



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高校建筑环境与设备工程专业指导委员会规划推荐教材

暖通空调系统自动化

安大伟 主编
任庆昌 主审

中国建筑工业出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高校建筑环境与设备工程专业指导委员会规划推荐教材

暖通空调系统自动化

安大伟 主编
任庆昌 主审

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

暖通空调系统自动化/安大伟主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2009

普通高等教育“十一五”国家级规划教材. 高校建筑环境与设备工程专业指导委员会规划推荐教材

ISBN 978-7-112-11026-1

I. 暖… II. 安… III. ①采暖设备-自动控制-高等学校-教材②通风设备-自动控制-高等学校-教材③空气调节设备-自动控制-高等学校-教材 IV. TU83

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 090456 号

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材, 高校建筑环境与设备工程专业指导委员会规划推荐教材。全书共十章, 主要内容包括: 概述, 控制器, 暖通空调自动控制常用传感器, 暖通空调自动控制常用执行器, 暖通空调计算机控制系统, 暖通空调常用设备控制方法, 空调水输配系统控制, 供暖系统的调节与控制, 空调系统的自动控制, 智能建筑和建筑设备自动化系统。

本书可作为高等学校建筑环境与设备工程专业的教材, 也可供相关专业工程技术人员参考。

* * *

责任编辑: 齐庆梅
责任设计: 赵明霞
责任校对: 刘 钰 陈晶晶

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高校建筑环境与设备工程专业指导委员会规划推荐教材

暖通空调系统自动化

安大伟 主编

任庆昌 主审

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京市彩桥印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 19¼ 插页: 1 字数: 468 千字

2009年7月第一版 2009年7月第一次印刷

定价: 30.00 元

ISBN 978-7-112-11026-1

(18271)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前 言

1999年原暖通空调专业调整为建筑环境与设备工程专业以后，专业课程体系中增加了建筑设备自动化方面的内容，为了满足专业调整后课程教学的需要，按照建筑环境与设备工程专业教学指导委员会的统一规划，在多年教学实践的基础上，经过不断总结归纳，编写了本教材。

本书首先介绍了暖通空调自动控制系统常用的控制器、传感器、执行器以及计算机控制系统的原理、结构、性能等内容。然后，就暖通空调中的冷热源、水系统、采暖与通风和中央空调等实现自动化控制方面的问题进行了介绍和分析，最后对目前蓬勃发展中的智能建筑和建筑设备自动化技术进行了简要介绍。

本书没有采用一般建筑设备自动化书籍的写法，尽量减少理论论述和公式推导，而是从建筑环境与设备工程专业学生的迫切需要出发，以自动化技术在暖通空调领域的应用为重点，对暖通空调自动控制中用到的自动化设备和系统，特别是自动化设备与暖通空调系统的结合进行了重点的介绍。目的是想让建筑环境与设备工程专业的学生通过本书的学习，对自动化技术在暖通空调中的应用有一个比较清楚的理解，为今后在工作中处理专业的自动化问题打下良好的基础。

本书是天津大学建筑环境与设备工程专业自动控制课题组多年教学和科研工作的总结，娄承芝老师以其自动化方面精湛的技术和丰富的经验参与了本书的策划，并编写了第二章和第五章的部分内容；凌继红老师编写了第八章中的部分内容；王晋编写了第九章中的部分内容；王江江、祁峰、柏晨、曹国庆、由玉文等研究生为编写本书搜集了大量素材和参考资料；孙贺江博士在书稿的后期整理过程中付出了辛勤的劳动；其他老师对本书的编写提出过许多宝贵的意见。另外，本书引入了很多前辈和同行的实践总结和研究成果。在此，向所有为本书出版做出贡献的人们表示衷心的感谢。

虽然在本书的编写过程中我们已尽了最大努力力求减少错误，但由于水平有限，错误仍然在所难免，我们衷心希望读者能及时发现并给以指正。另外，暖通空调自动控制技术正在飞速发展之中，由于出版工作的滞后性，许多暖通空调自动控制新技术未能在书中得到体现，我们将会密切关注暖通空调自动控制技术的发展情况，及时将新技术的内容在本书的修订时给以补充。

目 录

第一章 暖通空调系统自动化概述	1
第一节 暖通空调与自动化的关系.....	1
第二节 暖通空调系统自动化的意义.....	1
第三节 暖通空调自动化系统的组成.....	2
第四节 暖通空调自动化系统实施步骤.....	7
第二章 暖通空调自动控制常用控制器	9
第一节 简单控制器.....	9
第二节 数字控制器.....	19
第三节 PLC 控制器.....	26
第三章 暖通空调自动控制常用传感器	39
第一节 传感器概述.....	39
第二节 温度传感器.....	45
第三节 湿度传感器.....	53
第四节 压力传感器.....	59
第五节 流量传感器.....	63
第四章 暖通空调自动控制常用执行器	73
第一节 调节阀的种类与结构.....	73
第二节 调节阀的特性.....	77
第三节 调节阀的选择.....	87
第四节 电动风量调节阀.....	90
第五节 电气执行器.....	92
第五章 暖通空调计算机控制系统	103
第一节 计算机控制系统概述.....	103
第二节 分散控制系统.....	109
第三节 现场总线和工业以太网技术.....	128
第六章 暖通空调常用设备控制方法	139
第一节 水泵的控制.....	139
第二节 风机的控制.....	144
第三节 冷水机组的控制.....	147
第四节 供热锅炉的控制.....	162
第七章 空调水输配系统控制	177
第一节 空调水输配系统简介.....	177

第二节	空调水输配系统控制的任务	180
第三节	冷却水系统的控制	182
第四节	冷冻水系统的控制	184
第五节	冬夏转换与热水系统控制	191
第六节	空调水输配系统的中央监控	192
第八章	采暖与通风系统的调节与控制	197
第一节	采暖系统调节与控制的依据	197
第二节	散热设备的热力工况调节	199
第三节	局部运行调节与控制	202
第四节	集中运行调节与控制	205
第五节	集中供热系统的监测与控制	211
第六节	通风与防排烟系统的自动控制	216
第九章	中央空调系统的自动控制	223
第一节	中央空调系统自动控制概述	223
第二节	中央空调系统的运行调节	225
第三节	新风系统控制	230
第四节	全空气定风量系统的控制	234
第五节	风机盘管系统的控制	244
第六节	变风量空调系统的控制	246
第七节	VRV 空调系统的控制	251
第十章	智能建筑与建筑设备自动化系统	254
第一节	智能建筑概述	254
第二节	建筑设备自动化系统	259
第三节	安全防范系统	267
第四节	火灾报警系统	272
第五节	卫星及有线电视系统	277
第六节	办公自动化系统	282
第七节	建筑物集成管理系统	288
附录 1-1	现场控制器控制单元电路原理图	插页
附录 1-2	接口模块的电路原理图	295
附录 2	“暖通空调系统自动化”课程设计任务书	296
参考文献		298

第一章 暖通空调系统自动化概述

第一节 暖通空调与自动化的关系

暖通空调系统的设计、运行和管理是建筑环境与设备工程专业学生学习的主要内容。多年的教学实践和毕业生反馈回来的信息让我们看到，毕业生对暖通空调系统的基本原理、设计方法一般都能够比较好的掌握，能够胜任暖通空调系统的设计工作。但是，对于暖通空调系统的动态运行规律以及实现动态运行的控制方法和管理方法往往认识不深、掌握不好。特别是随着电子和信息技术的发展，一些新的楼宇大厦相继安装了楼控系统，如何使这些楼控系统与暖通空调系统密切配合，在节能方面和管理方面最大限度地发挥作用，建筑环境与设备工程专业的学生往往无从下手。这一方面反映了建筑环境与设备工程专业的教学中存在着重视静态（最冷、最热两个极端状态），忽视动态（两个极端之间的过渡过程）的现象。另一方面也反映了传统的教学内容已经不能适应快速发展的社会需要，改革教学内容和方法，增加建筑设备（主要是暖通空调系统）自动化方面的内容已经成为专业发展的必然。

其实，暖通空调与自动化本来就是不可分割的。空气调节的英文 Air Conditioning，本身就是动态调节的意思，没有动态调节就没有真正意义上的空调，只不过过去是人工调节，随着技术的发展，逐渐地由自动调节（自动控制）取代人工调节而已。空调是这样，采暖与供热也是这样。根据舒适度和节能的要求，人们会采取措施调节进入采暖房间的热水的流量，这就是控制，如果采用的是自力式温控阀来进行调节就是自动控制。供热站会根据室外气温的不同和供暖期的不同调节供水温度和供水量，如果采用的是控制器而不是人工的方法就是自动控制。小区的供热锅炉房根据管网回水温度的高低调整锅炉的运行工况，这也是自动控制。其他如冷冻站的循环水系统、冷却水系统、管网定压系统等都离不开自动控制。可以说暖通空调系统离开了自动控制就不称其为真正意义上的暖通空调，一个暖通空调专业人员不懂得暖通空调动态运行规律，不懂得自动控制，就不是一个全面的暖通空调专业人员。

第二节 暖通空调系统自动化的意义

一、保证系统运行的安全可靠

安全可靠是暖通空调系统运行的首要要求，对大的系统来说它更具有重要的意义。因为系统增大，热力系统复杂，需要控制和操作的项目就显著增多。在这种情况下，系统运行若单靠人来监视和操作，不仅劳动强度大，而且很难胜任，同时也极易因误操作而造成事故。大系统发生事故，将对人员和建筑物造成大的危害。为此，必须采用一整套自动化

装置来完成系统运行工况的自动监视和自动操作，使各种重要运行参数不超过安全值。这样，才能保证机组在安全状态下运行，保证机组和设备在良好状态下自动启停，当运行状态出现异常或事故时，能发出警报并给予适当处理，避免事故的发生和扩大。

二、保证环境参数的要求

暖通空调系统是为人类的生活、生产活动和科学研究服务的，为了保证人类生活具有一定的舒适度，保证生产活动和科学研究工作的正常进行，就需要安装暖通空调系统。然而，随着外部条件的变化，暖通空调系统控制的被控参数就会发生变化，为了保证被控参数始终维持在所希望的范围内，就必须为暖通空调系统装设自动控制装置。试想目前普遍安装的家用空调器如果没有安装自动控制装置，只是根据人对温度的感受去手动启停空调器，那会是怎样的景象。暖通空调的民用系统是这样，生产过程和科学实验更是这样，特别是对环境参数要求高的地方，没有自动控制装置的暖通空调系统是不可能达到要求的。

三、提高系统运行的经济性，最大限度地节省能源消耗

随着世界能源资源的紧张和全球气候变暖带来的环境压力的加大，节约能源，保护环境已经成为世界各国不可忽视的重大问题。暖通空调系统的能耗占据了建筑物能耗的一半以上，从目前掌握的数据看，很多暖通空调系统运行中能源利用率不高，节能潜力巨大，如何提高暖通空调系统运行的经济性，最大限度地节省能源消耗，对建筑节能有着十分重要的意义。自动控制系统可以根据冷热负荷变化的情况，随时调整冷热量的生产和输送量，使之与负荷的变化相一致，从而最大限度地节能。因此，暖通空调系统自动化在建筑节能中起着重要的作用。

四、提高系统运行的管理水平

暖通空调系统自动化，可使运行人员从繁忙的体力劳动和紧张的精神负担中解脱出来。实现自动化以后，值班员除在机组启停时进行一些操作外，正常运行时只需在控制室内集中监视机组设备及自动化装置的运行情况，从而减轻了体力劳动，改善了劳动条件。在计算机和通信技术得以普及的今天，一般还可以通过工业控制网络把现场信息传递到管理中心，使管理中心能实时了解空调机组的工作状态、远程启停设备、改变房间温湿度设定值和自动启停的时间，同时还可以显示、记录各台设备的运行参数，进行统计、分析等管理工作。把暖通空调自动化系统与楼宇自动化系统相连，可以进行系统图纸资料的管理，运行工况的长期记录和统计、整理与分析，各种检修与维护计划的编制和维护检修过程记录等，极大地改善和提高系统管理水平。

第三节 暖通空调自动化系统的组成

一、人工调节、自动调节和自动控制系统

(一) 人工调节

人工调节是指运行人员根据眼睛观察到的被控参数变化，通过大脑分析出造成被控参数变化的原因，产生相应的控制策略，通过手去操作某一阀门或挡板的开度，改变流入或流出被控对象的物质量或能量，使被控参数恢复到给定值。以锅炉负压控制为例，锅炉运行时要保持某一规定的负压值，运行人员就要经常注视炉膛负压表的指示是否符合规定的负压值，若炉膛负压偏正或偏负，就要开大或关小引风机的风门（挡板），改变从炉膛排

出的烟气流量，直到炉膛负压表的指示符合规定值并保持平稳为止，其过程如图 1-1 所示。

表征设备运行情况是否正常而需要加以调节的物理量称为被调量，其具体参数叫做被控参数，用 y 表示。被调量所应具有数值叫做给定值或规定值，以 g 表示。炉膛负压数值的变化是受流入锅炉的空气流量（由送风机送入的）即流入量 Q_1 与流出锅炉的烟气流量（引风机的吸风量）即流出量 Q_2 的影响。显然，当炉膛负压（被调量）为规定值，而且流入量与流出量平衡时，是不需要调节的。一旦由于送风机的风门开大（或关小），即流入量发生变化时，流入量与流出量失去平衡，炉膛负压就必然发生变化，这时运行人员应根据负压表的指示去开大（或关小）引风机的风门开度 μ 来进行调节，使流出量与流入量重新达到平衡，使被调量亦恢复至给定值。此外，引风机风门由于某种原因发生变动也能破坏流入量与流出量的平衡，使被调量发生变化。因此，凡是引起被调量发生变化的各种因素统称为扰动量，以 x 表示。通常采取改变引风机风门开度 μ 来平衡送风量，引风机的风门就叫调节机构（由运行人员控制起调节作用的机构）。炉膛负压通过负压指示仪表传到人的眼睛，再由人的大脑作比较和判断，然后用手去操作风门，这样便形成了一个闭合回路的调节系统。把被调量所在的设备的局部或全部叫做调节对象，这里锅炉的炉膛、鼓风机、引风机等风系统或整个锅炉即为调节对象。

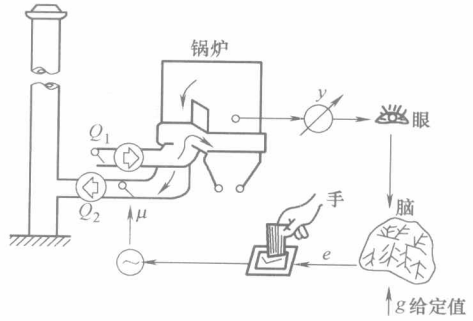


图 1-1 炉膛负压人工调节示意图

人工调节要求运行人员进行正确地操作。为此，运行人员应该做到：

1. 了解情况 运行人员应正确目读仪表的指示值，即监视被调量的变化，了解锅炉燃烧过程的运行情况。

2. 比较判断 运行人员在观察被调量的同时，要在头脑中把被调量的指示值与给定值进行比较，根据二者偏差的大小、方向和变化的速度等做出是否进行调节和如何调节的判断。

3. 执行操作 按照判断的结果，运行人员进行必要的操作，直至流入量和流出量重新平衡，被调量恢复到给定值为止。

熟练的运行人员，不仅能根据被调量偏离给定值的大小和变化速度决定操作的快慢，而且能根据执行机构移动后的预期调节效果，恰当地变更调节的快慢（开开停停的断续操作），使调节机构的位移不致太过分（即过调）引起多次反复的振荡；但也不会使操作过分不足，以致拖长调节的时间。

（二）自动调节

在上述调节过程中采用一套自动化装置来代替运行人员的操作，这个过程就叫自动调节。自动调节是建立在人工调节的基础上的模拟人工调节，又是人工调节的发展，其过程如图 1-2 所示。

自动调节装置通常包括以下几部分：

1. 测量变送 测量被调量的大小和变化，并通过变送器把被调量的大小及变化变成

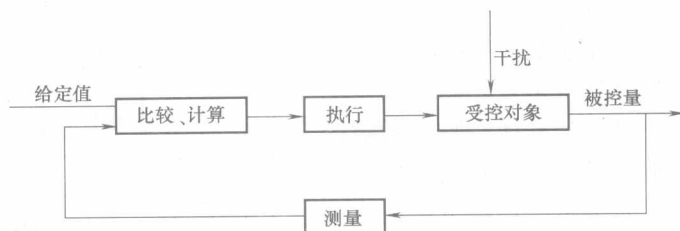


图 1-2 自动调节示意图

不同的信号种类，如电压或电流信号、气压或其他物理量信号（视所用何种能源装置而定），并送至调节器。

2. 定值 其作用是设定给定值 g 。给定值的信号种类要和变送器送来的信号种类相同，以便和被调量进行比较。就是说给定值信号也采用电压或电流、气压或其他物理量的信号。

3. 比较运算 把变送器反馈回来的被调量与给定值进行比较，发出一个偏差信号（正或负），偏差信号要按预定规律进行运算，然后发出指挥调节的信号。

4. 放大执行 把指挥调节的信号放大到能够使执行机构动作，产生角位移或直线位移。

5. 调节 通过执行机构的角位移或直线位移去改变调节机构（阀门）的开度，从而改变流入被控对象的质量或能量的大小，对被调参数进行控制。

从以上分析可以看出，自动调节与人工调节（手动调节）的原理基本上是一样的，只不过自动调节是用自动化装置代替了人的大脑、眼睛和手而已。

（三）自动控制系统

自动控制技术的发展已经有了近百年的历史，从早期的双金属片温度调节器到今天的计算机智能控制系统，已经走过了几代的发展历程。今天的暖通空调自动控制系统不仅可以进行单参数控制，而且可以实现成套空调机组控制，还可以实现多台机组的群控，以及整个楼宇设备的集中控制。通过互联网甚至可以实现公司产品的全球监测与控制。但是，不管多么复杂的系统都是由简单系统组成的，只要理解了简单控制系统的原理，复杂控制系统只是简单系统的堆砌与组合，掌握并不是很困难。本书后续章节将对有关内容进行详细的介绍。

二、暖通空调自动化系统的分类

在实际工作中，暖通空调自动化系统的类型是多种多样的，从不同的角度可以有不同的分类。

（一）按暖通空调系统的功能分

可以分为供热控制系统、空调控制系统、通风及防排烟控制系统、燃气输配控制系统等。

1. 供热控制系统，其内部又可以分成采暖房间温度控制系统、供热管网控制系统和锅炉房控制系统等。

2. 空调控制系统，其内部又可以分成空调房间温湿度控制系统、空气处理机房控制

系统、冷站控制系统等。

3. 通风及防排烟控制系统，又可分为通风控制系统和防排烟控制系统等。

4. 燃气输配控制系统，又可分为末端调压控制系统和集中调压控制系统等。

(二) 按有没有控制功能分

可分为监测系统和监控系统。

1. 监测系统。这类系统只是对暖通空调系统运行的参数进行采集、测量、传送和显示，并把这些数据提供给有关人员，并不对运行参数进行控制，也叫做只监不控。

2. 监控系统。这类系统除了对系统运行的参数进行采集、测量、传送和显示外，还有专门的装置和设备以及相应的方法对运行参数进行控制，也叫做又监又控。

(三) 按被控对象的复杂程度分

可以分为简单控制系统和复杂控制系统

1. 简单控制系统

简单控制系统往往只有一个控制回路，控制规律也比较简单，例如风机盘管的控制，温控器感知室内温度低于设定值时就把冷水阀关闭，高于设定值（中间有回差）时就把冷水阀打开。

2. 复杂控制系统

复杂控制系统是相对简单控制系统而言的，如组合式空气处理机组的控制。要想得到稳定的送风温度和湿度就要控制好进入机组的冷水量、热水量、蒸汽量等多个变量以及它们之间的关系，这就要有冷水控制回路、热水控制回路、蒸汽控制回路等几个控制回路，也就是几个简单的控制系统的组合。

复杂控制系统的复杂程度也是相对而言的，组合式空气处理机组的控制是复杂控制系统，把空调末端、处理机组以及冷站放到一起来控制的控制系统也是复杂控制系统，只不过这是复杂程度更高的复杂控制系统。

(四) 按有没有数字控制分

可分为模拟控制系统和数字控制系统

1. 模拟控制系统

这种控制系统的特点是控制器（调节器）采用的是模拟量运算的方法，在计算机用在控制器中之前一般都是采用这种方法，现在只有在少数简单的控制器中还采用这种方法，如有一些机械式风机盘管温控器。

2. 数字控制系统

这种控制系统的特点是控制器（调节器）中的逻辑运算采用的是数字电路，大多数是含有 CPU 的单片计算机，这种控制器的好处是可以用改变软件的方法来改变控制逻辑，比起模拟控制器来要方便得多。

数字控制系统控制回路中的是数字信号，配上计算机可以实现任何复杂的逻辑控制功能，还可以实现管理功能，所以现在暖通空调自动控制系统用的基本上是数字控制系统。

三、暖通空调自动化系统的组成

下面以分散式控制的中央空调为例说明暖通空调自动化系统一般的组成形式。分散式控制系统（Distributed Control Systems，简称 DCS），也称分布式控制系统或集散控制式系统。这种控制系统一般采用分级控制，通常分现场级和管理级两级，现场级和管理级通

过控制网络连接。它是由若干台现场控制计算机（下位机）分散在现场实现分布式控制，由一台中央管理计算机（上位机）实现集中监视管理。上、下位机之间通过控制网络互联以实现相互之间的信息传递。暖通空调的设备监控系统大都采用这种架构。典型的中央空调监控系统结构如图 1-3 所示。

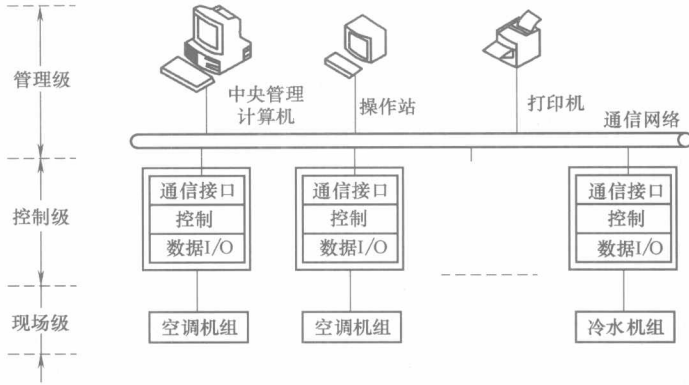


图 1-3 分布式中央空调自动化控制系统结构示意图

（一）现场级

指现场被控制的设备，包括空调机组、冷水机组、冷水循环泵、冷却水泵等设备，也包括电气控制柜（箱）等现场设备，还包括传感器和执行器。

1. 传感器

传感器是对现场各类物理量的检测，如温度、湿度、压力、流量等。传感器采用标准信号输出，如 0~10V、0~5V、4~20mA 等。

2. 执行器

执行器是将控制器的控制输出施加到被控制对象，通过改变流入或流出被控对象的质量或能量形成对被控制参数的调节，如水管道上阀门、风道上的风门等。

（二）控制级

控制级主要是现场控制器。不同厂家生产的现场控制器的功能、结构和规模均不一样。控制器通常应包括 I/O 接口、运算单元、通信单元、显示单元等部分。现场控制器的功能有：

1. 监测数据的采集。现场设备的数据包括设备的运行状态信息、故障报警信息、运行参数等。通常包括数字量输入（DI）和模拟量输入（AI）（如温度、压力、流量等）。

2. 根据对被控制对象的检测结果，通过与设定值进行比较、计算给出相应的控制作用。现场控制器应配备常用的控制算法，从简单的单回路 PID 控制、顺序控制到复杂的多变量控制等。

3. 控制作用的输出。根据控制策略给出对执行器的控制作用，控制器的输出信号有数字量输出（DO）和模拟量输出（AO）等，通常以标准信号 0~10V、0~5V、4~20mA 等形式给出。

4. 可接受由中央管理计算机和手操器（一种可以拿在手里操作的小型计算机）下载的控制程序。

5. 通信接口与通信协议。控制器与中央管理计算机进行网络通信，网络通信应该采用符合国际标准的通信协议。

6. 现场控制器应能在系统管理级有故障时仍能独立工作。

(三) 管理级

系统管理级由管理计算机和软件组成。管理计算机一般采用高可靠性的工业控制计算机（工控机）或双计算机热备份，实现对整个系统的集中监测、控制与管理。管理软件的功能应有：

1. 可完成复杂的优化运行计算和其他高级控制功能；
2. 可方便地设置和修改系统的设定值；
3. 通过符合国际标准（ISO）的开放式网络通信协议和接口与现场控制器连接；
4. 可以对下位机上传的数据进行记录和存储，建有数据库，可以对数据库内的数据随时进行查看；
5. 汉化显示和图形显示，使人机界面友好，操作方便；
6. 可实现对现场设备的远距离操作。

(四) 控制网络

控制网络是将现场控制器和中央管理计算机相连接的媒介。不同厂家产品的连接网络所采用的标准、通信协议和传输速率目前还不能统一。有的系统中现场控制器必须通过网络控制器与中央管理计算机相接。

供热管网等其他暖通空调系统的自控系统与上述形式基本相同，详见本书后面章节。

第四节 暖通空调自动化系统实施步骤

暖通空调系统自动化是一门跨学科的技术，它涉及暖通空调和自动化两个专业，包含建筑、热工、设备、电工电子、计算机、网络、自控理论、过程控制方法以及管理等内容。特别是现代楼宇中的暖通空调自动化系统的设计、施工、调试及维护管理人员，需要有以上几方面的理论知识和专业技能。然而，受我国目前教育专业划分的限制，一个学生在大学期间掌握以上全部知识是不可能的。目前的实际状况是，建筑环境与设备工程专业的学生在电工电子、计算机、自动控制方面的理论和技能欠佳，自动控制专业的学生又对建筑、热工及设备方面的理论和知识理解的不深。因此，加强两个专业之间的相互融合，进行教学内容和方法的改革以适应时代的需要是十分必要的。

一、暖通空调自动化系统实施的步骤

大型暖通空调自动化系统的实施过程大体分为四个阶段，如图 1-4 所示。

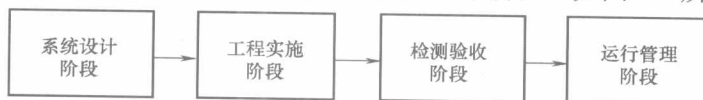


图 1-4 暖通空调自动化系统实施过程框图

1. 系统设计阶段

首先进行需求分析，根据建筑的功能、规模和暖通空调设备的安装情况，以任务书的形式，准确、全面地提出被控参数和运行设备状态参数的类别、数量、指标和控制方法。

然后进行初步设计，包括确定各子系统的控制方式和控制原理图；确定各被控制对象监控点的性质、类型和点数，并编制监控点一览表；对各子系统的监控功能给出详细的说明，及预期达到的目的；确定监控系统的网络结构、现场控制器的分布和数量、中央管理系统要实现的功能；监控中心的位置、面积，对监控中心的电气、照明、空调通风、通信、防雷、接地等的要求；给出系统的概算。

最后进行施工图设计，包括对子系统控制原理图、监控点表进行必要的修改；根据各暖通空调设备分布的平面布置，划分现场控制器和监控点；根据现场控制器的规模和分布确定控制网络的结构，并绘制系统的控制网络图；根据传感器和执行器的接线、对电源的要求、与电控箱的监控关系等，绘制暖通空调设备自控系统的施工图，施工图应包括施工设计说明、图例、各层施工平面图、控制网络总图、各子系统的控制原理图和监控点一览表等；绘制监控中心的平面布置图；编制设备材料清单；给出系统的预算。

2. 工程实施阶段

首先由中标单位根据招标时确定的系统或设备产品的品牌，按建设单位通过招投标后对系统建设需求的修正，进行施工图深化设计。然后进行包括非标准件的加工、设备安装、调试、自检和试运行几个过程。

3. 检测验收阶段

包括检测阶段和验收阶段两个过程，验收的结论为合格或不合格。

4. 运行管理阶段

系统的运行管理包括：系统的静态管理；系统的动态管理；系统的节能管理和非正常运行对策等内容。

从以上暖通空调自动化系统实施的五个过程来看，哪个过程都离不开暖通人员和自控人员的密切配合，只不过在不同的阶段各自所起的作用的程度不同。

二、学习本课程要达到的目标

根据暖通空调自动化系统实施的不同过程和不同阶段的要求，希望建筑环境与设备工程专业的学生学习本课程后能够具备如下几项技术能力：

1. 熟练掌握暖通空调系统动态运行的规律，如供热管网和冷水管网水力运行工况、热力运行工况、动态运行工况下被控参数的变化规律等内容。
2. 能够准确、全面地提出暖通空调系统需要检测和控制的运行参数和运行设备状态参数的类别、指标、数量和控制策略，并且以任务书的形式进行表述和提交。
3. 能够进行简单暖通空调自动控制系统的设计，包括控制方案的确定、控制设备的选型、控制系统的组态、图纸的绘制等。
4. 能够胜任暖通空调自动化系统现场设备安装、调试、验收等环节的监理工作。
5. 能够根据暖通空调自动化系统运行的数据，分析系统运行情况的优劣；能够查找系统运行故障；能够分析暖通空调系统能源消耗状况，找出不合理能耗的原因并提出改进的措施。

暖通空调系统自动化是一门实践性很强的技术，在学习时要特别注意实践能力的锻炼，要尽量多参观一些实际工程。有条件地方可以自己动手搭建一些小的控制系统，通过不断调试的过程加强对所学内容的理解。本书最后在附录中给出了一个课程设计任务书，可供在实践环节中使用参考。

第二章 暖通空调自动控制常用控制器

在暖通空调自动控制当中，控制器是不可缺少的重要部件，它是整个自控系统的运算中心和指挥中心（相当于人的大脑），指挥着整个控制系统的运行。控制器按有无附加能源，可分为自力式控制器和他力式控制器；根据内部流通信息的形式不同，可分为模拟控制器和数字控制器；按实现的功能和复杂程度的不同，又分为简单控制器和数字控制器（智能控制器）等。由于目前计算机技术的发展和普遍应用，暖通空调自控系统大多数控制器都已经采用数字控制器（智能控制器），但是在一些简单的控制系统中也还在使用简单控制器

第一节 简单控制器

一、自力式双位输出控制器

在暖通空调的一些简单的控制系统中，常采用自力式双位输出控制器。它的特点是控制器工作时不需要外部提供能源动力，如电源、气源等。它依靠本身材料的物理性质进行工作，或者从被控制对象中得到能源进行工作，因此叫自力式控制器。它的另一个特点是其输出是双位的，也就是说输出只有两个状态，要么是开，要么是关，不能做到连续的输出，因此是简单控制器。

1. 双金属片温度控制器

双金属片温度控制器是一种最简单的温度控制器，图 2-1 所示是它的原理图。

这个装置的核心部分是由两种不同金属焊接在一起而做成的双金属片，每种金属的热膨胀率不同。做双金属片常用的金属材料是黄铜和镍铁合金，黄铜的热膨胀率是比较大的，而这种镍铁合金的热膨胀率是比较小的。当双金属片受热时，黄铜的膨胀较大，这使双金属片的自由端向右弯曲，如图 2-1 所示。当冷却时，双金属片又回到正常的伸直位置。双金属片弯曲量的大小是与受热的程度成正比的。实际使用时，为了加大双金属片的弯曲量，往往延长双金属片的长度，并且把双金属片弯曲成多圈的形式，如图 2-2 所示。

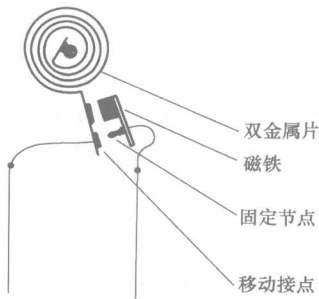


图 2-2 多圈式双金属片温度控制器原理图

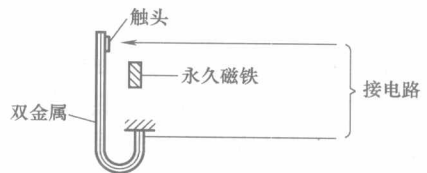


图 2-1 双金属片温度控制器原理图

双金属片自由端做成触头的形式，当双金属片受热弯曲到一定程度时触头闭合，当温度恢复到正常值时触头断开。但是由于双金属片动作缓慢，当触点接触或分

离时将在触点间发生电弧，此时触点间会因电击产生斑点而导致接触不良。触头附近的小型永久磁铁的作用是当触头闭合时使它迅速完成闭合动作，并牢靠地固定在闭合位置上。在释放时能起迟滞的作用，从而最终也会使触点快速断开。这可大大减少产生电弧和烧坏触点的可能性。以前也有采用水银管开关的方法解决触点接触不良和触点间发生电弧的问题，方法是利用水银管内的水银从一端流向另一端时，就会使管内两接触点接通或断开，完成开关作用，如图 2-3 所示。

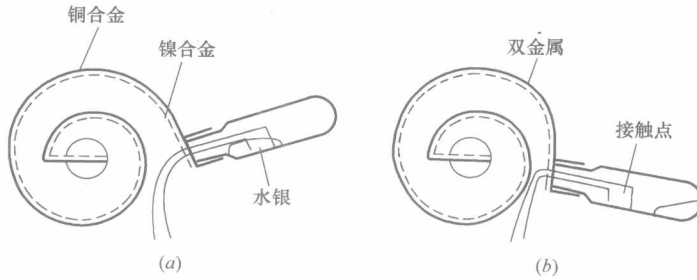


图 2-3 水银管开关双金属片温度控制器
(a) 触点接通；(b) 触点断开

这种开关有很多优点，如：开关动作安静无声；管内水银移动快，因此交换速度快而使管内接触点的损坏率降低；由于接触点完全封闭在玻璃管内，可以免受空气中灰尘、杂质等的腐蚀。但是由于水银是重金属，一旦玻璃管破裂，水银泄漏可能会导致人畜中毒。近些年来很多国家和地区都颁布了相关法律或行业规范来限制和禁止水银在日常用品中的使用，目前这种控制器已经限制生产。

由于双金属片本身能够导电，所以双金属温度控制器的触头常作为自动开关用于电加热器的控制，如电暖气、电热水器等。它本身既是控制器也是传感器，同时也是执行器。说它是传感器是因为它能感受周围环境的温度，说它是控制器是因为它可以根据温度的变化

输出控制信号（开关信号），说它是执行器是因为它可以去控制电加热器电路的通断，从而改变进出被控对象加热量的多少。集传感器、控制器和执行器于一身是这种简单控制器的一个重要特点。

2. 温包式双位温度控制器

温包式双位温度控制器的外形如图 2-4 所示。

该控制器由感温机构、杠杆机构、显示设定和电触头几部分组成。感温机构由温包，传压毛细管和波纹管组成。在密封的感温机构中充以液体工质（如 R12、R22、氯甲烷等）。温包感受被测介质温度后，液体工质的饱和蒸汽压力通过传压毛细管作用于波纹管上，再通过杠杆机构使电触头动作。

当被控介质温度变化时，温包和波纹管中的饱和蒸汽压力亦产生相应的变化，使波纹管的顶力矩和定值弹簧所

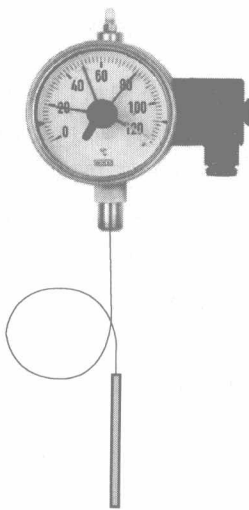


图 2-4 温包式双位温度控制器

产生的力矩失去平衡，则杠杆转动，当杠杆转过一定角度后使动触头迅速与固定触头闭合或断开，从而达到对被测介质温度双位控制的目的。

温包式双位温度控制器常用于空调器、冰箱等制冷设备压缩机启停的控制。

3. 机械式风机盘管温控器

机械式风机盘管温控器是一种有几十年使用历史的典型的风机盘管控制装置，其外形如图 2-5 所示。

机械式风机盘管温控器由温度敏感元件、温度设定旋钮、电触点、冬夏转换开关和三档风速开关等部件组成。

它的温度传感元件有双金属片、温包和波纹管等几种。温度设定旋钮用来设定室内温度，当被控房间的温度高于设定温度时，电触点闭合，接通冷水管路安装的二通阀线圈的电源，打开二通阀，使冷水从风机盘管流过；当室温低于设定值时，电触点打开，切断二通阀线圈上的电源，关闭二通阀，风机盘管中没有冷水流过，从而使室内温度维持在设定值附近。

因为在冬季时风机盘管中流过的是热水，水阀的通断逻辑正好相反，当室温高于设定值时不是打开二通阀，而是关闭二通阀，所以需要有冬夏转换开关来完成这项工作。

机械式风机盘管温控器还设有三档风速开关用于风机盘管风机的变速调节。机械式风机盘管温控器的外部接线如图 2-6 所示。1T 为电源开关；2T 为温控开关，图中位置表示温度低于设定值时的状态；3T 为冬、夏季转换开关，图中位置为冬季运行工况；4T 为三档风速开关。

二、双位式温度控制器的调节过程

以上所讲的三种简单控制器有一个共同的特点，就是它们的输出只有两种状态，要么是最大值要么是最小值，有时候也把这种简单控制器叫做温度开关。图 2-7 是这种控制器的静态特性曲线。

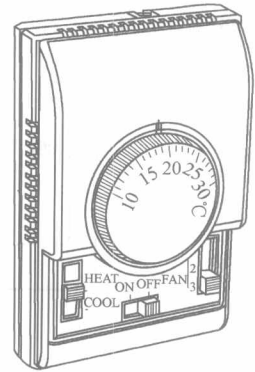


图 2-5 机械式风机盘管温控器外形图

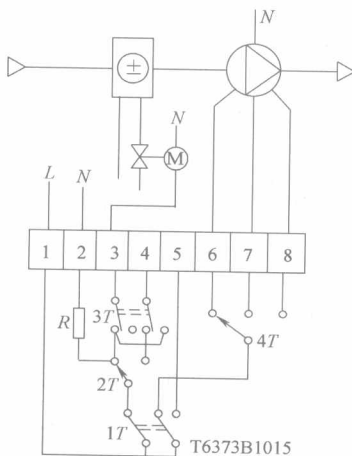


图 2-6 机械式风机盘管温控器的外部接线图

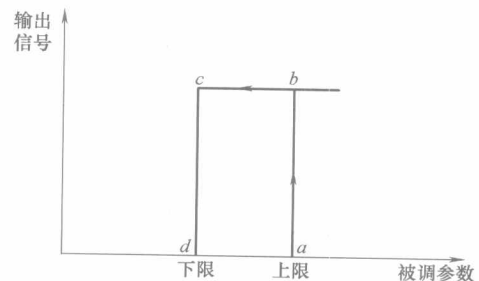


图 2-7 双位控制器的静态特性曲线