



世纪高等教育建筑环境与设备工程系列规划教材

建筑环境与设备 工程实验及测试技术

李 峰 姬长发 主编
黄 翔 主审



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



21 世纪高等教育建筑环境与设备工程系列规划教材

建筑环境与设备工程 实验及测试技术

主 编	李 峰	姬长发	
副主编	丁云飞		
参 编	李 全	胡定科	郝海清
	朱赤晖	王 培	杨素云
	刘 涛	周丽萍	游秀华
主 审	黄 翔		



机械工业出版社

本书系统地介绍了建筑环境与设备工程专业基础课程及专业课程中实验测试技术的原理和方法,全书共分三篇,第一篇是实验基础知识,简要介绍了实验设计、误差分析与实验数据处理,以及常用的温度、压力、速度和流量测试仪器的原理和使用方法,以培养学生进行专业实验的基本技能,树立科学实验的优良作风。第二篇是专业基础课程实验,第三篇是专业课程实验,详细地介绍了建筑环境与设备工程的专业基础课程实验及专业课程实验,实验项目共66个,实验项目内容包括实验目的、实验原理、实验装置及设备、实验方法及步骤、实验结果处理与分析、复习题等;同时,以实验知识为主线设置综合性实验,强调理论知识点的融合和实验技能的综合运用,编写了8个综合性实验项目,分别独立成章,培养学生运用所学知识分析和解决工程实际问题的能力,适应实验教学改革的发展趋势和对培养学生创新能力培养的要求。

本书可作为高等院校建筑环境与设备工程专业以及其他相关专业的实验教学用书,也可供科研、设计及管理人员参考。各校可根据实际情况选用其中的实验项目进行教学与实践。

图书在版编目(CIP)数据

建筑环境与设备工程实验及测试技术/李峰,姬长发
主编. —北京:机械工业出版社,2008.9
(21世纪高等教育建筑环境与设备工程系列规划教材)
ISBN 978-7-111-24835-4

I. 建… II. ①李…②姬… III. ①建筑工程-环境管理-高等学校-教材 ②房屋建筑设备-高等学校-教材
IV. TU-865 TU8

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第121794号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)
策划编辑:刘涛 责任编辑:刘涛 马军平
版式设计:霍永明 责任校对:吴美英
封面设计:王伟光 责任印制:邓博
北京京丰印刷厂印刷
2008年9月第1版·第1次印刷
169mm×239mm·29.25印张·571千字
标准书号:ISBN 978-7-111-24835-4
定价:43.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
销售服务热线电话:(010) 68326294
购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643
编辑热线电话:(010) 88379720
封面无防伪标均为盗版

序

建筑环境与设备工程专业是1998年教育部新颁布的全国普通高等学校本科专业目录,将原“供热通风与空调工程”专业和“城市燃气供应”专业进行调整、拓宽而组建的新专业。专业的调整不是简单的名称的变化,而是学科科研与技术发展,以及随着经济的发展和人民生活水平的提高,赋予了这个专业新的内涵和新的元素,创造健康、舒适、安全、方便的人居环境是21世纪本专业的重要任务。同时,节约能源、保护环境是这个专业及相关产业可持续发展的基本条件,因而它们和建筑环境与设备工程专业的学科科研与技术发展总是密切相关,不可忽视。

作为一个新专业的组建及其内涵的定位,它首先是由社会需求所决定的,也是和社会经济状况及科学技术的发展水平相关的。我国的经济持续高速发展和大规模建设需要大批高素质的本专业人才,专业的发展和重新定位必然导致培养目标的调整和整个课程体系的改革。培养“厚基础、宽口径、富有创新能力”,符合注册公用设备工程师执业资格,并能与国际接轨的多规格的专业人才以满足需要,是本专业教学改革的目的。

机械工业出版社本着为教学服务,为国家建设事业培养专业技术人才,特别是为培养工程应用型和技术管理型人才作贡献的愿望,积极探索本专业调整和过渡期的教材建设,组织有关院校具有丰富教学经验的教授、副教授主编了这套建筑环境与设备工程专业系列教材。

这套系列教材的编写以“概念准确、基础扎实、突出应用、淡化过程”为基本原则,突出特点是既照顾学科体系的完整,保证学生有坚实的数理科学基础,又重视工程教育,加强工程实践的训练环节,

培养学生正确判断和解决工程实际问题的能力,同时注重加强学生综合能力和素质的培养,以满足 21 世纪我国建设事业对专业人才的要求。

我深信,这套系列教材的出版,将对我国建筑环境与设备工程专业人才的培养产生积极的作用,会为我国建设事业作出一定的贡献。

陈在康

前 言

当今科学技术日新月异的发展,对理工科大学生的培养提出了更高的要求,建筑环境与设备工程专业的新理论、新技术不断涌现,要求学生在掌握专业理论知识的同时,具有较高的专业实践能力、综合设计能力及创新意识。实验正是培养学生具有这些能力极好的教学环节,实验课程是专业教学的重要组成部分。通过理论教学与实验教学紧密结合,培养学生的动手操作专业实验技能,加深对学科理论的掌握,同时在实验过程中逐步学习科学地实验选题、实验设计、实验数据记录与分析及撰写实验报告,训练学生专业实际操作能力,学习使用相关的仪器设备,培养学生科学严谨的工作作风,这是提高学生的实际工作能力、科学研究能力及创新能力的重要途径,为此组织了四所大学相关教师编写了本教材。

本书按照专业指导委员会对本学科实验教学的要求而编写,实验项目全面丰富,还增添了电子与电工学、建筑设备自动化和室内空气污染等方面的实验内容。本书在反映专业学习对实验技能的要求上,具有普遍的共性,在实验设备和仪器的选用上能代表一般性。本书系统性、实用性强,对提高学生的动手能力、科学创新素质十分有益。

本书由广州大学、西安科技大学、石家庄铁道学院、平顶山工学院的专业教师通力合作,联合编写,它是多年实验教学经验的总结。各章的编写人员如下:李峰撰写第1章,第2章,第8章,第13章13.4~13.6节,第17章17.4节,第19章19.6节,第20章20.1、20.2节;姬长发、李全合作撰写第4章、第16~18章、第20章20.5节;丁云飞撰写第3章,第20章20.3、20.4节;胡定科撰写第5~7章;郝海青撰写第9章;朱赤晖撰写第10章;王培撰写第11章、第12章、第15章;杨素云撰写第13章13.1~13.3节;游秀华撰写第

14 章;刘涛撰写第 19 章 19.1~19.5 节;周丽萍撰写第 19 章 19.7、19.8 节。

本教材受“广州大学教材出版基金”的资助。在编写过程中广泛征求了许多兄弟院校老师们的意见,得到他们大力支持,特别是本书主审西安工程大学黄翔教授对本书进行了认真审核,提出许多宝贵意见,并给予了很大帮助,特此一并表示衷心感谢。

由于本书内容涉及面广,而编者水平有限和编写时间仓促,疏漏和不妥之处在所难免,尤其是新编实验和综合性实验还需不断实践与完善,敬请读者不吝赐教,提出宝贵建议。

编 者

目 录

序

前言

第一篇 实验基础知识

第1章 建筑环境与设备工程实验教学要求	2
1.1 实验教学的意义	2
1.2 实验教学的目的及基本程序	2
1.3 实验的教学要求	3
第2章 实验设计	6
2.1 实验设计简介	6
2.2 单因素实验设计	9
2.3 双因素实验设计	13
2.4 正交实验设计	14
第3章 误差分析与实验数据处理	19
3.1 误差的基本概念	19
3.2 粗大误差及其处理	22
3.3 随机误差及其特性	24
3.4 系统误差及其处理的一般原则	27
3.5 误差的传递、合成与分配	29
3.6 测量数据的处理	33
3.7 实验数据的表示法	35
3.8 实验数据分析和绘图软件	44
第4章 常用测试仪表	54
4.1 概述	54
4.2 压力测量仪表	55
4.3 温度测量仪表	62
4.4 相对湿度测量仪表	73
4.5 流速测量仪表	77
4.6 流量测量仪表	82
4.7 烟气测量仪表	90

第二篇 专业基础课程实验

第5章 工程热力学实验	96
-------------------	----

5.1	CO ₂ 气体的 p - V - t 的测定	96
5.2	空气质量定压热容的测定	101
5.3	喷管实验	106
第 6 章	传热学实验	113
6.1	中温法向辐射时物体黑度测定	113
6.2	蒸汽冷凝时表面传热系数和总传热系数测定	117
6.3	空气在水平管外自然对流时表面传热系数测定	120
第 7 章	流体力学实验	125
7.1	静水压强实验	125
7.2	动量方程实验	129
7.3	管道沿程阻力系数测定实验	132
7.4	能量方程实验	137
7.5	气体湍流射流实验	141
第 8 章	建筑环境测试技术实验	146
8.1	室内环境气象参数测定	146
8.2	热电偶制作与标定	149
8.3	压力表校验	152
第 9 章	电子与电工学实验	157
9.1	单相交流电路的测试	157
9.2	三相交流电路的测试	159
9.3	三相异步电动机正、反转的控制	162
9.4	集成运算放大器的应用	165
9.5	整流滤波和稳压器	170
第 10 章	流体输配管网实验	176
10.1	管网特性曲线的测定	176
10.2	离心水泵工作性能曲线测定	179
10.3	管网压力分布图实验	182
第 11 章	热质交换原理与设备实验	185
11.1	空气加热器性能实验	185
11.2	综合传热实验	190
11.3	热管换热器实验	193
第 12 章	综合性(设计性)实验	196
12.1	稳态平板法测定绝热材料热导率实验	196
12.2	翅片管束外强制对流表面传热系数及阻力的测定实验	201
12.3	离心式通风机工作性能曲线测定	206

第三篇 专业课程实验

第 13 章	暖通空调实验	212
---------------	---------------	------------

13.1 风管流速和流量的测定 (测压法)	212
13.2 循环式空调过程实验	219
13.3 模拟空调系统冬、夏空气处理过程	223
13.4 除尘器性能试验	228
13.5 排风罩性能实验	234
13.6 喷水室性能实验	241
第14章 建筑设备控制实验	246
14.1 建筑设备控制实验原理概述	246
14.2 ON/OFF 控制恒温水箱实验	250
14.3 PID 控制恒温水箱实验	256
第15章 供热工程实验	266
15.1 散热器热工性能实验	266
15.2 热水供暖系统模拟运行实验	269
15.3 热网水力工况实验	272
15.4 疏水器性能实验	275
第16章 锅炉与锅炉房工艺实验	280
16.1 煤的工业分析	280
16.2 燃料发热量的测定	288
16.3 烟气分析	300
第17章 燃气实验	306
17.1 燃气发热量测定	306
17.2 层流火焰传播速度的测定	310
17.3 燃气热水器性能测试	314
17.4 燃气灶具性能实验	322
17.5 湿式气体流量计的校正实验	327
17.6 家用液化石油气调压器调压特性实验	328
第18章 空调用制冷技术实验	337
18.1 制冷压缩机性能测试	337
18.2 制冷 (热泵) 循环系统实验	342
18.3 制冷装置变工况运行实验	346
第19章 空气污染控制实验	349
19.1 总悬浮颗粒物的测定	349
19.2 可吸入颗粒物 (PM_{10}) 的测定	352
19.3 氮氧化物的测定	354
19.4 臭氧的测定	358
19.5 一氧化碳的测定	361
19.6 过滤材料性能测定实验	363
19.7 室内空气中浮游微生物数目测定实验	370

19.8 纯培养菌种的菌体、菌落形态观察及染色实验	372
第20章 综合性实验	376
20.1 风道管网性能综合性实验	376
20.2 风机盘管机组热工性能综合性实验	386
20.3 墙体热工性能测试及评价实验	396
20.4 空调系统综合效能测定实验	405
20.5 锅炉热平衡测定	420
附录	447
附录A 制冷空调常用单位换算	447
附录B 湿空气主要热物理参数	451
附录C 水在各种温度下的密度 (压力 100kPa)	453
附录D 水的物理参数	454
附录E $0 \sim \theta^{\circ}\text{C}$ 时, 烟气、灰和空气平均质量定压热容	455
附录F 镍铬-铜镍 (康铜) 热电偶 (E 型) 温度-微伏对照表	455
参考文献	458



第 1 章

实验基础知识的准备

第一篇

实验基础知识的准备

实验基础知识

实验是科学研究的重要环节，是验证理论、发现新现象、探索新规律的重要手段。在实验过程中，必须掌握一定的实验基础知识，包括实验原理、实验方法、实验仪器、实验安全等方面。本章将介绍实验基础知识的相关内容，为后续实验操作提供理论支持和指导。

实验基础知识是进行科学实验的前提和基础。在实验过程中，必须掌握一定的实验基础知识，包括实验原理、实验方法、实验仪器、实验安全等方面。本章将介绍实验基础知识的相关内容，为后续实验操作提供理论支持和指导。

实验基础知识包括以下几个方面：

- 实验原理：了解实验的理论依据和原理，明确实验的目的和意义。
- 实验方法：掌握实验的操作方法和步骤，确保实验结果的准确性和可靠性。
- 实验仪器：熟悉实验仪器的使用方法和维护保养，确保仪器的正常运行。
- 实验安全：了解实验过程中的安全注意事项，防止事故发生，保障人身安全和实验设备的完好。

本章将分别介绍实验原理、实验方法、实验仪器和实验安全等方面的知识，为后续实验操作提供理论支持和指导。

实验基础知识的准备

实验基础知识的准备

实验基础知识的准备

第 1 章

建筑环境与设备工程实验教学要求

1.1 实验教学的意义

建筑环境与设备工程专业不仅解决人类自身居住生活和工作的环境控制问题，而且要解决生产过程和科学实验过程所要求的环境控制问题。它是建立在实验基础上的学科，是依据热物理与流体力学，综合建筑、机电等工程学科的发展而形成的独立学科分支，专门研究和解决各类建筑物内工作、居住、生产和科学实验所要求的空气环境。

建筑环境与设备工程实验是其学科的重要组成部分，是科研和工程技术人员解决建筑室内环境各种问题的一个重要手段。通过实验研究，可以解决下述问题：

- 1) 掌握热工学与流体测量的基本原理和实验方法，学会使用热工及流体测量仪器。
- 2) 掌握建筑环境与设备工程专业中的供热、通风、空调、锅炉、制冷等各项实验及测试技术，通过实验掌握实验系统的各项状态参数的测定，如空气温湿度、烟气状态参数、冷热媒物理参数以及系统工况等。
- 3) 学会对建筑室内环境进行综合评价，包括对室内空气质量品质作出分析与评价。
- 4) 掌握设备工程系统的调试与试验的基本方法，并对设备性能参数进行评价。

1.2 实验教学的目 的及基本程序

1.2.1 实验教学的目 的

实验教学是使学生理论联系实际，培养学生观察问题、分析问题和解决问题

能力的一个重要方面。本课程的教学目的如下:

- 1) 加深学生对基本概念、基本原理的理解,能够从基本原理与动手实践的角度切实训练学生进行实验的基本能力,巩固其新学的知识。
- 2) 通过实验使学生从实验设计、仪器选型、实验操作、数据提取与分析处理等各个环节训练出真正的实验技能,能够完成合格的实验报告写作,具有应用研究和开发的初步能力,从而提升学生的创新能力。

1.2.2 实验的基本程序

为了更好地实现教学目标,使学生学好本门课程,下面简单介绍实验工作的一般程序。

(1) 提出问题 根据已经掌握的知识,提出拟验证的基本概念或探索研究的问题。

(2) 设计实验方案 确定实验目标后要根据实验装置、人员、测试仪器和技术能力等方面的具体情况进行实验方案设计。实验方案包括实验目的、实验装置、实验步骤、测试项目和测试方法等内容。

(3) 实验研究

1) 根据设计好的实验方案进行实验,按时进行测试。

2) 实验数据分析与处理。实验数据的可靠性和数据整理分析是实验工作的重要环节,实验者必须经常用已掌握的基本概念分析实验数据。通过数据分析加深对基本概念的理解,并发现实验设备、操作运行、测试方法等方面的问题,以便及时解决,使实验工作能较顺利地进行。

(4) 实验总结 通过实验数据的系统分析,对实验结果进行评价。实验总结的内容包括以下几方面:①通过实验掌握了哪些新的知识;②是否解决了实验提出的问题;③是否证明了相关文献中的某些论点;④实验结果是否可用于改进已有的工艺设备和操作运行条件或设计新的处理设备;⑤当实验结果不合理时,应分析原因,提出新的实验方案。

1.3 实验的教学要求

为了保证实验的教学质量,顺利完成实验并作出合格的实验报告,需对实验过程中的各个环节提出如下要求和说明。

(1) 课前预习 为完成每个实验,学生在课前必须认真阅读实验教材,清楚地了解实验项目的目的要求、实验原理和实验内容,写出简明的预习提纲。预习提纲包括:①实验目的和主要内容;②需测试项目的测试方法;③实验注意事项;④准备好实验记录表格。

(2) 实验设计 实验设计是实验研究的重要环节,是获得满足要求的实验结果的基本保障。在实验教学中,宜将此环节的训练放在部分实验项目完成以后进行,以达到使学生掌握实验设计方法的目的。

(3) 实验操作 学生实验前应仔细检查实验设备、仪器仪表是否完整齐全。实验时要严格按照操作规程认真操作,仔细观察实验现象,精心测定实验数据,并详细填写实验记录。实验结束后,要将实验设备和仪器仪表恢复原状,将周围环境整理干净。学生应注意培养自己严谨的科学态度,养成良好的工作学习习惯。掌握并熟悉下列的操作要领:

1) 实验设备起动前必须检查:①实验台设备、管道上各个阀门的开、关状态是否符合流程要求;②检查各种实验仪表是否能正常使用;③泵、风机等转动的设备,起动前先停车检查能否正常转动,才可起动设备。

2) 实验操作时应该高度集中注意力,认真操作和记录实验数据,并观察实验现象,发现问题及时处理或报告实验老师。

3) 实验操作结束时应先气源、水源、热源、测试仪表的连通阀门以及电源关闭,然后切断实验台设备电源,调整各阀门应处的开或关位置状态。

4) 实验测定、记录和数据整理。

a. 实验测量需要的数据。凡是影响实验结果或是整理数据时需要的参数都应测取。它包括大气条件、设备有关尺寸、物理性质及操作数据。一般可根据其他参数导出或可从手册中查出的参数可不必要测量记录。

b. 实验数据的读取及记录:①根据实验目的的要求,在实验前做好数据记录表格,在表格中应记下各项物理量的名称、符号及单位;②实验时待现象稳定后,方可开始读取数据,条件改变后,也要稳定一定时间后读取数据,以排除因仪表滞后现象而导致读数不准的情况;③每个数据记录后,应该立即复核,以免读错或写错数据;④数据记录必须反映仪表的精度,一般要记录到仪表最小分度以下一位数;⑤实验中如果出现不正常情况或数据有明显误差时,应在备注栏中加以注明。

(4) 实验数据处理 通过实验取得大量数据以后,必须对数据进行科学的整理分析,去伪存真,去粗取精以后得到正确可靠的结论。整理数据需注意:

1) 原始记录数据只可进行整理,绝不可修改。经判断确系过失误差所造成的不正确数据可以注明后不计入结果。

2) 同一实验点的几个有波动的数据可先取其平均值,然后进行整理。

3) 采用列表法整理数据清晰明了,便于比较。在表格之后应附计算示例,以说明各项之间的关系。

4) 实验结果用列表、绘制曲线、图形或方程式的形式表达。

(5) 编写实验报告 撰写实验报告是实验教学必不可少的环节,这一环节

的训练可为学生今后写好科学论文或科研报告打下基础。撰写实验报告要求讲究科学性、准确性、求实性。学生在写实验报告时容易出现下列问题,应力求避免犯错。

1) 观察不仔细,没有如实记录实验情况。在实验时,由于观察不细致、不认真,没有及时记录,结果不能准确地写出所发生的各种现象,不能恰如其分、实事求是地分析各种现象发生的原因。有的甚至弄虚作假,修改实验数据等,这都是不允许的。

2) 实验方法与实验步骤说明不准确,或层次不清晰。文字说明未按原理、方法、操作步骤顺序分条列出,结果出现层次不清晰、凌乱等问题。

3) 实验报告中出现的物理量、符号、公式,应使用统一规定的名称、符号和格式。

4) 使用不标准的术语来说明专业概念。

实验报告包括以下内容:①实验目的;②实验原理;③实验装置和方法;④实验数据和数据整理结果;⑤实验结果讨论。

对于综合性(设计性)实验,要求学生通过查阅有关书籍、文献资料,了解和掌握与课题有关的国内外技术状况、发展动态,并在此基础上,根据实验课题要求和实验室条件,提出具体的实验方案设计,包括实验工艺技术路线、实验条件要求、实验计划进度等。综合性(设计性)实验研究报告的内容应包括:①课题的调研;②实验方案的设计;③实验过程的描述;④实验结果的分析讨论;⑤实验结论;⑥参考文献等。

第2章

实验设计

2.1 实验设计简介

实验设计是指以概率论与数理统计学为理论基础,为达到最好的实验效果,科学合理安排实验的一种方法论,亦是研究如何高效而经济地获取所需要的数据与信息和分析处理实验数据的方法。其内涵是指正式进行科学实验之前,根据一定的目的要求,运用有关的原理,对实验的有关影响因素和环节作出全面的研究和安排,制定一套实验的研究方案。

实验的设计和实验结果的统计分析是密切相关的,只有按照科学的统计设计方法得到的实验数据才能进行科学的统计分析,得到客观有效的分析结论。实验设计是完成实验过程的依据,是进行实验数据处理的前提,也是提高科研成果质量的一个重要保证。一个科学而完善的实验设计,能够合理、科学地安排各种实验因素,严格地控制实验误差,有效地分析实验数据,用较少的人力、物力和时间,最大限度地获得丰富而可靠的资料。反之,如果实验设计不完善,就必然造成不应有的浪费,降低研究结果的价值。

2.1.1 实验设计的目的

实验设计是对实验方案进行优化设计,以降低实验误差和实验成本,减少实验工作量并对实验结果进行科学分析的一种科学方法。一般情况下,实验设计包括明确实验目的、确定测定参数、确定需要控制或改变的条件、选择实验方法和测试仪器、确定量测精度要求、实验方案设计和数据处理步骤等。科学合理的安排实验应该做到以下几点:

- 1) 实验次数尽可能少。
- 2) 实验的数据要便于分析和处理。
- 3) 通过实验结果的计算、分析和处理,寻找出最优方案,以便确定进一步