

力值与硬度计量手册

上册

力值与硬度计量基础及规范

《力值与硬度计量手册》编写小组 编

科学出版社

28

内 容 简 介

本手册分为上、中、下三册：上册为力值与硬度计量基础及规范；中册为力值计量及材料试验机；下册为硬度计量及硬度计。

上册共分两篇：第一篇是力值与硬度计量基础，包括计量工作常识、计量单位及其换算、常用公式及数值表、数学公式、误差理论和数据处理等。第二篇是力值与硬度计量规范，包括测力机、测力计、试验机、硬度计和硬度块的检定规程及技术条件，其它计量器具性能、材料的物理性能和机械性能等。

本手册可供力值与硬度计量、检验、修理、材料测试、工程设计等工人及技术人员使用参考。

力 值 与 硬 度 计 量 手 册

上 册

力值与硬度计量基础及规范

《力值与硬度计量手册》编写小组 编

*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1978 年 3 月 第 一 版 开本：787×1092 1/16

1978 年 3 月 第一次印刷 印张：16 1/2

印数：0001—17,350 字数：492,000

统一书号：15031·161

本社书号：948·15—2

定 价：1.70 元

毛主席语录

领导我们事业的核心力量是中国共产党。

指导我们思想的理论基础是马克思列宁主义。

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

一个正确的认识，往往需要经过由物质到精神，由精神到物质，即由实践到认识，由认识到实践这样多次的反复，才能够完成。

读书是学习，使用也是学习，而且是更重要的学习。从战争学习战争——这是我们的主要方法。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

国务院发布关于统一计量制度的命令

确定公制为基本计量制度

一九五九年三月二十二日国务院全体会议第八十六次会议原则通过了“科学技术委员会关于统一我国计量制度和进一步开展计量工作的报告”和“统一公制计量单位中文名称方案”，现在发布命令如下：

一、国际公制(即米突制，简称公制)是一种以十进十退为特点的计量制度，使用简便，已经为世界上多数国家所采用，现在确定为我国的基本计量制度，在全国范围内推广使用。原来以国际公制为基础所制定的市制，在我国人民日常生活中已经习惯通用，可以保留。

市制原定十六两为一斤，因为折算麻烦，应当一律改为十两为一斤；这一改革的时间和步骤，由各省、自治区、直辖市人民委员会自行决定。中医处方用药，为了防止计算差错，可以继续使用原有的计量单位，不予改革。

二、在我国使用的英制，除了因为特殊需要可以继续使用外，应当一律改用公制。

有些偏僻地区和少数民族地区还在继续使用旧杂制的，应当照顾这些地区的群众习惯、民族特点和避免影响市场的交易，采取稳妥步骤予以改革。如何改革，由有关省、自治区人民委员会自行决定。

海里(浬)因为是国际间广泛通用的计算海程单位，可以继续使用。

三、凡是采用公制的，都应当按照“统一公制计量单位中文名称方案”逐步采用统一的公制计量单位中文名称；继续沿用市制的，计量单位名称不变。方案中未规定的计量单位中文名称，由中华人民共和国科学技术委员会制定公布施行。

四、为了保证我国计量制度的统一，计量器具的一致、准确和正确使用，应当迅速建立和健全国家的各种计量基准器和各级计量标准器以及地区的和企业的计量机构，构成全国计量网，进一步地开展计量工作。省、自治区、直辖市一级的计量机构，应当尽快地建立和健全起来。省、自治区、直辖市以下各级计量机构和企业的计量机构的建立，由省、自治区、直辖市人民委员会根据需要自行决定。各级计量机构统归同级科学技术委员会领导。在没有成立科学技术委员会的地方，由各该级人民委员会指定相应的部门领导。

国务院

一九五九年六月二十五日

前 言

计量工作是在生产斗争中诞生,为阶级斗争、生产斗争和科学实验三大革命运动服务的。

解放以来,党和国家很重视计量工作。一九五九年国务院正式发布了《关于统一计量制度的命令》,从根本上结束了旧中国遗留下来的在度量衡制度方面的混乱局面,对我国计量事业和计量科学技术的发展起了巨大的推动作用。

为了贯彻华主席提出的抓纲治国的战略决策,进一步发展我国的计量事业,使计量工作更好地适应社会主义革命和社会主义建设发展的需要,国务院于一九七七年五月二十七日颁发了《中华人民共和国计量管理条例(试行)》,这是加强计量管理工作的又一项法令性文件。

计量工作同经济建设、国防建设、科学研究和人民生活都有密切关系。加强计量管理,保证国家计量制度的统一和计量器具的一致、准确和正确使用,对于提高产品质量、保障安全生产、提高劳动效率、降低原材料消耗,对于实现科学种田和农业机械化,对于提高科学研究水平和进行国内外贸易等,都具有重要的作用。

我国的力值与硬度计量工作,解放前是完全空白的,现在已经有了常用的基准、标准,开展工作的项目不断增加,有些还达到了较高的水平;计量网点的布局也已经初步形成并正在进一步完善,队伍在不断扩大。为了适应工农业生产和科学研究对力值与硬度计量的迫切需要,由中国计量科学研究院主编,并与内蒙古自治区标准计量所、云南省计量标准局、广东省标准计量所、上海市计量测试管理局、广西壮族自治区标准计量处、鞍钢计量处、昆明市计量检定所、福州市计量测试所、芜湖市标准计量管理所、贵州省标准计量局、青岛国棉二厂等单位组成《力值与硬度计量手册》编写小组,同国内有关单位一起,在总结以往经验的基础上,经过几年的努力,编写了这本简明、实用、内容又比较完整的本专业的工具书。

本书的主要对象为具有初步工作经验的省、市、地区及厂矿企业的力值与硬度计量人员和检验人员,也可供大专院校、科研部门及有关单位的材料试验人员、修理人员与工程设计人员参考使用。

本书在内容选择上,力求适合我国情况,取材注意普遍性与先进性相结合;以普及为主,兼顾提高。上册基础部分,选编了本专业常用的符号、公式、数值表、计量单位换算及计量名词定义;也比较系统地介绍了误差理论和实验数据处理方法。误差理论方面的文字叙述力求简练,尽量引用实例说明或以表格形式表达。本专业有关的规范较多,我们只选取了常用的检定规程、技术条件二十多种,并对有关计量名词术语及符号作了必要的统一,其余的编成索引,以便于查阅。同时,在《上册》中还编入了与本专业有关的材料的物理、机械性能和计量器具的主要性能指标,以供日常工作中需要时查阅。《中册》和《下册》介绍了力值与硬度计量的基本概念、原理,包括基准器、标准器、量值传递等;着重介绍了试验机 and 硬度计的结构、性能、安装、使用、调整、维护、修理等知识;每种仪器均附有较详细的结构图或示意图。

本手册的出版是社会主义大协作的产物。参加本书编写工作的,除了编写小组的十几个单位外,还有江苏省计量管理所、天津市计量管理所、西安市标准计量所、新疆维吾尔自治区标准计量处、宁夏回族自治区计量所、福建省计量所、唐山市计量所、烟台地区计量所等。国内有关材料试验机的研究和使用的部门,材料试验机厂、衡器厂等有关生产厂,大部分的省、市计量部门,部分高等院校等共一百多个单位参加了这项工作,其中长春材料试验机研究所、长春材料试验机厂、掖县材料试验机厂、长春第二材料试验机厂、吴忠材料试验机厂、红山试验机厂、广州材料试验机厂、南京土壤仪器厂等提供了不少素材,很多工人、检定人员都积极投入了编写,体现了无产阶级文化大革命以来的新气象。本书的编写出版,说明我国的社会主义制度具有无比的优越性。

由于我们的水平所限,编写过程中一定会存在不少缺点和错误,希望同志们提出宝贵的批评意见,以便再版时改正。

《力值与硬度计量手册》编写小组

一九七七年七月

目 录

第一篇 力值与硬度计量基础

第一章 计量工作常识	1	三、受冲击负荷梁的计算公式	29
一、计量制度	1	四、1至1000 诸数的平方、立方、平方根、立方根、十底对数、倒数、圆周长和圆面积表	30
(一) 米制	1	五、自然对数表	47
(二) 市制	2	六、三角函数表	49
(三) 国际单位制	2	七、数学常数	55
(四) 其他制度	6	八、物理常数	55
附录(一) 基本量基准器、标准器的精度	7	九、我国主要城市重力加速度表	56
附录(二) 力学量的导出体系	7	第四章 数学公式	57
二、常用计量名词	8	一、代数	57
(一) 测量	8	(一) 比例	57
(二) 测量方法	8	(二) 指数	57
(三) 计量器具	9	(三) 对数	57
(四) 计量器具的参数及性能	9	(四) 行列式	57
(五) 测量误差	10	(五) 方程解法	58
(六) 计量器具的误差	11	(六) 排列、组合及二项式公式	58
(七) 基准器、标准器及检定传递	13	二、三角	59
第二章 计量单位及其换算	14	(一) 弧和度	59
一、统一公制计量单位中文名称方案	14	(二) 三角函数	59
二、市制计量单位	15	(三) 双曲函数	60
三、英、美制常用计量单位	16	三、几何	61
四、长度单位换算	17	(一) 初等几何	61
五、面积单位换算	17	(二) 解析几何	63
六、体积和容积(容量)单位换算	18	四、微分和积分	65
七、质量单位换算	18	(一) 微分	65
八、力值单位换算	19	(二) 积分	65
九、压力(应力)单位换算	19	(三) Γ 函数	63
十、功、能单位换算	20	(四) B 函数	69
十一、功率单位换算	20	五、级数及近似公式	69
十二、摄氏温度和华氏温度换算	21	(一) 级数的和	69
十三、粘度换算	21	(二) 幂级数	70
(一) 运动粘度和恩氏粘度换算	21	(三) 近似公式	72
(二) 运动粘度和雷得伍德粘度及赛波特粘度换算	22	(四) 欧拉公式及其推论	72
第三章 常用公式及数值表	23	(五) 富氏级数	72
一、截面的几何及力学特性	23	第五章 概率论和误差分布	75
二、受静负荷梁的反力、弯矩、挠度及转角计算公式	25	一、概率论提要	75
		(一) 概率	75

(二) 随机变量及分布函数	75	第八章 数据处理	116
(三) 数字特征	76	一、有效数字和数字修约规则	116
(四) 大数定律	76	二、粗大误差剔除准则	116
(五) 中心极限定理	76	(一) 来伊达标准(3 σ 标准)	117
二、误差分布	77	(二) 肖维纳标准	117
(一) 各种分布一览表	77	(三) 戈罗贝斯标准	117
(二) 各种分布关系图	80	三、数据图形表示法	118
三、正态分布的应用	80	(一) 图纸选择和坐标分度	118
四、韦伯分布的应用	83	(二) 作图方法	118
五、常用分布数值表	85	四、经验公式	118
第六章 偶然误差	88	(一) 观察法	118
一、测量误差及精度评定	88	(二) 近似法	118
二、直接测量偶然误差的计算	89	(三) 严格计算法	120
三、误差传播定律和算术平均值原理	91	五、插值方法	122
(一) 误差传播定律	91	(一) 内插法	122
(二) 算术平均值原理	91	(二) 外推法	122
四、权和不等精度直接测量	92	六、测量结果计算过程图	123
(一) 权的概念	92	第九章 质量评估、优选法简介	124
(二) 独立测量值函数的权	92	一、质量评估	124
(三) 不等精度直接测量	92	(一) 计量评估	124
五、最小二乘法	93	(二) 计件评估	125
第七章 系统误差和综合误差	96	(三) 计点评估	125
一、系统误差的发现	96	二、优选法	126
(一) 判别系统误差的简单方法	96	(一) 单因素方法	126
(二) 两组数间系统误差的检验	98	(二) 多因素方法	128
二、分布检验	100	第十章 标准代号及符号	129
(一) 概率纸法	100	一、国际标准化组织和各国国家标	
(二) 皮尔逊法	102	准代号	129
(三) 柯尔莫哥洛夫法	103	二、机械制图	129
三、方差分析	104	(一) 图线及其画法	129
(一) 一元方差分析——多组测量的		(二) 剖面符号	130
系统误差检验	104	(三) 表面光洁状况和镀(涂)层的代	
(二) 多元方差分析	106	(符号)	131
四、系统误差的消除	108	(四) 尺寸公差注法	132
(一) 固定误差消除法	108	(五) 表面形状和位置公差代号及	
(二) 线性误差消除法——对称观测法	109	其注法	134
(三) 周期误差消除法——半周期偶		(六) 机动示意图中的规定符号	137
数观测法	110	三、公差和配合	143
五、回归分析	110	(一) 定义、制度	143
六、综合误差的计算——误差		(二) 优先配合	150
合成定律	112	四、电工系统图图形符号	153
(一) 误差分析	112	(一) 基本符号	153
(二) 误差合成定律	113	(二) 导线、电缆、母线及其连接	154
(三) 相关系数	114	(三) 电阻	155
		(四) 电容器	156
		(五) 电感线圈、变压器	156

(六) 旋转电机	157
(七) 化学电源和热电源	158
(八) 换接装置	159
(九) 电气测量仪表	162
(十) 熔断器	162
(十一) 电真空器件	162
(十二) 半导体器件	164

(十三) 音频讯号器件	165
(十四) 其他设备及元件	165
五、化学元素周期表	166
六、字母表	167
(一) 拉丁字母	167
(二) 希腊字母	168
(三) 俄语字母	168

第二篇 力值与硬度计量规范

第十一章 力值计量规范	169
一、直接加荷式二等标准测力机检 定暂行办法	169
二、杠杆式 6 吨力二等标准测力机 检定暂行办法	170
三、三等标准测力计检定规程	172
四、拉力、压力和万能材料试验机 检定规程	176
五、小负荷材料试验机检定规程	179
六、摆锤式冲击试验机检定规程	180
七、金属材料试验机通用技术要求	184
附录(一) 液压式万能材料试验机 主参数系列	186
附录(二) 摆锤式冲击试验机主参 数系列	186
八、纯弯曲疲劳试验机技术条件	186
九、悬臂弯曲疲劳试验机技术条件	188
十、拉力蠕变试验机技术条件	189
十一、水泥抗拉、抗折强度试验机 技术条件	191
第十二章 硬度计量规范	194
一、金属洛氏硬度计检定规程	194
二、金属表面洛氏硬度计检定规程	196
三、金属布氏硬度计检定规程	199
四、金属维氏硬度计检定规程	202
五、二等标准洛氏硬度块定度规程	204
六、二等标准表面洛氏硬度块定度 规程	206
七、二等标准布氏硬度块定度规程	208
八、二等标准维氏硬度块定度规程	211
九、洛氏硬度压头技术条件	213
第十三章 其它计量器具性能	217
一、游标卡尺	217
二、千分尺	218
三、杠杆千分尺	219

四、百分表	220
五、千分表	220
六、90° 角尺	221
七、万能角度尺	223
八、塞尺	224
九、半径样板	225
十、测量显微镜	226
十一、万能工具显微镜	228
十二、秒表	228
第十四章 材料的物理性能和 机械性能	230
一、常用元素的物理性能和机械 性能	230
二、钢的物理性能和机械性能	231
(一) 各种元素对钢性能的影响	231
(二) 普通碳素钢的机械性能	232
(三) 优质碳素结构钢的机械性能	232
(四) 普通低合金结构钢的机械性能	233
(五) 合金结构钢的物理性能和机械 性能	235
(六) 弹簧钢的物理性能和机械性能	237
(七) 不锈钢的物理性能和机械性能	238
(八) 铸钢的机械性能	239
三、铸铁的机械性能	239
(一) 灰铸铁的机械性能	239
(二) 可锻铸铁的机械性能	241
(三) 球墨铸铁的机械性能	241
四、有色金属及合金的物理性能和 机械性能	242
(一) 铜及铜合金的机械性能	242
(二) 铸铜的机械性能	243
(三) 铝及铝合金的物理性能和机械 性能	244
(四) 铸铝合金的物理性能和机械 性能	244
(五) 镁合金的机械性能	245

(六) 钛及钛合金的机械性能	245
五、金属的硬度	246
六、塑料的物理性能和机械性能	247
(一) 填料对塑料主要性能的影响	247
(二) 常温下一些塑料的物理性能和 机械性能	247
(三) 国产各种聚酰胺的物理性能和	

机械性能	248
七、国产木材的物理性能和机械 性能	248
八、水泥的机械性能	250
九、材料的弹性模量及泊松比	252
附录 有关标准索引	253

第一篇 力值与硬度计量基础

第一章 计量工作常识

一、计 量 制 度

我国的基本计量制度是米制（即“公制”。目前保留的市制，要逐步改革。在我国使用的英制，除因特殊需要外，一律废除。现在世界上普遍采用的国际单位制，是在米制计量单位基础上发展起来的计量单位制，在适当的时候，我国将逐步采用。

（一）米制

米制即国际公制或公制。

这种制度创始于法国。在十八世纪，全世界有各种形式的计量制度，不仅各国之间计量制度不同，各城市、地区之间的计量制度也不同。1795年4月7日，法国颁布了米制条例，这是米制的最初形式。当时因作为长度计量单位的 *mètre*（米）的测量工作未完成，假定了一个临时的米长度，并规定以下几项：

1. 采用十进制；
2. 米的长度，是经过巴黎的子午线自北极到赤道这段弧长的一千万分之一；
3. 升(litre)的容量，是一个十分之一米长度的立方体的容量；
4. 克(gramme)的重量，等于一个百分之一米长度的立方体的纯水在真空中称得的重量，纯水温度是 4°C （当时没有使用质量这个名词）。

1799年6月，测量工作完成，发现原假定的临时长度长了0.3毫米。依据新数值制造纯铂质的米原器和千克原器（公斤原器）各一个，作为国家原器。

米制出现以后，采用的国家逐渐增多。1870年与1872年，由法国发起，由二十余个国家组成米制委员会，决议用90%铂和10%铱的合金，按照特殊几何式样制造米原器和千克原器。所谓特殊式样，就是米原器的横截面为X形，千克原器用正圆柱体。

1875年在巴黎开会，正式签定了米制公约，自1876年1月1日起生效。1877年国际计量局成立并开始工作。

1889年国际计量局制成铂铱米原器31个，铂铱千克原器40个，选定一份作为国际原器，一份作为国际副原器，各国分领一份作为国家原器。该年召开了第一届国际计量大会。

米作为长度主单位定义为：国际米原器上两条规定刻线是在标准大气压和 0°C 时的距离。后来，在1960年第11届国际计量大会上定义为：等于氪86原子的 $2p_{10}$ 和 $5d_5$ 能级之间跃迁的辐射在真空中波长的1650763.73倍。

千克（公斤）作为质量的主单位定义为：国际铂铱合金千克原器的质量。重量和质量的关系：1千克重量是1千克质量在重力加速度为 9.80665 米/秒^2 处真空中所表现的重力。重量等于质量乘重力加速度，质量在各地一致，重量随各地重力加速度而变动。

升作为容量的主单位定义为：质量为1千克的纯水在标准大气压和最大密度（ $+4^{\circ}\text{C}$ ）时所占有的体积。升和立方分米的关系：1升等于1.000028立方分米。如果相对精确度不要求超过0.01%，可将1立方分米作为1升计算。后来，在1964年第12届国际计量大会上废除了这个旧的升的定义。但“升”可用作立方分米的专用名词，建议不用升这个名词来表示高精度的容量测量结果。

在法国最初创建米制时，曾经想使长度、重量和容量的单位都以一个自然常数为依据，也就是以地球的子午线所制定的“米”为依据。后来，这种米制就成了制定各种单位制的基础。例如，在物理学中，

以米的分数单位“厘米”为长度单位,制定了厘米-克-秒单位制;在工程技术界,以“米”为长度单位,创立了米-千克(公斤)-秒制、米-千克力(公斤力)-秒制等;在电磁学中,以米制为基础建立了米-千克(公斤)-秒-安培实用单位制和电磁单位制、静电单位制等。从米制派生出来的这些单位制,虽然都属于米制,但是它们之间缺乏科学的联系,使很多物理量具有许多彼此独立的单位,给科学研究和生产技术带来一些不必要的麻烦,这正是近几年来许多国家推行国际单位制的重要原因之一。

(二) 市制

这种制度是过去我国以米制为基础所制定的,原来叫市用制,解放前东北地区也采用它,并作了部分变更,叫做尺斤法。解放后,都通称市制。

中国是一个具有悠久历史和文化的国家。计量在我国古代叫做度量衡,《虞书》上有所谓“同律度量衡”,其后,《汉书律历志》加以阐明,历代大体上都用这个名称。物体的长短用尺来计量,这就是度;物体的多少用升、斗等来计量,这就是量;物体的轻重用天平、砝码和秤类来计量,这就是衡。限于当时科学发展的水平,计量工作还只限于长度、容量和质量三种量的范畴,这三种量的总称就叫度量衡。

春秋战国时期,由于诸侯割据,各国度量衡制度极为混乱。公元前356年,商鞅在秦国实行变法,公布了一系列变法措施,其中统一秦国度量衡是其变法的重要内容之一。《史记·商鞅传》记载,商鞅“平斗桶、权衡、丈尺”,而且规定每年仲秋之月检定一次。秦始皇统一中国后,进一步统一了度量衡,使天下尽用秦制。现在我们所保存的“秦权”、“秦量”,都刻有秦始皇的诏书,“商鞅方升”的底部,也刻有秦始皇的诏书。

秦始皇统一度量衡制度,符合当时社会经济发展的要求和人民群众的愿望,汉代的度量衡承袭了秦制。汉代以后的二千多年中,各种度量衡单位的数值,虽然由于历史条件不同而发生很多变化,但各种基本单位及其相互的比值关系,却长期延续了下来。

在国民党反动派统治时期,我国度量衡制度十分混乱。又由于帝国主义的入侵,所谓英制、美制、俄制、日制等等,真是五花八门。直到全国解放之后,在中国共产党领导下,计量制度才真正统一起来。1959年6月25日,国务院正式发布了《关于统一计量制度的命令》,从根本上结束了旧中国遗留下来的在度量衡制度方面的混乱局面。

(三) 国际单位制

1. 国际单位制的建立经过

在1948年的第九届国际计量大会上,国际理论与应用物理协会和法国政府提出了统一国际计量单位制的建议,并提议“取消以力或重力的单位为基本单位的单位制”,而在国际之间采用以米、千克(公斤)、秒、安培为基本单位的实用单位制。1954年第十届计量大会决定采用米、千克(公斤)、秒、安培、开尔文(热力学温度单位,第十三届国际计量大会决定将它改为现在的名称“开尔文”)和烛光为基本单位的单位制。并由国际计量委员会专门成立了单位制委员会。该委员会在1954~1956年间整理了国际意见,结果有21个国家对统一计量单位制的草案都十分赞成。1956年国际计量委员会决定将这种单位制定名为“国际单位制”,并通过了辅助单位和导出单位。会后,经过研究与实验,终于在1960年第十一届国际计量大会上正式通过。经过历届国际计量大会的修改,到1971年的第十四届国际计量大会决定国际单位制以米、千克(公斤)、秒、安培、开尔文、摩尔和坎德拉七个单位为基本单位。

2. 国际单位制的优越性

(1) 科学的构成原则

定义方法 在国际单位制中,各量的单位不是全部独立地定义,而是选择各学科的几个量作为彼此独立的基本量,其它的量是通过选择与基本量相联系的方程式表示。只要实际复现几个基本单位就可以方便地得到其它导出单位。这样,由国际单位制的几个基本单位(有时还要利用两个辅助单位)可以构成某一学科范围的单位制。例如,用米、千克(公斤)、秒和两个辅助单位定出了全部力学与声学单位;通过米、千克(公斤)、秒和安培定出了全部电学和磁学单位;由米、千克(公斤)、秒和开尔文定出了全部热学单位等。

一贯性 是指单位制中各导出单位的定义方程式中的比例系数一律都取为1,从而使各单位的尺

度之间合理地相互联系起来。这种单位制称为“一贯单位制”。对于单位来说，一贯性的概念只适于导出单位，例如“牛顿”是国际单位制中力的一贯导出单位。只有采用一贯单位制才能使表明物理规律的方程具有最简单的形式。

十进十退 国际单位制中的倍数单位与分数单位，是由十进位词冠加在主单位之前构成，而且它们的命名法也具有简便的系统性。这样，各倍数单位和分数单位与主单位的关系简单明确。

(2) 便于统一世界计量制度

国际单位制包括力学、热学、电磁学、光学、声学 and 化学等所有领域的计量单位，从而使科学技术与生产、国际贸易和日常生活等所有方面的计量单位统一在一个单位制中，以代替各国所用的一切单位制，达到计量制度在全世界范围内的统一，可以消除多种单位制和单位并用的现象，避免很多不合理甚至矛盾情况。例如，用一个国际制压力单位帕斯卡（牛顿/米²）就可以代替公斤力/厘米²、公斤力/米²、大气压、毫米汞柱、毫米水柱、巴、达因/厘米²等所有的压力单位。又如在力学、热学和电学中的功、能和热量这几个量，虽然测量形式不同，但它们在本质上是相同的量，而过去多种单位制及单位并存时，它们的常用单位有千克力米、克力米、尔格、千卡、卡、电子伏特、瓦时、千瓦时等很多米制单位，此外还有磅力英尺、马力小时和英热单位等多种英制及其他制单位，而在国际单位制中，只用一个单位焦耳就代替了所有这些常用单位。这不仅反映了这几个量之间的物理联系，而且也省略很多计算，同时也避免了同类量具有不同量纲和不同类量具有相同量纲的矛盾。

国际单位制明确和澄清了很多量与单位的概念，它的单位是根据物理规律严格而明确定义的，并经过考虑放弃了一些旧的不科学的习惯概念和用法。例如，长期以来，千克（公斤）既是质量的单位，也是重量的单位。实际上，重量与质量根本不同，它是和力相同性质的量。在国际单位制中，千克（公斤）只作为质量的单位，而力的单位“牛顿”当然也是重量的单位。此外，第十四届国际计量大会通过的“摩尔”的新定义，明确了“物质的量”跟“质量”及“重量”在概念上的区别。

国际单位制取消了大量不必要的各种单位，简化了物理规律的表示形式和计算手续，省略了很多不同单位制与单位之间换算系数。例如，很多力学和热力学公式采用国际单位制，就可以省去热功当量、功热当量、千克力与牛顿的转换系数等常量，同时也可以省去很多计算图表，节省了人力。

国际单位制的全部基本单位和大多数导出单位的大小较为实用，绝大部分已经得到广泛应用。目前，许多国家正在采用国际单位制。由于国际单位制和以它为根据的新工业标准的出现，使很多非国际单位制的工业技术设备和计量器具要修改甚至要淘汰。

3. 国际单位制(SI)基本单位的定义及主要单位表

根据第十一届国际计量大会的决议，国际单位制的国际代号为SI。按照1969年国际计量委员会的建议1，国际单位制中构成一贯体系的基本单位、辅助单位和导出单位称为“国际制(SI)单位”，而用来构成国际制(SI)单位的十进倍数单位与分数单位的词冠，称为“国际制(SI)词冠”。

国际单位制的电学与磁学单位按电磁学方程式定义。

国际单位制基本单位的定义

1. 长度单位——米(m)

“米的长度，等于氪86原子的 $2p_{10}$ 和 $5d_5$ 能级之间跃迁的辐射在真空中波长的1 650 763.73倍。”

(第11届国际计量大会,1960,决议6)

2. 质量单位——千克(公斤)(kg)

“千克(公斤)是质量[而非重量或力]的单位，它等于国际千克(公斤)原器的质量。”

(第1和第3届国际计量大会,1889,1901)

3. 时间单位——秒(s)

“秒是铯133原子基态的二超精细能级之间跃迁辐射周期的9 192 631 770倍的持续时间。”

(第13届国际计量大会,1967,决议1)

4. 电流强度单位——安培(A)

“安培是一恒定电流强度，若保持在真空中相距1米的两无限长的圆截面极小的平行直导线内，此

电流在这两导线之间每米长度上产生的力等于 2×10^{-7} 牛顿。”

(国际计量委员会, 1946, 决议 2; 1948 年第 9 届国际计量大会批准。)

5. 热力学温度单位——开尔文(K)

“热力学温度单位开尔文是水三相点热力学温度的 $1/273.16$ 。”

(第 13 届国际计量大会, 1967, 决议 3)

6. 物质的量单位——摩尔(mol)

“1) 摩尔是一物系的物质的量, 该物系中所包含的结构粒子数与 0.012 千克(公斤)碳 12 的原子数目相等。

2) 在使用摩尔时应指明结构粒子, 它可以是原子、分子、离子、电子及其它粒子; 或是这些粒子的特定组合体。”

(国际计量委员会 1969 年提出, 1971 年第 14 届国际计量大会通过, 决议 3)

7. 发光强度单位——坎德拉(cd)

“坎德拉是在 101 325 帕斯卡压力下, 处于铂凝固温度的黑体的 $1/600\ 000$ 平方米表面在垂直方向上的发光强度。”

(第 13 届国际计量大会, 1967, 决议 5)

表 1.1 国际单位制基本单位

量	名 称	代 号
长 度	米	m
质 量	千 克 (公斤)	kg
时 间	秒	s
电 流 强 度	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

* 也可以使用摄氏温度, 摄氏温度通常用摄氏度(代号°C)表示。

表 1.2 国际单位制辅助单位

量	国 际 制 (SI) 单 位	
	名 称	代 号
平 面 角	弧 度	rad
立 体 角	球 面 度	sr

表 1.3 国际单位制词冠

系 数	词 冠	英 文 词 冠	代 号
10^{12}	兆兆(太拉)	tera	T
10^9	千兆(吉咖)	giga	G
10^6	兆	mega	M
10^3	千	kilo	k
10^2	百	hecto	h
10^1	十	deka	da
10^{-1}	分	deci	d
10^{-2}	厘	centi	c
10^{-3}	毫	milli	m
10^{-6}	微	micro	μ
10^{-9}	毫微(那诺)	nano	n
10^{-12}	微微(皮可)	pico	p
10^{-15}	毫微微(非姆托)	femto	f
10^{-18}	微微微(阿托)	atto	a

表 1.4 具有专门名称的国际单位制导出单位

量	国 际 制 (SI) 单 位		
	名 称	代 号	用其它单位表示的关系式
频 率	赫 兹	Hz	
力	牛 顿	N	
压 力、应 力	帕 斯 卡	Pa	N/m^2
能、功、热 量	焦 耳	J	$\text{N}\cdot\text{m}$
功 率、辐 射 通 量	瓦 特	W	J/s
电 量、电 荷	库 仑	C	
电 位、电 压、电 动 势	伏 特	V	W/A
电 容	法 拉	F	C/V
电 阻	欧 姆	Ω	V/A
电 导	西 门 子	S	A/V
磁 通 量	韦 伯	Wb	$\text{V}\cdot\text{s}$
磁 感 应 强 度	特 斯 拉	T	Wb/m^2
电 感 系 数	亨 利	H	Wb/A
光 通 量	流 明	lm	
光 照 度	勒 克 斯	lx	lm/m^2

表 1.5 与国际单位制并用的单位

名 称	代 号	相当于国际制(SI)单位的数值
分	min	1 分=60秒
小时	h	1 小时=60分=3 600秒
日	d	1 日=24小时=86 400秒
度	$^{\circ}$	$1^{\circ}=(\pi/180)$ 弧度
分	'	$1'=(1/60)^{\circ}=(\pi/10\ 800)$ 弧度
秒	"	$1''=(1/60)'=(\pi/648\ 000)$ 弧度
升	l	1 升=1 立方分米= 10^{-3} 立方米
吨	t	1 吨= 10^3 千克(公斤)
电 子 伏 特 特 位 单 位	eV	} 根据定义由实验得出
(统一的)原子质量单 位	u	
天文 单 位 距 离	pc	

* 没有国际代号，而是采用一些缩写符号，例如法文的 UA，英文的 AU，德文的 AE，俄文的 a.e.d.等。

表 1.6 暂时与国际单位制并用的单位

名 称	代 号	相当于国际制 (SI) 单位的数值
海 里		1 海里 = 1 852 米
节		1 海里每小时 = (1 852/3 600) 米/秒
埃	Å	1 埃 = 0.1 毫微米 = 10^{-10} 米
公 亩	a	1 公亩 = 1 平方十米 = 10^2 平方米
公 顷	ha	1 公顷 = 1 平方百米 = 10^4 平方米
靶 恩	b	1 靶恩 = 100 平方毫微米 = 10^{-28} 平方米
巴	bar	1 巴 = 0.1 兆帕斯卡 = 10^5 帕斯卡
标准大气压	atm	1 标准大气压 = 101 325 帕斯卡
伽	Gal	1 伽 = 1 厘米/秒 ² = 10^{-2} 米/秒 ²
居 里	Ci	1 居里 = 3.7×10^{10} 秒 ⁻¹
伦 琴	R	1 伦琴 = 2.58×10^{-4} 库仑/千克 (公斤)
拉 特	rad	1 拉特 = 10^{-2} 焦耳/千克 (公斤)

表 1.7 建议一般不用的其它单位

名 称	相当于国际制 (SI) 单位的数值
费 密	1 费密 = 1 毫微米 = 10^{-15} 米
米 制 克 拉	1 米制克拉 = 200 毫克 = 2×10^{-4} 千克 (公斤)
托	1 托 = (101 325/760) 帕斯卡
千克力 (公斤力) (kgf)	1 千克力 (公斤力) = 9.806 65 牛顿
卡 (cal)	1 卡 = 4.186 8 焦耳
micron (μ) ①	1 μ = 1 微米 = 10^{-6} 米
X (爱克司) 单 位	
stere (st) ②	1 st = 1 立方米
伽 玛 (γ) ③	1 伽玛 = 1 毫微特斯拉 = 10^{-9} 特斯拉
γ ③	1 γ = 1 微克 = 10^{-9} 千克 (公斤)
λ ④	1 λ = 1 微升 = 10^{-6} 升

注: ① micron(μ) [音译为“麦喀隆”(缪)] 是中文译名“微米”的西语专门名称, 但中文没有专门名称。西文取缔“micron”, 这个专门名称, 并不意味着中文名称“微米”也要取缔, 因为它是国际制单位的分数单位。

② stere (音译为“斯地尔”) 是在测量木料体积时“立方米”的西语专门名称, 它和“micron”相似, 在中文中专门名称一直是借用“立方米”, 西文取缔 stere 并不是取缔“立方米”, 因为“立方米”是体积和容量的国际制单位。

③ 这两个单位的中文译音都是“伽玛”, 但原表中后一 γ 未注英文读音, 前者用于测量地磁场强度, 等于 10^{-5} 高斯, 后者用于测量药品等的微小质量。

④ 容量单位“微升”的专门名称, 英语读音为 lambda, 中文读音为“拉姆达”。

(四) 其他制度

1. 英制

这是英国原有的计量制度。1897 年 8 月英国宣布兼用米制, 但实际上英制是根深蒂固的。1965 年 5 月英国声明进行米制改革, 向国际单位制过渡, 绝大部分英制国家也纷纷放弃它们使用多年的英制单位。

2. 美制

这是美国原有的计量制度。美国基本上采用英制, 但有一些变动。1893 年 4 月命令兼用米制。美国标准局 1964 年采用国际单位制。

3. 日制

这是日本原有的计量制度。1909 年规定米制同它本国的尺贯制并用。1959 年宣布,采用米制后的计量法均按国际计量局的决议进行修改,现正式规定以国际单位制为日本计量制度的基础。

4. 俄制

这是旧俄的计量制度。1899 年 6 月法律规定旧俄制同米制并用。苏联十月革命后,于 1918 年 9 月决定推行米制。1970 年发表国家标准“物理量单位”,正式规定以国际单位制为计量制度的基础。

附录(一) 基本量基准器、标准器的精度

表 1.8

基 本 量	单 位	基、标 准 器	复 现 单 位	精 确 度	
				绝 对	相 对
长 度	米 (m)	^{86}Kr 基 准	1 m	$0.01\sim 0.001\ \mu\text{m}$	$1\times 10^{-8}\sim 1\times 10^{-9}$
		线 纹 标 准	1 m	$0.1\ \mu\text{m}$	1×10^{-7}
		端 度 标 准	100 mm	$0.01\ \mu\text{m}$	1×10^{-7}
质 量	千克(公斤) (kg)	公 斤 原 器	1 kg	1 μg	1×10^{-9}
		原 器 天 平	1 kg	10 μg	1×10^{-7}
时 间	秒 (s)	^{133}Cs 原子基准	日	$0.1\sim 0.01\ \mu\text{s}$	$1\times 10^{-12}\sim 1\times 10^{-13}$
电 流 强 度	安培 (A)	电 流 天 平	1 A	$1\sim 10\ \mu\text{A}$	$1\times 10^{-5}\sim 1\times 10^{-6}$
		基 准 电 池	1 V	$0.1\ \mu\text{V}/\text{年}$	$1\times 10^{-7}/\text{年}$
		基 准 电 阻	1 Ω	$0.1\ \mu\Omega$	1×10^{-7}
热 力 学 温 度	开尔文 (K)	水 三 相 点	273.16 K	0.0001 K	1×10^{-4}
发 光 强 度	坎德拉 (cd)	铂黑体基准	1 cd	0.1~0.2%	$1\times 10^{-3}\sim 2\times 10^{-3}$
物 质 的 量	摩尔 (mol)	0.012 千克(公斤) ^{12}C 的原子数	1 mol	—	—

附录(二) 力学量的导出体系

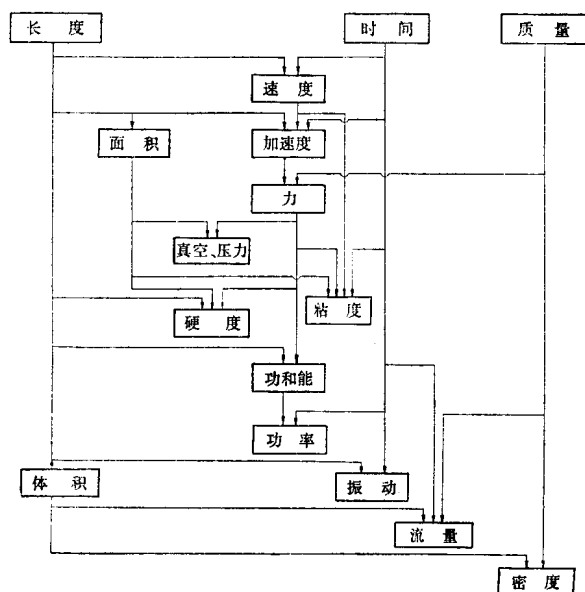


图 1.1

二、常用计量名词

(一) 测量

1. **测量**: 以确定被测量的量值为目的的一系列实验操作。

2. **量值**: 表示一个量大小的计量单位和数值。

【例】工作测力计上表示的“10吨力”,硬度块上表示的“HRC 65”,等等,都叫量值。

3. **测量程序**: 进行测量所必需的操作(包括计算)顺序。

(二) 测量方法

1. **测量方法**: 运用测量原理和测量器具的方法总和。根据测量过程的特征来分类。

2. **直接测量法**: 从实验数据直接获得被测量值的一种测量方法。

注:若测量仪器的指示值,通过图表或表格与被测量值相对应,这时被测量值也可认为直接测得。

【例】在字盘秤或等臂天平上测量质量;用线纹尺测量长度;用工作测力计测量力值;用硬度计测量材料的硬度。

3. **间接测量法**: 通过直接测量与被测量有函数关系的其它量,来获得被测量值的一种测量方法。

【例】通过直接测量质量和几何尺寸可以获得由均质材料组成的物体的密度。

4. **组合测量法**: 将一定数目的被测量以不同方式组合,通过直接测量或间接测量并求解相应的方程组,来获得被测量值的一种测量方法。亦称闭环组合测量法。

【例】在砝码组中已知一个或几个砝码的质量,通过不同组合进行质量的直接比较,从而求出其它砝码的质量。

5. **基本测量法**: 通过对定义被测量的各基本量进行测量,来获得被测量值的一种测量方法。亦称绝对测量法。

【例】用自由落体在一定时间内经过的距离测量重力加速度。

6. **比较测量法**: 将被测量值和一已知的同类量值进行比较,或和一与其成函数关系的其它已知量值进行比较,来获得被测量值的一种测量方法。亦称相对测量法。

【例】用容量的实物量具测量液体体积;用受力后弹性体变形的测力计测量力值。

(1) **直接比较测量法**: 被测量值完全是和由实物量具复现的同类已知量值直接比较而获得的。

【例】用线纹尺测量长度;用量杯测量液体体积。

注 1: 替代法是一种直接比较法,它是用量具复现的已知量值代替被测量值的一种专门的比较法。

【例】在天平的同一盘内轮流放置被测质量与标准砝码的称量法(又称波尔达法)。

注 2: 交换法也是一种直接比较法,它是先使被测量值和第一个同类已知量值平衡;然后被测量值放在已知量值的地方,并和另一个已知量值平衡,使平衡指示器在两种情形中读数相同,则被测量值等于此两已知量值的算术平均数或几何平均数。

【例】用高斯二次称量法确定质量。

(2) **微差测量法**: 被测量值是和一与其只有微量差别的同类已知量值在测量仪器上进行比较而获得的。

【例】用比长仪对两个长度进行比较;用微差电压表对两个电压进行比较。

注 1: 零位法(亦称零差法)是一种微差测量法,它是使被测量值和一与其比较的同类已知量值的差,在比较仪器上的效果为零。

【例】用全平衡电桥及指零仪器测量电阻;使天平的最终平衡位置和其初始位置一致来确定质量。

注 2: 重合法(亦称符合法)也是一种微差测量法,它是利用标尺的刻线重合或利用信号的符合,来确定被测量值和同类已知量值之间的微小差别。

【例】用游标卡尺测量物体的长度(观察卡尺和游标上的刻线重合)。

(3) **偏差测量法**: 被测量值是由指示器件的偏移获得的。