

电子测量原理与仪器

王明武 编著
陈应舒 主审



科学出版社

本书由陕西理工大学著作教材建设经费资助出版

电子测量原理与仪器

王明武 编著

陈应舒 主审

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书以模拟仪表、数字仪表、智能仪器、虚拟仪器四个发展阶段为主线,系统介绍了测量概论、模拟万用表、数字万用表、常用电子元器件、信号发生器、示波器、频率和时间测量仪器及现代电子测量技术的基本原理和使用方法。本书编写思路清晰,测量原理讲述透彻,深入浅出,通俗易懂。各章均配置了思考题与习题。

本书可作为应用型本科院校、高等职业院校电子技术、通信技术等专业的教学用书,也可作为从事相关专业的工程技术人员和广大电子爱好者的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电子测量原理与仪器/王明武编著. —北京:科学出版社, 2018.11

ISBN 978-7-03-059147-0

I. ①电… II. ①王… III. ①电子测量技术②电子测量设备
IV. ①TM93

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 237458 号

责任编辑:潘斯斯 张丽花 赵微微/责任校对:郭瑞芝

责任印制:吴兆东/封面设计:迷底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京建宏印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018 年 11 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2019 年 2 月第二次印刷 印张:19

字数:450 000

定价:59.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

电子测量是获取信息的重要手段，在工农业生产、科学研究、国防现代化等各个领域都有着广泛的应用。电子测量技术和电子测量仪器早已成为各行各业所需的通用技术和通用设备。特别是近年来，微电子技术、大规模集成电路、信号处理芯片、计算机技术的飞速发展大大促进了电子仪器的发展，使得功能单一的传统测量仪器逐步向智能仪器、虚拟仪器和自动测试系统发展。大型生产企业的生产线通常采用大量先进的智能仪器和自动测试系统。

电子测量是建立在电路分析基础、模拟与数字电路、信号与系统、微机原理与接口技术等基础课程内容之上的，它是把电子、计算机、通信与控制等专业知识综合应用在测量科学技术中所形成的一门独具特色的课程，它是电子信息工程、通信工程、测控技术与仪器等专业必不可少的专业课。因此，编写适合于培养学生实际动手能力和应用能力，以现代仪器应用为目标的电子测量仪器教材，具有非常重要的意义。

本书以模拟仪表、数字仪表、智能仪器、虚拟仪器四个发展阶段为主线，以培养应用型人才为目标，紧密结合电子测量过程实践，详细介绍电子测量与常用仪器的基本原理和实际应用。全书共 8 章。第 1 章介绍测量学科的丰富内涵，重点讨论测量原理、测量方法和测量系统中的共性问题；第 2 章介绍模拟万用表的基本原理和使用方法；第 3 章介绍数字万用表的基本原理和使用方法；第 4 章介绍常用电子元件的识别和检测方法；第 5 章介绍信号发生器的基本原理和使用方法；第 6 章介绍示波器的基本原理和使用方法；第 7 章介绍频率与时间测量仪器的基本原理和使用方法；第 8 章介绍智能仪器、虚拟仪器、自动测试系统等现代电子测量仪器的基本原理和使用方法。

由于本书涵盖知识面广，实践性强，学生需要结合一定数量的实验和实训，才能熟练应用电子测量仪器和测量设备进行工程测量。相关专业的技术人员通过翻阅本书也能完成相关的测量工作。

由于作者学识水平有限，书中难免有不妥之处，诚恳欢迎读者批评指正。

编 者

2018 年 6 月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 测量与计量	1
1.1.1 测量的意义	1
1.1.2 测量的定义	2
1.1.3 测量的组成	3
1.1.4 测量的方案设计	5
1.1.5 计量的基本概念	6
1.2 电子测量概述	9
1.2.1 电子测量的内容	9
1.2.2 电子测量的特点	10
1.2.3 电子测量的方法	12
1.2.4 电子测量仪器的发展	16
1.2.5 电子测量仪器的分类	17
1.2.6 电子测量仪器的性能	18
1.2.7 电子测量仪器的维护	20
1.3 电子测量的基本技术	21
1.3.1 电子测量的信息感知	21
1.3.2 电子测量的比较技术	24
1.3.3 电子测量的变换技术	28
1.3.4 电子测量的处理技术	33
1.3.5 电子测量的显示技术	37
思考题与习题	40
第 2 章 模拟万用表	41
2.1 概述	41
2.1.1 MF-47 型万用表特性	41
2.1.2 万用表的技术指标	43
2.2 万用表的结构	44
2.2.1 表头	44
2.2.2 测量电路	45
2.2.3 转换开关	46
2.3 万用表测量原理	46

2.3.1	直流电流的测量	46
2.3.2	直流电压的测量	47
2.3.3	交流电压的测量	48
2.3.4	电阻的测量	48
2.3.5	典型万用表线路分析	50
2.4	万用表的应用	53
2.4.1	万用表的选用	53
2.4.2	使用注意事项	54
2.4.3	万用表的使用方法	56
	思考题与习题	57
第3章	数字万用表	58
3.1	概述	58
3.1.1	电压测量的基本要求	58
3.1.2	数字电压表的主要技术指标	60
3.1.3	电压测量的方法和分类	62
3.1.4	电压表的分类	63
3.2	电压测量中的模数转换	64
3.2.1	非积分式 A/D 转换器	65
3.2.2	积分式 A/D 转换器	70
3.3	交流电压的测量	77
3.3.1	峰值电压表	77
3.3.2	均值电压表	79
3.3.3	有效值电压表	81
3.3.4	外差式电压表	83
3.3.5	交流电压表的刻度特性	84
3.3.6	分贝电平测量	88
3.4	数字万用表的变换技术及使用	90
3.4.1	变换技术	90
3.4.2	数字万用表的使用	94
3.5	数字电压表的抗干扰及抑制技术	96
	思考题与习题	101
第4章	常用电子元器件	103
4.1	电阻	103
4.1.1	常用电阻的分类	103
4.1.2	电阻的基本参数	107
4.1.3	电阻的标志内容及方法	108
4.1.4	电阻的使用与检测	109

4.2	电容	110
4.2.1	常用电容的分类	111
4.2.2	电容的基本参数	113
4.2.3	电容的标志内容及方法	115
4.2.4	电容的使用与检测	116
4.3	电感	117
4.3.1	电感的分类	118
4.3.2	电感的基本参数	120
4.3.3	电感的标志内容及方法	121
4.3.4	电感的使用与检测	121
4.4	二极管	122
4.4.1	二极管常见分类	122
4.4.2	二极管的主要参数	124
4.4.3	二极管的使用与检测	125
4.5	三极管	126
4.5.1	三极管的分类	127
4.5.2	三极管的主要参数	129
4.5.3	三极管的使用与检测	130
4.6	场效应晶体管	131
4.6.1	场效应晶体管的分类	132
4.6.2	场效应晶体管的主要参数	132
4.6.3	场效应晶体管的使用与检测	133
4.7	集成电路	134
4.7.1	集成电路的分类	134
4.7.2	集成电路的识别与测试	138
4.8	其他元器件	138
4.8.1	继电器	138
4.8.2	LED 数码管	140
4.8.3	开关	142
4.8.4	电声器件	143
4.8.5	光电器件	145
4.8.6	霍尔元件	145
4.8.7	石英晶体	146
4.8.8	保护元件	147
	思考题与习题	148
第 5 章	信号发生器	149
5.1	概述	149

5.1.1	信号发生器的作用	149
5.1.2	信号发生器的分类	150
5.1.3	正弦信号发生器的技术指标	153
5.1.4	信号发生器的组成	155
5.2	模拟信号发生器	156
5.2.1	低频信号发生器	156
5.2.2	高频信号发生器	159
5.2.3	函数信号发生器	160
5.2.4	脉冲信号发生器	165
5.3	合成信号发生器	167
5.3.1	直接模拟频率合成	168
5.3.2	间接频率合成技术	170
5.3.3	直接数字频率合成	177
5.3.4	频率合成信号源	179
5.3.5	几种合成技术的比较	181
	思考题与习题	182
第6章	示波器	183
6.1	概述	184
6.1.1	示波器的发展	184
6.1.2	示波器的分类	184
6.1.3	主要技术指标	185
6.2	通用示波器	187
6.2.1	阴极射线示波管	187
6.2.2	波形显示原理	191
6.2.3	通用示波器的组成	196
6.2.4	通用示波器的垂直通道	197
6.2.5	通用示波器的水平通道	200
6.2.6	通用示波器的多波形显示	207
6.2.7	通用示波器的使用	209
6.3	取样示波器	212
6.3.1	概述	212
6.3.2	取样示波器的组成	214
6.4	数字示波器	215
6.4.1	数字示波器原理	215
6.4.2	数字示波器的使用	220
6.5	示波器的基本测量技术	225
6.5.1	示波器的正确使用	225

6.5.2	用示波器测量电压	226
6.5.3	用示波器测量时间和频率	228
6.5.4	用示波器测量相位	229
6.5.5	用数字示波器测量相位	231
	思考题与习题	232
第7章	频率和时间测量仪器	234
7.1	概述	234
7.1.1	时频定义、基准	234
7.1.2	频率测量方法	236
7.2	电子计数器	240
7.2.1	分类	240
7.2.2	基本组成	240
7.2.3	测量功能	242
7.2.4	主要技术指标	246
7.3	电子计数器的测量误差	247
7.3.1	测量误差的来源	247
7.3.2	频率测量误差分析	248
7.3.3	周期测量误差分析	250
7.4	电子计数器性能的改进	253
7.4.1	多周期测量法	253
7.4.2	游标法	254
7.4.3	内插法	255
7.4.4	平均法	256
7.5	通用计数器实例	257
7.5.1	工作原理	257
7.5.2	技术指标	258
7.5.3	电子计数器的使用	258
	思考题与习题	259
第8章	现代电子测量技术	260
8.1	智能仪器	260
8.1.1	智能仪器的典型结构	260
8.1.2	智能仪器的特点	261
8.1.3	智能仪器的发展趋势	262
8.2	虚拟仪器	263
8.2.1	虚拟仪器概述	264
8.2.2	图形化编程平台 LabVIEW	266
8.2.3	LabVIEW 模板	270

8.2.4 LabVIEW 程序构成	274
8.3 自动测试系统	276
8.3.1 自动测试系统的产生	276
8.3.2 自动测试系统的发展	277
8.3.3 自动测试系统的组成	281
8.3.4 自动测试系统接口总线	283
思考题与习题	291
参考文献	293

第 1 章 绪 论

1.1 测量与计量

1.1.1 测量的意义

21 世纪是信息技术作为第一工业的世纪。信息技术包括很多要素，我国著名科学家钱学森曾指出：信息技术包括测量技术、计算机技术和通信技术。测量技术是关键和基础。其中，测量技术是获取信息的技术，通信技术是信息的传输技术，计算机技术是信息的处理技术。测量在这个信息流中处于源头位置，只有获取到信息才有可能传输信息和处理信息。从一定意义上说，没有测量，信息就成了无本之木、无源之水。

测量技术不管是在工业、农业、航空航天，还是在生物医学、科学研究及人类生活的各个领域都有着广泛的应用。日常生活中处处离不开测量。比如，买水果要称重量；有些疾病需要做心电图等检查；为了保证产品质量，必须对产品进行检测，把好质量关等。由此可见，人们随时随地都离不开测量。

科学定律是定量的定律，建立在严格数量概念上的科学，就更加离不开测量了。俄国著名科学家门捷列夫用一句话概括了测量对科学的作用：科学始于测量，没有测量，便没有精密的科学。测量是我们在科学研究中全面、准确地收集信息、证据的重要方法。测量可以使人们更为客观、精确地把握各种自然现象和社会现象存在的状况。这主要是因为测量工具通常比人的感官更敏感，通过特定工具而进行的测量往往比仅靠人自身感觉的测量要精确得多。例如，对人体基因的测定和人体血液的定量分析，可以判断病变的根源；对蛋白质的反应测量，可以了解胚胎的生长情况；对细胞的测量，可以判断肌体是否发生病变等。

人类的许多知识是依靠测量得到的，通过对自然和社会现象的测量，有时候还可以发现一些未知的物体和现象。在科学技术领域内，许多新的发现、新的发明往往是以测量技术的发展为基础的，测量技术的发展推动着科学技术的前进。从 20 世纪初到现在，诺贝尔奖颁发给仪器发明、发展与相关的实验项目就多达 27 项。纵观科学发展史和科技发明史，许多重大发现和发明都是从仪器仪表与测试技术的进步开始的。众所周知，没有哈勃空间望远镜就难以进行天体科学的研究，天体科学上的许多重大发现都是依靠哈勃空间望远镜的观测而得到的，扫描隧道显微镜的发明也对纳米科技的兴起和发展起着决定性作用。

在现代生产活动中，新的工艺、新的技术、新的设备的产生，也依赖测量技术的发展水平。可靠的测量技术对生产过程自动化、设备的安全以及经济运行都是不可缺少的先决条件。无论是在科学实验还是在生产过程中，一旦离开了测量，必然会给工作带来巨大的盲目性。只有通过可靠的测量，正确地判断测量结果的意义，才有可能进一步解

决自然科学和工程技术上提出的问题。

生产力是社会发展的决定因素，一个国家的国力首先取决于它的生产力，特别是它的制造能力，而测量技术是决定制造水平的因素之一。测量是精细加工和生产过程自动化的基础，没有测量就没有现代化的制造业。在产品设计和生产过程中，为了检查、监督、控制生产过程和产品质量，必须对生产过程中的各道工序和产品的各种参数进行测量，以便进行在线实时监控。生产水平越是高度发达，测量的规模就越大，需要的测量技术与测量仪器也就越先进。例如，在宝山钢铁股份有限公司建设中仪器测试设备投资占总投资的 1/3。仪器仪表、测试装备对整个国民经济的推动作用很大。王大珩等指出仪器仪表是工业生产的倍增器，是高新技术和科研的催化剂，在军事上体现的是战斗力。例如，20 世纪 90 年代美国仪器仪表工业产值只占工业总产值的 4%，但它对国民经济的影响占 66%。

在医学领域，由于心电图、核磁共振成像设备、多普勒脑血管测量仪、超声波诊断设备等现代医用诊断治疗仪的出现，可以快速、准确地测量出人体各部位的生理状态等基本信息，使人类诊断疾病的效率、准确性和可靠性大大提高，这极大地提高了人类战胜疾病的能力。

总之，电子测量技术已渗透到生活、生产、国防、科学研究等各个领域，其应用的广泛性和重要性已越来越为人们所认识。

1.1.2 测量的定义

测量和我们每个人都有密切的联系，人们或多或少对它都有一定的了解。但并非每个人对测量都能给出一个明确的科学定义，也并非每个人都能懂得它的真正含义。英国物理学家开尔文说过：当你能测量并用数字来表达你所谈及的事物，你对它是有所了解的。反之，你的知识则是贫瘠和不能令人满意的，无论该事物是何种事物，你或许处于知识的启蒙阶段，但你尚还未进入科学的殿堂。因此，如果说科学是测量的话，那么，没有测量学便没有科学。这句话既指出了测量是科学研究的基础，同时指出了科学研究的基本内涵。关于测量的科学定义，可以从狭义和广义两个方面进行阐述。

1. 狭义测量的定义

测量是以确定量值为目的的一组操作，操作可以是手动或自动进行的。测量有时也称计量。在此过程中，人们借助专门的设备或仪器，把被测量直接或间接地与同类已知单位进行比较，然后取得用数值和单位共同表示的测量结果。例如，用游标卡尺或螺旋测微计测量工件尺寸，用天平测量物体的质量，用弹簧秤测量物体的重量等。

量：在国家计量技术规范 JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》中“量”的定义是现象、物体或物质的特性，其大小可用一个数和一个参照对象表示。人们把事物可定性区别和定量确定的属性称为量。量可指广义量或特定量。广义量，如长度、电阻等；特定量，如某根金属棒的长度、某根导线的电阻等。

量值：一个数值乘以测量单位所表示的特定量的大小，即数值和单位共同表示的量，量值=数值×单位，如 220V、100Ω、37℃等。

被测量：作为测量对象的特定量，如给定的水样品在 20℃ 时的蒸汽压力。对被测量的详细描述，可要求包括对其他有关量（如温度、时间和压力）做出说明。

测量结果：通过测量所得到的被测量的量值。在测量结果的完整表述中应包括测量不确定度，必要时还应说明有关影响量的取值范围。

单位：人们共同约定的，用于定量表示同种量大小的特定参考量。单位有名称、符号和定义，数值为 1。

上述关于测量的定义较为全面地阐述了测量的内涵，它表明：①测量是通过实验过程去认识对象，说明测量具有实践性；②测量是通过比较来确定被测量的数值的，比较可以采用专门的设备以直接或间接的方法实现；③测量需要同类已知单位来确定被测量的数值；④测量的目的是对被测对象有一个定量的认识，测量结果包含数值（大小和符号），以及单位（标准量的单位名称）。

2. 广义测量的定义

广义地讲，测量不仅对被测的物理量进行定量的测量，而且包括更广泛地对被测对象进行定性、定级的测量，如故障诊断、无损探伤、遥感遥测、矿藏勘探、地震源测定、卫星定位等。而测量结果不仅是由量值和单位来表征的一维信息，还可以用二维或多维的图像、图形信息来表示被测对象的属性特征、空间分布和拓扑结构。

广义测量原理可以从信息获取的过程来说明。信息获取的首要环节是信息的感知，把事物信息转换成某种物理量形式表现的信号。所以，感知的实质是识别所感受到的信息是有用的还是无用的，甚至是否为有害的。如果是有用的信息，则要把这种信息同其他信息分离出来，再判明它属于哪一类信息；如果是有害的信息，则找到有效的方法对它进行抑制或消除。有用信息识别的基本原理是与标准量进行比较，判断出信息的属性和数量。为了对感知的信息进行定性区分和定量测量，建立信息类别相似性的表示和信息量值的度量是信息识别的主要任务。

例如，天平称重是通过天平机构来感知重物，并通过与砝码的直接比较来获取被测物体质量的量值信息。换句话说，测量的主体借助天平完成感知和识别的任务。弹簧秤称重是通过弹簧来感知重物，即把重量变成弹簧的形变，最后变成指针移动。测量主体从指针的位移感知出质量，而质量的识别是通过与标准量进行间接比较来完成的。

1.1.3 测量的组成

测量系统是用来对被测对象特性定量测量或定性评价的仪器或量具、标准、操作、方法、夹具、软件、人员、环境和假设的集合，即用来获得测量结果的整个系统。从上述定义可知，测量要有测量对象；测量要由测量人员来实施；测量需要有相应的测量仪器作为工具；测量要由相应的测量技术作为指导，并在具体的测量环境下完成实施。因此，构成测量的基本要素有被测对象、测量仪器、测量技术、测量人员和测量环境。

被测对象是从被测的客体中取出的信息；测量仪器包括测量量具与设备；测量技术是所采用的测量原理、方法及技术措施；测量人员是实施测量过程的主体；测量环境是测量过程所处空间的一切物理和化学条件的总和，它们之间相互联系与配合，具体如

图 1-1 所示。

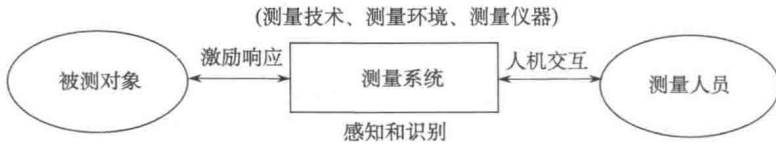


图 1-1 测量的基本要素

1. 被测对象——信息

1948 年，数学家香农在论文《通信的数学理论》中指出“信息是用来消除随机不定性的东西”。信息，指音讯、消息、通信系统传输和处理的对象，泛指人类社会传播的一切内容。在一切通信和控制系统中，信息是一种普遍联系的形式。创建一切宇宙万物的最基本万能单位是信息，人们通过获得、识别自然界和社会的不同信息来区别不同事物，进而认识和改造世界。信息所描述的内容能通过某种载体如符号、声音、文字、图形、图像等来表征和传播。

2. 测量系统——量具和测量仪器

测量系统包括量具、测试仪器、测试系统及附件等，它是为执行一定的测量任务组合起来的量具和测量仪器。

量具是实物量具的简称，它是一种在使用时具有固定形态、用以复现或提供给定量的一个或多个已知量值的器具。量具一般不带指示器，也不含测量过程中的运动部件，而由被计量对象本身形成指示器。

量具按照用途可以分为标准器具、通用器具和专用器具。标准器具指用作测量或检定标准的量具，如量块、多面棱体等；通用器具一般指由量具厂统一制造的通用性量具，如直尺、平板、角度块、卡尺等；专用器具指专门为检测工件某一技术参数而设计制造的量具，如内外沟槽卡尺、钢丝绳卡尺、步距规等。

测量仪器是为了取得被测对象某些属性值所需要的第三方标准，它能间接或直接地测量各种被测量的仪表设备。借助于测量仪器，可把测量结果转换为测量主体能直接感觉的形式，如指针偏转、耳机声音、显示器的数值或图像等。测量仪器有万用表、示波器等。

3. 测量技术

测量中所采用的原理、方法和技术措施，总称为测量技术。

测量原理作为测量基础的原理，它可以是具有物理、化学或者生物性质的原理，例如，利用热电效应测量温度，利用能量吸收现象测量物质的量的浓度。

测量中用各种手段将被测量与同类标准量进行比较，从而确定出被测量大小的方法称为测量方法，如间接测量法、直接测量法、组合测量法，又或者时域测量法、频域测量法等。

被测对象不同,所采用的技术措施也不同。测量技术对测量工作是十分重要的,它关系测量任务能否完成。例如,被测量中有电量和非电量之分,电量中又有电流电压、幅值大小、频率范围、有源和无源等不同,这些差别在测量中需要采用不同的技术措施,需要针对不同测量任务的具体情况进行分析后,找出切实可行的测量方法,然后根据测量方法选择合适的检测技术工具组成测量系统,从而进行实际的测量。

4. 测量人员

测量人员是获取信息的主体,主宰了测量过程中的一切活动。测量人员可以直接手动完成测量过程;或者事先完成测量策略制定、软件算法和程序编写,然后控制智能设备仪器完成测量。测量人员首先完成仪器调零、开机预热等工作,以及借助于仪器仪表的人机对话功能完成测量项目、测量量程的选择;在测量过程中,测量人员对仪器仪表发布各种控制命令,并实时查询仪器的工作状态;在测量结束后,测量人员读取最后的测量结果,并记录、存储、显示和打印测量结果。

例如,用模拟示波器测量电压,需要事先完成校正、预热、辉度调节等工作,然后把被测电压接至输入通道,并选择合适的水平扫描速度和垂直电压分辨率,待被测波形稳定后,再在屏幕上根据偏转的距离和分辨率完成被测电压的读数。

5. 测量环境

测量环境是指测量过程中人员、对象和仪器系统所处空间的一切物理和化学条件的总和。环境条件对测量性能的影响,是指环境的温度、湿度、噪声、振动、电源、电磁干扰、化学气雾和粉尘等条件对能直接或间接测量被测对象量值的装置、量具、仪器仪表和标准物质的计量设备的影响。标准测量环境是指按统一条件设定的测量场所,可以控制环境对测量的不利影响,以保证测量的正确性,如果不符合规定的条件,则会给测量结果带来一定的误差。测量环境对被测对象、测量系统,以及测量人员均有影响。因此,应当重视测量环境,采取适当的措施,尽量减少由于环境而造成的测量误差。

1.1.4 测量的方案设计

测量过程是指测量人员获取测量客体的量值信息的过程。测量过程可分为论证阶段、设计阶段和实施阶段。整个过程如图 1-2 所示。

(1) 论证阶段:测量人员根据测量任务的要求、被测对象的属性特点,以及现有仪器设备的状况,综合考虑,拟定测量的总体方案。

(2) 设计阶段:测量人员根据现有的仪器设备,选用测量仪器并进行互连,搭建起硬件测试平台;根据测量的任务和原理、方法、技术措施,制定出测量算法和测量程序。

(3) 实施阶段:测量人员对仪器和系统实施测量操作,发出控制命令,按照逻辑和时序完成测量过程,获取测量数据,分析测量误差并显示测量结果。

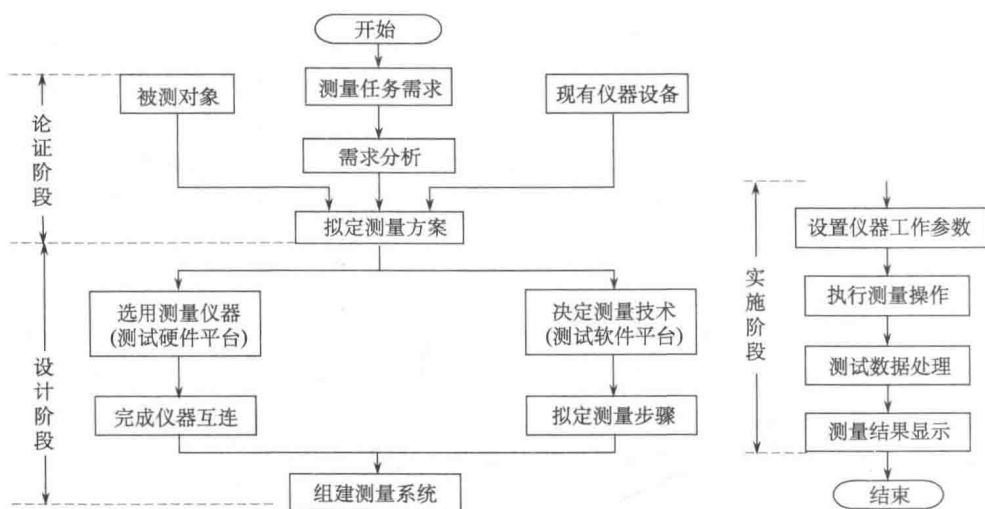


图 1-2 测量过程的流程图

1.1.5 计量的基本概念

1. 计量的定义

随着生产的发展，商品交换与国内、国际交往越来越频繁，客观上要求对同一个量在不同的地方用不同的测量手段测量时，所得的结果应该是一致的。为了保证这种一致性，必须定义出人们能够共同遵守的、准确的、经得起时间考验的单位。几百年来，各国政府和科学家为此付出了巨大的努力，并创立了以国际单位制(SI)单位为基础的国际测量标准，从而奠定了计量学的基础。

计量是指为实现单位统一、量值准确可靠的活动。计量是利用技术与法制手段实施的一种特殊形式的测量，即把被测量与国家计量部门作为基准或标准的同类单位量进行比较，以确定被测量合格与否，并给出具有法律效力的鉴定证书。因此，计量是为了保证量值统一和准确的一种测量，它具有统一性、准确性和法制性等三个主要特征。计量工作是国民经济中一项极为重要的技术基础工作，它在工农业生产、科学技术、国防建设以及人们生活等各个方面起着技术保障和技术监督的作用。

测量是通过一定的测量方法将被测未知量和同类已知的标准单位量进行比较的过程，认为被测量的真实值是存在的，测量误差是由测量仪器和测量方法等引起的。计量是通过计量器具用法定标准的已知量和同类的未知量进行比较的过程，认为标准量和计量器具是准确、法定的，而测量误差是由受检仪器引起的。在测量过程中，已知量是通过所使用的测量仪器直接或间接地表现出来的，为了保证测量结果的准确性，必须定期地对测量仪器进行检定和校准，这个过程就是计量，计量是测量的特殊形式。因此，计量和测量是既有密切联系，又有一定区别的两个概念。

2. 单位和单位制

在测量过程中，被测量与标准量相比较后得到的结果是被测量是标准量的若干倍，

这个标准量的取值称为一个单位。如果标准单位选取不同或出现偏差,则测量结果失去了可比性。单位制就是以科学理论为依据,严格定义、统一的标准单位的体制。因此,单位制是计量学的基础内容。

但是,单位制类型过多会给科学技术应用带来许多麻烦。为了解决这一突出问题,1948年第9届国际计量大会上通过一项决议,建议国际上采用一种以实用单位为基础的统一单位制。1960年第11届国际计量大会上正式通过了包括米、千克等在内的6个基本单位,命名为国际单位制,并规定以SI作为国际单位制的简称,1974年第14届国际计量大会又决定在原先的国际单位制中增补一个基本单位——物质的量的单位摩尔。我国也确立了以国际单位制为基础的法定计量单位,并以法律形式强制使用。1984年2月国务院颁布了《中华人民共和国法定计量单位》,决定我国法定计量单位以国际单位制为基础,并包括11个我国选定的非国际单位制单位,具体有时间(分、时、天)、平面角(秒、分、度)、长度(海里)、质量(吨、原子质量单位)、体积(升)、面积(公顷)、旋转速度(转/分)、速度(节)、能(电子伏)、级差(分贝)和线密度(特克斯)。

在国际单位制中,单位包括基本单位、导出单位和辅助单位三类。基本单位是可以彼此独立地加以规定的物理量单位,共有7个,分别是长度单位米(m)、质量单位千克(kg)、时间单位秒(s)、电流单位安培(A)、热力学温度单位开尔文(K)、发光强度单位坎德拉(cd)和物质的量单位摩尔(mol)。将基本单位按一定的定义、定律或函数关系推导出来的单位称为导出单位,例如,力的单位牛顿(N)定义为使质量1kg的物体产生加速度 1m/s^2 的力,即 $1\text{N}=1\text{kg}\cdot\text{m/s}^2$ 。国际单位制中包括两个辅助单位,分别是平面角的单位弧度(rad)和立体角的单位球面度(sr)。国际单位制就是由7个基本单位、2个辅助单位及19个具有专门名称的导出单位构成的一种单位制。

SI单位的倍数是由SI词头和SI单位构成的。词头通常按顺序从 10^{-24} 到 10^{24} 改变单位的量,具体见表1-1。据此,可组成大小不同的SI单位的十进制倍数单位或分数单位,以满足不同场合对单位大小的不同需要。例如,词头千(k)与长度单位米(m)构成的倍数单位为千米(km)。

表 1-1 SI 单位词头

因数	词头	国际符号	中文符号	因数	词头	国际符号	中文符号
10^{24}	yotta	Y	尧	10^{-1}	deci	d	分
10^{21}	zetta	Z	泽	10^{-2}	centi	c	厘
10^{18}	exa	E	艾	10^{-3}	milli	m	毫
10^{15}	peta	P	拍	10^{-6}	micro	μ	微
10^{12}	tera	T	太	10^{-9}	nano	n	纳
10^9	giga	G	吉	10^{-12}	pico	p	皮
10^6	mega	M	兆	10^{-15}	femto	f	飞
10^3	kilo	k	千	10^{-18}	atto	a	阿
10^2	hecto	h	百	10^{-21}	zepto	z	仄
10^1	deca	da	十	10^{-24}	yocto	y	幺