

空 气 调 节 自 动 化

西安冶金建筑学院

张子慧 编

科 学 出 版 社

1 9 7 9

内 容 简 介

本书分三章。第一章叙述空调自动调节系统的组成、反馈控制原理和其它新的控制方法,以及空调参数的调节品质、空调系统的特点及其对调节品质的影响。第二章介绍自动调节器的一般知识及常用的温、湿度自动调节装置。第三章介绍空调自动调节系统中温、湿度的典型调节方案,制冷系统的自动控制,空调自动化的综合实例。最后,扼要介绍电子计算机在空调系统控制上的应用。

本书可供暖通空调工作者、空调自控的有关人员和大专院校暖通专业的师生参考。

空气调节自动化

西安冶金建筑学院

张子慧 编

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1979年12月第一版 开本:787×1092 1/16

1979年12月第一次印刷 印张:9 1/2

印数:0001—16,600 字数:216,000

统一书号:15031·256

本社书号:1575·15—1

定价: 1.00 元

目 录

序言.....	iii
第一章 空调自动调节的基本原理.....	1
1.1 基本概念及反馈控制原理	1
1.2 调节系统的分类	3
1.3 空调参数的调节品质	3
1.4 空调系统的特点	5
1.5 其它的控制方法	10
第二章 空调自动调节装置.....	13
2.1 调节器的分类及其调节规律	13
2.2 晶体管位式调节器及配用的元件	14
2.3 晶体管动圈式调节仪	24
2.4 P 系列简易电子调节器	34
2.5 带电接点的晶体管式圆图记录调节仪	41
2.6 带连续 PID 电动调节装置的自动平衡记录调节仪	46
2.7 TA 系列简易电子调节器	53
2.8 电动单元组合式仪表	60
2.9 干、湿球湿度调节器	61
2.10 电阻式湿度调节器.....	62
2.11 气动调节器.....	64
2.12 电子-气动调节器	70
第三章 空调的自动调节系统.....	72
3.1 概述	72
3.2 室温的自动调节系统	75
3.3 室内空气相对湿度的自动调节系统	101
3.4 收敛环节及辅助环节的调节	112
3.5 空调自动调节系统设计任务与设计原则	116
3.6 空调自动化的综合实例	118
3.7 电子计算机在空调系统中的应用	132
3.8 空调自动调节系统的调整、试验与运行.....	135
图例说明.....	145
参考文献.....	146

第一章 空调自动调节的基本原理

1.1 基本概念及反馈控制原理

为了便于理解空调自动调节的基本概念,先分析手动的调节过程。以图 1.1 所示的室温调节为例来加以说明。通常操作人员根据房间要求的温度,借助温度计的读数来判断室温是否符合要求。如不符合,则调节加热器(或风门、风机转速等),使室温逐渐满足要求。如此不断观察温度的变化,随时进行人工调节。不难看出,手动调节存在着如下的缺点:(1)劳动强度大、效率低;(2)人的感官无法察觉温度微小的变化,调节精度不高;(3)手动不能及时、合理地满足系统对冷、热量的要求,不经济。因此,为了满足空调精度、节约能量和解放劳动力,需要用自动调节装置代替人工进行调节。自动调节就是模仿人工的调节过程,用自动调节器及时、准确、合理地控制空调装置,以达到恒温、恒湿的目的。

图 1.2 为室温自动调节的一个示例。由图可知,自动调节装置包括以下几部分。(1)敏感元件——具有一定物理特性的一系列元件的总称。它能测量各种热工参数,并变成与热工量成单一函数关系的特定的信号(电量、气压或机械位移等)。敏感元件分为参数

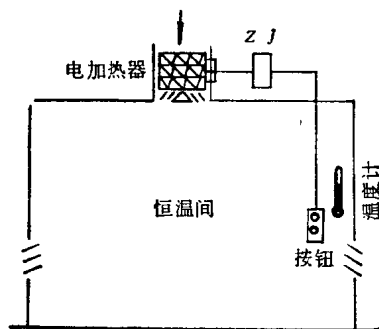


图 1.1

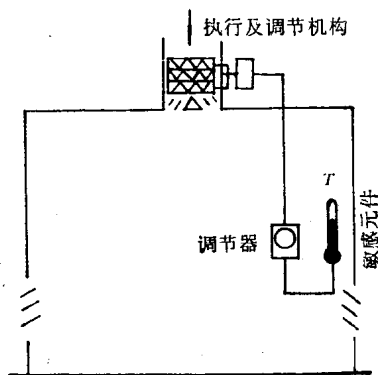


图 1.2

型(将被测参数转换成电阻、电感、电容等模拟量,属于这一种的有热电阻、半导体热敏电阻、湿敏电阻等)和发电型(将被测参数转换成电动势,属于这一种的有热电偶)两种。如果敏感元件发出的信号与后面的仪器所要求的信号不相符合,则需要增加一级所谓“变送器”将测量信号变换成要求的信号。变送器一般由电路和气路构成。(2)调节器——调节装置中的核心部件。它根据敏感元件(或变送器)送来的信号与空气调节要求的参数相比较,测出差值。然后按照已经设计好的运算规律算出结果,并将此结果用特定的信号(电流、电接点的通断、气压等)发送出去,以控制下一个部件。(3)执行及调节机构。执行机构是动力部件(电动的或气动的),它接受调节器送来的特定信号,去改变调节机构(调节阀、风门等)的位移,改变进入系统的冷、热能量,自动维持某些参数恒定。自动调节装置虽然是多种多样的,但都必须包括这三个部分,这样就可以利用它们代替人工进行调

节。

为了分析、研究自动调节系统的共性问题,常把系统中除自动调节装置以外的部分,如要求恒温的房间、淋水室等,统称为被调对象,简称对象。调节对象中需要保持恒定的参数称为被调量(或称被调参数),用 X 表示。对被调量规定的数值称给定值,用 $X_{\text{给}}$ 表示。 $X_{\text{给}}$ 可通过设在调节器内的给定装置,在测量的范围内由人工给定。被调量与给定值之差称偏差,用 ε 表示。引起被调量发生变化的因素称为干扰作用,简称干扰,用 f 表示。例如,被调房间中的照明、机电设备、人等发热量的变化,就是直接影响室温的干扰。应该说明,由于给定值改变而引起被调量变化的原因,则不称干扰。

由于实际的调节系统包括的具体环节的种类繁多,为了能清楚地表明系统中各组成环节之间的相互关系,通常用方块图表示系统的组成。例如,上例系统可表示为图 1.3 所示的方块图,其中的每一个方块表示组成系统的一个环节,各环节串联在一起组成一个自动调节系统。各环节的作用是有方向性的,可用箭头表示,即前一个环节按箭头的指向作用在后一个环节上。

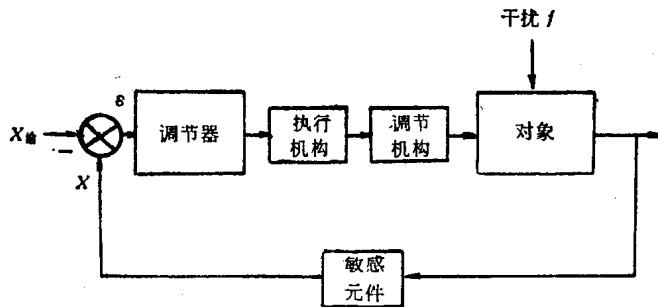


图 1.3

综上所述,自动调节的过程是在调节对象受到干扰作用使被调量发生变化后,利用敏感元件和给定装置检测出偏差,利用偏差信号使调节器按照一定的调节规律控制执行机构,从而改变调节机构的位置,以克服干扰的影响,消除或减少偏差,使被调量维持在要求的范围内。这是利用偏差消除偏差的控制过程。

从图 1.3 中还可看出,系统输出的参数正是被调量,它通过敏感元件(或变送器)再返回到系统的输入端,并与给定值进行比较。这种将系统的输出信号又引回到输入端的方法,称为反馈,其控制则称反馈控制。因此,此种调节系统又称反馈控制系统。反馈控制是最基本的控制方法。由于给定值与被调量在比较环节上是相减得到偏差信号,即 $\varepsilon = X_{\text{给}} - X$,故属负反馈。自动调节系统中不允许使用正反馈,因为假如采用了正反馈,则调节器不仅不能克服干扰的影响,反而在被调量增加时调节机构的动作将使被调量上升。因此,那怕有微小偏差,调节作用也将使偏差越来越大。在上例中,从信号传递的角度,我们又注意到另一问题,即系统中信号沿着箭头方向前进,最后又回到原来的起点,使调节系统成为一个闭合的回路。因此,这种系统称为闭环系统。所以可以说,自动调节是自动反馈的闭环系统。与自动调节相对照,则可以说人工调节是人工反馈的闭环系统。自动调节与人工调节之间的关系是对应的,自动调节的偏差测量装置类似于人的眼睛,自动调节器类似于人的头脑,执行机构则类似于人的手。但由于自动调节装置可采用灵敏度很高

的敏感元件,能检测到被调量微小的变化,新型调节器具有快速动作和运算能力,从而具有克服干扰能力强的调节规律,执行机构有足够的功率和能适应调节对象要求的良好特性,所以自动调节具备一系列的优点。

1.2 调节系统的分类

从不同的角度出发,调节系统有不同的分类方法,如按调节器使用的能源种类(电动式、气动式及电子-气动式等)、调节规律(位式、恒速、比例、比例积分、比例积分微分等)、被调量的种类(温度、湿度等)分,也可以按给定值的形式分。每一种分类方法都只反映了自动调节系统的某一特点。

前三种分类方法与调节器分类一致。本节仅讨论按给定值的分类。一般有以下几种。

(1) 定值调节系统。

使被调量保持恒定或基本上恒定的系统,称为定值调节系统(如图 1.2)。由于空调中大都要求这种系统(如恒温、恒湿等),故本书主要讨论此系统。

(2) 程序调节系统。

当系统的给定值按事先已知的时间函数变化时,这种系统称为程序调节系统,又称程序控制系统。如人工气候室中的温度、湿度,是按事先拟定的程序变化,以模拟室外气象参数的变化规律,来达到产品试验等目的;这是暖通专业中较典型的程序控制系统。

(3) 随动调节系统。

当被调量的给定值跟随某一变量变化时的调节系统,称为随动调节系统。它与程序调节系统的不同点,在于被调量的变化规律事先无法确定。比如,近年来在舒适性空调中,为了节省能量和达到舒适的目的,室温并不要求恒定,而是随着室外温度的变化而变化。

程序调节系统和随动调节系统均与定值调节系统密切相关,因为在解决了定值系统问题后如果改变调节器的给定值,就可以将定值调节系统变成程序调节系统或随动调节系统。

1.3 空调参数的调节品质

1. 自动调节系统的过渡过程

当一个自动调节系统未受到干扰作用时,整个系统处于一种相对的平衡状态。这时,系统中各个组成环节如调节器、调节阀等都暂时不动作,它们的输出信号都保持常数,这种状态称静态。但平衡是相对的,不平衡才是绝对的。当一个自动调节系统在受到不可避免的干扰作用时,系统的平衡就被破坏。但由于调节器等自动化装置的作用,能使系统尽快地达到新的平衡。

从干扰的发生,经过调节,直到系统重新建立平衡,在这一段时间中整个系统的各个环节和参数都处于变动状态之中,所以这种状态叫动态。

在动态阶段,自动调节系统的被调量也是不断变化的。这种随时间变化的过程,称为

自动调节系统的过渡过程。应该指出,在研究自动化技术工作中,了解系统的过渡过程是非常必要的,因为需要知道,当系统受到干扰作用后,被调量能否稳定下来和怎样稳定下来等问题。

空调中各种参数过渡过程可用自动记录仪记录下来。经过归纳和典型化后,过渡过程主要有图 1.4 所示的三种。曲线 1 为衰减的振荡过程,即经过 1—2 个周期的变化达到新的平衡,且相当地接近给定值。曲线 2 称为非周期的过渡过程,即被调量能一次接近给定值,而没有周期的变化。曲线 3 是等幅振荡过程,即被调量总是周而复始地在给定值上、下波动。显然,上述前两种均属稳定的过程,而第三种,则只要它的波动范围不大,工艺上也是允许的。从这个意义上说,它虽是一个不停的振荡过程,但可以看作是特殊的稳定过程。如果被调量的波动幅度越来越大直至破坏生产的正常进行,则称为发散的振荡,这就是不稳定的过程,是自动调节系统所不允许的。

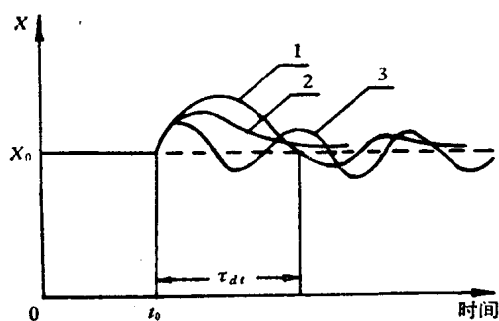


图 1.4 过渡过程

2. 空气参数的调节品质

任何自动调节系统首先必须满足稳定的要求,这是前提。进一步分析工艺对空调要求,便知在稳定的前提下还必须提出若干质量指标。以刻线室对恒温要求为例,在恒温室内对 500 厘米的标准尺进行刻线,工艺上允许线间公差为 2 微米。其中 1 微米为尺温变化所产生的形变误差,另 1 微米为零件加工与量测误差。而 1 微米折合尺温变化则为:

$$\Delta t = \frac{\Delta L}{L \cdot \alpha} = \frac{1}{0.5 \times 10} = 0.2^\circ\text{C}$$

式中: ΔL ——尺的形变量(微米);

L ——尺的长度(米);

α ——尺的线膨胀系数,取 $\alpha = 10$ 微米/米·度。

由计算可知,要求尺温不得超过 $\pm 0.2^\circ\text{C}$ 的变化。对恒温室中空气温度的变化是否也要小于 $\pm 0.2^\circ\text{C}$ 呢? 我们知道恒温室内工艺设备(工件、测量设备等)都是有热容量的,当室温波动时,它们的温度上升或下降是有一定速度的,不可能跃变。故工件温度跟不上室温的变化(工件温度的变化比室温变化要小)。显然,我们不能笼统地提出室温变化小于 $\pm 0.2^\circ\text{C}$ 的要求。那么,怎样正确地提出对室温变化的要求呢? 一般应由以下分项的调节质量指标来决定。

(1) 静态偏差 Δt_{st} ——调节过程结束后,系统中所存在的偏差。因静差是较长时间存在的,故对工件形变(或电学量)影响较大。因此,要求静差要小。在上例中静差不得大

于 $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 。而精差是由调节器精度决定的，对静差的要求就直接关系到对调节器的要求。因而需要细致地分析工艺要求，准确、合理地提出静差指标。这方面若稍不注意，就会造成自动调节系统上的技术经济问题。

(2) 动态偏差 Δt_{dt} ——在等幅振荡中是指温度的波幅，对其它过渡过程则为实际温度短时偏离给定值的最大偏差。在衰减的振荡过程中，动态偏差常出现在第一个波幅。由于工件对室温波动具有衰减作用，因此短时出现的动态偏差，在数值上可大于工件允许的温度波动值。

(3) 动态偏差持续时间 τ_{dt} ——动态偏差所在的半个周期的持续时间。 τ_{dt} 不能过长，它越短对工件形变影响越小，一般规定小于 10 分钟。

(4) 调节时间 t_p ——自动调节系统过渡过程时间。

(5) 区域温差 Δt_{iy} ——恒温区内在工件旁边测得的最高温度(或最低)值与敏感元件处较长时间内的平均温差。因为任何良好的送排风系统也无法保证房间内各点温度均(一般工艺上也无此要求)，所以空调系统是允许有区域温差的。

因为自动调节系统是根据敏感元件发出信号指挥调节器动作的，故调节系统应保证测点参数恒定，而区域温差则应由合理的气流组织保证。

一个自动调节系统能否满足上述调节品质指标的要求，首先在于系统的内因。所谓系统的内因，是指组成系统各部分的固有性质，如对象特性、调节器特性、敏感元件特性及调节元件的特性等。因此，不能片面认为只要调节器越高级、灵敏度越高，就能得到良好的效果。应当看到，关键在于各环节间相互配合和按对象特性正确选用调节器。影响调节品质的外因是作用在对象上的干扰，干扰越强烈，作用次数越多，调节品质越易变坏。

1.4 空调系统的特点

以下仅从控制角度叙述空调系统的特点。

1. 干扰多

空调房间大体上经常受到如下干扰：

(1) 日照——通过窗户进入的太阳光所形成的辐射热，此热量与时间一起变化，也受天气阴、晴变化的影响；

(2) 室外气温——通过外部围护结构对室内的影响；

(3) 外部空气的侵入——即通过门、建筑物缝隙等侵入的外部空气对室温的影响；

(4) 新风——为了换气(或保持室内一定的正压)所采用的新风，其温度对室温有直接影响；

(5) 由于室内人员的变动，照明、机电设备的开、停引起的余热量的变化。

以上均属热干扰。另外还有如下湿干扰：

(1) 露点参数的波动——指露点恒定法恒湿系统；

(2) 室内散湿量的变化——人的出入、开敞水面的蒸发；

(3) 室内吸湿性产品数量的变动；

(4) 室外空气含湿量的变化。

如此之多的干扰,它们进入系统的位置、形式、幅度大小和频繁程度等,均随着建筑物的构造(建筑热工性能)、用途不同而异,更与空调技术本身有关。在设计空调系统及其自动调节系统时,必须采取抗干扰的措施,最好从工艺上加以改进而减少干扰。因此,可以说恒温、恒湿工程是建立在建筑热工、空调技术和自动调节的基础上,其中任何一个环节都不能缺少。

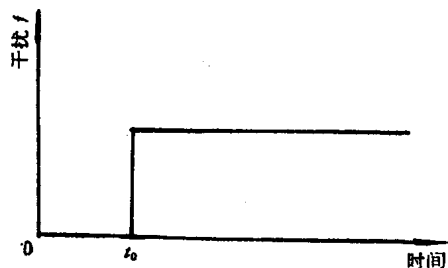


图 1.5 阶跃干扰

上述干扰的幅值是随时间变化的,但没有固定的函数形式。在分析和设计工作中,为了安全和方便,常假设一些定型的干扰形式。其中最常用的有如图 1.5 所示的干扰,它是在 t_0 时刻突然加入具有一定幅值且其幅值不随时间而变化的干扰。这种干扰称为阶跃干扰,可视为最不利的干扰作用形式。如果一个系统能够很好地克服主要干扰的阶跃形式的作用,则其它形式和其它干扰的影响就不难克服。

2. 调节对象和敏感元件的特性

实际工程中调节对象是千差万别的。不同对象要采用不同特性的调节器,才能获得良好的调节质量指标。为此必须掌握和研究调节对象的特性,其中特别值得研究的是对象在受到干扰作用后在变化过程中所表现的特性,即对象动态特性。这是因为系统中动差值是由系统中对象等环节的动态特性及其相互间配合决定的,而静差主要由调节器精度决定。

下面只介绍调节对象及敏感元件的特性,而调节器特性则放在第二章叙述。

所谓调节对象的特性,即在无调节器情况下,对象承受阶跃干扰作用时,被调量随时间的变化规律。这个规律如用曲线表示,则称为反应曲线或飞升特性曲线;这仅是对象特性的一种表示形式。此外,还可用数学方程式表示。

例如在图 1.6(a)所示系统中,先手动调节二次加热器的热水阀门,使三次电加热器(裸线式电加热器)前风温和室温稳定。稳定一段时间后,将电加热器开关合上(相当于阶跃干扰),并用温度自动记录仪记下室温变化过程,直到室温重新稳定后结束记录,则所记曲

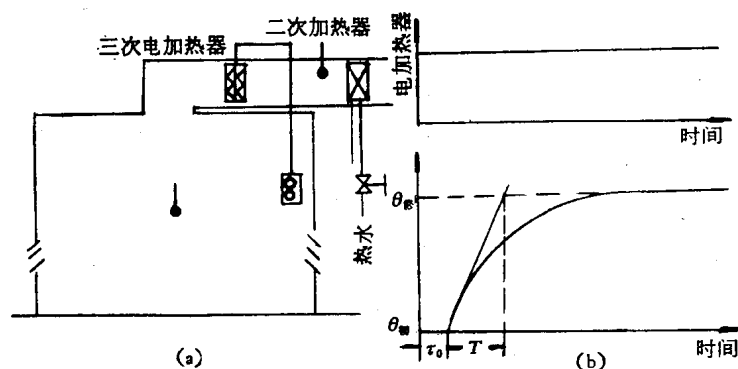


图 1.6 室温对象及其飞升曲线

线即室温飞升曲线,如图 1.6(b) 所示。此曲线是一条指数曲线。从曲线上可以测取表示

对象特性的如下三个参数。

(1) 对象的传递滞后时间 τ_0 。

从图 1.6(b) 中可以看出, 当加热器接入电源后, 室温在短时间 τ_0 秒内几乎没有变化, 仍保持原来状态 ($\theta = \theta_0$), 经 τ_0 秒后才上升。这种性质称为对象的滞后性或延迟性。因为, 空气从加热器到达温度测量取样(或称控制)点间有一定距离, 故需要一段传递时间。这个传递时间 τ_0 称为对象传递滞后时间。一般室温对象传递滞后时间为:

$$\tau_0 = \frac{L_1}{v_1} + \frac{L_2}{v_2} + \dots$$

式中: L_1 ——从电加热器到恒温间送风口的风道长度(米);

L_2 ——气流从送风口到控制点流程长度(米);

v_1, v_2 ——分别为气流在风道内和室内的平均风速(米/秒), v_1 一般可取为 2—4 米/秒, v_2 可取为 0.05—0.10 米/秒(10 次换气次数, 孔板送风)或取为 0.2 米/秒(10 次换气次数, 风口侧送)。

(2) 对象的时常数 T 。

从图 1.6(b) 中可见, 室温上升的初始速度较快, 而后逐渐缓慢。经加热器加热的空气进入房间后, 和室内空气混合并给室内物件加热, 而物件都有一定的热容量(即物件每升高 1℃ 需要的热量), 因此, 室内温度是逐渐上升的。开始时由于送风温差较大, 热交换速度快, 因此室温上升速度快。随着室温上升, 送风温差减小, 热交换速度降低, 室温上升速度就减慢了。当达到热平衡时, 室温便稳定下来。这是热工对象所具有的自平衡性质, 对调节是有利的。虽然热工对象都有自平衡性质, 但不同对象平衡时所需时间和稳定后的温升却不同。这一性质由以下参数描述。

在开始升温的 t_1 时刻作曲线的切线, 则该切线与稳定值的交点所截时间 T 称为对象的时间常数, 它的物理意义是对象受到阶跃干扰后, 以初始最大速度上升到稳定值所需时间。 T 大被调室温变化慢; T 小室温变化快。因此可以说时间常数 T 是表示对象热惯性大小的物理量。它预示着对象本身存在着热阻力(简称热阻)。不同对象热阻也不同。时间常数 T 表示对象在变化过程中的性质, 故称动态特性。

室温时间常数 T 的估算公式^[18]为

$$T = \frac{\eta + 1}{n + n''} \times 60$$

式中: η ——室内物件蓄热与空气蓄热比值, 可取 3—5;

n ——房间通风换气次数(1/小时);

n'' ——围护结构当量换气次数 $n'' = \frac{\alpha_n \cdot F}{C \cdot V}$ (1/小时);

C ——取 0.29;

F ——围护结构内表面积(米²);

V ——房间体积(米³);

α_n ——房间内表面放热系数(千卡/小时·米²·℃), 可取 5—7。

(3) 对象的传递系数 K 。

泛指的对象传递系数用 K 代表, 它有两种具体的表示方法。其一是用工作区温升

$\Delta\theta = \theta_{\text{送}} - \theta_{\text{回}}$ 与送风口温度改变 $\Delta\theta_{\text{送}}$ 之比值 K_{oo} 来表示, 即 $K_{oo} = \frac{\Delta\theta}{\Delta\theta_{\text{送}}} (\text{℃/℃})$ 。这表

明对象在阶跃干扰作用下, 阶跃干扰引起对象输出变化的程度, 故称为对象传递系数 K_{oo} 。表示在稳定情况下对象的特性(称为静态特性)。其物理意义是送风温度每改变 1℃ 所引起工作区温度改变的数值, 此数值与变化过程没有关系。对象传递系数的另一种表示方法是工作区温升 $\Delta\theta$ 与三次加热器容量 P 的比值, 用 K_{op} 表示, $K_{op} = \frac{\Delta\theta}{P} (\text{℃/千瓦})$ 。

K_{oo} 与 K_{op} 的关系由 $Q = 860 P = G \cdot C \cdot \Delta\theta_{\text{送}}$ 求得,

$$K_{op} = \frac{2866}{G} \times K_{oo}$$

下标“oo”表示 ℃/℃ ; “op”表示 ℃/千瓦 。 G 为风量, C 为比热, 取 $0.3 \text{ 千卡/米}^3 \cdot \text{℃}$ 。

对象的传递系数和空调房间的容积大小有关。显然, 相同数量的热干扰, 对容积大的对象引起的温升小, 而对容积小的对象引起的温升大。前者传递系数小, 后者传递系数大。

还应说明, 在实际工程中常使用盘管加热器(热水加热器、蒸汽加热器等), 它们本身

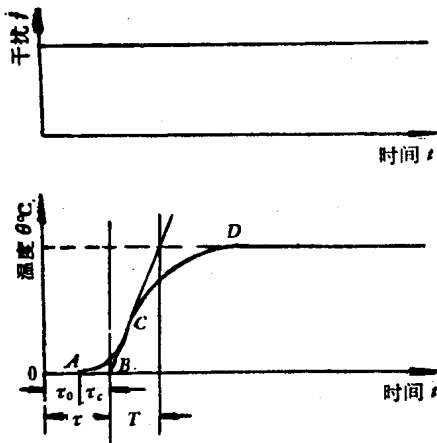


图 1.7

都有热容量, 即加热器本身存在着热阻。如热水加热器的水量突然变化时, 由于加热器的热阻, 使加热器表面温度也按指数曲线上升到新的稳定值, 因此使室温变化减慢。实测中室温反应曲线呈现带拐点的形状, 如图 1.7 所示。这是由于具有两个(或多个)容量串联造成的, 故称为双容(或多容)特性, 而图 1.6(b)所示则应称单容特性。由于容量可称为热阻, 故两个容量串联的对象又称为两个热阻串联的对象。

在分析工作中, 近似处理双容(或多容)反应曲线的方法, 是在拐点 C 处作切线(如图 1.7 所示), 该切线与横轴交于 B 点。由于 B 点前温度变化较小, 故可将双容反应曲线 $OACD$ 近似

地看作一个纯滞后 OAB 和一个单容反应曲线 BCD 所组成。曲线中 AB 滞后是由于用单容反应曲线近似代替多容反应曲线而造成的。这种滞后称为容量滞后, 用 τ_c 表示。它不是真正的纯滞后(传递滞后), 但在近似处理中将其当作纯滞后考虑, 并令 $\tau_0 + \tau_c = \tau$, 而 τ 一般又称为滞后时间。

综上所述, 对象特性曲线可用 τ 、 T 、 K 三个参数完整地表示出来, 故 τ 、 T 、 K 称对象的特性参数。 τ 、 T 是表示对象在受到干扰作用后变化过程中的参数, 故称动态参数; 而 K 表示稳定后的特性参数, 故称静态参数。

恒温室是一个分布参数的调节对象, 各点的特性参数均不相同。表 1.1^[18] 列出部分实测数据供参考。

τ 、 T 、 K 数值对调节质量有直接影响。滞后时间的存在, 使调节器得不到及时调节的信号, 其调节动作滞后于干扰作用, 因此不利于克服干扰的影响, 降低了调节质量。设

表 1.1

名 称	送风方式	换气次数 (次/时)	控制点平均 风速(米/秒)	τ (分)	T (分)	$K_{\infty}(\text{℃/℃})$	τ/T
室	侧送风口 或散流器	20—30	0.05—0.40	0.2—0.6	5—7	0.4—0.5	0.02—0.12
		15		0.3—0.7	7—9	0.3—0.45	0.033—0.10
		10		0.6—1.1	8—10	0.2—0.35	0.06—0.14
		7		1.0—1.5	10—15	0.15—0.25	0.07—0.11
温	孔板送风	25	0.02—0.10	0.6—0.8	7—10	0.3	0.06—0.11
		20		0.8—1.0	10—15	0.2—0.25	0.054—0.1
		15		1.0—1.5	15—20	0.15—0.2	0.05—0.1
		10		1.5—2.0	20—25	0.10	0.06—0.1
露 点 ¹⁾			1.5—2.5 水 气 比 1.5—2.0	0.1—0.2	0.4—0.8	0.5—0.8	0.13—0.5
水加热器				0.2—0.4	1.5—2.5	0.10—0.25	0.4—0.26

1) 露点 $K_{\infty} = \frac{\text{露点温度变化}}{\text{淋水温度变化}}$

计中应尽量消除和缩小滞后时间。对象时间常数 T 越大, 对抗干扰越有利, 并可增大系统的稳定性。而传递系数 K 越大时, 说明干扰对被调参数的影响越大。

下面来谈谈敏感元件的特性。

敏感元件特性的表示方法和对象特性的表示方法类似, 其特性对调节质量的影响更为显著。

现以热电阻为例研究它们的特性。当突然将无保护罩测温热电阻放在恒温环境中, 其温度不能立即与恒温环境的温度相等, 而是按指数曲线逐渐升温, 如图 1.8 中曲线 1 所示。显然, 敏感元件的时间常数越小, 越能及时反映实际温度, 便于作到及时调节, 对保证调节质量有利; 反之亦然。在实际工程中所使用的敏感元件多带保护罩(一种金属无孔管

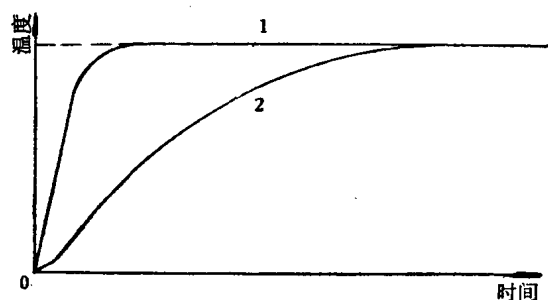


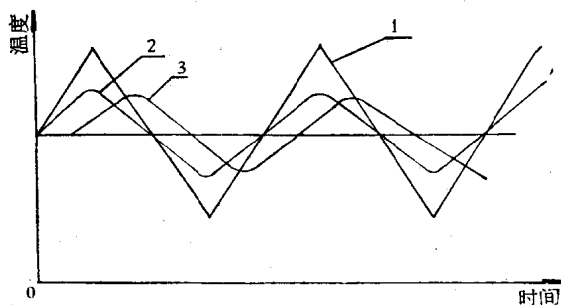
图 1.8 有、无保护罩时热电阻飞升曲线

或多孔管)。由于保护罩具有热容量, 使得这种敏感元件相当于双容环节, 其反应曲线如图 1.8 中曲线 2 所示, 对调节更为不利。以铂电阻为例, 有保护罩时的时间常数大于 60 秒, 无保护罩时则约为 5—10 秒, 但也与介质的流速有关。

在室温双位调节中, 室温是等幅振荡过程, 近似三角波。有保护罩热电阻和无保护罩的热电阻所反应的温度曲线, 如图 1.9 所示。由图可见, 均落后于实际温度, 没有反映

实际值。有保护罩的则更严重些。由于它们反应慢,反映出来的数值偏小,同时在时间上还有一个差值。这将给调节器一个虚假信号,例如当空气温度处于上升状态时,热电阻由于热惯性,反映出来的指示值却下降。如果调节器根据这一错误信号动作,则被调温度的波动更大。

为了工程上的需要,一些仪表厂生产了不同热惯性的敏感元件(详见第二章表 2.5)。



1. 室温 2. 无保护罩热电阻指示温度 3. 有保护罩热电阻指示温度

图 1.9 有、无保护罩热电阻动态特性比较

3. 空气调节的季节性

空气调节具有很强的季节性。一年中,一般可分为冬季、过渡季和夏季。由于电子计算机在空调控制上的应用,其工况分得更细、更多,以便达到最佳化控制。因此,在不同的季节、不同的工况下,空调过程是多种多样的。

由于空调运行制度的多样化,因此运行管理及自控设备更加复杂。当工况自动转换时,不得不采用必要的逻辑线路。

4. 具有温度和相对湿度的两个相关参数

描述空气状态的主要参数有温度和相对湿度两个变量。这两个变量都不是完全独立的;当相对湿度发生变化时要引起加湿动作,其结果对室温有影响;而当室内温度变化时,使空气中水蒸汽的饱和分压力变化,在绝对含湿量不变情况下,就直接改变了相对湿度(温度增高相对湿度减少,温度降低相对湿度增加)。这种相互关联着的参数,称为相关参数。

所以同时要求恒温、恒湿时,虽然系统中恒温、恒湿基本上是两个独立环节,但它们处于同一系统中,互有干扰。这是空调系统的一个特点,设计自动化系统时必须予以重视。

1.5 其它的控制方法

随着空调技术的发展,对自动化也不断地提出了新的要求。当仅采用前述的反馈控制方法不能满足空调要求时,促使人们寻求其它控制方法和方案。在这方面,有关热力过程和化工过程所使用的若干控制方法,在空调中也是适用的。下面仅介绍几种控制方法。

1. 前馈控制

前述反馈控制是按照被调量的偏差值进行调节的,空调系统中大多应用此法。但反馈调节的特点是必须在被调量出现偏差后,调节器才进行调节,以补偿干扰对系统的影响。当干扰已经发生,而被调参数还未变化时,调节器尚不能进行调节。故反馈控制作用总是落后于干扰作用,这是其不足之处。

在空调系统中,热力设备常具有滞后的特性。从干扰作用发生到被调参数显出变化,需要一定的时间。被调参数变化后,通过调节器的调节作用,又要经历一定的时间才会对被调量产生影响。而被调量产生新的变化再引起的调节作用,又要经历一定的时间才会使被调量产生变化。这样就会加大调节时间。如果调节系统的滞后性大,则被调量的动差及调节时间均会增大。

在定值调节系统中,干扰是影响被调参数变化的原因。能否直接利用干扰作用,作为调节器的指挥信号而进行调节呢?前馈控制正是按照干扰作用的大小进行调节的。当某一干扰出现后,调节器就对被调量进行调整,以克服干扰对被调量的影响。当干扰作用发生后,在被调量还未显示变化之前,调节器就已进行调节,这是此种控制的特点。因此,此控制称为前馈控制。如果前馈控制的作用适当,可以使被调量不受干扰的影响,或大大减小。所以此种控制方法比反馈调节来得及时,并且不受系统滞后大小的影响,故抗扰性较强。

在空调系统的室温调节中,二次加热器前送风温度的波动就是主要干扰之一。利用送风温度的波动,去控制二次加热量,只要在调节量的大小和时间上配合好,是可以使室温保持不变,或可减小其波动幅值的。

2. 复合控制

单纯的前馈控制与反馈控制相结合的控制方法,称为复合控制。

空调系统中的干扰是多种多样。如果要对每一种干扰都实行前馈控制,就需按每种干扰设置一套测量仪表和相应调节器。这样将使调节系统复杂、庞大而难于获得实用价值。但如果只对个别干扰进行前馈控制,则既无法消除其它干扰对被调量的影响,也无法最终测出偏差。所以单纯的前馈控制,一般无法满足要求。需综合利用两种控制方法。

复合控制方法,需要对系统中各种干扰进行分析,选择其中主要的干扰进行前馈控制,这个干扰应是反馈控制所不易克服的、但对系统具有较大的影响。然后,把按干扰的前馈控制与按偏差的反馈控制组合起来,构成复合的调节系统。这样,既有利于克服系统中主要干扰的影响,又可借反馈控制来消除其它干扰的影响,以便获得较好的效果。

复合控制用于以下两种对象。

(1) 滞后性比较大的对象。

在空调系统的温度调节中,常利用盘管式加热器。这种加热器属双容对象,滞后性往往比较大。还有,从加热器到恒温区常有一定的距离,这就需要一定的传递时间,为克服这一影响可采用送风补偿的复合控制。

还有,在寒冷地区,常把一次加热器的盘管分成两部分,其中一部分是由室外温度直接控制的,即将室外气温变化的干扰作为前馈的信号。此信号可以及时按照室外气温的

变化,调节一次加热器的加热量,减少干扰的影响。

(2) 时间常数很小的对象。

锅炉汽包的水位调节,常采用多冲量的调节方案,这也是利用复合控制的一种。特别是高效能的锅炉产生的蒸汽量很大,而汽锅的体积相对说却较小,所以液位的时间常数较小。在蒸汽负荷变化较大时,汽包内会出现虚假水位现象。此时靠单纯的水位信号进行反馈调节,无法保证锅炉的安全操作。故通常把蒸汽流量作为前馈控制信号(或称冲量)加到水位调节器上,调节锅炉的给水,使汽包水位保持稳定。

3. 断续(采样)调节

断续调节又称采样调节。以前我们所介绍的调节系统一般是连续调节。而断续调节,顾名思义,是进行间断地采样(测量)和断续的调节。实践中发现,在某些对象上,断续调节比连续调节能获得较好的效果。

在对象或测量元件有较大滞后或目前应用的电动调节阀的调节速度较快时,一般采用此法。在这些场合下,如不采用断续调节,则会造成过调现象,从而使过渡过程的波动幅度和调节时间加大,甚至会造成不停顿的振荡。

断续调节是利用常规调节器加上附加仪表(如周期通断仪等)来实现。断续调节器接受测量信号后,就与给定值比较,然后根据偏差进行反馈调节。不过调节作用不是连续地进行下去,而是调一调、停一停,等待被调量的变化,以观后效。调节器被迫停的一段时间,应等于纯滞后时间。调节器被迫停止的时间与调节的时间大小,要根据具体对象与调节系统中的滞后大小、调节机构移动速度等来决定。一般由附加的周期通断仪来控制调节机构接通与断开的的时间,是由人工事先调整的。一旦调好后,通断仪可自行动作。

随着近代工程控制论的发展与电子计算机在工业生产过程控制上的应用,新的方法将不断地引入空调自动化的领域内,比如直接数字控制、过程最佳控制等。

第二章 空调自动调节装置

自动调节装置应包括敏感元件、调节器、执行机构、调节机构及附属元件等。它们按照一定连接方式组合起来,完成自动调节任务。

自动调节器是自动调节装置中的核心部件,它决定了调节规律。因此,本章主要叙述自动调节器。

最初对调节器的基本要求是:简单、可靠、价廉和精度高。随着空调技术的发展,对调节器又提出了新的要求:如各个房间的温度能单独地在调节范围内任意给定;室内温度的给定值能随室外气温的变化而按一定规律变化,以保证舒适空调的要求;相对湿度、静压、洁净度以及噪声等控制,应有相应的调节器,以实现自动调节。

下面先介绍调节器的一般知识,然后介绍一些切实可用的调节装置,其中包括近年来的新技术、新产品。

在叙述每种调节器时,相应介绍其敏感元件、执行机构及调节机构。但应该说明,某些敏感元件、执行机构及调节机构等,常常能与多种调节器配套使用。

2.1 调节器的分类及其调节规律

1. 自动调节器的分类

如果调节器不需外加能源,即可使调节机构动作,则此种调节器称为直接作用调节器。如制冷系统中应用的热力膨胀阀和氨液浮球调节阀等,都是直接作用调节器。这种调节器结构简单,但调节精度低。

必须有外加能源的调节器,称为间接作用调节器。此种调节器如果按使用能源的种类又可分为电动调节器、电子调节器、气动调节器和电子-气动混合式调节器等。下面分别介绍。

(1) 电动及电子调节器。

电动及电子调节器是利用电能来工作的。因为电源方便、易于解决,作用半径大,便于集中控制和管理,同时此调节器及其配套的元件的生产厂较多,容易购买,因此得到了广泛应用。但电动调节器也有缺点,如电动系统中的接触装置动作频繁,会缩短使用年限,由于具有火花不利防爆。但近年来由于可控硅技术应用在空调上作为执行机构,属无触点、无级调压,因而克服了上述缺点,然而维护又较复杂,价格也贵,需要有专业管理人员。

对电动及电子调节器,首先需要通过敏感元件将温度、湿度、压力等参数转换成电信号。在简单情况下,不需要放大器,仅变成电接点的位移(如双金属片调节器)就行了;这种简单调节器就是电动调节器。在复杂情况下,是先把温度、湿度、压力等转换成电阻(或电势)的形式,然后通过电路测量、放大,再去推动执行机构。因为这种调节器包括有电子放大器,故称电子调节器。此种调节器不但能对被调参数进行自动调节,还可以自动记录,或可以对信号进行比例、积分和微分的运算,成为较高级的调节仪表。电子调节器

应用在调节精度高、对象特性不利于调节的场合。

(2) 气动调节器。

气动调节器使用压缩空气作为能源。它是通过敏感元件，将热工参数转换成相对应的气压信号，再通过气动放大器，带动气动执行机构。

气动调节器工作可靠，仪表是机械的，非专业人员也能维护。执行机构操作力大。在生产工艺上已有压缩空气源的情况下，可与生产工艺共用一个气源。只有在大型空调及盘管装置多的场合，可单独设置气源。在要求防爆的地方应采用气动调节器。但气动调节器各环节时间常数较大，精度不够高，故宜应用在一般的大型空调上。在小型空调上因需设置气源而显得不经济。因用气路传递信号受到距离限制，不能远距离控制，故一般应就地安装。

由于气动便于管理，因而对一般精度的大型空调，特别是在已有气源的情况下，宜采用气动调节系统。

(3) 电子-气动混合式调节器。

电子-气动混合式调节器是由能自动记录和自动指示的电子调节仪表和气动调节装置两部分组成，它具有电子调节器和气动调节器的优点。

2. 自动调节器的调节规律

尽管调节器的种类繁多，但是它们在输出与偏差信号之间的关系上，或者说在输出与输入之间的关系上，存在着某些共同的规律。我们把调节器的这些规律叫作调节规律。

对任何一个调节对象的加热、加湿或减热、减湿的理想方法，就是要及时、准确地按实际需要对调节对象进行热、湿补偿。这就要求调节器有各种各样的调节规律，来满足不同对象、不同干扰的要求。但现有设备无法实现理想状态。这是因为，现有调节器的调节规律只有数种，即双位调节、等速调节、比例调节、比例积分调节和比例积分微分调节等。

3. 自动调节器的初选知识

选用调节器，要根据工程上的要求和实际可能来考虑，更要对同类型实际运行系统进行调查研究后才能初步确定。一般说来，应首先确定调节器的种类，其次确定其调节规律，再次，应根据是否有自动记录与指示等要求来选定，最后还应提出调节器的量程、精度等级及分度号等。仪表的量程关系到仪表的实际精度。以 XCT-102 动圈式调节仪为例，其温度范围有 $0-30^{\circ}\text{C}$ 、 $0-50^{\circ}\text{C}$ 、 $-50-50^{\circ}\text{C}$ ……，此量程决定了调节器的不灵敏区。所谓不灵敏区，系指不能引起调节器动作的最小偏差。如果偏差不超出这个区间，调节器将不产生动作。XCT-102 仪表不灵敏区小于全量程的 0.5%；我们就称此仪表等级是 0.5 级的；这是仪表的主要技术数据之一。如全量程为 $0-30^{\circ}\text{C}$ ，则不灵敏区为 $30 \times 0.5\% = 0.15^{\circ}\text{C}$ ；全量程为 $0-50^{\circ}\text{C}$ ，则不灵敏区为 $50 \times 0.5\% = 0.25^{\circ}\text{C}$ 。可见在同一级精度的仪表中，量程越小精度越高。

不灵敏区用 $2b$ 表示， b 为不灵敏区的一半。

2.2 晶体管位式调节器及配用的元件

晶体管位式调节器是一种价廉、容易购买和制作的一种电动调节器，但无指示、记录