



中央空调 自控系统设计

霍小平 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

中央空调 自控系统设计

霍小平 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书全面介绍了中央空调自控系统的设计方法、设备选型及工程实例。全书共分三篇,第一篇“自控系统设计”介绍中央空调自控系统的设计方法概述、一般楼宇自控系统设计、空调变风量系统设计、空调变水量系统设计及特殊用途空调系统设计;第二篇“设备选型指南”介绍了系统网络设计指南、常用前端设备选型指南及常用控制设备选型指南;第三篇“典型BA与VAV工程应用实例”选取了14个典型工程实例加以介绍,附录为13个相关技术专题演讲报告。

本书可作为中央空调自控系统设计、运行、安装、调试、维护修理等工作人员的参考用书,亦可作为暖通、制冷、工民建等大、中专及高职院校师生的学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

中央空调自控系统设计/霍小平编著. —北京:中国电力出版社, 2004

ISBN 7-5083-2394-7

I. 中… II. 霍… III. 集中空气调节系统-自动控制系统-系统设计 IV. TB657.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 067199 号

中国电力出版社出版、发行

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

北京铁成印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2004年7月第一版 2004年7月北京第一次印刷

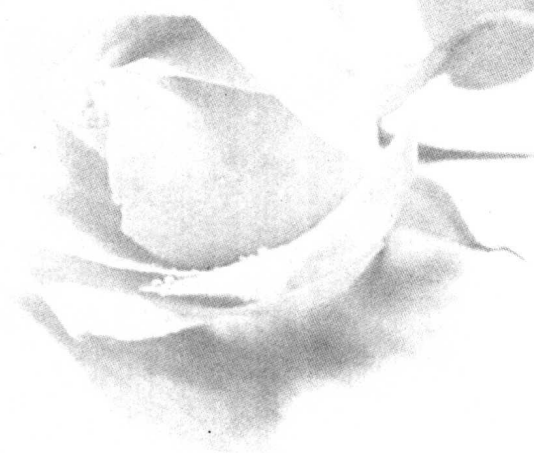
787毫米×1092毫米 16开本 32.75印张 823千字 1插页

印数 0001—4000册 定价 68.00元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

谨以此书献给同济大学，
献给所有关心、支持和致力
于中国智能建筑发展、变化
和进步的人们。





前言

《中央空调自控系统设计》一书得以在 2004 年初春付梓，真让我感到无比欣慰，就像一个在阡陌田头力耕不辍的老农，看着即将收获的庄稼而不免沾沾自喜。

首先要感谢黄春瑜、周述钢、贲木森与贾捷燕四位同志在最后三个月的勤奋工作。黄春瑜、周述钢与贲木森三位同志承担了大部分编辑整理工作，而贾捷燕同志承担了一部分章节的翻译工作。在这三个月之前，还有如下几位同志做出了卓越、辛勤的贡献：姬鸿同志在自控系统原理方面的简述；刘风华同志与安秋香同志留下的奋斗足迹；童小文同志与霍小红同志在具体工程实例方面的家珍典藏；还有霍云峰同志与肖云容同志在整理我过去的论文与演讲报告时付出的辛勤劳动。

其次要感谢建设部智能建筑专家委员会赵哲身教授、郭维钧教授和陆伟良教授的热情支持与鼓励。赵教授在电动水阀选型方面的研究和郭教授在系统集成方面的研究让我等后生难以望其项背，而陆教授不时关怀与鼓励给予了我无比的信心与勇气。

最后要感谢著名暖通空调专家周祖毅高工和诸嘉铭老师在电动风阀选择和 VAV 系统噪声测试等方面的教益。著名楼宇自控专家夏抗初高工在通信协议方面提供了精辟的论述，同时感谢加拿大 Delta 公司提供了宝贵的参考资料。

其实，在写作这本书的过程中，我们参考了目力所及的几乎所有资料与文献，现在一一认真并满怀感激地呈列在书后，其中的作者有一些是我们的老师和熟识的朋友，还有一些是还不十分熟识的，在此致以衷心的感谢。

本书还得到了上海华东建筑设计研究院叶大法、杨国荣以及中国建筑设计研究院潘云刚三位资深高级工程师的审阅，提出了许多宝贵的意见，在此一并表示感谢。

青青同济，悠悠我心。自 1985 年走出乡关来到这里接受教育以后，我人生的许多方面都打下了她坚实的烙印。“严谨、求实、团结、创新”的校训深深地融入了我的风骨。每当夕阳西下、余辉脉脉，我常常不自觉地同园轻步低徊，宁静优美的校园真犹如瓦尔登湖，让我在思考之中感受生长的力量与美好。

在付梓之前，感慨顿生，作小诗一首，望与读者诸君共勉：

问青天
上下求索
何处可攀援
投石欲把天狼射
低徘徊
伫栏望

何处江清凭鱼跃
大木高天竞风流
到如今
同舟共济
连袂而歌歇
展一卷诗书事业
邀同侪
共相谋
壮志排闥青山空
功名在天道酬勤

霍小平

2004 年 3 月于同济园



目 录

前言

第一篇 自控系统设计

第一章 中央空调自控系统设计方法概述..... 3

第一节	一般中央空调自控系统设计方法与流程	3
第二节	中央空调系统的一般组成与分类	4
第三节	中央空调自控系统的特点	5
第四节	中央空调系统的基本自控原理	8
第五节	中央空调自控系统的通信协议	39
第六节	中央控制室设计方案与实例	49
第七节	IBMS 系统集成概述	57

第二章 一般楼宇自控系统设计 64

第一节	BA 系统设计要点	64
第二节	BA 系统设计原理	70

第三章 空调变风量系统设计 82

第一节	变风量系统概述	82
第二节	一般变风量系统设计方法流程	89
第三节	空调负荷及送风量计算	89
第四节	变风量系统噪声的测定与控制	108
第五节	末端装置选择	112
第六节	周边及空气分布辅助设备选型	142
第七节	VAV 控制策略设计选择	156

第四章 空调变水量系统设计..... 167

第一节	空调变水量系统设计简述	167
第二节	几种常用的变水量系统设计方案	168
第三节	几种常用的变水量系统控制方案	171

第五章 特殊用途空调自控系统设计	174
------------------------	-----

第一节 智能型装配式洁净手术部设计	174
第二节 侧吹风智能空调系统设计	180
第三节 智能净化空调系统设计	188
第四节 中央空调热网监测计费系统	197
第五节 独立冷热源洁净空调机组	199
第六节 非典时期安全使用空调调控预案	201

第二篇 设备选型指南

第六章 系统网络设计指南	205
--------------------	-----

第一节 系统硬件描述	205
第二节 系统网络设计	211

第七章 常用前端设备选型指南	232
----------------------	-----

第一节 温度传感器	232
第二节 湿度传感器	232
第三节 温湿度传感器	233
第四节 防冻开关	233
第五节 变送器	233
第六节 压力开关(气体)	234
第七节 继电器	235
第八节 网络电力监视器	235
第九节 CO ₂ 、CO 传感器	235
第十节 流量变送器	236
第十一节 流量开关	237
第十二节 液位开关	237
第十三节 阀门	237
第十四节 风门执行机构	238

第八章 常用控制设备选型指南	239
----------------------	-----

第一节 系统管理器	239
第二节 数字室内控制器	240
第三节 系统控制器	242
第四节 系统控制器成员	246
第五节 应用控制器	251
第六节 网络传感器	258

第七节	网络温控器	259
第八节	远程 I/O 模块	262
第九节	附件	265
第十节	软件操作站	267
第十一节	WEB 服务器	268
第十二节	能源管理	269
第十三节	门禁控制器	270
第十四节	照明控制器	272

第三篇 典型BA与VAV工程应用实例

第九章	花旗集团大厦	277
第十章	上海银行大厦	309
第十一章	上海德隆大厦	328
第十二章	上海轨道交通明珠二期工程	347
第十三章	上海美国学校	363
第十四章	中国电子大厦	371
第十五章	宁波国际机场	383
第十六章	宁波大剧院	395
第十七章	江阴市行政中心	406
第十八章	绍兴华越微电子工厂	415
第十九章	北京辉煌时代大厦	426
第二十章	杭州大剧院	435
第二十一章	中国残疾人联合会办公楼	440
第二十二章	苏州工业园区现代大厦	447

附录	相关技术专题演讲报告	459
----	------------------	-----

附录一	空调系统节能控制的典型做法	461
附录二	Onyx - 6000 IBMS 系统特点/功能简介/操作指南	466
附录三	BA 控制理论与工程实践——冷水机组群控策略	475
附录四	低温送风空调系统设计专题报告	480

附录五	VAV 设计方案与控制策略	483
附录六	VAV 空调系统与 FC + 新风系统专题报告	488
附录七	Zcom - VAV 系统在中国的发展与应用	490
附录八	杭州大剧院 VAV 系统工程设计方案总体介绍	494
附录九	宁波国际机场航显系统与楼宇自控系统的集成	497
附录十	TDZ - 6100 医院建筑智能化管理系统	502
附录十一	智能建筑如何预防与抗击非典	505
附录十二	空调箱全工况调节方案及工程实例	507
附录十三	VAV 标定测试与工程调试	510
参考文献		512

中央空调自控系统设计

第一篇

自控系统设计

中央空调自控系统设计方法概述

第一节 一般中央空调自控系统设计与流程

一般中央空调自控系统设计与流程如图 1-1 所示,从此流程可看出,要完成一个中央空调自控系统(BA 系统)的设计是需要下一番功夫的,这也正是 BA 系统工程附加值高的原因。据了解,目前国外 BA 系统工程总价的 30%为设备价,其余 70%为设计施工安装调试及运行维护费。国内的现状与国外相比有较大的差别,还有许多待改善的地方,比如缺乏科学的监管和检测制度,还存在一些恶性竞争与不规范操作等。

为提高大家对 BA 系统的设计方法与流程的注意力,实施科学的管理,发挥 BA 系统应

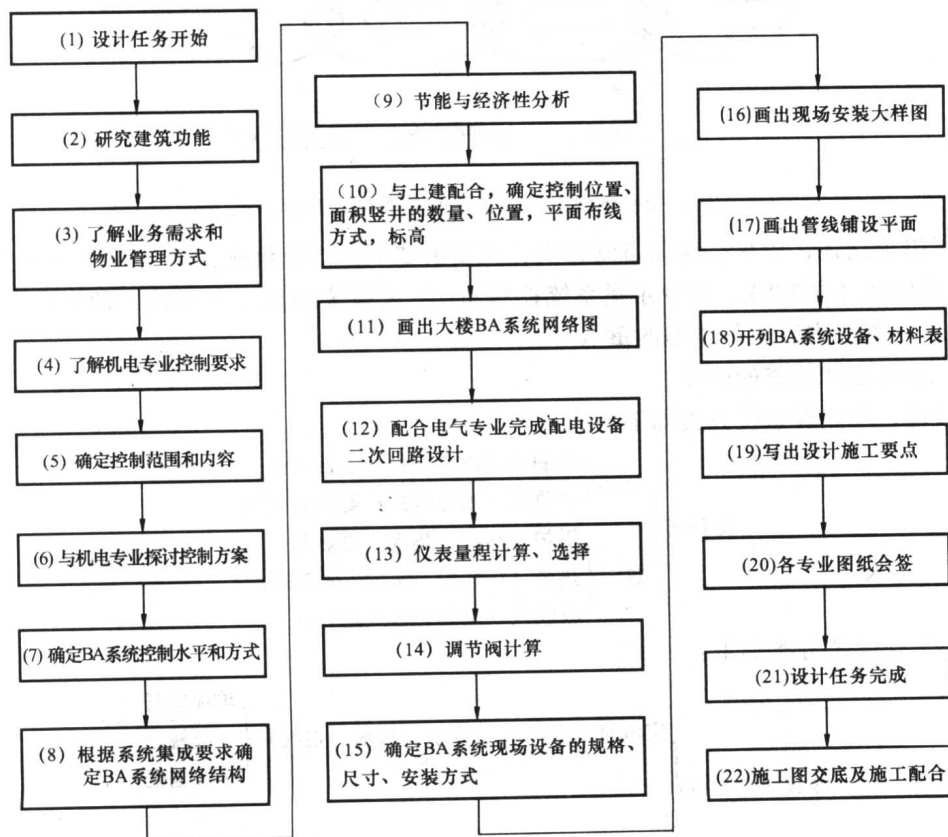


图 1-1 一般中央空调自控系统设计与流程

有的作用，本书先从设计方法与流程写起。考虑到 BA 系统约 80% 的控制点是为中央空调服务的，为突出中央空调自控系统的价值与意义，本书将 BA 系统与中央空调自控系统两个概念简单等同起来，其内涵与外延在此就不做解释了。目前，ISO 组织正在编写有关 BA 系统设计与施工安装调试的国际标准与规范，相信这对规范与促进 BA 技术的发展和进步会大有裨益。

第二节 中央空调系统的一般组成与分类

一、中央空调系统的一般组成

中央空调系统是基于如下三大理论基础的：① 质量守恒定理；② 热力学第一定理；③ 热力学第二定理。基本上，中央空调系统的科学规律都可以根据以上三大理论，通过纯粹的数学推演和科学实验的修正来予以表达。如再结合室内空气动力学和高等流体力学，那么所有的问题都可以迎刃而解。

中央空调系统一般由如下三部分组成：① 冷热源系统；② 冷媒输送系统；③ 空气分布系统。对于一个典型的中央空调系统，这三部分相互作用与传递，如流水作业般实现室内外物质与能量的交换。典型中央空调系统夏季热量搬运图式如图 1-2 所示。

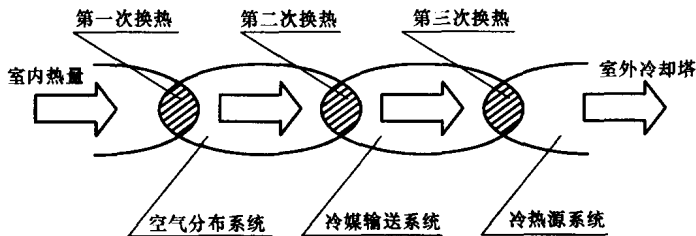
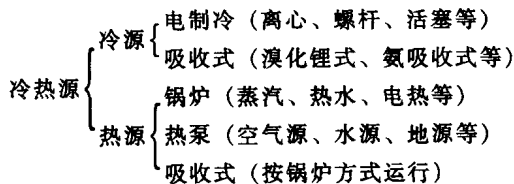


图 1-2 典型中央空调系统夏季热量搬运图式

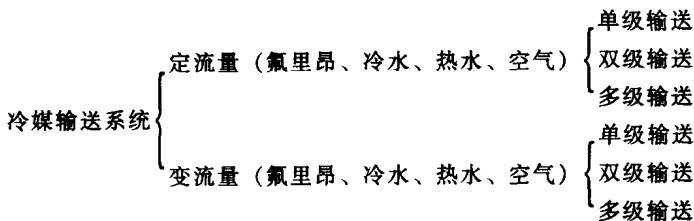
基于以上论述，中央空调的自动控制，主要由如下三部分组成：① 冷热源系统的群控；② 水系统控制（含 VWV，即变水量系统控制）；③ 风系统控制（含 VAV，即变风量系统控制）。以上三部分内容正是本书的重点。

二、中央空调系统的分类

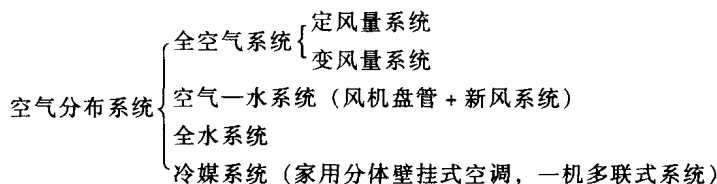
一般地，冷热源系统分类如下：



冷媒输送系统分类如下：



空气分布系统分类如下：



三、中央空调系统技术的发展

中央空调系统技术一直在飞速发展，只是目前国内尚不能及时感觉或者消化这种发展速度。比如，关于中央空调系统的内外分区问题，日本人就正在研究如何取消“传统”的分区技术，而把重点放在周边窗际热环境的处理上，其目的是把维护结构热源消灭在“萌芽”状态，并且已经做了许多研究和实际工程。但在我国，这一技术还处于研究开发的阶段。

第三节 中央空调自控系统的特点

众所周知，空调系统中的各个设备容量是由工程设计人员根据空调房间内可能出现的最大热、湿负荷而选择的，在空调的实际运行中，由于空调房间受到内部和外部各种条件的干扰而使室内热、湿负荷不断地发生变化。自动调节系统就要指挥自动调节系统中的各有关执行调节机构（如加热器、加湿器、冷却器、喷水室、风机等设备上的有关调节机构——调节阀、变频调速器等）改变其相对位置，从而使实际输出量发生改变以适应空调系统的变化，满足对被控参数的要求。要做到这些，就必须了解空调系统的有关特性。

一、空调系统的多干扰性

空调系统在全年或全天的运行中，由于外部条件（如气温、太阳辐射、风、晴、雨、雪）和内部条件（如空调房间内设备、照明的启停和投入运行数量的变化及工作人员的增减等）的变化，都将对运行中的空调系统形成干扰。因而，空调系统具有多干扰性。

1. 空调系统在运行过程中受到的热干扰

(1) 太阳辐射：通过空调房间的外窗进入室内的太阳辐射热，将会受到天气阴、晴变化影响。

(2) 室外空气温度：由于室内、外温差的变化而引起室内、外热量传递的变化，从而形成对空调房间内温度的影响。

(3) 室外空气的渗透：室外空气通过空调房间的门、窗缝隙进入室内，造成对室内温度的影响。

(4) 新风：为了满足室内卫生需要和正压及排风等要求，而采入室外空气量的变化，造成对空调房间内温度的干扰。

(5) 空调房间内照明、电热及机电设备的开启、停止和投入使用数量的变化，以及室内工作人员的增减等都会直接影响到室内温度的变化。

(6) 位于空调房间送风口之前的电加热器电压的波动，热水加热器使用的热水温度、流量的变化，蒸汽加热器所使用的饱和水蒸气压力、流量的变化也将直接影响到空调房间内温度的变化。

2. 空调系统在运行中受到的湿干扰

(1) 对于定露点空调系统，在空调系统运行过程中，可能会由于进入水冷式表面冷却器

内的冷水温度、压力变化或两者同时变化，直接蒸发式表面冷却器内蒸发压力的变化，喷水室的喷水温度、压力的波动，一次混合后空气温度的变化等因素而使空调系统的机器露点温度发生变化，从而干扰了系统的机器露点，也就影响到空调房间内所要求的空气湿度参数。

(2) 如不恰当地使用沾水拖布对空调房间进行清洁处理，此后的一段时间内，由于地面水分的蒸发，或由于其他过量的湿操作等都会造成空调房间内湿度的变化。

(3) 空调房间内吸湿产品的突然增加或减少都会使空调房间内的湿度发生变化。

(4) 由于室外天气的变化，如雨、雪天气时室外空气的湿度突然增加，湿度过大的室外空气通过空调房间的门、窗对室内形成渗透风及对维护结构的传湿等都会对空调系统中的调节对象造成干扰。

以上各种干扰使空调负荷在较大的范围内波动，而它们进入系统的位置、形式、幅值大小和频繁程度等皆随空调房间的结构、用途的不同而不同，同时还与空气处理设备的优劣有关。因此，在设计空调的控制系统时应该考虑这些因素，尽量避免造成干扰。

二、调节对象的特性

对于不同的被控对象（如空调房间内的温度、湿度等），在相同的干扰下，被控量随时间的变化过程也不一样。空调自控系统的任务就是为了克服这些干扰因素，维持空调房间内一定的温度、湿度、静压、洁净度等。对于恒温、恒湿的空调系统的控制效果，不但取决于良好的自动控制系统，更取决于空调系统的设计的合理性以及调节对象的特性。所谓调节对象的特性，是指当输入发生变化时，输出将发生如何的变化，即反应调节对象的输入参数与输出参数之间随时间变化的动态特性。调节对象的特性主要包括以下内容。

1. 放大系数 K

放大系数又称为传递系数，表示调节对象的静态特性。它表示调节参数改变一个单位量时，调节对象中需要相应改变的量。

放大系数有两种表示方法，其一是用空调房间内工作区温升与送风口温度改变的比值 K 表示。这表明空调房间在突发的干扰作用下，干扰引起被调节房间温度的变化程度，因此称为对象的传递系数。它表示在稳定情况下对象的特性（静态性）即送风温度每改变 1°C 所引起工作区内温度改变的量，它与被调节量的变化过程无关。

另一种表示方法为：房间内空气温度每升高 1°C 时所需要加入的热量。即空调房间（对象）的传递系数 K 与对象的体积大小有关。例如当空调房间的体积一定时，投入送风温度调节的加热量越大，空调房间内的温度就越高，其 K 值不变。当空调房间的容积越大，空调房间内的温度每升高 1°C 所需要加入的热量就越多，其放大系数就越小。如果一个空调房间的放大系数 K 越大，在空调系统受到干扰影响时，调节参数离开给定值的偏差就越小，也就是说自动调节系统容易保持平衡；反之，调节参数离开给定值的偏差就越大，调节系统就越不容易保持平衡。对象传递系数的大小反映了平衡状态受破坏时调节参数改变的量。

2. 对象的时间常数（反应时间） T

对象的时间常数表示为调节对象的负荷发生最大变化时，调节参数保持初始的变化速度，使其值改变到规定数值所需的时间。时间常数的大小反映了对象受到突发干扰后，被调量达到新的稳定值的快慢。也就是说对象自动平衡过程的时间长短。因此，时间常数表示对象惯性大小的物理量。

对于空调房间，时间常数 T 越大，被调室温的变化越慢；时间常数 T 越小，室温变化越快。因此，时间常数 T 不仅反映了调节参数改变的快慢，同时也表示热惯性的大小。

3. 对象的滞后（也称为延迟）时间

空调系统受到突发的干扰后，调节参数（如温度）不能立即发生变化，而需经过一段时间才开始变化，这段时间称为滞后时间。例如，用于调节送风温度的电加热器，当电源刚接通时，尽管电加热器已有热量传给输送空气，空气的温度也有所升高，但空调房间内的温度并不会立即升高，这是因为经过电加热器加热后的空气需要通过风道经过一段时间后才能到达空调房间的送风口处，而从送风口处送出的气流与室内的空气再经过一段时间的混合并产生热湿交换后才能反映出房间温度的新的稳定值，这样就产生了时间的滞后。

对象的时间滞后对调节过程产生了不利的影响，因为它降低了调节系统的稳定性，增加了调节参数的偏差，延长了调节时间。

4. 对象的负荷

当空调系统在运行过程中的某一时刻处于稳定状态，空调房间内的空气温度保持恒定时，单位时间流入和流出空调房间的热量称为空调房间的负荷。此时流出和流入空调房间内的热量处于平衡状态。

由于外部的干扰作用引起对象负荷的变化，从而破坏了原来的能量平衡状态，引起调节参数的变化，于是调节过程便开始，以改变对象的输入或输出的能量，使能量达到新的平衡，使调节参数回到给定值。由此可知，调节对象负荷的变化情况直接涉及到自动调节系统的要求。当调节对象的负荷发生急剧的变化时，就要求自动调节系统具有较高的灵敏度，能够在调节参数发生变化很小时就开始动作，以便能很快恢复平衡。

三、温、湿度的相关性

在对空调系统的控制中，大多数情况下主要是对空调房间内温度和相对湿度的控制，这两个参数常常是在一个调节对象里同时进行调节的两个被调量。两个参数在调节过程中既相互制约又相互影响。如果由于某些原因使空调房间内温度升高，引起空气中水蒸气的饱和分压力发生变化，在含湿量 d 不变的情况下，就引起了室内相对湿度的变化（温度的升高会使相对湿度降低，温度的降低则会使相对湿度升高），在调节过程中，对某一参数进行调节时，同时也引起另一参数的变化。例如在夏季，采用表面冷却器对空气进行降温去湿处理时，常开大冷水阀使相对湿度控制在要求范围内，但如果不进行送风的再热处理时，则有可能使送风温度过低。这种相互影响、互相牵制、互相关联即互为相关性。

四、具有多工况运行及转换控制

由于空调系统是在全年的室内外条件变化下按照一定的运行方式（即工况）进行调节的。同时，在室内外条件发生显著变化时要适时地改变运行调节方式，即进行运行工况的转换，在工况转换方面有利用自动控制系统的自动转换方式，也有根据室内外的条件及运行状态进行人工手动切换的方式。由于多工况运行及相互转换方式的调节，使全年运行的空调系统空气处理更合理、更方便，可充分发挥空气处理设备的能力，同时又能节约一定的能量。

五、整体的控制性

空调的自动控制系统一般是以空调房间内的温度和相对湿度为控制中心，通过工况的转换与空气的处理过程，使每个环节紧密联系在一起的整体控制系统。空调系统中空气处理设备的启、停都要根据系统的工作程序，按照有关的操作规程进行，处理过程中的各个参数的调节及连锁控制都不是孤立进行的，而是与室内的温度、湿度密切相关的。空调系统在运行过程中，任一环节出现问题，都将直接影响空调房间内的温度、湿度的调节效果，甚至使系统无法工作而停运。因此，空调自动控制是一个整体不可分的控制系统。