

全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材

Regongceliang
Yu
Zidongkongzhi

热工测量与自动控制

(供热通风与空调工程技术专业适用)

本教材编审委员会组织编写

程广振 主编



中国建筑工业出版社
China Architecture & Building Press

全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材

热工测量与自动控制

(供热通风与空调工程技术专业适用)

本教材编审委员会组织编写

程广振 主 编

苏长满 副主编

尚久明 主 审

中国建筑工程工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

热工测量与自动控制/程广振主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2004

全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材

ISBN 7-112-06918-1

I. 热... II. 程... III. ①热工测量—高等学校: 技术学校—教材 ②供热设备—自动控制系统—高等学校: 技术学校—教材 ③通风设备—自动控制系统—高等学校: 技术学校—教材 ④空气调节设备—自动控制系统—高等学校: 技术学校—教材 IV. ①TK3 ②TU83

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 118952 号

全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材

热工测量与自动控制

(供热通风与空调工程技术专业适用)

本教材编审委员会组织编写

程广振 主 编

苏长满 副主编

尚久明 主 审

*

中国建筑工业出版社出版 (北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 11¼ 字数: 274 千字

2005 年 1 月第一版 2006 年 7 月第二次印刷

印数: 3001—4500 册 定价: 16.00 元

ISBN 7-112-06918-1

TU·6164 (12872)

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)

本社网址: <http://www.china-abp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

本书包括热工测量和自动控制两部分。热工测量部分讲述供热通风与空调工程技术中温度、湿度、压力、流量、流速、液位、热量等热工参数的测量方法，测量仪表以及系统组成；自动控制部分讲述供热通风与空调工程技术中自动控制系统的组成原理、控制规律、控制仪表以及自动控制系统的实际应用。

本书可作为高职高专、成人教育供热通风与空调工程技术专业或其他热能类专业的教材，也可供相关领域工程技术人员参考。

* * *

责任编辑：齐庆梅 朱首明

责任设计：郑秋菊

责任校对：李志瑛 张 虹

本教材编审委员会名单

主 任：贺俊杰

副主任：刘春泽 张 健

委 员：陈思仿 范柳先 孙景芝 刘 玲 蔡可键
蒋志良 贾永康 王青山 余 宁 白 桦
杨 婉 吴耀伟 王 丽 马志彪 刘成毅
程广振 丁春静 胡伯书 尚久明 于 英
崔吉福

序 言

全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会建筑设备类专业指导分委员会（原名高等专科学校土建学科教学指导委员会高等职业教育专业委员会水暖电类专业指导小组）是建设部受教育部委托，并由建设部聘任和管理的专家机构。其主要工作任务是，研究建筑设备类高职高专教育的专业发展方向、专业设置和教育教学改革，按照以能力为本位的教学指导思想，围绕职业岗位范围、知识结构、能力结构、业务规格和素质要求，组织制定并及时修订各专业培养目标、专业教育标准和专业培养方案；组织编写主干课程的教学大纲，以指导全国高职高专院校规范建筑设备类专业办学，达到专业基本标准要求；研究建筑设备类高职高专教材建设，组织教材编审工作；制定专业教育评估标准，协调配合专业教育评估工作的开展；组织开展教学研究活动，构建理论与实践紧密结合的教学内容体系，构筑“校企合作、产学研结合”的人才培养模式，为我国建设事业的健康发展提供智力支持。

在建设部人事教育司和全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会的领导下，2002年以来，全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会建筑设备类专业指导分委员会的工作取得了多项成果，编制了建筑设备类高职高专教育指导性专业目录；制定了“供热通风与空调工程技术”、“建筑电气工程技术”、“给水排水工程技术”等专业的教育标准、人才培养方案、主干课程教学大纲、教材编审原则，深入研究了建筑设备类专业人才培养模式。

为适应高职高专教育人才培养模式，使毕业生成为具备本专业必需的文化基础、专业理论知识和专业技能、能胜任建筑设备类专业设计、施工、监理、运行及物业设施管理的高等技术应用性人才，全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会建筑设备类专业指导分委员会，在总结近几年高职高专教育教学改革与实践经验的基础上，通过开发新课程，整合原有课程，更新课程内容，构建了新的课程体系，并于2004年启动了“供热通风与空调工程技术”、“建筑电气工程技术”、“给水排水工程技术”三个专业主干课程的教材编写工作。

这套教材的编写坚持贯彻以全面素质为基础，以能力为本位，以实用为主导的指导思想。注意反映国内外最新技术和研究成果，突出高等职业教育的特点，并及时与我国最新技术标准 and 行业规范相结合，充分体现其先进性、创新性、适用性。它是我国近年来工程技术应用研究和教学工作实践的科学总结，本套教材的使用将会进一步推动建筑设备类专业的建设与发展。

“供热通风与空调工程技术”、“建筑电气工程技术”、“给水排水工程技术”三个专业教材的编写工作得到了教育部、建设部相关部门的支持，在全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会的领导下，聘请全国高职高专院校本专业享有盛誉、多年从事“供热通风与空调工程技术”、“建筑电气工程技术”、“给水排水工程技术”专业教学、科研、设计的

副教授以上的专家担任主编和主审，同时吸收工程一线具有丰富实践经验的高级工程师及优秀青年教师参加编写。可以说，该系列教材的出版凝聚了全国各高职高专院校“供热通风与空调工程技术”、“建筑电气工程技术”、“给水排水工程技术”三个专业同行的心血，也是他们多年来教学工作的结晶和精诚协作的体现。

各门教材的主编和主审在教材编写过程中认真负责，工作严谨，值此教材出版之际，全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会建筑设备类专业指导分委员会谨向他们致以崇高的敬意。此外，对大力支持这套教材出版的中国建筑工业出版社表示衷心的感谢，向在编写、审稿、出版过程中给予关心和帮助的单位 and 同仁致以诚挚的谢意。衷心希望“供热通风与空调工程技术”、“建筑电气工程技术”、“给水排水工程技术”这三个专业教材的面世，能够受到各高职高专院校和从事本专业工程技术人员的欢迎，能够对高职高专教学改革以及高职高专教育的发展起到积极的推动作用。

**全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会
建筑设备类专业指导分委员会**

2004年9月

前 言

本书是全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会规划推荐教材。

是根据全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会提出的《建设类高等职业教育专业教材编审原则意见》，以及教育部组织制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》、《高职高专教育专业人才培养目标及规格》编写的。

本书针对高等职业教育的特点，充分体现高职高专教育课程教学的基本要求，具有如下特点：

1. 突出高职特色，面向生产一线，着力培养懂设计、能施工、会管理的应用型专业技术人才，重点培养施工技术、岗位素质、实际技能。

2. 精选教材内容，突出实际应用，内容反映学科前沿动态，充分体现新技术、新工艺、新材料、新设备的应用，符合现行行业标准、规范。

3. 强化实用内容，精简理论推导，以必须、够用为尺度，以掌握基本概念、仪器仪表使用为重点，做到理论少而精，理论与实际应用相统一。

4. 插图尽量与实物相一致，增强直观性，便于理解仪器仪表结构、安装，以及与其他仪表的连接方式。

5. 注意与相关课程的协调分工，做到无重复，无疏漏。

参加本书编写的有：平顶山工学院程广振（第二、五、八、九、十二章），徐州建筑职业技术学院苏长满（第十、十一章），平顶山工业职业技术学院贾玉景（第四、六、七章），内蒙古建筑职业技术学院王文琪（第一、三章），全书由程广振担任主编，苏长满担任副主编。

本书的编写得到了全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会的指导和帮助，平顶山工学院建筑环境与热能工程系领导、沈阳建筑大学职业技术学院刘春泽教授、内蒙古建筑职业技术学院贺俊杰教授给予了大力支持，沈阳建筑大学职业技术学院尚久明副教授担任主审并提出了宝贵的修改意见，对此编者表示诚挚的谢意。在编写过程中参阅了大量的文献资料，使本书内容丰富充实，在此一并向诸位原作者致以衷心感谢。

由于编者水平有限，书中难免有错误不妥之处，敬请读者批评指正。

目 录

绪论	1
----	---

第一篇 热 工 测 量

第一章 测量的基本知识	5
第一节 测量的意义及方法	5
第二节 测量系统	7
第三节 测量误差与测量精度	10
第四节 测量仪表的基本技术指标	14
思考题与习题	18
第二章 温度测量	19
第一节 测温仪表的分类	19
第二节 双金属片温度计	20
第三节 玻璃液柱温度计	21
第四节 压力式温度计	24
第五节 热电偶温度计	25
第六节 热电阻温度计	32
第七节 温度计的选择及安装	36
第八节 其他测温仪表	39
思考题与习题	42
第三章 湿度测量	43
第一节 干湿球湿度计	43
第二节 氯化锂电阻式湿度计	49
第三节 氯化锂露点式湿度计	50
第四节 其他湿度计	52
思考题与习题	55
第四章 压力测量	56
第一节 液柱式压力表	56
第二节 弹性式压力表	58
第三节 电气式压力计及变送器	61
第四节 常用压力表的校验、选择及安装	65
思考题与习题	67
第五章 流速测量	68
第一节 毕托管流速测量	68
第二节 激光测速仪	70

第三节 热线风速仪	72
思考题与习题	73
第六章 流量测量	74
第一节 孔板式流量计	74
第二节 电磁流量计	80
第三节 涡轮流量计	81
第四节 超声波流量计	82
第五节 转子流量计	83
思考题与习题	84
第七章 液位测量	86
第一节 静压式液位计	86
第二节 电接触式液位计	89
第三节 浮力式液位计	92
第四节 超声波液位计	94
思考题与习题	95
第八章 热量测量	96
第一节 热阻式热流计	96
第二节 热水热量指示积算仪	99
第三节 饱和蒸汽热量指示积算仪	100
思考题与习题	101
第九章 微机在热工测量中的应用	102
第一节 微计算机化测量系统的组成	102
第二节 微机在热工测量中的应用	104
思考题与习题	106

第二篇 自动控制

第十章 自动控制原理	109
第一节 自动控制系统的组成与分类	109
第二节 自动控制系统的过渡过程	112
第三节 环节的特性参数与传递函数	114
第四节 被控对象的数学分析	125
思考题与习题	127
第十一章 自动控制仪表	129
第一节 自动控制仪表的分类	129
第二节 基本控制规律与控制器	130
第三节 执行器	142
第四节 调节阀的选择与计算	147
第五节 风量调节阀的流量特性	151
思考题与习题	152
第十二章 自动控制系统的 应用	153

第一节	空调单回路控制系统	154
第二节	空调多回路控制系统	158
第三节	空调计算机控制系统	159
第四节	换热设备自动控制	164
第五节	制冷自动控制	165
第六节	集中供热系统自动控制	166
第七节	风机盘管空调系统自动控制	168
	思考题与习题	169
	参考文献	170

绪 论

热工测量与自动控制是供热通风与空调工程技术专业的一门重要课程,全书分为热工测量与自动控制两篇。热工测量主要讲述测量与测量仪表的基本知识、误差的基本性质与处理、各种热工参数测量仪表的结构、原理与使用。自动控制主要讲述自动控制原理、自动控制仪表、自动控制系统和自动控制在供热通风与空调工程中的应用实例。教学可安排 50~60 学时。

随着现代科学技术的进步和工业生产的迅速发展,人民生活水平不断提高,供热通风空调已成为人们生产、生活的基本条件并得到普及,由此产生的能源消耗在建筑物能耗中占有相当大的比重。为了实现供热通风空调工程的安全、环保、节能、经济运行,热工测量与自动控制已成为供热通风空调工程必不可少的重要组成部分。

在供热通风与空调工程中,使用的自动测控仪表种类很多,需要检测和控制的参数也多种多样。按功能可分为:检测仪表、显示仪表、调节器和执行器;按构造可分为:基地式仪表、电动单元组合式仪表、电子组装式仪表等。利用各类测控仪表,可以构成自动检测、自动保护、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并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。自动检测是判断设备或系统工作状态是否正常,实现自动控制的前提。自动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,以防止事故的发生和扩大。自动操作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内的自动化系统。

现代物质文明的发展,使人们对供热通风与空调工程自动化技术提出了更高的要求,同时,自动化技术也将供热通风与空调工程技术推向一个更新更高的层次。因此,自动化技术与供热通风、制冷、空气调节技术的关系非常密切,从事供热通风与空调工程的工程技术人员必须学习和掌握热工测量与自动控制技术。

本书是根据教育部组织制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》、《高职高专教育专业人才培养目标及规格》,以及全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会制定的《热工测量与自动控制》课程教学大纲的要求编写的。本课程的任务与要求是:使学生领会常用热工测控仪表的工作原理和构造,熟悉各种测量仪器、仪表的使用条件和安装方法;掌握热工测量与自动控制系统的组成原理,测量方法,特性分析;能够按照具体供热通风与空调工程选择常用测量仪表,合理组建测量系统,提出本专业对自动控制的基本要求,正确绘制自动控制原理图,并能配合自控专业技术人员进行仪器仪表安装、工程调试、设备维护、运行管理;得到供热通风与空调专业工程师必备的热工测控知识的基本训练。

第一篇 热 工 测 量

第一章 测量的基本知识

第一节 测量的意义及方法

一、测量的概念

测量就是用专门的技术工具依靠实验和计算找到测量值（包括正负和大小）。其目的是为了在限定时间内尽可能准确地收集被测对象的有关信息，以便掌握被测对象的参数和控制生产过程。例如用温度计测量恒温室内空气温度的数值；在工业锅炉运行过程中，对其汽包水位的检测；在采暖系统中对蒸汽压力的检测等。

1. 测量的定义

测量就是以同性质的标准量与被测量比较，并确定被测量对标准量的倍数。

上述定义用数学公式表示如下

$$X = aU \quad (1-1)$$

式中 X ——被测量；

U ——测量单位（标准量）；

a ——被测量与标准量的比值（测量值）。

式（1-1）称为测量的基本方程式，从上式可知，测量过程有三个要素：一是测量单位，现在采用国际单位制（SI）；二是测量方法（实验方法），它是将被测量与其单位进行比较的方法；三是测量仪器与设备，它是测量过程的具体体现与实施者，是为了求取比值而实际使用的一些仪器与设备。有些测量仪器输入的是被测量，而输出的是被测量与其单位的比值，比如压力表和温度计。

2. 测量过程及转换

以天平称重为例来分析测量过程。测量开始应调整天平到平衡，即为“调零”；接着将被测重物和标准砝码分别放到两侧称盘中，这叫对比；然后借助于天平中间指针的偏转方向，判别两侧轻重，指针偏离中间位置的大小称为示差；根据示差调整砝码的大小，直到重物与砝码平衡为止，这个动作称为调平衡；上述动作完成后，根据砝码的大小读出重物质量的大小，称为读数。

综上所述，整个测量过程包括调零、对比、示差、调平衡和读数五个动作，它是贯穿在一切测量过程中的。

上述测量过程中的关键在于被测量与标准量的比较，两量之间既可直接比较，又可以某中间量作为参照物进行间接比较，这种比较通常称为测量变换。例如用水银温度计测温时，必须将所测温度变换为玻璃管内水银柱的长度，温度的标准量为玻璃管上直线刻度，此时两量都变换到直线长度这样的中间量，再进行比较。通过变换可以实现测量或使测量简便。所以，变换是测量的核心。测量变换的定义是指把被测量按一定规律变换成另一种物理量的过程，实现该过程的元件称为测量元件。变换元件是以一定的物理规律为基础

的，它完成一个特定的变换任务，多个变换元件的有机组合构成了变换器或测量仪表，可将被测量一直变换到测量者能直接感受为止。

二、测量方法

测量方法就是如何实现被测量与标准量（测量单位）比较的方法，测量的方法有很多。

（一）按照获取测量结果的程序分

1. 直接测量

直接测量是将被测量直接与适用的标准量相比较而得出测量值的方法，例如用玻璃水位计测量水箱中水位的高度。

2. 间接测量

间接测量是通过直接测量与被测量有确定的函数关系的一个或几个量，然后计算出被测量的方法。

3. 组合测量

测量中各未知量以不同的组合形式出现，根据直接测量和间接测量所获得的数据，通过求解联立方程组以求得未知量的数值，这类测量称为组合测量，例如用铂电阻温度计测量介质温度时，其电阻值和温度的关系为

$$R_t = R_0(1 + At + Bt^2) \quad (1-2)$$

式中 R_t —— $t^\circ\text{C}$ 时铂电阻值；

R_0 —— 0°C 时铂电阻值；

A 、 B ——与电阻材料有关的常数。

（二）按照仪表特点分

1. 非零测量法

通过仪表的测量机构，直接或间接测量被测量所产生的输出信号的大小，输出信号不为零，其显示的数值即为测量值。例如：弹簧管测压时弹簧管自由端位移值（压力），水银温度计液柱高（温度）。

2. 零位法

通过仪表的测量机构，比较被测量和已知标准量的大小与相位。调节已知量的大小，使两者相平衡或抵消，此时显示器显示信号为零，说明被测量的数值与已知量相等。例如天平称重，电位差计测电势，平衡电桥法测电阻等。

比较上述两种方法，前者简单、迅速、直观；后者测量精度高，有较强消除干扰能力，可用于发展精密仪表，但其仪表结构复杂，价格偏高。

3. 微差法

通过仪表的测量机构，用被测值取代另一已知标准值（或接近测量值）后，读出差值及方向，从而得到被测量值。微差法是非零位法和零位法的结合，测量迅速，测量范围小，精度高，如用U形管压力计测压。

也可按照仪表是否与被测对象直接接触分为：

1. 接触测量法

通过仪表的传感器与被测对象直接接触，在被测参数的作用下，感受其变化，并输出信号大小，例如用弹簧管压力表、体温计等测量。