

建筑环境 与 设备的自动化

刘耀浩 编著

天津大学出版社



建筑环境与设备 的自动化

刘耀浩 主编

天津大学出版社

内容提要

本书阐述了建筑环境与设备的自动化技术——自动控制的基本概念和被控对象的特性、温度和空气相对湿度等自动检测仪表与智能显示仪表、基本控制规律、执行器及自动控制系统的设计,较多地介绍了空气调节、供热和锅炉的自动控制系统及微机测控应用技术。

本书可作为高等学校建筑环境与设备工程、供热通风及空调工程等专业的教材,也可供从事工业热能、工业自动化、楼宇自动化等相关专业的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑环境与设备的自动化/刘耀浩编著. —天津:天津大学出版社,2000.9

ISBN 7-5618-1348-1

I. 建... II. 刘... III. ①环境—建筑设计②建筑工程—自动化系统—建筑设计 IV. TU2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 70087 号

出 版 天津大学出版社
出版人 杨风和
地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)
电 话 发行部:022—27403647 邮购部:022—27402742
印 刷 河北省昌黎县印刷总厂
发 行 新华书店天津发行所
开 本 880mm×1230mm 1/32
印 张 14.875
字 数 443 千
版 次 2000 年 9 月第 1 版
印 次 2000 年 9 月第 1 次
印 数 1—3000
定 价 22.00 元

前 言

电子数字计算机的发明是本世纪科学技术最突出的成就之一。它的出现使科学技术、工业生产和人民生活产生了一场深刻的革命。特别是自 1971 年以来,随着大规模集成电路的发展,相继出现了微型计算机,更进一步促进了工业、农业、国防和科学技术的发展。微型计算机用于工业热能、空调的自动检测及控制和楼宇自动化系统是近年来发展迅速、应用广泛的领域之一。

现在,当你走进任意一个自动化的生产车间,都会看到许多常规的模拟控制仪表和调节器已经为微型计算机所取代,检测仪表和执行器与微型计算机相配套组成了新型的测控系统或楼宇自动化系统。微型计算机负责监视整个生产的进程,对采集各种工艺参数,如温度、压力、流量等信号,迅速进行大量的复杂数据的处理,及时显示和打印结果,并发出各种控制命令,使生产过程在微型计算机智能管理下自动地进行。

本书是按照高等学校建筑环境与设备工程专业的教学计划,总结《空调与供热的自动化》多年教学、科研及生产实践的基础上编写而成的。本书在取材上努力紧密结合我国建筑设备工程中空调、供热、锅炉自动化的实际情况,较多地反映自动化仪表生产和科研的先进技术、新成果和新产品,重点详细讲述,便于读者自学,又力求少而精,避免重复,更加适用,并为学习楼宇自动化技术奠定基础。

将微型计算机和楼宇自动化系统用于建筑环境热能与空调的检测和控制,要求设计、研制和运行人员应具备一定的测量传感器、执行器、控制理论和微型计算机软、硬件等方面的基础知识,只有对工艺过程、被控对象的特性有所熟悉,才能将微型计算机、自动化仪表、被控对象紧密地组合在一起,建立起微机测控系统,以适应工业生产的需要。

本书深入浅出地系统阐述自动化仪表、控制理论和微型计算机等基础知识，侧重于实用，而避免过多的理论介绍与分析，并通过较多的典型实例的剖析，使读者在实际测控系统的设计、研制或运行等工作中能触类旁通，有所启示。

全书共分十七章。第一、二章介绍自动控制的基本概念和被控对象的特性，第三、四、五、六、七、八、九、十章介绍自动检测仪表和新型智能显示仪表；第十一、十二、十三章介绍自动控制的控制规律、执行器及自动控制系统的特性分析设计；第十四、十五、十六章介绍锅炉、供热和空调的自动控制方案，第十七章介绍微机测控应用系统。

本书由天津大学刘耀浩主编。高顺庆、陈长东、张欣、刘风忠、郑晓彤、孙一群、李苏菁、刘加保等同志参加了本书的编写工作。

编者水平有限，加之时间仓促，书中不妥和错误之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

2000年3月于天津大学

绪 论

随着现代科学技术的进步和工业生产的迅速发展，生产自动化水平也在不断地提高。自动化技术在建筑环境与设备工程中得到越来越多的应用。

建筑环境与设备的自动化，就是在锅炉、供热、制冷及空气调节等设备上配置一些自动化装置，替代操作人员的部分直接劳动，使生产过程在不同程度上自动进行的技术。自动化是提高社会生产力的有力工具。实现建筑环境与设备的锅炉、供热、空气调节的自动化，就能有效地监视、控制和调节各种生产过程，保证生产的正常运行；提高劳动生产率；提高产品质量及数量；节约能源减少消耗，降低生产成本；改善操作条件，减轻劳动强度。

我国建筑环境与设备的自动化，锅炉、供热、空调自动化技术的发展是十分迅速的。随着科学技术和电子技术的不断前进，尤其是半导体集成电路和计算机的发展，它已成为建筑环境与设备工程技术的重要组成部分。

检测仪表及自动化，最早出现在 40 年代，那时的仪表体积大、精度低。但随着科学技术的不断发展和电子技术的不断进步，在 50 年代就出现采用 $0.02\text{ MPa}\sim 0.1\text{ MPa}$ 统一气压信号的气动仪表。接着，又出现了采用 $0\text{ mA}\sim 10\text{ mA}$ 和 $4\text{ mA}\sim 20\text{ mA}$ 直流信号的电动组合仪表，从而实现了生产过程的集中控制，并使仪表体积大为缩小，可靠性和精度也有很大的提高。60 年代后期，随着半导体和集成电路的进一步发展，自动化仪表便向着更小体积、更高性能的方向迅速发展，并出现了以计算机作数据处理和控制的各种自动化应用系统及楼宇设备监控系统。

我国的自动化仪表工业从无到有，从小到大，并且向着标准化、系列化、通用化的方向迅速发展。现在已成批地生产电动Ⅱ型、电动

Ⅲ型和气动型等自动化仪表。各种类型和性能优良的自动检测装置和控制系统、微型计算机测控系统、楼宇设备监控系统也层出不穷，为实现工业现代化创造了良好的条件。

在建筑环境与设备的空调与供热生产过程中，使用的自动化仪表种类很多，需要检测和控制的参数也是多种多样的，但主要是热工量和成分量。

自动化仪表按其功能不同，大致分成四类：检测仪表（包括各种参数的检测和变送）；显示仪表（包括模拟量显示和数字量显示）；调节器和执行器（包括气动、电动等执行器）。

利用各类自动化仪表，可以构成自动检测、自动信号连锁保护、自动操纵和自动控制等四种类型的自动化系统。

自动检测系统是利用各种检测仪表自动地连续地对各工艺参数进行测量，并将结果自动地指示或记录下来，以替代操作者对各参数的不断观察与记录的一整套自动化装置。因此，自动检测系统又常称为工业生产的“眼睛”。

自动信号连锁保护系统是为了确保安全生产而对生产过程中某些关键性参数所设置的信号自动报警与连锁的一种安全装置。在事故即将发生前，信号系统自动地发出声和光信号，告诫人们注意并及早采取相应的措施。如工况已接近危险状态，连锁系统可立即自动地采取紧急措施，以防事故的发生和扩大。

自动操纵系统是根据预先规定的步骤，自动地对生产设备进行某种周期性操作的自动化装置，它可以极大地减轻操作工人的重复性劳动。

自动控制系统是在生产过程中，利用一些自动化装置，对某些重要工艺参数进行自动控制，使它们在受到外界干扰的影响而偏离正常状态时，能自动地回复到规定的数值范围以内的自动化系统。

建筑环境与设备的自动化，就是锅炉、供热、燃气、制冷及空气调节等设备上的自动化，在建筑及能源工程中有着显著的作用，是建设强大祖国的重要技术。在高层建筑中，在迅速发展的能源工程中，在现代的物质文明生产中，在日益提高的人民生活中，建筑环境与设

备的空调与供热工程对自动化技术提出了更高的要求，同时，自动化技术也将建筑环境与设备技术推向一个更新更高的阶段。因此，自动化技术与锅炉设备、供热、工业通风、制冷、空气调节技术的关系非常密切，从事建筑环境与设备、供热与空调工程的工程技术人员必须学习和掌握建筑环境与设备的自动化技术。

目 录

第一章 自动控制系统基本概念	(1)
第一节 自动控制系统的组成	(1)
一 人工控制的模拟和发展	(1)
二 自动控制系统的组成	(5)
第二节 自动控制系统的方块图	(6)
一 自动控制系统方块图的画法	(6)
二 闭环负反馈自动控制系统	(6)
第三节 自动控制系统分类	(8)
一 按给定值分类	(8)
二 按控制系统的结构分类	(8)
三 按控制系统闭环回路的数目分类	(10)
四 按被控变量的数目分类	(10)
五 按控制系统的动态特性分类	(10)
六 按控制动作和时间的关系分类	(11)
第四节 自动控制系统的过渡过程及品质指标	(11)
一 自动控制系统的静态和动态	(11)
二 自动控制系统的过渡过程	(12)
三 自动控制系统的品质指标	(14)
第五节 自动检测仪表的基本知识	(17)
一 自动检测仪表的基本组成	(17)
二 测量误差的基本知识	(17)
三 自动检测仪表的基本技术性能	(20)
四 自动检测仪表的分类	(23)
第二章 被控对象的特性	(24)
第一节 被控对象的特性参数	(24)
一 放大系数	(24)

二 滞后时间	(26)
三 时间常数	(27)
第二节 被控对象的数学分析	(30)
一 对象微分方程式的列写	(30)
二 对象微分方程式的解及分析	(31)
第三节 空调房间温度对象的特性	(34)
一 房间温度对象的微分方程式	(34)
二 房间温度对象的反应曲线	(36)
第四节 空调房间空气相对湿度对象的特性	(37)
一 房间空气湿度对象的微分方程式	(37)
二 喷淋室露点温度反应曲线	(39)
第五节 被控对象特性的实验测取	(40)
一 阶跃反应曲线法	(41)
二 矩形脉冲法	(42)
第三章 温度自动检测仪表	(43)
第一节 热电偶温度计	(46)
一 热电偶测温原理	(47)
二 热电偶基本定律	(51)
三 热电偶的种类及结构型式	(54)
四 热电偶冷端温度补偿	(95)
第二节 热电阻温度计	(99)
一 热电阻测温原理	(99)
二 热电阻材料及其特性	(100)
三 热电阻的结构	(114)
四 热电阻的测量	(114)
第三节 热敏电阻温度计	(117)
一 热敏电阻测温原理	(117)
二 热敏电阻的材料与构造	(118)
三 热敏电阻温度计	(119)
第四节 红外温度计	(120)

一 辐射测温的物理基础	(121)
二 红外温度计	(123)
第五节 自动测温仪表的选用与安装	(124)
一 温度计的选用	(124)
二 测温元件的安装	(125)
三 连接导线与补偿导线的安装	(126)
第四章 空气湿度自动检测仪表	(128)
第一节 自动干湿球湿度计	(129)
一 测湿基本原理	(129)
二 干湿球湿度传感器	(131)
三 自动干湿球湿度计	(132)
第二节 氯化锂电阻式测湿传感器	(134)
一 氯化锂电阻测湿原理	(134)
二 氯化锂电阻式测湿传感器	(134)
第三节 氯化锂露点测量传感器	(135)
一 氯化锂露点测湿原理	(135)
二 氯化锂露点测量传感器	(137)
第五章 压力和压差自动检测仪表	(139)
第一节 电阻式远传压力表	(140)
一 弹簧管测压原理	(140)
二 弹簧管压力表	(141)
三 电阻式远传压力表	(142)
第二节 霍尔压力变送器	(143)
一 霍尔效应	(143)
二 霍尔压力变送器	(145)
第三节 应变片压力变送器	(146)
一 应变片测量原理	(147)
二 应变片压力变送器	(148)
第四节 电动差压变送器	(149)
一 电动差压变送器的组成	(150)

二 电动差压变送器工作原理	(150)
三 电动差压变送器的结构	(151)
第五节 压力(差压)计的选用与安装	(153)
一 压力计的选用	(153)
二 压力(差压)计的安装	(154)
三 压力计安装示例	(155)
第六章 流量自动检测仪表	(156)
第一节 差压式流量计	(157)
一 节流装置的流量测量原理	(158)
二 标准节流装置	(162)
三 流量显示仪表	(164)
四 差压式流量计的安装	(165)
第二节 涡轮流量计	(167)
一 涡轮流量计工作原理	(167)
二 涡轮流量变送器	(168)
三 流量指示输出积算仪	(171)
四 涡轮流量计的使用	(171)
第三节 电磁流量计	(173)
一 工作原理	(173)
二 电磁流量变送器	(174)
三 电磁流量转换器	(175)
四 电磁流量计的使用	(177)
第四节 涡街流量计	(178)
一 工作原理	(178)
二 涡街流量计的组成	(179)
三 涡街流量计的使用	(181)
第五节 超声波流量计	(182)
一 超声波流量计的测量原理	(182)
二 超声波流量计的使用	(183)
第六节 椭圆齿轮流量计	(184)

一 椭圆齿轮流量计工作原理	(184)
二 椭圆齿轮流量计的显示原理	(185)
三 椭圆齿轮流量计的使用	(186)
第七章 液位自动检测仪表	(187)
第一节 静压式液位计	(188)
一 压力表式液位计	(188)
二 差压式液位计	(189)
第二节 电容式液位计	(192)
一 电容液位测量原理	(192)
二 电容式液位计	(194)
第三节 超声波液位计	(195)
一 基本检测原理	(195)
二 超声波液位计的组成	(196)
第八章 热量自动检测仪表	(198)
第一节 热阻式热流计	(199)
一 热阻式热流传感器工作原理	(199)
二 热阻式热流传感器的构造	(201)
三 数字式热流显示仪	(203)
四 热阻式热流计的应用	(204)
第二节 热水热量计	(205)
一 热水热量计的测量原理	(205)
二 热水热量计运算电路原理	(206)
三 热水热量计的应用	(207)
第三节 饱和蒸汽热量计	(208)
一 饱和蒸汽热量计测量原理	(208)
二 饱和蒸汽热量计电路原理	(209)
三 饱和蒸汽热量计的应用	(209)
第九章 燃烧产物成分自动检测仪表	(211)
第一节 氧化锆氧量计	(211)
一 氧化锆的测氧原理	(211)

二 氧化锆检测管的结构	(214)
三 直插定温式测氧系统	(214)
第二节 红外线气体分析器	(215)
一 红外线的基本知识	(215)
二 红外线气体分析器的工作原理	(217)
三 红外线气体分析器的组成	(219)
第十章 数字和智能式显示仪表	(220)
第一节 数字式显示仪表	(220)
一 数字式显示仪表的组成	(220)
二 数字式显示仪表的技术指标	(222)
三 数字式显示仪表的种类	(224)
第二节 智能式显示仪表	(225)
一 智能式显示仪表的组成	(225)
二 智能式显示仪表的功能	(225)
第十一章 基本控制规律及调节器	(228)
第一节 双位控制规律	(228)
一 双位控制规律	(228)
二 实际的双位控制规律	(230)
第二节 比例控制规律	(231)
一 比例控制规律及其特点	(232)
二 比例度	(233)
三 比例度对过渡过程的影响	(235)
第三节 比例积分控制规律	(236)
一 积分控制规律及其特点	(236)
二 比例积分控制规律	(237)
三 积分时间对过渡过程的影响	(239)
第四节 比例微分控制规律	(240)
一 微分控制规律及其特点	(240)
二 比例微分控制规律	(241)
三 微分时间对过渡过程的影响	(243)

第五节 比例积分微分控制规律·····	(244)
一 比例积分微分控制规律及其特点 ·····	(244)
二 比例积分微分控制规律的性能 ·····	(245)
第六节 可编程序控制器·····	(246)
一 概述 ·····	(246)
二 可编程序控制器的构成 ·····	(247)
第七节 单回路数字调节器·····	(250)
一 概述 ·····	(250)
二 单回路数字调节器的基本组成 ·····	(251)
三 调节器的编程方法 ·····	(252)
第十二章 执行器及其特性·····	(254)
第一节 电动执行器及其特性·····	(254)
一 电动执行器组成及工作原理 ·····	(255)
二 电动执行器的特性 ·····	(257)
第二节 气动执行机构及其特性·····	(258)
一 气动执行机构的组成及工作原理 ·····	(259)
二 气动执行机构的特性 ·····	(260)
第三节 直通调节阀及其特性·····	(261)
一 工作原理 ·····	(261)
二 直通调节阀的主要类型 ·····	(262)
三 直通调节阀的流量特性 ·····	(263)
第四节 三通调节阀流量特性·····	(269)
一 理想流量特性 ·····	(269)
二 工作流量特性 ·····	(270)
第五节 调节风门及其特性·····	(271)
一 调节风门的种类 ·····	(271)
二 调节风门的流量特性 ·····	(272)
第六节 电 - 气转换器和电 - 气阀门定位器·····	(273)
一 气动仪表的基本元件及组件 ·····	(274)
二 电 - 气转换器 ·····	(276)

三 电-气阀门定位器	(277)
第十三章 简单自动控制系统的特性分析及设计	(279)
第一节 简单自动控制系统的特性分析	(279)
一 自动控制系统微分方程式的建立	(279)
二 控制系统微分方程式的解	(282)
三 自动控制系统特性分析	(284)
第二节 被控变量和调节参数的选择	(286)
一 被控变量的选择	(287)
二 调节参数的选择	(287)
三 被控变量的测量	(288)
第三节 控制规律的选择	(289)
一 位式控制规律的选择	(289)
二 比例控制规律的选择	(290)
三 比例积分控制规律的选择	(290)
四 比例积分微分控制规律的选择	(291)
第四节 执行器的选择	(291)
一 调节阀流量特性的选择	(291)
二 调节阀结构形式的选择	(293)
三 调节阀开闭形式的选择	(294)
四 调节阀口径的选择	(294)
第五节 自动控制系统的工程整定	(296)
一 临界比例度法	(297)
二 衰减曲线法	(298)
三 经验试凑法	(299)
第六节 自动控制系统的投运	(301)
一 投运的准备工作	(301)
二 自动化仪表检查	(302)
三 调节器作用方向的确定	(302)
四 手动遥控	(303)
五 自动操作	(303)

第十四章 锅炉的自动化	(304)
第一节 锅炉自动化的任务	(304)
一 锅炉自动化的任务	(304)
二 锅炉的自动化系统	(304)
三 锅炉自动控制系统	(305)
第二节 锅炉给水自动控制的任务及特性	(306)
一 锅炉给水控制的任务	(306)
二 给水被控对象的动态特性	(307)
第三节 锅炉给水自动控制系统	(309)
一 单参数给水自动控制系统	(310)
二 双参数给水自动控制系统	(311)
三 三参数给水自动控制系统	(312)
第四节 锅炉燃烧过程自动控制的任务及特性	(313)
一 燃烧过程自动控制的任务	(313)
二 燃烧过程被控对象的动态特性	(315)
第五节 锅炉燃烧过程自动控制系统	(319)
一 采用风煤比信号的燃烧过程自动控制系统	(319)
二 采用热量信号的燃烧过程自动控制系统	(320)
三 采用氧量信号的燃烧过程自动控制系统	(321)
第六节 锅炉自动控制实例	(322)
一 锅炉汽包三参数水位自动控制系统	(322)
二 燃烧过程自动控制系统	(324)
三 热工参数的集中检测	(325)
第十五章 集中供热系统的自动控制	(326)
第一节 集中采暖自动控制的任务及方式	(326)
一 集中采暖的自动控制任务	(326)
二 集中供热系统的自动控制方式	(327)
第二节 热水采暖系统的自动控制方法	(328)
一 热水采暖系统的质调节	(328)
二 热水采暖系统的量调节	(329)