

严晓新 编著 李宗明 主审



# 建筑工程质量 检测与司法

## 鉴定 实务



黄河水利出版社

# 建筑工程质量检测与司法鉴定实务

严晓新 编著  
李宗明 主审

黄河水利出版社

## 内 容 提 要

本书系统介绍了建筑工程可能出现的病害及其产生的影响,以及对建筑物进行可靠度鉴定的方法与程序。内容包括一般计量认证的基本知识、建筑物检测原理与技术、建筑工程质量常用的检测方法、建筑物的可靠度鉴定、建筑物常见裂缝分析、建筑材料检测操作试验、建筑工程质量事故剖析与病害防治,以及进行工程质量鉴定的基本程序等。

本书作为从事工程质量鉴定执业者的培训教材,也可供工程检测人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

建筑工程质量检测与司法鉴定实务/严晓新编著. — 郑州:  
黄河水利出版社, 2005.8  
ISBN 7-80621-658-8

I. 建… II. 严… III. ①建筑工程—工程质量—质量检测  
②建筑工程—工程质量—质量检测—司法鉴定—中国  
IV. ①TU712②D922.297

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 091171 号

---

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路 11 号

邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940

传真:0371-66022620

E-mail:yrp@public.zz.ha.cn

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:14.5

字数:335千字

印数:1—3100

版次:2005年8月第1版

印次:2005年8月第1次印刷

---

书号:ISBN 7-80621-658-8/TU·32

定 价:30.00 元

# 前 言

随着我国经济建设的迅速发展,建筑物这类特殊的商品已广泛进入流通领域。建筑工程质量越来越受到社会各界乃至广大民众的极大关注。然而,由于影响建筑工程质量的因素甚多,生产环节繁杂,建筑材料的选用、工程设计、工程施工以及使用管理过程中,稍有不慎,即会造成工程的隐患。同时,建筑工程质量问题在建筑结构上的反映又受到不同因素的影响和制约而千差万别,检测方法的多样性也可能造成检测结果的差异。为此,对于建筑工程质量的鉴定不仅需要执业者具有坚实的理论知识和丰富的实践经验,而且需要在广泛调查研究、认真分析诸多相关资料的基础上,结合工程实际状况准确地作出判断,进而依据相关标准对建筑物的可靠度等级进行评定,对产生裂缝等不良现象的原因进行分析,对出现的问题是否影响该建筑物的使用功能等作出结论。因此,建筑工程质量鉴定是一项极为复杂、技术性极强的系统工程。

历史在发展,社会在进步,人们法律意识的提高使由于工程质量问题产生的纠纷走进了法律程序。与此同时,也给司法鉴定执业者提出了更高的要求。在涉及工程质量问题的各种司法诉讼中,一份准确、权威的工程质量检测鉴定报告是最有力的证据。所以,这就要求司法鉴定执业者除具有扎实的理论知识与丰富的实践经验外,还要掌握鉴定报告编写的原则和程序。为此,作者结合近二十年的工程检测经验,在广泛收集资料的基础上,选编了相关的内容。同时结合目前诸多工程质量的实际情况以及历次参加行业鉴定的实践经验,对鉴定工作的程序及报告的撰写等均作出了较详细的阐述。本书作为建筑工程质量鉴定执业者专业培训教材,同时也可供工程质量检测人员参考。

在编写本书的过程中,参考了不少建筑业同行的相关资料,在此一并表示衷心的感谢。由于时间较紧,加之编著者水平所限,书中难免存在不足之处,恳请读者批评指正。

编著者

二〇〇五年七月

# 目 录

## 前言

<b>第一章 计量基本知识</b> .....	(1)
第一节 基本概念.....	(1)
第二节 计量单位.....	(5)
第三节 测量仪器 .....	(11)
第四节 测量结果 .....	(16)
第五节 测量误差和测量不确定度 .....	(17)
第六节 测量控制体系 .....	(29)
<b>第二章 建筑物检测原理</b> .....	(35)
第一节 概述 .....	(35)
第二节 混凝土结构的检测 .....	(36)
第三节 砖砌体结构的检测 .....	(70)
<b>第三章 建筑工程质量常用检测方法</b> .....	(80)
第一节 钢筋混凝土构件的检测 .....	(80)
第二节 砌体构件的检测 .....	(90)
第三节 钢构件的检测 .....	(94)
第四节 建筑物的变形观测 .....	(96)
<b>第四章 建筑物的可靠度鉴定概论</b> .....	(98)
第一节 建(构)筑物可靠度鉴定方法的发展 .....	(98)
第二节 建(构)筑物可靠度鉴定程序.....	(102)
第三节 鉴定合同.....	(104)
<b>第五章 建筑物常见裂缝分析</b> .....	(105)
第一节 民用建筑物的裂缝概况.....	(105)
第二节 混合结构温度收缩应力与裂缝分析.....	(106)
第三节 地基动态变形引起墙体的开裂.....	(115)
第四节 地基变形引起结构物的裂缝.....	(118)
第五节 地基差异沉降引起的墙体剪力裂缝.....	(121)
第六节 地基差异沉降引起的整体弯曲裂缝.....	(123)
第七节 地基处理的“抗”与“放”问题.....	(130)
<b>第六章 建筑材料检测操作试验</b> .....	(134)
第一节 建筑材料基本物理性质试验.....	(134)
第二节 烧结普通砖试验.....	(137)
第三节 水泥试验.....	(138)



第四节	混凝土用集料试验	(144)
第五节	普通混凝土试验	(147)
第六节	建筑砂浆试验	(153)
第七节	钢材试验	(155)
第八节	石油沥青试验	(159)
第九节	石油沥青纸胎油毡	(162)
<b>第七章</b>	<b>建筑工程质量事故案例分析与诊断</b>	<b>(165)</b>
第一节	概述	(165)
第二节	各类混凝土结构质量事故分析与诊断	(165)
第三节	各类砖混结构质量事故分析与诊断	(188)
<b>第八章</b>	<b>工程鉴定基本程序及报告的撰写</b>	<b>(208)</b>
第一节	工程鉴定的基本程序	(208)
第二节	鉴定报告的撰写	(209)
第三节	某建筑工程质量鉴定报告格式	(211)
<b>附录一</b>	<b>建筑工程质量司法鉴定报告实例</b>	<b>(217)</b>
<b>附录二</b>	<b>材料检验中配制溶液的注意事项</b>	<b>(224)</b>
	<b>主要参考文献</b>	<b>(225)</b>

# 第一章 计量基本知识

## 第一节 基本概念

### 一、计量的内容、分类和特点

#### (一)计量的内容

自然界的一切现象或物质,都是通过一定的“量”来描述和体现的。也就是说,“量是现象、物体或物质可定性区别与定量确定的一种属性”。因此,要认识大千世界和造福人类,就必须对各种“量”进行分析和确认,既要区分量的性质,又要确定其量值。计量正是达到这种目的的重要手段之一。从广义上说,计量是对“量”的定性分析和定量确认的过程。

计量是实现单位统一、保障量值准确可靠的活动。计量学是关于测量的科学,它涵盖测量理论和实践的各个方面,而不论测量的不确定度如何,也不论测量是在哪个领域中进行的。为了经济而有效地满足社会对测量的需要,应从法制、技术和管理等方面开展计量管理工作。

在相当长的历史时期内,计量的对象主要是物理量。在历史上,计量被称为度量衡,即指长度、容积、质量的测量,所用的器具主要是尺、斗、秤等。随着科技、经济和社会的发展,计量的对象逐渐扩展到工程量、化学量、生理量,甚至心理量。与此同时,计量的内容也在不断地扩展和充实,通常可概括为六个方面:

(1)计量单位与单位制;

(2)计量器具(或测量仪器),包括实现或复现计量单位的计量基准、计量标准与工作计量器具;

(3)量值传递与溯源,包括检定、校准、测试、检验与检测;

(4)物理常量、材料与物质特性的测定;

(5)测量不确定度、数据处理与测量理论及其方法;

(6)计量管理,包括计量保证与计量监督等。

#### (二)计量的分类

计量涉及社会的各个领域。根据其作用与地位,计量可分为科学计量、工程计量和法制计量三类,分别代表计量的基础性、应用性和公益性三个方面。

(1)科学计量是指基础性、探索性、先行性的计量科学研究,它通常采用最新的科技成果来准确定义和实现计量单位,并为最新的科技发展提供可靠的测量基础。

(2)工程计量,又称工业计量,是指各种工程、工业、企业中的实用计量。随着产品技术含量提高和复杂性的增大,为保证经济贸易全球化所必需的一致性和互换性,它已成为

生产过程控制不可缺少的环节。

(3)法制计量是指由政府或授权机构根据法制、技术和行政的需要进行强制管理的一种社会公用事业,其目的主要是保证与贸易结算、安全防护、医疗卫生、环境监测、资源控制、社会管理等有关的测量工作的公正性和可靠性。

计量属于国家的基础事业。它不仅为科学技术、国民经济和国防建设的发展提供技术基础,而且有利于最大程度地减少商贸、医疗、安全等诸多领域的纠纷,维护消费者权益。

### (三)计量的特点

计量的特点可以归纳为准确性、一致性、溯源性及法制性四个方面。

(1)准确性是指测量结果与被测量真值的一致程度。由于实际上不存在完全准确无误的测量,因此在给出量值的同时,必须给出适应于应用目的或实际需要的不确定度或误差范围。所谓量值的准确性,是指在一定的测量不确定度或误差极限或允许误差范围内,测量结果的准确性。

(2)一致性是指在统一计量单位的基础上,无论在何时何地采用何种方法,使用何种计量器具,以及由何人测量,只要符合有关的要求,其测量结果均应在给定的区间内一致。也就是说,测量结果应是可重复、可再现(复现)、可比较的。

(3)溯源性是指任何一个测量结果或测量标准的值,都能通过一条具有规定不确定度的不间断的比较链,与测量基准联系起来特性。这种特性使所有的同种量值,都可以按这条比较链通过校准向测量的源头追溯,也就是溯源到同一个测量基准(国家基准或国际基准),从而使其准确性和一致性得到技术保证。

(4)法制性是指计量必需的法制保障方面的特性。由于计量涉及社会的各个领域,量值的准确可靠不仅依赖于科学技术手段,还要有相应的法律、法规和行政管理的保障。特别是在对国计民生有明显影响,涉及公众利益和可持续发展或需要特殊信任的领域,必须由政府起主导作用,来建立计量的法制保障。

由此可见,计量不同于一般的测量。测量是以确定量值为目的的一组操作,一般不具备,也不必完全具备上述特点。计量既属于测量而又严于一般的测量,在这个意义上可以狭义地认为,计量是与测量结果置信度有关的、与测量不确定度联系在一起的一种规范化的测量。

## 二、计量的法律和法规

我国现已基本形成由《中华人民共和国计量法》及其配套的计量行政法规、规章(包括规范性文件)构成的计量法规体系。

### (一)《中华人民共和国计量法》

《中华人民共和国计量法》(简称《计量法》),是调整计量法律关系的法律规范的总称。1985年9月6日经第六届全国人民代表大会常务委员会第十二次会议审议通过,中华人民共和国主席令予以公布,自1986年7月1日起施行。

《计量法》是国家管理计量工作的根本法,是实施计量法制监督的最高准则。《计量法》共6章35条。基本内容包括:①计量立法宗旨;②调整范围;③计量单位制;④计量器



具管理;⑤计量监督;⑥计量授权;⑦计量认证;⑧计量纠纷的处理;⑨计量法律责任等。

制定《计量法》的目的,是为了保障单位制的统一和量值的准确可靠,从而促进国民经济和科技的发展,为社会主义现代化建设提供计量保证,并保护人民群众的健康和生命、财产的安全,维护消费者利益,以及保护国家的利益不受侵犯。

《计量法》的调整对象,是中华人民共和国境内的所有国家机关、社会团体、中国人民解放军、企事业单位和个人,凡是建立计量基准、计量标准,进行计量检定、制造、修理、销售、进口、使用计量器具、使用法定计量单位、开展计量认证、实施仲裁检定和调解计量纠纷,以及进行计量监督管理等方面所发生的各种法律关系。它侧重调整单位制的统一以及影响社会秩序、危害国家和人民利益的计量问题,有关家庭自用、教学示范用的计量器具一般不在《计量法》的调整之列。

## (二)计量法规

### 1. 计量行政法规和规范性文件

(1)国务院依据《计量法》所制定(或批准)的计量行政法规。例如《中华人民共和国计量法实施细则》、《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》等。

(2)省、直辖市、自治区人大常委会制定的地方计量法规。

### 2. 计量规章、规范性文件

(1)国务院计量行政部门制定的各种全国性的单项计量管理办法和技术规范。例如:《中华人民共和国计量法条文解释》、《中华人民共和国强制检定的工作计量器具明细目录》、《中华人民共和国依法管理的计量器具目录》、国家计量检定规程等。

(2)国务院有关主管部门制定的部门计量管理办法。例如:《国防计量监督管理条例》、《农业部部级质检中心验收和计量认证程序》等。

(3)县级以上地方人民政府及计量行政部门制定的地方计量管理办法。例如:《上海市计量监督管理条例》、《河北省计量管理条例》、《南京市计量管理办法》等。

## 三、量值的溯源、校准和检定

### (一)量值溯源体系

通过一条具有规定不确定度的不间断的比较链,使测量结果或测量标准的值能够与规定的参考标准(通常是国家计量基准或国际计量基准)联系起来的特性,称为量值溯源性。

这种特性使所有的同种量值都可以按这条比较链,通过校准向测量的源头追溯。也就是溯源到同一个计量基准(国家基准或国际基准),从而使测量的准确性和一致性得到技术保证。否则,量值出于多源或多头,必然会在技术上和管理上造成混乱。

量值溯源等级图,也称为量值溯源体系表,它是表明测量仪器的计量特性与给定量的计量基准之间关系的一种代表等级顺序的框图。该图对给定量及其测量仪器所用的比较链进行量化说明,以此作为量值溯源性的证据。图 1-1 所示为我国的量值溯源体系原理图。

实现量值溯源的最主要的技术手段是校准和检定。

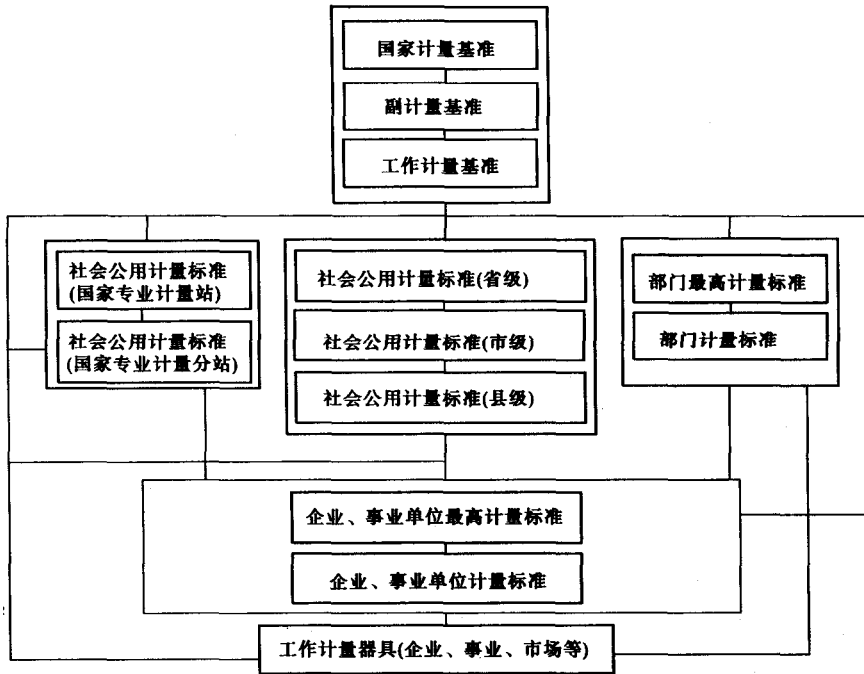


图 1-1 中国量值溯源体系原理图

## (二) 校准

在规定的条件下,为确定测量仪器(或测量系统)所指示的量值,或实物量具(或参考物质)所代表的量值,与对应的由其测量标准所复现的量值之间关系的一组操作,称为校准。

### 1. 校准的主要含义

校准主要有以下两种含义:

- (1) 在规定的条件下,用参考测量标准给包括实物量具(或参考物质)在内的测量仪器的特性赋值,并确定其示值误差;
- (2) 将测量仪器所指示或代表的量值,按照比较链或校准链,将其溯源到测量标准所复现的量值上。

### 2. 校准的主要目的

- (1) 确定示值误差,有时(根据需要)也可确定其是否处于预期的允差范围之内;
- (2) 得出标称值偏差的报告值,并调整测量仪器或对其示值加以修正;
- (3) 给标尺标记赋值或确定其他特性值,或给参考物质的特性赋值;
- (4) 实现溯源性。

校准的依据是校准规范或校准方法,对其通常应作统一规定,特殊情况下也可自行制定。校准的结果可记录在校准证书或校准报告中,也可用校准因数或校准曲线等形式表示。

## (三) 检定

测量仪器的检定,是指查明和确认测量仪器是否符合法定要求的程序,它包括检查、

加标记和(或)出具检定证书。

检定具有法制性,其对象是法制管理范围内的测量仪器。一台检定合格的测量仪器,也就是一台被授予法制特性的测量仪器。鉴于各国管理体制不同,法制计量管理的范围也不同。根据检定的必要程度和我国对其依法管理的形式,可将检定分为强制检定和非强制检定两类。

(1)强制检定是指由政府计量行政主管部门所属的法定计量检定机构或授权的计量检定机构,对某些测量仪器实行的一种定点定期的检定。我国规定,用于贸易结算、安全防护、医疗卫生、环境监测四个方面且列入《中华人民共和国强制检定的工作计量器具明细目录》的工作计量器具,属于国家强制检定的管理范围。此外,我国对社会公用计量标准,以及部门和企业、事业单位的各项最高计量标准,也实行强制检定。强制检定的特点,是由政府计量行政部门统管,由指定的法定或授权技术机构具体执行,固定检定关系,定点送检。检定周期由执行强检的技术机构按照计量检定规程,结合实际使用情况确定。

(2)非强制检定是指由使用单位自己或委托具有社会公用计量标准或授权的计量检定机构,对强制检定以外的其他测量仪器依法进行的一种定期检定。其特点是使用单位依法自主管理,自由送检,自求溯源,自行确定检定周期。

强制检定与非强制检定均属于法制检定,是我国对测量仪器依法管理的两种形式,都要受法律的约束。不按规定进行周期检定的,要负法律责任。计量检定工作应当按照经济合理的原则,就近就地进行。

检定的依据,是按法定程序审批公布的计量规程。我国《计量法》规定:“计量检定必须按照国家计量检定系统表进行。国家计量检定系统表由国务院计量行政部门制定。计量检定必须执行计量检定规程。国家计量检定规程由国务院计量行政部门制定。没有国家计量检定规程的,由国务院有关主管部门和省、自治区、直辖市人民政府计量行政部门分别制定部门计量检定规程和地方计量检定规程,并向国务院计量行政部门备案。”因此,任何企业和其他实体是无权制定检定规程的。

在检定结果中,必须有合格与否的结论,并出具证书或加盖印记。从事检定工作的人员必须经考核合格,并持有有关计量行政部门颁发的检定员证。

随着改革开放及经济发展,在强化检定法制性的同时,对大量的非强制检定的测量仪器,为达到统一量值的目的,应以校准为主。过去,一直没有把校准作为实现单位统一和量值准确可靠的主要方式,而常用检定取而代之。这一观念目前正在改变中,校准在量值溯源中的地位已逐步确立。

## 第二节 计量单位

### 一、概述

在测量中,人们总是用数值和测量单位(在我国,又称为计量单位)的乘积来表示被测量的量值。所谓计量单位,是指为定量表示同种量的大小而约定的定义和采用的特定量。为给定量值按给定规则确定的一组基本单位和导出单位,称为计量单位制。

法定计量单位是指由国家法律承认、具有法定地位的计量单位。实行法定计量单位是统一我国计量制度的重要决策。它将彻底结束多种计量单位制在我国并存的现象,并与国际主流相一致。

我国《计量法》规定:“国家采用国际单位制。国际单位制计量单位和国家选定的其他计量单位,为国家法定计量单位。”

国际单位制是我国法定计量单位的主体,所有国际单位制单位都是我国的法定计量单位。国际标准 ISO 1000 规定了国际单位制的构成及其使用方法。我国规定的法定计量单位的使用方法,包括量及单位的名称、符号及其使用、书写规则与国际标准的规定一致。

国家选定的作为法定计量单位的非国际单位制单位,是我国法定计量单位的重要组成部分,具有与国际单位制单位相同的法定地位。

国际标准或有关国际组织的出版物中列出的非国际单位制单位(选入我国法定计量单位的除外),一般不得使用。若某些特殊领域或特殊场合下有特殊需要,可以使用某些非法定计量单位,但应遵守相关的规定。

## 二、法定计量单位的构成

国际单位制是在米制的基础上发展起来的一种一贯单位制,其国际通用符号为“SI”。它由 SI 单位(包括 SI 基本单位、SI 导出单位)以及 SI 单位的倍数单位(包括 SI 单位的十进倍数单位和十进分数单位)组成,具有统一性、简明性、实用性、合理性和继承性等特点。SI 单位是我国法定计量单位的主体,所有 SI 单位都是我国的法定计量单位。此外,我国还选用了一些非 SI 的单位,作为国家法定计量单位。

我国法定计量单位的构成如图 1-2 所示:

中华人民共和国 法定计量单位	国际单位制 (SI)的单位	SI 单位	SI 基本单位	
			SI 导出单位	包括 SI 辅助单位在内的具有专门名称的 SI 导出单位
		组合形式的 SI 导出单位		
	SI 单位的倍数单位(包括 SI 单位的十进倍数单位和十进分数单位)			
	国家选定的作为法定计量单位的非 SI 单位			
由以上单位构成的组合形式的单位				

图 1-2 中华人民共和国法定计量单位构成示意图

- (1)SI 基本单位共 7 个,见表 1-1;
- (2)包括 SI 辅助单位在内的具有专门名称的 SI 导出单位共 21 个,见表 1-2;
- (3)由 SI 基本单位和具有专门名称的 SI 导出单位构成的组合形式的 SI 导出单位;
- (4)SI 单位的倍数单位,包括 SI 单位的十进倍数单位和十进分数单位,构成倍数单位的 SI 词头共 20 个,见表 1-3;

(5)国家选定的作为法定计量单位的非 SI 单位共 16 个,见表 1-4;

(6)由以上单位构成的组合形式的单位。

表 1-1 SI 基本单位

量的名称	单位名称	单位符号
长度	米	m
质量	千克(公斤)	kg
时间	秒	s
电流	安[培]	A
热力学温度	开[尔文]	K
物质的量	摩[尔]	mol
发光强度	坎[德拉]	cd

注:①圆括号中的名称,是它前面的名称的同义词。②无方括号的量的名称与单位名称均为全称。方括号中的字,在不致引起混淆、误解的情况下,可以省略。去掉方括号中的字即为其名称的简称。③表中使用的符号,除特殊指明外,均指我国法定计量单位的规定符号和国际符号。④在日常生活和贸易中,质量习惯称为重量。

### (一)SI 基本单位

表 1-1 列出了 7 个 SI 基本量的基本单位,它们是构成 SI 的基础。

### (二)SI 导出单位

SI 导出单位是用 SI 基本单位以代数形式表示的单位。这种单位符号中的乘和除采用数学符号。它由两部分构成:一部分是包括 SI 辅助单位在内的具有专门名称的 SI 导出单位;另一部分是组合形式的 SI 导出单位,即用 SI 基本单位和具有专门名称的 SI 导出单位(含辅助单位)以代数形式表示的单位。

某些 SI 单位,例如力的 SI 单位,在用 SI 基本单位表示时,应写成  $\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$ 。这种表示方法显然比较繁琐,不便使用。为了简化单位的表示式,经国际计量大会讨论通过,给它以专门名称——牛[顿],符号为 N。类似地,热和能的单位通常用焦[耳](J)代替牛顿米( $\text{N}\cdot\text{m}$ )和  $\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2$ 。这些导出单位,称为具有专门名称的 SI 导出单位。

电离辐射、医疗卫生领域中的某些量,涉及人类健康和安全防护。这些量的量纲相同,或具有与其他量相同的量纲,因此用 SI 基本单位表示这些量的 SI 导出单位时,也具有相同的形式。为了便于区分不同的物理量,避免使用时混淆而造成事故,这些量的 SI 导出单位也被赋予专门名称。例如:吸收剂量、比授[予]能及比释动能的单位,通常用戈[瑞](Gy)代替焦耳每千克( $\text{J}/\text{kg}$ ),剂量当量单位则用希[沃特]代替焦耳每千克( $\text{J}/\text{kg}$ )。

SI 单位弧度(rad)和球面度(sr),称为 SI 辅助单位,它们是具有专门名称和符号的量纲为一的量的导出单位。例如:角速度的 SI 单位可写成弧度每秒( $\text{rad}/\text{s}$ )。

电阻率的单位通常用欧姆米( $\Omega\cdot\text{m}$ )代替伏特米每安培( $\text{V}\cdot\text{m}/\text{A}$ ),它是组合形式的 SI 导出单位之一。

表 1-2 列出的是包括 SI 辅助单位在内的具有专门名称的 SI 导出单位。

表 1-2

包括 SI 辅助单位在内的具有专门名称的 SI 导出单位

量的名称	SI 导出单位		
	名称	符号	用 SI 基本单位和 SI 导出单位表示
[平面]角	弧度	rad	1rad = 1m/m = 1
立体角	球面度	sr	1sr = 1m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> = 1
频率	赫[兹]	Hz	1Hz = 1s <sup>-1</sup>
力	牛[顿]	N	1N = 1kg·m/s <sup>2</sup>
压力、压强、应力	帕[斯卡]	Pa	1Pa = 1N/m <sup>2</sup>
能[量]、功、热量	焦[耳]	J	1J = 1N·m
功率、辐[射能]通量	瓦[特]	W	1W = 1J/s
电荷[量]	库[仑]	C	1C = 1A·s
电压、电动势、电位(电势)	伏[特]	V	1V = 1W/A
电容	法[拉]	F	1F = 1C/V
电阻	欧[姆]	Ω	1Ω = 1V/A
电导	西[门子]	S	1S = 1Ω <sup>-1</sup>
磁[通量]	韦[伯]	Wb	1Wb = 1V·s
磁通[量]密度、磁感应强度	特[斯拉]	T	1T = 1Wb/m <sup>2</sup>
电感	亨[利]	H	1H = Wb/A
摄氏温度	摄氏度	℃	1℃ = 1K
光通量	流[明]	lm	1lm = 1cd·sr
[光]照度	勒[克斯]	lx	1lx = 1lm/m <sup>2</sup>
[放射性]活度	贝可[勒尔]	Bq	1Bq = s <sup>-1</sup>
吸收剂量	戈[瑞]	Cy	1Cy = 1J/kg
剂量当量	希[沃特]	Sv	1Sv = 1J/kg

### (三) SI 单位的倍数单位

在 SI 中,用以表示倍数单位的词头,称为 SI 词头。它们是构词成分,用于附加在 SI 单位之前构成倍数单位(十进倍数单位和分数单位),而不能单独使用。

表 1-3 共列出 20 个 SI 词头,所代表的因数的覆盖范围为  $10^{-24} \sim 10^{24}$ 。

词头符号与所紧接着的单个单位符号(这里仅指 SI 基本单位和 SI 导出单位)应视为一个整体对待,共同组成一个新单位,并具有相同的幂次,而且还可以和其他单位构成组合单位。例如:  $1\text{cm}^3 = (10^{-2}\text{m})^3 = 10^{-6}\text{m}^3$ ,  $1\mu\text{s}^{-1} = (10^{-6}\text{s})^{-1} = 10^6\text{s}^{-1}$ ,  $1\text{mm}^2/\text{s} = (10^{-3}\text{m})^2/\text{s} = 10^{-6}\text{m}^2/\text{s}$ 。

由于历史原因,质量的 SI 基本单位名称“千克”中已包含 SI 词头,所以,“千克”的十进倍数单位由词头加在“克”之前构成。例如:应使用毫克(mg),而不得用微千克( $\mu\text{kg}$ )。

### (四) 可与 SI 单位并用的我国法定计量单位

由于实用上的广泛性和重要性,在我国法定计量单位中,为 11 个物理量选定了 16 个与 SI 单位并用的非 SI 单位,如表 1-4 所示。其中 10 个是国际计量大会同意并使用的非 SI 单位,它们是:时间单位——分、[小]时、日(天);[平面]角单位——度、[角]分、[角]秒;体积单位——升;质量单位——吨和原子质量单位;能量单位——电子伏。另外 6 个,



即海里、节、公顷、转每分、分贝、特[克斯],则是根据国内外的实际情况选用的。

表 1-3

SI 词头

因数	词头名称		词头符号
	英文	中文	
$10^{24}$	yotta	尧[它]	Y
$10^{21}$	zetta	泽[它]	Z
$10^{18}$	exa	艾[可萨]	E
$10^{15}$	peta	拍[它]	P
$10^{12}$	tera	太[拉]	T
$10^9$	giga	吉[咖]	G
$10^6$	mega	兆	M
$10^3$	kilo	千	k
$10^2$	hecto	百	h
$10^1$	deca	十	da
$10^{-1}$	deci	分	d
$10^{-2}$	centi	厘	c
$10^{-3}$	milli	毫	m
$10^{-6}$	micro	微	$\mu$
$10^{-9}$	nano	纳[诺]	n
$10^{-12}$	pico	皮[可]	p
$10^{-15}$	femto	飞[母托]	f
$10^{-18}$	atto	阿[托]	a
$10^{-21}$	zepto	仄[普托]	z
$10^{-24}$	yoct	幺[科托]	y

### 三、法定计量单位的基本使用方法

我国国家标准 GB 3100—93《国际单位制及其应用》和 GB 3010—93《有关量、单位和符号的一般原则》,对 SI 单位的使用方法作了规定,并与国际标准 SIO 1000:1992 和 ISO 31—0:1992 的规定一致。

#### (一)法定计量单位的名称

法定计量单位的名称,除特别说明外,一般指法定计量单位的中文名称,用于叙述性文字和口述中。名称中去掉方括号中的部分是单位的简称,否则是全称。简称和全称可任意选用,以表达清楚明了为原则。

组合单位的中文名称,原则上与其符号表示的顺序一致。单位符号中的乘号没有对应的名称,只要将单位名称接连读出即可。例如: $N \cdot m$  的名称为“牛顿米”,简称为“牛米”。而表示相除的斜线(/),对应名称为“每”,且无论分母中有几个单位,“每”只在分母的前面出现一次。例如:单位  $J/(kg \cdot K)$  的中文名称为“焦耳每千克开尔文”,简称为“焦每千克开”。

表 1-4

可与国际单位制单位并用的我国法定计量单位

量的单位	单位名称	单位符号	与 SI 单位的关系
时间	分	min	1min = 60s
	[小]时	h	1h = 60min = 3 600s
	日(天)	d	1d = 24h = 86 400s
[平面]角	度	°	1° = (π/180)rad
	[角]分	'	1' = (1/60)° = (π/10 800)rad
	[角]秒	"	1" = (1/60)' = (π/648 000)rad
体积	升	L(l)	1L = 1dm <sup>3</sup> = 10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup>
质量	吨	t	1t = 10 <sup>3</sup> kg
	原子质量单位	u	1u ≈ 1.660 540 × 10 <sup>-27</sup> kg
旋转速度	转每分	r/min	1r/min = (1/60)s <sup>-1</sup>
长度	海里	n mile	1n mile = 1 852m(只用于航行)
速度	节	kn	1kn = 1n mile/h = (1 852/3 600)m/s(只用于航行)
能	电子伏	eV	1eV ≈ 1.602 177 × 10 <sup>-19</sup> J
级差	分贝	dB	
线密度	特[克斯]	tex	1tex = 10 <sup>-6</sup> kg/m
面积	公顷	hm <sup>2</sup>	1hm <sup>2</sup> = 10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup>

注:①平面角单位度、分、秒的符号,在组合单位中应采用(°)、(′)、(″)的形式,例如:不用°/s而用(°)/s;②升的符号中,小写字母l为备用符号;③公顷的国外习用符号为ha。

如果单位中带有幂,则幂的名称应在单位之前。二次幂为二次方,三次幂为三次方,依次类推。但是,如果长度的二次和三次幂分别表示面积和体积,则相应的指数名称分别称为平方和立方;否则,仍称为“二次方”和“三次方”。例如:m<sup>2</sup>/s这个单位符号,当用于表示运动黏度时,名称为“二次方米每秒”;但当用于表示覆盖速度时,则为“平方米每秒”。负数幂的含义为除,即可用幂的名称,也可用“每”。例如:℃<sup>-1</sup>的名称为每摄氏度,亦称负一次方摄氏度。

## (二)法定计量单位和词头的符号

法定计量单位和词头的符号,是代表单位和词头名称的字母或特种符号,它们应采用国际通用符号。在中、小学课本和普通书刊中,必要时也可将单位的简称(包括带有词头的单位简称)作为符号使用,这样的符号称为“中文符号”。

法定计量单位和词头的符号,不论拉丁字母还是希腊字母,一律用正体。单位符号一般为小写字母,只有单位名称来源于人名时,其符号的第一个字母大写;只有“升”的符号例外,可以用L。例如:时间单位“秒”的符号是s,电导单位“西[门子]”的符号是S,压力、压强、应力的单位“帕[斯卡]”的符号是Pa。

词头符号的字母,当其所表示的因数小于10<sup>6</sup>时,一律用小写体;而当大于或等于10<sup>6</sup>时,则用大写体。尤其要注意区分词头符号Y(10<sup>24</sup>)与y(10<sup>-24</sup>),Z(10<sup>21</sup>)与z(10<sup>-21</sup>),P(10<sup>15</sup>)与p(10<sup>-12</sup>),M(10<sup>6</sup>)与m(10<sup>-3</sup>)。

单位符号没有复数形式,不得附加任何其他标记或符号来表示量的特性或测量过程的信息。它不是缩略语,除正常语句结束的标点符号外,词头或单位符号后都不加标点。

由两个以上单位相乘构成的组合单位,相乘单位间可用乘点也可不用。但是,单位中文符号相乘时必须用乘点。例如:力矩单位牛顿米的符号为  $N \cdot m$  或  $Nm$ ,但其中文符号仅为牛·米。相除的单位符号间用斜线表示或采用负指数。例如:密度单位符号可以是  $kg/m^3$  或  $kg \cdot m^{-3}$ ,其中文符号可以是千克/米<sup>3</sup> 或千克·米<sup>-3</sup>。单位中分子为1时,只用负数幂。例如:用  $m^{-3}$  而不用  $1/m^3$ 。表示相除的斜线在一个单位中最多只有一条,除非采用括号能澄清其含义。例如:用  $W/(K \cdot m)$ ,而不用  $W/K/m$  或  $W/K \cdot m$ 。也可用水平线表示相除。

词头的符号与单位符号之间不得有间隙,也不加相乘的符号。口述单位符号时应使用单位名称而非字母名称。

### (三)法定计量单位和词头的使用规则

法定计量单位和词头的名称,一般适宜在口述和叙述性文字中使用。而符号可用于一切需要简单明了表示单位的地方,也可用于叙述性文字之中。

单位的名称与符号必须作为一个整体使用,不得拆开。例如:摄氏度的单位符号为 $^{\circ}C$ , $20^{\circ}C$ 不得读成或写成“摄氏20度”或“20度”,而应读成“20摄氏度”,写成“ $20^{\circ}C$ ”。

用词头构成倍数单位时,不得使用重叠词头。例如:不得使用毫微米、微微法拉等。选用SI单位的倍数单位,一般应使量的数值处于0.1~1000的范围内。例如: $1.2 \times 10^4 N$ 可以写成12kN;1401Pa可以写成1.401kPa。非十进制的单位,不得使用词头构成倍数单位。亿( $10^8$ )、万( $10^4$ )不是词头,只按一般数词使用。只通过相乘构成的组合单位,词头通常加在组合单位中的第一个单位之前。例如:力矩的单位  $kN \cdot m$ ,不宜写成  $N \cdot km$ 。

只通过相除构成或通过乘和除构成的组合单位,词头通常加在分子中的第一个单位之前,分母中一般不用词头。例如:摩尔内能单位  $kJ/mol$ ,不宜写成  $J/mmol$ 。但质量的SI单位  $kg$  不作为有词头的单位对待。例如:比授能的单位可以写成  $J/kg$ 。当组合单位分母是长度、面积和体积单位时,按习惯和方便,分母中可以选用词头构成倍数单位。例如:密度的单位可以选  $g/cm^3$ 。

## 第三节 测量仪器

### 一、概述

#### (一)测量仪器的分类

单独或连同辅助设备一起用以进行测量的器具,称为测量仪器,又称计量器具。其中,使用时以固定形态复现或提供给定量的一个或多个已知值的测量仪器称之为实物量具,简称量具,例如:砝码、量块、标准电阻线圈、标准信号发生器、标准硬度块、参考物质等。

实物量具不同于一般的测量仪器。量具本身所复现或提供的已知量值,即给定量,就是其本身量值的实际大小,而一般测量仪器所指示的量值往往是一种等效信息。例如:体温计能指示出温度,但本身并不能提供实际温度,而只是指示出人体温度的一种等效信息。

测量仪器按其结构和功能特点可分为以下四种: