

工 程 检 测 技 术

上 册

陈 守 仁 主 编

中央广播电视大学出版社

内 容 简 介

本书专门论述工程检测的基本理论和测量方法。

全书共三篇十一章,分上、下两册出版。上册为第一、第二两篇,共六章。第一篇(第一至第三章)主要论述工程检测的基本概念和理论基础,第二篇(第四至第六章)主要论述基本电量的检测方法。下册为第三篇(第七至第十一章),主要论述非电量的工程检测方法。

上册第一至第三章,着重论述测量的基本知识、测量方法和测量精度;第四至第六章主要论述基本电量的检测方法,包括直流电的测量、交流电的测量、电信号的数字和屏幕显示等。

全书概念清晰,论述严谨并深入浅出。书中介绍了计算机图形显示等先进测量手段及各种先进测量仪器,通过实例,详细讲述了这些仪器的原理和使用方法,便于阅读、掌握和运用。

本书被指定为中央广播电视大学电气工程类专业教材,也可作为高等工科院校有关专业的教学参考书。同时,可供从事自动检测工作的技术人员阅读。

工程检测技术

上 册

陈 守 仁 主编

*

中央广播电视大学出版社出版

人民教育出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1984年3月第1版 开本: 787×1092 1/16

1984年7月第1次印刷 印张: 16 1/4

印数: 0001—42,000 字数: 416千字

统一书号: 13300·18

定价: 1.60 元

工 程 检 测 技 术

下 册

陈 守 仁 主 编

中央广播电视大学出版社

前 言

本书是为中央广播电视大学电气工程类专业编写的专业基础课教材。为了适应专业基础教学的要求以及适于广播电视大学教学特点的需要,中央广播电视大学于一九八二年五月在北京召开了《工程检测技术》教材编写大纲审定会。参加会议的有中国仪器仪表学会过程检测控制仪表学会高等学校学组、机械工业部教材编辑室及上海广播电视大学等单位的有关同志。本书即根据该次会议审定的大纲编写而成的。

书中内容包括:工程检测的基本概念及理论基础、基本电量的检测方法、非电量的工程检测方法等三部分。在第一部分中除简要介绍了有关测量的基本知识外,重点讲述了测量结果的误差及自动检测仪表的误差分析;在第二部分中,介绍了基本电量:直流电量、交流电量的测量,其中,除介绍了一些参数的测量方法外,还重点介绍了工程上经常使用的显示仪表,例如:动圈式仪表、电子电位差计、自动平衡电桥及数字、图象显示装置等;第三部分为本课程的重点内容,即非电量的工程检测方法,其中包括:温度、压力、流量、物位、机械量测量等部分。在测量方法方面,除包括上述参数的电测方法外,还根据工程检测的实际介绍了一些常用的非电量的非电测方法。

本书对各基本内容的讲述,从分析参数特点入手,以讲述各种测量方案特点、正确使用为主,并兼顾设计,具有较广的专业适用性。

在讲述各种参数检测时,考虑到读者已学完电子学课程,故一般只着重论述被测参量转换成便于测量的电量的有关内容,读者即可直接选用有关电量测量的显示装置。所以书中不包括对电子线路的分析及设计,必要时只提出了对线路设计的某些要求。

在内容的讲解上,着眼于物理概念的讲述,并注意联系生产实际,力求做到由浅入深,便于读者理解、掌握和运用;除考虑到教材的适用性外,还适当地收入了一些新的内容,因此,本书既可以作为广播电视大学电气工程类专业教材,也可以供大专院校有关自动化仪表专业学生及工程技术人员参考。

本书由哈尔滨工业大学陈守仁副教授主编,重庆大学朱麟章副教授主审。第一、二、三章由吴训一副教授编写,第四、五两章由冯思同志编写,第六章由李碧娟同志编写,第九章由陈宏鑫同志编写,陈守仁同志编写了第七、八、十、十一各章,并对全稿进行了整理和统一。

在审定本书编写大纲以及在编写过程中得到机械工业部教材编辑室周斌同志、清华大学王家桢同志、华东石油学院范玉久同志、华中工学院黄日怀同志、北京工业大学张俊谟同志、北京邮电学院陈克文同志、上海机械学院黄海滨同志、中央广播电视大学电工教研组等的热情帮助、上海广播电视大学张人伟同志抽出了很多时间对初稿进行了审阅,并提出了许多宝贵意见,在此一

并表示感谢。

由于我们水平有限，加之时间短促，所以在本书内容和体系上一定还会存在一些缺点和不足，希望读者指正。

编 者

一九八四年三月

目 录

第一篇 工程检测的基本概念及理论基础

第一章 概述	1
§ 1-1 测量与科学	1
§ 1-2 测量与生产	2
§ 1-3 测试技术的发展概况	3
一、测量对象的扩展	3
二、新技术的应用	4
三、测量仪表性能的提高	4
第二章 测量的基本知识	5
§ 2-1 测量的概念和定义	5
一、测量的概念	5
二、测量的定义	5
§ 2-2 测量方法	7
一、直接测量和间接测量	7
二、偏差法、零位法和微差法	7
§ 2-3 测量仪表的基本功能和基本性能	9
一、基本功能	9
二、基本性能(静态性能、动态性能、可靠性、经济性)	10
§ 2-4 工程测试仪表的选用	20
一、仪表应用类型	20
二、工程测试仪表的选用	21
§ 2-5 测量的基准、标准及单位制(SI制)	22
一、基准和标准	23
二、单位和单位制	24
第三章 测量精度论	29
§ 3-1 测量误差及其分类	29
一、测量误差	29
二、误差的分类	31
§ 3-2 随机误差	35
一、随机误差的特点	35
二、正态分布	35
三、随机误差的评价指标	36
四、测量结果的置信度	39
§ 3-3 系统误差	40
一、处理系统误差的特点	40

二、发现系统误差的方法	40
§ 3-4 误差的处理	42
一、误差的总合	42
二、误差的分配	47
三、测量结果的数据整理	49
§ 3-5 自动检测仪表的误差分析	51
§ 3-6 动态特性和动态误差	54
一、动态特性及其实验求取法	54
二、动态误差及其校正	70
§ 3-7 提高测量仪表精确度的方法	77
一、从测量仪表的基本功能出发	77
二、从仪表智能化出发	82
三、从减小系统误差和随机误差出发	82

第二篇 基本电量的检测方法

第四章 直流电量的测量	86
§ 4-1 电流、电压及电阻的测量	86
一、磁电系仪表的结构及工作原理	86
二、磁电系仪表的测量线路	91
三、动圈式仪表	95
§ 4-2 比较测量法测量电压、电阻	100
一、直流电位差计	100
二、直流电桥	107
三、自动电子电位差计	108
四、自动平衡电桥	122
第五章 交流电量的测量	127
§ 5-1 正弦波信号的测量	127
一、电磁系交流电流、电压、指示仪表	127
二、电动系仪表	131
三、静电系仪表	135
四、热电系仪表	138
§ 5-2 非正弦周期信号的测量	143
一、非正弦周期信号	143
二、周期性非正弦电流与电压的平均值的测量	145
三、周期性非正弦信号峰值的测量	146
四、周期性非正弦电流或电压有效值的测量	148
§ 5-3 功率及电能的测量	151
一、电动系功率表	151
二、静电系瓦特表	155

三、热电系瓦特表·····	159
四、感应系电度表·····	161
§ 5-4 相位和频率的测量·····	166
一、电动系相位表·····	166
二、示波器测量相位·····	167
三、电动系频率表·····	169
四、整流系频率表·····	171
五、用示波器测量频率·····	173
§ 5-5 交流电位差计及交流电桥·····	174
一、交流标准量具·····	174
二、交流电位差计·····	177
三、阻抗分压式交流电桥·····	180
四、变压器式交流电桥·····	193
第六章 电信号的数字和屏幕显示·····	200
§ 6-1 数字/模拟(D/A)转换·····	200
一、并行D/A转换·····	201
二、串行D/A转换·····	205
§ 6-2 模拟/数字(A/D)转换·····	206
一、间接转换法·····	207
二、直接转换法·····	209
§ 6-3 自动检测中的数字仪表·····	210
一、数字式电压表·····	211
二、通用数字巡回检测装置·····	215
三、数字仪表的主要技术指标·····	223
§ 6-4 计算机字符、图形显示·····	224
一、计算机显示系统全貌·····	224
二、计算机字符、图形显示的主要技术指标·····	225
三、CRT显示器件·····	226
四、偏转部件和Z轴部件·····	232
五、字符产生器·····	237
六、线产生器(矢量产生器)·····	245
七、显示处理部件·····	251

目 录

第三篇 非电量的工程检测方法

第七章 温度测量	253
§ 7-1 温度的概念及温标	253
一、温度的概念	253
二、经验温标	253
三、热力学温标	254
四、绝对气体温标	255
五、国际实用温标	256
六、温度标准的传递	262
§ 7-2 温度测量方法及测温仪器的分类	262
一、接触式测温仪表	262
二、非接触式测温仪表	263
§ 7-3 膨胀式温度计和压力式温度计	263
一、膨胀式温度计	263
二、压力式温度计	266
§ 7-4 热电偶温度计	267
一、概述	267
二、热电偶的基本原理	267
三、热电偶基本定律	269
四、热电极的材料及常用热电偶	270
五、热电偶的结构	276
六、热电偶的冷端处理	280
七、延伸导线的应用	283
八、热电偶测温的误差	284
§ 7-5 电阻温度计	286
一、概述	286
二、热电阻的材料及常用热电阻	287
三、热电阻的结构	290
四、半导体热敏电阻	293
五、电阻温度计的测温误差	295
§ 7-6 接触法测温误差的分析	298
一、沿测温元件导热引起的误差	298
二、测温元件热辐射引起的误差	298
三、其他误差	299

§ 7-7 辐射测温法	300
一、理论基础	300
二、全辐射温度计	302
三、部分辐射温度计	305
四、亮度温度计	306
五、颜色温度计	312
六、真实温度的测量	314
第八章 压力测量	316
§ 8-1 概述	316
一、压力的概念	316
二、压力的测量单位	316
三、测量压力仪表的分类	318
四、压力标准的传递	321
§ 8-2 液柱式压力计	321
§ 8-3 活塞式压力计	323
一、活塞压力计的作用原理	324
二、活塞压力计的基本参数	325
三、活塞压力计的修正	328
§ 8-4 机械弹性式压力计	329
一、弹簧管式压力计	329
二、其他机械弹性式压力计	333
§ 8-5 霍尔式压力计	334
一、工作原理	334
二、霍尔式压力计的结构和作用原理	335
三、霍尔式压力计的误差及其补偿	336
§ 8-6 应变式压力计	340
一、应变电阻的原理	340
二、应变电阻片的型式	341
三、半导体应变电阻	343
四、应变式压力传感器的结构	345
五、有关应变式压力传感器的设计和工艺问题	349
六、应变式压力计的测量线路	353
§ 8-7 振弦式压力计	354
一、作用原理	354
二、频率测量方案	356
三、振弦式压力传感器的结构	357
§ 8-8 压电式压力计	360
一、压电效应与压电材料	360
二、压电式压力传感器的结构	364
三、压电式压力传感器的测量电路	366

§ 8-9 真空测量	369
一、概述	369
二、压缩式真空计	370
三、热导式真空计	371
四、电离式真空计	372
§ 8-10 压力计的标定	374
一、静态标定	374
二、动态标定	377
第九章 流量测量	379
§ 9-1 概述	379
一、容积式计量表	380
二、节流式流量计	380
三、流体阻力式流量计	380
四、速度式流量计	381
五、流体振动式流量计	386
六、其他形式的流量计	387
§ 9-2 总量测量及计量表	387
一、椭圆齿轮流量计	388
二、腰形轮流量计	388
三、刮板流量计	389
§ 9-3 节流式流量计	390
一、节流装置的工作原理及流量方程	390
二、实用流量公式	393
三、标准节流装置	395
四、节流装置的取压方式	400
五、标准节流装置有关系数的确定	403
六、差压的测量	416
七、标准节流装置的安装要求	420
八、差压式流量计的使用	422
§ 9-4 变面积式流量计	423
一、变面积式流量计的特点	423
二、转子流量计的工作原理	424
三、转子流量计的刻度换算	425
四、转子流量计的设计	426
五、转子流量计的安装和使用	427
§ 9-5 靶式流量计	428
一、工作原理	428
二、靶式流量计的流量系数 α	430
三、靶式流量计的计算	432
四、靶式流量计的结构及安装	434
§ 9-6 测速式流量计	435

一、电磁流量计	435
二、涡轮流量计	441
三、其他几种速度式流量计	446
§ 9-7 流体振动式流量计	447
一、卡门涡街式旋涡流量计	447
二、旋进式旋涡流量计	449
§ 9-8 质量流量的测量	450
一、直接式质量流量计——涡轮转矩式质量流量计	451
二、推导式质量流量计	452
三、温度、压力补偿式质量流量计	453
§ 9-9 流量标准传递及其装置	455
一、流体流量的检定装置	455
二、气体流量的检定装置	460
第十章 物位测量	464
§ 10-1 物位测量的概念及分类	464
§ 10-2 直读式液位计	465
§ 10-3 浮力式液位计	466
§ 10-4 浮筒式液位计	468
§ 10-5 差压式液位计	469
一、压力式液位计	469
二、差压式液位计	470
§ 10-6 电容式物位计	471
一、原理和特性	471
二、测量电路	475
§ 10-7 超声波液位计	477
一、基本原理及方案	477
二、声速校正	479
三、回波时间测量	481
§ 10-8 放射性物位计	483
一、核辐射的基本特性	483
二、检测器(气体计数管、闪烁计数管)	484
三、放射性液位计的测试方案	485
第十一章 机械量测量	489
§ 11-1 概述	489
§ 11-2 长度测量	489
一、长度单位和基准	489
二、用光干涉法测量长度	490
三、电感测微仪	492
§ 11-3 位移测量	494
一、位移测量仪表的分类	494

二、感应同步器	496
三、计量光栅(莫尔条纹、光栅结构、光学系统、分度值的细分)	502
§ 11-4 厚度测量	507
一、接触测厚仪	507
二、涡流式测厚仪	508
三、微波测厚仪	511
四、射线式测厚仪	511
§ 11-5 力的测量	514
一、力测量方法的分类及特点	514
二、应变式测力计	516
三、压磁式测力计	520
§ 11-6 转矩测量	521
一、扭应力转矩测量仪(应变式、磁致伸缩式)	521
二、扭转角式转矩测量仪(振弦式、光电式、相位差式)	523
§ 11-7 转速测量	524
一、离心式转速表	525
二、磁性转速表	525
三、测速发电机	526
四、感应脉冲式转速表	526
五、闪光测速仪	526
六、光电转速表	527
§ 11-8 振动测量	528
一、理论基础	528
二、加速度传感器	531
三、速度传感器	533
四、位移传感器	534
附录 1 铂铑 ₁₀ -铂热电偶分度表	535
附录 2 镍铬-镍硅(镍铝)热电偶分度表	538
附录 3 镍铬-考铜热电偶分度表	541
附录 4 铂铑 ₃₀ -铂铑 ₆ 热电偶分度表	543
附录 5 铂热电阻分度表($R_0=46\Omega$)	547
附录 6 铂热电阻分度表($R_0=100\Omega$)	549
附录 7 铜热电阻分度表($R_0=50\Omega$)	551
附录 8 铜热电阻分度表($R_0=100\Omega$)	552

第一篇 工程检测的基本概念及理论基础

第一章 概 述

§1-1 测量与科学

科学技术对人类各方面的意义是毋需赘述的。

牛顿开创的早期自然科学工作的方法可归结为：“观察、实验、理论”。可见，人们是通过观测、试验的结果和已经掌握的规律，进行概括、推理，再对所研究的事物取得定量的概念和发现它的规律性，然后上升到理论。因此，测量技术的水平在相当程度上影响着科学技术的发展速度和深度。科学技术上有一些突破是以测试技术的突破为基础的。

这种例子在科学发展史上是不胜枚举的。

人眼只能看清大小为 $0.1\sim 0.2$ 毫米的东西，这就大大限制了人类对自然界中微观世界的认识。十六世纪出现了光学显微镜，它的分辨本领可达 2000 埃（1 埃等于 10^{-7} 毫米），相应的放大率约为 1500 倍，这就大大扩展了人的眼力。在它的帮助下，人类发现了构成生物基础的细胞（大小约为 $10\sim 100$ 微米），使人类对生物界的认识有了一个极大的飞跃，为人们探索生物界的奥秘开辟了道路，这一发现，对推动生物学各方面的研究作出了重要贡献，被恩格斯誉为十九世纪三大发现之一。二十世纪三十年代出现了电子显微镜，它的分辨本领高达 $2\sim 3$ 埃，又比光学显微镜提高了约三个数量级，这种新的强有力的观测工具使人类揭开了生物界新的微观世界，可以洞察小小细胞内的超微结构，连细胞膜也可清晰地辨出是由三个薄层（两侧层密度高，中间层密度低）组成的。并发现了致病的病毒，形成了生物科学的又一次飞跃。作为观测微观世界“眼睛”的电子显微镜还在诸如电子技术、材料科学等领域内作出了卓越的贡献。

在地球上绿色植物转化光能是规模最大、效率最高的。光合作用是绿色植物在光照下合成有机物质的过程。植物体的干物质的 $90\sim 95\%$ 来自光合作用。我们吃的所有食物（谷类、豆类、蔬菜、水果、肉类、鱼类等等）几乎都直接或间接来自光合作用，我们用的能源（煤、天然气、石油等）也就是古代光合作用的地下贮存物。所以光合作用是人类赖以生存的基础。仿效高效率的光合作用来利用太阳能的课题十分诱人（如模拟叶绿体的光能转换机理，制造高效光电池）；人类早就梦寐以求地幻想以工厂生产形式来制造人们所需要的各种食物，以求彻底摆脱“靠天吃饭”的被动局面；凡此种科学问题只有彻底掌握光合作用以后才有可能得以解决，所以光合作用的研究长期以来受到世界各国的重视。光合作用的过程非常复杂，目前的研究已由宏观进入微观。光合作用中光反应的原初反应是叶绿素吸收和转化光能的复杂过程，并且反应时间非常短促，约

$10^{-9} \sim 10^{-13}$ 秒, 仅在现代快速测定技术的协助下, 才将原初反应中光物理和光化学过程的奥秘逐步揭开, 随着光合作用原初反应研究工作的深入, 必将使工业的动力(利用太阳能作为能源)和农业生产发生革命性的变化。

随着航空、人造卫星遥测技术的出现和计算机技术的发展, 大大提高了气象学、地球物理学、地质学、海洋学等等学科的发展速度、研究它们的广度和深度。可以这样说, 在科学技术和新兴探测技术飞跃发展的今天, 在地球表面上不管是人迹难以到达的深山密林, 还是渺无人烟的浩瀚戈壁; 不论是地面的种种财富和地下的各色资源, 还是茫茫无际的海洋和瞬息万变的大气, 在新兴工程探测技术面前, 都会真相大白。

1916 年爱因斯坦就提出了广义相对论(引力理论), 但由于当时不具备验证它的测试技术, 因而在将近整整五十年的时间内没有得到应有的发展, 近年来天文学上的发现和许多精确的测量技术对这个理论进行了验证, 这才使广义相对论重新得到重视和发展。

近年来医学的发展受到了重视, 但与其他许多学科比较, 医学的发展速度相对来说还比较缓慢, 其原因很多, 但有关人体心理、生理、病理的测试手段贫乏是重要原因之一。这大大阻碍了对人体的全面深入研究。

仅就以上所述可见, 测量技术对人类的认识和科学的发展有多么重要的意义。没有测量也就没有科学的说法, 丝毫也不算言过其实。这也正好说明, 当今各门学科为了有所突破, 都把不断革新自己的测试手段放在重要位置上的根本原因。

§1-2 测量与生产

如前所述, 在科学实验中测量是必不可少的。在工农业生产、企业管理、日常生活、文化活动、军事斗争中测量同样也是不能须臾离开的技术。

现代化生产是离不开机械化、电气化和自动化的。简单地说自动化就是用自动装置模仿人去做各种工作, 例如控制机器操作; 管理生产过程; 检查产品质量; 计算产品数量; 操纵发射导弹; 驾驶飞机、火车; 收集、记录、整理气象、地震预报、环境污染等有关数据、曲线、图形; 自动检索专业文献和科研资料等等。

上述任何生产过程都可以看作是一个物质流程和一个信息流程的组合, 而信息流程是人们管理和控制物质流程的依据。我们就是通过测量来获取各种必需的信息, 所以测量(信息的检出和转换)是自动化系统中首当其冲、极其关键的一个环节。只有及时、可靠、精确地获取必要和充分的信息, 整个自动化系统才具备正常工作的前提。

没有相应的测量、控制技术, 高质量的、低成本的、大批量的生产是不可想象的。例如在一块几毫米的硅片上能聚集 100 万个晶体管的超大规模集成电路的生产技术, 使得原先要占一间大房间的大型高性能电子计算机, 现在缩小到可以装进手提包里。这使计算机的大众化成为可能的事情, 使计算机成为一种到处都有, 无所不能, 人们可以随时使用的电脑, 并力争做到不断降低成本, 使微型机如同机械部件的螺钉一样, 可以随意使用的时代已经为期不远了。但是, 这种划

时代的奇迹是要用亚微米程度的超细微位移测量和控制技术予以保证的。预计二十世纪末有可能进入原子级加工阶段,那时加工的几何图形线条宽度可以小到几个原子的大小,如果如此精确的测试、控制、加工技术一旦突破,那么对集成电路生产技术和半导体器件小型化必将是又一次新的飞跃。

原子能工业的发展提出了自动测量、自动记录和远距离测量等要求,解决了这些测量技术问题,就给原子核物理和原子能工业的发展铺平了道路。

在环境污染泛滥的情况下,只有装备优秀的环境监测预报系统对其进行监测,才可能避免污染公害的袭击和慢性暗杀,产除潜藏着的摧残子孙后代的祸根。

两军对垒中谁能把对方的军情、武器装备、行军动向等等测准、测快,谁就有可能避免对方打击、保存自己,从而也就有可能抢先歼灭对方,夺取胜利。

综上所述,测量技术就象数学一样,既是渗透到人类一切活动领域中的最基础性的学科,又是一门协助其他各门学科搞突破的尖端性技术。从另一方面看,测量技术正是在为各门学科服务的过程中,全力吸取各种新技术,才使测量技术本身也得到了飞快的发展。

§1-3 测试技术的发展概况

随着科学技术、工农业生产的高速发展,人民对物质生活和精神生活的要求也不断提高,在这些动力的推动下,测量技术亦以大致相应的速度向前进展。

一、测量对象的扩展

随着人类活动领域(科学实验,物质、精神生产等)的扩大,测量对象也在扩展。目前测试技术正在向宏观世界和微观世界的纵深发展着。航天技术、地球物理学、射电天文技术、海洋科学、地震预测预报、气象学等等都要求测试技术满足观测研究宏观世界的要求。细胞生物学、遗传工程、光合作用、医学、超微细加工技术等等又希望测试技术不断跟上研究微观世界的步伐。所有这些集中反映在许多新的测量要求上。例如,无论从医学、教育、公害防治等角度出发,都需要加强对人类本身的研究,为此提出了很多有关人的心理、生理、病理、药理等等多方面新的测量要求。又如环境科学在近一、二十年内获得了迅速发展,对环境监测分析技术提出了很高的要求。许多环境污染物质在环境中的含量极低极低,大多是百万分之几,甚至是十亿分之几,用一般测量方法难以奏效,要求有灵敏度极高的监测仪器。环境污染物质的成分往往很复杂、环境监测的面又甚广,还要求长期连续地观测,这些都说明对环境监测仪器和监测分析技术要求很高很严。及时地、正确地发布短期、中期和长期天气预报,特别是对灾害性气候(暴雨、台风、冰雹等)的预报,对国民经济建设和国防建设具有重大意义。为此必须考虑大气内部、太阳、地表、海洋等等大气外面的种种物理因子对大气变化的影响;必须建立一整套全球性大气观测技术系统(包括信息处理用的高速大容量数字电子计算机),以便测量出许多有关的物理量(如云状、云顶高度、大

气温度垂直分布、大气水汽总含量、海面温度、气体成分垂直分布等等)和进行信息处理。

二、新技术的应用

科学和生产的发展,不仅对测量技术提出了种种要求,同时也给测量技术提供了丰富的物质手段和技术条件。

在测量技术中几乎利用了所有的近代新技术和新理论。如激光、半导体技术、光导纤维、声学、计算技术、通信技术、遥感技术、自动化技术以及近代物理、数理统计、控制论、信息论等等都广泛应用于测量技术。测量技术还迅速地运用了现代各种先进工具,如微型计算机、人造地球卫星等。

电子技术的广泛应用,使测量技术在五十年代发生了一次革命性的变化。随着微处理机的普及,必将引起测量技术的又一次新的飞跃。

三、测量仪表性能的提高

测量技术的发展使测量仪器的性能不断提高。

就测量仪器本身而言,测量精确度是最重要的综合指标之一。就在四十年前,通常测量精确度仅达百分之几到千分之几。近年来测量精确度已提高了3~4个数量级,即有些量的测量精确度可达到万分之几,甚至百万分之几。例如用直线光栅测量线位移时,其测量范围在几米时精度可达几微米。用激光脉冲测量月球到地球近40万公里的距离,其精度竟可达到几厘米。目前电压测量的精确度达到万分之几是很容易的事。近年来,相当于一级标准的仪表装置,大致能达到下表所列的精确度。

表 1-1

被测量	长 度	质 力	温 度	力	压 力	直流电压	时 间	电 阻	频 率
精确度	5×10^{-8}	2×10^{-8}	5×10^{-6}	1×10^{-6}	1×10^{-5}	1×10^{-6}	1×10^{-10}	5×10^{-5}	1×10^{-11}

一些基本物理常数(如真空中的光速、电子电荷、普朗克常数等等)目前均能测到六位数,甚至八位数。

近代物理对微观世界作了透彻的研究。微观世界(原子世界)是遵循量子力学定律的,微观物理量只能作一定的跳跃式的改变,不会发生跳跃式以外的微小变化。对同一类物质的原子、分子又都是严格一致的,不会有彼此间的差异。微观世界这种内在的稳定性和一致性正是测量和计量技术所追求的标准量的最适宜的特性。可以预期利用这种特性将建立起高精度计量基准系统。