


全国高等院校建筑环境与设备工程专业统编教材

State-compiled Textbooks for Building Environment and Facilities Engineering Profession

Measuring Technique of Building Environment

建筑环境测试技术

主编 万金庆 主审 郁鸿凌

 清华大学出版社
www.hustpas.com



全国高等院校建筑环境与设备工程专业统编教材

建筑环境测试技术

Measuring Technique of Building Environment

丛书审定委员会

付祥钊 张旭 李永安 李安桂 李德英
沈恒根 陈振乾 周孝清 徐向荣

本书主审 郁鸿凌

本书主编 万金庆 杨晚生

本书编写委员会

万金庆 杨晚生 胡明江

华中科技大学出版社
中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

建筑环境测试技术/万金庆 主编.
—武汉:华中科技大学出版社,2009.8
ISBN 978-7-5609-5590-2

I. 建… II. 万… III. 建筑物—环境管理—测试技术—高等学校—教材
IV. TU856

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 131520 号

建筑环境测试技术

万金庆 主编

责任编辑:蒋玉霞
责任校对:彭娜

封面设计:张璐
责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉) 武昌喻家山 邮编:430074
销售电话:(022)60266190 60266199(兼传真)
网 址:www.hustpas.com

录 排:河北香泉技术开发有限公司
印 刷:河北昌黎第一印刷厂

开本:850 mm×1065 mm 1/16 印张:19.5 字数:404 千字
版次:2009年8月第1版 印次:2009年8月第1次印刷 定价:36.00元
ISBN 978-7-5609-5590-2/TU·681

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 提 要

本书系统地讲述了建筑环境与设备工程专业经常遇到的温度、湿度、压力、流量、液位、气体成分、环境噪声、照度、环境中放射性等参量的基本测量方法、测试仪表的原理及应用,同时介绍了测量的基本知识、测量误差和数据处理、智能仪表和测量方案的设计。

本书系统性强,内容适用,可作为建筑环境与设备工程专业本科教材,也可供从事相关专业的工程技术人员参考。

全国高等院校建筑环境与设备工程专业统编教材 丛书审定委员会

主任委员：

付祥钊 教授 建筑环境与设备工程专业指导委员会副主任委员

副主任委员：

李安桂 教授 建筑环境与设备工程专业指导委员会委员

委员：(按姓氏笔画排序)

付祥钊 教授 建筑环境与设备工程专业指导委员会副主任委员

张 旭 教授 建筑环境与设备工程专业指导委员会委员

李永安 教授 建筑环境与设备工程专业指导委员会委员

李安桂 教授 建筑环境与设备工程专业指导委员会委员

李德英 教授 建筑环境与设备工程专业指导委员会委员

沈恒根 教授 建筑环境与设备工程专业指导委员会委员

陈振乾 教授 建筑环境与设备工程专业指导委员会委员

周孝清 教授 建筑环境与设备工程专业指导委员会委员

徐向荣 教授 建筑环境与设备工程专业指导委员会委员

全国高等院校建筑环境与设备工程专业统编教材

总 序

地球上本没有建筑,人类创造了建筑;地球上本没有城市,人类构建了城市。建筑扩大了人类的生存地域,延长了人类的个体寿命;城市增强了人类的交流合作,加快了人类社会的发展。建筑和城市是人类最伟大的工程创造,彰显着人类文明进步的历史。建筑和城市的出现,将原来单纯一统的地球环境分割为三个不同的层次。第一层次为自然环境,其性状和变化由自然力量决定;第二层次为城市环境,其性状和变化由自然力量和人类行为共同决定;第三层次为建筑环境,其性状和变化由人为决定。自然力量恪守着自然的规律,人类行为充满着人类的欲望。工程师必须协调好二者之间的关系。

由于城市物质文化活动的高效益,人们越来越多地聚集于城市。发达国家的城市人口已达全国人口的70%左右;中国正在加快城市化进程,实际上的城市人口很快将超过50%。现代社会,人类大多数活动在建筑内开展。城市居民一生中约有90%的时间在建筑环境中度过。为了提高生产水平,保护生态环境,包括农业在内的现代生产过程也越来越多地从自然环境转移进建筑环境。建筑环境已成为现代人类社会生存发展的主要空间。

建筑环境必须与自然环境保持良好的空气、水、能源等生态循环,才能支撑人类的生存发展。但是,随着城市规模越来越大,几百万、上千万人口的城市不断形成,城市面积由几十平方公里扩展到几百平方公里、上千平方公里,一些庞大的城市正在积聚成群,笼罩一方,建筑环境已被城市环境包围,远离自然。建筑自身规模的膨胀更加猛烈,几十万、上百万平方米的单体建筑已不鲜见,内外空间网络关联异常复杂。目前建筑环境有两方面问题亟待解决:一方面,通过城市环境,建立和保持建筑环境与自然环境的良性生态循环是人类的一个难题;另一方面,建筑环境在为人类生存发展提供条件的同时,消耗了大量能源,能耗已占社会总能耗的1/3左右,在全球能源紧缺、地球温室效应日渐显著的严峻形势下,提高建筑能源利用效率是人类的又一个重大课题。

满足社会需求,解决上述课题,必须依靠工程。工程是人类改造物质世界活动的总称,建筑环境与设备工程是其中之一。工程的出发点是为了人类更好地生存发展。工程的基本问题是能否改变世界和怎样改变世界。工程以价值定向,以使用价值作为基本的评价标准。建筑环境与设备工程的根本任务是:遵循自然规律,调控建筑环境,满足当代人生活与生产的需求;同时节约能源,善待自然,维护后代生存发展的条件。

进行工程活动的基本社会角色是工程师。工程师需要通过专业教育奠定基础。建筑环境与设备工程专业人才培养的基本类型是建筑环境与设备工程师。工程创造自然界原本没有的事物,其本质特点是创造性的。工程过程包括策划、实施和使用三个阶段,其核心是创造或建造。策划、运筹、决策、操作、运行与管理等工程活动,离不开科学技术,更需要工程创造能力。从事工程活动与科学活动所需要的智能是不一样的。科学活动主要通过概念、理论和论证等实现从具体到一般的理论抽象,需要发现规律的智能;工程活动则更强调实践性,通过策划决策、计划实施、运行使用实现从一般到具体的实践综合,需要的是制定、执行标准规范的运作智能。这就决定了建筑环境与设备工程专业的人才培养模式和教学方法不同于培养科学家的理科专业,教材也不同于理科教材。

建筑环境与设备工程专业的前身——供热、供燃气及通风工程专业,源于前苏联(1928年创建于俄罗斯大学),我国创建于1952年。到1958年,仅有8所高校设立该本科专业。该专业创建之初没有教材。1963年,在当时的“建工部”领导下,成立了“全国高等学校供热、供燃气及通风专业教材编审委员会”,组织编审全国统编教材。“文革”后这套统编教材得到完善,在专业技术与体系构成上呈现出强烈的共性特征,满足了我国计划经济时代、专业大一统的教学需求。在我国供热、供燃气及通风空调工程界,现在的专业技术骨干绝大多数是学这套教材毕业的。该套教材的历史作用不可磨灭。

进入21世纪,建筑环境与设备工程专业教育出现了以下重大变化。

1. 20世纪末,人类社会发展和面临的能源环境形势,将建筑环境与设备工程这个原本鲜为人知的小小配套专业,推向了社会舞台的中心地带,建筑环境与设备工程专业的社会服务面空前扩大。

2. 新旧世纪之交,我国转入市场经济体制,毕业生由统一分配转为自谋职业,就业类型越来越多样化。地区和行业的需求差异增大,用人单位对毕业生的知识能力与素质要求各不相同。该专业教育的社会需求特征发生了本质性的改变。

3. 该专业的科学基础不断加深和拓展,技术日益丰富和多样,工程活动的内涵和形式发生了显著变化。

4. 强烈的社会需求,使该专业显示出良好的发展前景,广阔的就业领域,刺激了该专业教育的快速扩展。目前全国已有150多所高校设立该本科专业,每年招生人数已达1万以上,而且还在继续增加。这1万多名入学新生,分属“985”“211”和一般本科院校等多个层次的学校,在认知特性、学习方法、读书习惯上都有较大差异。

在这样的背景下,对于该工程专业教育而言,特色比统一更重要。各校都在努力办出自己的特色,培养学生的个性,以满足不同的社会需求。学校的特色不同,自然对教材有不同的要求。若不是为了应试,即使同一学校的学生,也会选择不同的教材。多样性的人才培养,呼唤多样性的教材。时代已经变化,全国继续使用同一套统编教材,已经不适宜了,该专业教材建设必须创新、必须开拓。结合1998年的专

业调整并总结跨世纪的教育教学改革成果,高校建筑环境与设备工程专业教学指导委员会组织编写了一套推荐教材,由中国建筑工业出版社出版;同时,重庆大学出版社组织编写了一套系列教材;随后机械工业出版社等也先后组织成套编写该专业教材。

在国家“十五”“十一五”教材建设规划的推动下,各出版社出版教材的理念开放,境界明显提升。华中科技大学出版社在市场调研的基础上,组织编写的这套针对二、三类本科院校的系列教材,力求突出实用性、适用性和前沿性。教材竞争力的核心是质量与特色,教材竞争的结果必然是优胜劣汰,这对广大师生而言,是件大好事。希望该专业的教材建设由此呈现和保持百家争鸣的局面。

教材不是给教师作讲稿的,而是给学生学习的,企望编写者能面向学生编写教材,深入研究学生的认知特点。我们的学生从小就开始学科学,现在才开始学工程,其学习和思维的方式适应理科,而把握工程的内在联系和外部制约,建立工程概念则较为困难。在学习该专业时,往往形成专业内容不系统、欠理论、具体技术和工程方法只能死记硬背的印象。编写该专业教材,在完善教材自身的知识体系的同时,更要引导学生转换这种思维方法,学会综合应用;掌握工程原理,考虑全局。对现代工程教学的深入思考,对该专业教学体系的整体把握,丰富的教学经验和工程实践经验,是实现这一目标的基本条件。这样编写出来的教材一定会有特色,必将受到学生的欢迎。期盼华中科技大学出版社组织编写的这套教材,能使学生们说,“这是让我茅塞顿开的教材!”

借此机会,谨向教材的编审和编辑们表示敬意。

付祥钊

2009.6.30 于重大园

前 言

建筑环境测试技术是面向建筑环境与设备工程专业本科生开设的一门技术基础课。

本书按照建筑环境与设备工程专业的教学要求,讲述了温度、湿度、压力、流量、液位、气体成分、环境噪声、照度、环境中放射性等参量的基本测量方法、测试仪表的原理及应用,为学生将来从事设计、安装、运行管理及科学研究打下坚实的基础。

本书在编写中参考了大量相关教材、专业书籍和期刊资料,注意融入现代新技术成果和应用经验,力求扩大本书向读者提供的信息量,强调基础性与适用性。

本书可作为高等工科院校建筑环境与设备工程专业的本科教材,也可供函授、夜大同类专业使用。

本书第1、2、3、4、5章由上海海洋大学万金庆编写,第8、9、13、14章由广东工业大学杨晚生编写,第6、7、10、11、12章由河南城建学院胡明江编写。全书由万金庆统稿,上海理工大学郁鸿凌主审。

由于时间仓促、编者水平有限,错误和不妥之处在所难免,敬请读者不吝指教。

编者

2009年5月

目 录

第 1 章 测量的基本知识	(1)
1.1 测量的基本概念	(1)
1.2 测量仪表	(6)
1.3 计量的基本概念	(9)
第 2 章 测量误差和数据处理	(14)
2.1 测量误差	(14)
2.2 随机误差分析	(16)
2.3 系统误差分析	(22)
2.4 误差的合成	(24)
2.5 间接测量误差分析	(26)
2.6 测量数据的处理	(29)
第 3 章 温度测量	(34)
3.1 概述	(34)
3.2 膨胀式温度计	(37)
3.3 热电偶测温技术	(39)
3.4 热电阻测温技术	(49)
3.5 非接触测温	(56)
3.6 温度测量仪表的应用和校验	(64)
第 4 章 湿度测量	(67)
4.1 概述	(67)
4.2 干湿球与露点湿度计	(69)
4.3 氯化锂电湿度计	(73)
4.4 金属氧化物陶瓷湿度传感器	(78)
4.5 金属氧化物膜湿度传感器	(79)
4.6 电容式湿度传感器	(80)
第 5 章 压力测量	(82)
5.1 概述	(82)
5.2 液柱式压力计	(84)
5.3 弹性式压力计	(87)
5.4 电气式压力检测	(90)
5.5 压力检测仪表的选择与安装	(99)
第 6 章 辐射测量	(103)
6.1 黑球温度	(103)
6.2 辐射度量	(109)
第 7 章 物位检测	(120)
7.1 物位检测的主要方法	(120)
7.2 静压式物位检测	(121)
7.3 浮力式物位检测	(127)
7.4 电气式物位检测	(130)

7.5	声学式物位检测	(133)
7.6	射线式物位检测	(136)
第 8 章	流速及流量测量	(140)
8.1	机械法测量流速	(140)
8.2	散热率法测量流速	(141)
8.3	动力测压法测量流速	(144)
8.4	流速测量仪表的标定	(149)
8.5	流量的测量	(152)
8.6	差压式流量测量方法及设备	(153)
8.7	转子流量计	(162)
8.8	叶轮式流量计	(164)
8.9	容积式流量计	(167)
第 9 章	热量测量	(171)
9.1	热流密度的测量	(171)
9.2	热量的测量	(184)
第 10 章	气体成分分析	(188)
10.1	一氧化碳和二氧化碳测量仪表	(188)
10.2	二氧化硫测量仪表	(194)
10.3	氮氧化物测量仪表	(199)
10.4	氧量测量仪表	(203)
10.5	气体成分分析仪器的校准设备	(209)
第 11 章	其他参数的测量	(215)
11.1	环境噪声测量	(215)
11.2	照度测量	(222)
11.3	环境放射性测量	(228)
11.4	水中含盐量测量	(234)
11.5	水中含氧量测量	(235)
第 12 章	电动显示仪表	(238)
12.1	显示仪表的构成及基本原理	(238)
12.2	模拟式显示仪表	(242)
12.3	数字式显示仪表	(248)
第 13 章	智能仪表	(255)
13.1	智能仪表简介	(255)
13.2	智能仪表的结构	(256)
13.3	智能仪表的典型功能	(258)
13.4	分布式自动测量系统	(261)
第 14 章	测量方案的设计	(266)
14.1	通风空调系统风量测量方案设计	(266)
14.2	建筑物耗热量测量方案设计	(272)
14.3	建筑节能现场检测测试方案设计	(275)
附录	(280)
参考文献	(300)

第 1 章 测量的基本知识

测量是人类对自然界的客观事物取得数量观念的一种认识过程。在所有的自然科学和工程技术领域中所进行的一切研究活动,无非是探求客观事物物质与量的变化关系,而在研究这种质与量的变化关系过程中都离不开测量。测量技术推动科学的新发现并使之应用于技术实践中。测量技术是研究有关测量方法和测量工具的科学技术,根据测量对象的差异可将其分成若干方面,如力学测量、电学测量、热工测量等。

1.1 测量的基本概念

1.1.1 测量

1) 测量概念

测量就是以确定量值为目的的一组操作,也就是说,测量就是利用各种测量工具,通过实验的方法将被测量与同类标准量,即测量单位,进行直接或间接的比较,从而确定被测量与标准量之间的比值的过成。

被测量就是所要检测的物理量,也可称作被测参数,如压力、温度、湿度、流量、转速、气体流速、液位等。根据适当定义而规定的数值为 1 的物理量称之为单位,被测量由测量值和测量单位组成

$$m = xn \quad (1-1)$$

式中 m ——被测量;

n ——标准量(测量单位);

x ——测量值,被测量与单位量的数字比值。

被测量又可分为静态参数和动态参数。如稳态流体的速度、压力、温度等这些被测的物理量在整个测量过程中,其数值大小不随时间的变化而变化,这些量称之为静态参数。当然严格地说,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而已,因而在进行测量的时间间隔内由于其数值大小变化甚微而可以忽略不计。

又如非稳态流体的速度、压力、温度等,这些量在测量过程中随着时间的变化而变化,其数值不断发生改变,这些量称之为动态参数。这些参数随时间变化的函数可以是周期函数、随机函数等。

要知道被测量的大小,就要用相应的测量仪表来检测它的数值,而仪表的测量

过程就是把被测量的信号,以能量的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,称之为测量过程。测量过程也就是能量转化和传递的过程。例如,弹簧管压力计对压力的测量过程为:被测压力作用在弹簧管上使其发生角变形,再通过杠杆传动机构的传递和放大,以及齿轮机构的传动,角变形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进行比较而显示出被测压力的数值。

2) 测量方法

测量方法是实现被测量和标准量比较的方法。根据获得测量结果的方式不同,测量方法可分为直接测量法、间接测量法和组合测量法。

(1) 直接测量法

将被测量直接与选用的标准量进行比较,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。直接测量法又分为直读法和比较法。

① 直读法:被测量可以从测量仪表上直接读得测量结果。例如:用水银温度计测量介质温度、用压力表测量容器内介质压力等,都属于直读法。这种方法的优点是使用方便,但精度一般较差。

② 比较法:这种测量方法一般不能从测量仪表直接读得测量结果,往往要使用标准量具,因此测量比较麻烦,但测量仪表本身的误差及其他某些误差则往往在测量过程中被抵消,所以测量精度一般高于直读法。根据不同的比较方法又可分为以下三种。

a. 零示法又称零值法。在测量时,使被测量的作用与已知量的作用相抵消,以致总的效应减到零。这样就可以肯定被测量等于已知量,例如利用电位差计来测量热电偶在测温时产生的热电势大小。

b. 差值法。使用适当的手段测量出被测量 X 与已知量 a 的差值 $(X-a)$,则有

$$X = (X-a) + a$$

这种方法称为差值法。例如用热电偶温度计测量温度 t 时,从仪表上得到的是被测温度 t 与热电偶冷端温度 t_0 之差。

c. 代替法。在被测量无法直接测量的条件下,可选择—个可测的、能产生相同效应的已知量代替它,这种方法称为代替法。例如,用光学高温计测量钢水的温度。

(2) 间接测量法

通过直接测量与被测量有某种确定函数关系(可以是公式、曲线、表格)的其他各个变量,然后将所测得的数值代入函数关系进行计算(查图、查表),从而求得被测量数值的方法,称为间接测量法。例如,用差压式流量计测量标准节流件两侧的压差,进而求得被测对象的流量。

在间接测量中,未知量 Y 可以表示成

$$Y = f(X_1, X_2, \dots)$$

式中 X_1, X_2, \dots 是用直接测量法得到的变量值。

(3) 组合测量法

在测量两个或两个以上相关的未知量时,通过改变测量条件使各个未知量以不同的组合形式出现,根据直接测量或间接测量所获得的数据,通过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法。例如,用铂电阻温度计测量介质温度时,其电阻值 R 在 $0 \sim 850$ °C 时与温度 t 的关系是

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

式中 R_t, R_0 ——温度分别为 t °C 和 0 °C 时铂电阻的电阻值, Ω ;

A, B ——常数。

为了确定常数 A 和 B ,首先需要测得铂电阻在不同温度下的电阻值 R_t ,然后再建立联立方程求解,从而得到 A, B 的数值。

组合测量的操作手续很复杂,花费时间很长,是一种特殊的精密测量方法。它多适用于科学实验或特殊场合。如建立测压管的方向特性、总压特性和速度特性曲线的经验关系式等。

在实际测量工作中,一定要从测量任务的具体情况出发,经过具体分析后,再确定选用哪种测量方法。

3) 测量的精密度、准确度、精确度

测量必然会存在误差。通常用精密度、准确度和精确度来衡量测量结果和真值接近的程度。

(1) 精密度

对同一被测量在相同的条件下进行多次测量,所得的测定值重复一致的程度,或者说测定值分布的密集程度,称为测量的精密度。精密度反映的是随机误差的影响,随机误差越小,精密度就越高。

(2) 准确度

对同一被测量进行多次测量,测定值偏离被测量真值的程度称为测量的准确度。准确度是反映系统误差的影响程度,系统误差越小,准确度越高。

(3) 精确度

精确度是精密度和准确度的综合反映,是测量结果的一致性与真值的接近程度,又称精度。测量的精确度是反映测量好坏的重要指标之一。从测量误差的角度来说,精确度是测得值的随机误差和系统误差的综合反映。

在一个具体的测量中,精密度、准确度和精确度三者之间既有联系又有区别。对于一个测量,精密度高的准确度未必高,而准确度高的精密度也不一定高,只有精确度高的,精密度和准确度都高。

图 1-1 是以射手打靶的例子来解释精密度、准确度和精确度及它们三者之间的关系。

假设图中的圆心 \bigcirc 为被测量的“真值”,黑点为其测得值,则

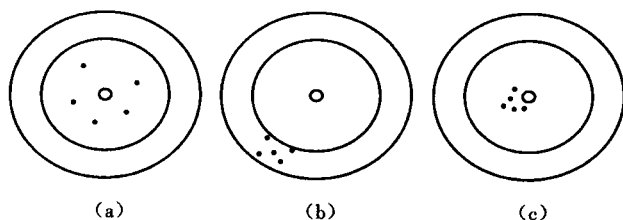


图 1-1 精密度、准确度和精确度含义示意图

图 1-1(a): 准确度较高、精密度较差。

图 1-1(b): 精密度较高、准确度较差。

图 1-1(c): 精确度很高, 即精密度和准确度都较高。

1.1.2 测量系统的组成

在测量过程中, 为了完成某个或某几个参数的测量所用的一切量具、仪器仪表和各种辅助设备的统称即为测量系统。根据测量系统的工作原理、测量的精确度的要求、信息传递与处理、显示方式及功能等的不同, 其结构也会有很大的差异。例如, 测量水的流量, 常用标准孔板获得与流量有关的压差信号, 然后将压差信号传入压差流量变送器, 经过转换、运算, 变成电信号, 再通过联接导线将电信号传送到显示仪表, 显示出被测流量值。这就是一个较为复杂的测量系统, 它需要一套较为昂贵、高度自动化的设备, 那么仅需一只测量仪表的系统就被认为是简单的测量系统。

任何一个测量系统都可以由有限个具有一定基本功能的环节组成, 它可以看成是由许多测量环节组成的测量链。组成测量系统的基本环节有: 传感器、变换器、传送元件(或传输通道)和显示装置。

1) 传感器

传感器是能感受规定的被测量并按照一定的规律转换成可用信号的器件或装置, 通常由敏感元件和转换元件组成。它是一种检测装置, 能感受到被测量的信息, 并能将检测感受到的信息, 按一定规律变换成为电信号或其他所需形式的输出, 满足信息的传输、存储、显示、记录和控制要求。

敏感元件是传感器直接感受被测量变化的部分, 转换部分是将敏感元件的输出转换为便于传输和后续环节处理的电信号。水银温度计的感温泡, 能感受被测介质的温度变化, 并按温度高低发出与之相应的水银柱位移信号, 这就是水银温度计感受元件的作用。

一个理想的传感器要满足以下要求。

- ① 传感器的输入和输出之间应该有稳定和线性的单值函数关系。
- ② 传感器的输出应该只对被测量的变化敏感, 且灵敏度高, 而对其他一切可能的输入信号不敏感, 包括噪音信号。如被测量是压力, 感受元件就只能在压力变化的情况下发出信号, 当其他量变化时传感器不发出任何信号。

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。

事实上,传感器很难同时满足以上所有要求,只能限制无用信号的量级,通过理论与实验的方法将其消除。

2) 变换器

变换器是将传感器传出的微弱的信号经过处理、加工转换成显示元件易于接受的信号。传感器输出的信号一般都是某种物理变量,如压差、电压、电阻、位移等。大多数情况下,它们在性质和强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,必须通过变换器对传感器输出的信号(包括信号物理性质的变换和数值上的变换)进行变换。

对于变换器的要求,不仅需要性能上的稳定、精确度高,而且要求信号的损失率最小。变换器的放大形式一般有两种:一类是将感受的信号利用机械式的机构,如杠杆、齿轮等放大,弹簧管压力表测压时,压力信号使弹簧管发生角变形,这个角的变形量很小,需要用拉杆和齿轮机构加以放大;另一类是将感受的信号利用电子电路加以放大。

目前测量领域中,主要的变换器有热电偶、电流互感器、电动/气动变换器、计量电桥等。计量电桥的应用极为广泛,其主要功能是将来自传感器的电阻、电容、电感等量的变化,变换成电流或电压的变化。

3) 传送元件

如果测量系统各环节是分离的,那么就需要把信号从一个环节送到另一个环节。实现这种功能的元件称为传送元件,其作用是建立各测量环节输入、输出信号之间的联系。传送元件可以较为简单,但有时也可能较为复杂。导线、导管、光导纤维、无线电通信,都可以作为传送元件的一种形式。

传送元件一般较为简单,容易被忽视。实际上,由于传送元件选择不当或安排不周,往往会造成信息能量损失、信号波形失真、引入干扰,致使测量精度下降。例如导压管过细过长,容易使信号传递受阻,产生传输迟延,影响动态压力测量精度;导线的阻抗失配,将导致电压、电流信号的畸形。

4) 显示装置

显示装置是直接和测量人员发生联系的部分。如果被测量信号需要通知观测者,那这种信号必须变成能够让人们的感官识别的形式。显示装置就是实现这种翻译功能的环节。它的作用是根据传递元件传来的信号向观测人员显示被测量在数值上的大小和变化。

根据显示方式的不同,显示装置主要有以下三种基本形式。

(1) 模拟式显示元件

它是以指示器与标尺的相对位置来连续指示被测参数的值,其结构简单,价格低廉,但容易产生视差。例如,U形管是以液面高低来显示压力大小的。

(2) 数字式显示元件

它是直接以数字的形式给出被测参数的数值和单位,不会产生视差。数字频率

计和数字电压表是最典型的数字式仪表。

(3) 屏幕显示元件

它既可以按模拟方式给出指示器与标尺的相对位置,参数变化的曲线,也可直接以数字形式给出被测参数的值,或者二者同时显示。它具有形象性和显示大量数据的优点,便于比较判断。

1.2 测量仪表

1.2.1 仪表的分类

测量仪表有模拟式和数字式两大类。模拟式测量仪表是对连续变化的被测物理量(模拟量)直接进行连续测量、显示或记录的仪表,如玻璃水银温度计。其存在测量速度不够快、不利于信息处理和易受干扰影响等局限性。数字式测量仪表是将被测的模拟量首先转换成数字量再对数字量进行测量的仪表。它将被测的连续物理量通过各种传感器和变送器转换成直流电压或频率信号后,再进行量化处理变成数字量,然后再进行对数字量的处理(编码、传输、显示、存储及打印)。相对于模拟式测量仪表,数字式测量仪表具有测量精度高、测量速度快、读数客观、易于实现自动化测量及与计算机连接等优点,具有广泛的应用领域和发展前景。

1.2.2 测量仪表的主要性能指标

测量仪表的性能在很大程度上决定着测量结果的质量。为了尽可能获得有价值的测量结果,就需要深入了解测量仪表的主要性能和指标来正确选择和使用仪表。

1) 量程

仪表的量程是指仪表所能测量的最大输入量和最小输入量之间的范围,也称为测量范围。

选用仪表时,首先要对被测量有一个大致的估计,务必使被测量的值都落在仪表的量程之内,否则,当被测量的值超过仪表的量程时,则会导致仪表的损坏,或者不能测量到被测量的真实结果。

2) 仪表精度(准确度)

仪表的精度表征的是测量结果与被测量的真值相符合的程度。它是衡量仪表基本误差大小的标准,一个仪表制成后,只要使用条件和操作均符合说明书规定的技术要求,那么在测量中造成的仪表误差是固定不变的。仪表的精度常用满量程时仪表所允许的最大相对误差的百分数来表示,即

$$\delta = \frac{\Delta_{\max}}{A_0} \times 100\% \quad (1-3)$$

式中 δ ——仪表的精度;