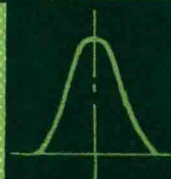


计量技术丛书

力学计量技术

陕西机械学院 傅庭和 主编



机械工业出版社

计量技术丛书

力学计量技术

陕西机械学院 傅庭和 主编



机械工业出版社

内 容 简 介

该书内容包括力学计量的基本概念、单位、质量计量、力值计量、压力与真空计量、硬度计量及振动计量等。着重研究力学量的传感器及其测试系统的结构、原理、特性及其测试方法和检定方法。书中特别介绍了力学量动态测试系统和动态测试方法以及力学计量中国内外发展概况。内容比较丰富,覆盖面较大,每章之后均附有习题,便于自学。

计量技术丛书

(第七分册)

力 学 计 量 技 术

陕西机械学院 傅庭和 主编

责任编辑: 贡克勤

封面设计: 田淑文

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南里一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

通县曙光印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $26^{2/3}$ ·字数500千字

1988年9月北京第一版·1988年9月北京第一次印刷

印数00,001—6000·定价: 6.30元

ISBN7-111-00841-3/TB·48

前 言

力学计量是计量学中的一个重要领域，所涉及的机械工程中的物理量检测技术面极为广泛，内容极为丰富。《力学计量技术》一书着重讲述力学量中的质量、密度、力值、压力、硬度的计量和测量技术，并对有关机械振动计量的知识作了基本的，较为系统的介绍。

本书旨在使读者了解有关力学计量的基本概念、原理、量值传递系统、测试系统及测量方法，掌握其基本内容和技术。

本书可作为计量技术与计量管理专业的本科及专科教材，成年教育及函授教材，亦可供从事计量的工作人员参考。

本书共分六章，第一、二、三、五、六章由傅庭和编写，第四章由晏克俊编写。还有王国明和高宗海帮助绘制书中部分插图和抄写工作。全书由傅庭和主编，傅懋年审阅。

本书在编写过程中参考了许多专业书刊、教材和资料，谨向有关的编者和著、译者致谢。

由于我们水平有限，书中缺点和错误在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

1987年9月

序 言

我国社会主义四个现代化建设事业的蓬勃发展,要求加快现代化计量科学技术的发展。同时,计量科学技术的进步又有力地促进我国各行业、企业进行的技术改造,使它们尽快地转到现代化技术和现代化管理的基础上来。因此,为了满足各行业、各部门对具有现代计量科学知识的人才的需要,加速人才培养,并提高现有企事业单位计量测试人员的技术水平,我们在陕西机械学院领导的鼓励和支持下,组织我院精密仪器工程系和自动控制系具有丰富教学实践经验的二十名教师,并聘请了陕西省计量局具有丰富工作经验的工程师编写了这套“计量技术”丛书。考虑到计量科学是一门基础性的应用科学,涉及的专业学科有十大类一百四十多项,其内容十分丰富,丛书不可能面面俱到,全面论述。按多数计量测试工作的实际需要,我们编写的丛书比较全面地论述了计量测试中所遇到的机械学,光学,电学和误差理论与数据处理等方面的基础知识,并对长度、温度、力学、电磁和理化等五个方面计量的各种原理、方法和应用技术进行了系统地阐述。这套丛书共包括以下九个分册:

1. 计量机械基础(第一分册)
2. 计量光学基础(第二分册)
3. 计量电学基础(第三分册)
4. 测量数据处理(第四分册)
5. 长度计量技术(第五分册)
6. 温度计量技术(第六分册)
7. 力学计量技术(第七分册)
8. 电磁计量技术(第八分册)
9. 理化计量技术(第九分册)

这套丛书是针对具有中等以上文化程度的在职计量技术和管理人员而编写的,可作为他们的自学和函授教材或有关培训班教材,也可作为大专院校有关专业的教材或参考书。

由于我们水平有限,丛书可能存在不少缺点和错误,我们衷心欢迎广大读者批评指正。

“计量技术”丛书编委会

1987.7

“计量技术”丛书编委会

主 编：柏永新

副主编：唐家驹 童 竞

编 委：（按姓氏笔划为序）：

冯炳华	任金铭	刘毓兰
许开君	许泽鹏	李 信
李大成	李斌之	李福利
陈素明	林霁栋	杨国珍
杨致忠	赵瑞生	赵念念
柏永新	高宗海	郭桂珊
夏道智	唐家驹	童 竞
傅庭和	穆志坚	

目 录

第一章 绪论	1
§ 1-1 力学计量的对象和意义	1
§ 1-2 测量与计量的意义	2
§ 1-3 我国的基准与量值传递	3
一、一级基准器	3
二、二级基准器	3
三、三级基准器	3
§ 1-4 测量方法	4
一、直接测量法	4
二、间接测量法	4
三、组合测量法	4
§ 1-5 国际单位制	5
一、国际单位制的发展概况	5
二、国际单位制的科学性和优越性	6
三、国际单位制内容	8
§ 1-6 误差的来源与分类	9
一、按误差的表示方法分类	10
二、按误差的性质分类	11
§ 1-7 测量系统的特性	12
一、测量系统的静态特性	13
二、传递函数	15
三、测量系统的动态特性	18
第二章 质量计量	24
§ 2-1 基本概念	24
一、质量的物理概念	24
二、重力	28
三、质量和重力的区别	31
四、质量的单位	31
五、质量的传递系统	34
六、质量计量的发展动态	35
§ 2-2 砝码	36
一、砝码和砝码材料	36
二、砝码的组合制	37
三、砝码的使用规则及维护保养	38
§ 2-3 天平	40
一、基本概念和原理	40
二、天平的分类及其精度级别	41
三、天平的结构	43

四、天平的计量性能	45
五、天平的使用规程和保养	54
§ 2-4 衡量方法介绍	55
一、衡量和衡量方法	55
二、空气浮力的修正	55
三、直接称量法	57
四、一般替代称量法	58
五、门捷列夫称量法	59
六、交换称量法	60
七、关于衡量中误差来源的分析	63
§ 2-5 固体材料密度及其测量	64
一、密度和相对密度	64
二、用液体静力衡量法测定固体的密度	66
三、用比重瓶法测定固体的密度	68
四、利用比重天平法测定固体的密度	70
思考题与习题	71
第三章 力值计量	72
§ 3-1 力值计量的概况和发展方向	72
一、力值计量的意义	72
二、力的概念和计量单位	74
三、测力的方法	76
四、力值传递系统	79
五、力值计量的发展方向	81
§ 3-2 基准测力机和标准测力机	89
一、基准测力机	89
二、二等标准测力机	91
三、一等标准测力计	96
四、三等标准测力计	97
§ 3-3 应变式测力仪器	97
一、电阻应变片	98
二、电阻应变仪简介	114
三、记录仪器	118
四、电阻应变式测力传感器	123
五、电子秤	135
§ 3-4 其它测力仪器	139
一、压磁式测力仪器	139
二、压电式测力仪器	144
§ 3-5 扭矩测量	151
一、扭矩测量概述	151
二、扭矩测量仪器	153
思考题与习题	160
附录: 负荷传感器试行检定规程 (JJG—391—85)	162

第四章 硬度计量	178
§ 4-1 概述	178
一、硬度计量的意义	178
二、硬度概念	178
三、硬度量值传递系统	179
§ 4-2 硬度试验法	180
一、布氏硬度试验法	180
二、洛氏及表面洛氏硬度试验法	184
三、维氏硬度试验法	190
四、显微硬度试验法	193
五、肖氏硬度试验法	194
§ 4-3 硬度计的结构形式	195
§ 4-4 硬度计的检定	197
一、硬度计的检定	197
二、洛氏和表面洛氏硬度计的检定	200
§ 4-5 硬度计量的发展动态	203
第五章 压力计量	204
§ 5-1 概述	204
一、压力计量在科学技术中的作用	204
二、压力的概念	204
三、压力计量单位	206
四、压力范围的分类	206
五、压力仪表的分类	207
六、我国压力量值传递系统	207
§ 5-2 液体压力计	209
一、U 形管式压力计	209
二、杯形(单管式)压力计	211
三、倾斜管微压计	212
四、补偿式微压计	214
五、液体压力计的修正及使用注意事项	215
§ 5-3 弹性压力仪表	218
一、基本知识	218
二、标准单圈波登管式压力表	218
三、多圈波登管式压力表	219
四、膜片式压力表	219
五、膜盒压力计	221
§ 5-4 活塞式压力计	222
一、活塞式压力计的工作原理	222
二、活塞式压力计计量性能的几个基本参数	223
三、活塞式压力计的主要修正	225
§ 5-5 电测压力计	226
一、电阻式压力计	226
二、电感式压力计	231

三、电容式压力计	235
四、压电式压力计	238
五、霍尔式压力计	239
§5-6 压力计的定度	240
一、标准表比较法	240
二、砝码定度法	241
三、激波管定度法	243
§5-7 真空计量概述	244
一、真空计量技术在科研及工程技术中的应用	244
二、真空计量单位	245
三、真空计量仪器	245
思考题与习题	249
第六章 机械振动计量	251
§6-1 概述	251
一、振动计量的意义和内容	251
二、振动的分类及表征参数	252
§6-2 振动测试传感器原理	261
一、相对式测振传感器	262
二、惯性式测振传感器	263
§6-3 介绍几种常用的测振传感器	269
一、位移传感器	269
二、磁电式速度传感器	272
三、加速度计	275
四、阻抗头	292
五、传感器合理的选择	292
§6-4 振动试验台和激振器	294
一、机械式振动台	294
二、电动式振动台	295
三、电磁式激振器	296
四、压电激振器	297
五、磁致伸缩激振器	298
§6-5 振动测试系统和振动参数测量方法	298
一、振动测试系统的组成	298
二、几种典型的测试系统	299
三、机械系统振动参数的估计	303
§6-6 测振仪器的定度和校准技术	307
一、定度和校准试验的基本内容	307
二、振动传感器绝对定度法	308
三、比较校准法	314
四、共振架校准法	317
§6-7 振动计量的发展概况	318
思考题与习题	319
参考文献	319

第一章 绪 论

§ 1-1 力学计量的对象和意义

在计量科学技术发展史中,力学计量是最早开展的计量项目之一,研究的对象是量值统一和力学参数的测试技术。随着生产力的发展和科学技术的进步,力学计量的内容也不断扩大,迄今已包括质量、密度、力值、硬度、压力、真空、振动、冲击等专业计量技术。力学计量与其它计量相比,具有历史悠久,内容丰富,应用广泛等特点。

20世纪50年代以来,电子技术开始用于称重技术和各种动态测试技术,例如各种电子秤和电子轨道衡在国民经济各个方面大量使用,把力值信号变换为电信号或频率信号的需要日益迫切,因而各种力学量传感器的研究成为力学计量中迅速发展起来的重要内容。

在工业生产和国内外贸易方面力学计量非常重要。港口货物的快速自动称量;石油进出口的大容量、大流量和动态密度计量;钢铁、电力、交通运输以及煤炭、化工等工矿企业的轨道衡、汽车衡、配料秤、吊秤、皮带秤、对大质量计量技术在精度和量程上的要求越来越高;许多工厂和科研部门都大量使用从微克级到千克级的天平砝码。零件的硬度,材料拉压扭弯等力学性能的检验,产品的振动、冲击、加速度等等性能试验,决定着产品质量的好坏。在国防及尖端技术中,对振动、冲击力、大力值和微压力的测量等,不但要求量值的准确一致,而且要求在苛刻环境下进行。上述情况表明,当前当务之急,是各类传感器的研制,由于它是获取信息的一次仪表,在工程监测和质量检验中,能迅速而准确地取得第一次信息,并提供给电子计算机进行运算和控制。力学计量测试用的传感器目前已发展到几百种之多,从新型传感器的研制开发,到性能参数的测试和校准技术的进步,使力学计量学科的内容更加新颖,丰富,先进。

另一方面,度量衡虽然是古典计量的内容,但至今仍然是人民生活中不可缺少的。各种商用量器的准确一致,是人们极为关心的问题,也是政府和人民群众保持密切联系的重要途径,对于这些计量器具进行周期检定,制定法制性技术文件,及时抽查,是广大群众的迫切要求。

我国力学计量具有一定的基础,有的如测力、硬度、重力加速度、高中频振动等,已达到世界先进水平。但与国外相比,尚有下列几方面的差距:

- ① 动态力学性能测试;
- ② 振动和冲击计量的信号采集、分析、处理和自动计算技术,尤其对随机振动检测、信号分析和识别技术;
- ③ 传感技术方面,国外某些工业发达国家开始研制第三代传感器,即集成式和具有智能或多功能的传感器。

今后我国力学计量的科学研究和技术发展有如下几个急待解决的问题。

- ① 要着重研究开发力学量的传感器及其检测技术。

② 发展动态计量和实时快速测试分析技术。

③ 建立新的工程量计量标准, 发展新的计量测试技术。

④ 微处理机的推广应用, 是使力学计量不但提高了效率及精确度, 而且解决了许多用经典方法不能解决的问题。

⑤ 对于力学计量, 根据我国的实际情况, 其度量衡的法制计量工作, 是量大面广而又必须加强的工作内容。

§ 1-2 测量与计量的意义

测量是现代化科学技术的基础, 也可以这样说, 没有测量就没有科学。因此, 测量是人类对自然界的客观事物取得数量观念的一种认识过程。在这一过程中, 借助于专门的设备, 通过实验的方法, 求出以所采用的测量单位来表示的未知量的数值; 换句话说, 测量就是为取得任一未知参数而做的全部工作, 其中包括测量的误差分析等计算工作。

在所有的自然科学和工程技术领域中所进行的一切研究活动, 就其目的而言, 无非是寻求客观事物中质与量的变化关系。而在研究质与量的关系过程中都离不开测量。科学技术上有许多新的发明和突破都是以计量技术为基础的, 只靠推理是不能推动现代科学技术发展的。例如1916年爱因斯坦的广义相对论, 由于当时不具备验证的测试条件而在将近50年的时间内没有得到很快的发展。近年来天文学上的发现和许多精确的测量技术对这个理论进行了成功的验证, 才使广义相对论重新得到重视和发展。历史上诸如此类的例子很多, 这就充分说明了科学技术的发展与测量技术是紧密相关的。测量技术推动科学的新发现并使之应用于技术实践中。

在生产中, 可靠的测量技术是生产过程自动化的先决和必要条件, 测量是调节的依据, 调节是测量的目的。生产过程自动化, 就是根据测量系统所提供的信号来发出指令, 对设备进行必要的调整, 使生产过程接近预定的, 最安全和最经济的工况。

计量是将物理量与其单位的定义做比较的一种实验科学, 它是测量的一种特殊形式。

在促进科学技术进步的许多因素中, 改善国民经济的计量工作具有越来越重要的意义。计量的发展涉及到科学、技术、经济、组织和法律等各方面的问題。

管理各种测量统一这个任务的发生和发展, 是社会生产力发展和劳动分工与协作不断发展的必然结果。马克思指出: “一切规模较大的直接社会劳动或共同劳动, 都或多或少地需要指挥, 以协调个人的活动, 并执行生产总体的运动——不同于这一总体的独立器官的运动——所产生的各种一般职能。一个单独的提琴手是自己指挥自己, 一个乐队就需要一个乐队指挥” (见《马克思恩格斯全集》第23卷 367 页)。所以, 无论在科学实验中还是在生产过程中, 人们一旦离开了测量和计量就必然给工作带来盲目性。即使在人们的日常生活中离开了测量和计量也会引起不可思议的混乱。

计量就是从物理量的单位定义到工作量具之间一系列的量值传递过程。开展计量工作的目的就在于保障测量量值的准确一致, 保证测量设备的准确统一, 并使之获得所要求的精确度。因此, 保证计量工作的发展和完善, 对加速科学技术进步、改进产品质量、提高劳动生产率、节约物质资源、合理使用生产基金和改善国民经济管理体制, 都有重大影响。解决诸如改进保健、劳动保护、环境保护等这些社会问题, 在很大程度上取决于计量技术的发展水

平。

§ 1-3 我国的基准与量值传递

从法制规定的基本单位的定义出发,用最先进的科学技术和工艺手段建立起来的复现单位定义而且具有高精度的计量设备称之为基准。由于基本单位有七个,它们是长度(米)、质量(千克)、时间(秒)、电流强度(安培)、热力学温度(开尔文)、发光强度(坎德拉)和物质的量(摩尔),因此相应地有七个基准器,它可以是计量装置,也可以是计量器具(实物基准)。其它由七个单位导出的物理量值的基准称之为标准。

基准器共分三级

一、一级基准器

又可称为主基准器或原始基准器。它是计量单位中精确度最高的基准器。它经国家签定合格后称为国家基准器,并作为全国计量单位量值的最高依据。由国际协议所承认的原始基准器称为国际基准器。

二、二级基准器

它是由一级基准器确定其量值的基准器,又称为副基准器,它的功能是:

- 1) 作证基准 用以检验主基准的稳定性和完善性,并在其损坏或失效时代替主基准的副基准。
- 2) 比较基准 精确度比较接近的(同一物理量)基准互相比对其量值的过程叫比对。对不能直接互相比对的基准进行间接比对时所用的副基准称为比较基准。
- 3) 参考基准 是用来将量值传递给工作基准的一种副基准。

三、三级基准器

它是将单位量值传递给精确度较高的标准测量设备而用的一种基准,或称为工作基准器。

测量设备或仪表按国家规定的精确度要求又分为若干等级标准。

任何物理量由其基准向工作基准,各级标准或单一物理量的精密测量设备逐级传递单位量值并确定其精确度,为此而建立的一系列规定了精确度,测量程序、方法、设备、机构所构成的整个体系称为量值传递体制。显然,这样一套严密的体制使测量量值的准确一致和测量设备的准确统一得到了保证。有时,将从工作基准,各级标准向日常用的测量设备传递量值的体系称为检定体制。

所有新生产的测量设备在出厂前都要经国家计量业务机构作全面的签定。签定的一种形式是由国家业务部门对某项新产品组织召开签定会或定型会。在会上用集体审查的方法,核实产品表演所达到的全面指标,并给以切实的评语,对合格者发给合格证书。出厂后的测量设备在使用中必须定期检定,判断测量设备的精确度、稳定度、可靠性是否仍保持出厂水平。

在整个量值传递体制中,按精确度的高低,对仪器仪表又划分为若干个等级。例如压力表,电流表等分为七级,并用0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5及5.0来表示。这些数字是代表仪器示值(或满刻度时)所包含的相对误差范围。任何一只仪表的表盘或说明书上都应注明精度等级。显然,包含相对误差越小的仪表其精确度越高。

§ 1-4 测量方法

为了有利于研究测量过程中所产生的误差,有必要把测量方法按测量结果产生的方式进行分类,它们是直接测量法,间接测量法和组合测量法。

一、直接测量法

在测量中,使未知物理量与作为标准的物理量直接比较,用预先校准好的测量仪器进行测量,从而直接求出未知量的数值。这类测量称之为直接测量。

直接测量在工程技术中广泛使用,如用磁电式电流表测量电路的某支路电流,用弹簧管式压力表测量锅炉压力等。直接测量的优点是测量过程简单而迅速,缺点是测量精确度不高。

在由若干基本物理量单位导出的物理量中,有相当多的物理量是不能用直接测量法测出结果的。例如透平机械轴功率,导线电阻率等。此时需采用间接测量法。

二、间接测量法

测量中,通过未知量与若干个变量相联系的关系式先分别对各变量进行直接测量,然后将所得数值代入该关系式中进行计算,从而求得未知量的数值,这类测量称之为间接测量。在间接测量中,未知量与被测量之间存在一定的函数关系。

例如当需要求得透平机械轴功率 N 时,借用关系式:

$$N = \frac{Mn}{9549}$$

式中 M ——透平机械轴传递的扭矩,单位 $N \cdot m$;

n ——轴的转速,单位 r/min 。

用测速测扭仪在扭力轴上(连接于透平机械受力轴端)同时进行扭矩 M 和转速 n 的直接测量,然后将经处理后的读数代入上式就可计算出结果 N 来。

三、组合测量法

测量中使各个未知量以不同的组合形式出现(或改变测量条件以获得这种不同的组合),根据直接测量或间接测量所获得的数据,通过求解联立方程组以求得未知量的数值,这类测量称之为组合测量。在组合测量中,未知量与被测量之间存在一定的关系。

例如,标准电阻线圈电阻温度系数的测量。对于电阻线圈,它的电阻值 R_t 与温度 t 之间的关系,由下式给出:

$$R_t = R_{20} + \alpha(t - 20^\circ\text{C}) + \beta(t - 20^\circ\text{C})^2$$

式中, α 、 β 是电阻线圈的电阻温度系数; R_{20} 是电阻线圈在 20°C 下的电阻值。

为了测出电阻线圈的 α 和 β 值,只有改变测试的温度条件,在三种温度 t_1 、 t_2 、 t_3 下,分别测出对应的电阻值 R_{t1} 、 R_{t2} 、 R_{t3} ,然后代入上述公式,才能得到一组联立方程:

$$\begin{cases} R_{t1} = R_{20} + \alpha(t_1 - 20^\circ\text{C}) + \beta(t_1 - 20^\circ\text{C})^2 \\ R_{t2} = R_{20} + \alpha(t_2 - 20^\circ\text{C}) + \beta(t_2 - 20^\circ\text{C})^2 \\ R_{t3} = R_{20} + \alpha(t_3 - 20^\circ\text{C}) + \beta(t_3 - 20^\circ\text{C})^2 \end{cases}$$

解联立方程后,可求得 α 、 β 和 R_{20} ,从而得到最后所需要的结果 α 值和 β 值

组合测量操作手续很复杂,花费时间很长,是一种特殊的精密测量方法,适用于科学实验或特殊场合。

在评定测量数据中所包含的随机误差时,其数据处理方法取决于测量。一般说来,对直接测量测量数据的处理方法是基于正态分布律而求出未知量的最优概值(算术平均值)和它所包含的误差;对于间接测量数据的处理尚需借助于平均误差传播原理;对于组合测量的数据普遍地使用回归分析确定相关系数并最后求得未知参量和评定误差。

当然还可以根据测量中的其它因素对测量方法进行分类:如绝对测量法与相对测量法;等精度测量法与非等精度测量法;零位法;微差法和替代法等等。

绝对测量法:根据被测量的物理定义中的各基本量同时进行测量以获得被测量值的方法称之为绝对测量法。目前,在国际单位制中,作为基本量的共有七个。如用某质点在一定时间内所经过的距离测量质点速度。

相对测量法:将被测量值和一已知的同类量值进行比较,或和一个与其成函数关系的其它已知量进行比较,以获得被测量值的方法称之为相对测量。例如:用受力后弹性膜盒的变形量测量力值等等。相对测量根据比较方法的差异又分为替代法、交换法、零位法和偏差法等等。

等精度测量法和非等精度测量法:在多次测量中,如果每次测量都使用相同的方法,相同的仪器,在同样的环境下进行,而且测试人员每一次都以同样的细心和注意力来进行操作和观测……,总之,即在同一条件下所进行的一系列重复测量称之为等精度测量。否则,称之为非等精度测量。

总之,测量方法对测量工作是十分重要的,它关系到测量任务是否能完成;因此,要针对不同测量任务的具体情况,进行认真的分析,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,进行实际测量。反之,如果测量方法不对头,即使选用的技术装备(包括仪器、仪表、设备等)再高级,也不会有正确的测量结果。

§ 1-5 国际单位制

为了适应四个现代化的需要,进一步统一我国的计量单位,应按国务院于1984年2月发布的《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》执行,要求积极采用国际单位制(SI)。

一、国际单位制的发展概况

国际单位制(国际代号SI),是1960年第11届国际计量大会正式通过的。国际单位制的制度及其在全世界范围内成为法定计量制度,是工农业生产、科学技术和国际贸易迅速发展的必然结果。计量制度和计量仪器的精密度,是科学文化发展水平的重要标志,历史上随着物质生产和科学技术的发展,计量制度和计量方法曾得到不断的提高与改进。

在18世纪,全世界有多种形式的计量制度,那时不仅各国之间计量制度不同,各地区之间的计量制度也不同。为了使国际上有一个统一的单位制,法国在1790年建议制定米制法,提出新的十进计量制度和建立以自然数为单位的设想,并于1797年开始基础测量工作,在此期间并制定了最初的标准原器,公布了米制法。到19世纪,欧洲一些国家才开始采用米制,法国是1840年规定使用米制的。1871年巴黎公社成立后,十分重视计量制度,立即改革了计量机构。1875年17个国家在巴黎签署了“米制公约”,成立了国际计量委员会,设立了国际计量局,到1977年止,公约成员国已有45个,我国于1977年加入了米制公约国组织。

米制诞生以后,国际上的计量制度逐渐趋于统一。到20世纪,各国普遍使用的有两大计

量制度，就是米制和英制，米制是一种比英制更先进的十进制。目前有 135 个国家使用米制或处于推广米制的过程中，约占世界人口的百分之九十。

在法国最初创建米制时，曾经想使长度，重量和容量（常说的度量衡）的单位都以一个自然常数为依据，也就是根据地球的子午线所制定的“米”为依据，米定义为地球通过巴黎子午线四分之一圆周的 $1/10^7$ 的长度，即通过巴黎地球圆周的四千万分之一的长度（随后检验发现有误差，但未改动米的长度去保持 10^{-7} 的比率，而把米重新定义为一根尺子上两个标记间的距离）。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，而在米·千克·秒单位制中，质量单位从力的单位千克（力）导出，数值近似为 9.8 千克，这明显与米制的十进原则相违背。由此可见，同属米制的各种单位制的并存和互相换算，已给科学技术和生产带来一些不必要的麻烦。况且还有英制中使用的码、呎、磅等大量非十进位制计量单位，以及各国本国的度量衡单位像市制，俄制等仍在有限的使用，世界上计量单位的混乱状况严重妨碍着生产、科学技术的发展和经济文化的交流。

1948 年的第 9 届国际计量大会上，国际理论与应用物理学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——安培为基本单位制。1954 年第 10 届计量大会决定采用米——千克（公斤）——秒——安培——开氏度（热力学温度单位，第 13 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，并由国际计量大会专门成立了单位制委员会。该委员会在 1954~1956 年整理了国际意见，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。会后经过研究与试验，终于在 1960 年第 11 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 14 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。

国际单位制还将随着科学技术和工农业的发展而不断的完善和修改。例如：光学的基本单位——“坎德拉”在 1979 年 16 届国际计量大会上作出新的定义。长度的基本单位将要用锁定的吸收谱线上的气体激光产生的辐射重新定义。就国际计量制度发展的趋势来说，今后将采用基本物理常数作为基本单位，因其为不随时间、地点，运动状态及环境条件而改变的恒定数值。这样的基本单位更为理想。为此，1969 年成立精密测量与基本物理常数的国际研究协会。

二、国际单位制的科学性和优越性

国际单位制是在米制基础上发展起来的单位制，在制定米制时，继承了旧米制的合理部分，也可以说是现代米制（米制的现代化），它比较完善和科学的单位制，使用中明显的优越性，将较长期地作为国际统一的单位制。

1. 国际单位制科学的构成原则

（1）单位制的定义原则

在国际单位制中，对七个基本单位都给予严格的理论定义，导出量的单位则通过选定的方程式用基本单位来定义，从而使很多量的单位之间具有内在的物理联系。这样，实际由国际单位制的几个基本单位（有时还用辅助单位）就可以很方便地构成任一学科范围的所有单位。例如：用米，千克·秒和两个辅助单位便定出全部力学和声学单位。用米·千克·秒和

安培便定出全部电学和磁学单位。用米·千克·秒和开尔文便定出全部热学单位。

(2) 国际单位制的一贯性

一贯性指国际单位制中各导出单位的定义方程式中比例系数都取为1(也就是不带系数), 称为一贯单位制。例如通过: 速度 = $k \frac{\text{距离}}{\text{时间}}$ 的方程式, 以国际单位制基本单位米和秒为距离

与时间的单位, 令系数 $k=1$ (保证一贯性), 便得到速度单位是米每秒 (即 $\frac{\text{米}}{\text{秒}}$)。只有用一

贯单位制才能使表明物理规律的方程具有最简单的形式。只要掌握物理定义, 就可以写出定义方程式及其单位。它可以使单位之间合理地相互联系起来, 一贯性的概念只适于导出单位, 牛顿便是国际单位制中的一贯导出单位。

对于一贯性原则旧米制因概念混淆, 未能得到完全贯彻。

(3) 十进位关系

国际单位制中的倍数单位和分数单位, 是由十进位词冠加在主单位之前构成, 且其命名法也具有这种简便的系统性。十进位制比非十进位制计算方便, 也符合习惯。

(4) 国际单位制的基本单位能以最高的精度复现和保存

国际单位制的基本单位大部分实现了自然基准。主要基本单位的复现精度和测量都达到 10^{-9} 以上, 随着科学技术的发展还可望进一步提高。国际单位制的七个基本单位, 包括了所有科学领域的单位, 并且能以足够高的精度复现其他导出单位。

2. 国际单位制的优点

(1) 统一性

国际单位制包括力学、热学、电磁学、光学、声学 and 化学等所有理论科学与技术科学领域中的计量单位。可使科学技术、生产、国内外贸易以及日常生活等方面所有的计量统一在一个单位制中。国际单位制能实现其统一的原因, 不仅由于它本身的科学结构, 还依靠它从单位制本身到各个单位的名称、代号和使用规则都是标准化的, 以保证每个单位只有一个名称和一个国际代号。

(2) 简明性

国际单位制取消了相当大量的各种单位, 显著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的换算系数。例如: 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、千克力和牛顿的转换系数等常数(量)。这样就不必编制很多计算图表, 避免繁杂的计算手续以及计算和设计上可能引起的错误, 从而大大节省人力、物力和时间。

(3) 实用性

国际单位制的全部基本单位和大多数导出单位的大小都很实用, 其中绝大部分已广泛应用了, 例如: 安培、焦耳、伏特, 欧、亨利等等。

(4) 合理性

坚持“一量一单位”的原则, 避免了多种单位制和单位, 消除了很多不合理甚至矛盾的现象, 例如: 用一个压力单位帕斯卡 (即牛顿/米²) 就可以代替千克力/厘米²、克力/厘米²、千克力/米²、标准大气压, 毫米汞柱、毫米水柱、巴、达因/厘米² 等所有压力单位。又如: 在力学、热学, 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