



中国机械工程学科教程配套系列教材
教育部高等学校机械设计制造及其自动化专业教学指导分委员会推荐教材

测试技术基础 (第2版)

王伯雄 主编

China Mechanical Engineering Curricula
中国机械工程学科教程

清华大学出版社



中国机械工程学科教程配套系列教材
教育部高等学校机械设计制造及其自动化专业教学指导分委员会推荐教材

测试技术基础 (第2版)

王伯雄 主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是原《测试技术基础》一书的改版,讲述测试技术的理论、方法和应用。作为清华大学机械工程学院平台课“测试技术基础”的教材。全书共分7章,介绍测试技术的理论基础,包括测量的本质,信号理论,测试信号的分析 and 处理,测试系统的特性描述,精确测试的原则和实现条件,典型传感器的作用原理和应用,信号的调理与输出,以及虚拟测试仪器技术。

本书可作为高等院校机械、仪器、测控、自动化、信息技术等专业的教材,也可作为工程技术人员的专业参考书。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

测试技术基础 / 王伯雄主编. --2 版. --北京:清华大学出版社,2012.4

(中国机械工程学科教程配套系列教材暨教育部高等学校机械设计制造及其自动化专业教学指导分委员会推荐教材)

ISBN 978-7-302-28459-8

I. ①测… II. ①王… III. ①测试技术—高等学校—教材 IV. ①TB4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 060678 号

责任编辑:庄红权

封面设计:常雪影

责任校对:赵丽敏

责任印制:王静怡

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京嘉实印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:20.5

字 数:490 千字

版 次:2003 年 4 月第 1 版 2012 年 5 月第 2 版

印 次:2012 年 5 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:38.00 元

产品编号:047018-01

中国机械工程学科教程配套系列教材暨教育部高等学校
机械设计制造及其自动化专业教学指导分委员会推荐教材

编 委 会

顾 问
李培根院士

主任委员
陈关龙 吴昌林

副主任委员
许明恒 于晓红 李郝林 李 旦 郭钟宁

编 委(按姓氏首字母排列)
韩建海 李理光 李尚平 潘柏松 芮执元
许映秋 袁军堂 张 慧 张有忱 左健民

秘 书
庄红权

我曾提出过高等工程教育边界再设计的想法,这个想法源于社会的反应。常听到工业界人士提出这样的话题:大学能否为他们进行人才的订单式培养。这种要求看似简单、直白,却反映了当前学校人才培养工作的一种尴尬:大学培养的人才还不是很适应企业的需求,或者说毕业生的知识结构还难以很快适应企业的工作。

当今世界,科技发展日新月异,业界需求千变万化。为了适应工业界和人才市场的这种需求,也即是适应科技发展的需求,工程教学应该适时地进行某些调整或变化。一个专业的知识体系、一门课程的教学内容都需要不断变化,此乃客观规律。我所主张的边界再设计即是这种调整或变化的体现。边界再设计的内涵之一即是课程体系及课程内容边界的再设计。

技术的快速进步,使得企业的工作内容有了很大变化。如从20世纪90年代以来,信息技术相继成为很多企业进一步发展的瓶颈,因此不少企业纷纷把信息化作为一项具有战略意义的工作。但是业界人士很快发现,在毕业生中很难找到这样的专门人才。计算机专业的学生并不熟悉企业信息化的内容、流程等,管理专业的学生不熟悉信息技术,工程专业的学生可能既不熟悉管理,也不熟悉信息技术。我们不难发现,制造业信息化其实就处在某些专业的边缘地带。那么对那些专业而言,其课程体系的边界是否要变?某些课程内容的边界是否有可能变?目前不少课程的内容不仅未跟上科学研究的发展,也未跟上技术的实际应用。极端情况甚至存在有些地方个别课程还在讲授已多年弃之不用的技术。若课程内容滞后于新技术的实际应用好多年,则是高等工程教育的落后甚至是悲哀。

课程体系的边界在哪里?某一门课程内容的边界又在哪里?这些实际上是业界或人才市场对高等工程教育提出的我们必须面对的问题。因此可以说,真正驱动工程教育边界再设计的是业界或人才市场,当然更重要的是大学如何主动响应业界的驱动。

当然,教育理想和社会需求是有矛盾的,对通才和专才的需求是有矛盾的。高等学校既不能丧失教育理想、丧失自己应有的价值观,又不能无视社会需求。明智的学校或教师都应该而且能够通过合适的边界再设计找到适合自己的平衡点。

我认为,长期以来,我们的高等教育其实是“以教师为中心”的。几乎所有的教育活动都是由教师设计或制定的。然而,更好的教育应该是“以学生

为中心”的,即充分挖掘、启发学生的潜能。尽管教材的编写完全是由教师完成的,但是真正好的教材需要教师在编写时常怀“以学生为中心”的教育理念。如此,方得以产生真正的“精品教材”。

教育部高等学校机械设计制造及其自动化专业教学指导分委员会、中国机械工程学会与清华大学出版社合作编写、出版了《中国机械工程学科教程》,规划机械专业乃至相关课程的内容。但是“教程”绝不应该成为教师们编写教材的束缚。从适应科技和教育发展的需求而言,这项工作应该不是一时的,而是长期的,不是静止的,而是动态的。《中国机械工程学科教程》只是提供一个平台。我很高兴地看到,已经有多位教授努力地进行了探索,推出了新的、有创新思维的教材。希望有志于此的人们更多地利用这个平台,持续、有效地展开专业的、课程的边界再设计,使得我们的教学内容总能跟上技术的发展,使得我们培养的人才更能为社会所认可,为业界所欢迎。

是以为序。



2009年7月

第2版前言

FOREWORD(2)

《测试技术基础》自2003年出版以来,得到广大读者的信任和使用,期间也收到不少读者的反馈意见。另外,我们在自身的教学实践中也进一步积累了对本书使用的经验,因此在多年的使用之后,有必要对本书的内容做一次全面的审视和修改。

本书是对《测试技术基础》一书的改版。新版书在原版书的基础上,主要做了以下的调整和修改:

(1) 根据课程的新教学大纲,以测试技术的基础理论学习为主,精简内容,删除原书第二部分“典型测试技术的应用”的内容,将这一部分内容并入《工程测试技术》一书中。

(2) 精化各章节的内容叙述,以介绍测试技术的原理、方法和技术为主,突出各章的重点,并融合少量的应用案例,以求在基础理论学习的基础上,满足学生对测试技术实际应用的了解。

(3) 紧跟测试技术的发展,删除已显陈旧的知识点,力求把最新的技术展示给读者。

(4) 每章之后增加了习题,以利于学生在书本知识学习的基础上,通过对习题的练习巩固所学知识要点。

第2版内容共分7章。第1章概述,介绍测试技术的发展和作用,本书内容的学习要点,以及作为测量基础的标准和国际单位制。第2章介绍信号理论,测试信号的分析 and 处理。第3章介绍机械系统特性描述的方法和理论,精确测试的原则和实现条件。第4章为测试信号的传感,介绍典型传感器的原理和应用。第5章为测试信号的转换与调理,有关信号电桥、调制解调、滤波和A/D与D/A转换。第6章为信号输出,介绍常用输出技术的方法和原理。第7章介绍虚拟仪器技术。全书以测试信号的传输和处理为主线,结合组成测试系统的各功能模块展开叙述,读者可根据自身的教学目的和要求,有侧重地选取本书的内容。

作者水平有限,书中缺点错误在所难免,恳请读者批评指正。

作者

2012年1月30日于清华园

第1版前言

FOREWORD(1)

工农业生产的发展和现代科学技术的进步极大地促进了测试技术的发展。一方面,对各种物理量的测量提出了越来越广泛的要求,同时对各种测试技术人员的需求也变得越来越迫切;另一方面,在高等教育领域,测试技术的教学已经得到越来越多的重视。十几年前,全国仅有少数高校开设测试技术这门课,而如今几乎绝大部分的工科院校均已将这门课作为本科生或研究生的一门必修的专业基础课。在此基础上涌现出了一批各种类型的教材、讲义和著作,对测试技术的普及和发展起到了进一步的推动作用。这从另一个侧面说明了测试技术的重要性。

清华大学是全国最早开设测试技术课程的高校之一。作为机类专业本科生必修的一门专业基础课,在长期的教学实践中,我们在教材和实验室建设等方面积累了一定的经验。近年来,在清华大学“211”工程和“985”项目的支持下,又对原有的测试技术课程体系进行了改革,更新教材内容,增设新的实验项目、并统筹了机类各专业测试技术课程的教学大纲。本书即是根据清华大学机械工程学院平台课“测试与检测技术基础”的新教学大纲进行编写的,旨在提供一本适合于本科生教学的有关测试技术的基础理论方面的教材。

全书分两大部分,共11章。第一部分共7章,主要介绍测试技术的理论基础。其中第1章为概述,介绍测试技术的发展、意义及涵盖的内容,同时也讲述了测量标准和国际单位制方面的内容。第2章介绍信号的理论、测试信号的分析与处理。第3章介绍测试系统特性描述的方法与理论。第4章、5章、6章分别介绍了测试信号的传感、调理和输出方面的理论及应用。近年来,虚拟仪器技术的发展为现代测试技术开辟了一个新的领域,本书第7章专门介绍了虚拟测试技术的概况。另外,微纳米技术及微型传感器技术的迅速发展给传感器领域带来了新的活力。微型传感器以其体积小、功耗低、功能强等诸多优点正受到人们越来越多的关注,因此在第4章“被测量的获取”中,专门介绍微型传感器方面的知识。第二部分共4章,介绍典型测试技术的应用,其中主要介绍了四种常见物理量的测试与检测:振动(位移、速度、加速度)、力(压力)、温度和流量。目的是在第一部分内容学习的基础上,使读者进一步掌握综合利用测试技能进行不同物理量测试的知识。在教学内容的安排上,这部分内容作为测试技术的应用,可根据不同的专业和教学对象来加以取舍。

本书在编写过程中,参阅了大量国内外的有关教材、专著和文献,结合作者多年的教学经验和体会,力求将最新的、代表当今最先进技术的内容引进本书中。在内容和章节的安排上,力求做到内容的连贯性和系统性。

本书由清华大学王伯雄教授主编,参加编写的有清华大学陈非凡副教授(第6章),清华大学罗秀芝高级工程师(第2章中数字信号处理部分内容),其余各章节均由王伯雄编写。全书由清华大学周兆英教授担任主审。本书内容的录入与整理由清华大学陈华成、朱从锋、刘振江完成。另外,在本书的编写过程中,清华大学吴正毅教授提出了许多宝贵的意见和建议。对此一并向他们表示作者的深深谢意。

由于作者水平有限,书中缺点和错误在所难免,恳请广大读者批评指正。

作 者

2003年2月于清华园

目 录

CONTENTS

- 第 1 章 绪论** 1
 - 1.1 测试技术的发展与研究的内容 1
 - 1.2 测量的本质和基本前提 3
 - 1.3 标准及其单位 3
 - 1.3.1 国际单位制及其基本单位 4
 - 1.3.2 国际单位制的导出单位 5
 - 1.3.3 单位的十进制倍数和小数 7
 - 习题 7

- 第 2 章 测试信号分析与处理** 8
 - 2.1 信号与测试系统 8
 - 2.2 信号描述 9
 - 2.2.1 信号的定义 10
 - 2.2.2 信号的分类 10
 - 2.2.3 信号的时域和频域描述方法 15
 - 2.2.4 周期信号的频域描述 16
 - 2.2.5 周期信号的功率 24
 - 2.2.6 非周期信号的频域描述 27
 - 2.2.7 随机信号描述 52
 - 2.3 数字信号处理 71
 - 2.3.1 离散傅里叶变换 71
 - 2.3.2 离散傅里叶变换的性质 77
 - 2.3.3 采样定理 78
 - 2.3.4 泄漏与加窗处理 81
 - 2.3.5 栅栏效应 84
 - 2.3.6 快速傅里叶变换 86
 - 习题 94

- 第 3 章 测试系统特性分析** 98
 - 3.1 概述 98

3.2	测量误差	99
3.3	测试系统的静态特性	100
3.4	测试系统的动态特性	103
3.4.1	线性系统的数学描述	103
3.4.2	用传递函数或频率响应函数描述系统的传递特性	104
3.5	测试系统实现精确测量的条件	125
3.6	测试系统的负载效应	128
3.6.1	负载效应	128
3.6.2	一阶系统的互联	129
3.6.3	二阶系统的互联	131
	习题	135
第4章	被测量的获取	137
4.1	被测量获取的基本概念	137
4.2	传感器的分类	138
4.3	电阻式传感器	140
4.3.1	工作原理	140
4.3.2	滑动触点式变阻器	141
4.3.3	应变式传感器	143
4.4	电阻式温度计	150
4.5	热敏电阻	152
4.6	电感式传感器	154
4.6.1	自感式	154
4.6.2	互感式	162
4.6.3	磁弹性测力传感器	167
4.6.4	压磁式互感传感器	168
4.7	电容式传感器	169
4.7.1	间隙变化型	170
4.7.2	面积变化型	171
4.7.3	介质变化型	173
4.8	压电传感器	177
4.8.1	压电效应	178
4.8.2	压电传感器工作原理及测量电路	182
4.8.3	压电传感器的应用	186
4.9	磁电式传感器	193
4.9.1	动圈式和动铁式传感器	193
4.9.2	磁阻式传感器	196
4.9.3	涡流-磁电式相对加速度传感器	196
4.10	红外辐射检测	198

4.10.1	红外辐射	198
4.10.2	红外探测器	199
4.10.3	红外检测应用	200
4.11	固态图像传感器	204
4.12	霍尔传感器	209
4.12.1	作用原理	209
4.12.2	霍尔效应的应用	211
	习题	213
第5章	测试信号的转换与调理	216
5.1	电桥	216
5.1.1	直流电桥	216
5.1.2	交流电桥	219
5.1.3	变压器式电桥	222
5.1.4	电桥使用中应注意的问题	223
5.2	调制与解调	225
5.2.1	幅值调制与解调	226
5.2.2	频率调制与解调	235
5.3	滤波	241
5.3.1	概述	241
5.3.2	滤波器的一般特性	244
5.3.3	滤波器类型	248
5.3.4	滤波器的综合运用	256
5.3.5	其他种类的滤波	263
5.4	模拟/数字转换器	265
5.4.1	量化	265
5.4.2	A/D转换器	265
5.4.3	抗混滤波器	268
5.4.4	数字/模拟(D/A)转换器	269
	习题	272
第6章	信号的输出	274
6.1	概述	274
6.2	信号输出的形式及分类	274
6.3	显示和指示类信号输出	275
6.3.1	模拟指示	275
6.3.2	数码显示	278
6.3.3	图视显示	284
6.4	记录类信号输出	288

6.4.1 硬拷贝记录	288
6.4.2 模拟记录	291
6.4.3 数字记录	298
习题	301
第7章 虚拟测试系统	302
7.1 概述	302
7.2 虚拟仪器的构成	303
7.2.1 虚拟仪器的硬件模块	303
7.2.2 虚拟仪器的软件模块	305
7.3 虚拟测试系统的应用	309
习题	310
参考文献	311

绪 论

1.1 测试技术的发展与研究的内容

知识的获取往往从测量开始。人类在其自身的社会发展中创造并发展了测量学,人类早期的测量活动涉及对长度(距离)、时间、面积和重量等量的测量。随着社会的进步和科学的发展,测量活动的范围不断扩大,测量的工具和手段不断精细和复杂化,从而也不断地丰富和完善了测量的理论。早在公元前 3000 年,古埃及人出于对工程和生产的需要便已建立了长度的统一标准——埃尔,他们将当时统治埃及的法老的自肘关节起到其中指指尖的长度加上他手中一根棕榈枝长的总长度定义为“1 埃尔”,并将该长度标准用黑色花岗岩来实现而作为原始标准。埃及人在建造众多的祠庙和金字塔的浩大工程中正是使用了这一长度标准。秦始皇在统一六国后便立即建立了统一的度量衡制度,并对破坏这一制度的人课以严厉的刑罚。这些都说明了测量对促进当时生产发展和社会进步的重要性。今天,测量已渗透到人类活动的每个领域。从我们日常生活的三表(水、电、煤气表)、每日的天气预报、医院中的病人监护设施、汽车中的各种指示仪表,直至宇宙飞船的姿态控制装置、飞机的导航仪表,测量无处不在。科学技术的飞速发展给测量学这一古老的学科注入了新的活力,现代电子技术、尤其是信息技术的发展更推动了测量学科的迅猛发展。因此测量学是一门多学科交叉的边缘学科。毫不夸张地说,任何一门学科都可以在测量学科中找到它的踪迹。反过来说,测量学科的发展也进一步促进了其他学科的发展。

英国物理学家开尔文勋爵(William Thomson,温度单位 K 即以他的名字来命名)说过:“凡存在之物,必以一定的量存在。”他又说:“我经常说,当你能测量你所谈及的事物并将它用数字表达时,你对它便是有所了解的;而当你不能测量它,不能将它用数字表达时,你的知识是贫瘠的且不能令人满意的。”开尔文勋爵的这两段话指出了测量的广博性,也指出了测量的内涵及科学性。的确,凡是要定量地描述事物的特征和性质的地方,都离不开测量。

我们处在一个广大的物质世界中,面对众多的测量对象和测量任务,被测的量千差万别、种类各异。但根据被测的物理量随时间变化的特性,可将它们总体地分成静态量和动态量。静态量是指那些静止的或缓慢变化的物理量,对这类物理量的测量称为静态测量;动态量是指随时间快速变化的物理量,对它们的测量称为动态测量。测试技术是关于测量和试验的技术:为了保证加工零件的质量,要对机床主轴的振动特性进行监测和分析;飞机在飞行时依靠众多的仪表来测量和指示航向、速度、加速度、里程等一系列数据,从而确保飞机始终位于正确的航程中;轧钢过程中对轧制的带钢厚度及宽度尺寸的连续自动检测;旋转机械因轴承摩擦发热而造成的部件热变形的检测……。本书主要研究动态量的测量,亦即动态测量的理论、方法及应用。

一个测量或测试系统可用图 1.1 所示的原理方框图来描述。

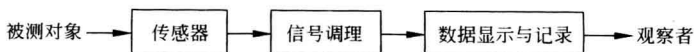


图 1.1 测试系统原理框图

传感器是测试系统中的第一个环节,用于从被测对象获取有用的信息,并将其转换为适合于测量的变量或信号。如采用弹簧秤测量物体受力时,其中的弹簧便是一个传感器或者敏感元件,它将物体所受的力转换成弹簧的变形——位移量。又如在测量物体的温度变化时,可采用水银温度计作传感器,将热量或温度的变化转换为汞柱亦即位移的变化。同样可采用热敏电阻来测温,此时温度的变化便被转换为电参数——电阻率的变化。再如在测量物体振动时,可以采用磁电式传感器,将物体振动的位移或振动速度通过电磁感应原理转换成电压变化量。对于一个测量任务来说,第一步是能够(有效地)从被测对象取得能用于测量的信息,因此传感器在整个测量系统中的作用十分重要。

信号调理部分是对从传感器所输出的信号作进一步的加工和处理,包括对信号的转换、放大、滤波、储存、重放和一些专门的信号处理。这是因为从传感器出来的信号往往除有用信号外还夹杂有各种有害的干扰和噪声,因此在做进一步处理之前必须将干扰和噪声滤除掉。另外,传感器的输出信号往往具有光、机、电等多种形式,而对信号的后续处理往往都采取电的方式和手段,因而有时必须把传感器的输出信号进一步转换为适宜于电路处理的电信号,其中也包括信号的放大。通过信号的调理,最终希望获得便于传输、显示和记录以及可做进一步后续处理的信号。

显示和记录部分是将调理和处理过的信号用便于人们观察和分析的介质和手段进行记录或显示。

图 1.1 所示的三个方框中的功能都是通过传感器和不同的测量仪器和装置来实现的,它们构成了测试系统的核心部分。但需要注意的是,被测对象和观察者也是测试系统的组成部分。这是因为在用传感器从被测对象获取信号时,被测对象通过不同的连接或耦合方式也对传感器产生了影响和作用。同样,观察者通过自身的行为和方式也直接或间接地影响着系统的传递特性。因此在评估测试系统的性能时必须也考虑这两个因素的影响。

测试系统是用来测量被测信号的,被测信号经系统的加工和处理之后在系统的输出端以不同的形式被输出。系统的输出信号应该真实地反映原始被测信号,这样的测试过程被称为“精确测试”或“不失真测试”。如何实现一个精确的或不失真的测试?系统各部分应具备什么样的条件才能实现精确的测试?这是测试技术中所要研究的一个主要问题。本书将始终围绕精确测试这一主题对各章节进行展开和讨论。

对于高等院校机械类各专业的学生来说,“测试技术”是一门专业基础课。通过对本课程的学习,要求学生掌握有关测试技术的基本理论和技术,掌握对一个测试系统各部分的参数进行测量和分析的方法和手段,从而为进一步研究和处理工程测试技术问题打下基础。本书讲述的重点主要有:

(1) 信号与信号处理的理论和方法。包括信号的时域和频域的描述方法,信号的频谱和谱分析的方法,信号的卷积与相关,以及数字信号处理的基本理论和方法。

(2) 测试系统的参数及其评价方法。包括测试系统传递特性的时、频域描述,脉冲响应函数和频率响应函数,一、二阶系统的动态特性描述及其参数的测量方法,以及不失真测试的条件。

(3) 传感器理论。包括各类常用传感器的原理、结构及性能参数,以及典型传感器的应用。

(4) 信号调理的原理和方法。包括电桥、信号的调制与解调、信号的滤波、信号的模/数和数/模转换,上述各种电路的典型应用。

(5) 常用显示与记录仪器的工作原理及结构,它们的动态性能及应用。

测试技术是一门实践性很强的课程,因此本课程在理论学习的同时,也强调学生实验能力的培养。为此,在每章的学习过程中均安排有实验,以期使学生通过实验进一步加深对所学章节内容的消化和理解,培养学生运用测试技术解决工程问题的能力。本课程所有的实验均编写在《测试与检测技术实验指示书》中,本书对此不作介绍。

1.2 测量的本质和基本前提

广义地讲,测量过程一方面是采集和表达被测物理量,另一方面是与标准作比较。因此测量数值总是与一定的标准紧密相连的。

将度量数字 x 作为比较量 N (标准) 的倍数赋予被测量 X , 则有:

$$X = xN \quad (1.1)$$

从量纲上考虑对应上式有下述公式成立:

$$[d] = [-] \cdot [d] \quad (1.2)$$

式中: d ——量纲。

式(1.1)和式(1.2)即为测量定义的数学表达。应注意的是,上述操作亦即测量只有在满足以下两个基本前提条件下才能实施:

- (1) 被测的量必须有明确的定义;
- (2) 测量标准必须通过协议事先确定。

这两个条件并不是自然地就能被满足的,亦即并非所有的量都有明确的定义。像长度、时间和重量等量是可以也已经被人们明确定义了的,而另外的一些量,诸如空调技术中的“环境舒适度”或人的“智力”等,至今也不可能有一致公认的定义,因而在上述意义上是不可测的。

彼此相互独立的标准称之为绝对标准或基本标准,在国际计量大会(Conférence Générale des Poids et Mesures, CGPM)上定义了7个基本标准:长度、质量、时间、温度、电流、光强和原子物理中的物质的量。

1.3 标准及其单位

所有的国家在商业及其他涉及公众利益的范围内都制定有法定计量学的规定条例,这些条例涉及法定计量学的三大范畴:

- (1) 确定单位和单位制;
- (2) 确定国家施加影响的范围(测量仪表的校准义务,官方的监督职能和校准能力);
- (3) 实施校准和官方监督。

这一体制一方面用于保证正当竞争,另一方面应保护公民免遭不公平的对待或由不正确计量结果所带来的损害。而最重要的是要保护消费者的利益,使之能得到计量准确的商品,并通过对计量仪器提出的最低要求来促进有效的竞争。通常在上述规定范围内所使用的仪器必须经过校验,这种校验多数情况下要事先经过上级计量局的准许。它大多数由国家级机构进行的多级检验所组成,最后盖章完成。

目前各国对给予许可和进行校验所依据的条文的规定还不完全相同,因为它涉及仪表结构和误差的范围。一些国际团体,如作为米制公约组织的国际计量大会、法定计量学国际组织以及欧共体等等正努力来统一各国的法定条例。

1.3.1 国际单位制及其基本单位

国际计量大会在1960年将大会以前所确定的7个基本单位所组成的系统命名为“国际单位制”,国际上统一缩写为SI(Système International d'Unités)。这7个基本单位分别赋予7个基本量,经协议规定被认为是彼此独立的(表1.1)。SI基本单位的定义如下:

(1) 1米定义为真空中的光在 $\frac{1}{299\,792\,458}$ s时间内所经过的距离(1983年)。该标准的复制精度可达 $\pm 10^{-9}$ 。

(2) 1千克定义为国际千克原型器的质量(1889年),该国际千克原型器是保存在法国巴黎塞夫勒博物馆中的一根铂铱合金圆柱体。其复制精度可达 10^{-9} 数量级。

(3) 1秒定义为铯133原子基态的两个超精细结构能级间的跃迁所对应的周期的9 192 631 770倍(1967年)。

表 1.1 国际单位制的基本量和基本单位

量的名称	量纲	SI 单 位	
		单位名称	单位符号
长度	L	米	m
质量	M	千克	kg
时间	T	秒	s
电流	I	安[培]	A
热力学温度	Θ	开[尔文]	K
物质的量	N	摩[尔]	mol
发光强度	J	坎[德拉]	cd