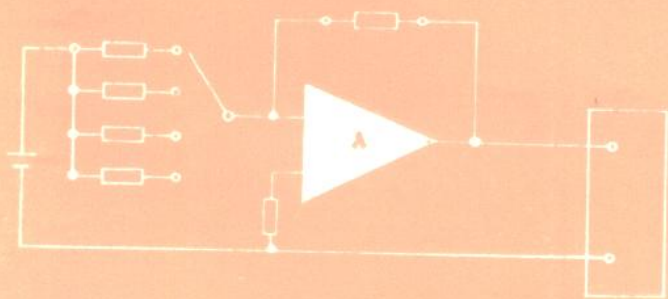


高等学校试用教材

# 电气测量技术

陶时榭 主编



中国计量出版社

72.15  
476

# 电 气 测 量 技 术

陶时澍 主编

32077/20

中国计量出版社

## 内 容 提 要

本书不仅介绍了测量的一般理论和方法,同时介绍了传感、信号变换等新技术和新方法以及量值传递等内容。

全书共分七章:1.测量的基本概念;2.测量误差;3.直接作用模拟指示电测量仪表及比较式仪表;4.数字化测量技术;5.数据采集技术;6.非电量电测量;7.磁性测量。每章后均有复习题和题解以及参考文献。

本书可作为工科大专院校非测量专业学生的教材和教学参考书,也可供计量和其它各部门的电磁测量、数字化测量、非电量测量的技术人员使用。

### 电 气 测 量 技 术

陶时澍 主编

责任编辑 王朋植

—\*—

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲2号

中国计量出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

—\*—

开本787×1092/16 印张20.5 字数491千字

1991年3月第1版 1991年3月第1次印刷

印数1—6000

ISBN 7-5026-0382-4/TB·312

定价11.00元

# 前 言

本书是为大学本科非测量专业的学生编写的教材。

早期的电气测量课程称为“电工量计”或“电磁测量”。随着科学技术的发展，出现了新的测量原理，测量手段也不断更新，对此，教材中应有所反映。根据教学大纲的要求，结合我们多年的教学实践，考虑到国内、外科学实验和电气工程测量的实际情况，本书在选材方面与原教材相比，大量压缩了电磁机械式仪表（即直接作用模拟指示电测量仪表）所占的比重，增加了测量原理、量值传递和误差分析方面的内容，扩大了数字化测量技术、数据采集系统及非电量电测量内容的篇幅，适当地保留了磁测量部分的内容。用国际标准和国家标准统一了全书的名词、术语、定义和单位。写法上是在讲清基本原理和基本概念的基础上，用相应的国产仪器、仪表作为实例，介绍正确选择和使用仪器、仪表的方法和注意事项。每章后面编入部分习题并附答案。

学习本课时要求学生有数学、电路、模拟电子电路、数字电路和计算机方面的基础知识，这个要求是符合当前国内多数工科高等院校本科生的教学计划的。因此，本书也可作为国内工科高等院校的教材和参考书。

通过本课的学习，应使学生能根据测量任务的要求，选择适当的测量方法和仪器，正确地组成测量系统，并能对测量结果的准确度和可靠性作出评价。

全书的计划教学时数为45~55学时，可根据教学对象适当伸缩。

全书共分七章。第一、二章由李继凡同志编写；第四、五章由赵永平同志编写；第六章由洪文学同志编写；第三章和第七章由陶时澍同志编写，全书由陶时澍负责主编。

哈尔滨电表仪器厂方吉六，哈尔滨电工仪表研究所徐岚、陈玉芳，哈尔滨精艺仪表厂王金玉，上海沪光仪器厂陈瑞玉，上海电工仪器厂梅宠习和北京电表厂费元君等同志为本书提供了资料。在编写过程中得到哈工大电磁测量技术和仪表教研室的全力支持，在此一并表示感谢。

编 者

1989.12于哈工大

# 目 录

## 绪 论

<b>第一章 测量的基本知识</b> .....	( 4 )
§ 1—1 测量与测量单位的概念.....	( 4 )
§ 1—2 电学量具.....	( 7 )
一、量具的概念.....	( 7 )
二、标准电池.....	( 8 )
三、标准电阻器.....	( 9 )
四、测量用电阻箱.....	( 11 )
§ 1—3 测量方法的分类.....	( 13 )
一、直接测量(法).....	( 13 )
二、间接测量(法).....	( 13 )
三、比较测量(法).....	( 14 )
§ 1—4 值和误差的概念.....	( 15 )
一、“值”的概念.....	( 15 )
二、误差的概念及表达方式.....	( 15 )
三、影响量与基本误差.....	( 17 )
§ 1—5 被测信号与测量仪器之间相互影响的问题.....	( 17 )
思考题及习题、答案.....	( 18 )
参考文献.....	( 19 )
<b>附录 中华人民共和国法定计量单位</b> .....	( 20 )
<b>第二章 测量误差</b> .....	( 23 )
§ 2—1 测量误差的分类.....	( 23 )
一、系统误差.....	( 23 )
二、随机误差.....	( 23 )
三、粗差.....	( 23 )
§ 2—2 系统误差的产生及其消除.....	( 24 )
一、仪器、仪表的误差及影响量的影响.....	( 24 )
二、方法或理论误差.....	( 25 )
三、人员误差.....	( 25 )
§ 2—3 消除系统误差常用的实验方法.....	( 25 )
一、替代法.....	( 25 )
二、正、负误差补偿法.....	( 26 )
三、对称观测法.....	( 26 )

四、精确逆转换器法 .....	( 28 )
§ 2-4 随机误差的统计特性和算术平均值原理 .....	( 29 )
一、随机误差的统计特性 .....	( 29 )
二、算术平均值原理 .....	( 30 )
三、贝塞尔公式 .....	( 31 )
§ 2-5 函数误差的一般关系 .....	( 31 )
一、函数误差综合的基本关系 .....	( 31 )
二、系统误差的综合方法 .....	( 32 )
§ 2-6 不确定度的综合 .....	( 33 )
§ 2-7 有效数字及数据舍入规则 .....	( 35 )
一、数据舍入规则 .....	( 35 )
二、有效数字 .....	( 35 )
三、近似计算法则 .....	( 36 )
四、近似计算公式 .....	( 36 )
五、仪器、仪表读数 .....	( 37 )
§ 2-8 微小误差准则 .....	( 37 )
§ 2-9 误差的分配 .....	( 38 )
§ 2-10 坏值及剔除 .....	( 39 )
§ 2-11 测量结果的表示 .....	( 39 )
一、算术平均值、标准差的概念及计算方法 .....	( 39 )
二、直接测量数据(测量列)处理程序 .....	( 40 )
三、测量结果的表示 .....	( 40 )
思考题及习题、答案 .....	( 40 )
参考文献 .....	( 41 )
附录 1 国际计量局关于表述不确定度的工作组建议书 INC—1(1980) .....	( 42 )
附录 2 计算机数据处理程序流程图 .....	( 43 )
<b>第三章 直接作用模拟指示电测量仪表及比较式仪表 .....</b>	<b>( 45 )</b>
§ 3-1 直接作用模拟指示仪表的工作原理 .....	( 45 )
一、结构方框图 .....	( 45 )
二、转矩一般公式 .....	( 46 )
三、反作用力矩 .....	( 46 )
四、阻尼力矩 .....	( 46 )
五、准确度等级 .....	( 47 )
六、表征仪表指标及性能的符号 .....	( 47 )
§ 3-2 磁电系仪表的工作原理 .....	( 49 )
一、固定部分 .....	( 49 )
二、可动部分 .....	( 49 )
三、转矩公式、灵敏度、仪表常数 .....	( 50 )

四、磁电系测量机构的特点	(52)
五、磁电系仪表的阻尼方式	(52)
§ 3—3 磁电系电流表、电压表、欧姆表及兆欧表	(53)
一、磁电系电流表	(53)
二、分流器的四端钮结构	(55)
三、磁电系电压表	(56)
四、磁电系欧姆表	(57)
五、磁电系兆欧表	(59)
§ 3—4 万用电表	(62)
一、直流电流测量电路	(63)
二、直流电压测量电路	(63)
三、交流电流测量电路	(65)
四、交流电压测量电路	(66)
五、电阻测量电路	(67)
六、测量晶体管放大倍数, 电路通、断检查及其它功能	(68)
§ 3—5 磁电系检流计	(70)
一、提高灵敏度的结构措施	(70)
二、磁电系检流计的动特性	(71)
三、磁电系检流计的结构参数和运行参数	(73)
§ 3—6 冲击检流计	(75)
一、冲击检流计的工作特点	(75)
二、冲击检流计的动特性	(75)
§ 3—7 电磁系测量机构及电磁系电流、电压表	(78)
一、电磁系测量机构的结构	(78)
二、电磁系测量机构的转矩公式及特点	(80)
三、电磁系电流表	(81)
四、电磁系电压表	(81)
§ 3—8 电动系测量机构及电动系电流表、电压表和功率表	(82)
一、电动系测量机构的结构	(82)
二、电动系测量机构的转矩公式及特点	(83)
三、电动系电流表	(84)
四、电动系电压表	(85)
五、电动系功率表	(85)
§ 3—9 直流电位差计	(86)
一、补偿原理及电位差计	(86)
二、定流变阻式电位差计原理	(87)
三、标准电池的温度补偿	(88)
四、电位差计的工作特点及误差公式	(88)
五、电位差计的应用	(89)

六、国产电位差计举例 .....	( 89 )
§3—10 直流电桥 .....	( 90 )
一、直流单电桥的工作原理 .....	( 91 )
二、单电桥误差公式 .....	( 91 )
三、单电桥举例 .....	( 92 )
四、直流双电桥的工作原理 .....	( 93 )
五、双电桥举例 .....	( 94 )
§3—11 交流电桥 .....	( 95 )
一、交流电路参数 .....	( 95 )
二、交流电桥工作原理 .....	( 98 )
三、交流电桥举例 .....	( 99 )
四、感应分压器及变压器电桥 .....	( 100 )
§3—12 感应系数电度表 .....	( 101 )
一、电能的测量及电度表的结构 .....	( 102 )
二、电度表的工作原理 .....	( 105 )
三、电度表的调整 .....	( 109 )
四、电度表的误差 .....	( 111 )
五、特殊用途的电度表 .....	( 114 )
习题及答案 .....	( 116 )
参考文献 .....	( 123 )
第四章 数字化测量技术 .....	( 124 )
§4—1 概述 .....	( 124 )
一、数字仪表的发展 .....	( 124 )
二、数字仪表的特点 .....	( 124 )
三、连续量的不连续表示方法 .....	( 125 )
四、数字化测量技术应用于动态测量 .....	( 127 )
§4—2 数-模转换器 .....	( 128 )
一、结构框图 .....	( 128 )
二、技术特性 .....	( 129 )
三、T型电阻网络D/A转换器 .....	( 130 )
四、权电阻型D/A转换器 .....	( 131 )
五、集成DAC及其应用 .....	( 132 )
§4—3 模-数转换器 .....	( 134 )
一、A/D转换器的性能比较 .....	( 134 )
二、主要技术特性 .....	( 135 )
三、逐次逼近式 A/D 转换器 .....	( 137 )
四、斜波比较式 A/D 转换器 .....	( 141 )
五、积分型 A/D 转换器 .....	( 142 )
§4—4 电子计数器 .....	( 148 )



一、用电子计数器测量频率 .....	(149)
二、用电子计数器测量周期 .....	(149)
三、测量时间间隔 .....	(150)
四、测量频率比 .....	(151)
五、电子计数器测量功能的扩展 .....	(151)
六、电子计数器的误差 .....	(152)
§ 4—5 数字式相位表 .....	(154)
一、相位-电压转换型数字相位计 .....	(154)
二、相位-时间型数字相位计 .....	(155)
§ 4—6 直流数字电压表及其功能扩展 .....	(157)
一、交流数字电压表 .....	(157)
二、峰值数字电压表 .....	(162)
三、数字电流表 .....	(163)
四、数字欧姆表 .....	(163)
五、数字式功率表 .....	(164)
§ 4—7 数字式电压表的外特性及误差 .....	(165)
一、关于数字电压表的误差及其公式 .....	(165)
二、数字式仪表的输入特性 .....	(166)
三、抗干扰性 .....	(167)
§ 4—8 数字仪表的智能化 .....	(170)
一、自动校准 .....	(171)
二、零漂电压的校正和输入偏置电流 $I_b$ 的自动补偿 .....	(172)
三、高频自动补偿 .....	(173)
四、多次采样平均值测量法 .....	(173)
五、环境补偿 .....	(174)
六、应用软件方法克服随机误差 .....	(174)
思考题、习题与答案 .....	(178)
参考文献 .....	(179)
<b>第五章 数据采集技术 .....</b>	<b>(180)</b>
§ 5—1 多路数据采集技术概述 .....	(180)
§ 5—2 模拟多路开关 .....	(181)
一、机械触点式开关 .....	(182)
二、固体式模拟开关 .....	(183)
三、单端多路转换器和分组转换 .....	(187)
四、集成多路模拟开关 .....	(189)
五、模拟开关的应用 .....	(191)
§ 5—3 测量放大器 .....	(193)
一、测量放大器的典型电路 .....	(193)
二、测量放大器的增益调节 .....	(194)

三、测量放大器的指标 .....	(195)
四、测量放大器的应用 .....	(197)
§ 5-4 采样/保持电路 .....	(198)
一、采样定理 .....	(198)
二、使用采样/保持电路的场合 .....	(200)
三、采样/保持电路的构成 .....	(200)
四、采样/保持电路的主要参数 .....	(201)
五、集成采样/保持芯片 .....	(202)
§ 5-5 单片数据采集系统 .....	(203)
一、概述 .....	(203)
二、AD 363 的结构 .....	(203)
三、AD 363 操作原理 .....	(205)
四、AD363 的应用 .....	(207)
§ 5-6 数据采集系统的结构 .....	(208)
§ 5-7 数据采集系统的应用 .....	(209)
习题及答案 .....	(214)
参考文献 .....	(215)
<b>第六章 非电量电测量 .....</b>	<b>(216)</b>
§ 6-1 非电量测量系统 .....	(216)
§ 6-2 传感器的静态特性和动态特性 .....	(218)
一、传感器的静态特性 .....	(218)
二、传感器的动态特性 .....	(224)
§ 6-3 电阻式传感器 .....	(226)
一、电位器式传感器 .....	(226)
二、应变式传感器 .....	(230)
三、热电阻 .....	(236)
四、热敏电阻 .....	(237)
§ 6-4 电容式传感器 .....	(240)
一、工作原理 .....	(240)
二、测量电路 .....	(244)
三、电容传感器的应用 .....	(245)
§ 6-5 电感式传感器 .....	(246)
一、自感型电感传感器 .....	(246)
二、互感型电感传感器 .....	(249)
三、电感式传感器的应用 .....	(250)
§ 6-6 热电偶 .....	(250)
一、热电效应及热电偶结构 .....	(250)
二、正确使用热电偶 .....	(252)
§ 6-7 压电式传感器 .....	(253)

一、压电效应和压电力传感器 .....	(253)
二、压电加速度计 .....	(255)
三、电荷放大器 .....	(256)
§ 6—8 光电式传感器 .....	(257)
一、光电效应及光电器件特性 .....	(257)
二、各种光敏元件 .....	(259)
三、光电传感器的应用 .....	(264)
§ 6—9 两端集成温度传感器——AD 590 .....	(264)
一、工作原理 .....	(265)
二、AD 590 的主要误差及特性 .....	(266)
三、AD 590 的应用 .....	(268)
§ 6—10 半导体压阻式传感器 .....	(270)
一、半导体的压阻效应 .....	(271)
二、两种压敏电阻电桥和膜的设计 .....	(272)
三、压阻式力学量传感器 .....	(275)
四、压阻式传感器配用电路 .....	(277)
§ 6—11 霍尔传感器 .....	(278)
一、霍尔效应 .....	(278)
二、霍尔元件的误差及补偿 .....	(278)
三、霍尔元件使用注意事项 .....	(279)
四、霍尔元件的应用 .....	(280)
§ 6—12 光纤传感器 .....	(282)
一、光纤传感器基础 .....	(282)
二、光纤传感器结构 .....	(284)
三、光纤传感器的应用 .....	(286)
思考题及习题 .....	(289)
参考文献 .....	(294)
<b>第七章 磁性测量 .....</b>	<b>(295)</b>
§ 7—1 空间磁场、磁通的测量 .....	(295)
一、基于电磁感应原理的测量方法 .....	(295)
二、用磁通门磁强计测量磁场 .....	(299)
三、用霍尔效应测量磁场 .....	(301)
四、用核磁共振法测量磁场 .....	(302)
§ 7—2 磁性材料直流磁特性的测量方法 .....	(303)
一、磁性材料样品 .....	(303)
二、用冲击法测量环状样品的磁特性 .....	(304)
§ 7—3 磁性材料交流磁特性的测量方法 .....	(308)
一、用示波器测量交流磁滞回线 .....	(309)
二、动态磁化曲线的测量方法 .....	(310)

三、用瓦特表法测量铁损 .....	(311)
思考题 .....	(314)
参考文献 .....	(315)

# 绪 论

当前,我国正在进行大规模的“四化”建设。四个现代化的关键是科学技术现代化,没有现代化的科学技术就不可能有现代化的工业、农业和国防。

科学技术发展中的重要问题之一是科学实验,不论是基础科学的研究还是应用科学的研究都要进行大量的实验。在实验研究中,测量是基本的、大量的工作之一。对事物的认识靠比较,没有比较就没有鉴别;而比较是以“量”的概念作基础的,获得量的概念则靠测量。获得量的概念往往是科学实验的主要目的之一,可见,测量在科学实验中占有的地位是多么重要。

在工、农业生产中,为保证产品质量和人身、设备安全,需要大量的仪器、仪表用来对生产过程实行在线、实时或定期的检测和监督,以保证生产安全、可靠的进行。生产过程机械化和自动化程度越高,对测量的准确度、测量速度及仪器、仪表的可靠性要求也越高。

可靠、准确的测量手段和统一的单位也是国际贸易和国际科学技术交流的共同语言。

可以说,测量已经在国民经济的各个部门和日常生活中占有重要地位。世界上每个科学技术和工农业生产高度发展的国家都在测量技术的研究,仪器、仪表的生产制造,保证测量单位的统一和可靠等方面做了大量工作;并且以法律的形式给予必要的保证。

在测量技术中,电磁测量技术近年来有了很快的发展。电磁测量技术的特点是:准确度高。目前电磁测量的误差可以小到 $10^{-6} \sim 10^{-7}$ ;测量速度快,很容易达到 $10^2 \sim 10^3$ 次/秒;范围广,不但所有的电量、磁量和电路、磁路参数能用电磁测量技术测量,而且很多非电量例如温度、压力、振动、速度、位移、水位、人的血压、物体的长度、重量、地震波、飞行高度、潜水深度等等,也都可以先变成与其成函数关系的电磁量或电路参数后,再用电磁测量的方法测量;测量数值的覆盖面宽,例如,电阻的数值从 $10^{-7} \Omega$ 一直到 $10^{10} \Omega$ 甚至更广的范围均可用电磁测量的方法进行测量;电磁测量的灵敏度高,例如,数值小到 $10^{-15} \text{A}$ 的电流也可以用电磁测量的方法检测;最后一个特点是能比较方便地实现自动测量、自动控制和自动处理实验数据,能够给出数码,很容易和计算机配合。在当今的世界中,从人民的日常生活开始,不管是上天的、下地的、入海的还是进入人体的各个科学领域中,都有用电磁测量技术解决测量问题的例子。可见,电磁测量技术已经深深地扎根到国民经济和科学技术的各个领域,而且各种不同的测量实践又迅速地推动电磁测量技术不断发展。

电磁测量技术包括三个主要方面:电磁量的测量方法 电磁测量仪器、仪表的设计与制造和电磁量的量值传递。其中,以仪器、仪表的发展最能体现电磁测量技术的发展。仪器、仪表的发展可以分成三个主要阶段,它们是古典电工仪器、仪表发展阶段,数字式仪表发展阶段和自动测试系统发展阶段。

人们最早对电的认识是从定性开始的。由于对电现象研究的需要,人们开始了对测量仪

表的研究。古典式电工仪器、仪表的发展是从1743年俄国学者Г·В·黎赫曼制造出第一台验电器开始的。1836年出现了可动线圈式检流计；1837年出现了可动磁针式检流计；1841年出现了电位差计原理；1843年制成了惠斯登电桥；1861年又制成了第一台直流电位差计。1895年，设计制造成功了世界上第一台感应系电度表。在这一阶段，电工学的理论也得到了很大的发展，其中的库伦定律、安培定律、毕奥-沙伐-拉普拉斯定律、法拉第电磁感应定律和麦克斯韦电磁场理论也都已建立，为古典式电工仪器、仪表的发展提供了理论基础。到20世纪30年代前后，古典式电工仪器、仪表在理论上已经成熟，结构上也基本定型。20世纪40~50年代，由于新材料的出现，使电工仪器、仪表在准确度方面有所突破。例如，1936年出现了高性能的磁性材料——铝镍合金。在1960年前后，出现了0.1级的电磁系、电动系和磁电系仪表系列，直到现在，这类电磁机械式仪表的准确度还停留在这一水平。我国从1956年建成哈尔滨电表仪器厂以后才开始有了大型、先进的仪表工业。到1970年前后，国产的电磁机械式仪表的准确度也已经达到了0.1级，在品种上已经满足了国内绝大部分的需要，并有部分出口。

第二次世界大战以后，由于电子技术和计算技术的发展，为仪器、仪表工业的发展提供了新的理论和条件。1952年，美国制造出了世界上第一台比较式数字电压表，为仪器、仪表的发展开辟了一条新路。在随后的十几年中，世界各国争相研究和生产数字式仪表，使电工仪器、仪表的发展进入了新的阶段。早期的数字式仪表采用斜波式模-数转换器（亦称A/D转换器）把被测的模拟量转化为数字量，不久就被抗干扰能力强的积分式A/D转换器所代替；到1968年，日本研制成功脉冲调宽式A/D转换器后，数字式仪表不但能准确测量电压、电流和电阻，还能准确的测量功率和电能。这样，数字式仪表在原理和结构方面都达到了较完善的程度。近年来，由于大规模、超大规模集成电路的发展和余数再循环式A/D转换器的出现，以及微型计算机和微处理器的广泛应用，已经制造出分辨率为100~10 nV、读数达7½位和8½位的数字多用表，准确度可达 $10^{-6}$ ，并有求算术平均值、方差、标准差、自动校准和数据存贮等功能。我国的数字式仪表的研制是从1957年开始的。目前，虽已初具规模并形成了一定的生产能力，但在质量上还需进一步改进。

从本世纪70年代开始，由于微处理器、微计算机、电子技术和信息处理技术的综合应用，使电磁测量技术向自动化、智能化方向长足发展，它的主要标志是：

一、智能仪器的出现。该类仪器利用微型机可以自动校零、非线性校正、温度补偿、自动测试、自动调节并有计算、控制和存贮数据等功能，也可按程序的要求完成其它任务。

二、采用标准接口。利用标准接口可以把数台同一厂家或不同厂家生产的仪器组成统一的测试系统。美国的HP公司在1972年首先推出的IB接口，目前已被国际上公认并推荐为国际标准接口，它适用于用测量仪器组成的自动测试系统。1980年以来，世界上生产的仪器中有50%以上装有这种接口，我国在1977年以后已开始研制。

三、为了组成测试系统，研制和生产了大量的传感器，使电测技术广泛应用到国民经济的各个领域。例如，物理、化学、医学、冶金、机械、石油化工、航天等领域中的大量非电量，都是用传感器变成电量后用电磁测量技术完成测量的。

从组成测试系统的观点可以把电磁测量仪表分成三大环节，它们在测量系统中的作用和位置如图0-1所示。被测量 $x$ 送到一次仪表中，经变换成电信号后，在二次仪表中进行测

量。测量结果可以显示，也可以以模拟量或数字量的形式送给三次仪表进行加工处理。其中，一次仪表主要是传感器；二次仪表可以是模拟仪表，但大量的是数字式仪表；三次仪表可以认为是计算机或其它控制电路。

组成统一的测试系统对生产过程进行实时监控，这在大型工、矿企业中已经是势在必行。高质量的数字仪表也已有了广泛的市场，但是必须指出，简单、可靠和价格便宜的电磁机械式仪表无论在国内还是在外国仍然广泛使用、大量生产而没有完全被淘汰，在今后很长一段时期内也不会失去它们的作用。因此，本书作为教材，在内容安排上注意到这一现实，尽量做到合理的取舍。



0—1 测试系统的组成

# 第一章 测量的基本知识

## §1—1 测量与测量单位的概念

在工农业生产、科学研究及商品贸易、日常生活中都需要测量。通过测量可以定量地认识客观事物，从而达到逐步深入地掌握事物的本质和揭示自然界规律的目的。

英国物理学家汤姆逊说过：“每一件事只有当可以测量时才能被认识。”由此可以看出测量的重要意义。

所谓测量，就是用实验的方法把被测量与标准量进行比较的过程。这里应注意，被测量与标准量应是同类物理量，或者可借以推算出被测量的异类量。例如用尺量布，用电位差计测量电压都是同类量的比较；用电流表测量电流，在电流表里找不到同类量，但通过电流表内游丝的反作用力矩的大小可以推算出电流的大小，因此也可以实现电流的测量。

测量（比较）的结果包括两部分：一部分是单位名称；另一部分是纯数。例如，测量某一电流的结果写为

$$I = 3.2 \text{ A}$$

一般表示成

$$x = A_x \cdot x_0 \quad (1-1)$$

式中  $x$ ——被测量；  
 $A_x$ ——数字值；  
 $x_0$ ——测量单位。

式(1—1)通常被称为测量的基本方程式。式(1—1)中测量单位 $x_0$ 是很重要的，它不仅能反映被测量的性质，对同一个被测量来说，还会因所选测量单位大小不同而使测量结果的数字值的大小也不相同。

由于科学技术的发展，需要测量乃至精密测量的物理量不断增多，因此，确定和统一这些物理量的测量单位是测量工作者急需解决的问题。

测量单位的确定与统一是非常重要的。过去由于历史的原因，世界各国和地区乃至一个国家的不同地区都有他们自己采用的测量单位，并且单位的数量远远超过了被测物理量本身的数量，这就给人类的生活、生产和科学实验带来极大的困难和不便。为了对同样一个物理量在不同时间、不同地点进行测量时得到相同的结果，必须采用公认的、而且固定不变的单位（除了重力加速度等与地区有关的物理量外）。只有这样的测量才有实际意义。每个国家的计量部门都以专门的“法律”规定这样的单位。在国际范围内，单位的选用是通过协商来加以解决的。

物理量种类很多，而它们之间又以不同的物理定律联系着，因此测量单位之间也有一定的联系。通常人们规定几个物理量的单位，其它物理量的单位就可以根据定义或物理规律推



导出来。首先规定的,即独立定义的单位叫基本单位,由基本单位推导出来的单位叫作导出单位。这一系列基本单位与导出单位的总和叫作单位制。

单位制的种类很多,在我国根据国务院颁发的《中华人民共和国计量管理条例(试行)》规定:“我国的基本计量制度是米制(即公制)”。1986年7月1日起施行的“中华人民共和国计量法”规定,我国的法定计量单位是国际单位。国际单位制用SI表示。

在国际单位制中,包括了整个自然科学的全部物理量的单位。根据1971年第14届国际计量大会的规定,它有7个基本单位,即

1. 长度单位: 米 (m);
2. 质量单位: 千克 (公斤) (kg);
3. 时间单位: 秒 (s);
4. 电流单位: 安培 (A);
5. 热力学温度单位: 开尔文 (K);
6. 物质的量单位: 摩尔 (mol);
7. 光强度单位: 坎德拉 (cd)。

在SI中,根据上述7个基本单位和另外两个辅助单位,可以推导出自然界中的所有物理量的单位。被推导出来的单位都是国际单位制中的导出单位。

在电磁测量技术领域中,根据上述7个基本单位中的前4个(即米、千克、秒和安培)就可以导出各种电磁物理量的单位。这样制定的单位叫作SI的电磁学单位。这与在电工技术中已经使用的有理化实用单位制(有理化米·千克·秒·安培制)是一致的。

安培之所以被定为基本单位之一,是因为它与力学单位很容易联系起来。以两个载流导线之间存在着相互作用力这一物理现象为基础,可确定电流单位安培。1948年,第9届国际计量大会批准了如下规定:“安培是一恒定电流强度,若该电流保持在处于真空中相距1m的两无限长而圆截面小到可以忽略的平行直导线内,则此两导线之间产生的力在每米长度上等于 $2 \times 10^{-7} \text{N}$ 。”

安培可以利用安培天平精确地用力学方法测定出来。

有了基本单位的大小,根据定义或物理定律,就可以确定出电磁学的SI各个导出单位的大小。例如,电量 $q$ 的单位按下式确定:

$$q = It$$

式中, $q$ 是当电流强度为 $I$ 时,在时间 $t$ 内通过导体某横截面的电量。令式中 $I=1\text{A}$ , $t=1\text{s}$ ,便得到电量的单位安培·秒(A·s)。这个SI导出单位具有专门名称,叫作库仑。即1库仑=1安培·秒,表示符号为“库”或“C”。

其它的电磁学量的SI导出单位都可以像电量库仑一样推导出来。仅举几例列于表1—1中。

在电磁学领域中,同样存在着多种单位和单位制并存的局面,如绝对静电单位制(CGSE)、绝对电磁单位制(CGSM)、高斯单位制(CGS)、绝对实用单位制(MKSA)以及有理化绝对实用单位制等。此时要注意弄清它们之间的关系,避免混乱造成错误。目前,世界上各个国家都在推行国际单位制。

1959年,我国国务院发布《关于统一计量制度的命令》确定米制为我国的基本计量制度以来,全国在推广米制、改革市制、限制英制和废除旧杂制的工作方面取得了显著成绩。为