

采暖通风 和空气调节 的控制系统

[美] R·W·哈奈斯 著



中国建筑工业出版社

采暖通风和空气调节的 控制系统

[美] R.W.哈奈斯 著

周祖毅 译

郑维敏 校
张瑞武

中国建筑工业出版社

本书专论采暖、通风和空调工程的控制，对于如今该专业领域所可能涉及的各种设备和各类系统都作了阐述，最后还介绍了电子计算机在大型监控系统中的应用。

本书可供从事采暖、通风、空调专业及其相关的自控专业的科研、设计和运行管理方面的工程技术人员阅读参考。也可作为有关专业的高等和中等技术学校学生的参考读物。

Roger W. Haines
Control Systems for Heating,
Ventilating and Air Conditioning
Van Nostrand Reinhold Company
1977-Second Edition

* * *
采暖通风和空气调节的

控制系统

周祖毅 译

郑维敏 校
张瑞武 校

*
中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经销
中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*
开本: 787×1092毫米 1/32 印张: 8¹/₄ 字数: 184 千字

1980年7月第一版 1980年7月第一次印刷

印数: 1—22,140 册 定价: 0.67元

统一书号: 15040·3756

译者的话

本书是专门论述采暖、通风和空气调节控制的一本比较全面而实用的读物，很多材料是直接来自实践，其中包括对过去失败和挫折的总结。

书中介绍的各种控制方式，是如今欧美、日本等国家行之有效而广泛采用的技术。

本书通俗易懂，即使读者不具备深厚的数学基础，也能领会作者对控制技术的论述。此外，为了便于读者领会，译者尽力作了一些必要的注释。

本书曾蒙清华大学郑维敏教授和张瑞武老师的悉心审阅、订正。在此谨表示衷心的感谢。

第二版前言

自从本书第一版问世以来，已经过去了五年半时间。在这期间，我们已经看到在控制工业方面有两项重大的发展。第一项是电子计算机化监督系统的改善和简化。尽管在一九七一年我们能够预见到这一项发展，但却还不能具体加以描述。在新版本第十章中完全作了改写并扩大了篇幅，就这一领域的现状作了介绍。

第二个重大事件是“能源危机”——一个使很多人意识到空调系统和控制在能量消耗方面的重要作用的事件。我本来考虑在新版中加上一节关于能源保护的题材，但在重读本书第一版以后，发现在经济运行和能量使用方面，过去已经作了很多说明。这一情况表明，作为工程师，我们在若干时间之前确实已经意识到了这个问题，只是没有把它告诉人们。我不相信这个问题如今已经为人们所充分领会，所以，本书中对能源保护的问题仍然作了大量篇幅的论述。

本书第一版的成功曾经给我个人带来了极大的欢快。我期望这一修订版甚至将会比第一版对读者更有帮助。

R·W·哈奈斯

第一版前言

本书旨在对从事采暖、通风和空调系统设计的工程技术人员提供指导，给他们就这类系统的最好控制方式提供简单而具体的说明。本书也可以用来作为大学或专科学校中制冷和空调课程的补充读物。

本书没有把关于控制系统、反应因素、傅利叶变换等的数学分析罗列进去。这些题材在一些大学一级的最新教科书中都有适当而全面的论述。

这里所提供的只是关于控制系统理论、控制硬件以及简单和复杂控制系统的基本但却全面的论述。书中还就监督控制和电子计算机在控制系统中的应用进行了讨论。

读者应当对采暖、通风、空调的控制及采暖、通风、空调系统，供电系统和建筑物彼此之间的相互关系，有一个全盘透彻的了解。

曾经有过一些控制系统归于失败的教训。导致失败的原因，一个是由于建筑物或采暖、通风、空调系统本身内在的缺陷，使系统变得无法控制；另外一个原因则是设计者未能准确无误的实现控制要求。著者希望本书能对读者有所帮助，避免在某些方面重蹈覆辙。

R.W.哈奈斯

1971.1

目 录

译者的话

第二版前言

第一版前言

第一章 控制理论和术语 1

一、概述 1

二、什么是“控制” 2

三、基本的控制系统 3

四、控制的目的 4

五、控制作用 4

六、控制系统的能源 8

七、感测 9

八、本章提要 10

第二章 气动控制设备 11

一、概述 11

二、气动控制设备 11

第三章 电气和电子控制设备 33

一、电气控制设备 33

二、电子控制设备 46

第四章 射流控制设备 53

一、概述 53

二、附壁式器件 53

三、紊流型射流放大器 56

四、涡流型射流放大器 56

五、径向射流放大器 57

六、射流变换器	57
七、手动射流开关	59
第五章 流量控制设备	60
一、蝶阀	60
二、蒸汽和水的流量控制阀	64
三、本章提要	73
第六章 基本控制系统	74
一、概述	74
二、新风量的控制	74
三、加热	80
四、冷却盘管	86
五、湿度控制	91
六、去湿器	99
七、静压控制	101
八、电气加热	102
九、燃气加热器	106
十、燃油加热器	107
十一、制冷设备	107
十二、电气连锁	116
十三、传感器的安装位置	116
十四、本章提要	117
第七章 完整的控制系统	118
一、概述	118
二、单区系统	118
三、多区空气处理系统	128
四、双风管系统	131
五、变风量系统	135
六、再热式系统	137
七、热量的回收利用	139

八、风机-盘管机组	144
九、诱导式系统	150
十、通风机组	153
十一、整装设备	154
十二、其它的整装设备	159
十三、辐射采暖和降温	161
十四、散热器和对流器	163
十五、热交换器	164
十六、太阳能供热和制冷系统	168
十七、本章提要	173
第八章 电气控制系统	174
一、概述	174
二、电气控制图	174
三、制冷机的电气控制	178
四、空气处理机组的电气控制	181
五、应用实例：典型的小型空调系统	182
六、电加热器	187
七、降压起动器	187
八、多速电动机的控制器	194
九、本章提要	198
第九章 特殊控制系统	199
一、概述	199
二、精确的温度和（或）湿度控制	199
三、可控的环境试验室	207
四、若干实例	209
五、本章提要	224
第十章 监督控制系统	225
一、概述	225
二、“硬接线式”中央监控系统	225

三、采用多路传输的控制系统	226
四、计算机化系统	228
五、监督系统的经济性	247
六、计算机化系统的优点	248
七、本章提要	249
图 例	250
参考文献	253

第一章 控制理论和术语

一、概 述

本书的目的在于讨论采暖、通风和空气调节设备自动控制系统的设计。它旨在帮助读者增进关于自动控制和自控系统及其所应用的空气调节系统方面的知识。此外，读者还应掌握一些必要的设计技巧，从而不仅能对付得了本书所讨论的基本系统，而且还能满足随着空调越来越复杂所不断出现的某些非同寻常的特殊性要求。

“采暖、通风和空气调节”这一术语涉及到的设备种类范围很广。举例来说，从简单的煤油炉^①直到纽约新世界贸易中心的庞大而复杂的设备。

同样，“控制”这个词的含义也可以是指从煤油炉炉芯的手轮调节，一直到世界贸易中心的精巧的电子计算机系统。

本书将尽可能多地讨论目前所采用的各种采暖、通风和空气调节系统，同时一起介绍可能应用于这些系统的控制方法。需要强调的是“一起”这个词。采暖、通风和空调系统与其控制系统以及它们所赖以安装的建筑物，都是一个整体中不可分割的部分。它们可以以多种方式互相作用，所以，忽视任何一个方面的因素都可能导致部分或完全的失调。

遗憾的是上述那种因忽视某个部分而遭致失败的事例还是时常发生。人们可以用合理的造价设计一个良好的采暖、

① 这是早期欧美应用较普遍的一种非集中式采暖设备，它采用液体燃料——煤油，利用芯料的毛细管作用供油。——译者

通风和空调及其控制系统。任何一个采暖、通风和空调系统都不应被置于超越其控制设备及所安装的建筑 物之上的地位。作为设计者，我们有责任在经济允许的限度内（不一定是最低的造价），为使用对象提供尽可能好的系统。有时，虽然造价最低，但长期的运行费用也许会是最高的，这同样也不会是使用对象所满意的。所谓尽可能好的系统，是指能够提供使用上所要求的舒适度的系统。当然，舒适度是使用上的一项功能要求。譬如说，我们对于一个旅馆卧室的温度控制就要求能比对这一旅馆的厨房来得严格。

二、什么是“控制”

虽然有许多采暖、通风和空调的控制系统看起来似乎十分复杂，但即使是最复杂的系统也总可以把它分解，归纳为少量的几种基本部件。不妨让我们再回到煤油炉这个例子上吧！当我们感到冷的时候，划根火柴，点燃炉芯（对燃料的供给作过检查以后），再把炉芯捻得高些。过一会儿，暖和起来了。当我们觉得过分暖的时候，又再转动手轮，把炉芯降低一些，以减少一点发热量。或者也可以把炉芯一下子降得很低，从而完全关闭热源。

在这里，一个闭环控制系统的所有要素全都具备。“被调量”是室内空气温度。调节装置是火炉。炉芯则是“调节机构”。传感器和控制器则由室内的人来充当。显然，尽管人并不是一个怎么样灵敏的调节器，但他却能完成传感-控制器的如下一些基本功能：感测被调量并使之与“给定值”（此处为人的舒适感）相比较，从而操纵调节机构。

由此可见，对任何一个控制系统来说，仅仅只有三个部件才是必不可少的。这就是传感器、控制器和调节机构。这

些东西只有同某个工艺设备结合起来，才能具有意义。在本书所论及的范围内，工艺设备这个概念只局限于采暖、通风和空气调节系统。

三、基本的控制系统

图 1-1 所示为一个基本的控制系统。它表示一股气流通过风管内的加热盘管。传感器检测到盘管下风侧的空气温度，并把信号传输到控制器。控制器将这一空气温度与给定值相比较，然后，按照保持空气温度和给定值之间所要求的某种对应的关系来发出信号，控制热水阀门（调节机构）开大或者关小。这是一个“闭环式系统”。在这一系统中，阀门位置（或者负荷）的变化所引起的温度变化被感测出来，然后根据需要再作进一步的调节。空气温度则作为被调量。

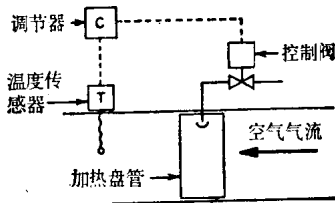


图 1-1 基本控制系统

大多数控制系统属于“闭环式”范畴。不过，“开环式”系统有时也有应用。在一个开环式系统中，传感器并不直接受到调节机构作用的影响。这样一种系统的简单典型可举电毯^①为例。在这种情况下，温度控制器感测的是室内温度而不是电毯本身的温度。

必须记住，一切控制系统，不管它表面上看起来有多么复杂，都可以分解成一些基本部件。系统之所以会复杂，在

① 这是一种欧美家用电气器卧具，毛毯中装有电加热器，并带有自动控制。其感温元件不是安装在它本身的内部而是设于室内。——译者

大多数情况下都是由于为了追求“较优”的控制系统而造成。所谓较优的控制，即是指控制被调量使之尽可能接近于给定值。在控制系统设计的主要规则中有一条是，必须力求简单，并避免以很多传感器去实现多种再调作用，从而采用大量继电器。

四、控制的目的

通常有一种想法，以为自动控制系统的的作用就在于对某个场所的温度和（或）湿度施行控制。其实，它的功能并不仅仅限于这些。它也能对两个房间之间的相对压力进行控制，这对于防止污染的扩散是一个很有效用的措施。在不安全条件下运行时，安全控制能保护设备的安全。它们还能发出光或声的信号，通报操作人员去维修。

只有使设备的实际运行容量与负荷状态紧密地相匹配时，采暖、通风和空调系统的运行才是最经济的，而要做到这一点，自动控制系统却比手动操纵优越得多。

一个包含转换控制、联锁、内部监控和补偿控制的完全自动化系统能在极大的程度上排除人员对操作过程的参予，从而可大大减少运行人员误操作的可能性。

由此可见，控制系统的应用目的是多种多样的。那么，要求它承担的功能又是如何实现的呢？

五、控制作用

为了满足各种不同的控制效应要求，有好几种控制作用可供应用。这些作用可以大致作如下的分类。

1. 双位或开关动作（图1-2）

这是一种最简单和最浅显易懂的动作。继电器便是双位

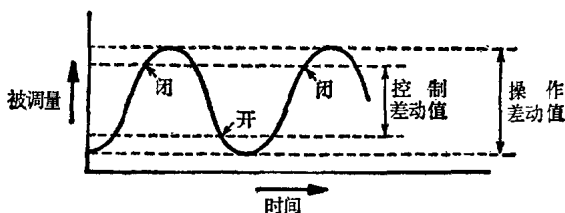


图 1-2 双位控制（低限）

动作的一个例子。它要么断开，要么闭合，没有中间位置。设有一台风机用来进行通风，要求由一只温度控制器施行控制，则后者可操纵其电动机使之开车或停车。这便是一个开-关动作的例子。任何一个双位调节器，为了避免“抖动”或过分频繁的动作，都需要有一个差动值。这个差动值就是当调节器产生动作，跳向另一个位置时所相应的被调量整定值与当它从另一位置跳回原位置时所相应的被调量整定值之间的差值。就温度调节器而言，其差动值用温度表示。由于仪表和系统的迟滞关系，任何一个调节器的设定差动值通常总是比采暖、通风和空调系统所要求的差动值小一些。

2. 定时双位动作

它的作用是预计到系统的响应人为地缩短“开”或“闭”的时间来减小操作差动值。一个加热的温度控制器便是由一只控制器带一个内藏的微型加热器而构成。当处于“开”的位置时，加热器工作，从而向控制器发出伪信号。这一作用称为“热预感”。

3. 无定位调节作用●（图1-3）

这一术语所涉及的是这样一种调节机构，即它能停顿在

● 我国通常把这种调节作用叫作“恒速调节”。——校者

其行程中的任意一处位置上，并能在未到达极限位置之前反向动作。调节器必然有“死点”或“中性区”（不灵敏区）。当调节机构处于这一位置时，它并不发出信号，而只是在部分开启位置上“浮动”。如要使这种系统平稳地运行，则要求对被调量能有迅速的反应，否则，它将不会停顿在某个中间位置上。

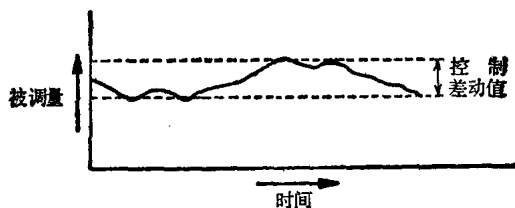


图 1-3 无定位作用

4. 比例作用（图1-4）

比例作用是由简单的无定位作用加反馈而构成。反馈意味着调节机构执行器只产生足够的运动来满足被调量相对于给定值所发生的偏差，而不必等待被调量作出反应。“连续调节”这个名称通常就是指比例式控制。然而严格地讲，无定位控制也是“连续调节”。在比例式控制中还会碰到下列一些术语：

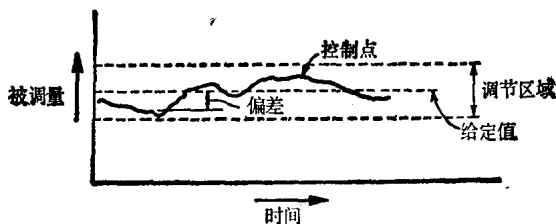


图 1-4 比例作用

“调节区域”是指调节机构的执行器从它行程的一端运行到另一端所对应的被调量变化量。

“给定值”是为调节器所规定而要求被调量保持的数值。

“控制点”是被调量的实际值。如果控制点位于调节器的调节区域之内，则可以说是处在控制之中。当它越出调节区域时，则称失去控制。

“偏移”或“控制点的移位”是表示给定值与控制点之间的差值。有时也把它叫做漂移或偏差。理论上可能的偏差量取决于调节区域，但处于失去控制的状态时可以超出这一数值。

5. 带自动再调节的比例动作（图1-5）

这一作用只是意味着，无论何时产生什么偏差，控制点总会自动地返回到原来的给定值。当控制点的变化率增大时，自动再调节的作用是加大被调量的变化幅度。这样，控制点回复到原来给定值的过程会加速完成。这样一种控制能对被调量进行比较精确的控制，而它的稳定性则由宽的调节域所保证。

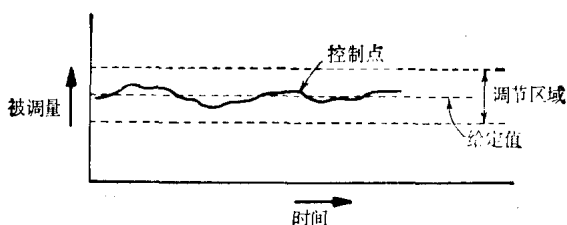


图 1-5 带自动再调节的比例作用

“再调率”表示单位时间内再调动作发生的次数。再调