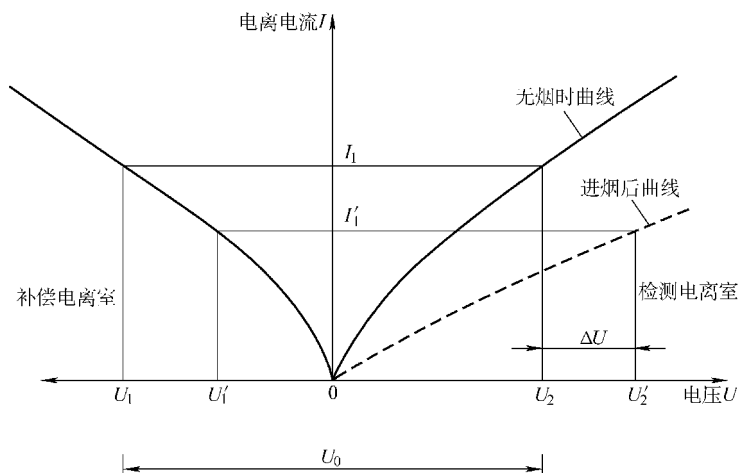


图 5-10 检测电离室和补偿电离室的电压 - 电流变化特性曲线

2) 单源双室离子感烟探测器：单源双室离子感烟探测器与双源双室离子感烟探测器的工作原理基本相同，但结构形式则完全不同，如图 5-11 所示。

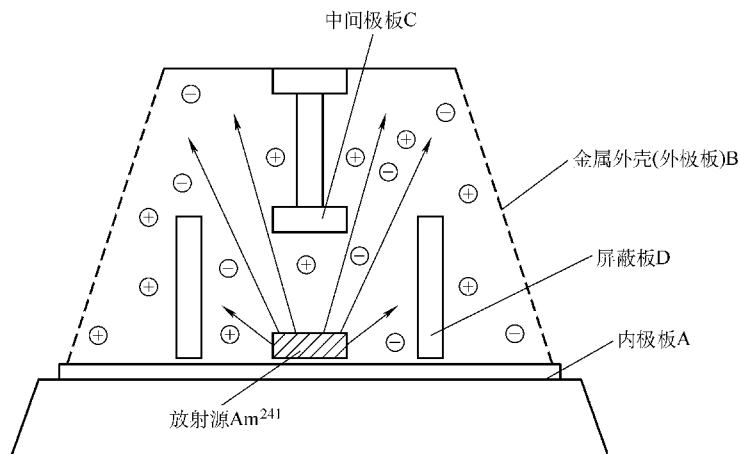


图 5-11 单源双室离子感烟探测器的结构示意图

图中，AC 间构成补偿电离室，AB 间构成检测电离室，它利用一个放射源形成两个电离室。这种探测器的优点，不仅节省了一个放射源，使放射源剂减少，安全性提高；还在于两个电离室基本上都是敞开的，这使得环境条件的变化对两个电离室的影响基本是相同的，因而提高了探测器对环境的适应能力，特别是抗潮湿能力。因此，新研制的离子感烟探测器几乎毫无例外地都采用单源双室结构。

3) 探测器感烟灵敏度档次的整定：感烟灵敏度（或响应灵敏度）是探测器响应烟粒子浓度的相对敏感程度，在生成的烟相同条件下，高的感烟灵敏度意味着可响应较低的烟粒子浓度。感烟灵敏度的档次是用标准烟（试验气溶胶）在烟箱中标定感烟探测器的几个不同的响应阈值的范围，通常，为了满足不同工作场所的使用需要，可把探测器做成三个感烟灵敏度档次。

感烟灵敏度档次的整定通常有两种方法：一种是电调整法，即将双源双室或单源双室探测器的触发电压按不同档次响应阈值的设定电压调准，从而可得到相应档次的烟粒子浓度。但电调整法增加了电路电子元件，使探测器的可靠性下降。

目前，不少产品用机械调整法整定探测器感烟灵敏度档次。机械调整法实际上是改变放射源片对中间电极的距离，由于电离室的初始阻抗与极间距离成正比，从而实现了整定的目的。

(2) 光电感烟探测器 光电感烟探测器是利用烟粒子对光的散射和吸收的原理而构成的一种新型火灾探测器，它的工作原理是：烟粒子和光相互作用时，能够发生散射和吸收两种不同的过程。所谓散射，就是粒子以同样波长在所有方向上辐射已经接收的能量，但通常在不同方向上其强度不同的过程；所谓吸收，就是辐射能转变成其他能量形式，如热能、化学反应能或不同波长的辐射的过程。在可见光和近红外光谱范围内，对于黑烟，光的衰减以吸收为主，而对于灰白色烟，则主要

受散射制约。

光电感烟探测器又可分为减光式（遮光式）和散射光式两种。

1) 减光式光电感烟探测器：减光式光电感烟探测器又可分为点型和线型两种类型。

① 点型减光式光电感烟探测器：点型减光式光电感烟探测器的工作原理如图 5-12 所示。这种探测器的检测室为特殊结构的暗室，外部光线射不进去，但烟雾粒子可以进入，暗室内装有发光器件和受光器件。在正常情况下，发光器件发出的光直射在受光器件上，产生一个固定的光敏电流；而在火灾发生时，探测器的检测室内进入大量烟雾，发光器件的发射光受到烟雾的遮挡，使受光器件接受的光量减少，光敏电流减少，当光敏电流减少到某个设定值时，探测器发出报警信号。

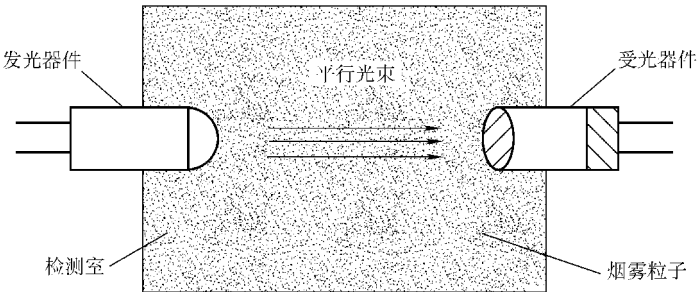


图 5-12 点型减光式光电感烟探测器的工作原理

② 线型减光式光电感烟探测器：在原理上，线型减光式光电感烟探测器与点型减光式光电感烟探测器相似，但在结构上有区别。点型减光式光电感烟探测器中发光和受光器件同在一个暗室内，整个探测器为一体化结构；而线型减光式光电感烟探测器的发光器件和受光器件则分为两个部分安装，且两者相距一段距离。

线型减光式光电感烟探测器的工作原理如图 5-13 所示。当光束通过无烟的路径时，受光器件产生固定光敏电流，无报警输出。当光束通过的路径有烟时，则光

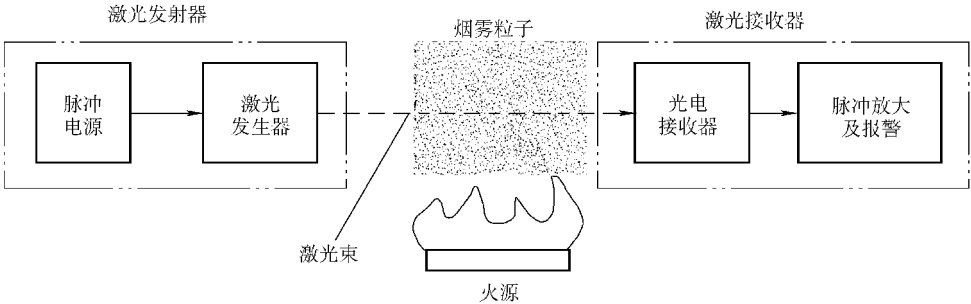


图 5-13 线型减光式光电感烟探测器的工作原理

束受到烟雾的遮挡而使到达受光器件的光能量减弱，受光器件产生的光敏电流减少。当电流减少到一定程度，则探测器发出报警信号。发射光束可以是图 5-14 所示的激光束，也可以是红外光束。

红外光束线型减光式光电感烟探测器是应用烟粒子吸收或散射红外光，使红外光束强度发生变化的原理而工作的一种火灾探测器，它由发射器和接收器两部分组成，光路示意如图 5-14 所示。在正常情况下，红外光束线型减光式光电探测器的发射器发送一个不可见、波长 94mm 的脉冲红外光束。它经过保护空间，不受阻挡地射到接收器的光敏器件上。当发生火灾时，由于受保护空间的烟雾气溶胶扩散到红外光束内，使到达接收器的红外光束衰减（这里灰色烟和黑色烟的衰减作用效果几乎相同），接收器接收的红外光束辐射通量减弱。当辐射通量减弱到预定的感烟动作阈值（响应阈值，例如有的厂商设定在光束减弱超过 40%）时，如果保持衰减 5s（或 10s）时间，则探测器动作，发出火灾报警信号。

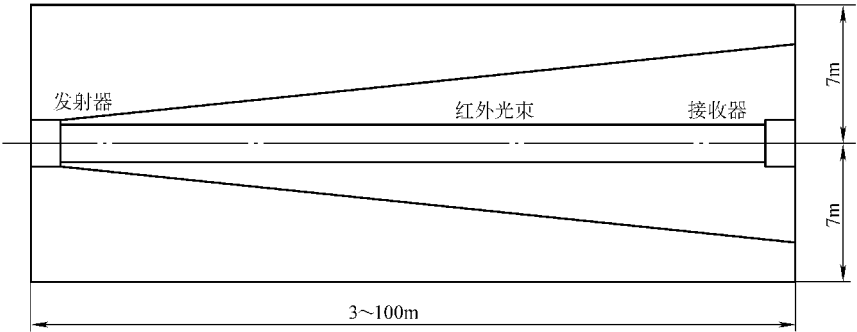


图 5-14 红外光束线型减光式光电感烟探测器的光路示意

在使用过程中，探测器的窗口若积聚灰尘或受到污染，会减弱红外光束到达接收器光敏器件上的辐射通量，使探测器的感烟灵敏度降低。为使探测器的感烟灵敏度不受影响，在接收器中，对感烟响应阈值应设有自动增益控制电路，补偿辐射通量的损失。如果光学窗口污染严重，例如有的厂商设定光衰减 10% 连续时间超过 9h 或更长时间，或者光辐射强度增大 10% 连续时间超过 2min，则探测器便达到重新调整程度，发出检修信号。此外，探测器还设有故障监视环节，以自动监视探测器线路故障或红外光束是否被全部遮挡。例如，探测器线路断线或光束受遮挡的持续时间超过 1s 时，将引起探测器信号线输出故障报警信号。

红外光束线型减光式光电感烟探测器具有保护面积大、安装位置高、在相对湿度较高和强电场环境中响应速度快等优点，因此适宜保护较大的室内、外场所，尤其适宜保护难以使用点型减光式光电感烟探测器，甚至根本不可能使用点型减光式光电感烟探测器的场所。

2) 散射光式光电感烟探测器：散射光式光电感烟探测器是目前世界各国生产最多的点型光电感烟探测器，其原理示意如图 5-15 所示。

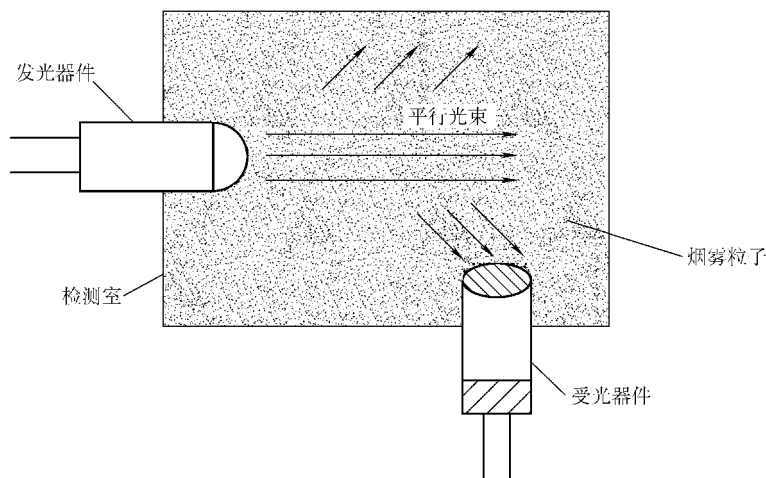


图 5-15 散射光式光电感烟探测器的原理示意

在图中，烟室也为一特殊结构的暗室，进烟不进光，它有一个发光器件和受光器件，但与减光式光电感烟探测器不同的是，发射光束不是直射在受光器件上，而是与受光器件错开。这样，无烟时受光器件上不受光，没有光敏电流产生；当有烟进入烟室时，光束受到烟雾粒子的反射和散射而到达受光器件，产生光敏电流。当该电流增大到一定程度，则感烟探测器发出报警信号。目前，发光器件大多数采用大电流、发光效率高的红外发光二极管；受光器件大多数采用半导体硅光电池，且受光器件的阻抗随烟雾浓度的增加而下降。

散射光式光电感烟火灾探测器具有功耗小、结构简单和对灰色粒子响应灵敏等优点，但却对黑烟粒子响应性能低。目前，减光式光电感烟探测器使用红外（960nm）发光二极管或可见光（660nm）发光二极管，可提高对黑烟粒子的响应性能。

2. 感温探测器

感温探测器利用热敏器件对温度变化敏感的原理，将物理变化转变成电信号传输给火灾报警控制器，发出火灾报警信号。根据对温度变化的响应特性，感温探测器可分为定温式、差温式和差定温式三类。

(1) 定温式感温探测器 定温式感温探测器是在规定时间内，火灾引起的温度达到或超过预定值时发出报警信号，目前有线型和点型两种结构。

1) 点型定温式感温探测器：点型定温式感温探测器是利用双金属片、易熔金属、热电偶、热敏电阻等热敏元件，当温度上升到一定数值时发出报警信号。

例如，图 5-16 所示是敏感器件为半导体热敏电阻的定温式感温探测器工作原理。图中，RT 为热敏电阻，在室温下具有较高的阻值，可达 $1\text{M}\Omega$ 以上。随着环境温度的升高，阻值缓慢下降，当到达设定的温度点时，热敏电阻的阻值会迅速减少至几十欧，从而完成从高阻态到低阻态的转变，使得信号电流迅速增大。当电流达到或超过临界阈值时，双稳态电路发生变化，变化信号经地址译码电路后送到控制器，控制器发出报警信号。由于热敏电阻在正常情况下具有高阻值，并且在一定环境温度下的阻值随时间变化不大，因此这种探测器的可靠性较高。

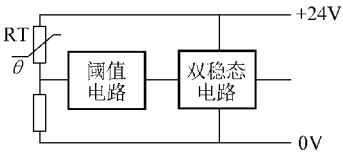


图 5-16 半导体热敏电阻定温式感温探测器工作原理

2) 线型定温式感温探测器：线型定温式感温探测器是利用温度上升到一定数值时，可熔绝缘物熔化使两导线短路，从而产生报警信号。

缆式线型定温式感温探测器是在工业建筑或特殊的应用场所应用较多的一种探测器。它对电缆隧道、易燃工业原料堆垛等环境较恶劣场所，空气中粉尘大、有油烟和腐蚀气体、风速大而潮湿的环境下，可实现早期火灾报警。

缆式线型定温式感温探测器实际上是一条热敏电缆，电缆由两根弹性钢丝、热敏绝缘材料、塑料色带及塑料外护套组成。在正常状态下，两根钢丝间呈绝缘状态，在每一根热敏电缆中有一极微弱的电流流动。当热敏电缆线路上任何一点（部位）的温度（可以是“电缆”周围空气或它所接触物品的表面温度）上升，达到额定动作温度时，其绝缘材料熔化，两根钢丝互相接触，此时报警回路电流骤然增大。报警控制器发出声、光报警的同时，数码管显示火灾报警的回路信号和火警的距离（即受热后电缆动作部分的米数）。经人工处理后，热敏电缆可重复使用。电缆通常截成 $20\sim 30\text{m}$ （最长不宜超过 200m ），该小段相当于一个常开触点，可接到输入模块上，再通过两总线，将报警信号送到火灾报警控制器上。缆式线型定温式感温探测器动作温度值稳定，额定动作温度有 68°C ， 85°C ， 105°C ， 138°C 四种，温度误差范围在 $\pm 10\%$ 以内，额定动作温度的选择根据使用环境决定。

(2) 差温式感温探测器 差温式感温探测器是在规定时间内，环境温度上升速率超过预定值时发出报警信号，目前也有线型和点型两种结构。

1) 点型差温式感温探测器：点型差温式感温探测器是根据局部的热效应而动作的，主要感温元件有空气膜盒、热敏电阻等。例如，图 5-17 所示为膜盒式点型差温式感温探测器的工作原理。

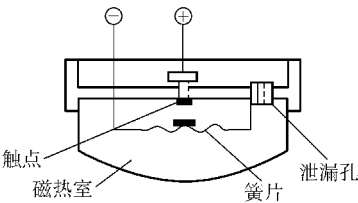


图 5-17 膜盒式点型差温式感温探测器的工作原理

图中，空气膜盒是该型探测器的温度敏感

元件，其感热外罩与底座形成密闭气室（感热室），有一小孔（泄漏孔）与大气连通。当环境温度缓慢变化时，气室内外的空气可由泄漏孔进出，使内外压力保持平衡。如温度迅速升高，气室内空气受热膨胀较快来不及由泄漏孔外泄，导致室内气压增高，波纹簧片被向上压起，波纹簧片上的动触点与中心线柱（固定触点）相碰，接通电路而报警。

2) 线型差温式感温探测器：线型差温式感温探测器是根据较广泛区域的热效应而动作的，主要感温元件有按探测面积蛇形连续布置的空气管、分布式连接的热电偶及热敏电阻等。例如，图 5-18 所示为空气管式线型差温式感温探测器的工作原理，其工作原理与上述膜盒式点型差温式感温探测器相似。这种探测器由两部分组成：一部分是由 $\phi 3\text{mm} \times 0.5\text{mm}$ 紫铜管组成的敏感元件空气管，它置于需要的保护场所；另一部分是传感元件膜片和电路部分，可装在保护现场或者装在保护现场之外。当环境温度升高时，空气管内的空气开始膨胀，使压力升高，为使管内外气压平衡，这时气体可通过泄漏孔排出。

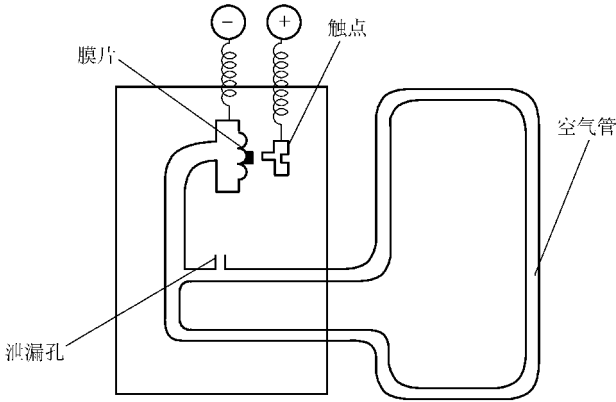


图 5-18 空气管式线型差温式感温探测器的工作原理

空气管式线型差温式感温探测器具有报警可靠，可适用于多粉尘、湿度大、可能产生油类火灾、爆炸等恶劣环境的优点，但由于长期运行的空气管线路泄漏、检查维修不方便等原因，使用的场所比其他类型探测器少。

(3) 差定温式感温探测器 差定温式感温探测器结合了定温和差温两种工作原理，一般多为膜盒式或热敏电阻等点型组合式感温探测器。例如，图 5-19 所示为膜盒式差定温式感温探测器的工作原理。

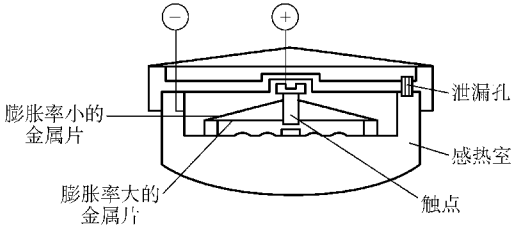


图 5-19 膜盒式差定温式感温探测器工作原理

图中，当环境温度上升速率超过某一值时，感热室内迅速膨胀的气体

来不及从泄漏孔排出，从而使感热室内的气压升高，导致波纹膜片及其上面的触点向上移动，使一对电气触点闭合，产生一个短路信号，经地址译码电路后送到控制器，控制器发出报警信号，这正是差温式感温探测器的工作原理。另一方面，当外界温度缓慢升高时，感热室内外的空气可由泄漏孔进出，使内外压力保持平衡，波纹膜片上的触点位置不变；但由于膨胀率大的金属片随温度升高向外扩张，与之固定在一起的膨胀率小的金属片也随之向外扩张，带动其上的触点向下移动，当达到临界温度后，一对电气触点也能闭合，产生一个短路信号，经地址译码电路后送到控制器，产生报警信号，这正是定温式感温探测器的工作原理。因此，该型感温探测器兼有定温式探测器和差温式探测器的特性。

3. 感光探测器

感光探测器又称为火焰探测器，它通过对火焰辐射出的红外、紫外、可见光予以响应，从而实现对快速发生的火灾或爆炸的及时报警。响应波长低于 400nm 辐射能通量的探测器称作紫外感光探测器；响应波长高于 700nm 称作红外感光探测器；响应波长在 400 ~ 700nm 之间的则称作可见光感光探测器。现在广泛使用的是红外和紫外两种感光探测器，而可见光感光探测器因为在其辐射光谱区难以对环境背景辐射与火灾辐射加以鉴别，因此极少应用。

(1) 红外感光探测器 红外感光探测器是利用火焰的红外辐射和闪烁现象来探测火灾的。红外光的波长较长，烟雾粒子对其吸收和衰减远比紫外光及可见光弱，因此即使火灾现场有大量烟雾，且距红外感光探测器较远，红外感光探测器依然能接收到红外光。需要强调指出的是，为区别背景红外辐射和其他光源中含有的红外光，红外感光探测器还要能够识别火光所持有的明暗闪烁现象，火光闪烁频率为 3 ~ 30Hz。

图 5-20 为红外感光探测器的结构。为保证红外光敏器件只接收红外光，在光传输路径上还要设置一块红玻璃片和一块锗片，以滤去除红外光之外的其他光线。对于 0.3m² 的火焰，红外感光探测器能在相距 45m 处探测到并发出报警信号。

(2) 紫外感光探测器 紫外感光探测器适用于易燃、易爆等物体的燃烧探测。在燃烧过程中，它们的氢氧根发生氧化反应，产生强烈的紫外光辐射，从而使得紫外感光探测器可以很灵敏地探测到紫外光。

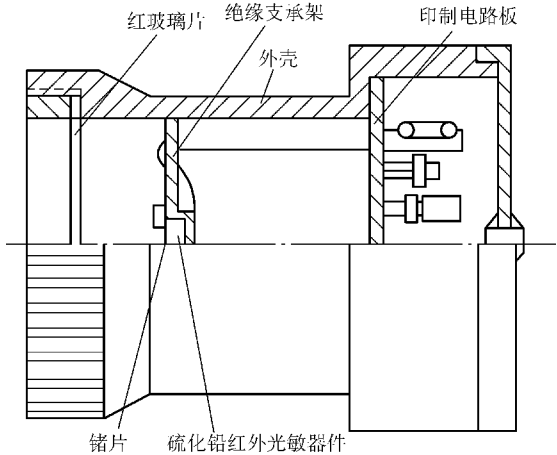


图 5-20 红外感光探测器的结构

图 5-21 所示是感光器件紫外光敏管的结构示意，其中玻璃罩内的两根电极是高纯度的钨丝或钼丝。当电极受到紫外光辐射时，发出电子，并在两电极间的电场中被加速，使得这些高速运动的电子与罩内的氧、氬气体分子发生撞击而使之电离，最终造成“雪崩”式放电，从而相当于两电极接通，实现了图 5-22 所示的探测器电路中的电子开关接通。

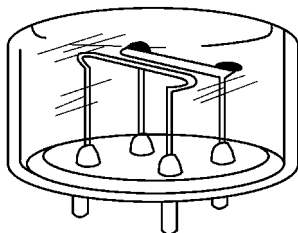


图 5-21 紫外光敏管的结构示意

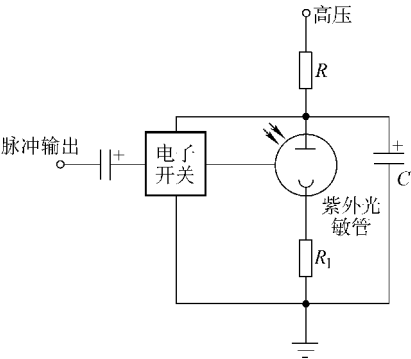


图 5-22 紫外感光探测器的工作原理电路

电容 C 通过紫外光敏管放电，紫外光敏管工作电压降低，当降低到着火电压以下时，紫外光敏管停止放电，导电电流减小，从而使电子开关断开，此时电源电压通过电路给电容 C 充电，又使紫外光敏管的工作电压升高到着火电压以上，于是重复上述过程，这样就在电子开关输出端产生一串脉冲。脉冲的频率与紫外光的强度成正比，同时还与电路参数有关。这些脉冲信号可通过电缆送给控制器，当控制器接收到脉冲信号后，立即转变成与之成正比的直流电压信号。这个电压与预先设置的阈值电压相比较，如超过阈值，则电子触发电路输出一个信号，它一方面使报警器发出灯光和音响信号，另一方面通过触发继电器使得外接的音响或灭火系统启动。

4. 气体探测器

气体探测器又称为可燃气体探测器，它对探测区域内的气体参数反应敏感，主要用于可燃性气体可能泄漏的危险场所，如厨房、燃气贮藏室、油库、易挥发易燃的化学药品贮藏室等。可燃气体探测器主要分为半导体型和催化型两种。

(1) 半导体型可燃气体探测器 半导体型可燃气体探测器的气敏元件由半导体构成，对氢气、一氧化碳、天然气、液化气、煤气等可燃性气体有很高的灵敏度。这种气敏元件在 $250 \sim 300^{\circ}\text{C}$ 下，遇到可燃气体电阻减小，电阻减小的程度与可燃气体浓度成正比。图 5-23 所示为一种半导体型可燃气体探测器的工作原理电路。

图中，MQ-K1 为气敏元件，它由气敏材料和发热丝两部分组成，其中电热丝

使气敏材料处于 $250 \sim 300^{\circ}\text{C}$ 的环境温度下。当可燃气体进入探测器罩后，气敏材料的电阻减小，外接电阻上的分压增大，即施密特倒相器输入电压上升，当升到设定的阈值，施密特倒相器有一负跳变产生，从而触发报警电路，警告此时环境中可燃气体浓度超过警戒线浓度。

(2) 催化型可燃气体探测器 催化型可燃气体探测器采用铂丝作为催化元件，当铂丝加热后，其电阻随环境中可燃气体浓度的变化而变化，其工作原理电路如同 5-24 所示。

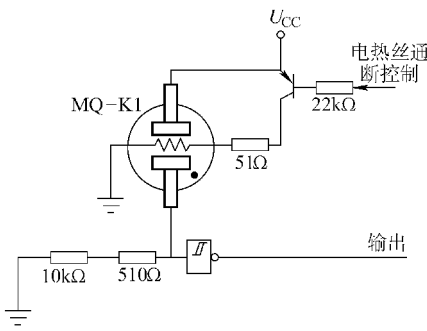


图 5-23 半导体型可燃气体探测器的工作原理电路

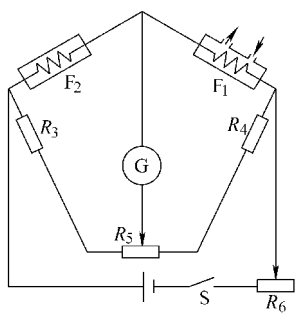


图 5-24 催化型可燃气体探测器原理电路

图中， F_1 、 F_2 均为白金电阻丝，其中 F_1 为检测用铂丝，裸露在空气中； F_2 为补偿用铂丝，则是密封的。两者对称地接在电桥的两个臂上，与 R_3 、 R_4 组成单臂电桥。在正常情况下，电桥平衡无输出；当环境中可燃性气体时，检测铂丝 F_1 由于催化作用导致可燃气体无焰燃烧，铂丝温度进一步增大，使其阻值也随之增大，电桥失去平衡，输出与可燃气体特性参数（如浓度）成比例的电信号。

5.3.5 火灾报警区域和探测区域的划分

火灾自动报警系统的保护对象多种多样，建筑规模大小不一，小的面积只有几十或几百平方米，大的面积可达几十或几万，甚至十几万平方米。为了便于系统及早发现 and 通报火灾，也便于对系统的日常管理和维护，在设计消防系统时，一般都要将其保护对象的整个范围划分为若干个分区，即报警区域，并将每个报警区域再划分为若干个单元，即探测区域。这样划分的根本目的是为了在火灾时，能迅速、准确地确定着火部位，以便有关人员及时采取有效措施。

1. 报警区域的划分

报警区域是设置区域火灾报警控制器的基本单元，参照国内外有关建筑设计防火规范的规定，结合我国具体情况，现行国家标准 GB 50116—1998《火灾自动报警系统设计规范》明确规定：报警区域应根据防火分区或楼层划分，一个报警区域宜由一个防火分区或同楼层相邻几个防火分区组成。

此外，防火分区也是划分报警区域的一个重要依据。例如，不得将同一防火分区划分在两个不同的报警区域，也不得将不在同一防火分区的几个楼层划分在一个报警区域；同一楼层相邻的几个防火分区可以划分为一个报警区域，但不同楼层的几个防火分区不得划分在同一个报警区域。

2. 探测区域的划分

探测区域是将报警区域按探测火灾的部位划分的房（套）间，它是火灾探测器探测部位编号的基本单元，在消防系统中具有一个独立部位号。根据我国现行国家标准 GB 50116—1998《火灾自动报警系统设计规范》规定，探测区域的划分应符合下列要求：

1) 探测区域应按独立房（套）间划分。一个探测区域的面积不宜超过 500m²；从主要入口能看清其内部，且面积不超过的房间，也可划分为一个探测区域。

2) 符合下列条件之一的二级保护对象也可将几个房间划为一个探测区域：

① 相邻房间不超过 5 间，总面积不超过 400m²，并在门口设有灯光报警显示装置；

② 相邻房间不超过 10 间，总面积不超过 1000m²，在每个房间门口均能看清其内部，并在门口设有灯光报警显示装置。

3) 下列场所应分别单独划分探测区域：

① 敞开或封闭楼梯间；

② 防烟楼梯间前室、消防电梯前室、消防电梯与防烟楼梯间合用的前室；

③ 走道、坡道、管道井、电缆隧道；

④ 建筑闷顶、夹层。

上述场所都是比较特殊或重要的公共部位。为了保证火灾发生时人员安全疏散，就必须保证这些部位发生的火灾能够及早而准确地发现，并尽快扑灭。所以，这些部位应分别单独划分探测区域，而不应与同楼层的房间或其他部位混合划分在同一探测区域。

5.3.6 火灾探测器的选择和布置

合理选用、设置和安装火灾探测器，正确使用和及时维修、检查火灾探测报警设备，是将误报降到最低程度的关键。火灾探测器的选用应按照国家标准 GB 50116—1998《火灾自动报警系统设计规范》和 GB 50166—1992《火灾自动报警系统施工验收规范》的有关要求进行。

1. 火灾探测器种类的选用

探测器种类的选择，应根据火灾的类型、火灾形成的规律、建筑物的特点以及环境条件等，选用其所适宜类型的探测器或几种探测器的组合。

(1) 根据火灾类型及形成规律的不同选择探测器 火灾分为两大类：一类是燃烧过程极短暂的爆燃性火灾；另一类是具有初始阴燃阶段，燃烧过程较长的一般

性火灾。

对于第一类火灾，在散发可燃气体或存在易燃液体蒸气的场所，多选用可燃气体探测器实现灾前报警，或采用感光式探测器，以对爆燃性火灾瞬间产生的强烈光辐射做出快速报警响应。这类火灾没有阴燃阶段，燃烧过程中烟雾少，用感烟探测器显然不行。燃烧过程中虽然有强热辐射，但总的来说，感温探测器的响应速度偏慢，不能及时对爆燃性火灾做出报警响应。感光探测器通常用紫外式或紫外与红外复合式，一般为点型结构，其有效性首先取决于探测器的光学灵敏度，当用 4.5cm 焰高的标准烛光距探测器 0.5m 或 1.0m 时，探测器有额定输出。此外，有效性还取决于视锥角，即视野（通常为 $70^{\circ} \sim 120^{\circ}$ ）以及响应时间（ $\leq 1s$ ）和安装定位。

一般性火灾初始的阴燃阶段，产生大量的烟和少量的热，很弱的火光辐射，此时应选用感烟探测器。探测器的感烟方式和灵敏度级别应根据具体使用场所来确定，感烟探测器的工作方式则根据响应速率与可靠性要求来确定。单纯作为报警目的的探测器，选用非延时工作方式；报警后联动消防设备的探测器，则选用延时工作方式，并应考虑与其他种类火灾探测器配合使用。离子式感烟和光电式感烟探测器的使用场所是根据离子式和光电式感烟探测器的感烟方式特点确定的，烟雾粒子较大时，宜采用光电式感烟探测器；烟雾粒子较小时，由于对光的遮挡和散射能力较弱，光电式感烟探测器灵敏度降低，此时宜采用离子式感烟探测器。对于那些使感烟探测器变得不灵敏或总是误报、对离子式感烟探测器放射源产生腐蚀并改变其工作特性或使感烟探测器在短期内被严重污染的场所，不适用感烟探测器，有关规定见 GB 50116—1998《火灾自动报警系统设计规范》。

火灾形成阶段，在产生大量烟雾的同时，光和热的辐射也迅速增加，这时应同时选用感烟、感光及感温探测器，把它们组合使用。

感温探测器的使用一般应考虑其定温、差温或差定温方式的选择。当使用环境没有特殊要求，而一般在感烟探测器又不能使用的场所，均可使用感温式。但是，在感烟探测器可用的场所，尽管也可使用感温方式，但由于其探测速度大大低于感烟方式，所以在感烟和感温探测器均可使用的场所，建议优先使用感烟方式。在有联动控制要求时，则宜采用感烟与感温组合式或复合式。此外，点型电子感温探测器受油雾等污染会影响其外露热敏元件的特性，因此对环境污染问题应特别重视。感温探测器的主要适用场所有：相对湿度高于 95% 以上的环境，有大量粉尘、水雾滞留的环境，可能发生无烟火灾的环境，正常情况下有烟和蒸气滞留，以及其他不宜用感烟探测器的厅堂和公共场所等。对于可能产生阴燃火或需要早期报警以避免重大损失的场所，各种感温火灾探测方式均不适用；正常温度在 0°C 以下的场所，不宜用点型定温式探测器，可用差温或将差温与定温两种探测原理综合在一起的差定温式探测器；正常情况下，温度变化较大的场所，不宜用差温式探测器，可用定温式探测器。

火灾形成特点不可预测的场所，可进行模拟试验后，按模拟试验结果确定火灾探测器的选型。

(2) 根据建筑的特点及场合的不同选用探测器 建筑室内高度的不同，对火灾探测器的选择有不同的要求。对火灾探测器使用高度加以限制，是为了使火灾探测器在整个探测器所要保护面积的范围內均具有必需的灵敏度，以确保其有效性。一般房间高度超过 12m，感烟探测器不适用；房间高度超过 8m，则感温探测器不适用。房间高度也与感温探测器的灵敏度有关，灵敏度高，适于较高的房间。在房间高度超过感烟探测器使用高度的情况下，只能采用感光探测器或图像火灾探测系统。感光探测器的使用高度，由其光学灵敏度范围（9 ~ 30m）确定，房间各高达 20m，但高度增加，要求感光探测器灵敏度提高。应指出，房间顶棚的形状（尖顶形、拱顶形）和大空间顶板的不平整性等，对房间高度确定均有影响。工程实施时，应视具体情况并考虑探测器的保护面积和保护半径等因素后再确定。

对于较大的库房及货场，宜采用线型激光感烟探测器，而采用其他点型探测器，则效率不高。在粉尘较多、烟雾较大的场所，感烟探测器易出现误报警，感光探测器的镜头易受污染而导致探测器漏报。因此，在这种场合只有采用感温探测器。

火灾探测器使用的环境条件，如环境温度、气流速度、振动、空气湿度、光干扰等均可对探测器的工作有效性（灵敏度等）产生影响。一般需要考虑如下因素：

1) 温度：感烟与感光探测器的使用温度低于 50℃，定温式探测器为 10 ~ 35℃；在 0℃ 以下时，探测器安全工作的条件是其本身不允许结冰，并且多采用感烟或感光探测器。

2) 速度：风速较大或者气流速度大于 5m/s 的场所，不宜采用感烟探测器，使用感光探测器则无任何影响。

3) 振动：环境中有限的正常振动，对于点型火灾探测器一般影响很小，对分离式光电感烟探测器则影响较大，要求定期调校。

4) 湿度：环境空气湿度小于 90% RH 时，一般不影响火灾探测器的工作；当有雾化烟雾或凝露存在时，将对感烟和感光探测器的灵敏度有影响。

5) 其他：环境中存在烟、灰及类似的气溶胶时，将直接影响感烟探测器的使用；对感温和感光探测器，如避免湿灰尘，则使用不受限制。环境中的光干扰对感烟和感温探测器的使用均不产生影响，但对感光探测器则直接或间接影响其工作的可靠性。

选用火灾探测器时，若不充分考虑环境因素的影响，则在其使用过程中会产生误报。误报除与环境有关外，还与火灾探测器故障或设计中的缺欠、维护不周、老化和污染等因素有关，应认真对待。

最后要强调的是，在火灾探测报警与灭火装置联动时，火灾探测器的误报警将

导致灭火设备自动启动，从而带来不良影响，甚至是严重的后果。这时对火灾探测器的准确性及可靠性就有了更高的要求，一般都采用同类型或不同类型的两个探测器组合使用来实现双信号报警等，很多时候还要加一个延时报警判断之后，才能产生联动控制信号。需要说明的是，同类型探测器组合使用时，应该是一个具有高一些的灵敏度，另一个灵敏度则可低一些。

2. 探测器的布置原则

在探测区域内，探测器的分布是否合理，直接关系到探测效果的好坏。探测器布置的基本原则除了确保所有被探测范围都处于探测器的探测区域以外，建筑的具体结构、房间分隔、空调送风、高温光源及电磁设备等均是影响探测器设备的重要因素。

- 1) 探测区域内的每个房间至少应设置一只火灾探测器；
- 2) 梁高超过 0.6m 的房间，每个梁间区域至少应设置一只火灾探测器；
- 3) 探测器至墙、梁边的水平距离不应少于 0.5m，墙和梁不仅会影响烟雾、热气流的蔓延，还会吸收一部分热量，使探测器保护面积减少；
- 4) 探测器至空调送风口的水平距离不应小于 1.5m，并宜接近回风口；
- 5) 探测器与灯具的水平净距离不应小于 0.2m，感温探测器与高温光源灯具（如碘钨灯，容量大于 100W 的白炽灯等）的净距离不应小于 0.5m。
- 6) 探测器距扬声器的净距离不应小于 0.1m。

根据上述影响探测器设置的因素，GB 50116—1998《火灾自动报警系统设计规范》对于火灾探测器的选用和设置均做出了较详细的规定，工程设计时必须严格遵循。值得指出的是，尽管如此，探测器的布置仍是一个值得重视的问题，不少工程设计过于偏重于美观、对称，而忽视了客观环境对探测器所需的收集浓度信号造成的影响。事实上，即使像房间的轻质隔断、大型家具、书架、档案架、柜式设备等也会对烟雾、热气流造成影响，而成为影响探测器布置的不可忽视的因素。

3. 探测器数量的确定

一个报警区域可以划分为一个或数个探测区域。探测区域是由数个探测器监视的区域组成，它是火警自动报警部位信号显示的基本单元。在实际应用中，探测区域内的建筑环境（如面积、高度、屋顶坡度、梁高等）不尽相同，每个房间应至少设置一个探测器。一个探测区域内所需设置的探测器的数量，应按下列公式计算：

$$N \geq \frac{S}{KA} \quad (5-1)$$

式中 N ——一个探测区域内所需设置的探测器的数量，取整数；

S ——一个探测区域内的面积（ m^2 ）；

A ——一个探测器的保护面积（ m^2 ）；

K ——安全修正系数，重点保护建筑取 0.7 ~ 0.9，非重点保护建筑取 1。

4. 探测器的安装间距

探测器的安装间距是指两只相邻探测器中心间的水平距离。由于一般情况下，根据建筑平面形状很难做到探测器呈正方形布置，于是将探测器的安装间距又分为横向安装间距 a 和纵向安装间距 b ，如图 5-25 所示。

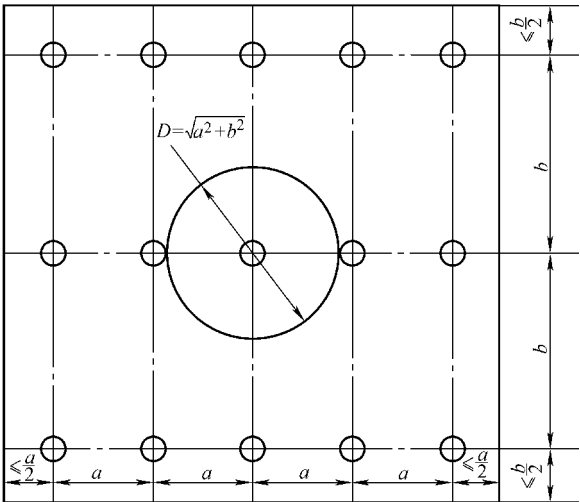


图 5-25 探测器的安装间距

按规定，一个探测器的保护面积 A 是以它的保护半径 R 为半径的内接正四边形的面积表示，因此

$$A = 2R^2 \quad (5-2)$$

当探测器属矩形平面布置时，由于一般情况下，其横向安装间距 a 与纵向安装间距 b 差异不大，所以可以认为一个探测器的保护面积 A 具有如下关系：

$$\begin{cases} A = ab \\ R = \sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)^2 + \left(\frac{b}{2}\right)^2} \end{cases} \quad (5-3)$$

工程设计中，为了既能保证每个探测器的保护范围能够得到充分利用，又能减少探测器布置的工作量，通常制定出安装间距 a 和 b 的极限曲线，它以正方形布置为基准，以探测器的保护面积 A 和保护直径 $D = 2R$ 为参数。

对于探测器来说，其保护面积及保护半径的大小除了与探测器的类型有关外，还受到探测区域内的房间高度、屋顶坡度的影响。表 5-4、表 5-5 分别列出了感温探测器与感烟探测器的保护面积及保护半径。

具体确定方法为：

表 5-4 根据房间高度选择探测器

房间高度 h/m	感烟探测器	感温探测器			火焰探测器
		一级	二级	三级	
$12 \leq h \leq 20$	不合适	不合适	不合适	不合适	合适
$8 \leq h \leq 12$	合适	不合适	不合适	不合适	合适
$6 \leq h \leq 8$	合适	合适	不合适	不合适	合适
$4 \leq h \leq 6$	合适	合适	合适	不合适	合适
$h \leq 4$	合适	合适	合适	合适	

表 5-5 感温、感烟探测器的保护面积及保护半径

火灾探测 的种类	地面 面积 S/m^2	房间高度 h/m	探测器的保护面积 A 和保护半径 R 屋顶坡度 θ					
			$\theta \leq 15^\circ$		$15^\circ < \theta \leq 30^\circ$		$\theta > 30^\circ$	
			A/m^2	R/m	A/m^2	R/m	A/m^2	R/m
感烟探测器	$S \leq 80$	$h \leq 12$	80	67	80	72	80	80
	$S > 80$	$6 < h \leq 12$	80	67	100	80	120	99
		$h \leq 6$	60	58	80	72	100	90
感温探测器	$S \leq 30$	$h \leq 8$	30	44	30	49	30	55
	$S > 30$	$h \leq 8$	20	36	30	49	40	63

- 1) 由表 5-4、表 5-5 中查得保护面积 A 和保护半径 R ，计算出 $D = 2R$ 的值；
- 2) 为使保护面积得到充分利用，可根据 D 值和 A 值在极限曲线上取一点，此点所对应的 a 、 b 值即是安装间距；
- 3) 实际布置探测器时，探测器的安装间距不应大于 a 、 b ，并且探测器到最远点的水平距离不能超过探测器的保护半径。

例如，某一尺寸为 $30\text{m} \times 40\text{m}$ 的探测区域，选用感烟探测器进行保护，其顶棚的坡度为 15° ，房间高度为 8m 。求需要多少探测器？如何布置？

解：根据使用条件，从表 5-3 中可知 $A = 80\text{m}^2$ ，并取 $K = 1$ ，因此由探测器的数量计算公式，可得此房间应至少安装 15 只感烟探测器，即

$$N = \frac{30 \times 40}{1 \times 80} = 15$$

由 $A = 80\text{m}^2$ ， $R = 6.7\text{m}$ ，得出 $D = 2R = 2 \times 6.7\text{m} = 13.4\text{m}$ 。按实际情况选取 $a = 8\text{m}$ ， $b = 10\text{m}$ 。

最后，检查是否满足保护半径的要求，经计算可知，探测器到最远点的水平距离为 $6.4\text{m} < 6.7\text{m}$ ，符合要求。

另外，火灾探测器在一些特殊场合（如有房梁、顶棚为斜顶、顶棚较低、楼梯间、电梯井等）的安装及与一些别的设备在安装距离上都有一定的规则要求，需要注意。

5.4 火灾报警控制器

火灾探测器的选用对火灾的有效探测至关重要，与之相配合的火灾报警控制器则是火灾信息处理和报警控制的关键，它不仅为火灾探测器供电，还接收来自探测器的火灾信号，发出声光报警，并将火灾信息传送到上一级监控中心，同时能自动输出控制指令到其他联动设备，控制其做出相应动作。

5.4.1 火灾报警控制器的基本功能

作为消防系统的核心，火灾报警控制器必须具备如下功能：

1. 声光报警功能

当火警信号送达火灾报警控制器时，控制器能够接收并确认该信号。如果是火灾，则向消防系统中有关的报警装置发送报警信号，实现声光显示报警。

2. 故障监测功能

火灾报警控制器应对系统中各部件（包括控制器本身）及线路进行自动（兼手动）故障监测，以了解系统的实时工作状态，确保控制器及整个系统的正常工作。

3. 记忆功能

当出现火灾报警或系统故障报警时，火灾报警控制器能记忆火灾或故障的地址与时间，当且仅当人工复位后，存储内容才可消除。

4. 联动输出功能

新型火灾报警控制器均已兼有联动控制器的很多功能，当发出火警信号时，经适当延时，能够输出高、低电平或开关触点式的联动灭火及减灾信号。

5. 电源

火灾报警控制器采用信号叠加方式，将 24V 或 12V 直流电源信号与地址编码信号叠加，为火灾探测器供电。此外，为了确保系统供电，火灾报警控制器本身一般均自备浮充备用电源，目前多采用锡镍电池。

6. 联网功能

智能建筑与传统建筑的重要区别之一是，智能建筑中的消防自动报警与联动控制系统既能独立地完成火灾信息的采集、处理、判断和确认，实现自动报警与联动控制，同时还应该具有系统集成功能，能通过网络通信方式与建筑的整个安保中心及城市消防中心实现信息共享和联动控制。

5.4.2 火灾报警控制器的分类

1. 按设计使用要求分类

(1) 区域火灾报警控制器 直接接收火灾探测器（或中继器）发来报警信号

的多路火灾报警控制器。

(2) 集中火灾报警控制器 接收区域报警控制器发来报警信号的多路火灾报警控制器。

(3) 通用火灾报警控制器 兼有区域、集中两种火灾报警控制器的双重特点,通过设置和修改某些参数(硬件或软件),既可作区域级使用,连接探测器;又可作集中级使用,连接区域火灾报警控制器。

2. 按内部电路设计分类

(1) 普通型火灾报警控制器 电路设计采用通用逻辑组合形式,具有成本低廉、使用简单等特点,易于实现以标准单元的插板组合方式进行功能扩展,其功能一般较为简单。

(2) 微机型火灾报警控制器 电路设计采用微机结构,对硬件及软件程序均有相应要求,具有功能扩展方便、技术要求复杂、硬件可靠性高等特点,是火灾报警控制器的首选形式。

3. 按处理方式分类

(1) 有域值火灾报警控制器 使用有域值火灾探测器,处理的探测信号为阶跃开关量形式,火灾报警取决于探测器,而控制器本身不能对火灾探测器发出的报警信号做进一步处理。

(2) 无域值模拟量火灾报警控制器 使用无域值火灾探测器,处理的探测信号为连续的模拟量信号,报警主动权掌握在控制器上,可以具有智能结构,是现代火灾报警控制器的发展方向。

4. 按系统连线方式分类

(1) 多线制火灾报警控制器 探测器与控制器的连接采用一一对应方式,每个探测器至少有一根线与控制器连接,因此连线较多,仅适用于小型火灾自动报警系统。

(2) 总线制火灾报警控制器 探测器与控制器采用总线方式连接,所有探测器均并联或串联在总线上,一般总线数量为2~4根,具有安装、调试、使用方便,工程造价较低的特点,适用于大型火灾自动报警系统。

5. 按结构形式分类

(1) 壁挂式火灾报警控制器 连接探测器回路数相应少一些,控制功能较简单,一般区域火灾报警控制器常采用这种结构。

(2) 台式火灾报警控制器 连接探测器回路数较多,联动控制较复杂,操作使用方便,一般常见于集中火灾报警控制器。

(3) 柜式火灾报警控制器 可实现多回路连接,具有复杂的联动控制,集中火灾报警控制器属于此类型。

5.4.3 火灾报警控制器的主要技术指标

1. 供电方式

主电源一般为交流 $220(1 \pm 15\%)V$ ，频率为 $(50 \pm 1)Hz$ ；备用电源一般采用直流 $24V$ 、 $3 \sim 20A$ 全封闭蓄电池。

2. 监控功率与额定功率

监控功率与额定功率是分别指火灾报警控制器在正常监控状态和发生火灾报警时所消耗的最大功率，如监控功率 $P_f \leq 10W$ ，报警功率 $P_B \leq 50W$ 。

3. 容量与系统容量

容量与系统容量是指火灾报警控制器所能监控的最大部位数，前者主要指区域火灾报警控制器的单机容量，后者指集中火灾报警控制器构成的消防报警系统的总容量。

容量与系统容量是选择火灾报警控制器的最主要依据之一。区域火灾报警控制器的容量可用下式表示：

$$Q_d = mN_i \quad (5-4)$$

式中 Q_d ——区域火灾报警控制器的容量或单机容量；

m ——区域火灾报警控制器所能接纳的探测器或监控模块的最大回路数；

N_i ——每个回路所能接入的探测器或监测模块的最大容量。

系统容量为

$$Q = ZmN_i \quad (5-5)$$

式中 Z ——集中火灾报警控制器所能监控的区域火灾报警控制器的最大台数。

4. 巡检速度

是指集中火灾报警控制器在单位时间内巡回检测区域火灾报警控制器的台数。

5. 使用环境

是指报警控制器在正常监控状态下的环境温度和相对湿度。

除上述一些主要的技术指标外，在火灾报警控制器的产品说明书中往往还给出主要功能及特征，如显示方式、实时动态模拟变化曲线、事件记录功能、控制功能、火灾报警优先功能、故障自动检测功能以及连网功能（方式）等。

5.4.4 火灾报警控制器的接线方式

在消防系统中，火灾报警控制器如何对火灾探测器进行识别和控制，即探测回路的工作原理及连接形式，反映了消防系统的技术构成、可靠性、稳定性及性价比等诸因素，是评价消防系统先进与否的一项重要技术指标。目前，消防系统基本有下列几种控制方式。

1. 辐射式

这种控制方式采用一个探测器（或若干探测器为一组）构成一条回路，与火灾报警控制器相连接，其中的公共电源、信号线、测试线是分开的。我国

GB 50116—1998《火灾自动报警系统设计规范》规定，要求火灾报警要报到火灾探测器所在位置，即报到着火点。因此，就不得不以一个探测器为一条回路，即探测器与火灾报警控制器单线连接。所以，这种系统用线量大，配管直径大，材料用量多，穿线复杂，接点太多，线路故障多，适合测点较少的小规模建筑使用。

图 5-26、图 5-27 所示分别为二线制探测器回路和三线制探测器回路，也就是我们常说的 $n+1$ 或 $n+2$ 根总线数，其中 n 为探测器数，即如果有 n 个探测器，就要 $n+1$ 或 $n+2$ 根导线构成 n 个回路。

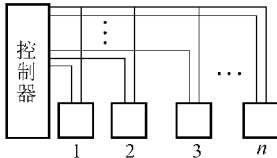


图 5-26 二线制探测器回路

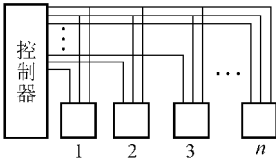


图 5-27 三线制探测器回路

2. 总线制

这种控制方式采用 2~4 根导线构成回路，并联若干个火灾探测器（99 或 127 个），每个探测器有一个编码电路（独立的地址电路），报警控制器采用串行通信方式访问每个探测器，信号形式为开关类型数据（正常、故障或火警），也可发送其探测值的 A/D 转换数据。因此，大大简化了系统连线，工程施工较方便。然而一旦总线回路出现短路问题，则整个回路失效，甚至损坏部分控制器和探测器。因此为了保护系统不受损失，不得不在系统中分段加装短路隔离器，这样不仅使系统变得复杂，设备费用增加，也给使用和维护带来不便。

图 5-28 所示为四总线探测器回路，所有探测器并联在 4 根总线上；图 5-29 所示为二总线探测器回路，所有探测器并联在 2 根总线上。在连接方式上，有的可以接成树形；有的可以接成环形；有的还可以接成字母型，但在字母之间要用 3 根或 4 根线连接才成，这种连接方式只能报出母头所在位置，而子头则只能在母头之中，显示不出自己独立的位置。

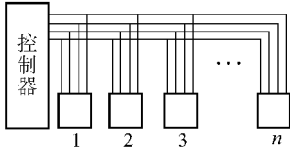


图 5-28 四总线探测器回路

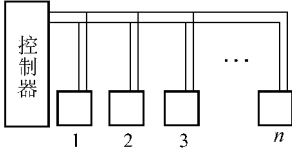


图 5-29 二总线探测器回路

3. 链式

这种控制方式采用 2 根导线，按一进一出的方式，将若干个探测器（一般为

50 个) 连接在一起构成一条回路, 每个探测器相当于一个电子开关。在巡检时, 电子开关依次接通, 实现探测器的逐级推动。在电子开关接通时, 探测器将自己的探测值以电流的形式发送到火灾报警控制器。因此, 火灾报警控制器接收到首尾相接的一串电流脉冲信号, 经过分析和处理, 可分别判断每个探测器当时的状态。这种方式的主要特点是: ①回路用线量少; ②可分别识别每个探测器当时的状态 (正常、故障或火灾状态); ③可连接成环形回路, 当回路出现短路故障时, 可通过正、反查询, 保证回路中其他探测器正常工作, 即回路具有自我保护能力。

链式系统可以预置地址码, 在探测器底座安装完毕后, 即可进行系统调试。根据探测器所在位置房间号码, 进行现场编程, 使火灾报警控制器屏幕所显示的号码与探测器所在位置号码相对应。同时, 由于该系统采用了特殊的专有技术, 总线回路出现短路时, 回路不会出现失效现象, 也不会损坏控制器。因为它在探测器中有特殊的保护电路功能, 不必设置短路隔离器, 这样不仅使系统结构简单, 设备费用降低, 也给安装、调试、使用和维护带来方便。

图 5-30 所示表示链式连接寻址探测器回路的工作方式之一; 图 5-31 所示表示链式连接寻址探测器回路工作方式之二, 它们既可以连接成树形回路, 又可连接成环形回路。

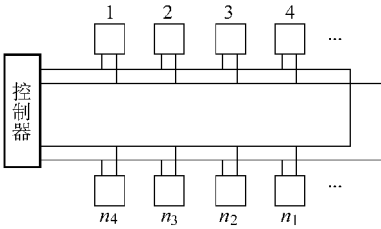


图 5-30 链式连接寻址探测器回路的工作方式之一

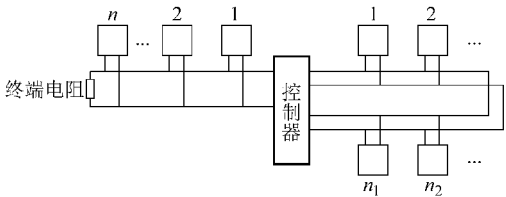


图 5-31 链式连接寻址探测器回路的工作方式之二

4. 无线方式

这种控制方式由传感器、发射机、中继器及控制中心组成。它采用有发射能力的探测器, 当探测到火灾时, 发出无线电信号, 中央监控报警中心可以接收到这种报警信号。这种方式的优点是节省布线费用, 安装方便, 容易开通。

5.5 消防联动控制系统

现代消防系统, 除具有自动报警功能外, 几乎都具有消防联动控制功能, 有的还采用专用的联动控制柜, 通过 RS - 485 接口分别与集中火灾报警控制器和各类手动控制盘连接, 当接收到火灾报警信号时, 能自动或手动起动相关消防设备, 并显示其状态, 将损失减少到最低限度。

消防联动控制装置主要包括火灾警报装置、火警电话、防排烟设施、消防电梯、火灾事故广播及火灾灭火控制装置等。

5.5.1 消防供电

智能建筑中，消防系统的工作特点是连续、不间断。为了保证消防系统供电电源的可靠性，应设有主供电电源和直流备用供电电源，其中主供电电源应采用消防专用电源，负荷等级应按照 GB 50016—2006《建筑设计防火规范》和 GB 50045—2001《高层民用建筑设计防火规范》划分，并按照电力系统设计规范规定的不同负荷级别要求供电。

1. 主供电电源

对于电力负荷集中的高层建筑或一、二级电力负荷（消防负荷），通常采用单电源或双电源的双回路供电方式，用两个 10kV 电源进线和两台变压器构成消防主供电电源。在此前提下，为提高供电可靠性，消防设备从主电源受电的接线方案有如下两种形式：

一级建筑消防供电系统通常采用图 5-32 所示的方式。其中，图 5-32a 所示表示采用不同电网构成双电源，两台变压器互为备用，单母线分段提供消防设备用电源；图 5-32b 所示表示采用同一电网双回路供电，两台变压器互为备用，单母线分段，设置柴油发电机组作为应急电源向消防设备供电，与主供电电源互为备用，满足一级负荷要求。

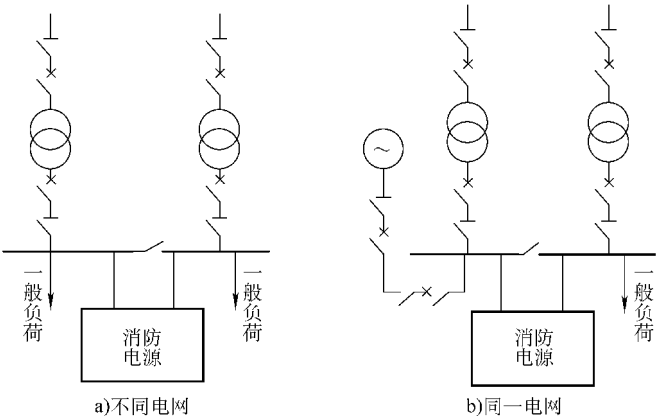


图 5-32 一级建筑消防供电系统

二级建筑消防供电系统如图 5-33 所示。其中，图 5-33a 所示表示由外部引来的一路低压电源，与本部门电源（自备柴油发电机组）互为备用，供给消防设备电源；图 5-33b 所示表示双回路供电，满足二级负荷要求。

2. 备用电源

消防规范要求一类、二类高层建筑分别采用双电源、双回路供电，且变电所需采用分段母线供电，以保障供电的可靠性。备用电源的自动投入装置 BZT 可使两路供电互为备用，也可用于主供电电源与应急电源（如柴油发电机组）的连接和应急电源自动投入。

典型低压备用电源自动投入装置接线如图 5-34 所示，其中 KM1、KM2、KM3 是交流接触器；QF 是短路保护用低压断路器，平时处于闭合状态；QS1、QS2、QS3 是手动开关。

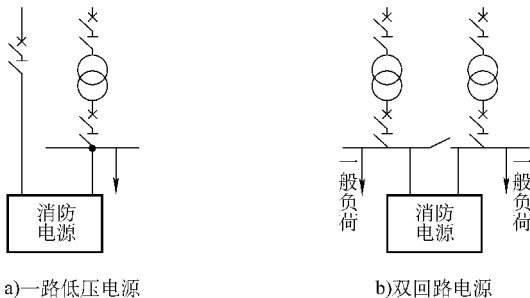


图 5-33 二级建筑消防供电系统

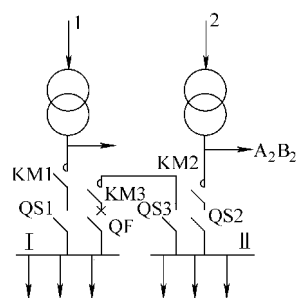


图 5-34 电源自动投入装置接线

正常情况下，两台变压器分列运行，QS1 和 QS2 先闭合，QS3 后闭合，接触器 KM1、KM2 接通，KM3 断开。若 I 段母线失去电压（或 1 号回路掉电），则 KM1 失电断开，接触器 KM3 闭合，使 I 段母线通过 II 段母线接受 2 号回路电源供电，完成自动切换任务。若 II 段母线失去电压（或 1 号回路掉电），则 KM2 失电断开，接触器 KM3 闭合，使 III 段母线通过 I 段母线，接受 1 号回路电源供电。必须强调，两路电源在消防泵、消防电梯等消防设备端实现切换（末端切换），常采用备用电源自动投入装置。

5.5.2 消防设备的联动控制

1. 减灾控制

减灾控制是指确认火灾后对一系列防止火灾蔓延和有利于人员疏散的措施进行的联动控制，它包括防火门、防火卷帘、防火水幕、防烟排烟设施、火灾事故照明和疏散标志，以及消防电梯等的联动控制。

(1) 防火门、防火卷帘、防火水幕 对于一个大的建筑群或高层建筑，为了将火灾限制在一个小的范围，尽快将火扑灭，往往将它分为若干区域。防火门、防火卷帘、防火水幕都属于防火、防烟的分隔设施，它们也是水平方向防火分区的“界门”。

正常状态下，防火门被电磁销（或永磁铁）扣住，发生火灾时，可通过手动

或自动使电磁销解锁，使之关闭。

防火卷帘应设置在建筑物中防火分区通道口处，形成门帘式防火分隔。发生火灾时，可就地手动操作或根据消防控制中心的指令使卷帘下降至预定点，经延时再降至地面，以达到人员紧急疏散、灾区隔烟、控制火势蔓延的目的。按照 JGJ 16—2008《民用建筑电气设计规范》，电动防火卷帘两侧应各设专用的感烟及感温两种探测器，以及声、光报警信号和手动控制按钮（应有防误操作措施）。

防火卷帘控制原理框图如图 5-35 所示。控制器有自动和手动两种工作方式的选择，其中手动方式，仅手动启动命令有效；而自动方式，控制器既能自动控制卷帘下降，而且手动操作也是有效的。当发生火灾时应采取两次下落的控制方式，即卷帘两侧的任何一只感烟探测器报警时，消防联动控制器发

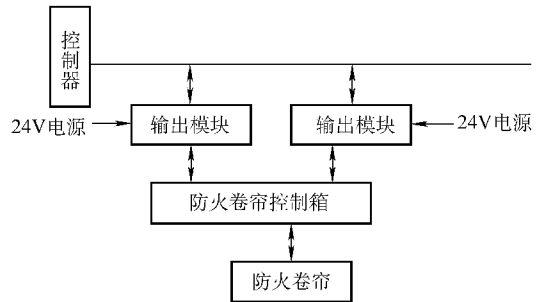


图 5-35 防火卷帘控制原理框图

出控制信号给输出模块，由输出模块输出控制信号给防火卷帘控制箱，使防火卷帘下落至距该层地平面 1.5m 处停止，既起到防止烟雾向另一防火分区扩散的作用，又不阻止人员的疏散。当火灾蔓延、温度上升时，两侧的任一感温探测器报警时，消防联动控制器第二次发出控制信号，经另一个输出模块将防火卷帘下落至地平面，彻底阻止烟雾及火势蔓延。两次动作均需将动作的反馈信号经输出模块传送回消防控制室，使控制室能知道防火卷帘的状态。

除了控制器能控制防火卷帘门升降外，在防火卷帘的两侧各安装一组手动开关，整个开关可手动控制防火卷帘门升、降或停在中间的某个位置。此外，还可以通过链条由人工将防火卷帘升起来，这个功能在防火卷帘误动作且控制失灵时，对打开通道也有一定的作用。

防火水幕采用定温式探测器，并和水幕管网中的水流指示器组成防火水幕控制电路。

(2) 防烟排烟设施 防烟排烟设施在整个消防联动控制系统中的作用非常重要，因为在火灾事故造成的人身伤害中，大部分是因为窒息原因造成的，而且燃烧产生的大量烟气如不及时排除，还可影响人们的视线，使疏散的人群不容易辨别方向，从而造成不应有的伤害，同时也影响消防人员对火场环境的观察及灭火措施的准确性，降低灭火效率。

防烟排烟设施通常包括机械防烟排烟设施和可开启外窗的自然防烟排烟设施，与消防自动报警系统构成联动控制，则主要是指机械加压送风防烟和机械排烟

设施。

防烟排烟系统电气控制的设计，是在选定自然排烟、机械排烟、自然与机械排烟并用或机械加压送风方式以后进行，一般排烟控制有中心控制和模块控制两种方式。

图 5-36 所示为机械排烟控制框图。其中，图 5-36a 所示为中心控制方式，当消防中心接到火警信号后，直接产生信号控制排烟阀门开启、排烟风机起动，空调器、送风机、防火门等关闭，并接收各设备的返回信号和防火阀动作信号，监测各设备运行状况。图 5-36b 所示为模块控制方式，当消防中心接收到火警信号后，发出排烟风机和排烟阀门等动作信号，经总线和控制模块驱动各设备动作，并接收其返回信号，监测其运行状态。

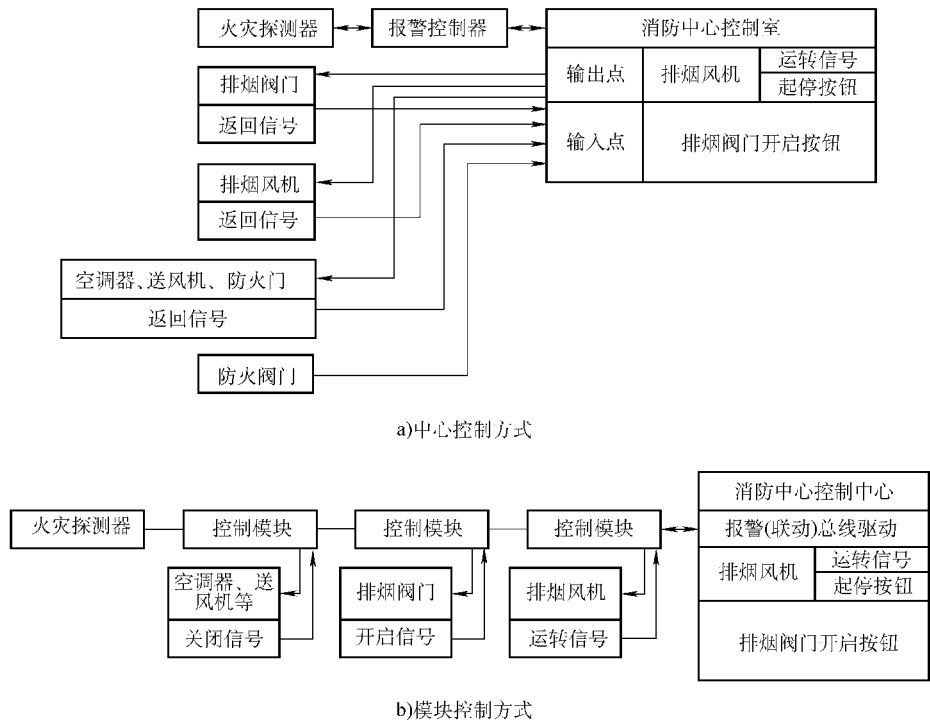


图 5-36 机械排烟控制框图

(3) 火灾事故照明和疏散标志 发生火灾时，正常照明供电线路或者被烧毁，或者为避免电气线路短路而使事故扩大，必须人为切断全部或部分区域的正常照明，但是为了保证灭火活动正常进行和人员疏散，在建筑内必须设置应急事故照明和疏散照明标志。

事故照明的照度不应低于一般照明的 10%，消防控制室、消防水泵房、防烟

排烟机房、配电室及自备发电机房、电话总机房以及火灾时仍需坚持工作的其他房间的事故照明，仍应保证正常照明的照度。备用照明电源的切换时间不应超过15s，商业区不应超过1.5s，因此一般均采用低压备用电源自动投入方式恢复供电，事故照明用的照明器必须选用瞬时点燃的白炽灯、荧光灯等作光源。

疏散照明是确保人员从室内向安全地点撤离而设置的照明，一般在疏散通道、公共出口处，如疏散楼梯、防烟楼梯间及前室、消防电梯及其前室，疏散走道等处，设置疏散照明指示灯。灯位高度以宜于人们观察为准，如出口顶部、疏散走道及其转角处距该层地面1m以下的墙面等处，且间距不应大于20m。用蓄电池作备用电源（推荐如此），其连续供电时间不应小于20min，高度超过100m的高层建筑连续供电时间不应少于30min。火灾事故照明及疏散标志应在消防控制室内进行电源切换控制。

（4）疏散广播/警铃控制 发生火灾后，为了便于组织人员安全疏散和通告有关灭火事项，火灾自动报警控制系统中通常设置火灾紧急广播及警铃。

紧急广播系统可以单独设置，或与建筑内的背景音乐广播系统合并，平时按照正常程序广播节目、音乐等；当发生火灾时，消防控制室将正常广播系统强制切换至紧急广播系统，并能在消防控制室用传声器播音，合用的线路应按照火灾紧急广播系统分层分区控制。当一路扬声器或配线短路、开路时，应该仅使该路广播中断而不影响其他各路广播。

当火灾发生时，火灾报警控制器接收到火警信号，并确认是火警后，经延时发出联动控制信号，通过输出模块将指定的若干扬声器切换到火灾应急广播线路上，进行火灾应急广播，如图5-37所示。

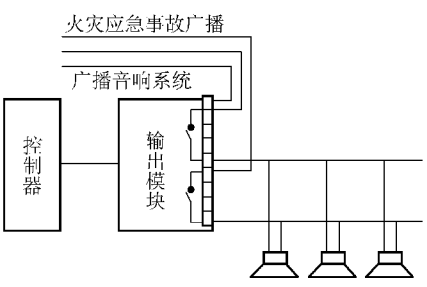


图 5-37 火灾应急广播框图

图5-37所示是火灾应急广播与广播音响系统合用的情况。当只有火灾应急广播系统或两个系统同时独立存在时，只要将图中广播音响系统的线路去掉即可。火灾应急广播控制有自动和手动两种工作方式。自动方式下，控制器可将本层和上下两个相关层的扬声器切换到火灾应急广播线路上；手动方式下，控制器的自动联动指令失效，这时可单点控制输出模块，使该输出模块所连扬声器切换到火灾应急广播线路上。

警铃一般设置在建筑的走道、楼梯及公共场所处，其报警控制方式与火灾紧急广播相同，采取分区报警。火灾时，一般开启着火层及上下关联层的紧急广播和警铃。

(5) 消防电话 火灾紧急通话系统是与普通电话分开的独立系统。该系统的设置是为了保证火灾发生时,使消防控制室可直接与火灾报警器的设置点及其他重要场所通话,以便及时通报有关火灾情况及组织灭火。

火灾紧急通话点一般设置在消火栓及区域显示屏的地方,在建筑的主要场所及机房等处还应设置紧急通话插孔。紧急通话多采用集中式对讲电话,主机设在消防中心。消防专用电话目前有两种:普通程控消防报警电话和总线式程控消防报警电话。

1) 普通程控消防报警电话:普通程控消防报警电话总机是火灾报警和控制系统中的通信设备。它用于在发生火灾事故时,提供方便的通信服务,一般采用插盘式结构,每门分机一条线路,可外接专用市内电话用户线,便于火灾时自动拨叫城市消防部门火警电话。

2) 总线式程控消防报警电话:总线式程控消防报警电话总机是火灾通信系统中的最新通信设备,与总线式火警分机一起配合使用,采用总线式系统,分机可并联挂接在总线上,在数千米范围内任意并联挂接分机,极大地方便了工程安装。消防报警电话可对通信内容自动录音,在有市内电话线接入条件下,可自动拨叫城市消防部门火警电话。

(6) 消防电梯 消防电梯管理是指消防控制室对电梯,特别是消防电梯的运行管理。其作用有两个:一方面是当发生火灾时,正常电梯因断电和不防烟火而停止使用,消防电梯则作为垂直疏散的通道之一被启用;另一方面是作为消防队员登高扑救的重要运送工具。

对电梯的运行管理是通过设置在消防控制室内的电梯控制显示盘控制,或通过设置在建筑的消防控制室或电梯轿厢处的专用开关来控制。火灾时,消防控制室发出信号,强制电梯降至底层,让乘客先行离去,然后电梯停止运行,应急消防电梯只供给消防人员使用。当消防控制室及专用控制开关动作时,按动所有厅站和楼层电梯按钮,将不能再开动电梯,唯一控制权在消防控制室及用专用控制开关自动启动灭火控制系统。

消防电梯间的前室应靠外墙设置,这样可利用外墙上开设的窗户进行自然排烟,前室的门应采用耐火等级不低于 0.9h 的乙级防火门或具有二次降落功能的防火卷帘。电梯轿厢的内壁应采用不燃烧材料,且应设消防专用电话。

消防电梯首层应设供消防队员专用的操作按钮,电梯房、机房均应采用耐火极限不低于 2h 的隔墙隔开。消防电梯的动力、控制电路亦应采用阻燃性电线电缆,且应采取防水措施。当建筑需要不少于两台消防电梯时,消防电梯应分别设置在不同防火分区内。

2. 灭火控制

(1) 消火栓 消火栓是建筑中最基本和常用的灭火方式。为了使各消火栓中

的喷水枪具有相当的水压，通常采用消防加压水泵对消防水管加压。

(2) 自动喷水灭火

1) 湿式喷水灭火：湿式喷水灭火系统由闭式喷头、管道系统、湿式报警阀、报警装置和供水设施等组成，如图 5-38 所示。由于该系统在报警阀的前后始终充满着压力水，因而成为湿式喷水灭火系统，适用于环境温度 $70^{\circ}\text{C} \geq T \geq 4^{\circ}\text{C}$ 的建筑物内。

2) 干式喷水灭火：干式喷水灭火系统是由闭式喷头、管道系统、干式报警阀、报警装置、充气装置、排气设备和供水设备等组成，如图 5-39 所示。由于其管网和喷水处总是充以干的压缩空气，因而称为干式喷水灭火系统，可适用于 $70^{\circ}\text{C} \geq T \geq 4^{\circ}\text{C}$ 的寒冷和高温环境使用。

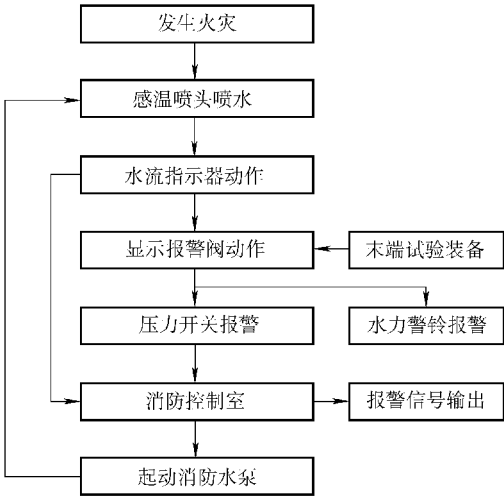


图 5-38 湿式喷水灭火系统工作原理框图

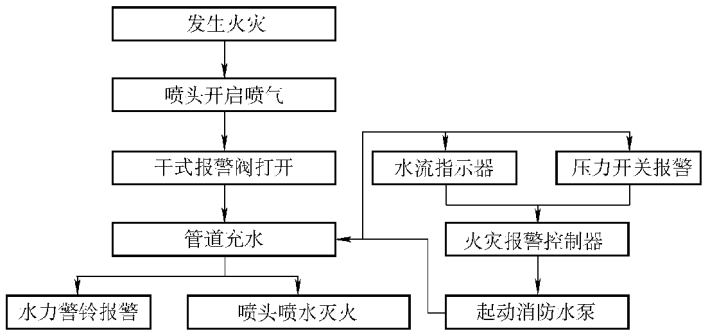


图 5-39 干式喷水灭火系统工作原理框图

3) 预作用喷水灭火：这是一种综合了火灾自动探测技术和自动喷水灭火技术的系统，它兼容了湿式系统和干式系统的优点。系统平时呈干式，在火灾发生时能实现对火灾的初期报警，并立刻使管网充水将系统变为湿式。系统的这种转变过程包含着预备动作的功能，因而称为预作用喷水灭火系统，一般用在要求较高场所，其组成如图 5-40 所示。

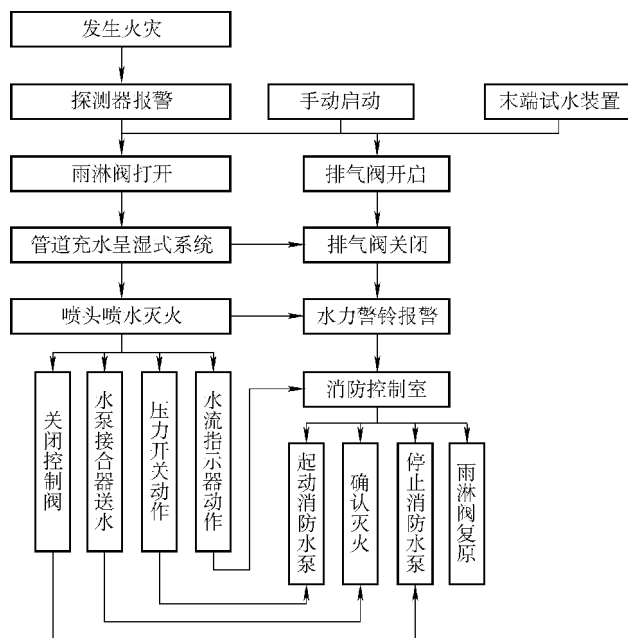


图 5-40 预作用喷水系统工作原理框图

4) 雨淋喷水灭火：雨淋喷水灭火系统可提供一种整体保护，工作时系统的所有开式喷头同时喷水，可以在瞬间喷出大量的水，覆盖或阻隔整个火区，好似倾盆大雨，以对付和控制那种来势凶猛、蔓延迅速的火灾，适用于严重危险级的建筑和构筑物场所。这种系统与预作用喷水灭火系统相似，有两种工作方式：一种是带火灾探测器的电动控制喷水系统，其工作原理如图 5-41 所示；另一种是采用闭式喷头作为系统的火灾探测器的喷水系统，用于保护露天设备，在闭式喷头的传动管路内充水或充压缩空气，使其起到传递信号的作用，其工作原理如图 5-42 所示。

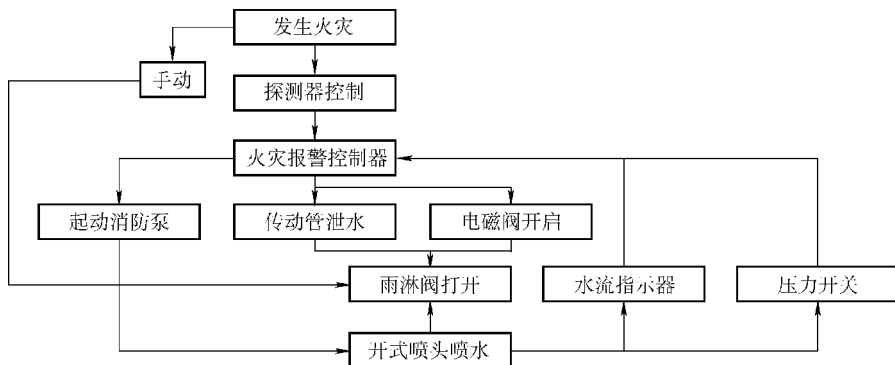


图 5-41 带火灾探测器的电动控制喷水系统工作原理框图

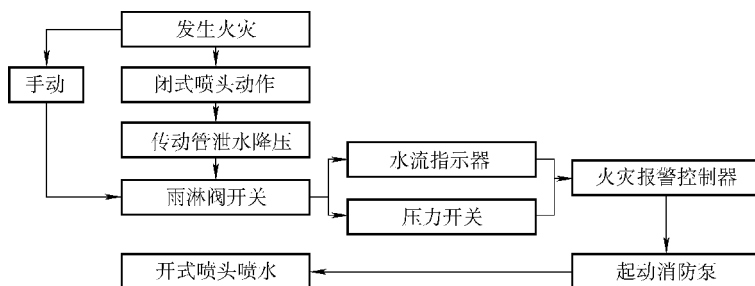


图 5-42 采用闭式喷头作为系统的火灾探测器的喷水系统框图

5) 水喷雾灭火：水喷雾灭火系统在结构、组成与雨淋喷水灭火系统基本相似，所不同的是喷头为螺旋状叶片，具有一定压力水通过该装置时，使叶片旋转，在离心力作用下，使水形成雾状喷出，水滴粒径小，遇热迅速汽化，同时带走大量的汽化热，使燃烧表面的温度迅速降至燃点以下。在汽化状态下，可生成比原体积大 1700 倍的水蒸气，包围和覆盖在火焰周围，导致燃烧区氧气浓度不断下降，火焰因窒息而熄灭。

水喷雾灭火系统的适用的场所有固体火灾、电气火灾和闪电火灾及高于 45℃ 的液体火灾。其不适用的场所有与水混合后起剧烈反应的物质、与水反应后发生危险的物质；没有适当的溢流设备、没有排水设施的无盖容器；装有加热到运行温度 120℃ 以上的可燃性液体无盖容器；高温的物质和蒸馏时容易蒸发的物质，其沸腾后溢流出来的物质会造成危险情况。

(3) 自动气体灭火系统 目前工程上采用的自动气体灭火系统主要是指二氧化碳灭火系统和卤代烷灭火系统。二氧化碳和卤代烷均属于气体灭火介质。二氧化碳灭火机理主要是对可燃物质起窒息和少量冷却降温作用。卤代烷的灭火原理则基于抑制燃烧的化学反应过程，因此灭火速度快，灭火效果优于二氧化碳，然而卤代烷气体对大气臭氧层具有破坏作用，属于限制使用的消防灭火介质，同时它可能对文物、重要文献、珍品和重要的音像制品有一定破坏作用，因此国家规定不得在贮存上述物品的环境中采用卤代烷灭火系统。近年来，要求采用一种新型的灭火介质烟烙尽代替卤代烷，不过烟烙尽价格过高，因此选用时应谨慎。此外，卤代烷的价格也远高于二氧化碳，所以目前工程界仍主要是两种气体灭火介质并存状态。

二氧化碳和卤代烷在一定温度和一定压力下均可以以液态贮存，作为灭火剂释放出来后又成为气体状态，在灭火后不留痕渍，且不导电，但均对人体有害，所以在工程上通常将气体灭火系统作为自动水灭火系统的补充，用于一些重要的资料文献和贮品库，以及电力、电信和大中型计算机房的灭火。

自动气体灭火系统主要由气体贮存钢瓶、容器阀、启动气瓶、喷头、管网及装

于管网上的压力信号器组成。当设置在灭火区内的火灾探测器发出火灾信号以后,经火灾报警控制器确认,驱动联动控制柜给出灭火指令信号,引爆启动气瓶电爆管使启动气瓶开启,通过管道释放出高压氮气,用以启动储气钢瓶的瓶头阀,释放贮存气体,此时仍为液态的气体,经分配阀、相应部分的管路,以及通过布置于灭火区内的喷头,喷出二氧化碳或卤代烷气体进行灭火。压力信号器负责检测管道内的压力,并将其转换为电信号或开关信号,作为反馈信号反馈至消防控制中心,实现联动的闭环自动控制。

(4) 泡沫、干粉灭火

1) 泡沫灭火:泡沫灭火系统按发泡倍数可分为三种:低倍数泡沫灭火系统、中倍数泡沫灭火系统和高倍数泡沫灭火系统。

低倍数泡沫灭火系统的泡沫发泡倍数 ≤ 20 倍,该系统发泡倍数小,泡沫密度大,因此泡沫基本上不随燃烧产生的气流上升,适用于扑救易燃、可燃液体火灾,具有射程远、有效高度大的特点。其不适宜的使用场所和范围包括流动着的可燃液体火灾、气体火灾、沸点低于 0°C 的液化气火灾、低温液体火灾和带电设备火灾。

中倍数泡沫灭火系统的泡沫发泡倍数为 $21 \sim 200$ 倍,可用于扑救固体和液体火灾,使用时需要在火灾现场堆积一定的高度。它可以在溢流的易燃液体火焰上面迅速而有效地形成覆盖层,以控制易燃液体的迅速蒸发。中倍数泡沫稳定性较差,受风的影响明显。

高倍数泡沫发泡倍数为 $201 \sim 1000$ 倍,它的泡沫液及水的使用量为低倍数泡沫灭火系统的几十分之一,绝热性能好,无毒,人在其中可以自由呼吸,因此可为火场人员提供避难场所,同时它能迅速充满防护空间,以全淹没或覆盖方式灭火。其适用的场所及范围包括固体物质仓库(如器材库、汽车库等)、飞机维修库和飞机发动机试验车间、地下工程(如地下铁道、电缆沟等)和有火灾危险的厂房(如石化工厂、炼油厂等)。

2) 干粉灭火:干粉灭火系统主要由干粉贮罐、动力气瓶、压力控制器、阀门、输粉管、喷嘴等组成,其特点是:灭火时间短,效率高;绝缘性能好,可扑救带电设备火灾;干粉可长期保存及长距离输送,干粉贮罐可远离火区;不需要防冻保护,不需使用水。

其适用场所的范围包括放置易燃、可燃液体的场所(如油库、车库、飞机库等),室内外变压器、变压器油箱电气火灾等场所,印刷厂、造纸厂、棉纺厂等。

5.5.3 消防控制方式

消防联动控制的方式有总线——多线联动方式、全总线联动方式和混合总线联动方式,采用何种控制方式由消防报警控制器而定。

1. 总线—多线联动方式

总线—多线联动方式的结构框图如图 5-43 所示。从消防控制中心到各联动被

控设备点的纵向连线为 10 根左右的总线，但该系统并不减少横向连线，因此适合于平面面积不是很大但层高较高的场所。

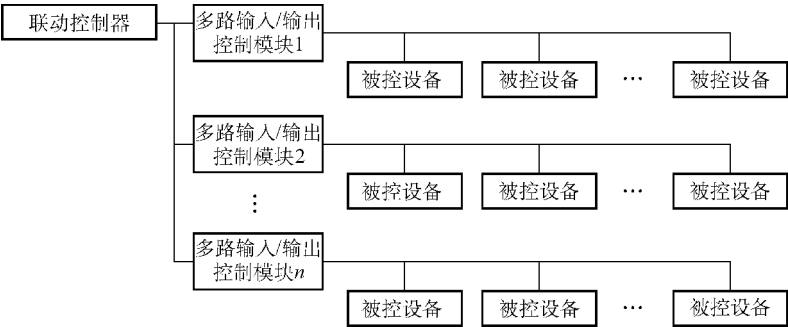


图 5-43 总线—多线联动系统的结构图

联动控制器包括多路输入/输出控制模块，各楼层设一个。在输入/输出点不够的情况下可增加模块，集中放在同一个地方，也可划分控制分区各设一个控制模块。

2. 全总线联动方式

全总线联动方式的结构图如图 5-44 所示。全总线联动系统各处均可配置控制模块（控制或反馈），从控制模块到消防控制中心，采用总线制通信方式，一般是 3 根以上的通信线。它的特点是系统的管线简单，但所需设备造价较高。在实际应用中，往往兼顾到各方面的要求，采用复合控制模式，即多线制、总线制、全总线制复合控制模式。

3. 混合总线联动方式

混合总线联动方式的结构图如图 5-45 所示。有些厂商在总线制报警系统中增加了联动功能，形成报警联动的混合总线。此类总线设备一般分为火灾探测器、报警模块和控制模块。混合总线联动方式减少了总线的数量，但总线功能不分明，系统调试维护困难，大多数情况下，联动模块还需增加联动电源，实际形成报警二总线、联动四总线的模式。

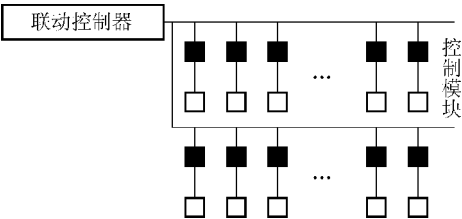


图 5-44 全总线联动系统的结构图

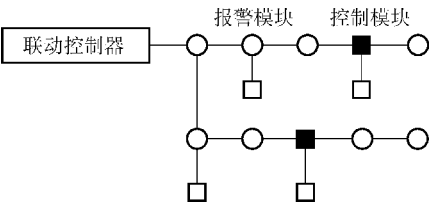


图 5-45 混合总线联动系统

第 6 章 智能建筑自动控制网络系统

随着计算机技术、网络通信技术和自动控制技术的高速发展，人们对建筑的功能要求不断提高，楼宇自控系统的规模也在不断扩大，因此传统的封闭和集中的控制体系结构已经不能满足时代的需要，迫切需要一种全分布、开放的网络控制系统。在这种应用背景下，现场总线技术应运而生，它的出现使得传统的自动控制领域产生了革命性的变革。目前，正处在以现场总线为特征的楼宇自动控制网络系统的鼎盛时期，其中 BACnet 和 LonWorks 这两种总线型标准以其先进的技术和较高的市场占有率成为建筑设备自动化系统的主流技术。

6.1 概述

6.1.1 智能建筑控制系统的演变

早期智能建筑的控制系统采用集中控制的方式，在中央控制室设置一台计算机作为其核心，并辅以必要的外部设备，组成计算机集中监控系统。与常规仪表控制系统相比，这种计算机集中控制系统具有许多优点，例如：

- 1) 功能齐全，可用于复杂的过程控制；
- 2) 高度集中，便于信息的分析与综合，易于实现最优控制；
- 3) 可用软件组态，控制灵活；
- 4) 用阴极射线管（CRT）代替仪表盘，有利于操作人员的监视和操作。

但是，这种计算机集中控制系统同时也存在着与生俱来的缺点，例如：

- 1) 集中式的计算机控制降低了系统的可靠性，风险高度集中，虽然可采用双重计算机等冗余技术，但成本较高；
- 2) 模拟信号数字化的工作在计算机端进行，太多、太长的现场连线通过各类干扰环境到达现场，从而使得系统抗干扰性能降低；
- 3) 控制系统的规模受到较大的限制。

为了提高控制系统的可靠性，克服计算机集中控制存在危险集中的致命弱点，20 世纪 80 年代，出现了一种新型的控制系統——集散控制系统（Distributed Control System, DCS），其实质是一种集中管理、分散控制的管理控制模式。其体系结构如图 6-1 所示。

微处理器被嵌入到各种仪器设备中，多台

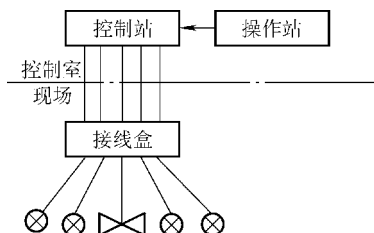


图 6-1 DCS 体系结构

微处理器分散在现场，它们之间利用高速数据通道连接在一起。每个现场仪表到控制站的通信都需要一对专用的双绞线，以传递 4 ~ 20mA 模拟信号。值得注意的是，DCS 在现场控制器这一级仍然是一个集中式结构，现场控制器一般都是多控制回路结构，这就使得危险还有些集中，分散只是相对而言，从而使得 DCS 仍然存在如下主要问题：

1) 以微处理器为核心的控制器被指定一组特定的任务，在绝大多数情况下，通信由一个具有“网关”的专用网络完成，且网关的大部分程序由用户编写，所以开发相当复杂；

2) 具有特定任务的基本控制器，使得组网手段和网络结构不灵活，开发系统费用也相当高；

3) 对于通信网络中的控制站或输入/输出单元，它们与现场仪表之间的通信仍采用模拟信号，使得通信网络很难克服恶劣环境对网络系统的影响。

有人曾尝试把成熟的局域网技术用于 DCS 的连网。实验证明，这种方法存在性能不匹配的问题，也还不能适应恶劣的工作环境；而且以传递大量数据、文件为目的的局域网，并不适合用作传递控制信息为目的的中、低传输速率的控制网。因此，DCS 的体系结构仍然有许多不尽如人意的地方，比如各公司都有各自的标准，不能互连，所谓分散控制也不是完全彻底的，所谓的数字化也仅是半数字化而已。尽管这些年来，人们在 DCS 的框架内做了很多使系统开放的努力，但最终只能取得有限的改良效果。

现场总线技术是 20 世纪 80 年代产生的。它伴随着智能传感器和智能执行器的出现，打破了原有“控制器”的概念，使得计算机控制体系结构发生了巨大变化。微处理器直接嵌入现场设备内部，控制范围缩小到某一监测点或某一回路，一个智能单元出现故障如同过去一只变送器出现故障一样，加之取代传统仪表的智能单元随时处于自诊断状态下，能够及时发现故障并报警，所以在事态扩大之前就能得到及时处理，可以把事故消灭在萌芽阶段。另外，即使上位机出现了故障，由于智能单元本身具有独立的控制功能和通信功能，不依赖于上位机，仍然照常执行预定功能，并通过现场总线传送信息，完成必要的协调功能。因此，不像 DCS 只能依靠双机热备份的冗余措施来提高可靠性，而是通过控制功能的极度分散，最大限度地消除故障根源。可见，控制功能的进一步分散化，不仅带来了更低的成本、更大的灵活性、更好的实用性，而且具有更高的可靠性。这种完全分散、真正开放的控制系统必将取代 DCS，成为新一代的控制体系结构——现场总线控制系统（Fieldbus Control System, FCS），其体系结构如图 6-2 所示。

在 FCS 中，每个现场仪表到现场接线盒仍各用一对双绞线，但从接线盒到控制室则仅用一对双绞线完成数字通信，即用数字化通信取代 4 ~ 20mA 模拟信号传输，从而简化了控制装置的硬件结构，抗干扰强，精度高。此外，在 FCS 中，由

于传统的控制分站的大部分功能已移至现场的智能变送器和智能化执行器，控制分站被取消，因此 FCS 有时又称为平面式计算机控制系统。

6.1.2 智能建筑控制网络的特点

控制网络与一般的信息网络有很多的共同点，但又有不同之处和独自的特点。控制系统特别强调可靠性和实时性，它主要应用于对象的测量和控制的数据通信，允许对实时响应事件进行驱动通信；具有很高的数据完整性；在电磁干扰和有地电位差的情况下能正常工作；多使用专用的通信网。具体而言，控制网络具有如下特点：

1) 控制网络中数据传输的及时性和系统响应的实时性是控制系统最基本的要求。一般地说，过程控制系统的响应时间要求为 0.01 ~ 0.5s，信息网络的响应时间要求为 2.0 ~ 6.0s。然而对于信息网络，大部分情况下实时性是可以忽略的。

2) 控制网络强调在恶劣环境下数据传输的完整性、可靠性。控制网络应具有在高温、潮湿、振动、腐蚀，特别是电磁干扰等工业环境中长时间、连续、可靠、完整地传送数据的能力，并能抵抗工业电网的浪涌、跌落和尖峰等干扰。在可燃和易爆场合，控制网络还应具有本质安全性能。

3) 在控制系统中，由于分散的单一用户要借助控制网络进入某个系统，通信方式多使用广播或组播方式；然而在信息网络中，某个自主系统与另一个自主系统却一般都建立一对一通信方式。

4) 控制系统必须解决多家厂商产品和系统在同一网络中相互兼容、相互操作性的问题。

5) 控制网络的技术特点如下：要求有高实时性与良好的时间确定性；传送信息多为短帧信息，且信息交换频繁；容错能力强，可靠性、安全性好；控制网络协议简单实用，工作效率高；控制网络结构具有高度分散性；控制设备的智能化与控制功能的自治性；与信息网络之间保持高效率的通信，易于实现与信息网络的集成。

如果将楼宇自控网络看作智能建筑中各种楼宇自控设备进行“交流”的“桥梁”或“纽带”，那么楼宇自控网络数据通信协议则是智能建筑各种楼宇自控设备“交流和协作的行为准则”，智能建筑各种楼宇自控设备只有在这个“准则”的规范下，才能实现最优化运行。

在智能建筑中，各种为建筑功能服务的楼宇自控设备（如空调设备、给排水设备、供配电设备、消防设备以及安全防范设备等）分布地安装在建筑的不同位

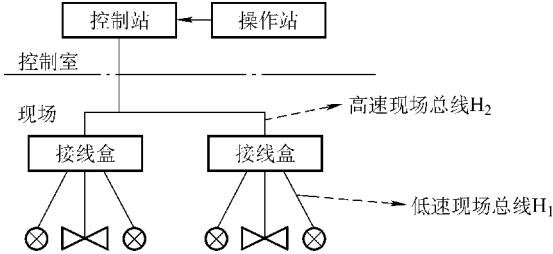


图 6-2 FCS 的体系结构

置。要使分布的楼宇自控设备协调运行，达到最大节能和降耗的目的，就必须在各种楼宇自控设备之间建立数据通信网络，制定通信“语言”和规则。这就是楼宇自控网络数据通信协议的基本作用和内容。

当现代信息技术以不同的方式在智能建筑中应用时，就形成了不同体系结构的楼宇自控网络数据通信协议标准，在智能建筑 20 余年的发展过程中，曾经出现过的楼宇自控网络数据通信协议标准不下 10 余种。在优胜劣汰的竞争下，至今只有 BACnet 和 LonWorks 两种基于总线技术的标准成为智能建筑的主流数据通信开放标准。

进入 20 世纪 90 年代以后，随着网络与通信技术的发展，现场总线技术逐渐成熟与发展起来。它是现代计算机、通信和控制技术的集成。它的出现代表了一种有突破意义的新的控制思想，开辟了一个新的时代，使得智能建筑领域掀起了一股现场总线技术的热潮。

6.2 现场总线技术

根据国际电工委员会 IEC61158 标准的定义，现场总线是安装在生产过程区域的现场设备/仪表与控制室内的自动控制装置/系统之间的一种串行、数字式、双向传输、多分支结构的通信网络”，或者说，现场总线是以单个分散、数字化、智能化的测量和控制设备作为网络节点，用总线连接实现信息互换，共同完成自控功能的网络系统与控制系统，是计算机控制系统与通信技术结合的产物，是新一代全数字、全分散和全开放的现场控制系统。其中，生产过程，包括连续生产过程和断续生产过程两种；现场设备/仪表，是指位于生产现场的各种传感器、驱动器和执行器等设备；现场，是指工作环境处于生产设备的一侧；总线，是指传送信息的公共路径，这些遵守相同连接规范的设备通过“公共路径”连接为系统，并实现相互操作。

因此，现场总线是面向工厂底层自动化及信息集成的数字化网络技术，是一种数字通信协议，它使得自控系统和设备有了通信能力。

6.2.1 现场总线的技术特点

作为一种新的网络形式，现场总线控制系统与传统控制系统有很大区别，主要具有以下特点：

1. 现场设备智能化

现场设备（传感器、驱动器、执行器等设备）是带有串行通信接口的智能化（可编程或可参数化）设备，每个现场设备作为一个智能节点，都有 CPU 单元，既能独立实现检测、变换和补偿功能，又有控制和运算功能。控制站功能分散在现场设备中，系统通过网络协议把它们连接在一起统筹工作，任何一个节点出现故障，只影响本身而不会危及全局，这种彻底的分散控制体系结构提高了系统的可靠性、

自治性和灵活性。

2. 数字化通信取代模拟信号

现场总线系统,用数字化通信取代传统控制系统的 4 ~ 20mA 模拟信号,使得数字信号传输抗干扰性能强、精度高。同时传输线路采用 1 对 N 结构,即 1 对传输线, N 台仪表,双向传输多个信号。这种 1 对 N 结构使得接线简单、工程周期短、安装费用低、维护容易。如果增加现场设备或现场仪表,只需并行挂接到电缆上,而无需架设新的电缆。

3. 集现场设备的远程控制、参数化及故障诊断为一体

现场总线采用计算机数字化通信技术连接智能化现场设备,操作员在控制室既可了解现场设备或现场仪表的工作状况、参数信息等的传送,还可实现设备远程控制、参数化及故障诊断工作。这也就意味着,现场总线系统始终处于操作员的远程监视与控制下,从而提高了系统的可靠性和安全性。

4. 通信线供电

现场总线系统常采用双绞线作为传输介质,通信线供电方式允许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质安全环境。

5. 统一组态

由于现场设备或现场仪表都引入了功能块的概念,所有制造厂商都使用相同的功能块,并统一组态方法。这样,使组态变得非常简单,用户不需要因为现场设备或现场仪表种类不同而进行培训或学习组态方法及编程语言。

6. 开放式互连网络

现场总线为开放式互连网络,所有技术和标准全是公开的,所有制造厂商都必须遵循。这样,用户可以自由集成不同制造厂商的通信网络,既可与同层网络互连,也可与不同层网络互连,还可以实现网络数据库的共享。

基于上述现场总线的诸多技术特点,使得现场总线在系统设计、安装、运行及维护等方面显示出了以下一些特有的优越性:

1. 节省硬件数量与投资

由于现场总线系统使分散在现场的智能设备能直接执行多种传感、计算、控制功能,减少了信号变送器的数量,不再需要单独的调节器、计算单元等,也不再需要 DCS 的信号调理、转换、隔离等功能单元以及其复杂的接线,可以采用普通的工控机作为操作站,从而节约了一大笔硬件投资,也减少了控制室的面积。

2. 节约安装费用

现场总线系统的接线十分简单,一对双绞线或一条电缆上通常可以挂接多个设备,因而电缆、端子、槽盒、桥架的用量大大减少,连线设计与接头校对的工作也大大减少。当需要增加现场控制设备时,无需增加新的电缆,可就近连接在原有的电缆上,既节省了投资,也减少了设计、安装的工作量。

3. 节省维护费用

由于现场控制设备具有自诊断与简单的故障处理能力，并通过数字通信将相关的诊断维护信息送往控制室，用户可以查询所有设备的运行、诊断和维护信息，以便早期分析故障原因，并快速排除故障，缩短了维护停工时间。同时，由于系统结构简化、连线简单，从而也减少了维护的工作量。

6.2.2 几种常见的现场总线标准

现场总线技术的核心是它的通信协议。它必须根据国际标准化组织（ISO）制定的计算机网络的开放系统互连参考模型（OSI/RM）来制定，这是一种开放的七层网络协议标准。各厂商在实际制定自己的通信协议时，并非都在产品中实现了这七层协议，而往往依据侧重点的不同，仅仅实现该七层协议的子集。比如，侧重通信的数据链路的产品，它们的通信协议标准中实现了 OSI 参考模型的物理层、数据链路层以及应用层等；而对注重网络功能的产品，在其通信标准中，除实现了 OSI 参考模型的物理层、数据链路层和应用层外，还实现了网络层，甚至更多层。

到目前为止，世界上约有 40 多种现场总线标准，其中比较流行的几种是：CAN、FF、Profibus、HART 和 LonWorks 等。

1. 控制局域网（CAN）总线

控制局域网（Control Area Network，CAN）是由德国 Bosch 公司及几个半导体集成电路制造商共同开发出来的，最初专门用于汽车内部测量与执行机构之间的数据通信，目的是为了节省接线的工作量，后来由于自身的特点被广泛应用到各行各业。目前，CAN 总线规范已被国际标准化组织（ISO）制定为国际标准。在所有现场总线中，它是唯一被国际标准化组织批准的现场总线。由于得到了 Motorola、Intel、Philips 和 NEC 等公司的支持，它广泛应用于离散控制领域。

CAN 协议也遵循 ISO/OSI 参考模型，其模型结构只有三层，即只取了 OSI 参考模型底层的物理层、数据链路层和顶层的应用层。CAN 采用多主工作站方式，节点之间不分主从，但节点之间有优先级之分，通信方式灵活，可实现点对点、一点对多点及广播方式传输数据，无需调度。CAN 总线可采用双绞线，同轴电缆或光纤作为传输介质，通信速率可达 1Mbit/s（40m），直接通信距离最远可达 10km/5k（bit/s），可挂接设备数最多可达 110 个。CAN 总线的信号传输采用短帧结构，每帧的有效字节数为 8 个，因而传输时间短，受干扰的概率低。当节点严重错误时，CAN 总线具有自动关闭功能，以切断该节点与总线的联系，使总线上的其他节点和通信不受影响，具有较强的抗干扰能力。可见，CAN 总线是所有总线中最可靠的。

2. 基金会现场总线（FF）

基金会现场总线（Foundation Fieldbus，FF）是在过程自动化领域得到广泛支持和具有良好前景的技术。它的前身是以美国 Fisher - Rosement 公司为首，联合

Foxboro、横河、ABB、西门子等 80 家公司制定的可互操作系统协议 (ISP) 和以 Honeywell 公司为首, 联合欧洲等地的 150 家公司制定的世界工厂仪表协议 (WorldFIP)。由于屈于用户的压力, 这两大集团于 1994 年 9 月合并, 成立了现场总线基金会, 致力于开发国际上统一的现场总线协议。它以 ISO/OSI 参考模型为基础, 选取其中的物理层、数据链路层和应用层作为其通信模型的相应层次, 并在应用层上增加用户层。用户层主要针对自动化测控应用的需要, 定义了信息存取的统一规则, 采用设备描述语言 (DDL) 规定了通用的功能块集。由于这些公司是该领域自控设备的主要供应商, 对工业底层网络的功能需求了解透彻, 也具备足以左右该领域现场自控设备发展方向的能力, 因而由它们组成的基金会所颁布的现场总线规范具有一定的权威性。

FF 分为低速 H1 和高速 H2 两种通信速率。H1 的传输速率为 31.25kbit/s, 通信距离为 1900m (加中继器可以延长), 可支持总线供电, 支持本质安全防爆环境。H2 的传输速率可分为 1Mbit/s 和 2.5Mbit/s 两种, 其通信距离分别为 750m 和 500m。FF 的物理传输介质可采用双绞线、光缆和无线射频, 协议符合 IEC61158 - 2 标准, 传输信号采用曼彻斯特编码。

FF 的主要技术内容包括: FF 通信协议, 用于完成 OSI 参考模型中的第 2 ~ 7 层通信协议的通信栈, 用于描述设备特征、参数、属性及操作接口的设备描述语言 (DDL)、设备描述字典, 用于实现测量、控制、工程量转换等应用功能的块, 实现系统组态、调度、管理等功能的系统软件, 以及构筑集成自控系统、网络系统的系统集成技术。

FF 适用于石油、化工、钢铁、电站连续生产过程和部分批量生产, 其相应的 FCS 产品适合连续的生产过程自动化。1996 年在芝加哥举行的 ISA96 展示会上, 首次向世界展示了来自 40 多个厂商的 70 多种符合 FF 的产品。

3. 过程现场总线 (Profibus)

Profibus 是符合德国国家标准 DIN9245 和欧洲标准 EN50170 的现场总线标准, 在实际应用中成绩斐然, 在众多总线中居于前列。目前, Profibus 主要应用于制造业、流程工业、交通、冶金、楼宇自动化等领域。

目前 Profibus 主要有三种系列: Profibus - DP, Profibus - FMS, ProfiBus - PA, 其中, DP 型应用于现场级监控网络, 是一种高速、低成本通信, 适用于各级控制系统与分散式 I/O 的实时通信, 可应用于加工自动化领域; FMS 型用于车间级监控网络, 是一个令牌结构、实时多主网络, 适用于纺织、楼宇自动化、可编程序控制器、低压开关等领域; PA 型则专为过程自动化设计, 它采用了 IEC61158 - 2 传输技术, 可实现总线供电和本质安全防爆。Profibus 协议采用了 OSI 参考模型的物理层和数据链路层, 而 FMS 又增加了应用层。传输速率为 9.6kbit/s ~ 12Mbit/s, 最大传输距离为 100m/10Mbit/s, 400m/1.5Mbit/s, 可用中继器延长至 10km, 其传

输介质可采用双绞线或光缆，最多可以挂接 127 个站点。

Profibus 访问协议是一种混合协议，包括主站之间的令牌环（Token Ring）传递方式和主站与从站之间的主从方式。主站在一个限定时间内（令牌占有时间）具有总线访问权，从站仅按照主站的询问作出应答，它没有总线访问权。主、从站在任何时候都可以增设或拆除，改变之后，现场总线数据链路层将自动对令牌环重新组态。

4. 可寻址远程传感器的高速通道（HART）总线

HART 是 High Way Addressable Remote Transducer 的缩写。它最早由 Rosemount 公司开发，并得到超过 80 多家著名仪表公司的支持，于 1993 年成立了 HART 通信基金会。这种被称为可寻址远程传感器高速通道的开放通信协议，其特点在于，利用现有的模拟信号传输线实现数字信号通信，属于模拟系统向数字系统转变过程中的过渡产品，因而在当前的过渡时期具有较强的市场竞争能力，并得到了较快的发展。HART 总线能利用总线供电，可满足本质安全防爆要求，并可以组成由手持编程器与管理系统主机作为主设备的双主设备系统。

HART 总线规定了一系列命令，按命令方式工作。它有三类命令：第一类称为通用命令，这是所有设备都理解、执行的命令；第二类称为一般行为命令，所提供的功能可以在许多现场设备（尽管不是全部）中实现，这类命令包括最常用的现场设备的功能库；第三类称为特殊设备命令，以便在某些设备中实现特殊功能，这类命令既可以在基金会中开放使用，又可以为开发此命令的厂商所独有。在一个现场设备中，通常可同时存在这三类命令。

HART 总线采用统一的设备描述语言（DDL），现场设备开发商采用这种标准语言来描述设备特性，由 HART 基金会负责登记管理这些设备描述，并把它们编为设备描述字典。主设备运用 DDL 技术来理解这些设备的特性参数，而不必为这些设备开发专用的接口。由于这种技术采用模拟和数字信号混合使用，因此导致难以开发出一种满足各厂商要求的通信接口芯片。

从以上的比较可以看出，每一种现场总线都有其主要的应用领域。在智能建筑控制领域，由于国际标准化组织迟迟未定出关于楼宇自动化控制网络的标准规范，所以目前尚未有一个国际统一的标准。在优胜劣汰的竞争下，当前只有 BACnet 标准和 LonWorks 标准应用最为广泛，被世界各大楼宇自控公司一致认为是当前“最先进的”、“有非常大的潜在能力的”两种技术。下面分别对这两种主流技术进行详细介绍。

6.3 BACnet 总线标准

楼宇自动化与控制网络（BACnet）总线是为楼宇自控网络数据通信协议而制定的一种国际标准，是在 1987 年 1 月由美国采暖、制冷和空调工程师学会（American

Society of Heating Refrigerating and Air – conditioning Engineers, ASHRAE) 成立 SPC (标准项目委员会) 135P, 提出了制定一个关于将开放系统互连 (OSI) 参考模型应用于建筑设备自动控制系统的通信协议。经过长达 8 年半的努力, 1995 年 6 月《建筑物自动控制网络数据通信协议》(A Data Communication Protocol for Building Automation and Control Networks), 简称《BACnet 数据通信协议》, 才获得正式通过。同年 12 月, 通过美国国家标准学会 (American National Standard Institute, ANSI) 认证, 成为美国国家标准, 标准号为 ANSI/ASHRAE Standard 135: 1995, 并且还得到了欧共体标准委员会的认可, 成为欧共体标准草案。2000 年 8 月, 国际标准化组织 (ISO) 的 205 技术委员会 (建筑环境设计技术委员会) 将《BACnet 数据通信协议》列为正式“委员会草案”发布, 并进行公开评议。后来经过适当修订, BACnet 总线才真正成为正式的国际标准。

BACnet 总线充分利用了目前广泛使用的网络技术, 为暖通、空调、制冷设备之间建立了一种统一的数据通信标准, 同时也为其他楼宇控制系统 (如供配电、照明、给排水、安防、消防系统等) 的集成提供了基本原则。与其他标准相比, BACnet 具有如下优点:

1. 专用于楼宇自控网络, 具有高效的特点

BACnet 是由来自全球的楼宇自控领域专家, 针对智能建筑领域的特点专门开发的楼宇自控网络数据通信标准, 它有许多为楼宇自控系统所特有的特性和功能, 如按日期和时间进行不同操作安排的日期和时间安排表、分级操作命令、趋势记录、多种报警和事件处理机制等, 这些特性和功能和其他标准 (如 LonWorks) 所没有的。

2. 完全开放, 技术先进

BACnet 是由 ASHRAE 制定的行业标准, 它不属于以营利为目的的商业公司, 没有任何技术和商业秘密, 没有使用授权问题, 任何人都可以参与讨论, 提出建议, 并可开发相关产品。这种广泛的参与可以集思广义、博采众长, 使 BACnet 不断注入新的内容, 始终代表着最新技术的发展方向。正是这种开放的特性, BACnet 得到了全球所有主要楼宇自控设备厂商 (如开利、麦克维尔、特灵、约克、顿汉 – 布什等公司) 的支持, 这为楼宇自控系统提供了多种选择, 最终为业主和物业管理降低了成本和运行费用。BACnet 这种完全开放和技术先进的特点, 最终使其成为楼宇自控系统中的唯一国际标准。正是由于该标准采用了完全开放的模式, 我国智能建筑领域才有机会参与先进标准的制定, 才有可能打破国外大公司在智能建筑领域的 IT 技术垄断地位。

3. 被许多标准化组织接受为标准, 具有广泛的权威性

接受 BACnet 的主要标准化组织有美国国家标准学会 (ANSI)、欧洲标准化委员会 (CEN)、国际标准化组织 (ISO), 同时 BACnet 也是韩国国家标准。BACnet

不仅应用于暖通空调制冷（HVAC&R）设备，而且还可以用于照明、电梯、安全等楼宇自控系统。由于应用范围不断扩大，BACnet 还被其他许多非 HVAC&R 产业组织预审和接受，如 BACnet 已成为美国电气制造协会（NEMA）标准。这种被广泛认可的事实使 BACnet 具有比较广泛的权威性。

4. 不依赖现有的局域网或广域网技术，具有良好的互连特性

BACnet 利用其简洁的网络层屏蔽了不同的底层差异，可以使 BACnet 标准包含不同的局域网技术，也可以利用广域网技术，甚至可以利用未来的网络技术，这就使得 BACnet 可以由具有不同传输介质和通信速率的网段所组成，不仅提高了网络互连的能力，而且提高了网络的性价比，使 BACnet 具有更为广泛的应用空间。

5. 具有良好的伸缩性

BACnet 标准没有规定 BACnet 中的设备节点数，对 BACnet 设备数也没有限制。这种特性使 BACnet 可根据实际需要来确定，可以由两个 BACnet 设备构成一个极小的 BACnet，也可以构成由许多不同 BACnet 组成的超级“BACnet 互连网络”。从工程项目的应用来看，BACnet 标准已用于各类规模的工程，也已用于超大型规模的工程项目。例如，美国公用设施管理局（General Services Administration, GSA）利用 BACnet 标准进行控制和管理的能源与网络维护（Energy and Maintenance Network, GEMnet）系统，跨越美国太平洋西海岸 3 个州，集成 10 多个政府办公大楼的楼宇自控系统，总建筑面积达 180 万 m²。这充分证明了 BACnet 标准具有良好的互连、互操作和扩展的功能。

6. 具有良好的扩展性

BACnet 采用了先进的设计和分析方法，提供了良好的扩展机制，这种扩展机制可以对标准的各个部分进行扩展，任何扩展部分以同样的方式进行各种操作，任意扩展的内容如果得到了该标准委员会（SSPC - 135）的认可，就可以成为一个标准附件或下一个版本中的内容。因此，可以认为 BACnet 的扩展部分本来就是协议框架的一部分，只不过扩展部分没有得到 SSPC - 135 的正式公布而成为标准部分。也就是说，BACnet 协议是一个很大的框架，成为标准内容的只是框架中最常用、最一般并能满足绝大多数实际应用的一个子集，因此 BACnet 的扩展机制使其扩展部分几乎不需要认可，就表现出与标准部分相同的特性。这种扩展方式不同于其他协议的扩展，几乎对原有的协议没有任何附加的开销。

正是由于 BACnet 标准具有上述优点，可以利用该标准开发具有自主知识产权的智能建筑楼宇自控设备产品，冲破了国外产品在我国垄断地位，使我国智能建筑市场迈入健康发展的轨道，因此在我国研究 BACnet 标准具有重大意义。

6.3.1 BACnet 的体系结构

BACnet 作为一种开放性的网络协议，其数据通信协议采用 ISO/OSI 参考模型的分层体系结构，但并没有从网络的最低层重新定义，而是选用已成熟的局域网技

术，简化层次结构，形成简单而实用的四层体系结构，见表 6-1。

表 6-1 BACnet 的体系结构

BACnet 的协议层次					对应 OSI/RM 层次
BACnet 应用层					应用层
BACnet 网络层					网络层
ISO 8802. 2 (IEEE 802. 2) Type 1		MS/TP (主从/令牌传递)	PTP (点到点协议)	LonTalk	数据链路层
ISO 8802. 3 (IEEE 802. 3)	ARCnet	EIA - 485 (RS - 485)	EIA - 232 (RS - 232)		物理层

BACnet 根据大部分建筑设备自动控制系统通信体系的实际需要，选用了 OSI 参考模型中的物理层、数据链路层、网络层和应用层四层协议，这样可以减少报文的长度和通信处理开销，节约建筑设备自动控制产品的成本，而且使用现有的、普遍使用的局域网技术，可提高性能、开辟系统集成的新途径。下面分别对 BACnet 的四层协议进行简单介绍。

1. 物理层和数据链路层

计算机网络中，物理层的作用是在物理媒体上传输原始的数据比特流；而数据链路层协议是将比特组合成数据链路层协议数据单元——帧（frame），并解决数据传输时的流量控制问题，它们在 BACnet 中都是必需的。在物理层与数据链路层中，BACnet 采纳了五种网络技术：ISO 8802. 3Ethernet、ARCnet、MS/TP（主从/令牌传递）网、PTP（点到点）连接和 LonTalk 协议网。

（1）Ethernet 协议 Ethernet（以太网）是目前使用最广泛的局域网。它的拓扑结构有星形和总线型，其协议包括逻辑链路控制（LLC）、带碰撞检测的载波侦听多址访问（CSMA/CD）协议和相应的物理介质协议等。BACnet 选择了 ISO 8802. 2 中的 Type 1 定义的逻辑链路控制（LLC）协议，加上 ISO 8802. 3 媒体访问控制（MAC）协议和物理层协议，其中 ISO 8802. 2Type 1 提供了无连接不确认服务，ISO 8802. 3 则是著名的以太网协议的国际标准。

（2）ARCnet 协议 附加资源计算机网络（Attached Resources Computer Network，ARCnet）是美国国家标准（ATA/ANSI 878. 1）。这是一种很成熟的局域网技术。它采用总线拓扑结构，特点是使用令牌传递协议作为设备访问介质的方式，因此每个设备可以设置等待发送报文时间的最大值，这对有些应用是非常有用的。BACnet 将 ATA/ANSI 878. 1，包括将来的扩展，再加上 ISO 8802. 2 中 Type 1 定义的逻辑链路控制（LLC）作为自己的标准。

（3）主从/令牌传递（MS/TP）协议 MS/TP 协议配合 EIA - 485 协议，是 BACnet 标准在数据链路与物理层自定义的一种协议。EIA - 485 是美国电子工业协会的串行口通信标准，是楼宇自控系统在现场级控制器通信中最常用的物理层通信

协议，用于现场控制器及 I/O 设备之间。

BACnet 定义 MS/TP 协议，主要提供数据链路层的功能。在 MS/TP 网络中有一个或多个主节点，主节点在逻辑令牌环路中是对等的，每个主节点可以有一些从节点，从节点只有在主节点的请求下才能传送报文。主节点之间采用令牌环方式通信，主节点和从节点间则采用主从通信方式。

(4) PTP (点对点) 协议 PTP 协议是面向连接的协议，这是 BACnet 特有的数据链路层协议，该协议的功能是使两个 BACnet 网络层实体建立点对点数据链路连接，可靠地交换 BACnet 的协议数据单元 (PDU)，并使用已建立的物理连接，执行 BACnet 点对点连接的有序终止。

PTP 协议只适用于路由器设备之间的通信，具有全双工通信、通信的断续性和通信速率慢的特点。当呼叫设备和被叫设备之间建立起物理连接之后，两个 BACnet 设备之间交换一系列的信息帧，以建立一个 BACnet 连接。一旦这种连接成功建立之后，两个设备就可以透明地交换 BACnet 的 PDU。不论呼叫设备还是被叫设备，都可以启动释放连接过程，而只有每个设备都发送了终止请求之后，连接才会终止。

此外，EIA - 232 也是美国电子工业协会的串行口通信标准，它是指直接连接或通过电话 Modem 连接的两个设备之间的串行口通信。

(5) LonTalk 协议 LonTalk 是美国 Echelon 公司开发的数据通信协议，广泛应用于控制网络的数据通信中。BACnet 将 LonTalk 协议，包括将来的扩展，纳入自己的标准，同时仍使用 ISO 8802. 2 中的 Type 1 定义的逻辑链路控制 (LLC) 协议。

在 BACnet 中，选择这几种网络技术主要是基于以下几个方面的考虑：网络传输速率、执行协议对选用多种网络技术硬件的适用性、与传统的建筑设备自动化系统的兼容性以及设计的复杂性等。

2. BACnet 网络层

BACnet 数据链路层可实现报文在一个局域网内传递到某个设备或广播到所有设备，而 BACnet 网络层协议则提供将报文直接传递到一个远程的 BACnet 设备、广播到网络中的所有 BACnet 设备的能力。

从协议的观点看，网络层的功能是向应用层提供同一个网络服务平台，屏蔽异类网络的差异。同时，BACnet 网络层协议也创建路由器，建立和维护它们的路由表方法，这使得路由器自动配置和报文在路由器之间的流动成为可能。BACnet 网络层并未完全采用 OSI 参考模型中的网络层次模型，如不需要在源和目标设备中选择路径，BACnet 保证在其间只有一条通路。BACnet 不支持信息包分拆和重组，规定了固定的信息包长度，对于更长的信息包，需要在应用层分拆后传输。

3. BACnet 应用层

BACnet 应用层的功能是向应用程序提供通信服务的规范、与下层协议进行通信交换的规范、与对等的远程应用层实体交互的规范。

应用层还提供了三个方面的传输层功能：可靠的端到端传输和差错校正功能、报文分段和端到端的流量控制、实现报文的正确重组和序列控制。

6.3.2 BACnet 的技术特点

1. BACnet 的设备描述

在智能建筑中，楼宇自动化系统由许多不同的楼宇自控设备所组成。这些楼宇自控设备来自不同的厂商，具有不同的型号，而且各自执行不同的楼宇功能。如何在控制网络中对不同的楼宇自控设备进行表示，成为协议首先应解决的问题。

工业控制领域习惯用“点”来表示输入、输出以及控制量等，不同的厂商还会附加不同的特性。BACnet 突破常规，采用面向对象的技术，定义了一个“对象”的标准集，其中的每个对象又有一个“属性”标准集。所谓对象，就是与某一特定功能相关的数据结构，而属性则用于向 BACnet 上的其他设备描述该对象以及它的当前状态。通过对象的属性，可以不用考虑设备内部详细资料，就可以实现信息数据的识别与访问。BACnet 中的设备之间的通信，实际上就是设备的应用程序，将相应的对象数据结构装入设备的应用层协议数据单元中，按照协议传输给相应的接收设备，接收设备中的应用程序对这些属性进行操作，从而完成通信的目的。

为了实现楼宇设备间的通信和控制，BACnet 协议定义了 18 种标准对象类型：

- 1) 模拟输入：传感器输入；
- 2) 模拟输出：控制输出；
- 3) 模拟值：设定点或其他模拟控制系统的参数；
- 4) 数字输入：开关输入；
- 5) 数字输出：继电器输出；
- 6) 数字值：数字控制系统的参数；
- 7) 日历：按事件执行程序而定义的日期列表；
- 8) 命令：为完成某个特定目的，将多个变量写到多个设备、多个对象中，例如白天模式到夜晚模式或紧急模式、日期的设定等；
- 9) 设备：其属性表示设备支持的对象和服务，以及设备提供商和固件版本；
- 10) 事件登记：描述可能处于错误状态的事件，例如“输入超出范围”或者其他设备需要的报警，该对象可以直接通知一个设备，也可以用“通知类”对象通知多个对象；
- 11) 文件：允许读写访问设备支持的数据文件；
- 12) 组：提供在一个读的单一操作下，访问多个对象的多个属性；
- 13) 环路：提供标准化地访问某个控制环；
- 14) 多状态输入：表示一个多状态处理程序的状态，如电冰箱的开、关和除

霜循环等；

15) 多状态输出：表示一个多状态处理程序的期望状态，如电冰箱的开始冷却时间、开始除霜时间等；

16) 通知类：包含一个设备列表，如果一个事件登记对象确定有一个警告或报警报文需要发送，则送给列表中的设备；

17) 程序：允许设备中的一个程序开始、停止、装载及报告程序当前状态等；

18) 进度表：定义一个按周期操作的时间表。

2. BACnet 的服务

在定义对象及其属性的基础上，BACnet 还定义了 35 种服务，并将这 35 个服务划分为 6 个类别，它们分别是：①报警和事件服务；②文件访问服务；③对象访问服务；④远程设备管理服务；⑤虚拟终端服务；⑥网络安全性。

上述这些服务还可以分为“确认”服务和“不确认”服务两大类。发送确认服务请求的设备，需要等待一个服务应答；而发送不确认服务请求的设备，则不要求返回应答。

(1) 报警和事件服务 “报警”与“事件”并没有特殊的不同。“事件”是指某个对象的某个属性值的改变或内部状态的改变；“报警”是用户根据实际需要指定的事件，它可以通过定义通知类属性来指定哪一类事件为报警事件。

报警和事件服务提供了 8 种服务，主要用来处理 BACnet 设备感知环境状态的变化。这 8 类服务是：

1) 确认报警：用来告知报警发送方，操作者已收到报警；

2) 确认的“属性值改变”通告：告知“属性值改变”的预定设备在一个属性中已发生值的改变；

3) 确认的时间报告：用来告知发送者，可能发生错误；

4) 获得报警摘要：请求设备提供一份“活动报警”列表；

5) 获得注册摘要：请求一份（可能错误的）“事件列表”；

6) 预定属性值改变：由一个设备发送，请求在一个对象属性值改变时，被告知；

7) 不确认的属性值改变通告：告知“属性值改变”的预定设备，在某个对象的一个或多个属性中，值的改变已经发生；

8) 不确认的事件通告：用来告知多个设备，可能发生一个或多个错误。

BACnet 有 9 个对象可以支持报警和事件服务功能的可选属性，这 9 个对象是：“模拟输入”、“模拟输出”、“模拟值”、“数字输入”、“数字输出”、“数字值”、“环”、“多状态输入”和“多状态输出”。

此外，BACnet 还提供了三种管理事件机制。

1) 属性值的改变 (COV) 报告: COV 可通过永久方式或临时方式预定, 接收某些参考属性值的改变报告;

2) 内部特性报告: 用来定义只对某个特定对象, 且由该对象属性单独表示的报警或事件的情况;

3) 算法改变报告: 基于某种算法的事件, 并且与某个对象的某个属性相关联。BACnet 定义了六个事件算法, 即比特流的改变、状态改变、值的改变、命令失败、浮点极限和超出阈值。

(2) 文件访问服务 文件访问服务提供了读/写文件的基本方法, 包括上载、下载控制程序和数据库。文件访问服务中的两种服务功能分别是:

1) 基本读文件: 请求获得一个“文件对象”的文件部分或全部;

2) 基本写文件: 向一个“文件对象”写入部分或全部。

BACnet 没有定义文件的格式, 但定义了以记录结构格式或者以连续字节流的方式访问文件。

(3) 对象访问服务 对象访问服务提供了读出、修改和写入属性的值, 以及增删对象的方法, 包括九种服务:

1) 添加列表元素: 向一个列表的属性添加一个或多个项目;

2) 删除列表元素: 从一个列表的属性删除一个或多个项目;

3) 创建对象: 用来在本设备中创建一个对象的新实例;

4) 删除对象: 用来在本设备中删除一个对象的新实例;

5) 读属性: 返回一个对象的一个属性值;

6) 条件读属性: 返回复合条件的多个对象的多个属性值;

7) 读多个属性: 返回多个对象中的多个属性值;

8) 写属性: 向一个对象的一个属性写入值;

9) 写多个属性: 向多个对象中的多个属性写入值。

需要说明的是, 虽然对象访问服务中定义了创建对象和删除对象的服务, 但是其应用是受限制的, 与物理设备本身相关联的对象是不可删除的, 而其他对象是可以进行删除服务的。

(4) 远程设备管理服务 远程设备管理服务用于对 BACnet 设备的维护和故障检测, 它提供了 11 种服务, 包括:

1) 设备通信控制: 通知一个设备停止或开始接收网络报文;

2) 确认的专用信息传递: 向一个设备发送一个厂商的专用报文;

3) 不确认的专用信息传递: 向一个或多个设备发送一个厂商的专用报文;

4) 重新初置设备: 对接收的设备进行排序, 以使其可以自引导冷或热启动;

5) 确认的文本报文: 向另一个设备传递一个文本报文;

6) 不确认的文本报文: 向一个或多个设备发送一个文本报文;

- 7) 时间同步：向一个或多个设备发送当前的时间；
- 8) Who - Has：询问 BACnet 设备中哪个含有某个对象；
- 9) I - Have：肯定应答 Who - Has 询问，广播；
- 10) Who - Is：询问关于某个 BACnet 设备的存在；
- 11) I - Am：肯定应答 Who - Is 询问，广播。

当 BACnet 与 Internet 连网时，BACnet 提供了 Who - Is 和 I - Am 服务，它类似于 TCP/IP 中的地址解析协议（Address Resolution Protocol, ARP），通过这两种服务来获取 BACnet 设备的网络地址。当一个设备想要知道其他 BACnet 设备的地址时，就广播发送 Who - Is 服务请求报文，这与 ARP 的工作过程基本一样。应答时，对于 BACnet 互联网来说，相关 BACnet 设备则广播一个包含自己网络地址的 I - Am 服务报文，而不是像 ARP 那样直接发给询问设备。Who - Has 和 I - Have 与 Who - Is 和 I - Have 功能类似，它增加了一个对象标识符或者对象名称。

(5) 虚拟终端服务 虚拟终端服务用于实现一种面向字符的数据双向交换的机制，提供了三个基本服务：

- 1) VT - Open：与一个远程 BACnet 设备建立一个虚拟终端会话；
- 2) VT - Close：关闭一个建立的虚拟终端会话；
- 3) VT - Data：从一个设备向另一个参与会话的设备发送文本。

操作者可以使用虚拟终端服务，建立 BACnet 设备与一个在远程设备上运行的应用程序之间的双向连接，这种连接是基于文本的，使这个设备好像是连接在远程应用程序上的一个终端。

(6) 网络安全性服务 网络安全性服务，主要提供申请服务和验证服务两种服务，用以实现对等实体验证、数据源验证、操作者验证和数据加密等功能。

要实现这些功能，网络需要设置一个设备作为密钥服务器，每一个具有安全特性的设备都要被分配一个密码，以支持安全性服务。需要说明的是，BACnet 允许支持安全性服务的设备与不支持安全性服务的设备混合运行，是否运行安全性服务由具体的事物决定。

3. BACnet 的功能组

功能组是应用服务和标准对象类型的组合体，用于支持楼宇自控系统功能的通信要求。BACnet 规定了 13 个功能组，它们是：①时钟；②手持工作站；③PC 工作站；④事件初始化；⑤事件应答；⑥COV 事件初始化；⑦COV 事件应答；⑧文件；⑨重新初始化；⑩虚拟操作界面；⑪虚拟终端；⑫设备通信；⑬时间管理。

一个控制系统的各个组成部分具有各自不同的功能，这些功能的复杂程度不同，所以并不需要所有设备都具有 BACnet 规定的全部功能。

6.3.3 BACnet 互联网

尽管 BACnet 具有四种局域网的速度，且其拓扑性能及价格也不一样，但它们

可以通过路由器构成 BACnet 互联网。

1. BACnet 的网络拓扑结构

按照局域网拓扑的观点, 每个 BACnet 设备与电气介质相连构成一个 BACnet 网段, 一个 BACnet 网段可以由一个物理网段或多个通过中继器连接的物理网段构成; 一个 BACnet 由一个 BACnet 网段或多个通过网桥相连的 BACnet 网段组成; 每个 BACnet 局域网都形成一个媒体访问控制地址域 (MAC Address Domain)。使用不同局域网技术, 将多个 BACnet 局域网用 BACnet 路由器互连起来, 便形成一个 BACnet 互联网。

2. BACnet 与 Internet 的连接方式

目前, Internet 是世界上最大的互连网络, 其应用已渗透到各个领域, 由于 IP 是 Internet 的基础, 因而 Internet 也称为“IP 网络”。BACnet 作为智能建筑楼宇自控领域的网络系统, IP 技术是其不可缺少的重要内容。

一旦建立基于 Internet 的 BACnet 或与 Internet 建立连接, 就可以充分利用 Internet 功能对智能建筑管理系统进行管理。例如, 可以利用 Internet 浏览器 (Browser) 随时随地访问智能建筑管理系统; 可以将物业管理委托给专业管理公司, 不断对智能建筑中的楼宇设备运行状况进行评估和合理配置, 优化能源消耗, 最大限度地提高楼宇设备运行效益等。

具体而言, BACnet 和 Internet 的连接有两种: 一种方式是利用 Internet 连接多个楼宇自控网络, 实现楼宇自控网络间的通信和信息共享, 这种应用方式相当于其数据链路层的 PTP 连接, 并且可以取代 PTP 连接; 另一种方式是, 利用 IP 技术直接建立 BACnet, 将 Internet 作为控制系统的低层控制网络 (Infranet), 在这种方式下, IP 网络相当于 BACnet 的“局域网”, 并且建立在 IP 网络上的 BACnet 仍然是一个 BACnet, 是 BACnet 互联网中的一个子网。

3. BACnet 互联网的关键技术

对于 BACnet 互联网, 实现 IP 协议与 BACnet 协议的相互转化是关键。为了使网络正常通信, BACnet 中需要一个能够同时理解 IP 协议和 BACnet 协议的特殊设备, 这个设备将 BACnet 报文封装到一个 IP 帧中, 从而使 IP 网络可以正常传输该报文, 在目的节点, 同样的设备将来自 BACnet 的 IP 帧拆装出 BACnet 报文。

ASHRAE 推出《BACnet 数据通信协议》的附件 H 和 J, 为应用 Internet 实现 BACnet 的互连奠定了基础。目前, BACnet 与 IP 互连技术主要有 B/IP PAD 和 BACnet/IP。

(1) B/IP PAD 技术 BACnet/Internet 协议包封装/拆装设备 (BACnet/Internet Protocol Packet – Assembler – Disassemblers, B/IP PAD) 技术也称为“隧道”技术, 就是将 BACnet 协议包在进入 IP 网络时先封装在 IP 包中, 后在 IP 网络中传输。当封装 BACnet 协议包的 IP 包到达目的地址时, 将 IP 包进行拆装, 分离出其中的

BACnet 协议包。这种连接犹如在 IP 网络中开通了一条“隧道”，BACnet 协议包从隧道的一端传输到另一端。在“隧道”两端进行协议包封装和拆装的网络设备，通常称为“协议包封装/拆装设备（PAD）”。“隧道”技术是一种较为常用的异构网络互连技术，可以实现任意异构网络的互连。

图 6-3 为用一个 IP 网络连接多个 BACnet 的示意图。在 B/IP PAD 技术中，PAD 既是一个 IP 节点，也是一个 BACnet 设备节点。当 BACnet1 上的 A 节点需要向 BACnet 2 上的 B 节点发送 BACnet 协议包时，BACnet 协议包首先传输给该网络上的 PAD。当 PAD 接收到 BACnet 协议包时，就检查网终协议控制信息（NPCI）中的最终目的网络号（DNET）域。如果存在 Dnet，则根据内部配置的“路由表”，找出目标 BACnet 2 中 PAD 的 IP 地址和第一个 IP 路由器的地址，并将 BACnet 协议包封装成 IP 用户数据报（UDP），然后转发到第一个 IP 路由器上。封装 BACnet 协议包的 IP 用户数据报一旦进入 IP 网络，则由 IP 网络进行路由，并转发到与目标 BACnet 2 直接连接的 IP 路由器，后由该 IP 路由器转发到目标网络 PAD。当目标网络 PAD 接到 UDP 后，就进行拆装，分离出封装的 BACnet 协议包，最后转发到 BACnet 2 中的 B 节点，从而完成不同 BACnet 上两个设备间的信息传输。

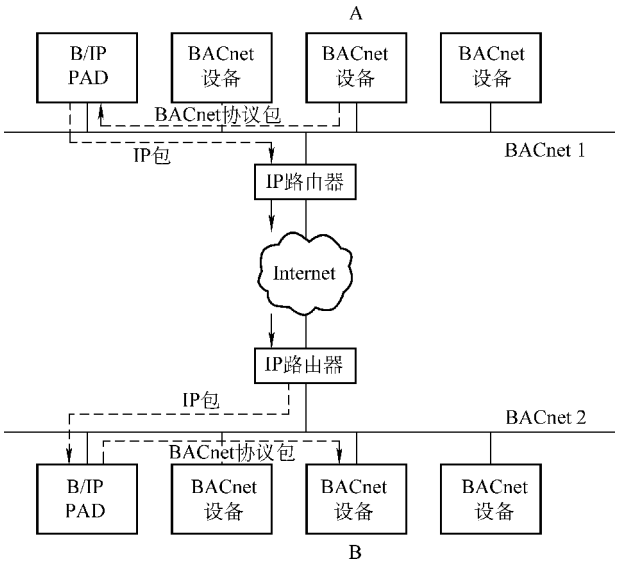


图 6-3 B/IP PAD 连接示意图

使用 B/IP PAD 技术的好处是，在将数据包发往远程目的地之前，PAD 可以修改数据包，为此最常见的方法就是对数据包加密，从而形成一个安全的网络。

(2) BACnet /IP 技术 B/IP PAD 技术是所有异构网络互连均可采用的互连技术，因而 B/IP PAD 技术是一种相对成熟的 BACnet 与 Internet 互连技术，但该技术缺少灵活性，当网络配置改变时，所有 PAD 设备的路由信息或表均必须修改，以

维护路由信息的正确性；而且通过 Internet 向 BACnet 动态增加 BACnet 设备时，较为困难，开销也较大。然而，PAD 路由信息的修改或维护很难制定成标准协议，从而给网络运行和管理带来了极大的挑战。

针对 B/IP PAD 的主要缺点，BACnet 标准委员会（SSPC - 135）的 IP 工作组开发了一个更具扩展性和灵活性的 BACnet 互连协议。该互连协议是基于 IP 的 BACnet 协议，简称为“BACnet/IP”标准。

BACnet/IP 网络由一个或多个 IP 子网组成。例如，图 6-4 所示为两个 IP 子网组成一个 BACnet/IP 网络的示意图。该图与图 6-3 相比，单从形式上看，网络的物理拓扑结构完全相同，只是将 PAD 设备换成了，BACnet 广播管理设备（BACnet Broadcast Management Device, BBMD），并增加了一个称为“外部 BACnet 设备（Foreign BACnet Device）”的 BACnet 设备，但在内涵上是完全不同的。首先，图 6-4 中的 BACnet 设备均为 IP 节点，任意两个设备均可以直接进行“一对一”通信，不需要经过封装和拆装处理；其次，图 6-4 中的两个物理网段，虽然具有不同的 IP 子网号，但这两个 IP 子网组成一个 BACnet，并只有一个 BACnet 标识号，而图 6-3 中的两个物理网段分别为两个 BACnet，并具有不同的 BACnet 标识号。

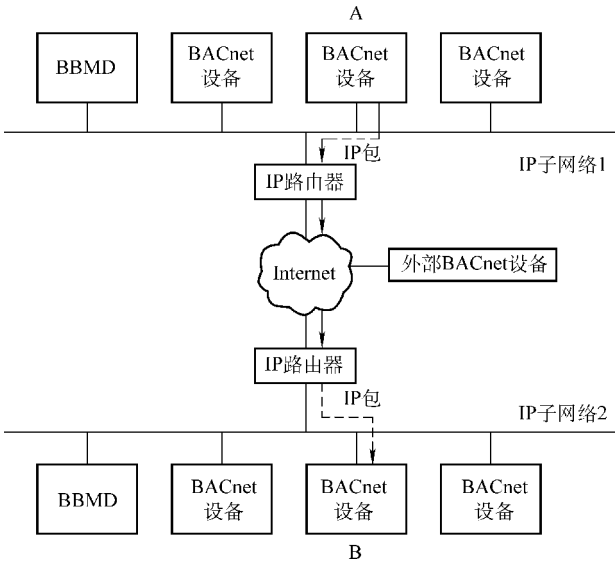


图 6-4 BACnet /IP 连接示意图

BACnet/IP 直接支持基于 IP 的 BACnet 设备，用 IP 帧接收和发送 BACnet 报文，可以在 IP 网络上有效地进行 BACnet 广播，并允许在 IP 网络的任意位置动态地增加或减少 BACnet 设备。另外，BACnet/IP 定义的扩展机制，可以将 BACnet 标准扩展到其他通信协议标准，如 ATM（异步传输模式）、SONET（同步光纤网络）、

IPv6（网际协议第6版）等，甚至可以扩展到未来出现的通信协议之上。

6.3.4 基于 BACnet 的楼宇自控产品

目前 BACnet 已成为当今智能建筑发展的主流技术，基于 BACnet 的楼宇自控产品数量众多，其中主要以霍尼韦尔、Delta、江森等国际自控科技有限公司的技术比较成熟。

1. Delta 公司的 ORCA 楼宇自控系统

开放实时的控制结构（Open Real-time Control Architecture, ORCA）是 Delta 楼宇自控系统所采用的结构。它包括四个部分：Native BACnet 产品，对等（Peer To Peer）通信，暖通空调、照明及门禁系统的集成，远程 I/O 模块。

（1）Native BACnet 产品 Delta 公司的 ORCA 硬件是遵循 Native BACnet 协议的硬件，所谓 Native BACnet 协议是指控制器中被控对象的数据库可在其他支持 BACnet 协议的系统中通用，在其他 BACnet 系统中，可直接进行数据的交换而无需使用网关（网关是控制数据流在不同协议间进行通信的硬件）。由于 Delta 的硬件产品实现了全部标准的 BACnet 属性，并提供编辑命令对其直接进行编辑，使得其产品可很方便地连接到其他供应商提供的系统中，因此 ORCA 系统是全开放的楼宇自控系统。

（2）对等（Peer To Peer）通信 Delta 公司的 DSM（系统管理器）、DSC（系统控制器）及 DAC（应用控制器）都支持对等的数据通信方式，并且都能够发送请求。例如，在一个 BACnet 主从/令牌传递（MS/TP）网段中的应用控制器能够直接访问另外一个 BACnet MS/TP 网段中的应用控制器。这种通信方式不需要专门的通信控制器，任何一个 DDC 故障都不会影响整个系统的正常通信，大大增强了系统的可靠性。

（3）暖通空调、照明及门禁控制系统的集成 Delta 公司在设计所有产品及控制系统时，都遵循“集成的管理解决方案，简单易用”的原则，在这个基础上，Delta 公司设计了 Native BACnet 暖通空调、照明及门禁控制系统，这些系统可方便地集成在一个平台上，使用同一编程软件及通信协议，而不会产生不兼容的问题。

使用 Delta 公司的 ORCAview OWS（工作站操作系统）可以操作所有子系统，实现了楼宇自控系统操作的高集成度及兼容性。

（4）远程 I/O 模块 Delta 公司开发了自己的远程 I/O 通信方式，可以和 BACnet 协议协同工作。远程 I/O 通信是基于 BACnet MS/TP 的构架，再附加特定的服务功能，用于将远程 I/O 转换为 DSC/DAC 中的虚拟 I/O，这样 DSC/DAC 便能够使用图形控制语言（GCL）通过这些虚拟 I/O 实现对被控对象的控制。

使用远程 I/O 通信的目的是为了实现对控制器以外的其他 I/O 控制点的监控，大大增强了系统的分散性和灵活性，同时大量节约施工成本。

2. 霍尼韦尔公司的 ComfortPoint 系统

ComfortPoint 系统是霍尼韦尔公司最新基于以太网，并使用 BACnet 协议的可自由编程的楼宇自动化控制器系列产品。

ComfortPoint 系统控制器及设备完全符合 BACnet 行规的产品分类规定，其中作为中央站的 EBI（European Bioinformation Institute，欧洲生物信息学中心）管理平台是 BACnet 工作站，XL8000 - IPC 是 BACnet 楼宇控制器，而 XL8000 - VAV 和 XL8000 - SPC 则归类为 BACnet 专用控制器。ComfortPoint 系统采用总线型网络拓扑结构，以 EBI 管理系统为中央站，分布在建筑物不同部位的控制分站（ComfortPoint 控制器进程间通信（IPC）直接由以太网相互连接起来，形成集散控制。这些控制域的信息在以太网中的传输速度可高达（10/100）Mbit/s。

（1）EBI 管理平台 作为中央站的 EBI 管理平台，不仅具有 BACnet 设备集成管理功能，同时更具有建筑设备管理系统、消防报警管理系统、综合安防管理系统等多种系统集成管理的强大功能。EBI 系统是完全开放的，支持多种通信协议的管理平台，基于以太网的 EBI 中央站位于信息域，与其他系统管理工作站构成管理层，以 TCP/IP 等多种协议进行通信。

（2）XL8000 - IPC 主控制器 XL8000 - IPC 是一台自由编程的 Native BACnet 控制器，全部采用 BACnet 通信协议，并且不需要网关进行协议转换，可以很方便地与任何第三方的 BACnet 系统集成，适用于复杂的暖通空调系统控制，能够执行各种暖通空调控制策略、时间表程序，实现控制器与能源管理系统之间的数据共享。此外，XL8000 还支持点对点的 IP 通信，由于它内置了 BACnet 路由器，通过它，EBI 系统能够访问所有主从/令牌传递（MS/TP）通道的各单元控制器，因此系统的安装十分简便。

（3）XL8000 - VAV 专用控制器 XL8000 - VAV 是 ComfortPoint 系统中的专用控制器，也是 Native BACnet 控制器，内置一个空气流量传感器和 20 个 I/O 硬件点，I/O 点包括了用于能量计的脉冲输入、房间温度输入、电压或触点信号输入等可客户化的备用点。XL8000 - VAV 通过 MS/TP 与 XL8000 - IPC 相连，在 MS/TP 网络中可以和其他 XL8000 - VAV 或 XL8000 - SPC 通信，实现点数据共享。每个 MS/TP 网络最多可连接 30 台 XL8000 - VAV 设备。VAV 应用程序是使用 ComfortPoint 工具编制的，然后下载到 XL8000 - VAV 中，根据用户的需要，还可用 ComfortPoint 工具对控制器备用点进行设置。

（4）XL8000 - SPC 专用控制器 XL8000 - SPC 是 ComfortPoint 系统另一个专用控制器，主要应用于空调系统的风机盘管机组（FCU）的控制和管理。它采用标准 FCU 应用程序，通过 ComfortPoint 工具进行编制并下载到控制器中，用户也可自行编程。XL8000 - SPC 通过 MS/TP 与 XL8000 - IPC 相连，在 MS/TP 网络中，可以和其他 XL8000 - VAV 或 XL8000 - SPC 通信，实现点数据共享。每个 MS/TP 网络最

多可连接 30 台 XL8000 – SPC 设备。

6.4 LonWorks 总线标准

LonWorks (Local Operating Network, 简称 LON), 是美国 Echelon 公司在 1990 年联合摩托罗拉、东芝公司共同推出的一种用于设备连网的局部操作网络技术。之后, 1994 年由全球 12 家著名工业集团发起, 由 150 家公司参加, 成立了一个 Lon-Mark 的互操作性协会, 其主要任务是制定和推广 LonWorks 技术的设计指导和标准, 并帮助生产厂商和最终用户制造和使用可互操作的 LonWorks 产品。

LonWorks 技术在全球范围内发展速度极快, 已远远超过其他任何一种现场总线。到目前为止, 全世界已有 4500 多家厂商致力于 LonWorks 产品的开发和制造, LonWorks 网络协议已成为诸多组织、行业的标准。消费类、电子产品制造商协会 (CEMA) 将 LonWorks 网络协议作为家庭网络自动化的标准 (EIA – 709)。1999 年 10 月, ANSI 接纳 LonWorks 网络的基础协议作为一个开放工业标准, 包含在 ANSI/EIA709.1 中。国际半导体设备与材料协会 (SEMI) 明确采纳 LonWorks 网络技术作为其行业标准, 还有许多国际行业协会采纳 LonWorks 协议标准, 这将巩固 LonWorks 产品在诸行业领域中应用的地位。

我国近几年也掀起了研究和应用现场总线技术的热潮, 中国计算机协会工控专委会成立了 LonWorks 控制网络协作网, 成员已达 40 多个; 住房和城乡建设部也成立了 LonWorks 用户协作网; 大型建筑业过程控制系统已逐渐推广现场总线系统。

LonWorks 网络控制技术在控制系统中引入了网络的概念, 在该技术的基础上, 可以方便地实现分布式网络控制系统, 并使得系统更高效、更灵活、更易于维护和扩展。具体而言, LonWorks 有以下特点:

1. 具有开放性和互操作性

网络协议是开放的, 而且对任何用户都是对等的。该技术提供的 MIP (微处理器接口程序) 软件允许开发各种低成本网关, 方便了不同系统的互连, 也使得系统具有高的可靠性。

2. 通信介质的多样性

可采用包括双绞线、电力线、无线、红外线、光缆等多种介质并行通信, 而且多种介质可以在同一网络中混合使用。这一特性使得不同工业现场的不同设备实现互连, 增强了网络的兼容性。

3. 网络结构的多样性

可以是主从式、对等式或客户机/服务器 (Client/Server) 网络结构。

4. 网络拓扑的多样性

可以自由组合, 支持总线形、星形、环形和自由拓扑型等网络拓扑形式, 尤其是自由拓扑型使得网络构建更为方便、灵活。

5. 具有分布式处理功能

网络上的每个设备都不依赖于其他设备，而能独立地接收、发送和处理网络信息，这意味着 LonWorks 网络上的每个设备都可以进行决策和信息处理，而不依赖于计算机、可编程序控制器（PLC）或其他形式的中央处理器。消除中央处理器，意味着减少 LonWorks 网络的总成本。由于个别设备的故障并不会影响网络中其他部分的工作，也使得 LonWorks 控制网络更加可靠，但如果是 PLC 或中央处理器出现故障，显然会造成整个控制网络不能正常工作。

6. 强大的连网功能

LonWorks 以其独特的技术优势，将计算机技术、网络技术和控制技术融为一体。它本身就是一个局域网，从而实现了测控和组网的统一，而其在此基础上开发出的 LonWorks/IP 功能将进一步使得 LonWorks 网络与以太网更为方便地互连。

此外，LNS（LonWorks Network Services，LonWorks 网络服务）是用于 LonWorks 技术开发和应用的、功能强大的网络操作系统，与网络构成客户机/服务器结构，采用面向对象的方法管理网络设备，为网络管理和 HMI（人机界面）的建立提供了有效的手段。

6.4.1 LonTalk 协议

LonWorks 协议称为 LonTalk 协议，它和 ANSI/EIA709.1 控制网络标准是 LonWorks 系统的核心。

1. 体系结构

LonTalk 协议是 Echelon 公司在 P 坚持载波侦听多址访问（P – Persistent CSMA）协议的基础上改进而成的，遵循 ISO/OSI 参考模型，提供了 OSI 参考模型所定义的全部 7 层服务，是支持 LonWorks 节点间可靠通信和有效使用通信介质的各种服务的集合。

表 6-2 给出了对应于 7 层 OSI 参考模型的 LonTalk 协议层及每层所提供的服务。

表 6-2 LonTalk 协议层

	OSI 参考 模型层次	标准服务	提供的服务	处理器
7	应用层	网络应用	标准网络标量类型	应用处理器
6	表示层	数据表示	网络标量，外部帧传输	网络适配器
5	会话层	远程遥控动作	请求/响应，认证，网络管理	网络适配器
4	传输层	端对端的可靠传送	应答，非应答，点对点，广播，认证等	网络适配器
3	网络层	传输分组	地址，路由	网络适配器
2	数据链路层	帧结构	帧结构，数据解码，CRC 错误检测	MAC 处理器
	MAC 子层	介质访问	P 预测 CSMA，碰撞规避，优先级，碰撞检测	
1	物理层	电路连接	介质，电气接口	MAC 处理器

2. 物理信道

LonTalk 协议支持以不同通信介质分段的网络。它支持的介质包括双绞线、电力线、射频、红外线、同轴电缆和光纤等。每个 LonWorks 节点都需要物理地连接到信道上，信道是数据包的物理传输介质；LonWorks 网络由一个或多个信道组成，多条信道间由路由器连接。路由器是连接两个信道，并控制两个信道间数据包传送的器件。路由器有四种不同的安装算法：配置路由器、自学习路由器、桥和重复器，可以使用任何一种算法来安装路由器。

由桥或重复器连接的通道合称为段。节点可以看到相同段上的其他节点发送的数据包，而智能路由器（配置路由器和自学习路由器）根据设置决定是否继续向前传送数据包，因此可以用来分离段中的网络交通，从而增加整个系统的容量和可靠性。

信道的传输速率取决于介质和收发器的设计，综合考虑传输距离、吞吐量、节点电耗和成本后，可以在一种介质上安装不同传输率的收发器。

3. 网络地址结构

LonTalk 协议唯一确定了 LonTalk 数据包的源节点和目的节点（可以是一个或几个节点）。同时，路由器也使用这些地址来选择如何在两个信道之间传输数据包。

LonTalk 协议定义了一种使用域（Domain）、子网（Subnet）和节点地址（Node Addresses）的分层式逻辑编址方式，如图6-5所示。使用这种方式编址，替换网中的节点变得非常简单，只需将替代节点的地址编成与原节点一致，不需进行其他任何修改。为了便于进一步对多个分散的节点寻址，LonTalk 协议还定义了另外一类使用域和组（Group）地址的编址方式。

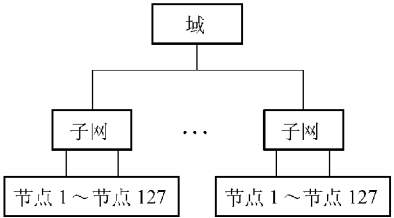


图 6-5 分层式逻辑编址示意图

（1）域地址的组成 域是一个或多个信道上节点的逻辑集合，通信只能在配置于同一个域中的节点之间进行，因此域形成了一个虚拟网络。两个域可以使用相同的信道，所以域可以用来防止不同网络上节点间的互相干扰。例如，在两个相邻的建筑物中，在相同的频率上使用收发器的所有节点，都位于相同的信道上。为防止各个节点上应用程序之间的干扰，每个建筑物的所有节点将被配置为属于各自不同的域。

一个节点可以配置为属于一个域，也可以配置为同时属于两个域，同时作为两个域的成员的一个节点，可以用作两个域之间的网关。因此，虽然 LonTalk 协议不支持两个域之间的通信，但是通过属于两个域的节点上的应用程序可以实现两个域之间数据包的传输。

域是通过 Domain ID（域标识符）来标识的，可以将 Domain ID 配置为 0、1、3 或 6 字节，长度为 6 字节的 Domain ID 可以保证是唯一的。然而，6 字节的 Domain ID 为每个数据包增加了 6 字节的开销。使用较短的 Domain ID 可以减少这个开销，这可以根据实际需要的不同而由系统安装决定。

（2）子网地址的组成 一个子网是一个域内节点的逻辑集合，一个子网最多可以包括 127 个节点，在一个域中最多可以定义 255 个子网。在一个子网内的所有节点必须位于相同的段上，子网不能跨越智能路由器，如果将一个节点配置为同属于两个域，那么它必须同时属于每个域上的一个子网。

除了下列情况外，可以将一个域中的所有节点都配置在一个子网内：

1) 节点位于由智能路由器分隔的不同段内，这是由于子网不能跨越智能路由器，智能路由器两端的节点必须属于不同的子网；

2) 网络的节点数目超过了 127，因此如果将所有节点配置为同一个子网，就超过了一个子网能够允许的最大节点数。

（3）节点地址的组成 子网内的每一个节点被赋予一个在该子网内唯一的节点号，这个节点号为 7 位，所以每个子网最多可以有 127 个节点，这样在一个域中最多可以有 32385 个节点。到目前为止，这是自动控制网络能够提供的最大节点数。

另外，LonTalk 协议还提供了组地址，组是一个域内节点的逻辑集合，与子网不同的是，组内的节点不在乎它们在域内的物理位置。

对于“一对多”的网络变量和报文标签的连接，组是利用网络带宽的一种有效的方法，组由 1 字节的组号来标识，所以一个域最多可以包含 256 个组。

4. 通信服务

（1）消息服务 网络提供的通信服务要使网络同时实现高的有效性、快的响应时间、好的安全性以及高的可靠性是不可能的，实际网络提供的通信服务只能是在这几个方面的折中。LonTalk 协议提供了 4 种基本类型的报文服务：应答、请求/响应、非应答重发及非应答。

1) 应答服务：应答服务，也称为端对端的应答服务，它是最可靠的服务类型。当消息发送到一个节点或一组节点时，发送节点将等待所有应收到该消息的节点发回应答。如果发送节点在预定的某个时间内未收到所有应收到的应答，则发送节点时间溢出，并重发该消息。重发消息的次数以及时间溢出值可选择设定。应答由网络处理器产生，应用处理器不必过问。

2) 请求/响应服务：请求/响应服务也是最可靠的服务类型。当请求消息发送到一个节点或一组节点时，发送节点等待所有收到该消息的节点发回响应。同样，它也有时间溢出值以及重发次数可选择设定。响应可包括数据，所以这种服务类型特别适合远程过程调用客户机/用服务器（Client/Server）应用。

3) 非应答重发服务：非应答重发服务也被称为重发服务。它的可靠性较应答服务低，当对大的节点组广播时，为避免接收过多响应造成网络过负荷，通常采用该服务类型。

4) 非应答服务：非应答服务可靠性最差，当需要极高的传送速率或大量的数据要发送时，通常采用这种服务类型。不过，采用该服务类型应用程序无法知道发出的消息是否丢失，又无重发机制，所以它的可靠性是最低的。

(2) 碰撞检测 LonTalk 协议使用其独有的碰撞避免算法，称为预测的 P 坚持 CSMA (Predictive P – Persistent CSMA) 算法。该算法具有在过负荷的情况下，信道仍然能通过接近最大能力的负荷，而不会由于过多的碰撞而使通过量降低。当使用支持硬件碰撞检测的通信介质（如双绞线）时，只要收发器检测到碰撞的发生，LonTalk 协议可以有选择地取消数据包的传输。它允许降低立刻重新发送被碰撞破坏的包。若没有碰撞检测，假定使用的服务为确认或请求/响应服务，节点将不得不等待到重试时间结束，才能知道节点没有接收到目的节点的确认，这时，节点才重发该数据包。对于非确认服务，未检测到的碰撞意味着包没有被接收到，并且不作任何重试。

(3) 优先级 LonTalk 协议有选择地提供优先级机制，以提高对重要数据包的响应时间。协议允许用户在信道上分配优先级时间槽，它专用于具有优先级的节点。为每个节点分配优先级时间槽的网络管理工具，可以保证只有一个节点在信道上被赋予了一个特定的优先级时间槽。信道上，每个优先级时间槽对每个报文的传输至少增加了两位的时间，开销的大小主要取决于波特率、晶体振荡器准确度和收发器的需要。例如，使用一个 1.125Mbit/s 的 TP/XF – 1250 双绞线收发器，同时信道上的所有节点的晶体振荡器准确度为 0.2% 或更好，则每个优先级时间槽为 30 位时间宽。在数据包的周期内的优先级部分，由于没有任何介质的竞争，配置有优先级的节点比没有优先级的节点具有较快的响应时间。优先级与碰撞检测的组合，使得响应时间是有限的，而不是无限的。分配给节点的优先级时间槽，用于从该节点发送所有具有优先级的包。从一个节点发送的一个、所有的或一些包，可被标记为使用节点的优先级服务。节点内的每个网络变量和报文标签都有相应的优先级设计，并可在编译时设置。对于网络变量，在安装过程中或安装后可有选择地改变其优先级设计。

较小的优先级数，代表较高的优先级。来自一个节点的具有优先级时间槽 2 的优先级包，将在来自一个节点的具有优先级时间槽 4 的优先级包之前被发送；将节点的优先级设为 0，表示该节点的任何包都不在优先级时间槽中被传输，无论报文服务赋值是在节点编译或安装时。时间槽 1 是为网络管理工具保留的，以保证任何应用不能在一个信道停止由网络管理工具发出的中断。应用节点的有优先级的包，可使用槽行为 2 到 127（视介质和在信道上分配的槽数而定）。

当节点内生成一个优先级包后、在挂起的所有的无优先级输出包被传送之前，该优先级包将在优先级队列被传送出节点。同样，当一个优先级包到达路由器时，它便加入到了路由器队列的前面（但在所有已排队的优先级包之后），如果已配置了路由器的优先级时间槽，则它使用路由器的优先级向前传送。

(4) 证实 LonTalk 协议支持证实服务，由证实报文的接收者来决定是否发送者被批准分送该报文，从而可以防止对节点及它们应用的非证实访问。证实的使用配置给每个单独的网络变量，网络管理事务也可以选择为证实。

证实由在安装时配给节点的 48 位密钥来实现，证实报文的发送者和接收者都对该密钥进行处理。当证实报文被发送，接收者要求发送者提供证实，每次使用不同的随机数查问。然后，发送者使用该证实密钥和来自原始包的数据实现查问和响应的传输。接收者将这个对查问的答复与它自己对查问的转换作比较，如果匹配，该事务成功。使用的转换算法被设计为，即使你知道口令和响应，要推导出密钥是什么也将是非常困难的。

6.4.2 LonWorks 节点和神经元芯片

LonWorks 的节点分为智能节点和通信节点两类。智能节点主要由四部分组成：神经元（Neuron）芯片、I/O 外部电路、收发器、存储器。智能节点是组成 LonWorks 网络最基本的控制单元。它下接传感器或执行器，上接 LonWorks 网络，是一类具有数据采集、处理、设备控制以及通信等功能的自治节点，其构成如图 6-6 所示。

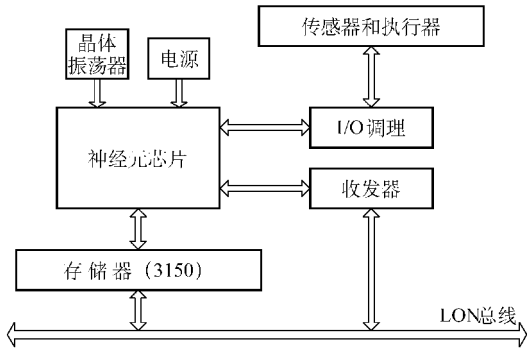


图 6-6 智能节点结构框图

通信节点也称为通信接口适配器或 LonWorks 网络接口，其结构框图如图 6-7 所示。其中，神经元芯片只用作通信处理器，节点应用程序由主处理器来执行。通信节点用于建造基于主处理器而不是神经元芯片的节点，主要用于处理能力、I/O 能力要求较高的场所。

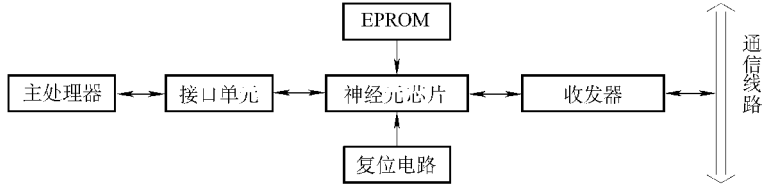


图 6-7 通信节点结构框图

神经元芯片是节点的核心部分，包括一套完整的通信协议，即 LonTalk 协议，从而确保节点间使用可靠的通信标准进行操作。因为神经元芯片可直接与它所监视的传感器和控制设备连接，所以一个神经元芯片可以传输传感器或控制设备的状态，执行控制算法，和其他神经元芯片进行数据交换等。

神经元芯片在大多数 LON 节点中是一个独立的处理器，如果节点需要具备更强的信号处理能力或 I/O 通道，芯片可以用作其他处理器的通信协处理器，共同构成所需的节点。

1. 神经元芯片的结构和处理器

神经元芯片包含 3150 和 3120，其中，3150 神经元芯片支持外部存储器，可进行软件的扩展，适用于大型复杂系统；3120 系列神经元芯片本身为一个完整的最小系统，支持小型应用程序，适用于简单的低成本系统。两种神经元芯片的结构框图和主要硬件资源配置如图 6-8 和表 6-3 所示。

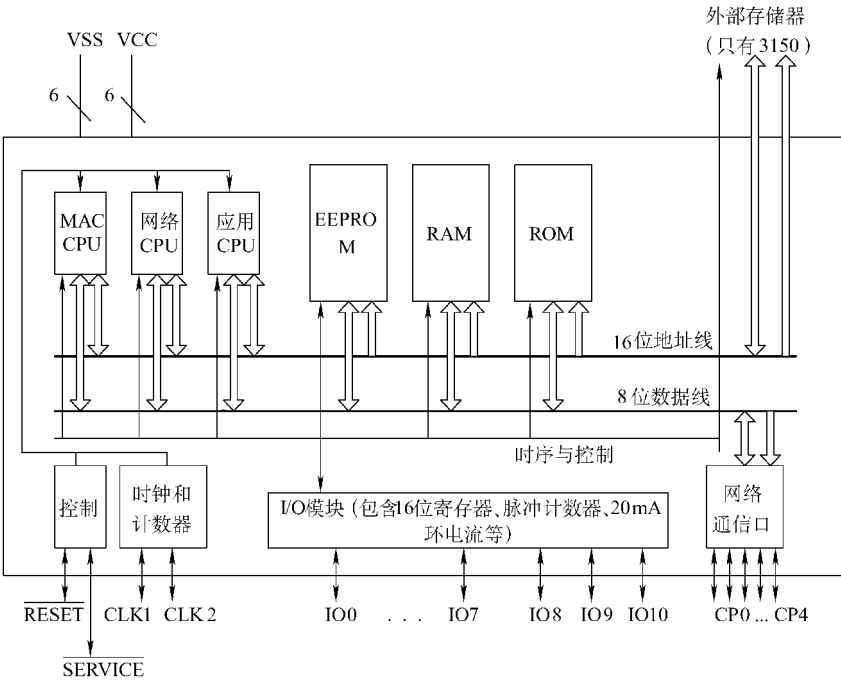


图 6-8 神经元芯片框图

可见，两种神经元芯片的存储器配置是不同的，3120 系列神经元芯片不可外接 EPROM，而 3150 神经元芯片则可以，因此它有外部数据线和地址线及少量控制线的引脚。在两种神经元芯片的 EEPROM 中存储有网络配置、编址信息以及神经元芯片的唯一 48 位神经元芯片标识符（Neuron ID 由生产厂商写入），另外还有用

户应用程序代码和只读数据。

表 6-3 神经元芯片硬件配置比较表

性能项目	MC143150	MC143120	MC143120E2	TMPN3120E2
处理器	3	3	3	3
RAM/B	2048	1024	2048	1024
ROM/B	—	10240	10240	10240
EEPROM/B	512	512	2048	1024
16 位定时器/计数器	2	2	2	2
外部存储器	有	无	无	无
接口	PQPF	SOG	SOG	SOG
引脚	64	32	32	32

在两种芯片的静态 RAM 中（2KB 和 1KB），设有数据堆栈，存储有应用程序和系统数据，并开辟有 LonTalk 协议中的网络缓冲区和应用缓冲区。

对于 Neuron 3150 神经元芯片，如图 6-9 所示。内存和外存总共有 64KB 地址空间，可为 ROM、EPROM、EEPROM 或 RAM，处理器通过外部存储器可访问其中的 58KB，另外的 6KB 为内部映射。需要 16KB 的外部存储器来存储 LonTalk 协议的内容，包括媒体访问控制和网络处理器执行系统软件以及 I/O 驱动和事件驱动工作软件，它们是由生产厂商在芯片中固化好的。而余下的外部存储器可用于存储用户写入的应用程序代码、存储附加的应用程序读写数据、附加的网络缓冲区和应用程序缓冲区。

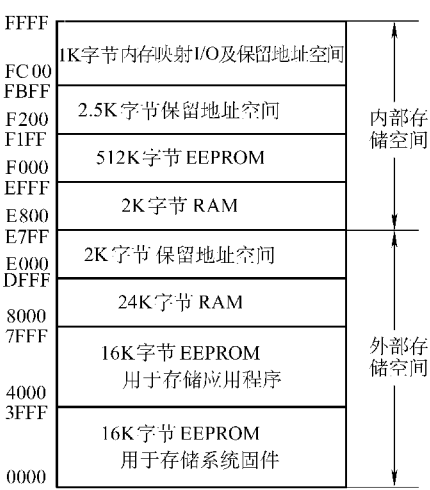


图 6-9 3150 芯片存储器分配

神经元芯片由 3 个 8 位的微处理器组成，如图 6-10 所示。它包括媒体访问控制、网络处理器和应用处理器，每个处理器均有自己独特的功能。

1) CPU - 1 是媒体访问控制处理器，处理 LonTalk 协议的第 1、2 层，这包括驱动通信子系统硬件和执行 MAC 算法。

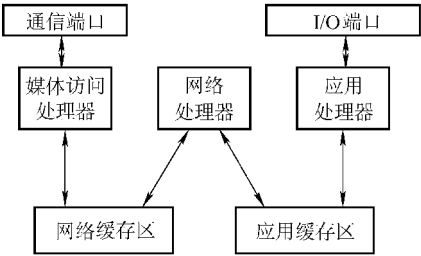


图 6-10 处理器结构及存储器分配

CPU -1和 CPU -2 用共享存储区中的网络缓存区进行通信，正确地对网上报文进行编解码。

2) CPU -2 是网络处理器，它实现 LonTalk 协议的第 3 ~6 层，这包括处理网络变量、寻址、事务处理、权限证实、背景诊断、软件定时器、网络管理和路由等。同时，它还控制网络通信端口，发送和接收数据包。该处理器用共享存储区中的网络缓存区与 CPU -1 通信，利用应用缓存区与 CPU -3 通信。

3) CPU -3 是应用处理器，它执行用户编写的代码以及用户代码调用的操作系统命令。在多数应用中，使用的编程语言是 Neuron C。

2. 神经元芯片的 I/O 功能与通信功能

3120 和 3150 神经元芯片都有 11 个 I/O 引脚（IO0 ~ IO10），这些引脚可通过专用编程语言 Neuron C 设定为各种不同的功能，用户可根据需要灵活地配置，使用起来十分方便。11 个引脚可以组成 34 种不同的 I/O 功能，它可分为输入、输出和双向三大类别。在 IO0 ~ IO10 的 11 个引脚中，IO0 ~ IO3 具有高电流吸收能力（20mA，0.8V），IO4 ~ IO7 具有片内可选择上拉电阻，所有引脚信号均为带滞后的 TTL 电平，其中 IO0 ~ IO7 还带有低电平检测锁存器。

神经元芯片通过 5 个引脚（CP0 ~ CP4）与各种通信介质接口即网络收发器连接。表 6-4 是与每种工作方式对应的引脚定义。

表 6-4 引脚定义

引脚	单端工作方式	差分工作方式	专用工作方式
CP0	数据输入	数据输入	数据输入
CP1	数据输出	数据输入	数据输出
CP2	发送使能	数据输出	位时钟输出
CP3	休眠输出，低电平有效	数据输出	休眠输出或唤醒输入
CP4	碰撞检测输入，低电平有效	碰撞检测输入	帧时钟输出

为适合不同的通信介质，可将 5 个引脚配置为三种不同的接口模式：单端、差分和专用工作方式，图 6-11 所示给出了内部收发器框图。

在单端模式和差分模式工作时，通信端口使用曼彻斯特差分编码技术对发送和接收的数据进行编码和解码。这种编码在每一位的起始时刻总有一次跳变，而“1”和“0”的差别在于“0”在中间的位置多一次跳变。这种编码方式有利于在接收端从数据流中提取发送端的时钟信息，而不需要专用时钟线。差分模式主要用于连接带隔离变压器的双绞线网络收发器，单端模式则可用于光纤、同轴电缆或无线射频收发器。专用模式时，CP2 和 CP4 分别输出位和帧的同步信号，可用于和用户设计的智能型网络收发器连接，便于用户任意构成自己所需要的方式，这样就大大提高了神经元芯片在通信方式上的灵活性。

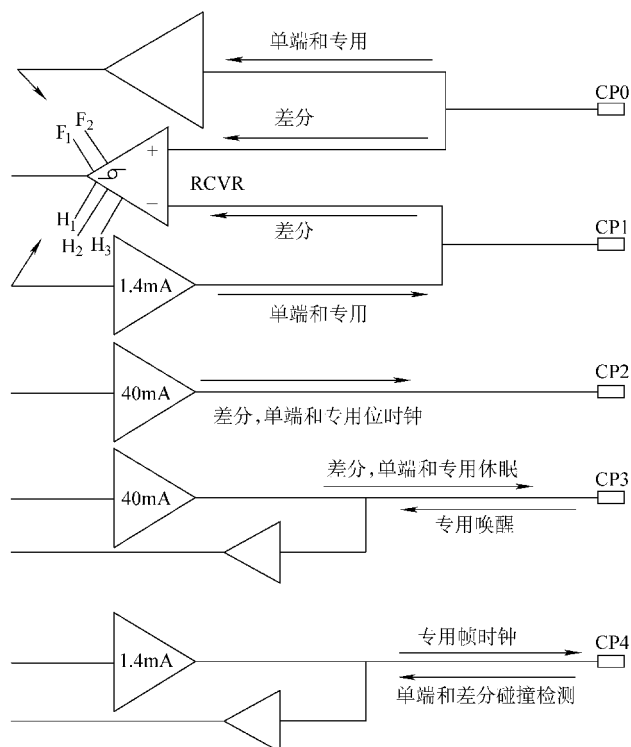


图 6-11 内部收发器框图

3. 收发器

神经元芯片可支持多种通信介质，最为通用的是构成双绞线、电力线网络，其他的还有射频（RF）、红外光波、光纤以及同轴电缆等，见表 6-5。

表 6-5 常用收发器类型及传输速率

收发器类型	介质	数据传输速率/ (kbit/s)	收发器类型	介质	数据传输速率/ (kbit/s)
TP/XF - 1250	双绞线	1250	TP/FT - 10	双绞线	78
TP - RS485 - 39	双绞线	39	F0 - 20S	双绞线	1250
PL - 20	电力线	5	F0 - 20L	光纤	1250

(1) 双绞线收发器 双绞线收发器是最通用的收发器类型，在许多设计中，双绞线收发器可以配置获得较高的性价比。双绞线与神经元芯片接口有以下两种基本类型。

1) EIA - 485：市场上可购得的 EIA - 485 收发器与其他收发器相比，在费用、性能、体积上都有较多的优势。在外部部件参数不变的情况下，能支持多种数据传输速率（最高为 1250bit/s）以及多种类型的传输线。采用 EIA - 485 收发器时，通用方式的电压范围最好在直接驱动接口所能获得的电压范围内，但又低于变压器耦合式收发器。通用方式的电压范围是 $-7V \sim +12V$ ，当然还可添加光隔离器来提高其电压范围。

EIA - 485 芯片有两种：双极性器件和 CMOS 器件。两者相比，CMOS 器件功耗低，无需驱动输出，但该类器件的价格要高于双极性器件。

要实现 EIA - 485 网络，神经元芯片通信端口应采用单端工作方式。为确保网络节点的互操作性，LonMark 互操作协会建议拥有 EIA - 485 收发器的节点使用 39kbit/s 的数据传输速率。图 6-12 给出的是一个典型的电路配置，能支持 32 个节点，节点数据传输速率为 39kbit/s、传输距离最远可达 600m。使用普通电源，在 39kbit/s 下能很好地工作，个别的节点当通用电压超过 $-7V$ 、 $+12V$ 时，节点将会损坏。

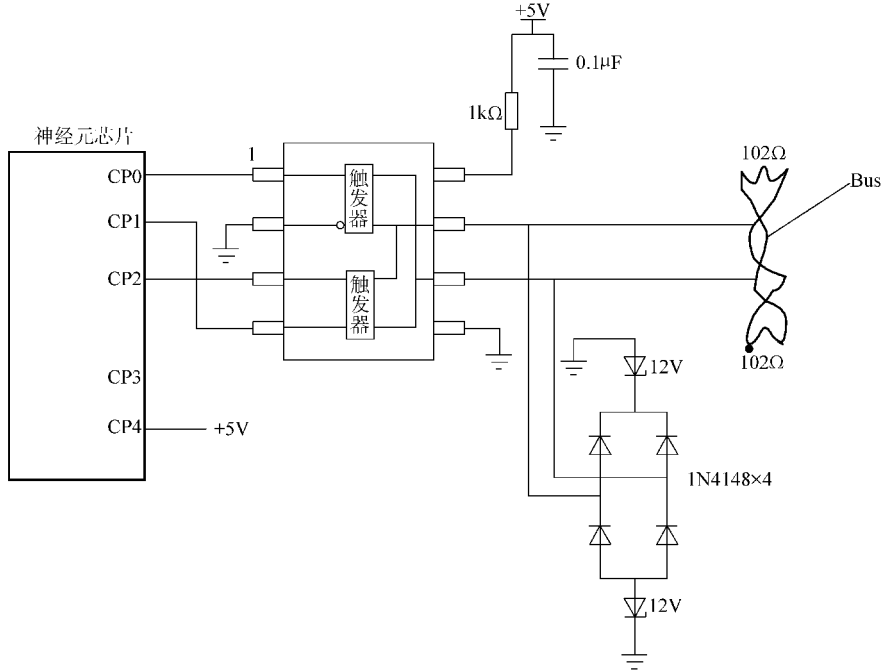


图 6-12 EIA - 485 典型电路

EIA - 485 的所有收发器都需要有公共的参考地，要实现这一点，方法有两种：①在网络电缆中增加第三根导线作为各收发器的公共地；②收发器分别连接到各自节点的公共地。

2) 变压器耦合接口：对于需要高性能、高隔离度、高抗干扰能力的应用，最好使用变压器耦合接口。变压器耦合收发器数据传输速率可达 1.25Mbit/s，共模电压有效值达 277V。变压器的类型很多，设计人员可以开发自己的变压器耦合电路，如二线或四线的变压器。Echelon 公司提供一系列的双绞线收发器，最常见的是自由拓扑型的双绞线收发器，它分为两种：一种是变压器隔离型；另一种是信通电源型。它们可以支持总线形、环形、星形等拓扑结构。这类收发点仅需要一对双绞线，可以是非屏蔽线，与极性无关。另外，还有神经元芯片与双绞线收发器合二为一的智能收发器。

3) 直接驱动收发器：直接驱动是使用神经元芯片的通信端口作为收发器，同时加入电阻和瞬态抑制器作为电流限制和静电放电（ESD）保护。这种方式适合于网络上的所有节点在同一个大设备中使用同一个电源。直接驱动收发器支持的最大通信传输速率是 1.25Mbit/s，在该速率下，一条通道最多能有 64 个节点，距离长度达 30m。

(2) 其他类型收发器

1) 电力线收发器：不断变化的噪声源、阻抗的变化以及衰减，对电力线作为信号传输的环境提出了极大的挑战。Echelon 公司的第一代电力线收发器采用了多种创新技术，确保了通信的可靠性。该收发器可在全球范围内使用，符合美国联邦通信委员会（FCC）、加拿大工业部、英国邮电部（MPT）和欧洲电工标准化委员会（CENELEC）电力线通信规范或协议。同时，该收发器采用宽带双频调制，可在主频率被噪声阻塞后，自动选择备用通信频率。此外，该收发器可在 CENELEC A 波段和 C 波段上使用，因而可用在电力行业和民用方面，在家庭内应用时，可实现“即插即用”。另外，神经元芯片与电力线收发器合二为一的智能收发器也已问世。

2) 无线收发器：在 LonWorks 技术中，使用无线通信技术可达到的目的有两个：应用范围更广；可选频率范围宽。与无线收发器接口的神经元芯片通信端口应在单端工作方式，能达到的数据传输速率最高为 19.5kbit/s。

3) 光纤收发器：目前使用的 LonWorks 光纤收发器是美国 Control By Light 公司开发生产的一系列 LonWorks 光纤产品，其中包括光纤和双绞线的路由器。该收发器通信速率是 1.25Mbit/s，最长通信距离分别是 30km（多模）或 40km（单模），采用 LonWorks 标准模块传输收发器（SMX），每一个收发器包含两路独立光纤端口，可以方便地实现光纤环网，增加系统的可靠性。

6.4.3 Neuron C 语言

Neuron C 语言是专门为神经元芯片设计的编程语言，它以 ANSI C 为基础，并同时加入通信、事件调度、分布数据对象和 I/O 功能，是开发 LonWorks 应用的有力工具。

1. 时间驱动

神经元芯片的任务调度采用事件调度方式，当一个给定的条件变为真时，与该条件相关联的一段代码称为任务（task）被执行。调度程序允许自定义任务，该任务作为特定事件的结果而被运行，如输入引脚状态的改变，接收一个网络变量的新值或定时器的终止，也可以指定某些任务作为具有优先级的任务，以便它们能得到优先服务。

事件通过 when 语句来定义。一个 when 语句包含一个表达式，当表达式为真时，则表达式后面的任务（task）被执行。

定义在 when 语句中的事件一般分为两种类型：预定义事件和用户定义事件。预定义事件，使用编译程序内部固有的关键字，预定义事件包括输入引脚状态的改变、网络变量的改变、定时器终止和报文的接收等。用户定义事件，可以使用任何有效的 Neuron C 表达式，用户定义事件可以包含赋值和函数调用。调用复杂函数时，一定要谨慎，因为它们影响程序中所有其他事件的响应时间，在用户定义的事件内，只能对全局变量赋值。

2. 定时器对象

Neuron C 语言提供两种定时器对象：毫秒定时器和秒定时器。毫秒定时器的定时范围为 1 ~ 64000ms，秒定时器的定时范围为 1 ~ 65535s。定时器对象与神经元芯片中的两个硬件定时器/计数器不同，它是由软件实现的。在一个 Neuron C 应用程序中，最多可以定义 15 个定时器。

3. 网络变量

网络变量是一个节点中的一个对象，可以与一个或多个其他节点的网络变量相连接。一个节点的网络变量，从网络的观点定义了它的输入和输出，同时允许在分布式应用中共享数据。无论何时，如果一个程序更新了它的输出网络变量的值，则该值通过网络传给所有的与该输出变量相连接的其他节点的输入网络变量。

使用网络变量具有以下优点：网络变量的传送是通过 LonTalk 协议来完成的，对用户来说是透明的，应用程序开发者不必关心网络变量传送的目标地址、打包拆包、报文缓存区、请求、响应、重发等低级网络操作，因此网络变量大大简化了开发和安装分布系统的过程。

在神经元芯片上运行的 Neuron C 应用程序，最多可声明 62 个网络变量。对于将神经元芯片作为通信协处理器的、基于主机（Host - base）的节点，网络变量转移到主处理器中，也可以转移到神经元芯片的 E²PROM 中，网络变量个数可达 4096 个。

网络变量还有另一个限制是，其长度不能超过 31 字节，对于超过 31 字节的数据可以使用显式报文。

4. 显式报文

每一种类型的网络变量的数据长度都是固定的，任何一种类型的网络变量的长度不能超过 31B；而显式报文恰恰相反，它的数据长度是可变的。相同的报文码在一个应用中可能只包含 1B 的数据，而在另一个应用中包含 25B 的数据。在显式报文中，数据的最大长度为 228B。因此，在数据量较大的应用中，使用显式报文比使用网络变量更有效。

Neuron C 预定义了两个对象 `msg_out()` 和 `msg_in()` 来表示发送和接收的显式报文。

5. I/O 对象的编程

神经元芯片有各种各样用于实现输入和输出函数的内部固有的接口选项。在实现 I/O 功能之前，用户必须首先说明用以监测和控制神经元芯片的 11 个 I/O 引脚的 I/O 对象。在默认状态下，任何没有说明的引脚是不被使用的，因此也是非活动的。在非活动状态，引脚处于高阻抗状态，可通过编程将应用 I/O 设定为 34 种不同的对象，允许用户根据需要灵活加以配置，从而方便了实际应用。按 I/O 对象的 I/O 方向来分，有输入、输出和双向三大类；按 I/O 对象的类型来分，有直接 I/O 对象、定时器/计数器 I/O 对象、串行 I/O 对象、并行 I/O 对象等。

为实现 I/O 功能，必须使用内部 I/O 函数，`io_in()`、`io_out()`、`io_select()`、`io_change_init()`、`io_set_direction()`、`io_set_clock()` 和 `io_out_request()` 函数用于实现并行 I/O 对象的 I/O。

6.4.4 LonWorks 开发平台

开发系统是 LonWorks 技术的重要组成部分，LonWorks 技术的开发工具有三种：NodeBuilder、LonBuilder 和客户机/服务器网络架构——LNS。其中，NodeBuilder 节点开发工具是生产者开发 LonWorks 节点的基本开发工具，同时它也是 LonBuilder 开发系统极好的配套设备；LonBuilder 开发平台用来开发 LonWorks 系统，不但可以进行单个节点的开发，还具有 NodeBuilder 装置所不具有的系统集成和测试的功能；而 LNS 开发平台软件包和 LonBuilder 协议分析器可以用来进行网络的集成和测试，还支持现场的网络集成和测试工作，但 LNS 开发平台软件包不能用来开发 LonWorks 节点。NodeBuilder 和 LonBuilder 都可以对以神经元芯片为核心的节点进行编程，使其具有响应环境变化，向其他节点发送信息和接收信息并采取动作的能力。NodeBuilder 和 LonBuilder 都支持单独开发独立的节点，然后将它们集成到 LonWorks 应用网络中执行复杂的任务。NodeBuilder 作为基本开发工具，可实现节点开发，并通过网络集成工具的帮助实现应用网络的开发。

1. NodeBuilder

NodeBuilder 是一种节点开发工具，由硬件和软件两部分组成，安装在 PC 上，用于单个节点的编程与调试。NodeBuilder 的硬件部分主要包括 LTM-10 LonTalk 节

点、Gizmo 4 I/O 板和 LonWorks 网络接口三部分。

(1) LTM - 10 LonTalk 节点 LTM - 10 LonTalk 节点是一个完整的 LonWorks 节点，封装有一个 LTM - 10 LonTalk 模块。LTM - 10 LonTalk 节点包括一块神经元芯片、32KB 闪存、32KB 静态 RAM、10MHz 晶体振荡器以及神经元芯片固件。LTM - 10 固件可自动配置模块，使之用于任何标准的 LonWorks 收发器。

(2) Gizmo 4 I/O 板 Gizmo 4 I/O 板可以使用 LTM - 10A 节点，或者使用一个嵌入式的控制模块来开发模型设备和 I/O 电路，也可以用来开发测试和运行 Node-Builder 实例的特殊设备。

Gizmo 4 I/O 板由以下 I/O 设备构成：4 × 20 字符 LED 显示、2 个 10 位分辨率的双绞线连接模拟量输入接口、2 个 8 位分辨率的双绞线连接模拟量输出接口、2 个双绞线连接的数字量输入接口和按键、2 个双绞线连接的数字量输出接口和 2 个 LED、数字旋转式编码器、压电扬声器、实时时钟、温度传感器。

Gizmo 4 I/O 板还有一部分保留扩展区，用户可以用来附加或者扩展自己的硬件电路。

(3) LonWorks 网络接口 Echelon 公司提供多种类型的 LonWorks 网络接口卡，包括：U10/U20 通用串行总线（USB）卡、半长的外部设备接口（PCI）卡（PCLTA - 21 系列）以及 II 型 PC 卡（PCC - 10 适配器）。此外，还提供以太网适配器（i. LON 10）。

NodeBuilder 软件是为开发基于神经元芯片或者 Echelon 公司智能收发器的 LonWorks 设备提供软件工具。设备应用程序采用 Neuron C 第 2 版本编写，它是一个基于 ANSI C，并对简单网络通信、硬件 I/O 和事件驱动处理加以扩展的高级编程语言，适用于 Microsoft Windows，易于使用的集成软件包括以下工具：

(1) NodeBuilder 3.1 资源编辑器 NodeBuilder 3.1 资源编辑器是一个用于察看标准网络变量类型（SNVT）和标准配置属性类型（SCPT），并能用户定义的网络变量类型（UNVT）和用户定义的配置属性类型（UCPT）的工具。类型存储在 LonMark 资源文件中，能够被资源编辑器、代码向导工具、Neuron C 编译器、Lon-Maker 工具和 Plug - in 向导工具所使用，这确保了所有工具对类型和属性的统一识别，减少了开发时间。

(2) NodeBuilder 3.1 代码向导工具 NodeBuilder 3.1 代码向导工具是一个用于定义设备的网络接口的工具，它可以使用一个简单的拖放编辑器，然后自动地生成实现设备接口的 Neuron C 代码。

(3) NodeBuilder 3.1 项目管理工具 NodeBuilder 3.1 项目管理工具是一个为项目编辑资源代码的工具，可以用于编译、建立和下载应用程序映像文件到 LTM - 10A 节点或者客户自定义硬件；还可以调试运行在 LTM - 10A 节点或用户硬件的应用程序。当被用来调试时，在执行过程中，项目管理工具提供一个 Neuron C

源代码级别的应用程序视图，减少了在源代码中确定问题的时间。

(4) LNS 设备 Plug-in 向导工具 LNS 设备 Plug-in 向导工具用于自动地生成一个可视 Basic (VB) 应用程序，可以很容易地配置使用 NodeBuilder 3.1 工具开发的设备。NodeBuilder 3.1 工具包括必要的开发、测试、制造 LNS Plug-in 的 LNS 组件。LNS 是用于 LonWorks 网络的标准网络操作系统。

(5) LonMaker 3.1 集成工具专业版 LonMaker 3.1 集成工具专业版作为 NodeBuilder 3.1 工具整体的一部分，能够用于网络的设计、安装、启动、维护和操作。

2. LonBuilder

LonBuilder 开发工具是一个多节点开发工具，可以使 LonWorks 网络使用者快速、方便地开发节点和连网。LonBuilder 开发工具包括开发 LonWorks 节点和 LonWorks 测试样机所需的所有工具和部件。

LonBuilder 硬件是一个可扩展的硬件平台，它包括两个 LonWorks 节点：一个用于网络管理，另一个用于协议分析。在开发站内部安装有内部网络，以便于安置在开发站内部的 LonBuilder 处理器之间进行通信。外部网络的节点间通信，可选择适当的收发器加在每个节点上，或用开发包内 LonBuilder 路由器和收发器与外部网络相连。

硬件平台上装载 6 个仿真器，集中了网络管理和分析工具，简化了控制网络的调试工作，可把多至 4 个开发站连接在一起，并同时在 24 个仿真器上调试应用项目。

(1) 两个 Neuron 仿真器 这两个 Neuron 仿真器可通过 Neuron C 调试器运行和调试 Neuron C 程序，并可测试 I/O 样机和收发器硬件。

对于在网络上相互作用的两个节点，可用这两个 Neuron 仿真器同步调试其应用程序。仿真器和 Neuron C 调试器可对两个并行运行的应用程序进行单步操作、设置断点、修改应用程序和网络变量。

(2) LonBuilder 接口适配器 接口适配器是一个 8 位的工业标准体系结构 (ISA) 兼容卡，可以安装在任何 ISA 兼容总线上，并插在 IBM 兼容 PC 上。接口适配器提供了 PC 主机与开发站之间的高速 (10Mbit/s) 连接。一个接口适配器至少可连接四个开发站。

(3) LonBuilder 路由器 LonBuilder 路由器支持多种通信通道和传输介质的网络开发。LonBuilder 路由器与收发器一起安装在开发站中，可用于连接开发站的内部网络和外部网络。

路由器使得开发站和各种类型的外部网络的连接变得容易。安装在路由器上用于连接开发站和不同通信通道的收发器可随时任意更换。开发站内可安装多个路由器，同时连接多种通信通道。

LonBuilder 路由器也可用于开发站外，用两个收发器连接任意一对通信通道。

(4) LonWorks 收发器 LonBuilder 包括一个 LonBuilder SMX 适配器和两个 SMX 收发器。LonBuilder SMX 适配器和一个 SMX 收发器安装在 LonBuilder 路由器上,使 LonBuilder 开发站的内部节点可以和外部网络进行通信。另一个 SMX 收发器安装在 PC LonTalk 适配器 (PCLTA) 上,使基于 Windows 的应用开发可以使用 LonManager 动态数据交换 (DDE) 服务器。

(5) 多用途 I/O 包 多用途 I/O 包包括 Gizmo3、一套用于测试 LonBuilder 应用的 I/O 设备集合、一个 LonBuilder 应用接口板和一根连接两个设备的电缆。应用接口板安装在仿真器上。

(6) 应用接口包 应用接口包包括用于在神经元芯片仿真器上连接用户 I/O 和收发器硬件的应用接口板和电缆,还有 LonBuilder 模块应用接口 (用于基于 LonWorks 控制模块的节点) 和在仿真技术中使用 3150 或 3120 神经元芯片适配器的 LonBuilder 应用接口适配器 (用于不使用 LonWorks 控制模块的节点)。它可以对用户节点进行内部电路测试。

(7) PC LonTalk 适配器 (PCLTA) PCLTA 提供了 ISA 总线 PC 和 LonWorks 网络间的接口。装备了 PCLTA,PC 便可以用来进行 LonWorks 网络的集中化监视、控制和网络管理。PCLTA 同样可以用来开发与其他网络和系统的接口。双通道型 PCLTA 用于需要大通信量或多通道的应用项目。

LonBuilder 软件是一个简单、完整的环境,是建立 LonWorks 节点和网络所需软件工具的集成。它主要包括:

(1) 编辑器、编译器和源码调试器 可用于建立和调试神经元芯片中的应用程序。

(2) 在开发网络上安装和构造节点的网络管理器 可使网络的建立如同给一个单独的节点编程一样简单。

(3) 用于监视开发网络和分析其活动的协议分析器 协议分析器可以监测网络上所有节点间的报文,并转换成 ASCII 字符,以便于观察。

(4) LonManager DDE 服务器 LonManager DDE 服务器,使得任何与 DDE 兼容的 Windows 应用程序具备监视和控制 LonWorks 网络的能力,且无需编程。使用 LonManager DDE 服务器,任何与 DDE 兼容的 Windows 应用程序均可接收网络变量值和显式信息,而且可以改变网络变量值和显式信息,从而影响网络的操作。

3. LNS

为了能使不同供应商提供的不同网络工具具有互操作性,提供功能强大、使用灵活的工具开发手段,Echelon 公司采取客户机/服务器 (Client/Server) 模式和基于组件的软件设计方法,最新推出了一种紧凑的、面向对象的程序开发模型 LNS,它提供给用户一个强大的客户机/服务器网络构架,是 LonWorks 控制网的可互操作性基础。借助 LNS 提供的服务,各厂商的网络工具和软件可以在网络安装、维护、

监测、控制过程中一起工作，有了这种互操作性，各部分就能保持同步操作，安装人员可以并行工作，减少工作时间；维修人员可以在任何地方安装网络工具，实施各种网络服务。

(1) LNS 的体系结构 在 LonWorks 的体系结构中，包括硬件和软件两大部分：硬件主要是 LonWorks 网络服务接口（NSI），软件部分有网络应用程序、LNS、对象服务器和数据服务器，如图 6-13 所示。

网络服务接口（NSI）是将 LonWorks 网络和运行于 PC 应用程序的工作站连接在一起的设备。NSI 提供了到网络的物理连接，并负责提供到 NSI 服务器的消息接口。NSI 将所有的服务请求转发给 LNS 和其他 NSI，与 LNS 一起共同实现对事务的管理。一台工作站可以有多个 NSI。

LNS 负责提供网络服务，它维护网络数据库，协调多个客户的服务请求和对数据的访问。当客户节点进行网络管理操作时，LNS 必须在网络上；但当客户只进行监控功能时，初始化完成后就不再需要。LNS 充当网络数据库和网络管理的引擎，是 LonWorks 网络的核心部件，它提供的服务包括网络安装和配置、网络维护以及网络监控。

常规的控制网络系统中，网络节点的连接通常采用物理直接连接，或者通过双列直插组装式（DIP）开关来设定网络地址，而 LON 总线除了节点之间的物理连接以外，还需要通过网络管理工具来动态地分配网络地址，通过 LNS 可以确定节点所在的域、子网和组。另外，还可以进行优先级设置、网络变量和显式报文的互连，确定消息的发送方式（发送无响应、重复发送、发送应答和请求响应）。LNS 提供的系统维护，主要包括网络维护和网络修理。网络维护，主要是在系统正常运行的情况下，增加和删除应用节点，以及改变节点的网络变量和显式报文的连接关系。网络修理则是一个错误设备的检测和替换的过程，检测过程提供节点的测试结果及设备节点自身运行的状态参数，查出设备出错的原因。由于采用了动态分配网络地址的方式，更换出错设备十分容易，只需将数据库旧设备的配置信息下载到新设备即可，而网络上其他节点则不必修改。LNS 的数据服务在初始化时，需要使用数据库中网络节点的配置信息，一旦数据连接完成就不再需要 LNS 参与数据通信。

LNS 对象服务器是特定于 Windows 平台提供的 Active X 控件，它提供了绝大部分 LNS 的服务。LNS 提供了一个高性能的监控网络数据的引擎，能够直接提供数

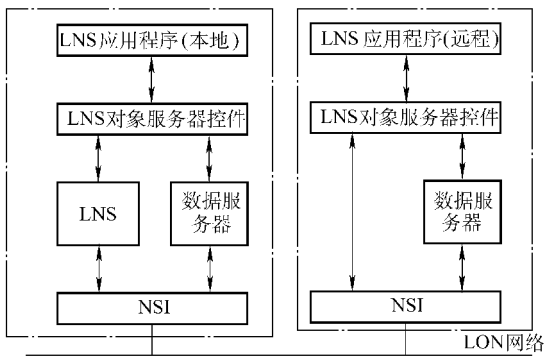


图 6-13 LNS 的体系结构

据服务、访问网络变量和显示报文。

(2) LNS 数据库 为完成 LNS、对象服务器和数据服务器提供的各项服务，LNS 和数据服务器维护了一组数据库 (DB)，如图 6-14 所示。服务器维护两个数据库：全局 DB 和网络 DB，数据服务器则维护一个用于操纵数据的高速缓存。

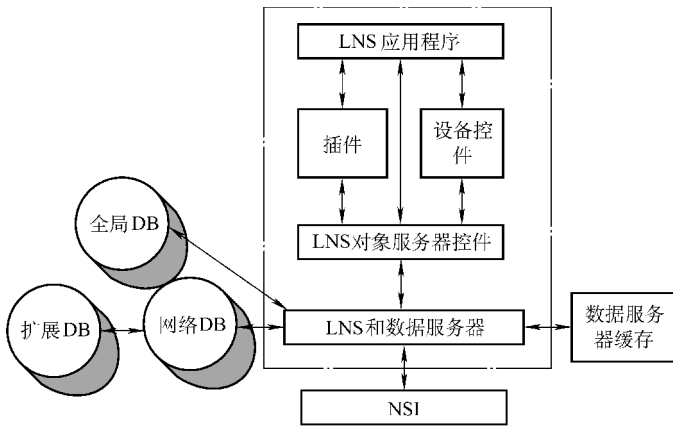


图 6-14 LNS 数据库结构

1) LNS 全局 DB 存储所有网络 DB 的信息，定义每一个 LNS 网络的名称和网络文件存放目录；

2) LNS 网络 DB 包含了每一个特定的 LonWorks 网络的设备配置信息，LNS 服务器为每一个网络都维护一个独立的网络 DB，LNS 网络 DB 还可以根据需要指向与制造商有关的信息，它们存放在 LNS 扩展 DB 中，该数据库主要用于 Windows 环境下插件 (Plug-in) 技术的实现。

(3) 用户程序设计 利用 LNS 构架给系统提供简洁的操作接口，选择的平台是 Windows 98/NT/2000/XP，接口是 Windows 的对象链接与嵌入 (OLE) 技术，可以利用 Visual Basic 6.0 以上版本来实现，主要功能是网络安装和配置、网络维护和网络监控。

1) 网络安装和配置：常规的控制网络系统中，网络节点采用直接互连，或通过 DIP 开关来设定网络地址，而 LON 总线除节点的物理互连，还需通过一个安装工具动态地分配网络地址。将物理上互连的应用节点进行逻辑上的连接，即对节点 (域、子网和所属的组) 分配逻辑地址、优先级设置、网络变量和显示报文的互连、信息发送方式 (发送无响应、重复发送、发送应答和请求响应)，并提供了三种安装方式：

① 自动安装：任何一个应用节点在安装之前处在非配置状态，LNS 能够自动搜索，并对其进行安装和配置。

② 预安装：首先在节点离线状态下，定义所有节点的逻辑地址和配置信息，定义信息下载到应用节点。

③ Neuron ID（神经元芯片标识号）安装：通过 Service pin 按钮或手动的方式获得节点的 Neuron ID，并通过 Neuron ID 定位来设定节点的逻辑地址和配置参数。

2) 网络维护：主要是在系统正常运行的状况下，增加、删除替换节点，以及改变节点的网络变量和显示报文的连接。

3) 网络监控：主要是实现对网上节点的网络变量的显示、修改，节点运行参数的显示和修改。

应用节点只能得到本地的网络信息，即网络传送给它的数据。然而，在许多大型控制设备中，往往有一个设备需要能够对网络所有设备的信息查看和修改。例如，在过程控制中需要一个超级用户，可以统观系统和各个设备的运行情况，因此可利用网络监控工具，通过对一个系统级的网络变量的修改和观察，提供给用户一个系统级的检测和控制服务，用户可以在网上，甚至以远程的方式来监控整个系统。

6.4.5 LonWorks 互联网

i. Lon 互联网连接设备，可将 LonWorks 网络和其他 IP 网络无缝地连接起来，可以让用户通过 Web 浏览器配置和监测 LonWorks 网络中的设备。目前，i. Lon 互联网连接设备系列主要有以下三种不同的产品：

1. i. Lon10 以太网适配器

i. Lon10 以太网适配器是一个低成本、高性能的 LonWorks 网络接口，可以使诸如家庭、公寓和小型大厦中的能源控制、照明和安全等系统通过 IP 网络实现检测、管理和诊断。用户可以通过基于 LNS 的应用程序，实现对现场设备的本地或远程监控，它是目前已知的适用于住宅、商业和公用设施的最具有成本效应、性能最好的 LonWorks/IP 接口。

2. i. Lon100 因特网服务器

i. Lon100 因特网服务器可以把基于 LonWorks 的日常设备连接到局域网或广域网，从而提供了一种开放式的、标准的互操作性连网技术。i. Lon100 的内置应用程序，提供了一整套丰富的功能，使得它可以独立地工作，而不需要 PC 或其他主处理器。这些功能包括时序调度、数据记录、报警处理和发送以及远程抄表等应用。它不但可以作为远程 LonWorks 接口使用，还提供一个内置的 Web 服务器和一个 SOAP/XML（简单对象访问协议/可扩展标记语言）接口，它所有的应用程序都可以通过网页 SOAP/XML 接口或 LNS Plug-in 访问。i. Lon100 适合于大规模的楼宇、商业、工业和公共设施等应用。

3. i. Lon1000 因特网服务器

i. Lon1000 因特网服务器是由 Echelon 公司和 Cisco 公司共同开发的，可以将

LonWorks 控制网络和基于 IP 的数据网无缝地连接在一起的网络设备。i. Lon1000 是一个真正的第三层 LonTalk 路电器，采用了 Echelon 公司的控制连网和路由选择技术以及 Cisco 公司的网络基础技术，它为过程控制、楼宇自控、公共设施、交通运输和电信等应用提供了高速的数据传输通道。

6.4.6 基于 LonWorks 的楼宇自控系统比较

LonWorks 现场总线是专门为实时控制而设计的、在控制层提供互操作性的现场总线，体积小、功能多，采用 LonWorks 实现了现场总线控制系统，具有良好的开放性和互操作性，能满足 BAS 不断发展的需求，所以 LonWorks 现场总线几乎被所有著名的 BAS 厂商采用。这里仅对霍尼韦尔、西门子和江森公司三种典型的楼宇自控系统的 LonWorks 现场总线应用技术进行比较。

1. 霍尼韦尔公司的 EBI 系统

EBI 系统是霍尼韦尔公司推出的体现网络化和现场总线控制技术的新产品。这种新型系统是以现场总线实现可互操作和数据共享为基础的集散控制系统，具有良好的开放性，能充分运用计算机网络技术来完成不同的数据网络的互连。EBI 系统包含功能强大的三个组件：楼宇控制管理系统、生命保障（火灾报警）管理系统和安保管理系统。由于采用现场总线技术，使集散控制系统不断走向新一代控制系统——基于现场总线的分布式控制系统，系统采用 Internet 技术，中央站直接与企业内联网连通，经营管理系统的 Web 浏览器可以访问中央站，中央站也可以访问企业内部网/万维网上的站点。

EBI 系统采用 Lonworks 技术有的两种应用情况。

1) 在 XL500 和 XL50 现场控制器下面建立 LonWorks I/O 网络，用 LonTalk 通信协议的 LON 总线把分布式 I/O 模块连接起来，形成现场总线层。LON 扩展模块有：XFL 521 模拟输入模块、XFL522 模拟输出模块、XFL523 数字输入模块、XFL524 数字输出模块。采用分布式模块 LON 总线时，必须要增加用于分布的 XSL513、XSL514 接线支撑部件（XSL513 用于 XFL 521、XFL522、XFL 523，XSL514 用于 XFL524）和 XSL511 LON 接线器模块（每个 XSL511 最多可连接 10 个 I/O 模块）。

2) 第二级控制器（单元控制器、末端控制器）全部具有 LonMark 标记，这些产品也连接在 LON 总线上，有很好的开放性，和其他厂商有 LonMark 标记的产品可互操作可互换。第二级控制器主要是 XL10 系列产品，如 W7750 定风量控制器、W7751 变风量控制器、W7752 风机盘管控制器、T7750 挂墙式模块等。应该注意的是，连接 XL10 系列单元控制器的 LON 总线必须通过 Q7750 路由器连入 C-bus 控制总线。

2. 西门子公司的 APOGEE 系统

APOGEE 系统是西门子楼宇科技公司推出的一套完整的楼宇自控系统，系统上层由 Insight 监控软件、系统网络和多种现场控制器（DDC）组成，下层由传感器

和执行机构等组成。APOGEE 系统作为一种先进的集散控制系统，楼宇级网络用于连接主控制器和 workstation，访问控制方式为令牌无主从方式，网络结构先进、性能稳定、传输速率高、节点容量大，可确保系统高速可靠地运行，所有设备的运行参数都可以及时了解和处理。APOGEE 系统是一种领先的集成平台，消防系统、安保系统及其他楼宇系统均可通过接口器方便地在 APOGEE 系统上集成。

APOGEE 系统采用 LonWorks 系列产品，主要包括 LMEC 控制器、多用途 LTEC 控制器。LMCE 控制器支持 LonWorks，并连接在楼宇级网络层（BLN）上的控制器，它带有神经元芯片和 FTT-10A 收发器，有一个单独的接口与 LonWorks 网络连接。LTEC 控制器包括变风量/定风量控制器、风机盘管单元控制器、热泵控制器、单元通风控制器、室内温度传感器等。LonWorks 系列产品的连接方式为：LTEC 通过 LON 总线连接在一起，构成完整的 LonWorks 系统，再通过 LMCE 连入楼宇级网络层（BLN）上。

3. 江森公司的 METASYS

江森公司的 METASYS 具有先进可靠的实时性、功能强大的管理功能及很强的开放性和扩展性，专门对各类建筑物内的所有设备进行集中监视及管理，从而使建筑物达到最佳节能效果，并提高其管理效率。METASYS 采用模块式设计，从操作站到控制器完全根据控制点的数量及功能而定，数量方面也可随日后控制点的改变而随意更改，不影响目前的运作。每个控制器也是多功能的，它可以任意调节来控制不同的设备。METASYS 系统为网络式设计，能经过路由器等不同的网络设备，与不同的网络沟通或与其他网络（如办公管理系统）连成一个大网络。METASYS 的中央控制软件同时支持 Ethernet 和 ARCnet 作为其高速通信网络，METASYS 系统可透过结构化布线系统与任何一个公用布线系统的设备连接而无需增加任何附件，使其与其他系统的结合更为方便。软件方面，METASYS 大大地开放了结合的条件，可与其他软件交换资料，而其开放式平台设计可与 Windows、UNIX、LonWorks 及 BACnet 等标准配合。

METASYS 通过 DX9120 LonWork 数字式控制器支持 LonWorks 网络。DX9120 可以在扩展总线上连接 I/O 扩展模块，来增加它的输入和输出容量。在局部 LonWorks 网络上的控制器可以分享数据，当这个网络连入完整的 METASYS 网络时，DX9120 控制器可以将所有监控点情况和各种控制信息准确地提供给整个 METASYS 网络或 METASYS 控制站。

综上所述，霍尼韦尔公司的 EBI 系统、西门子公司的 APOGEE 系统和江森公司的 METASYS 系统都有自己的特点和优势，具体选择哪种楼宇自控系统，应充分了解建筑的结构、特点和用户的实际需求，并综合考虑楼宇自控系统的性能特点、设备外观、产品质量和性价比等诸多因素。

6.5 开放式通信协议技术展望

迄今为止，我国仍没有一个真正的现场总线标准，不同产品采用的通信协议也大不相同，例如有的采用国外的总线技术，有的采用厂商自定义的通信标准，因此很少有厂商能够单独对所有设备机器进行集成，所以楼宇自控领域存在着行业门槛过高、厂商之间难以展开健康竞争的突出问题，如何实现智能建筑的系统集成，使不同子系统之间实现互连和互操作，满足管理和服务的全面需要，已经成为目前智能建筑领域最为重要的课题之一。

在我国，多种现场总线并存的现象已成定局，目前来讲，要厂商放弃自己的通信协议，转而使用统一的协议也是不现实的，要满足新需求的唯一方式，就是采用一种能够兼容所有通信协议的开放式系统，使各个子系统能够高效地相互配合。针对我国国情，中国建筑设计研究院和日本松下电工株式会社、全国智能建筑技术情报网共同提出“iopeNet——开放式建筑机电设备网络”这一新概念。

iopeNet 能够将各种不同架构融合在一起，可以同时支持 BACnet、LonWorks、Mosbus、CC-Link、CAN、NMAST、emNet、RS-232、专用通信协议等九种通信协议，将各个系统（照明、空调等）作为其子网，并可提供 Web 连接接口，通过 iopeNet 通信协议实现各子网之间的互连和互操作，从而实现整个设备网络的一元化管理。此外，iopeNet 提供网络互连功能，支持 IPv4/IPv6 双协议，可以实现远程管理，满足未来日益增加的建筑电气设备控制网络的连接需求。

6.5.1 iopeNet 的网络框架

iopeNet 技术的最终目的是提供一个在建筑设计时可以简化设备网络设计、降低难度的工具，所以该技术并非否定现有的设备网络，而是要把它们当作子网看待，使用因特网技术对它们进行集成化。

如图 6-15 所示，iopeNet 以区域控制单元（Area Control Unit, ACU）为基本配置，连接因特网接口与各个子网络应用控制系统。

iopeNet 有两个规定点：A 和 B，规定点 A 是 iopeNet 的固有规定，规定点 B 是现有子网（个别系统）接口规定，如 BACnet、LonWorks 等具体协议规格。因而，规定点 B 需要参照特定的个别规格、技术标准来确定，所以 iopeNet 技术规格不会与现有的特定标准规格发生矛盾、冲突。另外，规定点 A 可以视为中心（设备）服务器与各种 ACU 之间以 IP 通信为前提的通信规格，能够不依赖 ACU 的网络连接环境在绝大部分条件下实现相互通信，因此还可以利用异步数字用户线（ADSL）连接方式中典型的网络地址转换（NAT）控制型专用 IP 分配方式进行连接。

1. 区域控制单元（ACU）

ACU 是拥有规定点 A 上的 IP 通信接口以及规定点 B 上的现有子网（个别系统）接口的通信设备（硬件），其中规定点 A 为 Ethernet 接口，规定点 B 则具体体

现为 BACnet、LonWorks 等现有具体系统的接口。

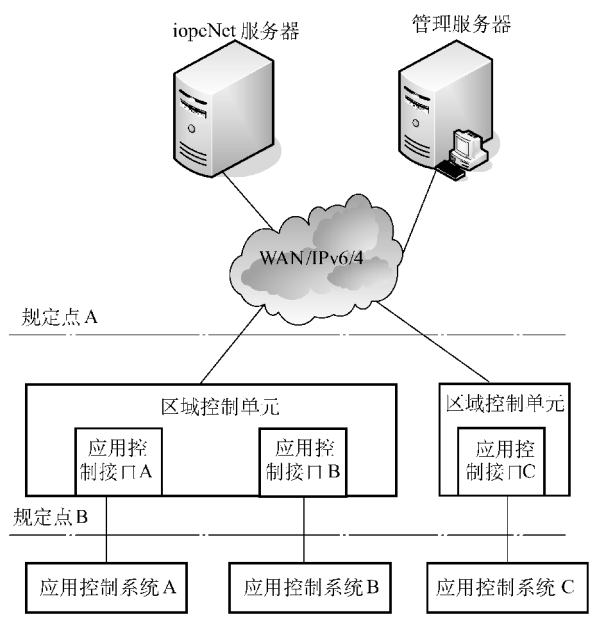


图 6-15 iopeNet 的基本构成

2. 应用控制接口（Application Control Interface，ACI）

ACI 是沿用现有接口规格的子网接口，大多规定了从物理层到应用层，既可安装已公开相关技术规格的接口，又可安装尚未公开相关技术规格的接口。

3. iopeNet（设备）服务器（iopeNet Server，IOS）

iopeNet（设备）服务器（IOS）通过 TCP/IP 与 ACU 进行通信，对 ACU 控制的各种应用控制系统（ACS）的内部状态进行监测，收集相关的数据，并通过与 ACU 之间的通信对系统机组的运转状态实施集中监测。由于它是楼宇一区域设备控制系统中的通用服务器，所以通信的数据定义采用通用数据对象设计方式。另外，它还可以通过广域应用控制系统（ACS）通信的方式，对广域系统实行一元化管理。规定点 A 的接口条件与 ACU 相同。

iopeNet 所控制的应用功能关系着区域控制设备负责命令的可扩展性，它基本涵盖了在建筑设备网络中能够考虑到的所有应用功能：①照明节能控制；②空调节能控制；③环境监测（温度、湿度、噪声、空气）；④门禁、自动门、电梯、控制等。

6.5.2 iopeNet 的网络协议

iopeNet 由 TCP/IP 的对象接口（规定点 A）规格与特定的现有子网的接口（规定点 B）规格构成，由于规定点 B 为现有接口，所以 iopeNet 只对规定点 A 进行了

相关规定。也就是说，iopeNet 是一个通过 TCP/IP 与现有子网/应用控制系统进行因特网互连的开放式集成化设备网络中间软件 + 现有接口规则的集合体。

iopeNet 通信协议采用固有的 iopeNet 组成的协议构造，如图 6-16 所示，其数据包构造如图 6-17 所示。可见，现有子网通过 ACU 与 iopeNet 中心（设备）服务器进行通信或者通过 TCP/IP 相互之间进行通信。



图 6-16 iopeNet 的通信协议构造

6.5.3 iopeNet 解决的问题

1. 提高系统效率

由于现在的大多数智能建筑并不能实现子系统之间的通信，也就是说系统无法进行联动，运行效率偏低，不能满足用户的需求。而在 iopeNet 中，通过灵活地在产品或系统中加入开放式网络模块，使设备具有支持开放式通信协议的接口，彼此进行通信，以此来实现分散设备间的联动。例如，系统可以自动地发现、注册设备；A 厂商设备和 B 厂商设备可以实现组合服务，或可以单独对设备进行服务的扩展。通过这些服务来提高系统的运行效率，使系统不再需要人为地进行单独控制，以达到高度集成的目的。

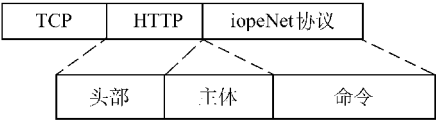


图 6-17 通信数据包构造

2. 减少系统的开发成本

目前系统集成费用很高的主要原因是，各个厂商提供的不同产品和系统，其通信格式、同步方式、通信传输速率等各不相同，需要集成商去分别进行开发，费时费力。如果使厂商都在产品或系统中支持开放式通信协议之后，集成商可以充分利用不同系统的不同特点和已有的终端设备及其软件，对其进行自由组合，这将大大降低工作量，节省开发成本，提高效率。对设计院来说，当系统需要改造时，可以有效地利用原有系统，实现设计的再利用。

国内设备供应商所要解决的问题是开发出适用于系统集成的产品，提高市场竞争力。开放式通信标准正可以为此提供一个良好的契机，通过在设备中加入开放式网络模块，可以向客户提供易于开发、生产的统一标准的产品。单个系统的设备供应商也不需要去开发设计对应个别接口的建筑机电设备，因为开放式综合设备网络就可以把现有的单个设备网络进行相互连接，这样不仅可以使产品适合于系统集

成,同时也可以减少设备供应商技术服务上的工作量,提高经营效率。

3. 有效节能

据统计,我国的建筑中有 90% 以上都属于高耗能建筑,建筑节能的潜力巨大,我国在建筑机电设备设计领域中对节能方面的要求也在不断提高,建筑节能已成为建筑工程竣工验收强制性标准,因此目前迫切需要采取削减楼宇等建筑物能耗的方式,全面引进新的节能措施。在开放式综合设备网络中,将各个控制网络视为开放式综合设备网络的子网,将整个网络进行整合,并接入互联网,因此开放式设备网络对设备的控制变得方便简单,管理人员通过互联网就可以对设备进行个别和联动的控制,也可以通过管理界面及时发现问题到现场进行维修,大大提高了节能效率。

4. 高度安全性

由于传输速率和安全性的问题,智能建筑中一直未将设备网络接入互联网。如果将系统局域网接入 IPv4 网络,不但会造成资源的浪费,同时网络安全也难以保障,而近几年出现的 IPv6 技术为解决这一问题提供了新的契机。

IPv6 具有庞大的地址空间,其网络地址可以达到 2^{128} 个,IPv4 最多只能提供 2^{32} 个地址。IPv6 可以使每个网络设备都有自己的 IP 地址,利用它,端到端的安全功能可以使设备无缝接入设备网络和外部的 IP 网络,满足用户对安全性的要求。并且,IPv6 具有即插即用功能,支持无状态下的地址自动配置,并使设备能够简单地连接、拆卸,还可以实现多播通信功能,实现 1 对 N 的通信方式。正因为 IPv6 具有这些优势,使它将来必定会应用到智能建筑领域,同时在广域网上实现建筑设备控制网络这一需求将会不断涌现,考虑到这一点,开放式综合设备网络将 IPv4/IPv6 双协议栈作为基本设计,可以在将来加以使用。

5. 通过 Web 技术接口实现信息共享

Web Service (Web 服务)在很大程度上解决了原有集成技术在 Internet 远程通信上的问题,通过使用 XML 形式的 SOAP 协议,进行消息传输的服务。可扩展标记语言 (XML) 可以用真正与平台无关的方式来描述任何数据,可通过超文本传输协议 (HTTP) 在 Internet 上直接传输,实现跨系统交换数据。Web 服务可以通过通用描述发现和集成 (UDDI) 协议被发现、绑定和注册,提高系统的灵活性,是一种动态的解决方案,系统可以更方便地处理数据,并且允许软件更自由地进行通信,使原来各孤立的站点之间的信息能够相互通信、共享。在未来,Web 服务也将在系统集成中发挥越来越重要的作用。

开放式设备网络采用面向设备的 M2M (Machine to Machine) 形式的 Web 服务技术,通过使用远程的 Web 接口服务,管理员可以方便地对不同建筑的管理系统进行访问,远程获取资料,或发出联动,有助于对建筑群进行综合管理,有效地节省了人力、物力。

综合以上对 iopeNet 开放式通信协议的介绍，可见它将为智能建筑集成提供一个新的平台，通过它不仅可以在不损伤各方利益的前提下，解决系统之间无法通信的问题，还可以实现机电设备的节能，减少后期成本，一举多得。这种全新的概念不仅可以解决我国智能建筑所面临的许多问题，更可以推动整个行业的发展。相信在不久的将来，这个全新的系统可以在我国得到广泛的认可，并真正应用到我们的智能建筑中。

第7章 智能建筑系统集成

随着现代通信、计算机和网络等高新技术在智能建筑应用中的飞速发展，智能建筑系统日趋大型化、复杂化，其组成的分系统或子系统数量增加，同时各分、子系统间的关联程度日益复杂，对这类复杂的系统已经不能用传统的机电设备工程或控制系统的方法来分析，而应该用系统工程的方法和策略加以解决，即必须站在系统高度综合应用的角度，用集成的方法对复杂的系统进行分析、组织、设计和实施。

7.1 概述

智能建筑是一项复杂的系统工程，按照系统论的观点，系统是由相互联系、相互作用的若干要素（或子系统）构成的、有特定功能的统一整体。系统要素之间的关系不是简单的组合或叠加，而是相互作用和联系，通过“集成”构成系统，如图7-1所示。

智能建筑的“智能性”体现在多种学科相互渗透、多种技术彼此交叉的综合运用，而系统集成的水平在一定程度上制约着智能建筑的智能化程度，具体地表现在智能子系统间的智能耦合程度上。智能建筑中的各个系统可以按照各自的规律自行开发出来，它们自成体系，但是这些各自分离的系统并不能构成真正的智能建筑，只有各个系统互通信息、相互协调地工作，才能形成统一的整体，达到最优组合，满足用户对功能的要求。

7.1.1 系统集成的概念

智能建筑“系统集成”的概念在中国智能建筑学术领域提出已有近10年的时间。尽管如此，目前智能建筑的专家们对系统集成的概念仍有不同的看法和争议。结合我国的现实情况，实际上存在着广义和狭义两种对智能建筑系统集成的概念。

广义的智能建筑系统集成，跨越建筑、结构、给排水、暖通空调、机械与电气等多种行业，涉及工程、经济与社会学等众多学科，关系到从设计、施工、经营到管理的全过程的全面集成。即使仅针对电气领域而言，也关系到强电与弱电，以及相关的被控对象。

狭义的智能建筑系统集成，只局限在弱电系统。具体而言，就是在建筑环境平台上，将系统的三个基本要素（子系统）：建筑设备自动化系统（BAS）、通信自动化系统（CAS）和办公自动化系统（OAS），由各自分离到相互渗透，直至最后集成为一个相互关联、统一协调的整体，即在建筑环境平台上形成一个总体最优组合，其示意图如图7-2所示。

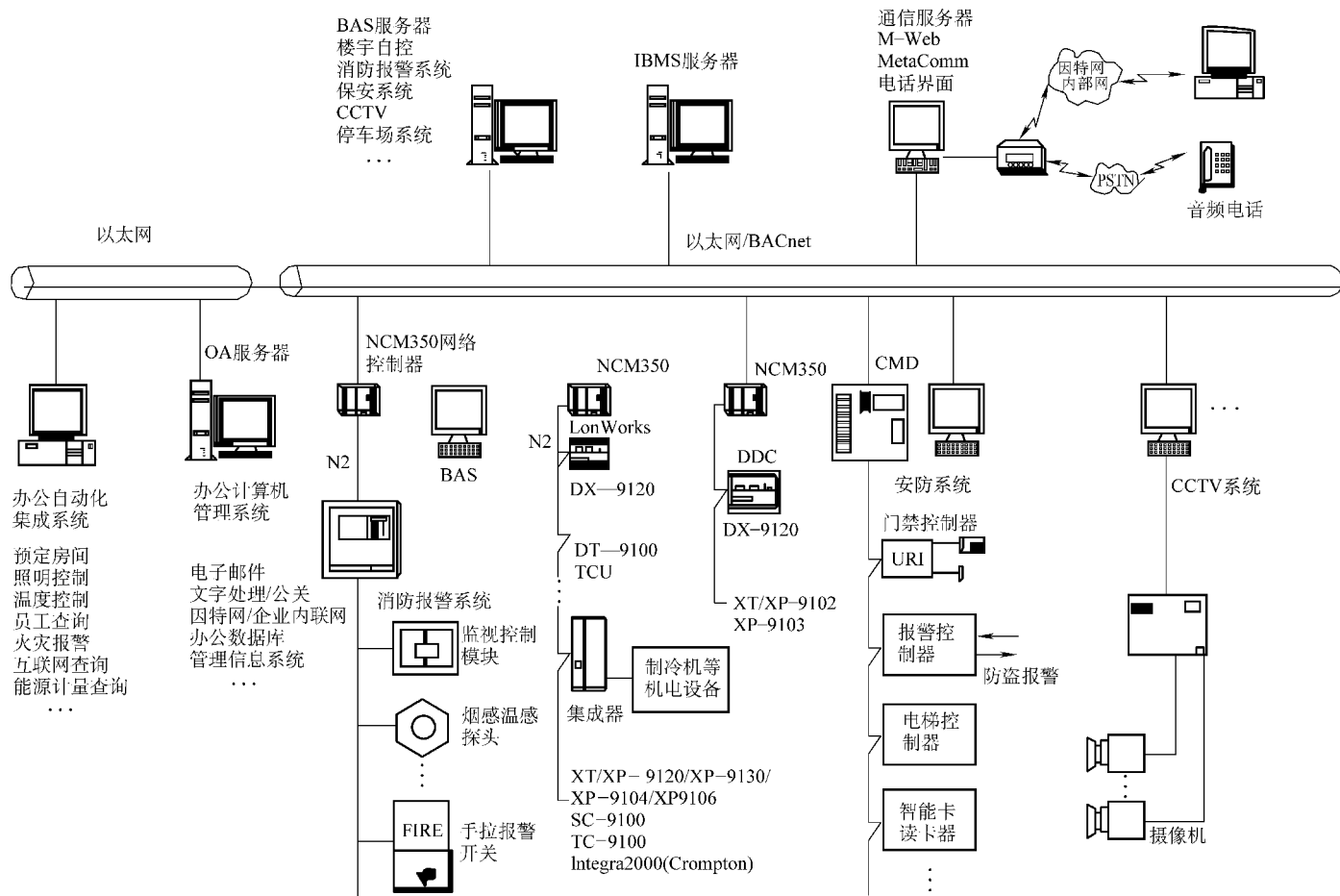


图 7-1 智能建筑集成系统

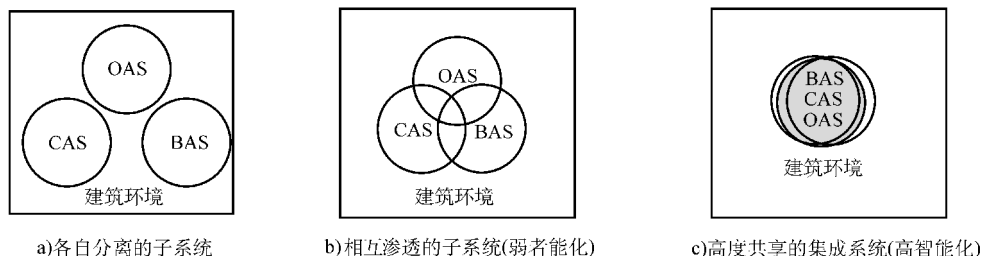


图 7-2 建筑智能化系统集成示意图

图中，阴影部分代表智能化系统集成，智能化程度越高，阴影部分的面积就越大。换句话说，建筑智能化程度的高低取决于 BAS、CAS 和 OAS 三大基本要素的有机耦合、相互渗透的程度，也就是系统综合集成的程度。因此，系统集成才是实现建筑智能化，并使巨额投资获得收益的关键。

不管系统集成概念如何定义，但系统集成总的来说，应至少有如下几个特征：

- 1) 将多个系统放在一起，并使它们形成一个整体；
- 2) 整个系统的实现是以满足用户的需求为目的；
- 3) 集成应以计算机网络为基础，各子系统间可以进行信息的交换和资源的共享；
- 4) 被集成的各子系统应具有互操作性，可进行相互协作，以实现智能化系统总体目标；
- 5) 系统应具有开放性，并且不依赖于任何一个厂商的产品。

由此可见，智能建筑系统集成的主要目标是使系统、结构、管理和服务有机地结合起来，系统集成的本质是达到资源的共享，从设计的角度来看，就是实现最优化的综合统筹设计。系统集成设计的全过程不只是为用户提供一些具体设备和产品的简单组合，而是通过这些设备和产品向用户提供其应用的一种方案或一种思想，来满足用户对功能的要求，体现出系统集成后的附加值。具体而言，系统集成后的优点主要有：

1) 集成系统可以在一个中央监控室内对大厦的安防、消防、各类机电设备、照明、电梯等进行监视与控制，一方面提高管理和服务的效率，节省人工成本；另一方面由于采用了同一操作系统的计算机平台和统一的监控与管理界面，因此各职能部门的计算机终端都可以通过数据库得到大厦内所有的数据信息，实施全局的事件和事务处理，同时进一步降低运行和维护费用，使物业管理现代化。

2) 集成系统采用全面综合的优化设计，所配置的各个子系统的硬件和软件都不会有重复性，因此集成系统的造价可比采用独立子系统节省 20% 左右的投资费用。

3) 集成系统采用统一的模块化硬件和软件结构, 便于物业管理人员掌握操作技术和保养维护系统。

4) 集成系统将各子系统的管理集中到多个中央监控主机上, 并采用统一的并行处理、分布式操作系统, 可以实现双机(或多机)并行运行, 互为热备份, 从而大大提高了智能建筑管理系统的容错性和可靠性。

5) 集成系统适合采用弱电工程总承包的方式, 这有利于提高工程质量、保证工程进度、降低工程管理费用、提高效益/费用比; 并且由于减少了工程承包界面, 能够有效地解决各子系统之间的界面协调, 保证系统的一次性开通。

系统集成是一种新兴的、具有高技术含量的智能建筑服务业。随着开放系统的出现, 系统集成已经悄悄地从软件、硬件和服务行业中分离出来, 一批专业的系统集成商如雨后春笋地大量涌现, 从而使得系统集成形成了一个十分诱人的新型业务。

7.1.2 系统集成的等级和标准

根据系统集成的对象和范围不同, 集成系统大体上可分为设备集成、技术集成、功能集成和信息集成四个等级。

1. 设备集成

设备集成也称为产品集成, 主要用于各子系统的组建。具体而言, 就是按照用户的要求, 可以购买各种产品组装成一个完整的子系统; 或者有的设备供应商已经完成了对子系统的集成, 可提供具体子系统的全套设备, 如设备自动化系统, 这时就可以按照需要购买整个子系统, 也可以对设备供应商提供的全套子系统设备进行裁剪, 根据用户的具体需要进行不同的配置。

2. 技术集成

技术集成, 是对所用的产品进行技术上的统一, 合理地进行产品技术的搭配、融合与运用。

设备生产厂商为了巩固已经占有的市场, 同时不断扩大市场份额, 必须不断地进行技术更新和设备换代, 而这种技术的更新与产品的换代, 常常只是在原有产品体系结构基础上, 对某一个局部进行。一方面, 厂商力图在未来的技术方面占有领先地位, 另一方面也强调过渡、升级、扩展和投资保护, 去迎合用户的切身利益和实际需求。关注用户的需求, 对扩展性和开放性这些系统集成的中心问题给予重视, 这是对系统集成认识的一个重要转变, 表明了对系统集成的认识深化。

3. 功能集成

功能集成, 根据用户现实和发展的应用功能需求, 从功能的角度考察产品与技术, 并合理地调配产品与技术的各项功能, 充分发挥各自的技术优势, 使整体的建筑智能化系统达到功能最优。

功能集成, 不是强调采用了多少先进的技术和设备, 而是强调从全局观点出

发,在整体上追求较高的性价比,同时系统还应具有灵活性和可扩展性,当用户需求发生变化时,可以方便地升级改造系统。

上述系统集成三个层次的发展,使系统集成从以技术为中心转变为以需求为导向。在系统集成技术出现初期的很长时间内,人们一直认为只要用技术和设备实现和模仿现有的管理模式及组织结构,就可以取得系统集成的成功。直至最近几年,通过对大量案例的分析和研究才发现,原来人们严重忽视了系统的应用集成以及几个关键要素的集成。一个完整的系统集成应该包括设备、技术、管理甚至人员的集成。

4. 信息集成

相对于上述三个层次的系统集成,信息集成更重视发挥人的主观能动性,把人有机的集成在系统中,它将各个系统、对这些系统进行管理的人、组织以及人与组织要采取的管理措施等统统地集成起来,不仅包括了智能建筑系统的建设,也包括物业管理。信息集成是系统集成的最高层次,也是最终目标,实际上如果没有用户在系统集成中的积极参与及良好协作,系统集成是无法真正发挥作用的。

信息集成的发展与高新技术的不断发展密切相关,其未来的应用将肯定是建立在网络之上,并且具有良好的人机交互能力和多维信息处理能力。在技术上,发展的重点将是虚拟技术、协同技术、可视化技术;在应用上,必须密切结合应用需求,强调综合集成;从计算机的环境变化来看,客户机/服务器正在向浏览器/服务器的方向发展。

在国家颁布的 GB/T 50314—2006《智能建筑设计标准》中,对于智能化的系统集成制定了评价标准,具体可分为甲、乙、丙三个等级。

1. 甲级标准

(1) 甲级标准应符合条件 ①应设置建筑设备综合管理系统;②系统集成应汇集建筑内外各有关信息;③建筑内的各种网络系统,应具有较强的信息处理及数据通信能力;④对智能化系统的集成、设备的通信协议和接口应符合国家现行有关标准的规定;⑤系统集成管理系统应具有可靠性、容错性和可维护性。

2. 乙级标准

(2) 乙级标准应符合条件 ①宜设置建筑设备综合管理系统;②建筑物内的各种网络系统应具有较强的信息处理及数据通信能力;③对智能化系统的集成、设备的通信协议和接口应符合国家现行有关标准的规定;④系统集成管理系统应具有可靠性、容错性和可维护性。

3. 丙级标准

(3) 丙级标准应符合条件 ①各智能化子系统进行各自的连网集成管理;②对智能化系统的集成、设备的通信协议和接口应符合国家现行有关标准的规定;③各子系统的集成管理系统应具有可靠性、容错性和可维护性。

从上述的甲、乙、丙三个等级标准可见，丙级的系统集成实际只是局限在子系统的内部，而对于乙级标准和甲级标准的主要区别是：后者对信息集成的要求较高，它必须具备建筑设备的综合管理系统，要汇集建筑内外各有关信息，而前者对信息的汇集未做要求，对建筑设备综合管理系统的要求也较为宽松。

将系统集成分为设备集成、技术集成、功能集成和信息集成，更有利于工程的设计和实现，它较多地强调了用户的要求和技术手段；而将系统集成划分为三个等级，对每个等级均规定了详细的衡量标准，更有利于对系统集成水平的评判。从两者的关系来看，信息集成可满足甲级标准，而功能集成则可满足乙级标准，技术集成和设备集成可满足丙级标准。一个智能化系统集成要想达到甲级的水平，就必须进行信息集成，最低限度也要进行功能集成。

7.1.3 系统集成的内容

系统集成设计包括设备的集成设计，系统软件的集成设计，应用程序的集成设计，人员的集成、组织机构的集成和研发、管理方法的集成设计等各个方面。概括地说，系统集成是对软件、硬件以多元化信息综合和统一的过程。

集成后的综合系统通常是由构成智能建筑的若干个子系统组成的，或者说可以将一个综合系统分解为若干个子系统，如中央计算机及网络系统、建筑设备自动化系统（BAS）、通信自动化系统（CAS）、办公自动化系统（OAS）、建筑物、环境规划及其他相关系统。另外，系统集成设计还包括与其他范围和概念更广泛的系统之间的接口处理，例如强电系统、整体建筑和环境规划等的接口。为了便于系统的集成管理，通常智能建筑系统由两个集成界面的结构模式组成，即 BMS 集成界面和 IBMS 集成界面。

1. BMS

建筑设备管理系统（Building Management System, BMS）对大厦内所有实时监控系統实行集成监控、联动和管理，其监控内容如图 7-3 所示。

BMS 的特点主要体现在综合监控信号处理和快速的 I/O 响应能力，监控参数的统计、汇总和整理等能力。通常，BMS 以 BAS 为核心，通过信息通信、协议转换和控制管理模块，将各子系统运行在 BAS 的中央监控计算机上，另外配置必要的数据库和应用服务程序，提供完整的操作员界面，对纳入集成系统的机电设备、消防设备、安防设备等实行统一的监测和控制。

BMS 可采用独立的网络结构组成形式，其结构如图 7-4 所示，包含管理层和现场层两层不同的区域网络，连接所有的 BMS 的监控子系统和监控信息点。

（1）管理层网络 管理层网络把所有监视管理工作站、数据处理器、智能设备接口等设备连接在这一层网络上，并把所采集到的监控信息及时地反映到 BMS 上，而 BMS 也可通过这一网络传送程序、指令等到有关的子系统和相关设备。

管理层网络可连接多个管理子系统及数据处理器，用户不但在监控中心可监视

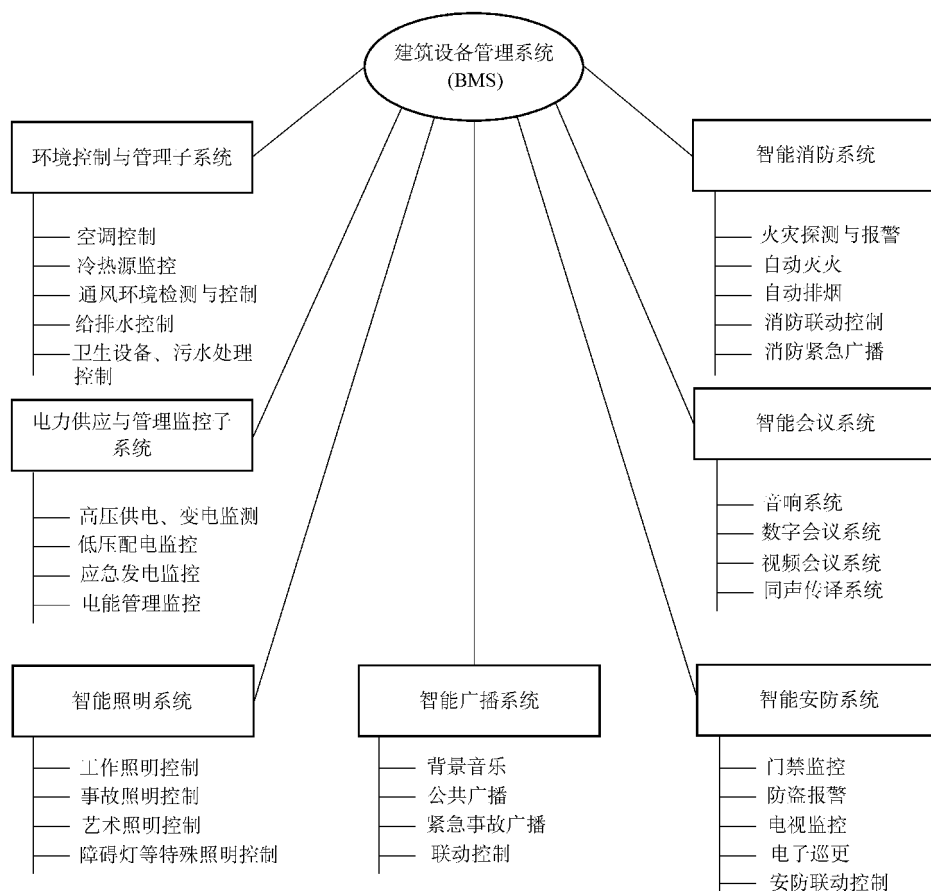


图 7-3 BMS 的监控内容

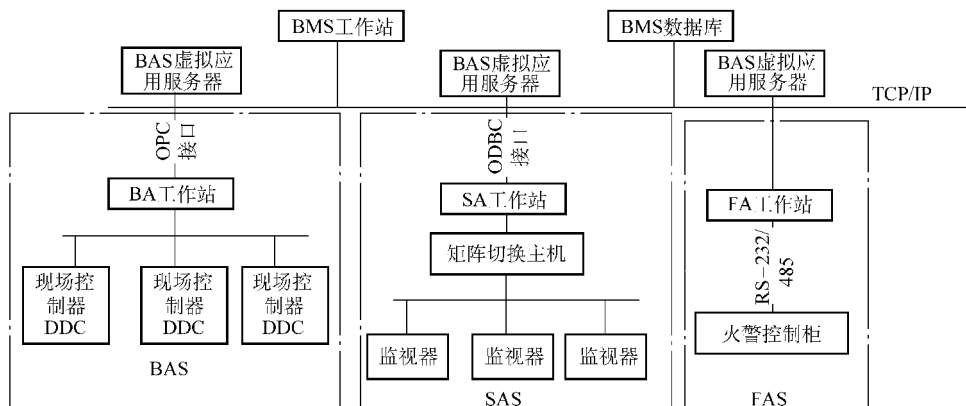


图 7-4 BMS 系统框图

和管理整个 BMS，也可在网络的范围内设立多个监控中心分部门而方便地管理 BMS 的各子系统。

(2) 现场层网络 BMS 中面向现场层的是集成管理系统的工作站和个人工作站，对系统的监控管理可以组态在这些工作站上进行。网络中各种用户工作站的数量基本上不受限制，系统中不同类型、不同层次的用户经过授权都可建立自己的工作站，面向各子系统的是虚拟应用服务器（VAS），这些 VAS 是集成系统和子系统通信联系的桥梁，它们和各应用子系统交换数据，将系统的输入、输出的数据转换成网络工作站能选址、识别和利用的统一格式，并按一定时间间隔刷新数据库服务器中的数据，同时它也是响应各工作站业务请求、实现业务应用中点对点通信的服务管理装置。

2. IBMS

智能建筑管理系统（IBMS）有时也称为建筑物智能化集成系统，是一个一体化的集成监控和管理的实时系统，能够实现建筑物内所有信息资源的采集、监视和共享，通过系统对信息的整理、优化、判断，为建筑物的各级管理者，提供决策的依据和执行控制与管理的自动化，同时也为建筑物的使用者提供安全、舒适、快捷的优质服务。

IBMS 一体化集成管理的能力是通过大厦内 BMS、OAS 和 IMS（信息/管理系统）的信息和功能集成来实现的，如图 7-5 所示。由此可见，IBMS 主要解决整个智能化系统的集成管理系统，其主要功能是通过 IBMS 将所有弱电系统中的计算机系统在同一个网络系统上操作，能够自由地相互交换信息和数据，数据一经输入系统便可以在网络上共享，并能自动完成相关系统间信息的传递和联动控制，减少管理人员的负担。

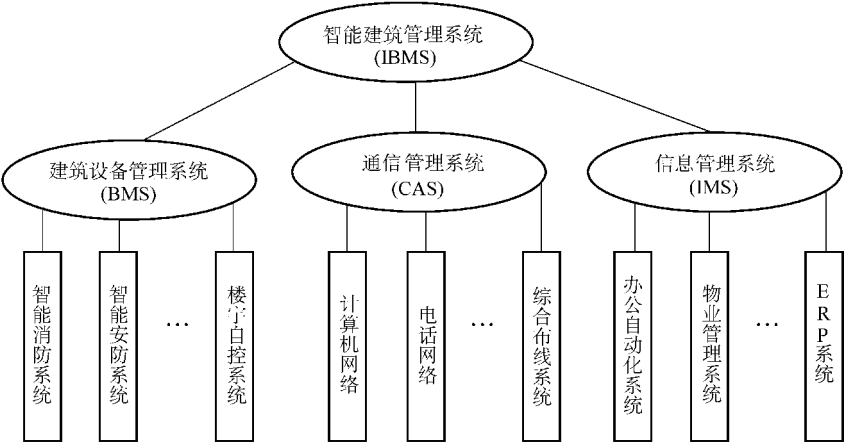


图 7-5 IBMS 构成

目前, IBMS 可分为基于设备的专用集成平台和第三方通用平台两大类。前者是指某些以楼宇自控系统为基础进行配套的、具备部分集成能力的产品, 市场上主要为国外产品, 如美国霍尼韦尔公司的 EBI, 江森公司的 METASYS 等, 这类产品多在其楼宇自控 (BA) 子系统专用软件产品基础上进行扩展, 侧重于硬件设备互连, 多采用传统的客户机/服务器模式开发, 对综合信息管理和联动支持能力较差; 后者则指基于计算机网络和第三方软件方式进行系统集成的信息管理平台, 这类系统通用性强、应用范围广、适应性好、信息集成和系统联动功能强, 可适用于各种不同设备制造厂商子系统的集成, 并可支持大范围乃至 Internet 范围内信息化管理。

系统集成的水平在一定程度上制约着智能建筑的智能化程度, 未来的发展趋向必然是智能集成程度越来越高, 从而为智能建筑创造更大的附加值。系统集成的发展方向具体体现在以下几个方面。

(1) 系统集成的开放性更高 随着技术的进步与发展、智能建筑系统集成的开放性不断发展、集成内容和技术的不断增加, 因此就需要智能建筑的系统集成也必须具有良好的开放性, 从而使新出现的技术、新的子系统、新的协议及标准方便地纳入到系统集成中, 并使各种相关通信和管理软件的升级可平滑地进行。

(2) 互联网技术的作用更大 随着互联网技术的普及和成熟, 智能建筑的系统集成必然将更深入、广泛地应用 Internet 的技术体系和理念, 例如, 使用具有优良交互性能和开放的浏览器/服务器体系结构; 使用性能更为优良的开放性数据库系统; 信息网络与控制网络的集成技术模块化结构的实现等。由此可见, 基于 Internet 环境下的集成系统中, 各子系统之间的数据信息交互能力大大增强, 并因此使整个智能建筑系统具有更强的综合功能, 但同时安全性更高。

(3) 多种网络互连技术更成熟 当前多种网络互连技术难度大、要求高是目前系统集成的一个瓶颈, 也是未来的一个发展方向。可以预见, 随着计算机局域网、通信网和广域网技术的发展, 随着智能建筑底层控制网络技术的发展, 随着与各种网络相关的国际标准、协议的发展和完善, 随着通信及通信网技术的发展, 智能建筑中的各种网络开放性将日益增强, 并最终都成为完全开放性的网络, 通过标准化的接口和配置统一的通信协议及模块化的软件系统, 各种异构网络互连将非常简便。集成后的网络可以在一种或数种平台上实时或非实时地进行数据、信息的调用或交互。智能建筑体系中任何场点、任何台设备、任何分布式数据库、任何功能层级的工作状态数据、任何重要物理量的监控管理信息都能被方便地调用。随着发展, 系统集成中多种网络互连技术将更加成熟。

(4) 视频数据流处理技术内容更多 随着多媒体技术的发展, 智能建筑信息、数据的传递更多地采用文本形式、静态和动态图片、语音和流媒体视频等, 尤其是

随着支持网络的数据传输速率的不断提高，视频数据所占比重越来越大，如远程视频会议、远程可视电话和远程实时图景传输将会让人有身临其境的效果，因此目前已成为智能建筑集成技术水平提高的主要内容之一。

(5) 无线网络技术的应用更广泛 无线局域网、移动网络和蓝牙网配合智能建筑中的有线网络，使智能建筑所及区域中的任何一个场点都可以随时连入通信网络，进行实时的多媒体及视频数据的通信。再加上，数字卫星技术、微波通信技术和移动通信技术的综合应用，将各种通信网络和信息网络一起构成智能建筑的高效能通信体系。使用移动性终端，通过无线的传输与交互方式来处理大数据量的网络通信，将会使智能建筑系统集成内容更为丰富。

7.2 系统集成的设计

系统集成追求的主要的目标是使系统、结构、管理和服务有机地结合起来，更好地发挥设备的利用率，以更高的性价比来实现整个智能化系统，并尽可能地赋予系统以新的特点，使系统更好地为用户服务。

7.2.1 系统集成的目标和原则

智能建筑的各个子系统，均有自己的独特功能，也具有不同程度的集成。一般这些子系统的集成层次均属于设备和技术的集成。在目前国内市场上，组建子系统运用系统集成思想最好的要算是电视监控系统。电视监控系统的主要组成部件有探测器、摄像机、监视器、录像机、报警主机、视频切换器、多画面分割器等。在构建电视监控系统时，为了降低整个系统的造价和得到较好的性能，往往从不同的供货商选择合适的产品。这一方面说明，这类产品的开放性较好，相互连接具有较好的兼容性；另一方面也要求承包商做更多的集成工作。

系统集成较高的层次是功能集成和信息集成，这两个层次的集成才是智能建筑系统集成追求的真正目标。具体地说，系统集成要达到的具体目标为：

- 1) 实现各子系统的联动，使各子系统能够协同动作，增强整个智能化系统的突现性；
- 2) 实现资源的共享，提高设备的利用率，节省投资；
- 3) 实现信息共享，充分发挥信息综合利用的效果，方便管理和决策，提高服务的质量。

为了达到上述目标，在进行系统集成设计时，应遵守如下的几个原则：

1. 可行性和必要性

不管是业主还是系统集成商，在进行智能建筑的整体规划阶段，都必须重视认识到：建筑的智能化系统技术含量的高低、是否先进，不是建造智能化系统的主要目的。首先，系统集成应该是可行的，它应该是客户当前的实际情况、所处的环境条件、所具有的资金和资源所允许和能承受的；其次，它应该是必要的，即适度规

模的，既要满足客户的需求，又要遵循集成设计的技术标准和规范、产品标准和规范、工程标准和规范、验收标准和规范等。

2. 以人为本

集成商是一个专业群体，其内部有一批高水平的各相关领域的专家，他们富有集成的经验，能及时地了解本行业的新产品、新技术及国际发展趋势，在系统集成的总体阶段就能灵敏地识别出风险因素，并对其潜在的影响做出评估。自双方签订合同之日起，集成商就对系统集成和全部组织实施工作负有责任，并承担相应的风险，因此他们会组建一支有实力的服务队伍，其业务包括培训人员、技术咨询、跟踪维护、二次开发，直至系统的更新换代。

智能建筑是一项复杂的系统工程，它需要经过方案论证、设计、施工、运行维护等一系列艰苦的工作，工程的成败不完全决定于技术因素，而往往需要集成商和建筑师、总承包商、各系统分包商、业主和设备经销商等各方面人士的团结合作，根据大厦的实际情况合理配置应用系统，来满足建筑物对智能化的具体要求。例如，在用户和集成商之间，存在着相互依赖又相互制约的关系，因此聪明的集成商从一开始就会请用户参与集成工作，自始至终与业主紧密合作。只要对系统集成商选择适当，业主的风险压力便会得到缓解。

3. 预先计划的产品改造理论

系统集成是一项长期和艰巨的任务，其核心思想是用先进的信息技术（IT）来改进智能建筑的功能和服务，由于IT的飞速发展，即使是大胆的预言家也难以预计未来人们的需求会是如何。以IT产业的核心技术计算机和网络来说，计算机每18个月更新一代，而网络的生命周期也仅有3~5年。我们总不能在建造一个智能化系统后，隔18个月或3~5年再来重建一个智能化系统。那么我们究竟应如何才能使智能建筑保持较长的生命力？答案是：在系统的规划、设计时，采用预先计划的产品改进理论。

所谓预先计划的产品改进（Pre-planned Product Improve, P³I），即是在产品的概念设计阶段，就预先考虑以后对产品的改进，并根据技术和市场预测加入一些条件，便于以后改进。这些预设的条件可以是一些预留或储备，也可以是具有柔性的设计。在基型产品中，只采用成熟的技术，把当时及以后的先进但又不成熟的技术作为改进项目，加入该系列产品的后续产品中。这样，既增加了基型产品的可靠性，减少了开发时间、投资强度和改进升级费用，也延长了产品的有效寿命，使产品能够对技术的飞速发展做出合理的反应。

4. 以方案为重点，以产品为中心

严格地讲，一个系统集成项目应该包括系统集成方案的设计，与系统配套的软硬件产品的采购、安装、系统调试、技术培训等，但是从技术的角度讲，方案的产生是系统集成的重点。因为，在方案设计时要考虑所有的问题，并保证方案的正确

性，以至于有的系统集成商只负责系统集成方案的设计，而将安装、调试、服务等工作让其他公司负责。

系统集成重在集成，对于集成商而言，因此没有必要自己生产和开发每一项产品，而重要的是要选择最佳的合作伙伴，这也就意味着：首先，系统集成的技术储备的一个主要方面就是跟踪相关技术的发展趋势，了解相关市场的最新动态，掌握各种相关的软硬件技术产品；其次，系统集成技术主要是对众多软硬件技术和产品进行裁剪、筛选、互连、协同的技术。

7.2.2 系统集成的步骤

系统集成设计是一项复杂的系统工程，投资大，建设周期长。通常一次完整的系统开发周期包括系统分析、系统设计、系统实施、系统评价和系统管理维护等五个阶段，系统集成的设计步骤如图 7-6 所示。

1. 系统集成分析

系统集成分析包括用户需求分析、初步方案设计、可行性论证三部分。系统集成分析是系统的逻辑设计阶段，主要研究“做什么”，而不是研究“如何做”。这阶段的工作主要是调查研究、确定目标、进行可行性分析和逻辑设计，为以后阶段的工作打下切实可行的基础。系统分析关系到整个集成系统的成败，必须扎实而有步骤地逐项进行。

(1) 用户需求分析 用户需求分析的过程是为了了解用户的要求和设想，将用户的需求转换成任务的原始格式，说明整个系统需要达到的功能要求、相应的测试条件、验收要求，形成具体的开发目标。这阶段的工作往往以业主为主来完成，当业主感到技术力量不足时，也可以聘请系统集成公司或咨询机构。在实际的工程运转中，这一步常常由建筑勘察设计单位或某一个系统集成公司配合业主来完成。

用户需求分析的内容一般包括以下几个部分：

1) 限定目标：收集和整理用户对系统的集成所提出的设想、要求和问题，限定集成后的系统所达到的目标，并明确评价基准；

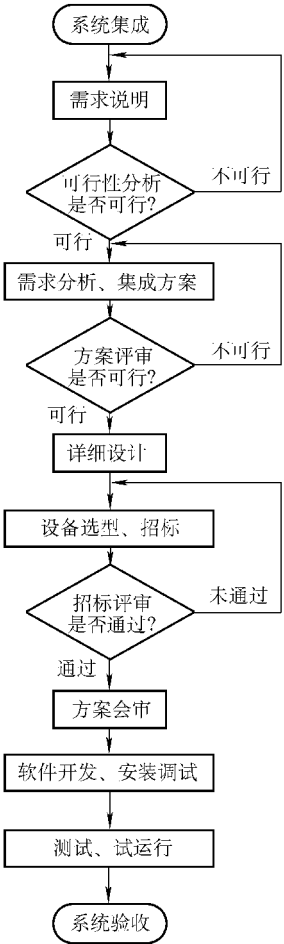


图 7-6 系统集成的步骤

2) 现状调查: 主要通过和业主口头讨论和图样(初稿)分析研究两种途径, 对智能建筑设计的现状进行全面调查和了解, 一般从以下几方面入手: ①建筑的环境和功能; ②系统的功能要求、应达到的功能指标; ③系统的性能要求, 例如响应时间、存储容量、容错程度和安全指标等; ④系统的运行环境要求, 例如采用何种操作系统、应用软件和中文平台等; ⑤系统的扩展要求, 包括对将来软、硬件升级换代、扩充和维护等; ⑥费用和效果要求, 包括经费预算等。

在需求分析的基础上, 业主要求明确化、定量化, 形成科学、严格、可操作的具体目标, 从功能、性能、实施和费用等方面结合现有的产品和各类相关技术, 确定系统集成的开发目标, 主要从以下几方面进行考虑:

1) 功能条件: 集成内容以及各个子系统的接口、协议、互连设备和输入/输出信息的流向和处理等;

2) 性能条件: 系统的互连接性、互操作性、响应特性、处理量、可靠性等;

3) 费用: 设备费用、开发费用、集成费用和其他费用;

4) 实施计划: 系统集成商的选择, 工程计划;

5) 运行管理和培训。

(2) 初步方案设计 在系统集成开发目标的基础上, 规划和设计系统集成的初步方案。它围绕用户需求和建筑物的功能, 从宏观的角度对集成系统的总体规模和性能指标、各个子系统的规模和性能指标、所选用的技术和如何实现等进行叙述和论证, 使用户对集成后的系统有一个总体概念和了解, 对今后的实施和经费做到心中有数, 同时它也是系统分析阶段的文档资料。

初步设计方案要以图文并茂的形式和通俗易懂的语言, 将设计意图充分地表达出来, 以供有关决策和技术人员作为论证和评价的基础。

初步设计方案一般包括以下内容: ①目标系统的总体概貌; ②目标系统的总体结构; ③各个子系统的描述, 包括系统目标、结构、功能指标、运行环境、网络结构等; ④布线结构; ⑤系统实施计划; ⑥经费概算等。

(3) 可行性论证 可行性论证是通过组织用户、技术人员和专家对初步设计方案的研究和论证, 即对方案从产品的选择、技术的应用、费用效果到具体实施等方面进行综合评价, 评价它是否具备了必要的资源和其他相关条件、是否可行, 以得出进一步的改进方案。

进行可行性论证应考虑的要害有: ①限定目标的评价基准; ②智能建筑的等级确定和相应的结构、系统、服务和管理功能; ③设备的先进性、性能、通信接口和连网能力等。

可行性论证内容主要有:

1) 技术方面的论证: 基于现有的技术条件能否满足初步设计方案中的实现要

求进行分析，应该认识到技术的可行性应建立在普遍使用的成熟技术基础上，不能以刚出现或正在研究中的技术为依据。

对集成系统论证的主要内容包括：①互连接性：传输媒体、网络拓扑结构、通信类型、通信容量、数据传输速率、网际互连的设计等；②互操作性：与各子系统的接口和协议转换的解决方案，系统平台的兼容性；③应用性界面的统一性、中文文化操作的便利性；④开放性：与多种产品的兼容性、系统的灵活性和可扩充性。

对各子系统论证的主要内容包括：①性能指标；②组成结构；③网络结构和服务；④控制点数、通信量、带宽、用户接口和支持的协议；⑤系统平台选择、界面的中文化；⑥其他特性。

2) 工程实施的论证：主要内容包括：①工程进度、管理，与其他系统和施工界面的协调；②设备、子系统和集成系统的安装、分调和联调；③应用软件、系统软件和接口软件的开发等。

3) 系统维护的论证：主要内容包括：①系统的管理、控制和安全；②系统保修和响应时间；③人员培训等。

4) 经济方面的论证：经费预算主要从系统的综合性价比进行评价，其内容包括：①设备的单价；②系统的硬件、软件费用；③应用软件开发费用；④工程（安装、调试）费用；⑤系统集成费用；⑥技术咨询费等。

此外，除了评价所选用的技术、设备、开发、实施和人员等方面的一次投资外，还要分析今后的运行管理、维护、日常消耗和人员素质提高等二次投资。另外，还要对系统集成所带来的社会和经济效益进行评价。

5) 社会方面的论证：主要论证内容是指影响系统可行性的社会 and 人员组织方面等因素。

2. 系统集成设计

这是系统集成设计的第二阶段，设计人员将根据用户需求书和初步设计方案，考虑实际的技术条件、设备条件、经济条件和社会条件，确定系统的实施方案。

这一阶段的工作主要由系统集成商完成，他们在进行需求分析和确定系统集成方案的过程中，要和业主经常联系和紧密协作，系统集成设计的内容包括总体设计、详细设计和实施规划。

(1) 总体设计 总体设计是根据大厦业主对智能大厦基本功能和分阶段实施的实际情况，来确定工程实施方案的系统组成结构。通过系统组成的设计，主要是提供给大厦业主分阶段实施的解决方案，同时又能从系统组成结构上保证系统在设计上的一体化和完整性。这样大厦业主就可以根据投资规模和资金情况决定先上什么，再上什么；是采用独立子系统组成结构设计，还是集成系统组成结构设计；是采用 IBMS 一次集成的系统组成结构进行工程实施方案的设计，还是采用两次集成的系统组成结构（即 BMS 和 IBMS）。

IBMS 的组成设计是决定大厦智能化程度的一个重要环节，这一过程设计相当于制定一个方针、一个路线，因此必须首先加以考虑，才能比较顺利地进行系统功能的深化设计。

(2) 详细设计 详细设计即系统功能的深化设计，也就是具体落实 IBMS 各子系统功能的过程，这一阶段是 IBMS 工程实施方案设计的重点。

系统功能的深化设计，既要听取大厦业主或建筑设计院提出的基本的或者某些特殊的功能需求，同时也要结合功能设计的深度原则和标准、设计经验和设计技巧等进行。

1) 大厦业主的基本功能需求：大厦业主对 IBMS 所提出的基本的和某些特殊的功能需求，可以通过三个方面的资料和图样来体现：①大厦的用途、建筑面积、层高、投资金额；②通过建筑设计院提供大厦机电设备的清单和数量；③大厦业主对大厦弱电工程设计的基本意见或初步设计方案建议书。

2) 系统功能深度设计：系统功能设计的深度，决定了大厦的智能化程度和大厦业主投资金额和回报率。因此，根据 GB/T 50314—2006《智能建筑设计标准》，智能建筑集成系统功能设计深度分为三个等级（甲级、乙级和丙级），且每一级均有可扩展性、开放性和灵活性。这三个等级的系统，实质是处于智能建筑系统组成结构的不同层次，并包括在整个一体化结构之中，仅仅是由于大厦业主对系统功能的实际需求、投资费用不同，而分层次、分阶段实施，系统功能由浅入深，由基本到完善，最终完成智能大厦的全部服务和管理。

智能建筑的系统集成功能是通过系统的硬件和软件的配合来实现的，其功能完善的程度，即功能深度，又是由系统所包括各功能子系统的组成情况、相应系统的监控点与信息点的硬件数量和相应系统软件功能模块的配置所决定的。通常，系统所包括功能子系统的组成越完善，相应子系统的监控点与信息点的硬件数量与软件功能模块配置越适应。

此外，系统的功能与系统的投资是紧密相关的，系统的功能越完善，投资的费用必然会越高。因此，系统功能的需求既要做到符合实际需要，量力而行，又要兼顾未来功能的扩充和提升的远期目标。

3) 工程预算编制：通常，在完成系统监控点和信息点的配置和数量设计以后，就可以着手进行整个系统工程的预算（报价）的编制。

通常工程预算的编制，需按各子系统来编制和统计、汇总，具体而言，就是根据各子系统列出的监控点和信息点的数量，经过具体统计出需要相应硬件设备的数量；同时根据每一个监控点功能的要求，确定硬件设备的传感器或执行器的精度，从而进一步确定产品的型号。一般而言，工程预算清单应包括产品名称、型号、产地、制造商、数量、单价和总价，同时提供相应产品的产品性能说明书。

(3) 实施规划 实施规划是在投标方案的基础上,修改和完善系统集成的总体方案,设计出工程的实施方案。工程实施方案至少应包括:

- 1) 系统集成的具体组成,包括所有的软、硬件设施。对于硬件,应有物理配
图、安装的流程图;对于软件,应按照软件工程的要求,提供全套的相关资料;
- 2) 系统集成的总体功能描述;
- 3) 各智能子系统的具体连接方式;
- 4) 各智能子系统信息传输的具体方式和方法、内容和格式、大小与频次、情
景与场合;
- 5) 各智能子系统的协作方式和协作内容;
- 6) 系统集成的人机界面,包括信息交互的方法和方式、可提供的管理模式
等;
- 7) 系统集成的工程进度和时间的具体安排,与其他智能系统的协作与配合的
要求;
- 8) 系统集成的安装和调试步骤,正确测试和验收的标准。

3. 方案会审

由于整个智能化系统是由多个子系统组成的,而这些子系统往往由多个承包商
分别承建,因此有必要对整个设计方案进行会审,以将相互矛盾、疏漏或不协调之
处消灭在设计阶段。

会审的最佳方式可能是用计算机来加以模拟和仿真,但是这样做往往要付出较
大的代价、花费较多的时间。因为,目前尚缺乏有效的商业化模拟、仿真软件。目
前,最简单,也是最常用的办法是在纸面上运作各个系统,即假设多种可能发生
的情况,从图样上来看各个系统的响应与应该产生的动作,从而预测各个系统是否
可以相互配合,达到预期的功能。有经验的系统集成商,常常能从这一过程中发现
设计的不足和疏漏。

认真进行方案会审,是保证工程顺利实施不可或缺的重要步骤。在这一过程
中,可能会对某些智能系统进行方案修改,或者重新选择一些供货商,但这样做是
值得的。当要对某些方案进行修改时,修改完毕后有必要进行再一次会审,直至各
个子系统的设计方案完全确定为止。

4. 系统实施

当各子系统的详细设计方案确定下来之后,便可以进入系统实施阶段,这其中
包括系统协调和软件开发两部分。

通常以各子系统为实施单位,其实施工作包括设备的招标选购、技术交底、现
场施工、安装调试等。一般情况下,各子系统往往不是由一个承包单位承建,因此
各个单位之间的协作和配合对于保证工程的质量和进度十分重要。尤其在现场施
工和安装调试时,需要由对所有弱电工程均有所了解的人进行全面的统筹和协调,这

件工作责无旁贷地落到业主和系统集成商的头上。

与现场施工同时进行的，便是系统集成的软件设计和开发，而开发系统集成软件最大的难点是如何保证它的正确性。

系统集成软件涉及多个系统，它的输入来源于被集成的系统，它的程序化结果也要返回到这些系统中，而且程序化的结果往往和某些控制动作密切相关。然而，有些输出结果可以进行现场验证，而有些则无法进行现场验证，例如消防系统的输出结果，总不能假设火警发生，使得系统喷水、喷灭火剂。因此，采用模拟技术来对所开发的程序加以验证是必要的。

5. 测试和试运行

智能建筑的系统集成，目前还属于起步阶段，我国虽然颁发了 GB/T 50314—2006《智能建筑设计标准》，但对智能化系统集成所规定的标准，弹性较大，完全按照标准操作还有较大的难度。因此，通常的经验测试是参考标准，由业主和承包方共同协商系统集成的功能和性能指标。

系统的调试可分为4个步骤进行：①各子系统的调试；②各子系统间连接网络和通信的调试；③系统集成软件的调试和运作；④系统的试运行。

在系统试运行期间，主要考核系统功能的正确性和完备性，可假设多种情况以测试系统的响应。一般情况下，智能系统的试运行时间较长，如空调系统的功能要分别经过冬天和夏天的检验才能得到证明。另外，使用和维护人员，也需要经过较长的时间才能了解和掌握系统。在试运行阶段，一项重要的工作是形成完整、详细的运行资料，按时填写运行日志，这不但是管理系统的需要，也是工程验收、系统升级和改造时的一个重要依据。

6. 工程验收

在系统试运行成功后，可由业主组织有关单位验收，验收是对工程的设计、功能、质量方面的检查与认定。

在验收时，至少应提供的文件和资料有：①工程验收书；②工程的设计方案以及配套的图样、资料；③工程的使用及维护说明书；④系统的测试报告；⑤系统的试运行日志。

7.2.3 系统集成的方式

智能建筑中的各种建筑设备子系统是由不同厂商生产、制造的，需要采用某种互连方式把这些分离的子系统或设备互相连接起来，以实现子系统内部和子系统之间的集成。

1. 硬件集成

要进行智能建筑的系统集成，首先需要将各个智能化子系统在物理上连接起来，才可以使它们进行相互间的通信互动。在此基础上，然后才能进行另外的技术开发工作。

(1) 硬连接 硬连接方式是通过增加一个设备子系统的输入/输出节点或传感器，接入到另一个设备子系统的输入/输出节点进行集成的。这种方式是早期系统集成的重要手段，其经济性是一个很大的问题，特别是当系统很庞大时，基本上是不可能实现的，目前已很少应用。

(2) 串行通信 由于系统集成的优点，吸引了很多硬件厂商，他们纷纷将自己的设备加以改进，增加串行通信接口，如 RS-232、RS-485 等，使之可以与其他设备子系统进行通信，而设备子系统之间的信息传输，则是通过通信协议的转换来实现的。这种方式需要集成商在现场花费相当大的精力，他们将付出的不仅是技术方面的开发，更多的是与第三方厂商之间的关系协调。

(3) 基于特定 BAS 平台的内部子系统互连方式 随着计算机技术的发展，BAS 制造商将产品和计算机技术紧密结合起来，使 BAS 可以通过计算机网络连接其集成子系统，并可以实现对其集成子系统的监测、控制和管理，由此产生了以 BAS 为平台的系统集成方式。

相对于前两种集成方式，这种集成方式是一个较大的进步，系统集成度和功能明显提高。然而，以特定 BAS 为平台进行系统集成的方式仍然存在明显的缺点。例如，各厂商的 BAS 是一个相对封闭的体系，缺乏开放性；BAS 与其他设备子系统的接口设备和接口软件局限于特定产品、特定型号，因此系统集成能力有限，维护和升级成本高。

(4) 基于各子系统平等的系统连接方式 图 7-7 所示为基于各子系统平等的系统连接方式。

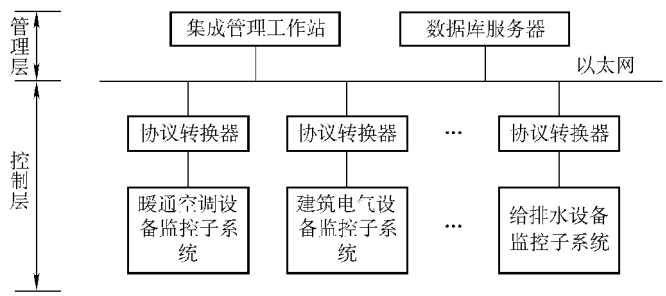


图 7-7 基于各子系统平等的系统连接方式

基于各子系统平等的系统连接方式的核心思想是：建立系统集成管理层网络，将各子系统视为下层现场控制网，并都以平等方式集成。具体而言，系统集成管理网络在系统集成数据库的协助下，各子系统的实时数据，通过开放的工业标准接口（如 ODBC、OPC 接口等）转换成统一的格式，存储在系统集成数据库中，而系统集成管理网络通过系统核心调度程序对各子系统实现统一管理、监控及信息传递。

基于各子系统平等方式进行系统连接方法中，普遍采用符合工业标准的软、硬件技术，接口标准、规范，因此具有开放的系统结构，易于扩展，系统通用性强、应用范围广，同时有利于降低系统集成成本，加快项目进度，可适用于各种不同设备制造商子系统的集成。

(5) 基于开放式标准的互连方式 目前，采用开放式标准开发的开放式系统是实现设备及子系统之间无缝连接的最好办法。所谓开放式系统，即系统所有部件均以公开的工业标准技术制造，系统符合公开的工业结构，因而不同厂商的产品，可以组合，实现不同设备及系统无缝连接，从而实现互操作。

基于开放式标准的互连方式具有以下三个主要特点：

- 1) 系统的技术规范是所有厂商共同遵守的；
- 2) 同样功能的部件虽然由不同厂商生产，但是可以互相替换，可以互操作；
- 3) 符合标准的系统之间可以直接互连。

采用开放式标准实现互连，是目前各建筑设备自动化子系统集成的主要方式，而开放性的国际标准通常多采用 LonWorks 和 BACnet 两种。

2. 软件集成

网络互连的硬件设备已标准化、商品化，所以系统集成主要面临的是软件集成问题，即如何通过标准的通信协议达到互操作的目的。

随着智能建筑的功能需求不断增长，使建筑物（群）内各种各样的机电设备的监控系统的种类和范围不断扩大，它们可能采用不同的网络平台、不同的通信协议等。在实现智能建筑系统集成时，为了理想地解决各异构子系统之间的互连和互操作性问题，常采用以下几种技术手段：

(1) 采用统一的通信协议实现系统集成的方式 建筑设备自动化系统应属过程控制范畴，长期以来没有建立国际性的标准通信协议，这种局面严重阻碍了智能建筑技术的发展。1995 年美国暖通空调工程师学会推出了楼宇自动控制领域的第一个开放式标准通信协议——BACnet，同年通过 ANSI 认证，成为美国国家标准，很多空调、制冷、锅炉、变配电等设备制造厂商均采纳该标准协议，为智能建筑的系统集成开创了有利的局面。BACnet 采纳了五种协议，即 EIA232 - PTP、EIA485 - MS/TP、LonTalk、ARcnet、Ethernet，但是在先前的 BACnet 协议中，不同厂商生产的设备互连仍需通过协议转换器，尚未达成开放系统实现互操作的要求。

LonWorks 是美国 Echelon 公司 1990 年推出的全分布式的具有开放性和互操作性、采用 LonTalk 协议的网络，经过 LonMark 互操作性协会认证的产品具有良好的互操作性。但是这种方式不是真正意义上的开放系统，因为这种协议对厂商不是中立的，其中有 Echelon 公司的知识产权，真正的开放系统对各个厂商应该是中立的。

(2) 采用动态数据交换 (DDE) 技术实现系统集成的方式 DDE 是一种简单的客户机/服务器结构的通信协议, 主要用于 Windows 应用程序之间的信息传递和数据共享。当支持 DDE 的两个或多个程序同时运行时, 它们可以用会话方式交换数据和命令, DDE 会话是在两个不同的应用之间实现双向连接, 靠两者的应用程序可以交替地传输数据。微软公司的 DDE 为应用程序之间提供了一种简单、易于使用的通信链路, 使得模块化的工业控制软件充分体现了其自身的使用价值。专业化的工业控制软件开发商已经开发出了特定用途的软件模块, 例如趋势曲线模块、控制回路模拟棒图、报警信息管理等。如果某个监督控制与数据采集 (SCADA) 软件包或者 I/O 服务器借助于一个 DDE 接口能够传送数据, 那就可以利用这些特定用途的软件模块。

DDE 最大的局限性在于其数据传递是“静态”的, 当把数据从一个应用程序复制到另一个应用程序时, 原应用程序的任何变化不再影响已复制应用程序的数据, 特别是在数据交换量大时, 数据的传送速度较慢, 没有安全性管理机制, 程序开发比较困难, 所以目前正由更强有力的对象的链接与嵌入 (OLE) 技术所取代。

(3) 采用 OPC 技术实现系统集成的方式 OLE 是微软公司提供的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。OPC (OLE for Process Control, 过程控制用 OLE) 是一种基于 OLE 的通信标准。OPC 重点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 互连时, 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连。OPC 的重要作用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、不同厂商的产品方便地实现互连和互操作。OPC 技术的完善和推广, 为智能建筑系统集成时, 在实时控制领域与信息领域的全集成创造了良好的软件环境, 所以说 OPC 开创了系统集成的新途径, 它将成为系统集成的主要方式。

(4) 采用 ODBC 技术实现系统集成的方式 开放式数据库连接 (ODBC) 技术是微软公司推出的一种应用程序访问数据库的标准接口, 也是解决异种数据库之间互连的标准, 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结构化查询语言 (SQL), 可查询、修改不同类型的数据。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应用进程 (AP) 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, 所以目前采用 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。

(5) 采用 Web 技术实现系统集成的方式 随着 Web (万维网) 技术的发展, 智能建筑中开始出现了许多基于 Web 技术的系统集成, 但目前大多数还不能称得上是真正面向 Web 的系统集成。主要原因有两点: ①这种系统只是利用浏览器访问了静态数据; ②数据库中存储的数据是由其他集成技术生成的。真正面向 Web 集成技术的系统, 核心在于利用了 Web 服务技术进行系统集成, 该技术的主要目标是在现有的异构平台基础上构筑一个与平台无关、语言无关、协议无关的通用技术层, 通过这个技术层, 各种平台上的应用可以连接和集成, 实现互操作的功能。Web 服务代表了系统集成的发展方向, 当前许多公司都在注重研究, 使其控制技术与 Internet 相连, 并通过其进行远程控制。

随着企业内联网 (Intranet) 的建立, BAS 必然采用 Web 技术, 并力求在 Intranet 中占据重要位置。BAS 中央站嵌入 Web 服务器, 融入 Web 功能, 使 BAS 与 Intranet 成为一体化系统, 像霍尼韦尔公司的 EBI、研华公司的 iBAS-2000 等系统有部分产品实现了上述功能, 但要跨越平台实现纵向的系统集成还有很长的路要走。

7.2.4 系统集成的主要技术模式

目前, 系统集成的主要技术模式有: BMS 准系统模式、采用 BACnet、Lon-Works 技术的模式、采用 10Base-T 以太网作为楼宇级通信主干网的模式和采用数据库模式四种。

1. BMS 准系统模式

BMS 准系统模式也称为以 BAS 为中心的集成模式, 是一些老牌楼宇自动控制厂商通常采用的集成模式, 其结构如图 7-8 所示。

在这种集成模式中, 通常通过开发和各种第三方系统的网络通信接口 (网关), 将各系统数据集成到网络主干上, 而该网络主干一般为其楼宇级控制网络通信主干。网关是系统间网络层以上进行协议转换的设备, 在 BAS 中, 其作用是将消防、安防等第三方系统的协议转化为 BAS 楼宇级通信主干协议, 实现在此级网

络上的信息共享。

BMS 准系统模式的优点是：楼宇自控系统软件本身提供的开发平台比较强大，通过网关转换、过滤，可很容易地实现对大厦内全部弱电系统参变量的定义和记录。然而，这种方式也存在着明显的缺点：

1) BAS 楼宇级通信网络的性能是集成系统能否正常运行的关键。

由于目前 BAS 产品的网络通信传输速率还不是很很高，当建筑面积很大、弱电系统监控点很多时，全部信息都要在这级总线上传输，因此网络性能就会变差。

2) BAS 网关只能对应于某一系统产品的某一型号，然而网关的开发则是在国外厂商生产基地制作的，假如系统升级，原有网关则必须随之升级，甚至要送到国外厂商基地，因此用户很难承受这样的时间和费用。

2. 采用 BACnet、LonWorks 技术的模式

BACnet、LonWorks 是美国 Alerton、Echelon 等公司推出的两种非常优秀的测控网络通信技术，在双绞线传输情况下，BACnet 通信传输速率可达 10Mbit/s，LonWorks 可达 1.25Mbit/s，从而使得楼宇级通信网络的传输速率大为改善，因此特别适用于大区域、点数分散的智能建筑控制系统。

图 7-9 所示为一种基于 LonWorks 的 BMS 集成方案。在这种方案中，一方面，LonWorks 现场总线网上面连接具有智能控制功能的智能节点，并定义各节点之间相互的关联关系，将系统的庞大控制关系转变成节点之间的互动关系，真正实现了全分布式控制网络系统。另一方面，LonWorks 现场总线网与管理层以太网之间通过专用的 LNS 网关实现连接。

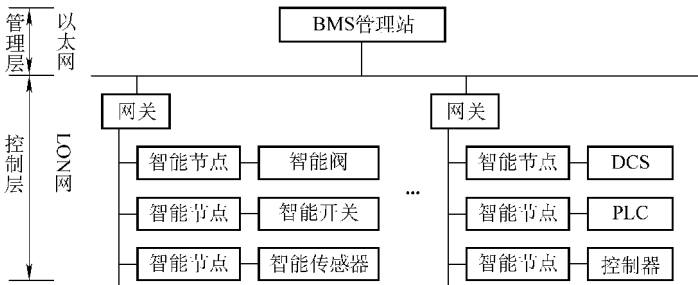


图 7-9 一种基于 LonWorks 的 BMS 集成方案

图 7-10 所示为一种基于 BACnet 的 BMS 集成方案。BACnet 许可的异种物理网

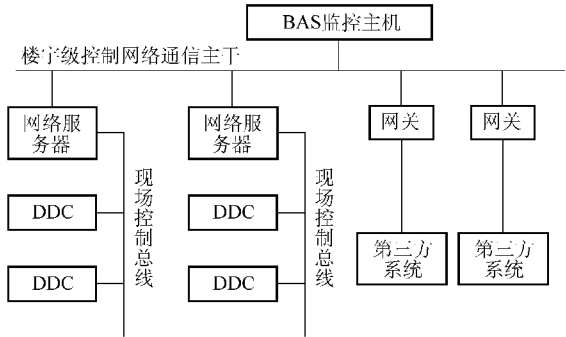


图 7-8 BMS 准系统模式

络之间可通过 BACnet 路由器实现互连，因此 BACnet 特别适合于智能建筑中不同设备监控子系统之间的互连集成，即 BMS 集成。

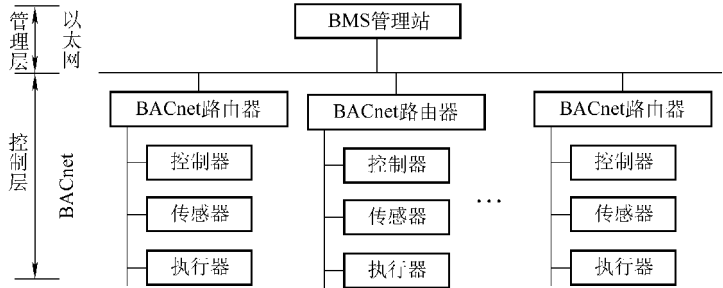


图 7-10 一种基于 BACnet 的 BMS 集成方案

值得注意的是，目前只是楼宇自控系统采用这两种协议，其他如安防、消防系统仍旧需要开发网关才能与楼宇自控系统互连。

3. 采用 10Base - T 以太网作为楼宇级通信主干网的模式

目前，新兴楼宇自控设备生产厂商陆续推出新一代网络服务器，由其组成的楼宇级通信主干为 10Base - T 以太网。采用以太网的特点是：标准统一，易于集成和扩展，且传输速率较传统系统大为提高；而且通过网桥或路由器，以太网还可以方便地与其他局域网或 Internet 互连，从而方便地实现远程通信和远程监控。

然而，这种方式对于大厦弱电系统集成是没有任何意义的。表面上看，消防系统、安防系统等上位管理主机通过以太网都可以和楼宇自动控制系统互连起来，但假设消防系统、安防系统的数据结构不开放，楼宇自控系统通过以太网仍旧读不到消防、安防两系统的任何实质性数据。

4. 采用数据库的模式

要实现真正意义上的弱电系统集成，只有两条途径：

1) 各系统厂商在主控制器级全部采用同一种通信协议（楼宇自控为网络服务器，消防、安防为主控制器），在同一网络等级上进行互连，使同层级网络上的不同子系统实现互通信、互操作和信息资源共享。

2) 在消防系统、安防系统和楼宇自控系统的基础上，建立更高一层的管理系统，通过网络通信技术和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集成管理和联动控制。

采用数据库的集成模式，其核心思想是允许大厦内各子系统任意组建自身控制网络，但必须保留上位管理主机。这里的“上位管理主机”，是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。每一个子系统的层级网络作为下层现场控制网络，再建立集成系统的上层管理网络。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，再将各子系统的“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”完成下层控制网络和上层集成管理网络之间的协议、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，都采用这种数据库的集成模式。例如，新加坡的通达国际公司推出了 I³BMS 的集成新模式，这是一种基于 Intranet 的浏览器/服务器模式，在 Intranet 环境中进行了 BAS、OAS 和 CAS 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。

7.3 系统集成的网络结构

通信网络的建设是智能建筑系统集成的关键要素，而智能建筑网络集成的关键又在于，要实现各种不同类型、不同结构的局域网之间的互连，构成一个开放式系统，实现各个基本要素之间的信息互通、互操作。

7.3.1 集成系统的总体网络

图 7-11 所示为智能建筑网络的总体结构，主要包括主干网络和各个局域网。其中主干网用来沟通计算中心主机与楼内或楼间各个局域网的联系，并实现与外界通信；而楼层局域网则是根据需求建立的各种用途的网络，可以在一个楼层设一个或多个局域网，也可以多个楼层设一个局域网，可以是相同类型的局域网，也可以是不同类型、不同协议的局域网。

1. 高速主干网

高速主干网覆盖建筑群中的各个大厦和一个大厦内的各个楼层。各楼层的局域网、中心主机及其他连网的办公设备，通过高速主干网连接成智能大厦的网络系统，并通过它实现与外界的连网。因而，对主干网的要求主要有：①覆盖范围大，连网距离要达几千米；②传输速率快，通常要求达到 100Mbit/s 以上；③可靠性高，以保障节点故障不会影响到主干网的正常工作；④要具有多种连网协议标准，如市场上较流行的标准局域网 IEEE802.3、IEEE802.5 等网络都能接入网络中。符合上述要求的高速主干网有光纤分布式数据接口（FDDI）网和异步传输模式（ATM）网。

目前国外比较流行的大厦高速主干网多为 FDDI 网。FDDI 网是一种高性能的光纤局域网，符合美国国家标准局 ANSI X3T9.5 标准，被国际标准化组织采纳为 ISO 9314 国际标准。它在连网的功能和性能上，由于采用光纤传输，抗电磁干扰，传输距离远（站间距离可达 2km，全网可跨越 100km），传输速率达 100Mbit/s，可以满足大多数数据传输的要求。它是一个双环结构，加上旁路装置，一个节点或一段链路出现故障时，并不会影响全网的工作。经过几年的发展与应用，FDDI 网的技术和产品都比较成熟，其网络节点设备一般由网桥、路由器和集中器构成。设计 FDDI 网时，究竟选用哪一种节点设备，要视具体情况而定。

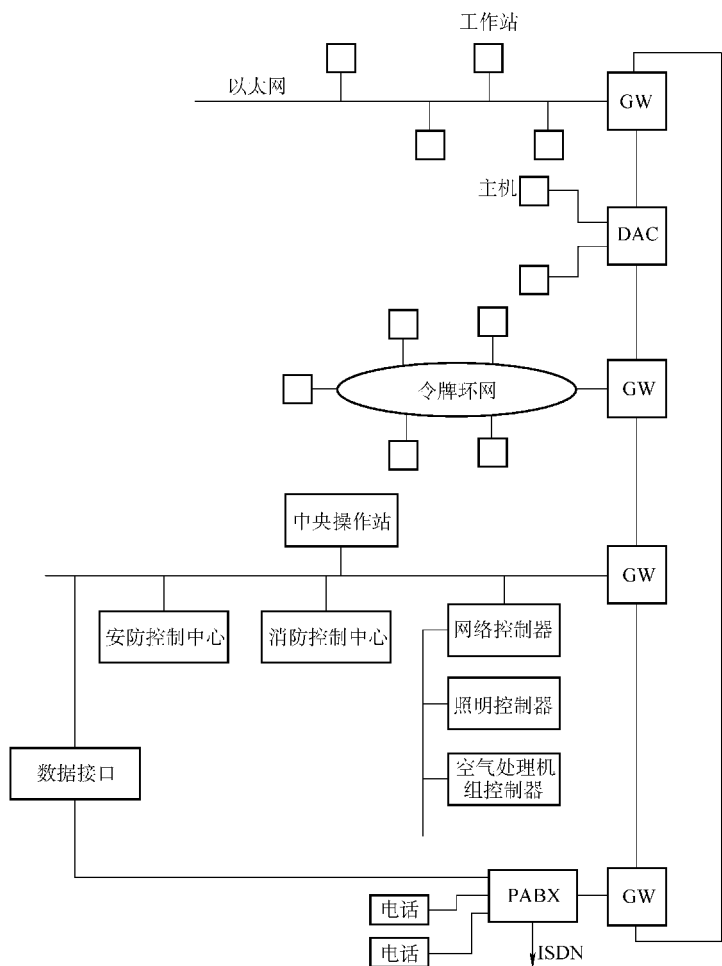


图 7-11 智能建筑网络总体结构

基于信元交换的 ATM 技术，目前处于网络技术的最前沿，是高速分组交换与异步时分多路复用技术的结合，采用交换式虚电路技术，也可以借助硬件实现多协议的通信与交换，提供低时延和高带宽的传输性能。带宽从 25Mbit/s，155Mbit/s 到 622Mbit/s，2.4Gbit/s，可以使不同传输速率的数据、语音和视频信息都可在一个网络内传输，能完全满足多媒体业务的数据传输要求，所以 ATM 技术不仅适用于高性能局域网，也适用于广域网。这些使得 ATM 技术成为 20 世纪 90 年代网络最理想的交换技术。但是，ATM 技术尚缺乏统一的标准和受考验的产品，投资也较大，也尚存在许多问题需要研究解决。因此，在 1991 年成立了 ATM 技术论坛，目前已制定了许多有关 ATM 技术的标准和协议。

目前，快速以太网和交换式快速以太网迅速发展，对 ATM 技术在局域网中的

应用形成了强大的竞争，应用快速以太网交换技术为核心组建局域网，成本低，实现容易，过渡方便，能满足当前一般单位需要。

当前，从传统局域网发展起来的 100Mbit/s 快速以太网有两大类：100Base-T 和 100VG-AnyLan。100Base-T 以 10Base-T 协议为蓝本，是 10Base-T 的扩充和改进，报文帧从 10Base-T 网段传送到 100Base-T 网段时不需要转换，两者容易集成。而 100VG-AnyLan 中的 VG (Voice Grade, 音频级)，表示使用音频级电缆，即采用非屏蔽双绞线作为传输介质，AnyLan 代表它能使用以太网与令牌环网的帧格式。100VG-AnyLan 是具有访问优先级的集线器，它建立在一个被称为“按优先级排队”的 MAC 层上，其作用是使集线器 (HUB) 有令牌传递的能力。

虽然，ATM 技术在局域网中的应用速度可能比原来预期的要慢一些，但 ATM 技术是今后发展方向的总趋势仍是不会变的。

2. 楼层局域网

楼层局域网并不局限于一个楼层，可以是需要互连的各个子系统，例如 BAS、OAS 等。由于用途不同，这些局域网的类型不同、结构不同，对通信的要求也不同，有些属于大厦的基础设施，如集成 BAS 的 DCS；有些属于租户的应用网络，如某个公司总部 OAS 包括生产、计划、销售、财务管理等。

设置局域网时，应根据应用目的、信息流量、访问服务器的频繁程度、工作站数以及网络覆盖范围等选择局域网的种类和配置。此外，对于局域网的设计，还应该重点考虑到以下几点：①将局域网作为相对独立的子网，要与主干网兼容；②子网可以包括若干局域网，用路由器、网桥等实现互连；③子网应有自己的网络管理和服

务。对于网上传输数据比较频繁而又量大的应用环境，一个局域网的站点数不能太多，否则会影响网络响应时间，在这种情况下，如果需要连网的站点数很多，可以分成几个网段，以提高局域网的运行效率，改善网络性能，目前大楼的局域网多采用 10Base-T 的以太网或可通过局域网交换机等办法将局域网分段。

此外，由于大厦布线多采用星形布线，所以局域网都是通过集线器 (HUB) 实现网络的星形连接，且为了便于局域网的管理维护和安全保密、与大楼的规范化布线统一，每个楼层的集线器都应集中放在干线旁的跳线间，以便网络的扩充与更改。集线器技术的发展很快，已经从第一代非智能型发展到第二代的智能型和第三代的模块化多协议型。在设计局域网时，如何选用集线器，要根据具体应用要求和投资经费选择合适的集线器；在要求可靠性和安全性特别高的场所，应选用高档的有网络管理功能，且能热插拔的集线器为宜。

在实际工程中，由于投资和技术等原因，智能楼宇中的网络结构设计水平受到限制，主要形成以下几种水平层次的楼宇自控系统的集成。

1) 由于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) 选某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，如图 7-12 所示。这种情况下的集成系统，也可以称为是基于局域网环境的系统集成。

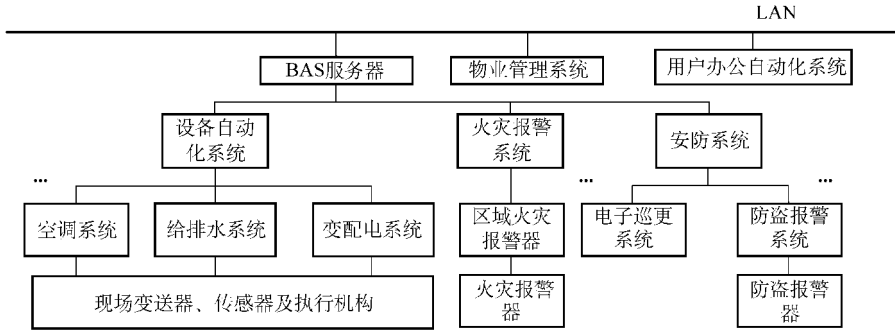


图 7-12 专用的客户机/服务器系统开发集成系统

4) 由系统集成商使用完全开放结构的浏览器/服务器模式进行系统集成，即基于 Internet 的楼宇自控系统智能化监控网络的集成开发，其各级网络及设备自动化系统的连接关系如图 7-13 所示。

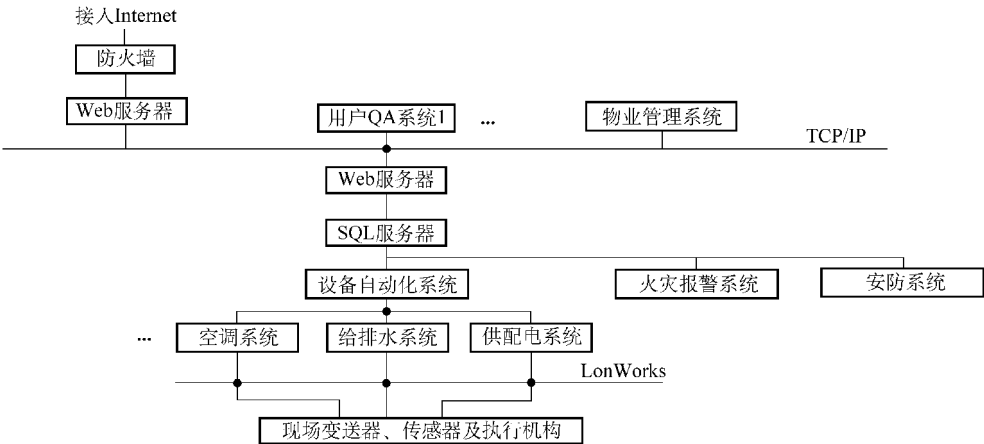


图 7-13 各级网络及设备自动化系统连接关系

选择以 Intranet 网络环境进行系统集成，集成后的系统具有以下优点：

- 1) 使用统一的浏览器界面，可以实时访问各层级网络的多媒体信息；
- 2) 由于使用了 TCP/IP，系统的开放性增强，并且由浏览器/服务器体系取代了客户机/服务器体系，整个系统结构简化，使用操作大为简单；
- 3) 远程实时监控/管理功能增强，远程访问数据库便捷；

4) 由于使用 Intranet 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。

3. 多网络互连方式

智能建筑中, 有多种网络并存, 如局域网、电话网、有线电视网和控制网络等, 为实现多种异构网络并存和协调工作, 主要方法是使用交换机、路由器、网关来互连异构网络, 实现各种不同的网络间的无缝连接, 使各种不同的网络终端能够方便地进行数据通信。此外, 还可以使用一些专门的技术来实现异构网络的互通, 如在局域网与全球分组无线业务 (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; 使用隧道 (PAD) 和 BACnet/IP 技术来实现 BACnet 网络和 Internet 的互连; 使用 LonWorks/IP 技术实现 LonWorks 网络与 Internet 的互连。

在多网络并存且互连的结构中, Intranet 可以包含在若干局域网中, 而不同的局域网将不同群组的办公自动化系统、安防系统和火灾报警系统连接起来构成 Intranet, 然后 Intranet 再利用路由器、网桥和防火墙等通过主干网接入 Internet。

由于使用了 Intranet 网络环境, 楼宇区域的监控管理的数据、信息可被分布在远程多个不同地点的浏览器实施浏览。集成系统中的楼宇系统监控站点的 Web 页面汇集了各子系统的实时信息资源, 并能实时响应各监控浏览器的服务请求, 传送其需要的数据、指令。各子系统的监控、管理集成在统一的浏览器界面下, 并实现信息共享与综合应用, 而集成后的系统中的各子系统不受集成的影响, 底层以实时监测和控制为主, 上层以监控为主。

4. 与外界连网互连方式

为与外界进行通信联系, 大厦管理部门应向电信部门申请电话中继线以及 X. 25 (公用数据网)、ISDN (综合业务数字网)、DDN (数字数据网)、VSAT (数字卫星网) 等接口, 而具体这些端口的数量应根据实际要求进行配置。通常, 大厦与外界连网互连的方式主要有以下两种:

1) 利用大厦内的计算机网络, 通过路由器与外界进行通信。路由器可以提供 ATM、DDN、X. 25 等接口, 互连方法如图 7-14 所示。

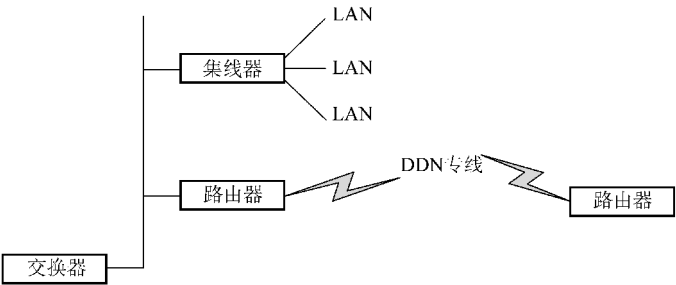


图 7-14 与外界网络互连方式

2) 通过电信局的交换机端口及光纤与外界互连, 光纤最大传输距离达 40km, 这也是邮电部门常用的一种方案。

7.3.2 基于现场总线的系统集成网络

随着网络技术的不断发展, Internet 正把全世界的计算机系统、通信系统逐渐集成起来, 建立起信息高速公路, 形成了公用数据网络。而现场总线技术的兴起, 改变了控制系统的结构, 使其向着网络化的方向发展, 形成了对人类生产、生活有重要影响的另一类网络——控制网络。

现场总线系统, 采用可进行简单连接的双绞线等作为传输介质, 把具有数字计算和数字通信能力的多个测量控制仪表连接成网络系统, 按公开、规范的通信协议, 在位于现场多个微机化测量控制设备间、现场仪表与远程监控计算机间, 实现数据的传输与信息交换, 实现了基本控制、补偿计算、参数修改、报警、显示、监控、优化及控管一体化的综合自动化功能。

现场总线作为控制设备之间实现数字通信的联系纽带, 把具有通信能力的测控仪表作为网络节点, 连接成开放式、数字化、多点通信的底层控制网络, 并通过网络将节点连接为控制系统。由于它位于网络结构的底层, 因而被称之为底层网 (Infranet)。在某些场合, Infranet 已成为现场总线控制网络的代名词, 具有开放的通信协议, 担负着测量控制任务, 是它作为网络系统最显著的特征。由于现场总线技术适应了控制系统向智能化、网络化、分散化的发展趋势, 显示出了强大生命力, 因此得到迅速发展, 成为控制领域的热点技术。

随着现场总线控制网络的进一步发展, 控制网络与数据网络的结合提上了日程, 为开放型、全分布式控制系统与网络系统的进一步开拓, 提供了新的领域。控制网络 Infranet 与因特网 (Internet)、企业内联网 (Intranet) 的连接, 使控制网络与数据网络融为一体, 控制信息汇入到数据网络中, 从而进一步拓宽了控制系统的范围, 丰富了网络系统的信息内容和应用领域。

1. 数据网络

数据网络是指在办公和通信等领域已广为采用的计算机网络、通信数据网络。这类网络的特点是: 数据通信量较大, 需要经常传送文档、报表、图形, 以及信息量更大的音频、视频等多媒体数据。

数据网络从最初的局域网, 进而由局域网间的互连逐步发展壮大, 最后导致了 Internet 的出现。而当企业看到 Internet 蕴含的巨大商业价值之后, 将局域网与 Internet 成功结合为 Intranet, 使数据网络的发展和应用进入到一个崭新的阶段。Intranet 又称为企业内联网或企业网, 它成功地结合了局域网和 Internet 的优点, 也可以看成是将 Internet 技术应用于局域网的产物, 即 Intranet 是基于 Internet 和 Web 技术的信息服务系统, 可以认为: $\text{Intranet} = \text{Internet} + \text{Web} + \text{信息技术 (Information Technology)}$ 。

Intranet 在技术上的优点，主要有以下几点：

1) Intranet 采用了 Internet 的通信技术，具有开放性的互连标准，能够提供强大的通信能力；

2) Intranet 采用浏览器/服务器（B/S）模式的 Web 技术，如图 7-15 所示，使用户可以动态地访问分布式网络数据库，信息共享的能力更加强大；

3) Intranet 还采用了身份认证技术、网络数据加密技术和防火墙技术，在 Intranet 和公共网之间添加了保护屏障，因此 Intranet 既保留了互联网的开放性，又具有 Intranet 抵抗外部信息侵袭的安全性和可靠性。

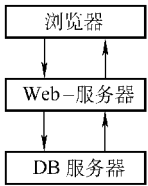


图 7-15 浏览器/服务器模式的结构

Internet 和 Intranet 的良好结合，为企业提供了一个数据、信息资源共享的环境，可以在完成企业内部管理的基础上，进一步加强企业同外部的信息交流，为企业创造更多经济效益。

2. 控制网络

控制网络是指用于完成自动化任务的网络系统。它的网络节点除了普通计算机、工作站外，更多的是具有计算与通信能力的测控仪表。这些自控设备分布在工厂、建筑和家庭中，用于生产和生活的各个方面。

楼宇自控系统的低层有许多控制设备，这些设备可能来自多个厂商，不同的测控设备可能组建多个相同或不同的控制网络，而不同控制网络使用不同的总线技术。在 Intranet 环境下，怎样将不同的现场总线控制系统进行集成，使之更有效地互连，成为一个协调运行的集成系统？答案是首先要解决通信协议的统一和转换问题，而基本的对策就是采用“网关策略”或协议策略。

所谓“网关策略”，就是应用网关转换通信协议，实现不同现场总线的选择，或开发最适于在本系统应用的现场总线，采用特定的通信协议构成低层控制网络。

例如，某一楼宇自控系统集成中，从功能层上划分，分为现场控制层、过程监控层和物业管理层；从网络层级上看，有现场控制网段和局域网网段。现场设备层中的现场控制设备，作为网络节点构成现场控制网段。在过程监控层中，由担任监控任务的工作站、计算机、控制器作为网络节点构成局域网网段。过程监控层，通过现场总线接口与由控制网段组成的现场总线网段相连。物业管理层，实现楼宇信息的集成和管理，其网络节点由高性能计算机、工作站、PC、服务器和数据库等组成，从而使得物业管理层可方便地与 Internet 相连。

在现场控制网段中，可能有 LonWorks 网段、FF 网段、HART 网段，CAN 网段、Profibus 网段等多种网段存在。同一种通信协议的网段之间可采用网桥、中继器连接，采用不同通信协议的网段用网关连接。目前，在楼宇自控系统中以 LonWorks 和 BACnet 两种总线技术应用最广泛，现在大部分的楼宇自控系统都是基于

这两种技术单独构建的。

3. 控制网络与数据网络的连接

在基于现场总线的控制系统中，控制设备具备了网络通信能力，通过现场总线网络连接成控制系统，把传统 DCS 中基于封闭、专用的通信解决方案，变成了基于公开化、标准化的解决方案。也正因为现场总线基于开放统一的通信协议标准，为控制网络与数据网络的连接提供了方便，因而对控制网络与数据网络的融合起到了积极的促进作用。

当传统的控制系统逐步走向 Intranet 时，便为构建 Internet - Intranet - Infranet 的网络结构，组成一个协调的整体铺平了道路。

图 7-16 所示为 Internet - Intranet - Infranet 的体系结构。Infranet 实现了与 Internet 和 Intranet 的互连，丰富了网络的信息内容，从而便于发挥出数据信息

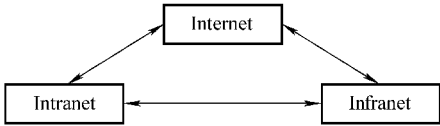


图 7-16 Internet - Intranet - Infranet 的体系结构

和控制信息的综合优势。

实现 Internet - Intranet - Infranet 的体系结构，对于人们的生产和生活将有重要的作用，如远程监控系统就是该体系结构在生产控制领域内的一个重要应用。国外许多公司在积极研究和开发远程监控系统，建立现场总线网络与 Internet 连接的一套标准，并尽可能地采用现有的 WWW 技术。将采集到的生产数据直接放到超文本标记语言（HTML）文档中，本地用户可以通过控制网络、局域网，实现了本地计算机对远程生产系统和现场设备的运行状况及各种参数的监视和控制，即远程用户可以通过 Internet 对生产过程进行访问，从而节省了大量的交通、人力费用。对于控制系统和现场设备的制造商来说，可以实现对自己产品的及时维护，并能对产品的性能进行及时的跟踪调查，以便进一步改进设计。此外，还可以根据需要在地区级的、国家级的，乃至世界级的监控中心，以便于大型生产企业对所属工厂的整体管理，从而提高经济效益。

随着控制网络操作系统的发展，控制网络和数据网络正在结合而逐步走向一体化。当控制网络中的操作信息和管理决策信息能更好地结合之时，网络系统的功能会得到更大发挥。Internet 的出现和迅速发展，已经为我们带来了极大的方便，它推动而且改变着我们的生产和生活方式。在未来的发展道路上，数据网络与控制网络的接合，必将给人们带来更加美好的生活，使人类走向更为发达的社会。

7.4 智能建筑系统集成要点

7.4.1 建筑设备自动化系统集成设计

建筑设备自动化系统（BAS）涉及多个相互关联的子系统，集成项目众多，并

且随着社会的发展、使用需求的提高、设备产品的更新换代，设备集成的内涵也在不断提高。然而绝大多数 BAS 工程的安防系统、消防系统、变配电系统、空调系统、冷/热源系统、给排水系统、照明系统、电梯系统与停车场管理系统都是不可缺少的，其相应的弱电监控、管理与集成系统也是必须提供的。

不同 BAS 工程的需求和经济承受能力是不同的，其区别主要表现在上述系统的性能指标不同，例如是否选用名牌产品以及对系统集成要求等方面，而不是子系统的多少。所以系统集成设计时，应当根据系统具体要求，量力而行。除 IT 行业自建、自用的办公楼等特殊情况下，一般工程子系统的性能指标不需要提得很高，应用时必须考虑经济回报率是否合理。

1. 冷/热源系统的集成设计

冷/热源系统除本身的合理设计外，监控与管理子系统及其相关集成系统的正确设计也是非常重要的。一般情况下，冷水机组或供热锅炉设备本身均配套提供弱电监控系统，这对保证设备的可靠运行是有利的，但是多数产品制造厂商并不提供与冷冻机（或锅炉）配套的水系统和风系统等部分的控制功能。因此，BAS 及其集成控制系统必须提供整个能源系统的联锁、程序、顺序与协调等控制功能。

为实现上述功能，可以采取多种通信手段，其中最常用的有两种方式：一种是集成控制系统提供与被集成冷水机组或锅炉等设备的直接数字控制器（DDC）来实现直接数字通信的集成器，通过该集成器可迅速、全面获取被集成设备的各种状态参数与过程参数，并可直接指挥设备的起动、停车，以及修改设定值与运行工况等功能；另一种是不另加任何计算机控制的装置，只要求被集成设备提供温度等主要参数，以及运行、故障、停机等基本信号，再通过集成系统的计算机接口直接读取集成所必需的信息，也可由集成系统向被集成系统发送各种控制命令。显然，利用集成器的系统通信变量丰富、集成功能完善、硬件工作量小，但软件工作量相对要大一些，而且价格较高，所以适用于集成要求标准较高的工程。然而，直接利用被集成设备或系统所提供的开关量与模拟量信号，以及集成系统直接向被集成设备或系统发出控制命令，无需数字通信设备即可完成信息的交互，价格较低，但信息量较少，管线施工量大，不宜提出高标准的集成要求。综合考虑我国的实际需求与进口产品的价格因素，暂时以后者更便宜和更便于实现，但是从科学技术发展角度分析，将来应以利用集成器方案为首选。

需要注意的是，在冷/热源系统集成设计中，尤其是冷水机组的功率大、耗能多，应充分重视节约能耗，通常在该系统中可通过冷冻机台数控制、级数（负荷）控制、冷冻机出水温度控制等多种手段来节约用电。

2. 空调系统的集成设计

在智能大厦中，空调系统数量多、地理位置分散，其监控很适合采用集散控制系统。而系统集成设计的基础是被集成的子系统设计的合理性，因此既不应提倡马

上采取传感器与执行器均全部数字化的全分布式控制系统,以节约投资,也不宜把两个或多个空调系统合并由一台 DDC 实行半集中控制,因为由此节省下的投资不足以补偿系统可靠性与可维护性的降低。由此可见,采用标准型式的集散控制系统设计是空调系统集成的良好基础。

智能建筑中,不同空调控制子系统服务于不同的楼层、不同的企业(或部门)和不同的空调对象,大多数子系统之间的控制任务不存在关联特性,所以缺乏集成的要求和必要性。大多数情况下,空调控制子系统之间并不需要具备点对点通信功能,但是空调系统在建筑物中的能耗很大,所以应将集成目标主要放在节能上。为此,除空调系统设计本身应避免空气处理过程中冷量与热量抵消,并提供良好的可控性外,自控系统应采取节能工况分区与自动转换、焓值控制、变风量、变设定值与变新回风等多种节能控制手段,努力实现节能优化控制,在满足控制需求的前提下,将最佳节能作为最优化控制的主要目标函数。为实现上述目标,其系统集成设计的特点,首先表现在通过集中监测与管理,向科学管理要效益,也表现在加强协调控制,力争全面节能。

大多数智能建筑均属民用建筑,其环境控制的主要目标是力求保证人的舒适性,即舒适度是控制的主要目标函数。通过对不同职业、不同年龄段、不同性别等不同人群的人流量调研与直接测试,起码有如下因素需要设计控制系统时充分重视:

1) 大多数人对温度变化并不十分敏感,温度在 $18 \sim 26^{\circ}\text{C}$ 范围内变化,一般人是可以接受的,如果将温度控制指标提高到在 $20 \sim 24^{\circ}\text{C}$ 范围内将更为舒服。当然,不同年龄段与不同人种对舒适度的要求不同,年轻人比年长者要求温度低一些;欧美地区比亚非地区冷,一般白种人要求的环境控制温度也低一些。为适应不同使用者的不同要求,控制系统允许的温度设定值调节范围应大于上述要求的变化范围,并保证在工作时段内达到上述指标。

2) 人们对室内人工环境中温度的控制目标值要求,还与室外气象条件有关。夏天室外温度很高时,提高室内温度的设定值接近上限;冬季室外温度很低,降低室内温度设定值接近下限,这样不仅节能,而且有利于健康与舒适。但是,当冬季室外温度突降并伴随大风时,反而要求适度提高温度设定值,除用于补偿通过门窗的热量泄漏外,也会使人感到更温馨、舒适。

3) 大多数人对湿度变化并不十分敏感,在 $35\% \sim 75\% \text{ RH}$ 范围内变化是可以接受的,如果将人工环境状态控制在 $40\% \sim 70\% \text{ RH}$ 范围内将更舒服。相对湿度太低,使人们感到口干舌燥;相对湿度太高,使人感到很闷,也不舒服,因此高标准的建筑应设置湿度控制系统。还需要说明的是,湿度控制与保证产品及系统安全运行是直接相关的。在智能建筑中的电子产品,无论是品种或数量都多,而且多数连网运行。当室内环境湿度低于 $30\% \text{ RH}$ 时,若工作人员的衣着或办公室内的地毯、

座椅等为皮毛或化纤等材料时，相互摩擦将产生高达几百伏以上电压值的静电，身带数百伏电位的工作人员一旦触及或接近产品，均可能发生放电现象，从而对 IC 芯片的安全构成致命威胁。因此，除在计算机房采取防静电地板等措施外，还应控制环境湿度在 35% RH 或 40% RH 以上。当然，相对湿度也不能过高，否则易产生氧化锈蚀等危害。

4) 上班时有人工作与下班之后无人工作时的环境温、湿度控制指标不同。上班时，应同时保证人们要求的舒适度与设备安全所要求的温湿度控制指标；下班后，只要求保证设备安全与通信系统能正常运行即可，控制指标下降，从而节省能量。

根据上述特点，空调系统若与办公管理系统实现集成，则可根据办公室的工作状态自动改变相应空调系统的运行工况，以达到节能运行的目的。

5) 在现代化建筑中，照明用电量很大，是空调系统冷负荷的重要组成部分之一。若通过集成技术，将办公状态及照明负荷状况与空调系统之间实现协调控制，则可大大节省能源。

6) 空调系统必须通过空气的运动来实现人工环境的控制，而在火灾事故情况下的空气的流通无疑是“火上加油”，不利于灭火。系统集成的重要目标之一是确保建筑物的安全性，因而在火灾事故状态下，相应区域的通风与空调系统应能自动停止运行。

3. 变配电系统的集成设计

高科技深入变配电系统后，出现了很多电子类新产品，传统的继电保护装置也迅速电子化，今日商品化的电子式继电保护装置性能优良，完全适用于智能建筑，但因价格偏高，暂时不宜大量推广。换句话说，短期内智能建筑的变配电系统仍可选用可靠、价廉的继电保护系统。但是，为了便于管理与系统集成，多数工程的变配电系统均需加装计算机监测装置，对关键的变压器及开关等设备的状态与系统的主要运行参数进行实时监测，并以此为依据进行能量管理。

变配电系统为整个建筑物提供正常运行所必需的电力，保证安全可靠供电是系统集成的主要目标。根据具体工程的功能需求，该系统分别设置不同的多路电源输入、后备发电机与 UPS，除保证它们相互之间的自动切换外，还应将全部运行状态实时反映至 IBMS 与（或）BAS 集成工作站，以便于全局的能量管理、计费以及在事故等特殊情况下的紧急处理。

4. 照明系统的集成设计

照明系统的耗电量极大，灯具发热又直接影响到智能建筑的其他功能，因此在系统集成设计中，均应在确保工作照度要求的前提下，力争最大限度地节电，例如照明系统应在一般办公区域做到人走灯熄。

照明系统与安防系统的关系也十分密切。用于电视监控系统的 CCTV 摄像头正

常工作的前提是必须保证足够的照度，因此照明系统的集成要求之一，是当工作区内出现非法闯入等事件后，应将相应区域，尤其是公共通道的照明自动打开，以便 CCTV 系统自动录像。在智能住宅的边界防卫系统设计中，往往提出在发生非常侵入时，自动打开聚光灯和自动录像等要求。

5. 电梯系统的集成设计

电梯是一种专业性很强的产品，又直接关系到乘梯人的生命安全，所以一般智能建筑的系统集成不直接干预电梯的实时控制。一般情况下，电梯的控制系统，除提供单个电梯的全套控制装置外，多台电梯的群控系统也由设备制造厂商配套提供。目前，国内外多数建筑的电梯系统很少全面参与弱电系统集成，经常在 BAS（或 IBMS）操作站加装电梯运行状态显示屏，该显示屏可以通过数字通信接口传送集成信息，也可以通过无源的继电器触点，相互传递系统集成所需的信息。

电梯系统与其他系统的集成要求，目前主要表现在建筑物发生火灾事故时，除消防梯外的全部电梯均应迅速驶至底层，并停止继续运行，直到火灾事故报告信号解除为止。

在较重要的电梯轿厢内，通常装有监视用摄像头，并接到 CCTV 系统，正常情况下，CCTV 系统与电梯系统分别独立运行；特殊情况下，如发生安全事件时，安防中心可以手动或自动干预电梯的正常运行程序。但是，上述集成要求应慎重考虑，不宜轻易推广。

6. 停车场的集成设计

出入控制与计费管理是必需的，但在具体功能指标上不要强求一致。

一般停车场多同时为长期（月租、季租）和短期（时租）两种用户服务，所以必须提供两种计费方式：长期用户用感应式 ID 卡或 IC 卡，寿命长，使用方便；短期用户用 ID 类的磁卡、纸卡，价格低。

目前，我国的停车场有两类管理方式：一种是停车场完全独立核算，独立运营；另一种是独立核算，但作为智能大厦或智能街区的一个组成部分。前者不需要集中收费，只需就地收费即可，也没有集成要求；而后者为了方便不同的用户，既需要对临时停车者直接收取停车费，又应允许长期的客户通过办公自动化系统直接划拨停车相关费用。实现电子商贸已是大势所趋，为此需要实现停车场管理系统与中央收费管理系统的集成。

7. 出入控制系统的集成设计

随着非接触式智能卡与 ID 卡技术的高速发展与价格的急剧降低，出入控制的应用已从大型智能建筑迅速普及至智能住宅小区。该系统除直接控制人流的方向外，其集成功能日益增强，通常可包括如下内容：

1) 兼作办公人员上下班考勤用；

2) 智能卡可支持在智能建筑中的消费，即在指定的建筑（或建筑群）中具有

“一卡通”的电子钞票功能，该消费范围包括住房、餐饮、娱乐、交通与停车费用等诸多内容；

3) 当发生消防事故时，除自动解除“出”方向的控制外，还将相应区域内人员状况迅速提供给消防系统，以保证事故区人员的生命安全，又能正确有效地实施灭火控制，将火灾损失减到最小；

4) 出入控制系统遭到非法侵犯时，除自动报警功能外，还应及时报告安防工作站与中央集成管理系统，以便采取自动打开灯光照明系统与自动录像等措施；

5) 发生严重安全事件时，通过公众网络自动向所在区域或城市的公安等部门自动报警。

8. 消防报警系统的集成设计

在我国，消防系统属公安部门负责的特殊行业管理范畴，所以任何集成设计都必须首先符合中国消防法及其相关行业管理的规定。但是，参照国外管理模式，为适应未来消防管理的进一步需要，在系统集成设计时应留有足够的发展余地。

当前，消防报警与控制系统必须独立运行，并设置专门的消防监控中心，任何其他系统都不允许直接干预消防系统的控制，但允许消防系统联动控制其他设备或系统，也允许将消防系统的某些工作状态参数提供给机电设备自动控制等系统，并进而实现各种集成功能。间接实现的系统集成功能可以包括：

1) 火灾事故发生时，除消防梯外，将其他电梯自动直接停在底层，并禁止使用；

2) 火灾事故发生时，自动切断事故区域及相关区域内的动力电源与照明电源；

3) 火灾事故发生时，自动关断事故所在楼层及下一层的通风与空调系统，当消防加压风机与排烟风机自动投入运行后，方可关断上一层的通风与空调系统；

4) 火灾事故发生时，自动启动相关区域的 CCTV 录像系统；

5) 火灾事故发生时，除自动启动紧急广播系统与事故照明系统外，将客房中的电视机屏幕显示强切到消防事故报警状态火区，并指示逃离方法与路线等，此外还可以通过 CCTV 系统，即在电视机屏幕上警告旅客迅速逃离火区；

6) 火灾事故发生时，通过公众电信网或专门网络迅速向城市消防部门报告，以便及时组织力量灭火；

7) 火灾事故发生时，通过公众电信网或专门网络迅速报告至城市交通管理部门，以便为消防车尽快抵达创造良好的交通环境；

8) 火灾事故发生时，通过公众电信网或专门网络迅速报告至城市公安部门，以便及时调查原因，搞好现场安全环境和做好善后处理。

BAS 的其他子系统均需根据实际工程的需求，进行各种不同的系统集成设计，此处不再一一叙述。

7.4.2 通信自动化系统集成设计

随着电信业的飞速发展,各种现代化的通信技术、通信产品与通信系统迅速进入各种智能建筑,并且由于升级换代很快,从而为通信自动化系统(CAS)的集成设计带来较大困难,其设计要点主要包括以下几点:

1. 充分考虑发展性

智能建筑的CAS所选用的大多数产品均属于IT行业的最新技术范畴,信息行业的技术更新周期最短,因而没有任何人可以确切预知三五年以后的发展情况。但是,很多工程的建设周期长达2年或更长,这就必然导致工程设计与最后实施系统间不可避免地存在着差异,因此优秀的工程设计必须充分考虑信息系统的发展性。

实际上,在设计实施方案时,应在建筑生命周期内为CAS的不断升级做好准备,掌握当前CAS最新技术,全面考虑商品化高新技术的应用等问题。

1) 应立足于国内目前通用的模拟系统,为将来数字化技术普及应用准备好条件,同时也应对暂时不设置点播电视(VOD)系统的建设创造出将来增强功能的可能性。

2) 在设计计算机网络系统时,一般主干网多采用带冗余功能的吉位交换式以太网,而到用户的PC终端多数仍选用10Mbit/s交换式以太网,但在子交换机配置时,应充分考虑提升至100Mbit/s的可能性,对可能很快升级的可采用10/100Mbit/s自适应接口,并具有实现虚拟局域网(VLAN)划分的端口交换能力。此外,未来多媒体信息传输将越来越广泛地得到应用,尤其在设计综合布线系统时,必须考虑到多媒体应用对传输带宽提出的更高要求。

3) IP交换技术等已发展到成熟应用阶段,网络系统设计应突破传统路由对技术的束缚,尽量采用或创造采用多层交换等新技术的条件。当今大多数智能建筑中企业网络都已建成、实施TCP/IP和Web技术的企业内联网,用户的数据往往需越过本地网络并在网间传送,从而将大大增加路由器的负担。为解决上述矛盾,通常多采用两种技术手段:一种是安装性能更强的超级路由器,然而它的价格却使多数投资者望而却步;另一种是利用IP交换,即在源地址与目的地址之间开辟一条无需经过路由器的直接通信渠道,它使用第三层路由协议确定传送路径,使数据包通过一条虚拟电路而绕过路由器实现快速发送,而不像传统路由技术那样,在每个交叉口都要计算一下,以便决定下一步往何处去。IP交换技术类似主干网上的直通车,可提供比路由器强10倍的转发能力。

2. 逐步实施

CAS集成设计应遵循“长远高标准规划,分步实施”的原则。

大多数建筑均属房地产开发项目,不同使用者的需求差异将很大,因此对CAS集成系统的需求是十分不明确的。根据对国外现有智能建筑的调研可知,IT行业比其他行业对信息的需求更迫切,其中网络公司要求最高。需求的差异,给设计工

作带来巨大的困难，如果按最高标准设计 CAS 集成系统，则初次投资高，运行费用高，物业管理费用也高，显然只有网络类的公司认为是合理的，而大多数非 IT 行业的用户必然认为不需要那么高的标准，也不愿支付太高的运行管理费用。如果完全按较低标准设计，投资与成本降低，物业管理费用也降低，但从信息点密度、传输带宽与信息服务环境等方面分析，可能无法满足多数 IT 行业的需求，结果使网络类公司远离该建筑。

3. 充分利用公众网络资源

在市场需求迫切的驱动下，中国的公众网络品种齐全，发展速度很快，中国电信、有线电视与计算机三大网络的规模与功能已相当强大，且随着规模的迅速扩大，网络资源不断丰富，其增值服务内容也以空前的速度增长。因此，充分利用公众网络资源将是智能建筑 CAS 集成系统设计的重要原则之一。应该说，上述网络资源既包括硬件系统，也包括软件，尤其是服务功能。

4. 无线局域网具有相当大的市场潜力

无线局域网是指采用无线传输介质的计算机网络，它结合了最新的计算机网络技术和无线通信技术，是有线局域网的延伸，使用无线技术发送和接收数据，减少了用户的直接连线需求。此外，无线局域网还具有独特的移动功能，使得计算机在移动过程中仍能保持与对方的通信，而不用再重新登录、连接。由于无线局域网和移动计算网络具有高数据传输速率、高安全可靠性和使用、安装灵活，以及能与现有的有线网络兼容等特点，所以它们在现代计算机通信网中占据了很重要的位置。

移动通信是现代通信技术中不可缺少的部分，它的最终目标是实现全球个人通信，即真正实现在任何时间、任何地点、向任何用户提供移动通信服务。第一代移动网是模拟通信系统，但模拟通信网的多址方式只能采用频分多址（FDMA），即一个载波传一路语音，但随着移动通信业务量的急剧增加，模拟通信网面临着容量不足的压力。数字通信可采用时分多址（TDMA）和码分多址（CDMA）两种方式，即一个载波可以传送多路语音，使其频谱利用率比模拟通信提高了很多。在移动通信网中，由于移动台的移动，使得接收机收到的信号存在由于传播造成的时间延迟，这就要求 TDMA 系统中的每个基站和移动工作站在发信后所留的保护时隙大于最大传播时延，而且多径干扰也限制了 TDMA 系统的最高传输速率。CDMA 系统采用的是扩频技术，具有抗干扰、抗多径和适用于精密测距等优点，可以解决 TDMA 系统所不能解决的上述问题。在 CDMA 系统中，所有的用户共享一个无线信道，不同用户使用不同的码字，当蜂窝通信系统的负荷满载时，再增加少数用户，也只会引起通信质量的轻微下降，不会出现阻塞。此外，采用 CDMA 方式时，在系统的管理与控制方面能带来许多好处，例如当移动台越区切换时，由于相邻小区使用同一个 CDMA 无线频道，只需按区改变相关码字，而不用转换频率，即可实现“软”越区切换。

无线网络是支持移动用户的计算机网络，具有网络功能，能实现资源共享，具有各种网络服务功能。在移动网络环境下，主机可能同一子网中移动，也可能在不同子网中移动（即漫游服务）。在移动环境中，用户的工作环境（文件系统、管理系统、运行中的应用程序等）要保持不变，并且不能中断当前所进行的计算或处理，这就要求通信系统中的硬件设备和网络管理等都能够有相应的处理方法，以保证用户的正常通信。

5. 为 IP 等新技术的推广应用创造良好环境

信息技术在高新技术之中是发展最快的，其未来的发展模式很难预料。IP 技术最初只限于少量计算机所构成的小型网络，其设计思想不同于传统电信网络设计思想，突出“端到端”思想，强调网络仅提供端到端的连接，所有增值服务功能都由终端而不是由网络来完成。IP 交换的目标是，只要在源地址和目的地址之间有一条更为直接的第三层通路，就没有必要经过路由器转发数据包。IP 交换使用第三层路由协议确定传送路径，此路径可以只用一次，也可以存储起来，供以后使用，之后的数据包可通过一条虚拟电路绕过路由器快速发送。传统的路由技术在每个交叉点都要计算下一步应往哪个方向走，IP 交换技术则像直通车，只需一开始知道目的地是哪里就行了。当今，路由器一般每秒处理 50 ~ 100 万个数据包，IP 交换技术则提供比路由器强 10 倍的转发能力。

在局域网环境中，由于吉位以太网的崛起，ATM 的优势不复存在；而在广域网领域，ATM 则又受到来自帧中继技术的竞争。近几年来，随着因特网的广泛延伸和因特网应用的迅速普及，还由于因特网终端——计算机功能的进一步增强，IP 在逐步统一局域网和桌面系统之后，又开始向 ATM 的地位发起挑战。IP 行业利用 ATM 技术来提高传输速率，ATM 具有承载 IP 的能力，又可借以拓展其应用领域，目前 IP 与 ATM 技术的融合已变为现实。

IP 技术顺应了计算机不断普及与功能越来越强这一趋势，且随着 PC 应用的扩展而逐步扩大，Web、电子贸易甚至 IP 语音等应用，不断地推动着 IP 领域的不断扩大。由于 IP 可以实现广泛互通，甚至还可承载其他协议，即将其他协议的数据包封装在 IP 包中，甚至可实现任意的异构网络之间通过 IP 的互连，（everything over IP）。具有广阔市场应用前景的 VPN（虚拟专用网）技术是采用 IP 协议来承载并实现互通的。这是利用公用因特网来建立安全的企业内部网的一种应用。最近几年，POS（Packet Over SDH，同步数字打包）技术发展很快，更使得 IP 技术如虎添翼。采用 IP over SDH 和密集波分复用（DWDM）技术可以大大提高 IP 链路的带宽，具有极高的性价比，为 IP 进入更为广泛的应用领域铺平了道路。

当今，人们对 IP 技术的发展前景已基本达到共识，即 IP 将统一其应用平台，每一种网络都具有自身的性能特点、应用价值与适用范围。对未来网络的发展趋势，必定是将多种业务融合在已存在多年的公众电信网中，并进一步加以完善与发

展, ATM 位于核心, 作为底层传输技术; 帧中继和 IP 作为较低速的接入; IP 则可集成网络的应用功能。从智能建筑的特点分析, 设计者应给予 IP 技术以及智能交换路由器 (SSR) 及其第四层数据流交换的实现等新技术的应用给予充分重视, 并创造良好的实现环境。

6. 迎接“三网合一”与“Internet 规范发展时代”的到来

“三网 (电信网、计算机网和有线电视网) 合一”的技术难题已经解决, 虽然存在诸多的管理问题, 但其未来发展必然走向多媒体方向, “三网分离”的时代必将结束。在工程应用中, 只有成熟的技术才能被社会所接受, 正在完善之中和尚未协调好管理部门间关系的技术是无法马上实施的。但是, 如果完全不考虑将来实现“三网合一”的可能性, 尤其在智能住宅的弱电系统设计中很可能造成未来 CAS 集成应用的困难。因此, 智能建筑 CAS 的集成设计必须立足于当前, 同时又能适应未来发展的需要。

7.4.3 办公自动化系统集成设计

办公自动化系统 (OAS) 是直接面向智能大厦的使用者的, 更必须坚持以人为本的总原则。要面向对象, 而对象的需求差异很大, 因而 OAS 的构成与系统集成设计往往千变万化。目前, 在设计 OAS 集成时, 应重视如下问题:

1. 全面分析系统的特性

系统是由相互作用、相互依存、相互制约的若干单元组成的有机整体, 该整体与其外部环境实时发生交互作用, 具有与其组成单元密切相关, 并表现为该系统所特有的性质和功能。系统随其目的、任务、构成等因素的不同而不同, 就管理系统而言, 均需重视下列几方面的特性:

(1) 组织性 任何系统均是若干单元的有组织集合, 组织性体现在其内部各组成单元之间的相互联系、相互作用、相互依存、相互制约, 而各单元的相互关系决定了系统的结构、特性和参数, 影响系统的内部状态、整体性质和外部功能。

(2) 整体性 系统是由很多单元所构成的整体, 系统的整体性质和功能不同于单元的局部性质和功能。各单元的性质和功能制约着系统的性质和功能, 但系统的整体性质和功能不是各单元的性质和功能的简单集合。在各单元性质和功能一定的条件下, 系统的整体性质和功能取决于系统的结构、参数及集成模式。

(3) 相对性 系统是有边界的, 并相对于其外部环境而存在。环境是系统存在、变化与发展的外部条件, 系统与环境的相互作用与相互影响, 实现了信息、能量与物质的交互, 体现出系统的特性和功能。系统对环境的作用和影响, 称为系统的“输出”; 环境对系统的作用和影响, 称为系统的“输入”; 系统的输入—输出特性, 称为系统的外特性。

(4) 层次性 系统的概念具有层次性, 在不同的层次, 需要用不同的方法与手段进行系统分析。系统和单元的概念不同, 一个大的系统可根据层次性分为子系

统、子系统，系统集成必须解决好层次性问题。

智能建筑中的 OAS 属于管理系统，它是现代管理科学与系统科学相结合的产物，是通过管理活动，以实现管理目标和功能的系统。OAS 不仅具有上述一般系统的共性，即组织性、整体性、相对性、层次性，还具有下列特点：

(1) 目的性 OAS 是以实现管理目标为目的的系统。通常，管理系统的目标是多样的，如优质、高效、低耗、节能、低污染等。在某些情况下，可将多目标问题转化为单目标问题，即将效率、质量、产量、消耗、能耗、利润等目标中的某一项作为主要目标，而将其他目标作为约束条件，如企业往往将最大利润作为主要目标。

(2) 综合性 OAS 的功能是综合性的，通常包括预测、规划、优化、决策、指挥、组织、监控、协调等功能中的一项或多项。管理系统运用综合管理功能，可实现多种管理目标，以产生优质、高效、低耗、节能等多方面的经济效益、社会效益与环境效益。

(3) 主动性 OAS 都是主动系统，人具有主动性、积极性、灵活性、创造性，是管理系统中的主动单元，包含有主动单元的系统，称为主动系统。管理系统需要决策人、领导人、管理人员、调度人员、操作人员等。管理系统重要作用之一在于如何发挥人的主动性，以提高功效。

(4) 递阶性 现代管理系统常采用递阶结构，即采用集中管理与分散管理相结合的多级递阶管理体制。

(5) 开放性 管理系统应是开放系统，而不是封闭系统。管理系统需要与其外部环境进行信息、能量或物质的交互作用。任何管理系统都需要了解国内外市场行情、经济形势、社会需求、技术发展、环境影响、政策法规等各种信息，也需要疏通物料、能量、产品等的国内外供销渠道，还需要与社会各界进行人才交流，引进企业所需的各种技术、经济、管理人才等。为达到上述目标，必须使系统成为开放的、发展的、进化的。

在智能建筑的系统集成设计中，应普遍遵循上述原则，而 OAS 的系统集成设计因其包含更多的主动单元，应给予更多的重视。

2. 重视管理方法

管理方法是实现管理功能、达到管理目标的手段和工具，重视管理方法是优质完成 OAS 及其系统集成设计的关键之一。现代管理系统，要应用管理科学、系统工程、系统科学、计算机科学、信息技术、自动化技术及人工智能等高新技术进行科学管理，以提高管理现代化水平。在管理系统中，常采用如下先进的管理方法和技术：

(1) 分析方法 应用管理科学和系统工程方法，进行系统分析，提出管理目标，明确管理任务，其中包括定性、定量指标和静态、动态分析。

(2) 预测方法 应用人工智能方法, 建立预测专家系统; 应用计量经济学方法, 建立预测数字模型等, 以实现对市场行情、经济形势、技术发展等内容的预测。

(3) 规划方法 应用运筹学的线性规划、非线性规划、整数规划、动态规划等方法, 制订企业总体发展规划、生产调度计划等。

(4) 优化方法 建立管理过程的各种动态或静态管理数学模型, 采用相应的动态或静态优化方法, 求得各种管理问题的最优解, 其中包括最优规划、最优决策支持、最优库存、最优调度方法等。

(5) 决策方法 应用决策论、对策论方法, 建立决策支持风险分析; 采用决策分析专家系统提供决策咨询顾问, 建立决策支持系统 (DSS), 对管理过程进行全面监控, 为管理活动提供信息服务。

(6) 组织方法 应用计划协调等系统工程方法和组织管理技术, 有助于人力、物力、财力的合理分配、使用和有效、及时的调度, 以提高管理工作效率, 并获取更大的管理效益。

(7) 评审方法 根据管理目标和任务, 采用专家评审与计算机辅助估算等方法, 对管理活动过程的结果和效益进行评价。评审内容包括系统的经济、技术、社会、环境、效益以及人、财、物的状态, 也可针对产、供、销情况进行综合评审。

(8) 协调方法 应用多变量协调控制理论和大系统控制论的方法, 对管理活动的全过程, 进行多目标、多因素、多阶段、多层次的协调, 实现管理系统的整体协调与全局优化。

3. 创造进一步实现智能化的良好条件

以出租或出售为目的的智能建筑与自建自用的智能大厦相比, 在功能需求、投资强度等方面存在很大的差异, 但是无论哪种类型的智能建筑, 都必须与建筑物同步建成事务型 OAS, 否则将直接影响其基本功能。实质上, 这种事务型 OAS 仅仅是一种辅助秘书等人员工作的计算机辅助管理系统。随着用户对办公信息处理需求的不断扩展和提高, OAS 将进一步发展成为办公信息系统 (Office Information System, OIS), 这里将不仅要满足面向秘书的低层次的事务处理, 还能够提供面向领导者的信息服务、决策支持、专家咨询等服务。

在 OIS 功能向全方位拓展的同时, 其智能水平也将得到相应的提高。20 世纪 80 年代以来, 随着人工智能的发展, 以及各种新型自动办公设备的开发与应用, 促进了 OIS 向智能办公信息系统 (Intelligent Office Information System, IOIS) 的发展。上述系统代表性的成果是专家咨询系统为领导者提供咨询服务; 应用文字、图像、声音模式识别与多媒体技术, 并与计算机网络密切结合, 为办公室提供电子邮件、图文识别、可视电话会议等多种功能。

为了弥补 MIS 和 OAS 存在的缺陷, 又引出了决策支持系统, 其主要目的是提

供高层次的决策支持，求解非结构化、半结构化管理问题；利用模型库、数据库等技术，进一步扩展决策者与计算机间的人—机交互功能。决策支持系统的进一步发展，将形成智能决策支持系统（Intelligent Decision Support System, IDSS），其特点是，不仅可及时地为决策者提供信息咨询服务，而且能够进行决策分析、方案制订、风险预测、效益评估与决策优选。

在大型企业的自用办公大厦中，对 BAS 的集成系统功能要求较高，往往需要同时建成 MIS，甚至包括初级的 IDSS。但是，在一般出租与出售型建筑中，近期通常不要求提供上述高级系统，但也必须在完成事务型 OAS 设计时，充分考虑到向高级智能化系统升级的可能性。

4. 充分重视安全性

因特网的发展涉及到各行各业，并深入到社会的各个角落。信息电子化、商贸电子化、娱乐电子化等最终都要通过 OAS 实现，信息将具有空前的价值，网络的安全与 OAS 的安全性显得空前重要。

目前，OAS 的安全性尚未受到足够的重视，由于投资不足，使政府办公系统、公共事业办公系统及企业办公系统安全性均存在较大漏洞或缺陷。OAS 集成设计必须充分重视安全性，应严格避免将各子系统的安全隐患叠加到整个系统中。为此，从操作系统、安全软件到系统集成软件都应按工程性质不同，分别给予恰当的安全性处理。

第 8 章 智能建筑自动化系统工程案例

某大厦为一大规模综合型商用楼宇，主要租赁给一些跨国大公司，因此要求智能化的系统配置为其各自需求提供最大程度的方便。同时，大厦的管理者会根据大厦不同的管理性质将其细分为物业管理、安保管理、信息管理等部门，因此智能化的系统配置同样应根据各部门不同的需求成为一个有效的管理工具，通过现代化的管理手段对大厦的运行提供高效率的管理。

针对上述大厦的功能要求，该项智能化系统工程基于系统集成 IBMS 平台，工程设计主要包括建筑设备自动化系统（BAS）、安全防范自动化系统（SAS）、火灾报警及消防联动控制系统（FAS）、通信自动化系统（CAS）和办公自动化系统（OAS），几乎涵盖了智能建筑的全部系统功能，对研究智能建筑系统设计是比较有代表性的案例。

8.1 概述

8.1.1 设计原则

本大厦的智能化系统工程设计，贯彻国家关于节能、环保等的方针政策，在满足大厦各项功能管理和使用要求的基础上，努力做到技术先进、经济合理、实用可靠，且具有可扩展性、开放性和灵活性。

1. 实用性

系统设备配置应根据大厦的规划和总体设计，在保证系统可靠性、先进性的同时，应本着经济、实用、合理的原则，从实际功能需要出发，注重性价比。

2. 先进性

系统设计采用技术成熟、性能先进的中高档产品，在一些重要的设计上，富有设计新意、突出亮点；可支持数据、语音、视频多媒体的传输，在技术上采用先进、成熟的网络技术来满足目前和未来发展的网络应用需求；同时保证大厦的智能化应用在建成投入使用时具备先进性，并且在以后的至少 10 年内保持国内领先。

3. 可扩展性和开放性

各子系统的设计围绕大厦智能化综合管理平台，采用标准的通信协议和接口，实现一定程度的集成，并且随着信息化的不断发展和应用水平的提高，网络中的数据和信息流会呈指数增长，因此需要网络具有很好的可扩展性，且能随着技术的发展而不断升级。

4. 安全性和可靠性

1) 各子系统设计具有高度的安全性、可靠性和稳定性,且与专业流程关系密切的系统具有高度的保密性。

2) 设计中涉及到的设备,均采用高可靠性设计,且重要设备均具有冗余备份。

3) 网络设计具有良好的安全性,通过各种网络安全措施,确保对网络资源的访问,并实现有效的安全策略,以保证系统的安全性。这里主要考虑以下几个方面:

① 设备的安全性,即系统所用设备、器材的安全性指标均符合相关产品标准规定的安全性能要求;

② 操作人员的安全性,即系统的设计应本着“以人为本”的原则,所用设备或系统的任何部分具有足够强度,防止可能对人员的伤害,并采取防触电保护等措施,以确保所用设备不能损害人身健康;

③ 信息安全性,即系统设置操作密码、操作等级和控制权限,保证系统运行数据的安全,同时信息传输采用可靠的防火墙措施,以防止信息网络病毒和黑客入侵;

④ 防破坏性,即系统具备断线、短路和并接其他负荷时的报警功能;系统有自检功能,具备故障报警、失效报警功能;传输线路的出入口线隐蔽,且有保护措施。

5. 兼容性

(1) 设备兼容性 系统设计除规划近期的实施方案外,还应考虑中远期的扩展和发展规划,不同类型的产品均容易集成,使整个智能化系统可以随着技术的发展而不断得到充实和提高。

(2) 电磁兼容性

1) 系统所用设备、线缆的抗电磁干扰能力均符合 GB/T17626《电磁兼容》相关等级的要求,布线和进出线端口的设置、安装、接地等均应符合电气安装规范要求。

2) 传输线路的抗干扰能力,包括电力系统与信号传输系统的线路分开敷设;信号电缆和电力线平行或交叉敷设时,其间距不得小于 0.3m;信号电缆的屏蔽性能、敷设方式、接头工艺、接地要求等均符合 GB J42—1981《工业企业通信设计规范》的要求。

3) 电磁骚扰,包括设备外壳开口尽可能小,开口数量尽可能少;系统中的无线发射设备的电磁辐射频率、功率,非无线发射设备对外的杂散电磁辐射功率,均符合国家现行有关法规与技术标准的要求。

(3) 独立性 智能化各子系统具备独立工作的特性,设计过程中的各重要子系统可以分别自成系统,既能与其他各子系统顺畅通信,同时在某子系统出现故障

或意外情况时，不影响其他子系统的独立或连网运行。此外，设计中还应充分考虑系统的软、硬件资源的预留。

(4) 标准化 根据系统总体结构要求，各子系统采用标准化、模块化设计，易于管理和维护；系统采用开放型网络，支持各种协议的互连；选用符合国际标准的系统和产品，保证系统具有较长的生命力和扩展能力。

(5) 易管理和易维护性 完善的网络管理是一个网络成功的重要保证，而能否建立起统一的网络管理平台，对于简化管理程序、提高管理水平是至关重要的。整个网络系统的设备、安全性、数据流量、性能等应得到良好的监视和控制，且可以进行远程管理和故障诊断。

8.1.2 系统构成

本大厦的智能化系统工程可大体分为建筑设备自动化系统（BAS）、安全防范自动化系统（SAS）、火灾报警及消防联动控制系统（FAS）、通信自动化系统（CAS）和办公自动化系统（OAS）几部分，具体各子系统设计包括以下内容。

1. 建筑设备自动化系统（BAS）的设计内容

- 1) 暖通空调控制系统；
- 2) 给排水系统；
- 3) 变配电系统；
- 4) 照明系统；
- 5) 电梯系统。

2. 安全防范自动化系统（SAS）的设计内容

- 1) 电视监控系统；
- 2) 入侵报警系统；
- 3) 出入口控制系统；
- 4) 在线电子巡查系统；
- 5) 停车场管理系统。

3. 火灾自动报警及消防联动控制系统（FAS）的设计内容

- 1) 火灾自动报警系统；
- 2) 消防联动控制系统；
- 3) 火灾紧急广播系统；
- 4) 消防直通对讲电话系统；
- 5) 火灾应急照明系统。

4. 通信自动化系统（CAS）的设计内容

- 1) 综合布线系统；
- 2) 通信系统；
- 3) 信息网络系统；

- 4) 有线电视系统;
- 5) 智能会议系统。
5. 办公自动化系统 (OAS) 的设计内容
 - 1) 物业管理系统;
 - 2) 公共信息服务系统;
 - 3) 智能卡应用系统。

8.2 建筑设备自动化系统设计

建筑设备自动化系统采用集散式网络结构,由上位计算机、网络控制器、现场控制器 (DDC) 和现场测控设备构成,通过该系统的这些设备,对大厦的空调冷/热源系统、空调水系统及空调通风系统、给排水系统、照明、变配电、电梯等系统和设备进行监视及节能控制,现场控制器 (DDC) 采用总线方式传输,所有 DDC 均可连网运行,DDC 控制箱的电源引自就近强电控制箱。

8.2.1 基本功能

1) 具有良好的人机交互界面,具有对设备配电控制箱的手/自动状态监视、起停控制、运行状态、故障报警,温湿度检测、控制及相关的各种逻辑控制等功能,且具有历史纪录、统计、图形打印等辅助功能。

2) 满足对设备管理的管理需要,实现数据共享,可生成节能及优化管理所需的各种相关信息分析和统计报表。

3) 共享所需的公共安全等相关系统数据信息等资源。

8.2.2 暖通空调控制系统设计

1. 空调机组

图 8-1 所示为双风机空调机组的监控原理图,具体监控内容包括送/回风机起/停控制、状态显示、故障报警和手/自动转换开关状态以及风机压差检测信号;送风温湿度测量;过滤器淤塞报警和低温报警;根据送风温度调节冷水阀、热水阀开度;对带加湿功能的空调机组进行加湿控制;回风温湿度测量;新风、回风、排风阀门调节;风机、风门、调节阀之间的连锁控制。

2. 新风机组

图 8-2 所示为新风机组的监控原理图,具体监控内容包括送风机起/停控制、状态显示和故障报警、手/自动转换开关状态以及风机压差检测信号;送风温湿度测量;过滤器淤塞报警和低温报警;根据送风温度调节冷水阀、热水阀开度;对带加湿功能的新风机组进行加湿控制;新风阀门控制;风机、风门、调节阀之间的连锁控制。

3. 送/排风系统

图 8-3 所示为送/排风系统的监控原理图,具体监控内容包括按设定时间自动

4. 冷水机房控制

按照空调专业的工艺要求，对冷水机组、冷冻泵、冷却泵、冷却塔、阀门等进行自动监控，使设备的动作实现自动、手动功能，符合顺序起停的要求，监测设备的运行状态，实现故障报警。根据当地的气候情况，按照空调设计参数对设备运行参数进行设定，冷水机房监控系统实现信号上传，但建筑设备管理系统对其只监不控。

冷水机房监控系统上传信号主要包括：①制冷系统的运行状态显示；②故障报警；③起停程序配置；④机组台数或群控控制；⑤机组运行均衡控制及能耗累计；⑥冷冻水供、回水温度；⑦压力与回水流量；⑧压力监测；⑨冷冻和冷却泵及冷却塔风机的状态显示；⑩过载报警；⑪冷冻和冷却水进出、口温度监测等。

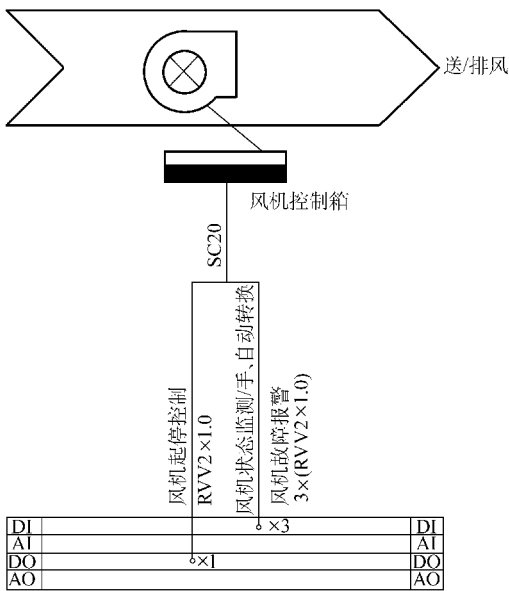


图 8-3 送/排风系统的监控原理图

8.2.3 给排水系统设计

图 8-4 所示是给水系统的监控原理图，其具体功能包括：①监测水池的超高/超低液位状态，并及时报警；②监测生活水泵的运行状态、故障报警，提示定时维修；③自动控制变频器的电源、故障及管网压力状态的及时报警。

图 8-5 所示为排水系统的监控原理图，其具体功能包括：①监测集水池的溢流液位报警；②监测污水泵的运行状态、故障报警，提示定时维修。

8.2.4 变配电系统设计

变配电监控系统的功能是信号上传，建筑设备管理系统对其只监不控，其主要功能是：对中压配电系统实行自动监视、控制和测量；对低压配电系统及变压器、发电机等电力设备实行自动监视和测量；对电力系统的运行参数进行自动采集和分析，并进行集中管理；对能源消耗情况进行分析，提供能耗报表，并为物业管理提供节能依据；对电力系统的运行状态进行实时监测，及时消除故障隐患；提供电力系统设备维护的报表。

变配电系统上传信号主要包括：①供配电系统的中压开关与主要低压开关的状态监视及故障报警；②中压与低压主母排的电压、电流及功率因数测量；③电能计量；④变压器温度监测及超温报警；⑤备用及应急电源的手动/自动状态、电压、

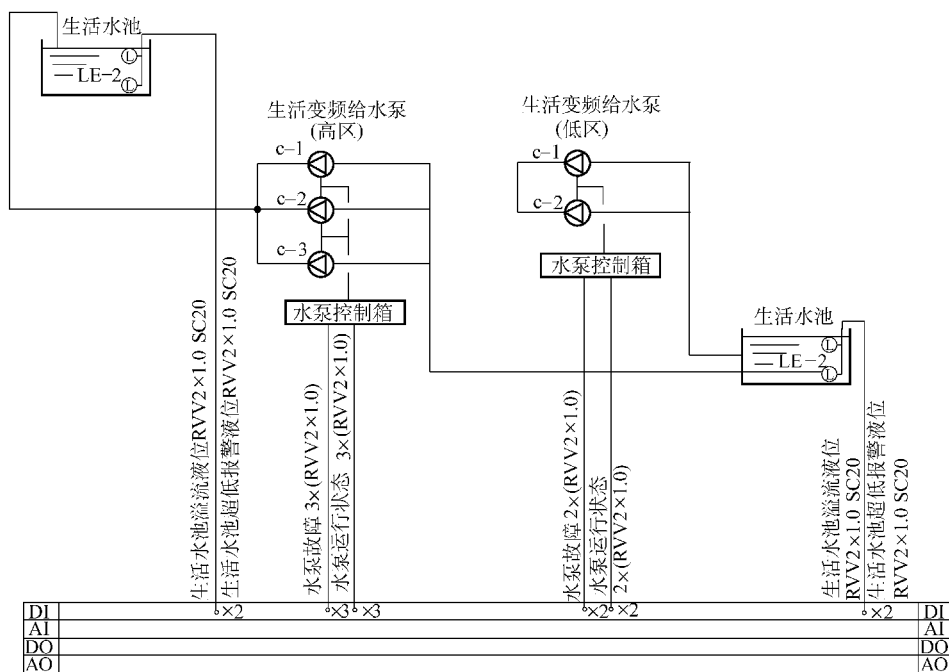


图 8-4 给水系统的监控原理图

L—液位传感器

电流及频率监测；⑥主回路及重要回路的谐波监测与记录等。

本系统采用全面监测的方式，在配电系统上设智能测量仪表，并直接从发电机组控制屏读取机组内部参数，实现对发电机组的自动监控。通过对整个电力系统作较全面的监测，切实提高电力系统供电的可靠性。

1. 高压配电方式

本系统为一级负荷，要求供电电源为两路 10kV 高压电源，当一个电源发生故障时，另一个电源应不致同时受到破坏，而且当一个电源中断供电时，另一个电源应能承担本工程全部负荷。图 8-6 所示为所采用的高压配电方式，采用高压集中计量，计量装置设在高压进线柜（文中未画）内。

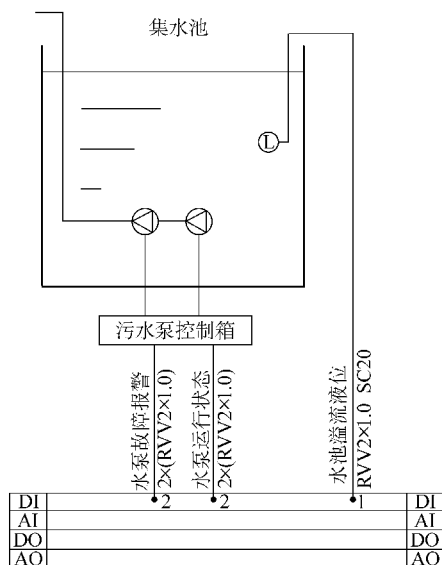


图 8-5 排水系统的监控原理图

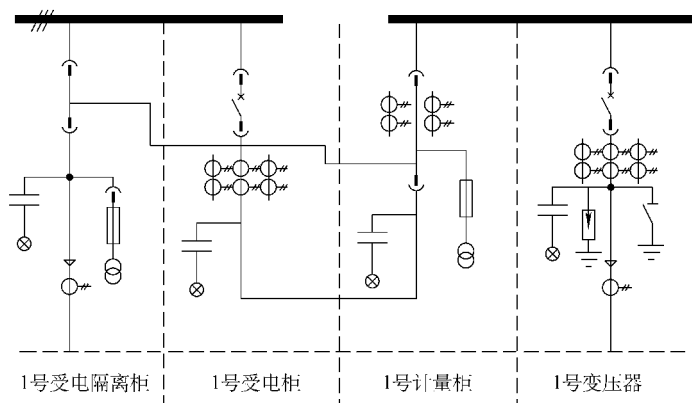


图 8-6 高压配电方式

2. 低压配电方式

配电系统电源引自本工程的变配电所，电压等级为 220V/380V。系统的一级负荷用电设备包括消防设备（包括消防电梯、消防用排烟风机、加压送风机等）、应急照明、消防保安控制室、弱电机房、信息中心、客梯、生活泵、排水泵等。二级负荷用电设备包括污水处理设备、热交换设备、会议系统照明设备等。其他电力、照明、空调通风设备等用电属于三级负荷。

在本系统中，配电系统采用放射式与树干式相结合的方式，对于单台容量较大的负荷或重要负荷采用放射式供电；对于一般负荷采用树干式与放射式相结合的供电方式。一级负荷采用双电源专用回路供电，并在末端互投，其中疏散指示照明采用集中式应急电源（EPS）作为后备电源；二级负荷供电电源采用双回路供电，并在末端或适当位置互投；三级负荷采用单电源供电。

3. 备用电源

本系统设置一台 1120kW（备载）的柴油发电机组作为自备电源，如图 8-7 所示。当两路市电均停电时，柴油发电机组向特别重要的一级负荷和部分应急设备提供电源。

4. 功率因数补偿

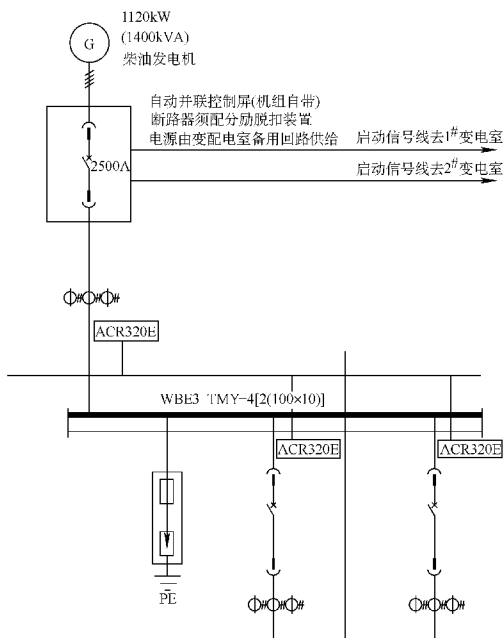


图 8-7 备用电源

ACR320E—显示仪器型号

本工程在变配电所低压侧，设功率因数集中自动补偿装置，电容器组采用自动循环投切方式，补偿后的功率因数不低于 0.9，并要求气体放电灯就地补偿，且补偿后的功率因数同样不低于 0.9。

8.2.5 照明系统设计

本工程照明种类分为一般照明、备用照明、应急照明、疏散照明、精装修照明和室外照明等。备用照明主要设置在变配电室、消防控制室、弱电机房、餐厅、走道、车库等人员集中的场所，以及防排烟机房等场所。疏散照明主要在疏散走廊、楼梯间及其前室、主要出入口、餐厅和车库等场所设置。室外照明含室外路灯、庭院灯、草坪灯、地灯、建筑立面照明等。

一般照明采用单电源、放射式与树干式混合方式配电；应急照明、疏散照明等采用双电源供电，在末端或适当位置互投，并采用区域集中式蓄电池供电给应急照明系统，要求持续供电时间大于 30min。

除精装修照明由二次设计要求确定外，其他场所均选用节能性光源。普通场所选用国产灯具，装饰用灯具由装修设计；功能性灯具如荧光灯、出口指示灯、疏散指示灯须有国家主管部门的检测报告，达到设计要求的方可投入使用；应急照明和疏散照明指示标志应设玻璃或其他不燃烧材料制作的保护罩。

8.2.6 电梯系统设计

电梯的监控自成系统，其功能是监视运行状态及故障状态、信号上传。建筑设备管理系统对其只监不控，BAS 预留通信接口。

在消防控制室设置电梯监控盘，除显示各电梯运行状态、层数显示外，还应设置正常、故障、开门、关门等状态显示。火灾发生时，根据火灾情况及场所，由消防控制室电梯控制盘发出指令，指挥电梯按消防程序运行：对全部或任意一台电梯进行对讲，说明改变运行程序的原因，除消防电梯强制返回一层待用外，其余电梯均强制返回一层并开门停用，通过变配电所切断其电源。火灾指令开关采用钥匙型开关，由消防控制室负责火灾时的电梯控制。

8.3 安全防范自动化系统设计

安全防范自动化系统主要包括电视监控系统、入侵报警系统、在线电子巡查系统、出入口控制系统和停车场管理系统五个子系统，其主要设备设置在安防控制中心（与消防控制系统共用）内，通过系统集成技术有效地组合在一起。

8.3.1 电视监控系统设计

根据不同功用需求，电视监控系统采用不同的监视摄像机，对建筑内外的主要出入口、通道、电梯厅、电梯轿厢及其他重要部位进行实时有效的视频探测、视频监视、图像显示、记录和回放，以确保系统的安全防范。同时，与在线电子巡查系统、入侵报警系统、出入口控制系统、停车场管理系统相结合，有效地进行大楼的

安全防范监测工作。

1) 重点部位图像均能在安防监控室的电视墙上显示,也可将任意摄像机画面显示在任意监视器上,并可以设定程序,自动轮流显示、输出至电视墙上。图像记录功能应满足以下要求:

① 画面上有摄像机的编号、部位、地址和时间、日期显示;

② 回放效果满足原始资料的完整性,系统记录图像应反映出发生事件的现场及全过程,且可提供报警前的图像记录;

③ 具有完整的日志功能,并能长时间记录;

④ 系统配置信息可存储,供电中断或关机时对其不影响。

2) 视频输入信号均可由视频矩阵切换器进行手动/自动切换控制,系统能手动切换/编程自动切换,且能对摄像机、云台、镜头、防护罩等的各种功能进行遥控,前端设备对控制终端的控制响应和图像传输的实时性应满足安全管理要求。

3) 系统应具有与其他系统联动的接口,当其他系统向视频系统给出联动信号时,系统能按照预定工作模式,切换出相应部位的图像至指定监视器上,并能启动视频记录设备,其联动响应时间 $\leq 4\text{s}$ 。

4) 系统可以 24h 不间断连续工作,计算机设备平均无故障时间 $\geq 20000\text{h}$,系统其他设备平均无故障时间 $\geq 5000\text{h}$,系统平均故障修复时间 $\leq 4\text{h}$ 。

5) 系统能够和入侵报警系统进行联动,通过矩阵主机对相应区域的摄像机和入侵探测器作联动处理。

8.3.2 入侵报警系统设计

根据办公楼的使用功能和甲方提出的防范管理要求,该大厦主要由报警主机、探测器和监控软件等构成系统,对首层及顶层楼梯前室、主要出入口、强电与弱电井等设防区域的非法入侵、盗窃、破坏和抢劫等,实现实时有效的探测与报警。

对大厦内部及周界区进行重点防范,不同的防范区域运用不同的防范手段,采用红外线和微波双鉴探测器、玻璃破碎探测器、门磁开关等前端设备,构成点、线、面的空间组合防护网络,达到交叉管理、重点防范的目的,并且系统能独立运行,可实现异地报警,与视频安防监控系统、出入口控制系统等可靠联动,实时记录。

1) 红外线和微波双鉴探测器设置在首层和顶层的楼梯间出入口、电梯厅出入口等重要办公场所,探测器内设微处理器,对输入的红外线和微波信号进行处理,用于节假日及晚上的下班时间、办公楼内工作人员休息时间及一般人员不应进入的区域的设定,并与视频(安防)监控系统进行联动,监测人员出入情况。

2) 门磁装置主要设在每层主要出入口和强、弱电竖井,监测人员出入情况,及时发现问题,防止不正常侵入。

3) 紧急按钮装置设置在停车场值班室、一层服务台、财务室等重要办公场所

的不引人注意的地方，并具有防止误报警装置，在报警发生时只能由有权限人用钥匙关掉。

4) 玻璃破碎探测器设置在首层及顶层，可监控外窗玻璃的状态，在监测范围以内精确识别玻璃破碎和其他噪声的区别，从而减少误报率，及时报警。

本系统采用集成式安全管理，实现系统的自动化管理与控制，显示和记录报警部位和有关警情数据，并提供与其他子系统的控制信号接口。同时，系统具有防破坏报警功能，能按时间、区域、防范部位任意编程设防和撤防，当巡更人员执行巡更时，本系统给予时段撤防。

8.3.3 在线电子巡查系统设计

在线电子巡查系统利用设置在办公楼内停车场、办公区域的公共通道内以及其他重要场所设置的读卡器，形成合理的巡查线路，在电子巡查管理系统的主机上完成巡查状态的监督和记录，并能在发生意外情况时及时报警。

本工程采用在线电子巡查方式，利用门禁读卡器为电子巡查基础，作为对保安的考勤管理，与出入口控制系统合二为一，在控制室“电子地图”上实时掌握保安的巡更动态，并在发生意外情况时及时报警。

1) 根据需要，将读卡器安装在需要巡逻的线路或设备上，并主要利用已有出入口控制系统的读卡器，对该地点进行巡查的同时，用巡检器采集检测安装在代表该地点的信息按钮，而巡检器将记录下信息按钮的代码及采集信息的时间和该地点的相应事件，此记录将成为保安人员何时到达该地点巡查的依据。

2) 管理人员通过微机可清晰地看到保安人员巡检过的设备和线路，提出漏检、误点信息，并通过管理软件统计巡检的正点率、误点率、漏检次数和报表等。

8.3.4 出入口控制系统设计

出入口控制系统对需要控制的出入口进行控制和管理；重要办公室、档案资料室、保密用房设出入口控制系统；对楼内办公区域、重要领导办公室、档案室设置出入口控制系统，首层员工出入口设置速通门，用于员工快速、大量出入，并兼具门禁和考勤功能。

本系统采用连网式控制方式，管理服务器可对系统进行多级控制和集中管理，其控制点主要由控制器（双门/四门）、读卡器、电控锁、出门按钮及电源等组成。读卡器为感应式，采用多种出入口控制方法，同时对大厦内不同的区域进行进出管制，并进行实时连网记录监控。系统能独立运行，配置独立的 I/O 控制系统，并能与火灾自动报警系统、电视监控系统、入侵报警系统联动。当发生火灾时，与火灾自动报警系统联动控制，确保释放建筑内的消防疏散通道、安全出口处的出入口控制装置。

此外，在大厦首层的左右通道各设置 1 台二代身份证识别检验设备，用于对来访客人信息的检验和存储，其系统图如图 8-8 所示，这改变了传统的专人登记的记

录方式，采用先进科技提升登记的效率性、准确性和方便存储性。

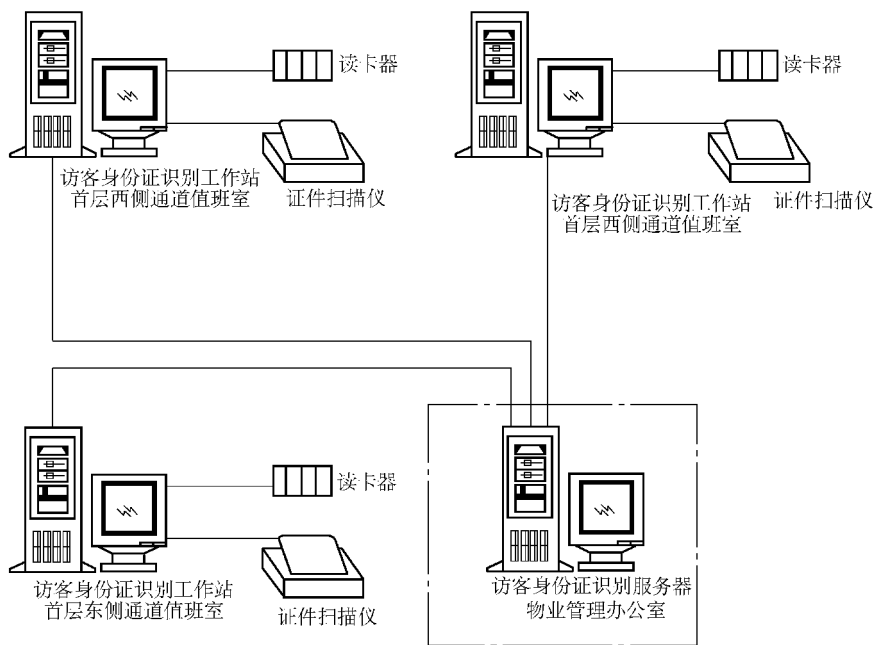


图 8-8 二代身份证识别检验系统

第二代居民身份证阅读器是联机使用的身份证专用阅读设备，采用国际上先进的非接触 IC 卡阅读技术，计算机通过 RS-232 串行口或 USB 口向身份证阅读器发送指令，通过内嵌的专用身份证安全控制模块，以无线传输方式与第二代居民身份证内的专用芯片进行安全核验认证后，将芯片内的个人信息资料解读和对应输出，再通过计算机通信接口，将此信息上传至计算机，就完成一次检验和存储。

8.3.5 停车场管理系统设计

在地下车库出入口处，设置停车场管理系统，在每层设置车位 LED 显示屏和道闸。系统将机械、电子计算机和自动控制等技术有机地结合在一起，内部 VIP 车辆持远距离卡出入车库，内部员工车辆持近距离卡出入车库，时租/月租车持近距离卡出入车库，临时车取临时 IC 卡出入车库。停车场管理系统选用智能化管理方式，识别卡内信息，自动开/关闸机，自动存储记录，自动显示车库内情况，并配备相应的收费设施，且对车辆资料存档，保证车辆停放安全。

1. 入口部分

入口部分主要由入口卡箱（内含感应式 IC 卡读卡器、IC 卡出卡机、LED 显示屏、对讲分机、内部 VIP 使用的远距离读卡器等）、自动道闸、车辆检测线圈、满位显示屏、彩色摄像机等组成，入口控制设在地下车库入口处。

(1) 内部 VIP 卡车辆进入管理 大厦内部 VIP 车辆在合法使用期间实行凭卡

出入管理，选用远距离感应卡（3~5m 有效感应距离）。当车辆接近车库入口时，设在车道下的车辆检测线圈检测出车到，启动远距离读卡器进行判断，如感应到有效卡片，系统提示欢迎信息，自动启动道闸，车辆无需停车，直接通过。同时图像识别系统启动入口摄像机，摄录一幅该车辆入场图像（包含车辆外部型式、颜色、车牌号等），并依据相应卡号，存入收费管理处的计算机硬盘中。当车辆安全通过栏杆车辆检测线圈后，自动放下栏杆，系统将本次车辆进入的时间、车主姓名、车辆信息等记录至计算机数据库中。

（2）内部员工卡车辆进入管理 当内部员工卡车辆接近车库入口时，设在车道下的车辆检测线圈检测车到，司机把内部员工卡在入口卡箱近距离读卡器感应区 800mm~1200mm 距离内掠过，入口卡箱内 IC 卡读卡器读取该卡的特征和有关信息，并由系统判别其有效性。若为有效卡，则自动闸机提起栏杆放行车辆，车辆通过栏杆车辆检测线圈后，自动放下栏杆；若为无效卡，则报警，不允许进入，提示管理人员处理。同时系统启动入口摄像机，摄录一幅该车辆图像（包含车辆外部型式、颜色、车牌号等），依据相应卡号存入收费管理处的计算机硬盘中，并将本次车辆进入的时间、车辆信息等记录至计算机数据库中。

（3）时租/月租卡车辆进入管理 除了所用车卡不同外，时租/月租卡车辆进入管理与内部员工卡车辆进入管理情况相同。

（4）外部临时车辆进入管理 当临时车辆接近车库入口时，如入口满位显示屏显示车位“满位”，则不得进入，并自动关闭入口处读卡系统。如入口满位显示屏显示未满时，则设在车道下的车辆检测线圈检测车到，入口处的吐卡机箱显示屏（设有语音系统，同时语音响起）提示司机按键取卡，司机按键，卡箱内发卡器即发送一张临时感应 IC 卡，经吐卡机芯传送至入口卡箱出口口，并完成读卡及判断过程，系统提示欢迎信息，表示可以安全通过。同时图像识别系统启动入口摄像机，摄录一幅该车辆入场图像（包含车辆外部型式、颜色、车牌号等），并依据相应卡号，存入收费管理处的计算机硬盘中。司机取卡后，自动闸机提起栏杆放行车辆，车辆通过栏杆车辆检测线圈后，自动放下栏杆，并将本次车辆进入信息等记录至计算机数据库中。

2. 出口部分

出口部分主要由出口卡箱（内含感应式 IC 卡读卡器、LED 显示屏、对讲分机、远距离读卡器等）、自动路闸、车辆检测线圈、彩色摄像机等组成。

（1）内部 VIP 卡车辆驶出管理 当内部 VIP 卡车辆接近出口时，设在车道下的车辆检测线圈探知并确认车辆欲出库，启动远距离读卡器工作，远距离读卡器侦测到有车辆驶出，读卡器对卡片进行判断，如感应到有效卡片时，系统提示欢送信息，表示可安全通过，系统自动启动道闸，车辆无需停车，直接通过。同时图像识别系统启动出口摄像机，摄录一幅该车辆出场图像（包含车辆外部型式、颜色、

车牌号等)并与入口图像对比,相同时,放行;不相同,禁止驶出,道闸不启动,并报警,提示管理人员处理,相应卡号存入收费管理处的计算机硬盘中。当车辆安全通过栏杆车辆检测线圈后,自动放下栏杆,并将本次车辆驶出的时间、车主姓名、车辆信息等记录至计算机数据库中。

(2) 内部员工卡车辆驶出管理 当内部员工卡车辆接近出口时,设在车道下的车辆检测线圈探知并确认车辆欲出库,司机把内部员工卡在出口卡箱近距离读卡器感应区 800mm ~ 1200mm 距离内掠过,出口卡箱内 IC 卡读卡器读取该卡的特征和有关信息并由停车场管理系统通过与系统数据库的入库资料比对,确认无误,则自动闸机提起栏杆放行车辆,车辆通过栏杆车辆检测线圈后自动放下栏杆,若有误,则报警,提示管理人员处理。同时图像识别系统启动出口摄像机,摄录一幅该车辆出场图像(包含车辆外形、颜色、车牌号等)并与入口图像对比,相同时,放行;不相同,禁止驶出,道闸不启动,并报警,提示管理人员处理,相应卡号存入收费管理处的计算机硬盘中,并将本次车辆驶出的时间、车主姓名、车辆信息等记录至计算机数据库中。

(3) 时租/月租卡车辆驶出管理 除了所用车卡不同外,时租/月租卡车辆进入管理与内部员工卡车辆进入管理情况相同。

(4) 外部临时车辆驶出管理 出口收费处内设备由管理岗亭、收费管理计算机(内配视频捕捉卡)、IC 卡台式读写器、票据打印机、对讲主机、收费 LED 显示屏、操作台等组成。当外部临时车辆接近出口时,设在车道下的车辆检测线圈探知并确认车辆欲出库,司机把临时卡在出口卡箱近距离读卡器感应区 800mm ~ 1200mm 距离内掠过,出口卡箱内 IC 卡读卡器读取该卡的特征和有关信息,并由停车场管理系统通过与系统数据库的入库资料比对,确认无误,且卡片信息已完成回收,同时计算出交费金额,在显示屏上及语音提示交费,完成交费后,管理员启动闸机提起栏杆放行车辆,车辆通过栏杆车辆检测线圈后自动放下栏杆,若有误,则报警,提示管理人员处理。同时图像识别系统启动出口摄像机,摄录一幅该车辆出场图像(包含车辆外部型式、颜色、车牌号等)并与入口图像对比,相同时,放行;不相同,禁止驶出,道闸不启动,并报警,提示管理人员处理。相应卡号存入收费管理处的计算机硬盘中,并将本次车辆驶出的时间、车主姓名、车辆信息等记录至计算机数据库中。

特种车辆进入停车场,如公安、消防、医院、抢修等车辆进入停车场内,可由保安人员人工作业放行。

8.4 火灾自动报警及消防联动控制系统设计

火灾自动报警及消防联动控制系统如图 8-9 所示,设备包括火灾报警控制盘、CRT 图形显示屏、打印机、火灾应急广播设备、消防直通对讲电话、不间断电源

(UPS) 及备用电源设备等组成。在部分区域设火灾显示器，对各区域的火灾情况进行监视。所有火灾报警控制及火灾广播系统，均在消防控制室完成。

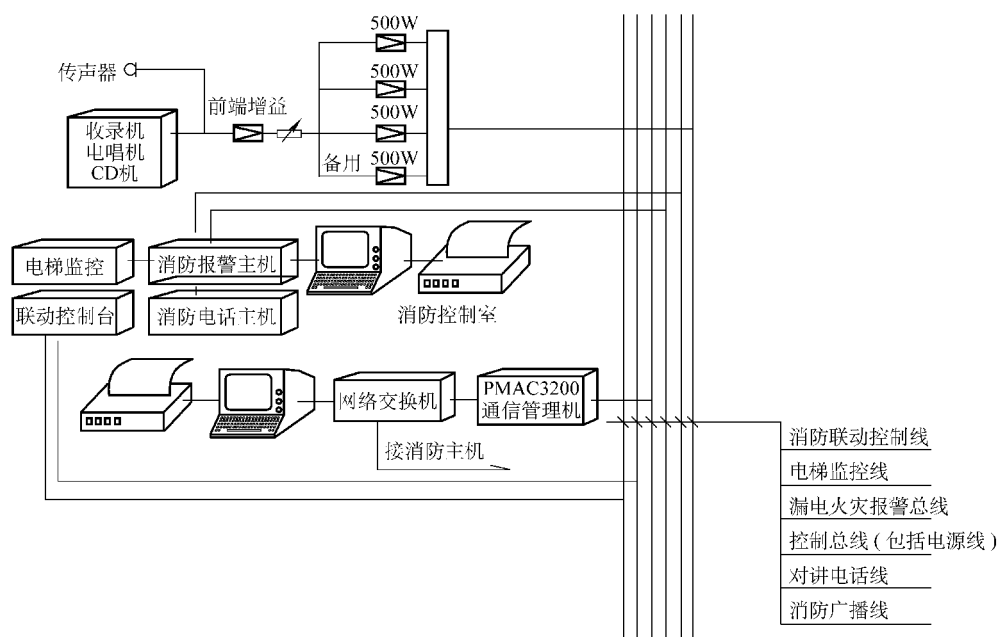


图 8-9 火灾自动报警及消防联动控制系统

8.4.1 火灾自动报警系统设计

火灾自动报警系统采用集中报警方式，在走廊、过道、办公用房、餐厅等场所，设置带地址感烟探测器；在车库、开水间，设置带地址感温探测器；在厨房，设置带地址感温探测器和可燃气体探测器。探测器与灯具的水平净距应大于 0.2m，与送风口边的水平净距应大于 1.5m，与多孔送风顶棚孔口的水平净距应大于 0.5m，与嵌入式扬声器的净距应大于 0.1m，与自动喷淋头的净距应大于 0.3m，与墙或其他遮挡物的距离应大于 0.5m。同时，在适当位置设置手动报警按钮及消防对讲电话插孔，底距地 1.3m 安装。在消火栓箱内设置消火栓起泵按钮，消火栓起泵按钮能直接起泵。

8.4.2 消防联动控制系统设计

在消防控制室内，设置琴台式联动控制台，控制方式分为自动控制、手动硬线直接控制。消防控制室可对消火栓泵、喷洒泵、正压送风机、排烟风机等通过模块进行自动、手动控制，还可在联动控制台上通过硬线手动控制，并接收其反馈信号。所有排烟阀、排烟口、280℃ 防火阀、70℃ 防火阀、正压送风阀、正压送风口的状态信号送至消防控制室显示。此外，消防控制室还可监视消防水泵房的供电电源情况，并根据消火栓按钮的动作信号直接起动作加压泵，发生火灾时，手动/自动

切断通风机及一般照明等非消防电源。

1. 消火栓泵的控制

平时由泵房压力开关自动控制增压泵维持管网压力，管网压力过低时，直接启动主泵。消火栓按钮动作后，直接启动消火栓泵，消防控制室能显示报警部位并接收其反馈信号，消防控制室可通过控制模块编程，自动启动消火栓泵，并接收其反馈信号。在消防控制室联动控制台上，可通过硬线手动控制消火栓泵，并接收其反馈信号。消防控制室能显示消火栓泵电源状况。消防泵房内可手动启动消火栓泵。

2. 自动喷洒泵的控制

当发生火灾时，喷头喷水，水流指示器动作，反映到总控制盘，同时相对应的报警阀动作，敲响水力警铃，压力开关报警，反映到消防控制室，自动或手动启动自动喷洒泵，备用泵能自动投入使用，湿式报警阀动作应能直接启动自动喷洒泵。在消防控制室及水泵房均可以自动/手动控制喷洒泵的起、停，消防控制室具有优先权，其运行状态反映到消防控制室及水泵房的控制盘上，喷洒泵的运行状态及故障信号送至消防控制室，并在联控台上显示。

3. 专用排烟风机的控制

当发生火灾时，消防控制室根据火灾情况控制相关层的排烟阀（平时关闭），同时连锁启动相应的排烟风机；当火灾温度超过 280℃ 时，排烟阀熔丝熔断，关闭阀门，同时自动关闭相应的排烟风机。这些均可在消防中心自动控制、手动硬线直接控制。

4. 排气兼排烟风机的控制

本工程设排气兼排烟风机，正常情况下为通风换气使用，火灾时则作为排烟风机使用，可在消防中心自动控制、手动硬线直接控制。正常时为就地手动控制，当发生火灾时，由消防控制室控制，其控制方式与专用排烟风机的控制相同。

5. 正压送风机的控制

由消防控制室自动或手动控制正压风机的起停，风机启动时，根据其功能位置，连锁开启其相关的正压送风阀或火灾层及邻层的正压送风口。

6. 电源管理

本系统部分低压出线回路及部分层主开关均设置分励脱扣器，当发生火灾时，消防控制室可根据火灾情况自动切断空调机组、回风机、排风机及火灾区域的正常照明等非消防电源，并可通过消防直通对讲电话通知变配电所切断其他非消防电源。

7. 消防专用水池

消防专用水池的最低水位报警信号送至消防中心，在联控台上显示。

8. 防火卷帘的控制

防火卷帘两侧设置警报装置与手动控制按钮。防火卷帘的关闭信号送至消防控

制室。警报装置吸顶安装，手动控制按钮离地 1.4m 安装，卷帘门控制箱顶距顶 0.2m 安装。

在疏散通道上，感烟探测器动作后，卷帘下降至距地面 1.8m，感温探测器动作后，卷帘下降到底；而在非疏散通道上，感烟探测器动作后，防火卷帘则一步落到底。

8.4.3 火灾应急广播系统设计

本工程广播主机设在消防控制室内，火灾应急广播与背景音乐共用一套音响装置。火灾应急广播优先于其他广播，广播区域划分应在满足火灾应急广播区域划分的前提下，满足建筑功能划分的需要，可按层或防火分区划分区域，传声器音源可对每个区域或单独或编程或全部播出。

火灾时，自动或手动打开相关层火灾应急广播，同时切断背景音乐广播，火灾应急广播切换在消防控制室内完成。首层着火时，启动首层、二层及地下各层火灾应急广播；地下层着火时，启动首层及地下各层火灾应急广播；二层以上着火时，启动本层及相邻上、下层火灾应急广播。

火灾应急广播系统设置备用扩音机，且其容量为同时火灾应急广播容量的 1.5 倍。同时，系统应具备隔离功能，某一个回路扬声器发生短路，应自动从主机上断开，以保证功放及控制设备的安全。系统主机为标准的模块化配置，并提供标准接口及相关软件通信协议，以便系统集成。

系统采用 100V 定电压输出方式，要求从功率放大设备的输出端至线路上最远的用户扬声器的线路衰耗不大于 1dB（1000Hz 时）。公共场所扬声器功率为 3W，根据平面布置，扬声器安装分为壁装和嵌入装等。对车库等无吊顶处，扬声器壁装，底距地 2.5m；对有吊顶处，扬声器采用嵌入装。

8.4.4 消防直通对讲电话系统设计

在消防控制室内，设置消防直通对讲电话总机，除在各层的手动报警按钮处设置消防直通对讲电话插孔外，在变配电室、管理值班室、防排烟机房等处设置消防直通对讲电话分机。消防控制室内设外线直通报警 119 电话。

8.4.5 火灾应急照明系统设计

应急照明平时采用就地控制或部分纳入楼宇管理系统，火灾时由消防控制室自动控制点亮全部应急照明灯，疏散照明为常明灯。

在餐厅、车库、人防等大空间用房、疏散走廊、楼梯间、电梯前室、主要出入口等场所，设置疏散照明，照度不低于 0.5lx。疏散照明及应急照明采用双电源供电，并在末端或在适当位置互投，部分应急照明及全部疏散照明采用区域集中式供电给应急照明系统，要求持续供电时间大于 30min。

8.5 通信自动化系统设计

本工程为一座现代化办公大厦，其办公和管理都离不开及时、迅速、有效的信息通信，网络系统的建立是为大厦用户享有最新网络技术、通信技术、控制技术而设置的。建立一套投资合理、高效、先进的开放式布线系统，可满足数据、图像、多媒体信息大容量、高速传输的潜在需求。

8.5.1 综合布线系统设计

综合布线是一种模块化、在建筑内或建筑群之间的信息传输通道，它灵活性极高，既能使语音、数据、图像设备和信息交换设备与其他信息管理系统彼此相连，也能使这些设备与外部通信网络相接。此外，它还包括建筑外部配线网络或电信线路与应用系统设备之间的所有线缆及相关的连接部件，包括传输介质、相关连接硬件（如配线架、连接器、插座、插头、适配器）以及电气保护设备等。

本系统采用开放式星型拓扑结构，以适应不断发展的网络技术需求，支持计算机数据通信、语音通信、图像传输以及各种控制信号的通信等多种应用类型。为保证整个大厦的无线全覆盖，在公共区域（如会议室、休息厅、办公室等）设置了无线 AP（Access Point，接入点）上网装置。

本系统具有先进性、开放性、灵活性、冗余性，达到使用灵活、扩充方便、管理简便、维护容易的特点，由工作区、配线子系统、干线子系统、管理和进线间五个部分组成。

1. 工作区

工作区信息点的设置分为两类，A 类采用双口面板，安装有两个信息模块，包括 1 个数据点、1 个语音点、B 类采用单口面板，主要为无线 AP（上网）点；并预留一根 12 芯多模光缆，高管办公室、档案室预留一个到桌面的吉比特光纤接口（4 芯光缆），采用光控（LC）插座，用以构成高级别网。

大开间开敞式办公区，按 1 个 A 类面板/6m² 设计；会议室按 1 个 A 类面板/20m² 设计，每个会议室设置 1 个无线 AP 上网数据信息点，在其他场所，根据房间功能的要求，按需要设置相应数量的 A 类或无线 AP 上网点。

2. 配线子系统

水平配线均采用 6 类 UTP，每线对采用十字隔离骨架结构，链路可支持 10Mbit/s、100Mbit/s、155Mbit/s、622Mbit/s、1000Mbit/s、1.2Gbit/s 及未来数据通信的应用和所有语音通信系统（模拟、数字、多功能和 ISDN 语音系统）的应用。

大开间开敞式办公区设 CP 型区域配线箱，每个 CP 型配线箱内按照 A 类信息点配置原则，CP 型配线箱内的链接器件应选用卡接式配线模块，配线箱与信息插座之间均为点到点端接，任何改变布线系统的操作都不影响大面积系统的运行。

楼层配线间中，语音、数据的 UTP 铜缆和光缆连接配线架设备全部采用 EIA/TIA 标准的 19in 规格产品，将所有配线架及网络设备安装于 19in 机柜中；端接语音点的配线架为标准 110 型配线架，端接数据点的配线架应采用 19in 标准的 RJ45 模块式配线架，以方便与网络设备的跳接；数据配线架应保证达到六类标准，语音配线架应保证达到五类标准；连接垂直光缆的光纤配线架应采用 19in 标准光纤机架；要求机柜内安装整洁，应配置必要跳线管理单元。

3. 干线子系统

综合布线垂直主干采用光缆传输数据，并采用 3 类大对数电缆传输语音。水平电缆采用超 5 类电缆，满足高速宽带网的需求，并能长时间满足网络传输速率和带宽的发展。数据主干光纤和大对数电缆除满足实际需求外，还应充分考虑留有 20% 备份及冗余，以适应信息点增加及快速解决故障的要求。

4. 管理子系统

按照需要，在管理用房、办公室等处，分别设置语音及数据信息插孔；办公区暂按每 6 ~ 10m² 设置一个语音及一个信息插孔。末端支线采用超 5 类电缆，信息插孔采用 5 类配件。

5. 进线间子系统

进线间是建筑外部通信和信息管线的入口部位，并可作为入口设施和建筑群配线设备的安装场地，其具体环境要求为：

- 1) 进线间应设置管道入口；
- 2) 进线间应满足缆线的敷设路由、成端位置及数量、光缆的盘长空间和缆线的弯曲半径、充气维护设备、配线设备安装所需要的场地空间和面积；
- 3) 进线间的大小应按进线间的进局管道最终容量及入口设施的最终容量设计，同时应考虑满足多家电信业务经营者安装入口设施等设备的面积需要；
- 4) 进线间宜靠近外墙和在地下设置，以便缆线引入，且设计应符合下列规定：

- ① 进线间应防止渗水，宜设有抽排水装置；
- ② 进线间应与布线系统垂直竖井沟通；
- ③ 进线间应采用相应防火级别的防火门，门向外开，宽度不小于 1000mm；
- ④ 进线间应设置防有害气体措施和通风装置，排风量按每小时不小于 5 次容积计算；
- ⑤ 进线间入口管道口所有布放缆线和空闲的管孔应采取防火材料封堵，做好防水处理。

8.5.2 通信系统设计

本系统采用数字程控交换机，采用叠加式机柜，可提供一个开放的、宽带的通信平台，丰富的接口和信令以及完善的功能可以完全保证系统满足大厦的通信要求。

1) 数字程控交换机采用新一代交换技术, 通过可靠的软件实现自检和自动故障处理, 对小故障可覆盖, 对故障端口自动关闭, 提高系统的高处理和容错能力。

2) 系统软硬件均采用模块化设计, 外围插槽具有通用性, 在容量范围内, 系统可以灵活方便地添加或减少中继和用户板数量, 以达到扩容和扩容的要求。

3) 支持与模拟网、数字网和 ISDN 的连接, 实现语音、数据、文本和视频信号的传输交换, 实现呼叫转移、三方/八方会议、语音信箱、遇忙/遇闲回叫、强插、快速拨号、呼叫代接、寻线组、区别振铃、免打扰、热线、恶意追踪和经理/秘书等功能, 且支持自定义服务通信功能, 客户楼内通信的变更不影响其他用户的通信应用。

4) 采用数字化集成通信系统, 具有 ISDN 组网功能, 先进的 VoIP 网关功能, 多公司话务的交换功能, 内部通信转接、外线分组话务平均分配、计费功能。

5) 具备维护功能, 保障设备出现故障时及时发现及远程维护, 保证通信设备正常运行。

8.5.3 信息网络系统设计

一座现代化办公大厦必须拥有一个以办公自动化、计算机辅助办公为核心, 以现代网络技术为依托, 技术先进、扩展性强、覆盖主要大厦的办公网主干网络。本大厦具有稳定可靠、高带宽、较高的扩展能力、良好的安全性、易控制管理、支持 IP 多播 (Multicast) 等特点, 它将办公的各种 PC、工作站、终端设备和局域网连接起来, 并与有关单位局域网通过 Internet 进行远程互连。信息网络系统如图 8-10 所示。

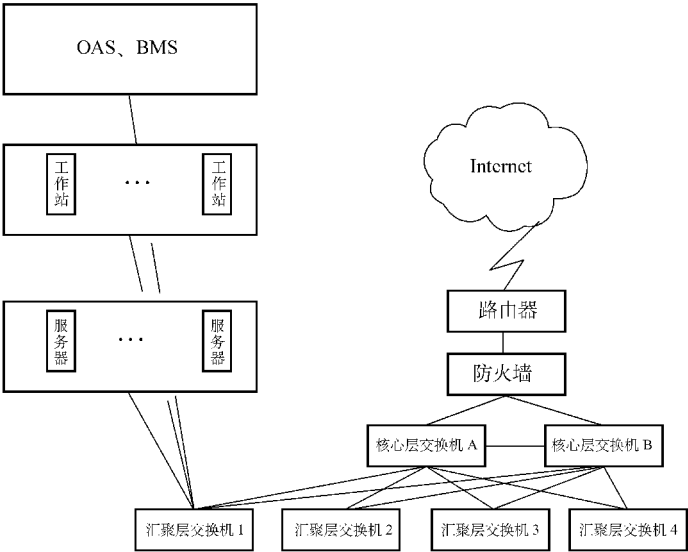


图 8-10 信息网络系统

本系统主要由路由器、防火墙、核心层交换机、负载均衡器、服务器、汇聚层交换机、接入交换机、无线 AP、无线网卡及用户终端等组成。路由器、防火墙、核心网络交换机、负载均衡器安装在数据中心网络通讯机房机柜内，连接服务器和各接入交换机；接入交换机安装在各电信间机柜内，连接各用户终端。系统采用万兆位双核心以太网技术，使用三层设计结构，即大厦用户为接入层，电信间为汇聚层，网络中心机房为核心层。网络主干采用万兆位多模光缆连接，用户端传输速率为 10Mbit/s/100Mbit/s/1000Mbit/s。

系统具有良好的可扩展性，并且便于网络管理员进行日常维护。部门间划分为虚拟局域网（VLAN），保证网络内部数据的安全，并降低主干数据量压力。同时，根据特定的地址、协议来划分优先级，满足重要应用的带宽需求，且支持多种路由协议和多点组播。

8.5.4 有线电视系统设计

有线电视系统设在卫星电视机房内，采用双向传输的方式（860MHz 邻频传输），用户电平要求 (68 ± 4) dB，图像清晰度应在四级以上。电视系统在传输过程中所采用的干线放大器、调制解调器、均衡器、滤波器等有源设备，均设置在弱电竖井内，竖井外均为无源器件。

普通电视信号由室外有线电视信号引来，接收节目内容待与甲方商定。前端设备设在电视机房内，天线具体位置待建到顶层经过实测，且厂商确定后再确定基础作法。

本系统具备高清晰度电视、数字电视的接收与传输能力，鉴于现在正处于模拟电视向数字电视转变时期，所以系统应具有兼容的能力。

8.5.5 智能会议系统设计

本大厦内不同区域拥有各种类型会议室、报告厅、多媒体会议室、多功能厅等，这里仅以一个大型报告厅为例，简要介绍智能会议系统的设计。

图 8-11 所示为大型报告厅智能会议系统，具有报告、会议、演讲、演示、同声传译等功能，可用于大型会议、国际会议、展会、宴会、小型文艺演出。

本系统拥有良好的会议扩声系统、全数字音频处理系统和大屏幕投影系统等，完善的接口互连，预留 RGB（三原色输入的视频接口）、VGA（视频图形阵列接口），通过人性化的控制界面，对音响、视频、机电设备进行集中控制，并接收来自调音台输出的音频信号，对其进行一些信号的处理，包括延时、均衡、压限等。此外，由于演出的需要，还配备了主扩音箱、超低音箱以及返送音箱。数字音频主机可接收多功能厅所在防火分区的火灾报警信号，当发生火灾时，自动切断多功能厅的音响扩声系统，同时由火灾报警系统自动进行火灾应急广播，及时指挥、疏导人员撤离火灾现场。

1. 投影显示系统

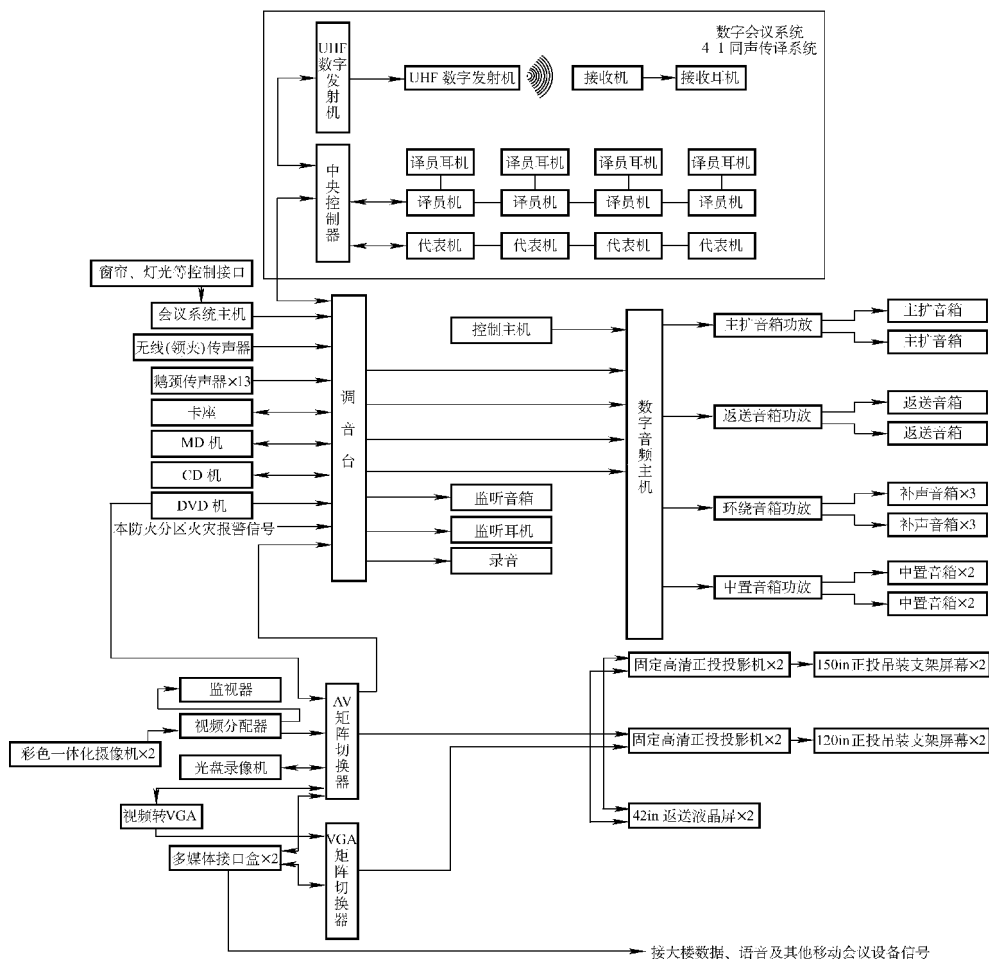


图 8-11 大型报告厅智能会议系统

根据大型报告厅的空间特点，设计采用在主席台的两侧设两块 150in 的背投屏幕作为主显示屏幕，中间吊装设置 2 块 120in 的正投影屏幕。主投影机选用具有高亮度、高分辨率、高对比度和高亮度均匀性的数字光处理（DLP）投影机。为方便使用者将计算机信号输出到投影机上，在主席台上安装多媒体接口。

远距离的传输后会出现信号衰减而影响投影效果，接口盒应能将普通的 VGA 信号转换为 RGB 信号，从而增加传输距离，并放大、调校及补偿信号。同时，多媒体接口内也预留了移动投影机的视频信号输出接口。

为将多台计算机信号以及摄像机、影碟机等各种音/视频信号进行方便快捷的处理和调用，设计采用 8×8 的 RGB 矩阵切换器和 8×8 的 AV 矩阵切换器，可以将不同的音、视输入信号同时输出给一个或多个设备。矩阵切换器不仅满足了用户现

有的使用需要，也为以后设备的增加提供预留接口。为方便移动投影机的视频输出，选用智能信号升频器，可将视频矩阵中的输出信号调节升频为 RGB 信号，供 RGB 矩阵切换器中进行输出和存储。

2. 视频摄像系统

分别在报告厅安装彩色一体化摄像机 2 台，用于会议摄像和会议现场监控。

3. 数字会议系统、4 + 1 同声传译系统

数字会议系统配有会议主机、主席机、代表机、鹅颈传声器等，系统采用手拉手连接，可以保证会议的有序进行，另配有四种语言的同声传译系统，设置译员机、UHF 发射机、接收机、耳机等，代表机和主席机上应带通道选择器。

4. 会议控制及联动功能

会议室内设置集控主机，用于系统综合控制，并预留和会场灯光、窗帘等机电设备的控制接口进行联动。

5. 会议控制及联动功能

会议室内设置集控主机，用于系统综合控制。

8.6 办公自动化系统设计

8.6.1 物业管理系统设计

物业管理系统实现大厦的出租管理，设备管理，人事培训管理，档案管理，安全保卫管理，大楼图样，维修、环境、物业管理公司的人员、保洁、保安、各类设施的资料、数据、运行和维护、财务等科学的工程管理。物业管理系统通过内部接口、数据通信协议实现数据共享，使得物业管理变得简单、高效，真正实现物业管理中的信息化技术应用，充分体现计算机在物业管理方面应用的巨大潜力和优势。

1) 物业管理系统工作站设置安防监控室，利用中央集成管理系统平台，将归物业管理的各类智能化系统集中一处，统一安排专业人员进行监控管理及调度，以提高工作效率，节省人力。

2) 在大厦内重要办公室、保密用房、档案资料室安装智能化门禁系统，利用目前使用的工作证实行一卡通，以对出入大厦的人员进行有效监控。

3) 中央空调系统和公共照明系统在设计上能实行分段调控，以满足大厦各办公室、各区域对供冷、照明的不同需求，以节约能源。

4) 在线槽、线管的规划设计上为今后大厦的扩充留有充足的余地。

5) 智能化系统能与物业管理软件进行对接，以提高大厦运行管理及物业服务的品质。

8.6.2 公共信息服务系统设计

公共信息服务系统对企业资源计划 (ERP)、OAS、物业管理、公共服务管理系统进行有效的路由连接，使其对部分数据能够进行采集，建立数据资源库。系统

由信息发布系统服务器、系统制作工作站、播放控制器、显示设备控制器及软件等组成，其中系统制作工作站等设备设置在网络通信机房内。

1) 在一层电梯墙上两侧，分别安装双基色 $5\text{m} \times 4\text{m}$ 的 LED 电子信息显示屏，向大厦内外公众提供信息检索、查询、发布和导引等功能。为了对员工及访客提供高效的信息服务，并在等待电梯时不会因等待时间过长而烦躁，同时也提升了大厦的形象，设计选用一套电子信息显示系统，在电梯轿厢内设 21in 液晶显示屏，播放控制器安装在显示屏附近，显示信息由物业管理系统的局域网进行传输。

2) 现代社会已进入信息时代，信息传播占有越来越重要的地位，同时人们对于视觉媒体的要求也越来越高，要求传播媒体与传播信息直观、迅速、生动、醒目。公告信息服务系统的作用是：一方面可以播放建筑事务介绍、实事新闻、通知等，会起到良好的宣传效果；另一方面可以配合音视频设备播放电视、LD、VCD、DVD、录像等，起到装饰环境、烘托气氛的作用。另外，还可以充分利用建筑的社会地位和影响，承接各种广告业务，通过电子信息显示系统播放多媒体广告，起到为业主创收的作用。

8.6.3 智能卡应用系统设计

图 8-12 所示为智能卡应用系统。智能卡在智能大厦中综合运用程度是反映大厦智能化程度的一个重要标志。

智能卡应用系统的中央工作站设在物业管理中心，主要负责系统数据库的建立、管理、维护和把数据下载到各子系统，收集、记录和整理从子系统传来的有关数据，以及和大厦局域网交换信息，还负责卡片的发行、权限设定和注销等。本系统为服务器和客户端协同作业方式（客户机/服务器结构），充分使用局域网的特性，使得系统管理和卡片发行管理更容易和安全。本系统具有标准、方便的软硬件平台接口，能够实现与其他系统的集成和联动，可以采用可视化图形界面及开发应用运行平台，便于操作和二次开发。

智能卡应用系统采用 TCP/IP 通信方式，数据传输利用综合布线系统实现。智能卡应用系统包括智能停车场管理、出入口控制、考勤管理、餐厅消费、巡更管理、健身房管理、放映厅管理、图书馆管理等子系统。各子系统有各自的数据区和保密码及相应的管理软件，可以独立统计和核算，同时又和大厦的其他管理系统相联系，如停车场智能管理子系统有自己的收费管理站，属于停车场管理系统，又可通过网络与财务处交换数据；又如门禁管理系统，它既是智能卡应用系统的组成部分，又属于保安监控系统，它有自己独立的安全管理方式。这样各系统分工负责，既集中又灵活，极大地提高了大厦综合智能化的水平和管理的效率，实现大厦运营最大效益。

1. 门禁管理系统

用于出入口管制管理，详见安全防范自动化系统设计。

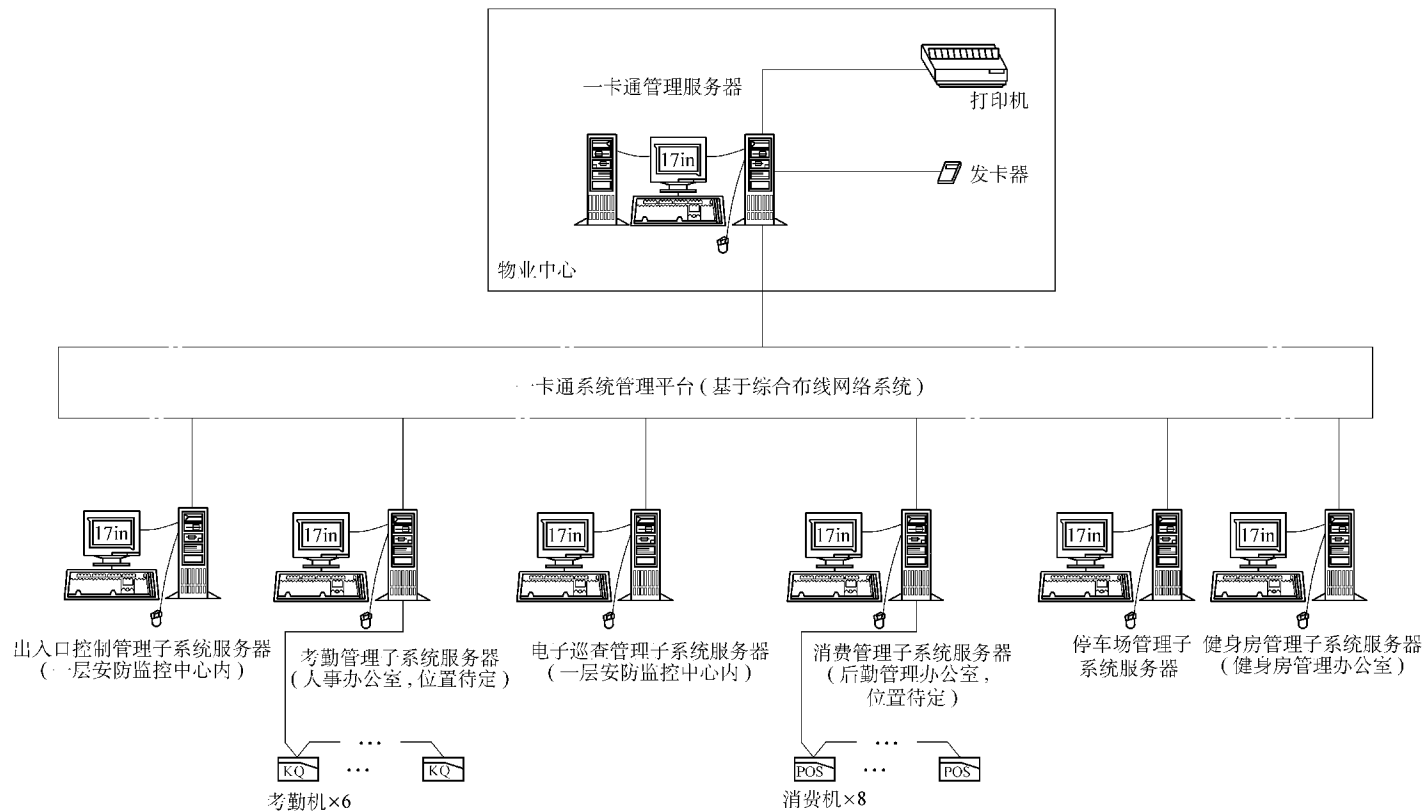


图 8-12 智能卡应用系统

2. 考勤管理系统

在主要人员进出建筑的首层通道口设立考勤点，共有六个考勤机，系统可以统计每个工作人员的出勤、迟到、早退、请假、加班、出差等状况，对工作人员的上下班出勤情况进行管理。

3. 巡更管理系统

用于保安巡更管理，详见安全防范自动化系统设计。

4. 消费管理系统

用于内部电子消费（就餐）管理，消费管理系统采用“电子钱包”方式。在首层及地下一层餐厅消费点处设置消费销售终端（POS）机。本系统可方便地在各消费点和后台数据库之间进行数据交换，系统管理和维护方便。

5. 健身房管理系统

用于健身刷卡管理。

6. 放映厅管理系统

用于内部人员进放映厅时刷卡次数管理。

7. 停车场管理系统

用于车辆进出内部车库管理，详见安全防范自动化系统设计。

8. 图书管理系统

用于内部图书资料借阅管理，本系统采用智能感应式 IC 卡取代传统的纸质借书证，实现内部图书资料等的借阅管理。借书过程为通过感应式 IC 卡阅读器读取借书证（感应 IC 卡）信息，并判断借书证的有效性，确认借书证有效后，通过条码扫描仪扫描图书信息办理借书手续，并将借书信息保存到后台数据库中。

8.7 中央集成管理系统设计

本大厦的中央集成管理系统在数据链路上为若干个相互独立、相互关联的系统，提供高度统一的信息共享、相互协调、互控和联动功能，并建立起整个大厦的集成监控和管理界面，操作者可从该界面上获取全面的系统信息，实现信息资源的优化管理和共享。同时，在对突发事件的快速响应能力上，为管理者提供了集成的一体化联动指挥界面，将有集成需求的各子系统的有关信息汇集到一个系统集成平台上，通过对资源的收集、分析、传递和处理，从而对整个大厦进行最优化的监控，达到高效、经济、节能、协调运行状态，并与建筑艺术相结合，创造出一个人舒适、温馨、安全的工作环境。

图 8-13 所示为中央集成管理系统。系统集成以计算机网络为基础，以建筑设备监控系统的中央工作站管理软件为集成平台，综合配置建筑内各智能化系统，全面实现对通信网络系统、信息网络系统、建筑管理系统（建筑设备监控系统、能源管理系统、公共服务系统、安防系统、一卡通管理系统、火灾自动报警系统）的

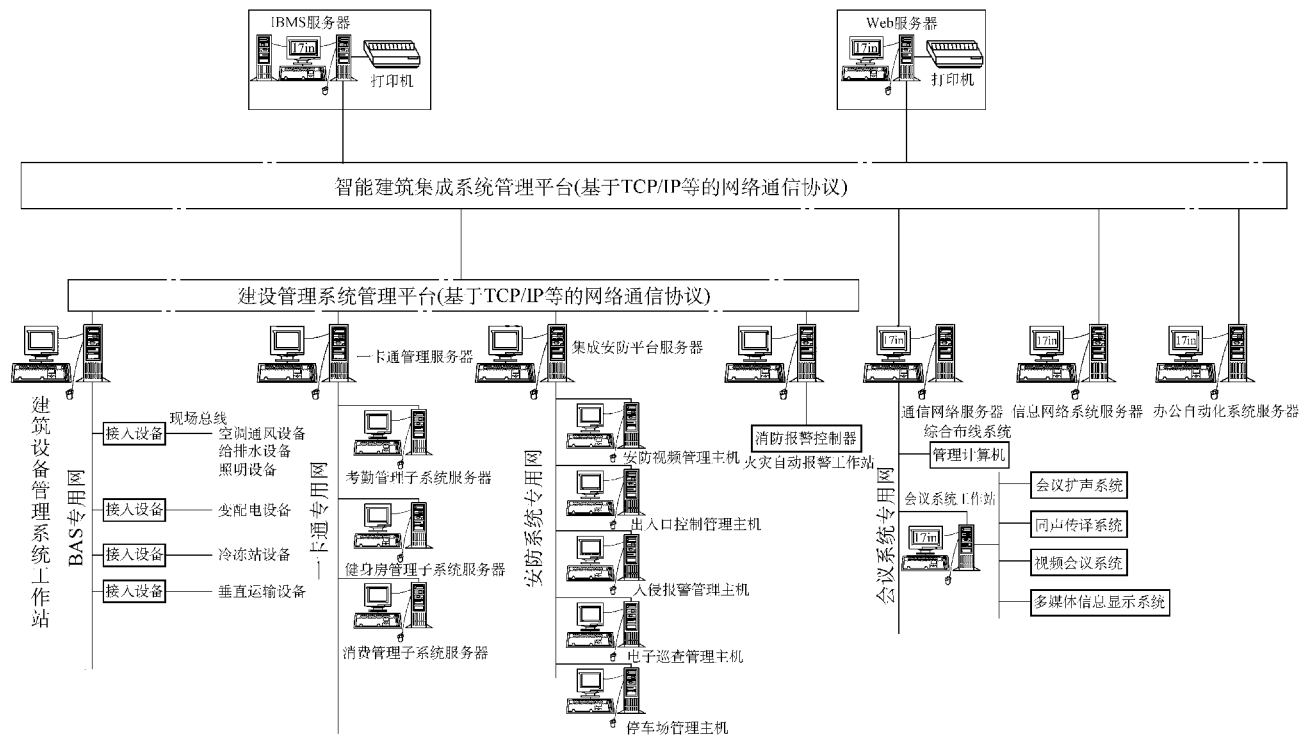


图 8-13 中央集成管理系统

综合管理，将整个大厦监控及管理所需要的重要信息进行综合处理，生成大厦运行管理所需要的综合数据库，从而对所有全局事件进行集中管理，实现在管理计算机上可以得到各子系统的有关数据，并将关系到大厦正常运行、重要的报警信息汇集上来，得到统一的管理，定期输出设备运行及管理的各类报表，为大厦设备的正常、经济运行提供可靠、完整的依据，同时将所有子系统之间需要共享的数据收集上来，存储到统一的开放式数据库中，实现各子系统之间的信息共享和集中的设备监控、报警管理和联动控制功能。

8.7.1 基本要求

中央集成管理系统具备与各子系统连网通信的能力，实现各系统之间语音、数据、图像的资源共享。系统集成的实现意在提高各子系统本身设计水平的基础上，进一步协调不同专业的各种不同子系统间的优化，增加少量投资，以求得总体的优化，并得到更好的经济、环保与社会效益。

1) 在满足用户功能需求的基础上，综合考虑系统、结构、运营与服务的全面目标，集各公司与厂商的产品或系统之长，优选最适宜本工程的软硬件产品与技术。采用开放、先进、灵活、易扩展和标准通信协议的网络平台，通过系统的互连与通信，使资源共享。通过互操作、协调控制与优化管理，充分发挥系统资源的潜在能力，力求整体系统的优化，以求获得长期的经济效益、社会效益与环境效益的统一，并保证该系统可持续发展。

2) 系统集成在硬件方面支持以太网、串行口或 RS-485、RS-232 等，软件支持通用开放协议，如 LonWorks、BACnet、OPC、TCP/IP 等。网络系统采用 C/S 或 B/S 运行模式；主服务器要求具备高可靠性、安全性及容错能力；网络操作系统选用 Windows NT 以上操作系统；要求网络管理标准化，支持网络监视和控制功能。

3) 主干网的网络设备应采用具有备份电源模块化结构，设备模块可以热插拔，主干网上的关键设备具有容错功能；所选主干网接口设备具有故障隔离功能，单个子系统网络故障将不影响系统其余部分的正常功能。

8.7.2 中央集成设计

1. 与设备管理系统的集成

自动显示大厦内机电设备的运行状态和故障报警，主要机电设备的起停、运行记录。机电设备主要包括空调设备、冷冻机组设备、给排水设备、变配电设备、照明设备、电梯等。对所获取的参数进行分析、整理和判断，并提供节能和优化的控制方案，对所有建筑设备的运行进行统计报表。

2. 与通信系统的集成

提供整个网路系统构成、数据流分析和网络管理等的图文信息。

3. 与办公自动化系统的集成

对所有物业的文档资料进行管理，对建筑设备的维修和保养进行管理，可进行

相关信息的查询；对客户需求与消费服务进行管理。

4. 与安防系统的集成

对视频监控系统摄像机位置、地址信息、切换主机的工作状态及所需实时图像信息的显示和记录等；对安防报警系统的入侵报警信息、报警信息地址的显示和记录等。

5. 与一卡通管理系统的集成

对电子巡查系统，可实现巡查路线设置、动态显示、突发事件通报等；对出入口控制系统，可显示读卡机的控制状态，各管制门平面位置、开启和关闭状态，刷卡进出记录，并结合考勤进行管理；对车库管理系统，可实现任意时间段的车位情况分析，包括车流量、收费管理、闸门挡杆状态、季月卡的有效性、报警信息等。

6. 与火灾自动报警系统的集成

对此系统只监不控，但可根据所获得的参数联动其他子系统，可实时图形化显示系统主机的自检状态、故障报警，火灾报警探测器的工作状态（正常/报警）、探测器地址信息，报警时间记录，相关联动设备状态（水泵、电梯、风机、广播等）。

参考文献

- [1] 王可崇. 智能建筑自动化系统 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2008.
- [2] 王可崇, 乔世军, 王晓丽, 等. 建筑设备自动化系统 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2003.
- [3] 张瑞武. 智能建筑 [M]. 北京: 清华大学出版社, 1996.
- [4] 陈龙. 智能小区及智能大楼系统设计 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001.
- [5] 张振昭, 许锦标, 万频. 楼宇智能化技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1999.
- [6] 李晶, 李毓麟. 智能大厦 [M]. 上海: 复旦大学出版社, 1997.
- [7] 陈良宽. 计算机网络与建筑智能化系统集成 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002.
- [8] 吴成东. 智能建筑计算机网络系统设计 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2002.
- [9] 徐超汉, 徐智能. 智能大厦楼宇自动化系统设计方法 [M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1998.
- [10] 卿晓霞. 建筑设备自动化 [M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2002.
- [11] 刘晓胜. 智能小区与通信技术 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2004.
- [12] 张少军. 建筑网络通信与计算机网络技术应用 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2004.
- [13] 陈志新, 李英姿. 现代建筑电气技术与应用 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2001.
- [14] 张少军, 刘静纨. 智能楼宇系统集成中的控制网络分析 [J]. 智能建筑电气技术, 2007, 1 (2): 59-61.
- [15] 满容妍. 谈开放式综合设备网络的必要性 [J]. 智能建筑电气技术, 2008, 2 (2): 46-48.
- [16] 山本和幸, 福永雅一, 黄吉文, 等. 通信协议标准规格 [J]. 智能建筑电气技术, 2008, 2 (2): 28-30.
- [17] 杨世忠, 邢丽娟. 楼宇自控系统性能比较 [J]. 建筑电器, 2007, 26 (6): 34-37.
- [18] 王冬, 周丹. 建筑防火设计中有关防火分区问题的几点看法 [J]. 消防技术与产品信息, 2006 (8): 19-20.
- [19] 姚卫丰. 基于 LonWorks 现场总线的多智能体楼宇控制结构 [J]. 控制系统, 2006, 22 (11): 78-79.
- [20] 白建云. 从集散控制系统到现场总线控制系统 [J]. 电力学报, 2006, 21 (1): 16-19.
- [21] 吴彬. 新一代 BACnet 控制器 [J]. 楼宇自动化, 2007, 126 (5): 27-31.
- [22] 王巍. 应用 BACnet 协议的楼宇自控产品 [J]. 智能建筑, 2008, 78 (2): 64-65.
- [23] 倪晓明. 公共建筑防排烟设施设计的问题分析及对策 [J]. 公用工程设计, 2009 (6): 80-82.
- [24] 董春桥. 面向突发事件的智能建筑管理系统集成设计 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2006.
- [25] 石美新. 建筑智能化系统集成应用研究 [D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2008.
- [26] 郇云涛. 基于 OPC 技术的智能建筑系统集成研究 [D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2008.
- [27] 麻芳义. 楼宇自动化系统集成技术的研究 [D]. 合肥: 合肥工业大学, 2005.
- [28] 张英. 基于 LonWorks 技术的楼宇自控系统及其集成研究 [D]. 重庆: 重庆大学, 2005.
- [29] 刘战国. 智能控制在建筑空调控制系统及电梯群控系统中的应用研究 [D]. 重庆: 重庆大学, 2008.

《电气自动化新技术丛书》

已出版书目

- 大功率交-交变频调速及矢量控制技术（第3版） 马小亮著
- 可编程控制器及其应用 宣练中、王燕生等编
- 电气传动的脉宽调制控制技术（第2版） 吴守箴、臧英杰等著
- 智能控制系统及其应用（第2版） 王顺晃、舒迪前编著
- 异步电动机直接转矩控制 李凤编
- 模糊控制原理与应用（第2版） 诸静等著
- 开关型磁阻电动机调速控制技术 王宏华编著
- 滑模变结构控制 王丰尧编著
- 系统最优化及控制 符曦编著
- 通用变频器及其应用（第2版） 第1版满永奎、韩安荣、吴成东编著，第2版韩安荣主编
- 计算机辅助设计技术及应用 杨竞衡主编
- 电力电子场控器件及其应用 张立、黄两一等编著
- 直流无刷电动机原理及应用（第2版） 张琛编著
- 预测控制系统及其应用 舒迪前编著
- 现代计算机数控系统 冯勇等编著
- 同步电动机调速系统 李志民 张遇杰编著
- 现代矿井提升机电控系统 王清灵、龚幼民编著
- 电力电子器件及其应用 李序葆、赵永健编著
- 交流步进传动系统 孙鹤旭著
- 无速度传感器矢量控制原理与实践（第2版） 冯焱生、曾岳南编著
- 机器人控制技术 孙迪生、王炎编著
- 带钢热连轧计算机控制 刘玠、孙一康主编
- 执行电动机 王季秩、曲家骥编著
- MATLAB语言与自动控制系统（第2版） 第1版魏克新、王云亮、陈志敏编著，第2版魏克新、王云亮、陈志敏、高强编著
- 电机控制专用集成电路 谭建成主编
- 电控及自动化设备可靠性工程技术 徐平、李全灿编著
- 神经网络控制 王永骥、涂健编著
- SPWM变频调速应用技术（第3版） 张燕宾编著

- 控制系统的故障诊断和容错控制 闻新、张洪钺、周露编著
- 交流调速系统（第2版） 陈伯时、陈敏逊编著
- 伺服控制系统中的传感器 曲家骥、王季秩编著
- 工业计算机网络与多媒体技术 张浩编著
- 交直流传动系统的自适应控制 夏超英著
- 电力牵引交流传动与控制技术 黄济荣编著
- 谐波抑制和无功功率补偿（第2版） 第1版王兆安、杨君、刘进军编著，第2版王兆安、杨君、刘进军、王跃编著
- 新型PID控制及其应用（第2版） 第1版陶永华、尹怡欣、葛芦生编著，第2版陶永华主编
- 交流电机数字控制系统 李永东主编
- 可编程控制器技术与应用系统设计 陈在平、赵相宾主编
- PWM整流器及其控制 张崇巍、张兴编著
- 开关电源技术 杨旭、裴云庆、王兆安编著
- 信息社会中的自动化新技术 王志良主编
- 现场总线技术及其应用（第2版） 第1版甘永梅、李庆丰、刘晓娟、王兆安编著，第2版甘永梅、刘晓娟、晁武杰、王兆安编著
- 非线性系统的鲁棒控制及应用 吴忠强著
- 新编电机控制专用集成电路及应用 谭建成编著
- Interbus 现场总线与工业以太网技术 张浩、马玉敏、杜品圣等编著
- 高压大功率交流变频调速技术 张皓、续明进、杨梅编著
- 汽车电子控制装置与应用 王旭东主编
- 交流传动神经网络逆控制 戴先中、刘国海、张兴华编著
- 电力电子与交流传动系统仿真 谢卫编著
- 大容量异步电动机双馈调速系统 解仑、杜沧、董冀媛、祝长生编著
- 智能建筑设备自动化系统 齐维贵、王艳敏、李战赠、李喆编著

注：电气自动化新技术丛书由机械工业出版社出版，新华书店发行、经售。在新华书店购不到时，可与中国自动化学会电气自动化专业委员会邮购部（300180 天津市津塘路174号电话：022-24962354）联系购买。

已出版相关图书目录

- 电气工程安装及调试技术手册（新版）（上、下册） 白玉岷主编
- 中压配电设备二次接线方案施工图集（上、下册）（含1CD） 崔元春编著
- 工业控制自动化技术实用手册 龚顺镒主编
- 电气电子绝缘技术手册 《电气电子绝缘技术手册》编辑委员会编
- 电气工程师手册（第3版） 电气工程师手册第3版编辑委员会
- 电力电子设备设计和应用手册（第2版） 王兆安、张明勋主编
- 实用光学技术手册 王之江、顾培森主编
- 最新通用晶闸管置换手册 本书编写组编
- 变频器应用手册（第3版） 吴忠智、吴加林编著
- 常用变频器功能手册 张燕宾编著
- 调速用变频器及配套设备选用指南（第2版） 吴忠智、黄立培、吴加林编著
- 电力电子技术手册 （美）Muhammad H. Rashid 主编
- 现场总线与工业以太网产品手册 蔡忠勇主编
- 西门子工业网络通信指南（上、下册） 崔坚主编
- 电气传动自动化技术手册（第2版） 天津电气传动设计研究所编著
- PLC 编程实用指南（含1CD） 宋伯生编著
- 电气设备机械结构设计手册 于庆祯、李锋编
- 最新工业自动化测控应用手册 杨帮文编
- 电线电缆手册（第2版增订版）（第1册） 王春江主编
- 电线电缆手册（第2版增订版）（第2册） 徐应麟主编
- 电线电缆手册（第2版）（第3册） 印永福主编
- 工业企业电能质量控制 陈建业编著
- 电梯工程施工技术与质量控制 芮静康编著
- 配电网综合自动化技术 龚静编著
- 工业企业供电实用技术速培指南 孟祥萍、孟晓芳编著
- 电梯现代智能控制技术 岳庆来主编

以上图书由全国各地新华书店经销。也可由中国科技金书网（www.goldenbook.com）订购，
联系电话：010-68993821 010-88379639 010-88379641

● ISBN 978-7-111-29452-8

封面设计 / 电脑制作 :
姚毅

上架指导：工业技术/电气工程/建筑电气

地址：北京市百万庄大街22号
电话服务
社服务中心：(010)88361066
销售一部：(010)68326294
销售二部：(010)88379649
读者服务部：(010)68993821

邮政编码：100037

网络服务

门户网：<http://www.cmpbook.com>

教材网：<http://www.cmpedu.com>

封面无防伪标均为盗版

定价：47.00元

ISBN 978-7-111-29452-8



9 787111 294528 >