



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

建筑智能化概论

苗月季 刘临川 主编

Higher Education



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

建筑智能化概论

苗月季 刘临川 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。全书共分六章,包括绪论、自动化控制基础理论、楼宇自动化系统、安全防范系统、火灾报警控制系统、综合布线系统等。本书针对智能建筑的特点,结合智能建筑自动化系统新产品、新技术、新规范与标准,论述了系统的基本原理与应用技术,内容突出技术理论的先进性与运用的规范性,每章除了说明系统原理、典型设备特点及应用技术外,每个系统都附有工程实例,给读者一个理论与工程实际相结合的启示。

本书可作为高等院校(工程造价、建筑工程管理、建筑设备等专业)智能建筑相关课程的教材,也可作为智能建筑相关从业人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑智能化概论 / 苗月季, 刘临川主编. — 北京 :
中国水利水电出版社, 2010.6
普通高等教育“十一五”国家级规划教材
ISBN 978-7-5084-7559-2

I. ①建… II. ①苗… ②刘… III. ①智能建筑—自
动化系统—高等学校—教材 IV. ①TU243

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第103758号

书 名	普通高等教育“十一五”国家级规划教材 建筑智能化概论
作 者	苗月季 刘临川 主编
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www. waterpub. com. cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市地矿印刷厂
规 格	184mm×260mm 16开本 23.5印张 557千字 1插页
版 次	2010年6月第1版 2010年6月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	42.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前言

智能建筑工程是一门新兴的、多专业结合的边缘学科，它汇集了现代计算机技术、通信技术、自动控制技术的成果，又与建筑技术、电子工程、电工学、自动控制、电气、暖通、给排水等专业密切相关，它既是为达到各系统（如空调、给排水等）使用功能的保证，也是现代化管理的一种手段。随着我国智能建筑的快速发展，对智能建筑相关技术人才的培养显得日益迫切和重要，本教材可作为高等院校（工程造价、建筑工程管理、建筑设备等专业）学生学习用书，也可作为智能建筑从业人员的参考书。

全书共分六章。其中：第一章介绍智能建筑的概念、智能建筑的组成部分以及智能建筑的发展趋势；第二章介绍自动化控制基础理论；第三章介绍楼宇自动化系统；第四章介绍安全防范系统；第五章介绍火灾报警控制系统；第六章介绍综合布线系统。本书为适应不同专业学生的学习，在结构编排上，力求易教易学，致力于概念和原理，对相关的基础知识做了一定的补充，大量使用了图表使解释简明易懂，便于学生自学与思考，通过阅读和学习能较全面地了解建筑智能化系统相关知识，为今后从事智能建筑工程施工、造价、管理等奠定理论基础并做好技术和方法上的准备。

本书由苗月季、刘临川任主编，全书由苗月季统稿。

本书参考了有关“建筑智能化”的大量书刊资料，并引用了部分内容，列入参考文献，在此对这些书刊资料的作者表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中不妥和错误之处恳请读者批评指正。

编 者

2010年3月

前言

第一章 绪论	1
第一节 智能建筑的概念	1
第二节 智能建筑的起源与发展	3
第三节 智能建筑的组成部分	4
第四节 智能建筑的系统集成	5
第五节 智能建筑的发展趋势	6
思考题与习题	7
第二章 自动化控制基础理论	8
第一节 检测技术与常用传感器	8
第二节 自动控制基本原理与系统组成	18
第三节 楼宇电气控制基础	36
第四节 计算机控制技术	45
第五节 现场总线控制系统	54
第六节 楼宇自动化系统通信协议——BACnet 标准	60
第七节 基于 DCS 的控制系统产品	65
思考题与习题	70
第三章 楼宇自动化系统	71
第一节 楼宇设备自控系统的网络结构	71
第二节 传感器	75
第三节 执行器	77
第四节 空调通风设备监控系统	80
第五节 给、排水系统的监控	108
第六节 供配电及照明系统的检测与控制	116
第七节 某项目公共设备监控系统投标实例	135
思考题与习题	144
第四章 安全防范系统	145
第一节 概述	145
第二节 防盗报警系统	146

第三节	闭路监控系统	165
第四节	其他楼宇安全防范与管理系统	190
第五节	某项目闭路监控及报警系统投标实例	205
	思考题与习题	218
第五章	火灾报警控制系统	219
第一节	火灾报警控制系统的工作原理和运行机制	219
第二节	火灾自动报警系统基本形式的选择	222
第三节	火灾报警控制器	227
第四节	火灾探测器	233
第五节	火灾自动报警系统的线制	244
第六节	消防联动控制器	252
第七节	联动控制系统的主要组成部分及其功能	254
第八节	某工程消防报警系统	279
第九节	某工程火灾自动报警及消防联动控制系统投标实例	281
	思考题与习题	293
第六章	综合布线系统	294
第一节	概述	294
第二节	综合布线系统的组成	298
第三节	综合布线系统的网络结构	301
第四节	综合布线系统的传输介质	303
第五节	综合布线系统的接续设备	312
第六节	网络连接设备	318
第七节	综合布线的主要参数指标	323
第八节	综合布线的系统设计	331
第九节	某工程综合布线系统案例	350
	思考题与习题	367
	参考文献	368

第一章 绪 论

第一节 智能建筑的概念

一、智能建筑的定义

所谓“智能建筑”是计算机、信息通信等技术融入建筑行业的产物，这些先进技术使建筑物内电力、照明、空调、防灾、防盗、运输设备等实现了管理自动化、远端通信和办公自动化的有效运作。

“智能建筑”从整个技术角度来看，它是计算机技术、控制技术、通信技术、微电子技术、建筑技术和其他很多先进技术相结合的产物，几乎融合了信息社会中人类所有智慧。但是，目前国际上关于智能建筑尚未有统一的定义。美国智能大厦协会（AIBI）认为：智能建筑是通过对建筑物的结构、系统、服务和管理四项基本要素及其之间的内在关系进行最优化，来提供一个投资合理的，具有高效、舒适、便利的环境的建筑物。日本智能大楼研究会认为：智能大楼是指具备信息通信、办公自动化信息服务，以及楼宇自动化各项功能的、便于进行智力活动需要的建筑物。新加坡政府的公共事业部门，在其《智能大厦手册》内规定，智能建筑必须具备三个条件：一是具有先进的自动化控制系统，能对大厦内的温度、湿度、灯光等进行自动调节，并具有保安、消防功能，为用户提供舒适、安全的环境；二是具有良好的通信网络设施，以保证数据在大厦内流通；三是能够提供足够的对外通信设施。

智能建筑与传统建筑最主要的区别在于“智能化”。也就是说，它不仅具有传统建筑物的功能，而且具有智能（或智慧）。“智能化”可以理解为，具有某种“拟人智能”的特性或功能。建筑物的智能化意味着具有以下几种功能。

- (1) 对环境和使用功能的变化具有感知能力。
- (2) 具有传递、处理感知信号或信息的能力。
- (3) 具有综合分析、判断的能力。
- (4) 具有做出决定，并且发出指令信息提供动作响应的能力。

以上四种能力建立在上述三大系统有机结合、系统集成的基础上，智能化程度的高低，取决于三大系统有机结合、渗透的程度，也就是系统综合集成的程度。

我国对于智能建筑的定义，国家标准《智能建筑设计标准》（GB/T 50314—2000）定义如下：它是以建筑为平台，兼备建筑设备、办公自动化及通信网络三大系统，集结构、系统、服务、管理及其之间的最优化组合，向人们提供一个安全、高效、舒适、便利的建筑环境。

国外对“智能建筑”的定义都不相同。最先提出“智能建筑”思想的美国就认为没有



固定特性的定义,智能建筑是将结构、系统、服务和管理等四项基本要求,及其之间的内在关系进行优化组合,所有建筑的智能设计是要提供一个投资合理,又具有高效、舒适、便利的环境。日本则认为具有建筑自动化、远程通信和办公自动化,这三种功能结合起来有效运作的建筑就为“智能建筑”。欧洲一些国家认为能创造一种可以使用户发挥最高效率环境的建筑即为“智能建筑”,他们把用户的需要作为智能建筑的定义。

而中国智能建筑专业委员会建议,“智能建筑”是利用系统集成方法,将智能型的计算机技术、通信技术、信息技术与建筑艺术有机结合,通过对设备的自动监控、对信息资源的管理和对使用者的信息服务及其与建筑的优化组合,所获得的投资合理、适合信息社会需要,并且具有安全、高效、舒适、便利和灵活特点的建筑物。

各国的国情不同,对智能建筑的需求也不同,导致侧重点不同,因此定义也不同。另外,“智能建筑”的含义还随着科学技术发展而不断完善,因此它的定义也随着高速发展的科学技术不断地变化和充实。

二、智能建筑的特征

“智能建筑”的固有特征是:建筑物管理服务自动化;办公资源自动化;信息通信自动化。智能建筑的服务综合为几个子系统,这些子系统的资源共享成为整个系统的资源互补,这样能有效地构成一个综合系统来满足建筑物的各种复杂要求。“智能建筑”提供一个优越的生活环境和高效的工作环境,且具有舒适性、高效性、方便性、适应性、安全性和可靠性的特征。

三、智能建筑分类

人们通常将智能建筑分为以下几类。

1. 智能大楼

智能大楼的基本框架是将 BA、CA、OA 三个子系统结合成一个完整的整体,发展趋势则是向系统集成化、管理综合化和多元化以及智能城市化的方向发展,真正实现智能大楼作为现代化办公和生活的理想场所。

2. 智能广场

智能建筑将从单体大楼转变为成片开发,形成一个位置相对集中的建筑群体,称之为智能广场(PLAZA)而且不局限于办公类大楼,还在向公寓、酒店、商场、医院、学校等建筑领域扩展。

3. 智能化住宅

智能化住宅的发展分为三个层次,首先是家庭电子化(Home Electronics, HE),其次是住宅自动化(Home Automation, HA),最后是住宅智能化,美国称其为智慧屋(Wise House, WH),欧洲则称为时髦屋(Smart Home, SH)。智能化住宅是指通过家庭总线(Home Distribution, HDS)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之中,进行集中或异地的监视控制和家庭事务性管理,并保持这些家庭设施与住宅环境的协调,提供工作、学习、娱乐等各项服务,营造出具有多功能的信息化居住空间。

4. 智能化小区

智能化小区是对有一定智能程度的住宅小区的笼统称呼。智能化小区的基本智能被定



义为“居家生活信息化、小区物业管理智能化、IC卡通用化”。智能小区建筑物除满足基本生活功能外，还要考虑安全、健康、节能、便利、舒适五大要素，以创造出各种环境（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），从而使小区智能化有不同的等级。

5. 智能城市

在实现智能化住宅和智能化小区后，城市的智能化程度将被进一步强化，出现面貌一新的、以信息化为特征的智能城市。

智能城市的主要标志首先是通信的高度发达，光纤到路边（Fiber To The Curb, FT-TC）、光纤到楼宇（Fiber To The Building, FTTB）、光纤到办公室（Fiber To The Office, FTTO）、光纤到小区（Fiber To The Zone, FTTZ）、光纤到户（Fiber To The Home, FTTH）；其次是计算机的普及和城际网络化，届时，在经历了“统一的连接”、“实时业务的集成”、“完全统一”三个发展阶段后，将出现在网络的诸多方面进行统一的“统一网络”。计算机网络将覆盖人们的工作、学习、办公、购物、炒股、休闲等几乎所有领域，电子商务成为时尚；再次是办公作业的无纸化和远程化。

6. 智能国家

智能国家是在智能城市的基础上将各城际网络互联成广域网，地域覆盖全国，从而可方便地在全国范围内实现远程作业、远程会议、远程办公。也可通过 Internet 或其他手段与全世界相沟通，进入信息化社会，整个世界将因此而变成“地球村”。

四、智能建筑的功能

“智能建筑”的功能体现在以下几个方面。

- (1) 具有信息处理功能。
- (2) 各中心之间能进行通信，信息通信的范围不局限于建筑物内部，应能在城市、地区和国家之间进行。
- (3) 能对建筑物内照明、电力、暖通空调、给排水、防灾、防盗及运输设备等进行综合自动管理。
- (4) 能实现各种设备运行状态监视和统计记录的设备管理自动化，并实行以安全状态监控为中心的防灾自动化功能。
- (5) 功能可随技术进步和社会发展所需具有可适应性和扩展性。

第二节 智能建筑的起源与发展

智能建筑是为了适应现代信息社会对建筑物的功能、环境和高效率管理的要求而产生的，它是采用计算机技术对建筑物内的设备进行自动控制、对信息资源进行管理和对用户提供信息服务等的一种新型建筑。

智能建筑是最近十几年才发展起来的，能很快在全球迅速发展有其原因。20 世纪 70 年代末，随着社会信息化进程加快，信息也同其他科学技术一样成为竞争和巩固企业地位及推动发展的手段。现代科学技术的发展，使大量信息的积累、处理、传递变得无比迅速和相对廉价，建筑和信息技术的结合就成了必然的趋势。而且当时全球经济特别是东亚经



济腾飞,生产力特征由劳动力资源型转向智力资源型,需要高效的工作场所,为智能建筑提供了广阔的买方市场。同时也出现了一大批从事智能建筑、系统集成商和技术咨询公司,使智能建筑的发展有了广泛而坚实的基础。而现代计算机网络技术的发展是智能建筑强有力的技术支撑。

“智能建筑”最早出现于1984年1月美国康涅狄格州所建“都市办公大楼”(Mty-place Building),该大楼用最先进的技术来控制电力、照明、空调、防灾、防盗、运输设备以及通信和办公自动化,除了有舒适、安全的办公条件外,还具有高效、经济的特点,这是世界上公认的第一座“智能建筑”。不久,日本于1985年8月在东京青山建成“青山大楼”,该大楼具有良好的综合功能,除了舒适、安全、高效、经济外,还方便、节能,使“智能建筑”又得到了进一步发展。由美国、日本勾画了“智能建筑”基本特征,随后世界各地的“智能建筑”蓬勃发展起来,英、法、德等国都积极筹建“智能建筑”。

随着社会高度信息化的推进,“智能建筑”已成为现代化建筑的新趋势。目前,国外“智能建筑”朝两个方面发展,一方面不限于智能化办公楼,正向公寓、商店、商场等建筑领域扩展,特别是向住宅发展;另一方面已从单一建造发展到成片规划开发,如“智能广场”、“智能社区”等。

我国“智能建筑”起步较晚,直到20世纪80年代末才开始有较大发展。1986年在我国“七五”计划初期,由国家计划委员会同国家科委主持制订国家“七五”重点科技攻关项目,到1998年5月建设部成立建筑自动化系统工程设计专家工作委员会,为积极引导市场规范化,推进智能建筑业的健康发展做出了积极的努力,同年5月在北京又成立了中国智能建筑专家网(CIBnet)。

1999年建设部住宅产业化办公室召开了住宅小区智能化技术论证研讨会,制订了住宅小区智能化分级功能设置,并编制《住宅小区智能化技术准则》,组织实施住宅小区智能化技术示范工程。这样使我国“智能建筑”纳入了正常发展轨道。近几年来,在北京、上海、广州相继建成了不少具有相当水平的智能建筑。

第三节 智能建筑的组成部分

现代“智能建筑”主要是建筑技术与信息技术相结合的产物,是随着科学技术的进步而逐步发展充实的,现代建筑(Architecture)技术、现代计算机(Computer)技术、现代通信(Communication)技术、现代控制(Control)技术,是智能建筑发展的基础。智能建筑是由以下几个系统组成的。

一、建筑自动化控制系统

建筑自动化控制系统(BAS)采用计算机技术、自动化控制技术和通信技术组成的高度自动化综合管理系统,对建筑物内所有机电设施进行自动控制,这些机电设施包括变配电、给排水、采暖通风、空气调节、火警保安、交通运输等系统,用计算机实行全自动的综合监控管理,建筑自动化系统一般有以下几个方面。

1. 管理系统

它主要包括:热源、空调设备最佳控制;温、湿度自动调节控制;调度运转控制;电



梯管理；大楼的环境；设备状态测定记录；能源计量、计费；远程控制等。

2. 安全防范系统

它主要包括：远程监视；出入口控制；火灾探测、报警、灭火及火灾控制；排烟控制、避难自动引导；煤气泄漏探测；报警系统；漏水探测系统；停车场自动管理系统；地震监视系统；停电控制系统等。

3. 节能系统

它主要包括：照明自动调光；照明自动开关系统；供电需求控制系统；节约用水控制系统；空调冷暖自动控制系统等。

二、通信系统

通信系统（CAS）主要有语音通信、数据通信、图形图像通信。智能建筑中的信息通信设施一般以程控用户交换机（PABX）为基础，并与其他外部通信设施联网，能利用高速数字传输网络或卫星通信系统进行信息传输，通信系统包括以下几种。

- (1) 以建筑物为中心的多功能程控电话和电视电话系统。
- (2) 电视电话会议和电子电话会议系统。
- (3) 电子邮政系统（包括电子邮件、高速传真邮件和原稿传真邮件等）。
- (4) 电传打字和数据传输系统。
- (5) 传真、电视和闭路电视系统。
- (6) 卫星通信和专用无线电通信系统。

先进的通信系统既可传输话音、数据，还可传输图像等多媒体信息。不同功能的建筑物，对通信要求也有所不同，信息产业部门会根据需求提供相应的应用系统。

三、办公自动化系统

办公自动化系统（OAS）是智能建筑最基本的内容之一，它能对来自建筑物内、外部等各种信息，给予收集、处理、存储、检索等综合处理。它提供了先进的信息处理功能，并可提供各种为办公事务的决策支持体系，极大地方便了办公事务的处理。该系统主要包括以下两种。

1. 共用信息系统

它包括局域网系统、公用数据库、主计算机系统、专家系统、综合统计系统、电子出版系统、可视图文系统、会议电视系统等。

2. 用户专用信息处理系统

它包括分体式办公信息管理系统、办公设备（服务器、传真器、复印机、扫描仪、打印机、文字处理机等）、应用系统（办公、财务、人事、情报等管理系统）。

第四节 智能建筑的系统集成

系统集成的概念，就是将各种各样的新技术、实用技术在应用的层面上进行合作，并使它们工作起来就像一个应用系统那样协调，系统集成的意义在于当各种信息和新技术如同潮水般地涌来时，如何根据需要对各种信息进行智能化的寻找、检索、过滤和选择，对各种新技术进行组合、归纳和集成，使之生成有价值的信息和再生新的应用技术，为了达



到这个目的,系统集成成了关键问题。

系统集成在实际应用中,就是借助于结构化的综合布线系统和计算机网络技术,把构成智能建筑的三大要素作为核心,将语音、数据和图像及监控等信号,经过统一的筹划设计综合在一套结构化的布线中,并通过贯穿大楼内、外的布线系统和公共通信网络为桥梁,以及协调各类系统和局域网之间的接口和协议,把那些分离的设备、功能和信息有机地连成一个整体,从而构成一个完整的系统。使资源达到高度共享,管理实现高度集中。

系统集成包括设备的集成、系统软件的集成、应用软件的集成、人员的集成、管理机构的集成和管理方法的集成等方面。可以认为,系统集成是对软件、硬件及多元化信息综合和统一的过程。实质上,系统集成就是系统平台的集成。所谓“系统平台”就是应用系统的开发和运行环境,系统集成应是各类设备、子系统及系统平台达到完整统一,它支持智能建筑中功能和环境的各个方面,并且功能齐全,在用户界面上一致。

系统集成的实现,关键在于解决系统之间的互连性和互操作性问题,这是一个多厂家、多协议和面向各种应用体系的结构。这需要解决各类设备、子系统之间的接口、协议、系统平台、应用软件和其他相关子系统、建筑环境、施工管理及人员配备等问题,涉及多学科、多领域的复杂的系统工程,贯穿于智能建筑的规划、设计、施工和管理的全过程。

第五节 智能建筑的发展趋势

当前,智能建筑直接利用的技术是建筑技术、计算机技术、网络通信技术、自动化技术。在 21 世纪的智能建筑领域里,新技术不断涌现,如信息网络技术、控制网络技术、智能卡技术、可视化技术、流动办公技术、家庭智能化技术、无线局域网技术(含蓝牙技术)、卫星通信技术、双向电视传输技术等,都将有更加深入广泛的应用。

智能建筑的发展,带动了建筑设备智能化技术的快速发展。近年来,空调、制冷、电梯、变配电、照明等系统与设备的控制系统的智能化程度越来越高,建筑智能化的外延在扩展,如智能化的建筑材料(自修复混凝土、光纤混凝土)、智能化的建筑结构。国内近几年智能建筑的发展,已经带动和促进了相关行业的发展,成为高新技术产业的重要组成部分,一方面为智能建筑功能的提高提供了有力的技术支持,另一方面也促进了相关行业产品技术水平的不断提高和产品的更新换代。

智能建筑中各个系统向开放性和集成化方向发展,特别是开放性控制网络技术正在向标准化、广域化、可移植性、可扩展性和互可操作性方向发展。由于智能建筑系统是多学科、多技术的系统集成整体,因而开放式可互操作性系统技术的规范化、标准化,就成为实现智能化建筑及其产品设备与系统的产业化技术水平的核心。智能建筑中各种系统、网络正在相互融合、简化,如智能建筑的发展推动了移动办公的发展,使办公不再受到地域的限制,减少了交通开支。

“可持续发展技术”是智能建筑技术发展的大方向。新兴的环保生态学、生物工程学、生物电子学、仿生学、生物气候学、新材料学等技术,正在渗透到建筑智能化的多学科、多技术领域,实现人类聚居环境的可持续发展目标,从而在国际上也形成所谓“可持续



发展技术产业”。目前，欧洲、美国、日本等发达国家也在尝试运用高新技术有规模地建设智能型绿色建筑、智能型生态建筑。

智能建筑的概念也在发展，目前智能建筑正和节能建筑、环保建筑、生态建筑、绿色建筑、信息建筑、数字建筑、网络建筑相结合而发展。

智能建筑正在从单体向建筑群和数字化社区、数字化城市发展。智能建筑（群）和具备了“智能建筑”特点的现代化居住小区，虽然它们都建成了自己独具特色的综合“信息系统”，但从整个城市来讲，它们仍只是一个功能齐全的“信息孤岛”。如果将这些“信息孤岛”有机地联系起来，更大地发挥它们的功能和作用，进而将整个城市推向现代化、信息化和智能化，这就产生了“数字城市”的概念。可以说“数字城市”是“智能建筑”概念的具有特殊意义的扩展。可以想象将住宅、社区、医院、银行、学校、超市、购物中心等所有智能建筑通过信息网络连接形成“数字城市”信息平台之上的“智能建筑”、“智能小区”、“智能住宅”。这些可以预见的前景，预示着智能建筑具有极其广阔的发展空间。

智能建筑在向绿色的方向发展，智能化系统在建筑物内提供一个更节能、环保的优良工作、生活空间。可防治电磁污染，避免或减少信息垃圾的产生。

智能建筑的标准化工作正向着国际化、模块化、个性化的方向发展。

智能建筑及其相关高新技术产业正在世界范围内高速发展，其巨大的经济效益使之充满活力，并将成为 21 世纪的主要高技术产业之一。

思考题与习题

- 1-1 什么是智能建筑？
- 1-2 智能建筑的技术支撑是什么？
- 1-3 简述智能建筑的组成部分。
- 1-4 何谓系统集成？其作用是什么？

第二章 自动化控制基础理论

楼宇自动化系统是对建筑（群）的电力设备、照明、空调、通风、给排水、火灾报警、消防灭火、送风排烟、安防、电梯等设备及系统进行监控和管理，每一个设备或系统的具体监控原理、内容和功能不尽相同，但都没有超出设备与系统的监视、测量、控制与调节所涵盖的技术范围。

第一节 检测技术与常用传感器

一、检测技术概述

在楼宇自动化系统中，通常要对温度、湿度、压力、流量、浓度、液位等参数进行检测和控制，使之处于最佳的工作状态，以使用最少的材料及能源消耗，获得较好的经济效益。同时，也要对建筑内部关系到人身安全、设备与系统运行安全、环境与财产安全的因素与状态进行全面监视，及时发现危险源或险情，并采取有效的防范措施，保证建筑环境的质量与安全，最大限度地保护人身与财产安全。因此必须及时掌握描述它们特性、运行过程的各种参数和反映安全状态的相关变量，首先就要求测量这些参数和变量的值。

测量是取得各种事物的某些特征的直接方法。从计量角度来讲，测量就是把待测的物理量直接或间接地与另一个同类的已知量进行比较，并将已知量或标准量作为计量单位，进而定出被测量是该计量单位的若干倍或几分之几，也就是求出待测量与计量单位的比值作为测量的结果。

自动检测技术归纳起来可以分为两大类：一类是测量电压、电流、电阻、电抗、功率因数等电量参数的检测；另一类是温度、湿度、压力等非电量参数的检测。这些非电量参数到电量参数的转换，是根据电学性质或原理与被测非电量之间的特定关系来实现的。如热敏电阻就是利用温度变化引起被测物体电阻的变化，然后再根据电学原理，将温度值转换成对应的电流或电位。将非电量转换为电量的器件，通常称为传感器，传感器在自动检测技术中占有极为重要的地位，在某些场合成为解决实际问题的关键。

图 2-1 是电量自动检测单元基本结构，图 2-2 是非电量自动检测单元基本结构。

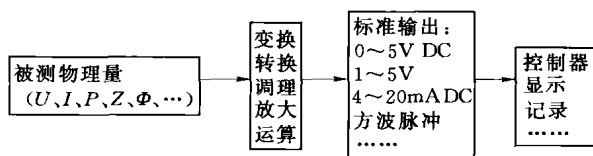


图 2-1 电量自动检测单元的基本结构

二、楼宇自动化系统常用传感器

广义的 BAS 是现代建筑物或建筑群内的电力、照明、空调、给排水、火灾、保安、车库管理等设备或系统的集中监视、控制和设备综合系统。传感器/探测器是必不可少的重要组成部分。

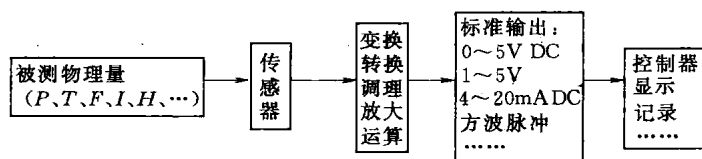


图 2-2 非电量自动检测单元的基本结构

这里只简单讨论温度、湿度、压力、流量等现代建筑常用到的非电物理量的测量传感器的工作原理。用于火灾、防盗、入侵等防灾、保安的传感器/探测器在后面的章节进行专门讨论。

(一) 温度传感器

温度是表征被测对象冷热程度的物理量，它在楼宇控制中是一个极为重要的参数。温度的自动调节能给人们提供一个舒适的工作与生活环境，通过合理的温度控制又能有效地降低能源的消耗。

现代建筑中的温度测量通常根据下列方法进行。

(1) 电阻测温：铜电阻（ $-5\sim 150^{\circ}\text{C}$ ）、铂电阻（ $200\sim 600^{\circ}\text{C}$ ）、热敏电阻（ $-200\sim 0^{\circ}\text{C}$ 、 $-50\sim 50^{\circ}\text{C}$ 、 $0\sim 300^{\circ}\text{C}$ ）的阻值随温度变化而变化，通过测量感温电阻的电阻值来测量温度。

(2) 半导体测温：半导体 PN 结的结电压随温度的变化而变化，通过测量感温元件（结）电压变化来测量温度变化。

(3) 热电偶测温：根据热电效应，将两种不同的导体接触并构成回路，若两个接点温度不同，回路产生热电势，通过测量热电偶的电势测量温度。

1. 热电阻温度传感器

利用导体电阻随温度变化而变化的特性制成的传感器，称为热电阻温度传感器。

在测量低于 150°C 的温度时，经常利用金属导体的电阻随温度变化的特性进行测温。例如，铜电阻温度系数为 $4.25\times 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$ ，当温度从 0°C 升高到 100°C 时，铜电阻增加大约 40%，因此只要确定电阻的变化就能得知温度的高低。

用金属电阻作为感温材料，要求金属电阻温度系数大，电阻与温度成线性关系，在测温范围内物理化学性能稳定，在常用感温材料中首选铜和铂。

金属电阻与温度的线性关系如下：

$$R_t = R_0(1 + \alpha t)$$

式中 R_t ——温度 t 时的电阻值；

R_0 ——温度零摄氏度时的电阻值；

α ——电阻的温度系数，铂金属 $\alpha = 3.908\times 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$ ，铜金属 $\alpha = (4.25\sim 4.28)\times 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$ 。

铂金属电阻的特点是精度高，性能稳定可靠，被国际组织规定为 $-259\sim +630^{\circ}\text{C}$ 间的基准，但铂属于贵金属，价格高。

铜金属制成的热电阻：优点是价格便宜，电阻与温度之间线性度好；缺点是电阻率低（ $\rho_{\text{Cu}} = 1.7\times 10^{-8}\Omega\cdot\text{mm}^2/\text{m}$ ， $\rho_{\text{Pt}} = 9.81\times 10^{-8}\Omega\cdot\text{mm}^2/\text{m}$ ），所以制成电阻率一样的热电



阻,铜电阻要细一些,机械强度差,体积也大些。另外,铜高温时会使局部氧化,只能在低温及没有侵蚀性的介质中工作。用镍制成的热电阻,正好能弥补铜电阻的缺陷,价格又比铂低。因此,在要求高精度、高稳定性的测量回路中,通常使用铂热电阻材料制成的传感器。要求一般、具有较高稳定性要求的测量回路,通常使用镍电阻传感器。档次低、只有一般要求的测量回路,可选用铜电阻传感器。

在使用热电阻测温时,要充分注意热电阻与外部导线的连接,因为外部的连接导线与热电阻是串联的,如果导线电阻不确定,测温是无法进行的,因此,不管外接导线长短如何,必须使导线电阻符合规定值(由检测仪表测量,一般为 5Ω),如果不足,用锰铜电阻丝补齐。为了提高测量精度,常用三线热电阻电桥测量法。

利用半导体的电阻随温度变化的属性制成温度传感器,是常采用的又一种测温方法。

半导体的电阻对温度的感受灵敏度特别高,在一些精度要求不高的测量和控制电路中得到广泛应用,上述提及的铜电阻当温度每变化 1°C 时,阻值变化 $0.4\%\sim 0.5\%$ 。而半导体电阻温度每变化 1°C ,则阻值变化可达 $2\%\sim 6\%$,所以其灵敏度要比其他金属电阻高出一个数量级,这样将它作为热敏电阻时,其测量和放大线路非常简单。

半导体热敏电阻的温度系数是负的,温度升高时,半导体材料内部载流子密度增加,故电阻下降,其电阻和温度的关系为

$$R_T = R_{T_0} e^{\beta(1/T + 1/T_0)}$$

式中 R_T 、 R_{T_0} ——分别表示 T (K) 与 T_0 (K) 时的电阻阻值;

β ——常数,与材料成分及制造方法有关。

由于半导体热敏电阻的特性曲线不太一致,因此互换性差,使其在实际使用中受到一定限制。目前半导体热敏电阻的测量温度为 $-50\sim +300^\circ\text{C}$ 。

2. 热电势温度传感器

半导体测温、热电偶测温都属于利用热电势测温的范围。

(1) 以热电偶为材料的热电势传感器。两种不同的导体或半导体连接成闭合回路时,若两个不同材料接点处温度不同,回路中就会出现热电动势,并产生电流。这一热电动势包括接触电势和温差电势两部分,主要是由接触电势组成。

两种不同导体 A、B 接触时,由于两边自由电子密度不同,在交界面上产生电子的相互扩散,致使在 A、B 接触时产生电场,以阻碍电子的进一步扩散,达到最后平衡。平衡时接触电动势取决于两种材料的种类和接触点的温度,这种装置称为热电偶。

将热电偶材料一端温度保持恒定(称为自由端或冷端),而将另一端插在需要测温的地方,这样两端的热电势就是被测温度(工作端或热端)的函数,只要测出这一电势值,就能确定被测点的温度。

制成热电偶的材料,必须在测温范围内有稳定的化学与物理性质,热电势要大,与温度接近线性关系。

铂及其合金属于贵金属,其组成的热电偶价格最贵,优点是热电势非常稳定。铜、康铜价格最便宜;镍铬、康铜居中,而它的灵敏度又最高。由于热电偶的热电势大小不仅与测量温度有关,还决定于自由端(冷端)温度,即电势的大小取决于测量端与自由端的温差。由于自由端距热源较近,因其温度波动较大,给测量带来误差,为克服这个缺点,通



常采用补偿导线和热电偶连接,补偿导线的作用就是将热电偶的自由端延伸到距热源较远、温度比较稳定的地方,对补偿导线的要求是它在温度比较低时的特性与热电偶相同或接近,且价格低廉。常用的各种热电偶材料、测量范围、灵敏度及特点见表 2-1。

表 2-1 几种常用的标准型热电偶

热电偶名称	分度号	热电丝材料	测温范围 ($^{\circ}\text{C}$)	平均灵敏度 ($\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$)	特 点
铂铑 ₁₁ -铂铑 ₆	B	正极 Pt70%, Rh30% 负极 Pt94%, Rh6%	0~+1800	10	价贵,稳定性好,精度高,在氧化气氛中使用
铂铑 ₁₀ -铂	S	正极 Pt90%, Rh10% 负极 Pt100%	0~+1600	10	同上,线性度优于 B
镍铬-镍硅	K	正极 Ni90%, Cr10% 负极 Ni97%, Si2.5% Mn0.5%	0~+1300	40	线性好,价廉,稳定,可在氧化及中性气氛中使用
镍铬-康铜	E	正极 Ni90%, Cr10% 负极 Ni60%, Cu60%	-200~+900	80	灵敏度高,价廉,可在氧化及弱还原气氛中使用
铜-康铜	T	正极 Cu100% 负极 Ni60%, Cu60%	-200~+400	50	价廉,但铜易氧化,常用于 150 $^{\circ}\text{C}$ 以下温度测量

(2) 以半导体 PN 结为材料的热电势传感器。利用温度变化造成半导体 PN 结电压变化的传感器称为热电势传感器。常用的集成温度传感器,就是这种热电势传感器,这种传感器使用方便,工作稳定,价格便宜,且具有高精度的放大电路。在 -50~150 $^{\circ}\text{C}$ 之间,按 $1\mu\text{A}/\text{K}$ 的恒定比值,输出一个与温度成正比的电流,通过对电流的测量,即可测得所要测量的温度值。集成温度传感器,输出阻抗高,适用于远距离传输。

(二) 湿度传感器

在现代建筑中,根据不同的场所,不同的工作环境,需要把空气湿度控制在相应的范围内,湿度过高、过低都会使人感到不适。在一定的温度和压力下,单位体积空气中所含的水蒸气量称为绝对湿度,单位为 g/m^3 。空气中所含实际水蒸气量与同一温度下所含最大水蒸气量的比值用百分比表示,称为相对湿度,单位为 %RH。相对湿度与该温度下空气的最大水蒸气量有关,是一个与温度相关的物理量。

在一定压力下,含一定量水蒸气的空气,当温度降低一定值时,空气中的水蒸气将达到饱和状态,开始由气态变成液态,称为“结露”,此时的温度称露点,单位为 $^{\circ}\text{C}$ 。温度继续下降,液态可能要变成固态,即结冰。冰冻会给设备带来一定的危害,这在系统控制中一定要加以注意。

湿度测量一般用湿敏元件,常用湿敏元件有阻抗式和电容式两种。阻抗式湿敏元件的阻抗与温度呈非线性关系。

1. 阻抗式湿度传感器

(1) 金属氧化物湿度传感器。湿蒸发膜湿度传感器是利用湿薄膜具有较大的吸湿面这一特点研制而成的。在绝缘管上镀一层铂膜,然后以细螺距将铂膜刻成宽度约为 0.1cm