

JIANZHU HUANJING YU SHEBEI GONGCHENG

PUTONG GAODENG XUEXIAO
JIANZHU HUANJING YU SHEBEI GONGCHENG
XILIE JIAOCAI



普通高等学校
建筑环境与设备工程系列教材

建筑环境测试技术

JIANZHU HUANJING CESHI JISHU

- 主 编 郑 洁
- 副主编 刘艳峰
- 主 审 张子慧



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>

JIANZHU HUANJING YU SHEBEI GONGCHENG

PUTONG GAODENG XUEXIAO
JIANZHU HUANJING YU SHEBEI GONGCHENG
XILIE JIAOCAI

TB9/30
2007



普通高等学校
建筑环境与设备工程系列教材

建筑环境测试技术

JIANZHU HUANJING CESHI JISHU

- 主 编 郑 洁
- 副主编 刘艳峰
- 主 审 张子慧



重庆大学出版社

内 容 提 要

本书是高等学校建筑环境与设备工程专业基础课程教材之一。除绪论外,全书共分13章,着重阐述了建筑环境与设备工程中涉及的温度、湿度、压力、流速、流量、物位、气体成分、热量、室内污染物及建筑声、光环境中相关物理参数的测量方法,以及测量仪表的工作原理、结构和应用;同时,还介绍了测量的基本知识、测量数据的处理和误差分析,以及智能测试系统的构成、功能和设计方法。另外,本书除2~13章配有“应用实例”外,每章还配有适量的思考题。

本书可作为建筑环境与设备工程专业本科教材,也可供从事供暖通风与空气调节、建筑给排水、环境监测、热能动力等相关专业的科研及工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑环境测试技术/郑洁主编. —重庆:重庆大学出版社,2007.7

(普通高等学校建筑环境与设备工程系列教材)

ISBN 978-7-5624-4144-1

I. 建… II. 郑… III. 建筑物—环境管理—测试技术—高等学校—教材 IV. TU-856

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 100293 号

普通高等学校建筑环境与设备工程系列教材

建筑环境测试技术

主 编 郑 洁

副主编 刘艳峰

主 审 张子慧

责任编辑:陈红梅 版式设计:陈红梅

责任校对:任卓惠 责任印制:赵 晟

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街174号重庆大学(A区)内

邮编:400030

电话:(023)65102378 65105781

传真:(023)65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(市场营销部)

全国新华书店经销

重庆大学建大印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:16.5 字数:412千

2007年7月第1版 2007年7月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-4144-1 定价:23.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

前 言

测量是深入认识客观世界必不可少的手段,人类生活的改善与生产的发展都离不开测量,科学技术的进步也与测量技术的完善紧密相关。测量过程是认识的深化过程,它能促进科学上的发现,并使这种新的发现应用于技术实践中。准确的测量常用以验证科学理论的正确性,并推动科技的进步。

建筑环境测试技术属于建筑环境与设备工程领域中的一门实用技术,涉及建筑物理环境中的声、光、热相关参数的测量和设备运行状态参数的测试,以及如何选择测试系统、使用测试仪表等内容。可以说,建筑环境领域的研究几乎都离不开测试技术,建筑工程从施工到验收,也时时刻刻用到测试技术,如工程竣工验收时需给出量化评价就需要测量。目前,测试技术在科学研究和设计、生产中正发挥着越来越大的作用,掌握和熟练使用仪器仪表已经成为现代科研人员和工程技术人员需要掌握的一项重要技能。

本书是建筑环境与设备工程专业基础课程教材之一。编写内容遵循全国高等学校建筑环境与设备工程专业指导委员会所设置的本科教学课程体系,同时根据社会对建筑环境与设备工程人员的知识、能力和技术需求制定编写目标,注意融入了现行国家规范、标准及最新的测试方法、测试系统和仪表。本书是作者多年对建筑环境测试技术教学、科研和工程设计经验的总结,其特点在于:

- 重视测试方法和仪表的原理、选择、标定和应用。
- 介绍了各种参数测量在建筑环境与设备工程专业中的应用,并给出了具体实例。
- 适应现代测试技术发展要求,增强了对智能测试系统的介绍。

本书配套了电子教案*,可供广大师生参考。

本书由重庆大学郑洁担任主编,西安建筑科技大学刘艳峰担任副主编。全书具体编写分工是:绪论、第1,3,4,7,13章由郑洁编写;第6,8,9,12章由刘艳峰编写;第10章由刘耀浩(天津大学)、刘艳峰共同编写;重庆大学周玉礼(第11章),南京工业大学赵声萍、新疆伊犁师范学院张卫华(第2章),中国人民解放军后勤工程学院张素云、南京工业大学童艳(第5章)参加了本书其他章节的编写。

本书承蒙西安建筑科技大学张子慧教授仔细审阅和多方面指正,重庆大学田胜元教授对大纲的拟定及修改提出了宝贵意见,在此对他们表示衷心感谢。

* 电子教案请登录 www.cqup.com.cn, 进入“资源网站”下载。

本书在编写过程中参考并引用了众多专家、学者的研究成果,使其内容得以充实、提高,在此我们对这些原作者表示深深的谢意。同时,本书在出版过程中,得到了重庆大学、西安建筑科技大学、天津大学、中国人民解放军后勤工程学院、南京工业大学等院校相关领导、专家、同事的关心和支持,相关设计、施工单位专家给予了热情指导,重庆大学城市建设与环境工程学院李俊等研究生给予了积极协助,在此一并表示感谢。

书中错误和不妥之处难免,恳请广大读者批评指正。

编者
2007年7月

目 录

0 绪 论	1
0.1 建筑环境测试概述	1
0.2 建筑环境测试的任务	2
0.3 建筑环境测试技术的发展与展望	2
思考题	4
1 测量的基础知识	5
1.1 测量的基本概念	5
1.2 测量的基本方法	7
1.3 测量系统及特性	8
思考题	13
2 测量误差与数据处理	15
2.1 概述	15
2.2 误差分析	17
2.3 误差合成	20
2.4 数据处理	23
2.5 应用实例	28
思考题	31
3 温度测量	33
3.1 概述	33
3.2 常用温度测量仪表	35
3.3 温度测量仪表的选用和校验	55
3.4 应用实例	59
思考题	62
4 湿度测量	64
4.1 概述	64
4.2 干湿球湿度计	66
4.3 电阻湿度计	68
4.4 其他湿度计	70
4.5 湿度传感器的选择	72
4.6 湿度测量仪表的检定校验	73

4.7 应用实例	76
思考题	79
5 压力测量	80
5.1 概述	80
5.2 液柱式压力计	82
5.3 弹性压力计	86
5.4 电气式压力计	90
5.5 压力检测仪表的选用和校验	97
5.6 应用实例	100
思考题	104
6 流速测量	105
6.1 概述	105
6.2 常用流速测量仪表	106
6.3 流速测量仪表的标定	113
6.4 应用实例	114
思考题	119
7 流量测量	120
7.1 概述	120
7.2 流量测量方法	120
7.3 差压式流量计	122
7.4 涡轮流量计	128
7.5 电磁流量计	129
7.6 容积式流量计	130
7.7 超声波流量计	132
7.8 质量流量计	135
7.9 流量仪表的使用	137
7.10 应用实例	138
思考题	140
8 物位测量	141
8.1 概述	141
8.2 常用物位测量仪表	142
8.3 差压式液位计的量程迁移修正	150
8.4 应用实例	152
思考题	159
9 气体成分测量	160
9.1 概述	160
9.2 常用气体成分测量仪表	161
9.3 气体成分测量仪表的校正	171

9.4 应用实例	175
思考题	179
10 热量测量	180
10.1 概述	180
10.2 常用热量测量仪表	180
10.3 热量测量仪表的校正	188
10.4 应用实例	192
思考题	197
11 室内空气品质测量	198
11.1 概述	198
11.2 气相色谱法测量气体成分	199
11.3 室内苯及苯系物测量	200
11.4 室内甲醛测量	203
11.5 氨测量	209
11.6 氧测量	212
11.7 可吸入微粒测量	215
11.8 室内环境中 TVOC 的测量	217
11.9 应用实例	220
思考题	226
12 建筑声、光环境测量	227
12.1 概述	227
12.2 建筑声环境测量	227
12.3 建筑光环境测量	233
12.4 应用实例	236
思考题	238
13 智能测试系统	239
13.1 概述	239
13.2 智能测试系统的组成	240
13.3 网络化测试系统	242
13.4 虚拟仪器	243
13.5 智能测试系统设计的基本要求及方法	246
13.6 应用实例	249
思考题	253
参考文献	254

0 绪 论

0.1 建筑环境测试概述

测量是深入认识客观世界必不可少的手段,人类生活的改善与生产的发展,都离不开测量,科学技术的进步也与测量技术的完善紧密相关。测量过程是认识的深化过程,它能促进科学上的发现,并使这种新的发现应用于技术实践。准确的测量常用来验证科学理论的正确性,并推动科技的进步;同时,测量也是监督生产过程的重要手段,现代化的制造工业、生产过程不使用测量仪器和量具是不可想象的。因此,仪器仪表的发展水平是国家科技水平和综合国力的重要体现。

建筑环境测试技术属于建筑环境与设备工程领域中的一门实用技术,是实践性很强的技术理论基础。建筑环境领域的研究几乎都离不开测试技术,建筑工程从施工到验收,时时刻刻都会用到测量技术。“建筑环境测试技术”课程的任务是培养学生掌握有关建筑环境中常用参数的测试理论、测试方法和测试技能,使学生具备本专业中测试系统方案设计、实验装置设计的基本能力。这门课程涉及的学科较广,包括物理学、传热学、流体力学、电子技术、制冷技术、自动控制等多门学科。与其他专业基础课相比又有所差别,如“传热学”、“流体力学”等课程系统性较强,重点解决与专业相关的理论基础和工程方法,而建筑环境测试则是把多个学科的原理结合在仪器仪表之中,从多方面伸展到实际的科学应用和工业应用中去(如本专业常用的测试系统就包含传感器、计算机、通信系统和网络等),在使用它们的时候要考虑合理布局、节省资源、减少误差、避免干扰,以保证系统的正常运行。这一门课程要求学生考虑实际问题的复杂性,使学生完善自己的认知结构,能正确地设计和运用本专业常用的测试系统。

测试技术是一项基础性技术,它来源于多个学科,又反过来为科学研究、生产、管理、法学、医学、保健及社会生活服务。测试仪器行业属于高新技术产业,在信息化时代的今天,测试仪器不仅可作为检验和计量的标准,也是系统调试和分析的工具。测试仪器与技术已涉及国民经济的各个行业:大型电子工程的可测性设计已引起人们的重视,仪器的基础地位不容否认。只有不断提高计量科学技术水平,才能更好地满足经济建设的需要,促进科学技术的进步。

综上所述,在社会学和自然科学的活动中都离不开测量,凡在人类生活的地方,在一切活动中要进一步取得发展,测量是绝对必要的。为能适应科学技术和文化的进步发展,测量是必不可少的;反之,一切人类的文化生活及其合理的社会活动将不可能实现。

0.2 建筑环境测试的任务

建筑环境可分为室内环境和室外环境。室内环境包括:室内空气品质、热湿环境、光环境、声环境和电磁环境等。室外环境则涉及城市微气候建筑群、自然采光建筑群、空气流场和建筑声环境等。室内的热湿环境是影响人们热舒适度最为直接的因素,它主要是由室外气候参数、邻室的空气温度湿度,以及室内设备、照明、人员等室内热湿源,室内空气流动状况共同作用产生的。建筑物所在地的气候条件直接影响室内环境,一个地区的建筑微气候由许多因素综合作用形成。与建筑密切相关的气候要素有:太阳辐射、气温、湿度、风、降水(雪),等等。微气候所引起的霜冻效应、城市热岛效应、小区风场、永久日影区等问题正逐步被人们所重视。随着社会的进步和经济发展,人们对建筑环境的要求越来越高,不再局限于只追求室内环境的基本舒适指标,动态的自然建筑环境已经成为越来越多的人的向往目标。建筑环境学研究建筑与环境的相互关系,综合考虑能源效益、环境影响及环境问题等因素,创造符合要求、健康舒适的建筑环境,以改善人类工作、生活与居住条件。

建筑环境测试的主要任务是获取建筑环境的相关参数信息,作为建筑环境控制的依据,为系统的研究和改进、产品的检验以及设备的维护提供技术数据。因此,为了创造适宜的建筑环境,必须掌握相关的测试技术、利用适当的测试设备,以获得可靠的测试信息和数据,确保建筑环境能满足人们生产和生活的需要。

改善建筑环境,就要用相应的设备来控制相应的要素。那么,面临的首要问题就是掌握这些客观因素的量,而测试是人类对自然界的客观事物从数量上取得认识的一种过程。在这一过程中,人们借助于专门的测试工具,通过实验的方法和对实验数据的分析计算,最后用标准单位表示出未知量的数值。换句话说,测试就是为取得某一未知参数而做的全部工作过程,包括测试的误差分析和数据处理等计算工作。作为测试技术在建筑环境与设备工程专业的应用,这项技术对从事建筑设备环境与设备工程领域的人员来说是不可或缺的。

根据建筑环境测试的任务,本书详细介绍了温度、湿度、压力、流速、流量、物位、气体成分、热量、空气品质等环境参数的测试理论,常用仪器仪表的性能、用途、选用原则、检测方法、误差分析的基本知识,以及智能测试系统的发展、组成和应用。

0.3 建筑环境测试技术的发展与展望

建筑环境测试技术是随着科学技术的不断发展而进步的,尤其是密切跟随着测量技术的发展而发展的。在历史上,测量是始于对人类朴素感觉功能的延伸而发展起来的,较先发展的测量是依赖视觉测定物理量,即长度、大小、角度、形状、亮度、颜色等的测量;进而又开始测量有关质量、容积、力、面积、压力、速度、加速度、角速度、物体及天体运动等力学物理量;更进一步测量是与触觉有关的震动、声音、光、热等各种量;最后连人类的感觉不能直接接触到的电磁波、化学成分等各种量也可以测量出来了。测量技术的进步促使作为母体的科学技术迅速发

展。目前,测量技术不仅是人类感觉功能的辅助和延伸,而且已扩展到人类感觉能力所不能完成的领域。

作为科学技术发展的新动向之一——测量技术正在不断地朝着与自动控制、遥感、遥测、自动操作相结合的方向发展。科学技术的进步导致生产力不断的发展,要求加工精度和质量都要提高,同时生产工艺和设备逐渐向大规模和高度复杂化发展。所有这些都促使自动控制和自动操作机械迅速发展,而测量技术又是实现自动控制和自动操作的基本要素,可以说测量技术已成为实现自动化的前提条件。

建筑环境测试技术的发展趋势如下:

1) 在线实时检测是主攻方向

检测的目的是实时、准确地获取信息。随着自动化的发展和普及,大量的实时在线检测问题需要解决,以提供建筑环境控制的依据和相关产品的质量参数。在这方面需要解决的主要问题是实时采样,以及测试仪表的环境适应性和可靠性。

2) 向宏观、微观两极发展

为了创造更舒适、节能的建筑环境,人们必须加深对生产、生活中具体现象的认识,并向宏观和微观领域发展:开发适用于宏观领域测试的遥感技术、空间探测技术等,以及开发适用于微观领域测试的纳米测试技术等。

3) 新技术、新原理、新材料的应用,促进了测试技术的发展

建筑环境测试技术的发展是建立在新技术、新原理、新材料的应用基础之上的。它们的出现,大大地促进了检测技术的发展和进步,如大量新的传感器的出现。由于微电子技术的发展和广泛应用,出现了智能仪表、虚拟仪表和软测量技术;由于功能材料的出现,为信息传感器的开发提供了可能;由于半导体集成技术的发展,引导出了集成式传感器,等等。

4) 集成化测试系统的发展受到普遍重视

近年来,测试系统功能更加强大、体积更加小巧、自动化程序和可靠性更高的集成化测试系统的发展受到普遍重视。

测试技术与计算机技术同步发展,这是计算机技术与测试技术相结合的结果。测试仪器进入智能化时代,使采用误差修正的高精度测量、实时测量和自动测量成为可能,从而形成了2种设计思想:一是以测试技术为核心进行仪器设计,根据测试的需要,采用一个或多个微处理器来完成仪器的测量控制、数据采集、数据处理和图形显示等功能;二是以通用PC为基础。增加测试功能、数字接口和控制接口,充分利用计算机的图形显示、数据处理、外设接口和软件等功能。

集成化测试系统就是把许多测试功能,如在不同地理位置上的测量任务,通过通信系统把它们联系起来,构成由计算机系统控制的巨型测量系统。现在,电子系统复杂程度越来越大,需要检测的性能指标也越来越多,有些性能指标已超过单台仪器的检测范围,仅用单台测试仪器不能充分发挥仪器的潜力和群体优势。因此,系统化和集成化是电子测试仪器的一个发展

方向。一些实用的集成测试系统是在已有的台式测试仪器的基础上形成的,系统中各台仪器之间通过 GPIB 总线有机地联系在一起,并将测试步骤程序化、自动化,提高了测试的效率和速度,更重要的是把繁琐的测试工作交给计算机来完成,减少了人为因素引入的测试误差,提高了系统的测试精度。

思考题

- 0.1 本专业常用的测试系统有哪些?在使用这些测试系统时,为保证系统的正常运行需要考虑哪些因素?
- 0.2 简述建筑环境测试的主要任务和内容。
- 0.3 解决大量的实时在线检测问题的目的有哪些?在这方面需要解决的主要问题有哪些?
- 0.4 什么是集成化测试系统?
- 0.5 为什么说系统化和集成化是电子测试仪器的一个发展方向?
- 0.6 集成化测试系统有哪些优点?
- 0.7 试举例说明建筑环境测试技术的发展是建立在新技术、新原理、新材料基础之上的。

1 测量的基础知识

1.1 测量的基本概念

测量是借助于特殊的工具和方法,通过试验手段将被测量与同性质的标准量进行比较,确定二者的比值,从而得到被测量的量值。因此,测量过程就是确定一个未知量的过程,其目的是为了准确地获取被测对象特征的某些参数的定量信息。

为使测量结果有意义,测量必须满足以下要求:

①用来进行比较的标准量应该是国际上或国家所公认的,且性能稳定。

②进行比较所用的方法和仪器必须经过验证。

因此,所谓测量就是用实验的方法把要测量参数(被测量)与定义其数值为1的同类量(称为测量单位)进行比较,求取二者比值,从而得出被测量的量值。设被测量为 X ,其单位为 U_x ,二者之比为 a ,则被测量的量值为:

$$X \approx aU_x \quad (1.1)$$

式(1.1)称为测量的基本方程式。考虑到测量结果有误差,式子左右两边只能近似等于。

从上述过程可以看出,进行测量要建立单位,确定实验方法和测量设备,并最后估计出结果的误差。

1) 被测量(参数)的定义

在测量的过程中,通常把需要检测的物理量称为被测参数或被测量。例如,在建筑环境测量中,经常碰到的被测参数有温度、压力、湿度、噪声、有害物浓度等。

按照被测参数随时间变化的关系,可将被测量分为以下2种:

(1)静态参数 某些被测参数在整个测量过程中数值的大小保持不变,即参数值不随时间而变化。例如,周围环境的大气压力,制冷压缩机稳定工况下的转速等均不随时间变化,可将这类参数通称为静态参数或常量。当然,严格地讲,这些参数的数值也并非绝对恒定不变,只是随时间变化得非常缓慢,在进行测量的时间间隔内由于其数值大小变化甚微。人们把这类参数当作静态参数处理。

(2)动态参数 随时间不断改变数值的被测量称为动态参数,如空调设备刚刚开启时,空调房间内的温度、湿度等。这些参数随时间变化的函数可以是周期函数、随机函数等,人们处理这类参数时常需较大的数据量来描述它们。

2) 测量的过程与变换

测量过程的关键在于被测量和标准量的比较,但是能直接将测量与标准量进行比较的物理量并不多,大多数的被测量和标准量都要变换到双方都便于比较的某个中间量,才能进行直接比较。这种变换称为测量变换。例如,用水银温度计测量温度时,温度值被变换成毛细玻璃管内水银柱受热膨胀后的直线长度,而温度的标准量变换为玻璃管上的直线刻度,这样被测量和标准量都变换到直线长度这样的一个中间量,再进行比较并得到其比较值的大小(即测量结果)。因此,变换是测量的核心。

综上所述,测量变换是指把被测量按一定规律变换成另一种物理量的过程,实现这种变换过程的元件称为变换元件。

变换元件以一定的物理定律为基础,通过各参数之间内在的函数关系,完成一个特定的信号变换任务。多个变换元件的有机组合可构成变换器或测量仪表,后者将被测量一直变换到测量者能直接读取为止。

要知道被测参数的大小,就需要使用测量仪表来检测它的数值。尽管测量仪表种类繁多,被测量和仪表的结构原理也各不相同,然而从仪表对被测量的测量过程的本身而言,它们都有共同之处。例如,弹簧压力表对压力的测量是根据被测压力作用于弹簧管使其受压变形,将压力信号转换成弹簧管变形的位移(机械能),然后再通过杠杆传动机构的传递和放大,变成压力表指针的偏转,最后与压力刻度标尺上的测压单位相比较而显示出被测压力的数值。又如,用热电偶来测量温度,它是利用热电偶的热电效应,把被测温度转换成热电势信号(电能),然后把热电势信号转换成毫伏表上的指针偏转(机械能),并与温度标尺相比较而显示出被测温度的数值。因此,测量仪表的测量过程,就是被测参数以信号或能量形式进行一次或多次转换和传递,并与相应的测量单位进行比较的过程。

3) 测量精度

(1) 准确度 对同一被测量进行多次测量,测量值偏离被测量真值越小,则准确度越高。测量的准确度取决于系统误差的大小。系统误差越小,则测量的准确度越高。很显然,准确度是反映对同一被测量进行多次测量时,测量值偏离真值的程度。

(2) 精密度 对同一被测量进行多次测量,测量的重复性程度称为精密度。测量的精密度取决于随机误差。随机误差反映了在相同条件下对同一被测量进行多次测量时,各次测量结果的离散程度。随机误差越小,测量值分布越密集,测量结果的重复性越好,则测量的精密度就越高。在数字仪表中,常用分辨率来描述精密度。

(3) 精确度 精确度又称为精度,它反映了测量结果中系统误差和随机误差对测量值综合的影响程度,即测量结果与真值的一致程度。只有系统误差和随机误差都较小,才具有较高的精确度。因此,为了提高测量的精确度,必须设法消除系统误差,并采取多次重复测量的方法来减小随机误差的影响,以求出测量结果的最可信值。

在具体的测量实践中,可能会有这样的情况:准确度较高而精密度较低,或者精密度高但欠准确。当然,理想的情况是既准确,又精密,即测量结果精确度高。要获得理想的结果,应满足3方面的条件:性能优良的测量仪表、正确的测量方法和正确细心的测量操作。为了加深对

准确度、精密度和精确度 3 个概念的理解,现以射击打靶为例子来加以说明。如图 1.1 所示,以靶心作为被测量的真值,以靶纸上的子弹着点表示测量结果。其中,图 1.1a 上的子弹着点分散而又偏斜,说明该测量所得结果既不精密,也不准确,即精确度很低;图 1.1b 上的子弹着点仍然比较分散,但总体而言,大致都围绕靶心,说明测量结果准确但欠精密;图 1.1c 中子弹着点密集在一定的区域内,但明显偏向一方,说明测量结果精密度高,但准确度差;图 1.1d 中子弹着点相互接近且都围绕靶心,说明测量结果的精密度和准确度都很高。

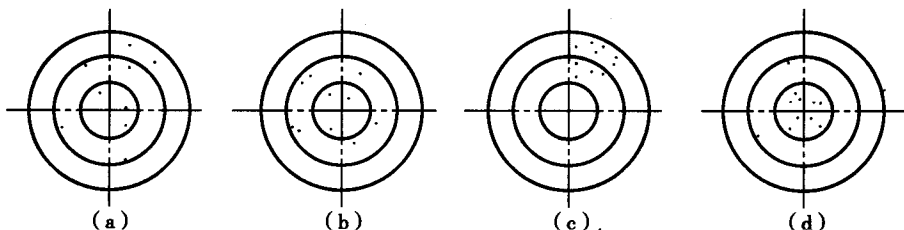


图 1.1 准确度、精密度、精确度关系示意图

1.2 测量的基本方法

1) 直接测量、间接测量和组合测量

(1) 直接测量 将被测量直接与选用的标准量进行比较测量,或者用预先标定好的测量仪器进行测量,从而直接求得被测量数值的测量方法称为直接测量法。例如,用标尺测量长度,用等臂天平测量质量等。总之,只要参与测量的对象就是被测量本身,都属于直接测量。这种方法的优点可以直接得出测量结果,测量过程简单、迅速;缺点是测量精度不容易达到很高。它在工程技术中应用最广。

(2) 间接测量 采用直接测量方法不能直接得到测量结果,而需要先通过直接测量与被测量有某种确定函数关系的其他各个变量,然后根据此函数关系计算出被测量的数值的测量方法,称为间接测量法。该方法一般在直接测量时很不方便,误差较大或缺乏直接测量仪器时才采用。

间接测量法一般所需测量的量较多,测量和计算的工作量也较大,引起误差的因素较多。但对误差进行分析并选择和确定具体的优化测量方法,在比较理想的条件下进行测量时,甚至能获得较高的精确度。

(3) 组合测量 组合测量法也是一种间接测量方法。当某项测量结果需要多个未知参数表达时,可通过由若干个直接测量和间接测量的组合进行多次测量,根据测量值与未知参数间的函数关系列出方程组并求解,进而得到未知量的测量方法,称为组合测量。进行组合测量时,可以使各被测量以不同的组合形式出现,然后根据直接测量和间接测量所得到的结果,通过求解一组联立方程式来求出被测量的量值。在科学实验和大型测试等工作中,常常会遇到组合测量方法的应用实例。

2) 等精度测量和非等精度测量

根据测量条件的不同,测量方法可以分为等精度测量法和非等精度测量法。

(1) 等精度测量法 在测量过程中,使影响测量误差的各因素(环境条件、仪器仪表、测量人员、测量方法等)保持不变,对同一被测量值进行次数相同的重复测量,称为等精度测量。等精度测量所获得的测量结果,其可靠程度是相同的。

(2) 非等精度测量法 在测量过程中,测量环境条件有部分不相同或全部不相同,如测量仪器精度、重复测量次数、测量环境、测量人员熟练程度等有变化,所得测量结果的可靠程度显然不同,称为非等精度测量。

在工程技术中,通常采用的是等精度测量法。只有在科学研究及重要的精密测量或检定工作中,或受仪器条件限制无法实现等精度测量时,为了获得更可靠和精度更高的测量结果,才采用非等精度测量法。

3) 接触测量和非接触测量

接触测量法测量是仪表的某一部分(一般为传感器部分)必须接触被测对象(被测介质);而非接触测量法测量其仪表的任何部分均不与被测对象接触。常见的过程检测多数采用接触测量法。

4) 静态测量和动态测量

按照被测量在测量过程中的状态不同,可将测量分为静态测量与动态测量 2 种。在测量过程中,如被测参数恒定不变,则此种测量称为静态测量。

被测参数随时间变化而变,此种测量方法称为动态测量。动态测量的分析与处理比静态测量复杂得多。但由于仪表的反应一般很迅速,多数被测参数的变化又较缓慢,在仪表响应的短时间内被测参数可近似视为恒定不变,可当作静态测量对待。这样,可以使分析处理大为简化。

1.3 测量系统及特性

1.3.1 测量系统的组成

在测量技术中,为了测得某一被测量的数值,总要使用若干个测量设备,并将它们按一定的方式组合起来。例如,测量水的流量,常采用标准孔板流量计来获得与流量有关的差压信号,然后将差压信号输入差比变送器,经过转换、运算,变成电信号,再通过导线将电信号传送到显示仪表,显示出被测流量值。

为实现一定的测量目的而将测量设备进行有效组合所形成的测量体系,称为测量系统。任何一次有意义的测量,都必须由测量系统来实现。测量系统中的测量设备一般由传感器、变换器或变送器、传输通道和显示装置组成,见图 1.2。

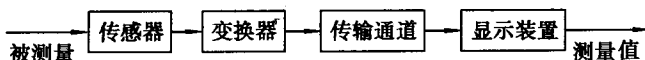


图 1.2 测量系统的组成框图

由于被测参数的不同,测量的原理不一样,测量精度要求也不同,因此测量系统的构成差别悬殊。如果脱离具体的物理系统,任一测量系统都是由有限个具有一定基本功能的测量环节组成的。所谓测量环节是指建立输入和输出物理量之间某种函数关系的一个基本部件。因此,整个测量系统实际上是若干个测量环节的组合,并可看成是由许多测量环节连接成的测量链。

一般测量系统由传感器、变换器或变送器、传输通道和显示装置 4 个基本环节组成。

1) 传感器

传感器又称敏感元件,它直接与被测对象直接发生联系,接收来自被测量(包括物理量、化学量、生物量等)的信号后,将这些信号按一定的规律转换成便于处理和传输的另外一种量的输出信号。传感器是实现测量的首要环节,其功能是将被测量以单值函数关系,稳定而准确地转换成另一种物理量,给后面环节的变换、比较、运算及显示、记录提供便捷,如温度传感器中的热电偶、热电阻等。

敏感元件能否精确、快速地产生与被测量相应的信号,对测量系统的测量质量有着决定性的影响。因此,理想的敏感元件应满足如下要求:

①敏感元件发出的信号与被测参数之间应该有稳定的单值函数关系,即一个确定的信号只能与该参数的一个值相对应。

②敏感元件应该只对被测量的变化敏感,而对其他一切可能的输入信号(包括环境和噪声信号)不敏感。例如,热电偶产生热电动势的大小只随温度而变化,其他参数(如压力等)的变化不应引起热电动势的变化。

③在测量过程中,敏感元件应该不干扰或尽量少干扰被测介质的状态。

实际上,一个完善的、理想的敏感元件是十分难寻的。首先,要找到一个选择性很好的敏感元件,这时只能限制无用信号在全部信号中所占的比例,并用试验的方法或理论计算的方法把它消除;其次,敏感元件总要从被测介质中取得能量,在绝大多数情况下,被测介质的状况或多或少因传感器的介入而受到干扰。一个好的敏感元件应该尽量减少这种干扰。

2) 变换器或变送器

它是位于传感器与显示装置中间的部分,可将传感器输出的信号变换成显示装置易于接受的信号。传感器输出的信号一般是某种物理变量,如位移、压差、电阻、电压等,在大多数情况下,它们在性质上、强弱程度上总是与显示装置所能接收的信号有所差异。测量系统为了实现某种预定的功能,必须通过变换器或变送器对传感器输出的信号进行变换,包括信号物理性质的变换和信号数值上的变换。

现代的自动指示、记录与调节仪表,除了可直接接受传感器信号外,有的仪表要求接受符合某种协议的标准信号。为此,需要将传感器转换来的信号变换为标准信号。工业生产的传感器和变送器的输出信号都符合标准,在自动检测与自动控制中应用广泛。