

计量工作者手册

[苏] Б. Г. 阿尔切米耶夫 С. М. 高鲁别耶夫 著

中国计量出版社

计 量 工 作 者 手 册

〔苏〕B. F. 阿尔切米耶夫

著

C. M. 高鲁别耶夫

杜方炯 袁先富 陈自明 译

鲁绍曾 校

中 国 计 量 出 版 社

内 容 提 要

本书分两部分。第一部分为正文,包括:物理量、单位制、测量种类及测量方法、测量误差、计量器具、计量管理机构及其业务活动、生产准备、信息测量系统、标准物质、环境保护、国民经济各部门和工业部门的计量保证,以及计量保证工作的经济效益等。第二部分为附录,共64项。包括:各种标准技术文件及业务工作文件目录,单位换算表,计量器具国家监督、验收试验、计量考核、检定、检定印章,各种许可证、国家登记与注册的原则、决定、进度表,记录报告、登记卡等的填写格式,计量保证机构及任务书填写举例,各级计量技术人员的职责和业务水平要求。

本书可供各个领域的科研人员、工矿企业和各级政府机关的计量科技和管理人员,以及大专院校的师生参考使用。

Б.Г.Артемов С.М.Голубев

СПРАВОЧНОЕ ПОСОБИЕ

ДЛЯ РАБОТНИКОВ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ СЛУЖБ

МОСКВА ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ 1988

计 量 工 作 者 手 册

[苏]Б. Г. 阿尔切米耶夫 С. М. 高鲁别耶夫 著

杜方炯 袁先富 陈自明 译

鲁绍曾 校

责任编辑 朱桂兰

中国计量出版社出版

北京和平门内大街13号

中国计量出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

开本 787×1092/16

印张 28.75 字数 699 千字

1990年3月第1版

1990年3月第1次印刷

印数 1—5000

ISBN 7-5026-0289-5/TB·239

定价 19.00 元

译校者的话

随着改革、开放政策的贯彻执行，我国国民经济和科学技术获得迅速发展，计量在保证产品质量、科技进步、国内外贸易、医疗卫生、环境监测以及国防建设等方面的作用越来越重要。为了适应这种情况，计量工作必须进一步加强，而这首先要提高从事计量以及与计量有关的工作人员的素质，提高他们的业务知识水平。我们翻译这本苏联“计量工作者手册”的目的就是想把苏联的计量工作经验介绍出来，以供国内广大读者借鉴。

本书内容丰富，它详细地介绍了苏联的计量技术和计量管理工作，包括：计量单位制、测量误差和计量器具误差、国家计量机构和部门计量机构以及它们的业务活动（检定、国家试验、国家登记和注册、计量考核和鉴定、修理维护），特别是生产准备、信息测量系统、研制和应用标准样品、环境保护的计量保证及其实施，还介绍了计量保证工作的经济效益问题。

本书实用性强。它不仅从定义、原理上加以阐述，还列举了一些常用的计算公式、经验数据和经验方法。在第二部分还附录了苏联实际工作中使用的文件目录、考核证书、验收报告、检定进度表、检定许可证、检定印章、工时测定卡、计量文件鉴定、计量保证计划等的内容和格式。

本书内容较新较全，1986年出版，是经过修订和补充的第二版本。

本书可供各个领域的科研单位、工矿企业和各级政府机关的计量科技和管理工作人员，以及大专院校的师生参考使用。

书中的名词术语，尽量按照我国正式颁布的计量法、检定规程、法定计量单位等文件或习惯用法译出。例如，Измерение一词，对于机构、领域、保证、器具、单位等均用“计量”，译为计量机构、计量领域、计量保证、计量器具、计量单位；对于原理、方法、误差、准确度、质量、过程、条件、信息等均用“测量”，译为测量原理、测量误差、测量准确度、测量过程等；对于“系统”则视情况而定，如果是一个大的系统，译为“计量系统”，如果是一个具体测量过程中的小系统，则译“测量系统”。

书中Метрологическая аттестация和Метрологическая экспертиза两词应用较多，译为汉语都有“计量考核”或“计量鉴定”的意思。按原书前者用于机构、实验室、器具、方法等，后者用于各类技术文件，且都赋予一定的含义。为统一起见，Аттестация均译“考核”，экспертиза均译“鉴定”。因此译为计量机构、计量实验室、计量器具、计量方法的计量考核，技术文件的计量鉴定。这与我国的习惯叫法和理解不尽相同（例如我们习惯上称“计量器具鉴定”），希望读者注意，以免误解。

本书前言及第一、二、三章由杜方炯同志翻译，第四、五、六章由袁先富同志翻译，第七、八、九、十、十一章由陈自明同志翻译。全书由杜方炯同志进行初校，由鲁绍曾同志终校定稿。

由于水平有限，翻译中错误和不妥在所难免，加之是合译稿，名词术语可能有不统一处，欢迎批评指正。

17162 82/62

前言

苏共中央和苏联部长会议通过《关于在国民经济中加速科学技术进步的措施》、《关于保证国家计量统一》以及《苏联标准和计量器具的国家监督》的决议，是解决提高国民经济效益和改善产品质量任务的重要步骤。

这些决议涉及一切生产部门和各个活动领域，对国家和部门计量管理机构提出了一些新的重要任务。首先是在加速科学技术进步中要加强国民经济各部门标准化和计量保证的作用，要保证原材料、工艺过程和成品质量的参数能有可靠的测量信息。

要完成上述任务，必须做好一些基础工作：设计和工艺文件的计量鉴定、仪器、装置、测量系统、主动检查和非破坏性检查器具的检定和计量考核，机器人技术柔性生产系统的计量保证等等。

在对强化经济和改善产品质量指标的要求急剧提高的条件下，在对及时采用先进计量技术和对整个国民经济各个部门计量保证的国家监督需要加强的条件下，为了执行统一的技术政策，本书所叙述的知识，对各个企业和单位、广大的业务领导人和专家，都是非常重要的。

在选择本书第二版中的实用材料时，作者是以国家标准的原则和要求，以及一些其他指导性文件作为依据的。

本书第1~3章叙述计量的基本概念，对国际单位制(SI)换算问题、测量误差和计量器具误差的确定，给予了详细地论述。

第4和第5章向读者介绍苏联计量保证的组织基础——国家的计量机构，详细叙述了国家计量机构和部门计量机构的组织问题以及它们的活动，特别是计量机构的各项业务活动，包括检定、国家试验、计量器具的计量考核及其维护和修理等。

第6~9章叙述生产准备、信息测量系统、物质和材料标准样品研制和应用、环境保护的各个不同方面的计量保证。

第10章介绍国民经济和工业各部门制订和实施计量保证计划的方法。

第11章叙述计算计量保证工作经济效益的方法和公式。

本书所述材料均用实例说明。

技术科学副博士
И. X. 索洛格扬

目 录

译校者的话	(i)
前言	(ii)
第一章 物理量 物理量单位 国际单位制 (SI)	(1)
1.1 国际单位制 (SI)	(1)
1.2 ГOCT 8.417—81 (CT C9B 1052—78) 在苏联的推行	(10)
第二章 测量种类和测量方法基准和计量器具	(18)
2.1 测量和检验的种类	(18)
2.2 测量方法	(19)
2.3 基准	(20)
2.4 计量器具	(25)
第三章 测量误差和计量器具误差及其评定方法	(31)
3.1 测量质量标准	(31)
3.2 绝对测量误差和相对测量误差	(32)
3.3 静态测量误差和动态测量误差	(32)
3.4 测量误差系统分量和随机分量粗大误差和异常值	(32)
3.5 分布定律函数和数字特性	(33)
3.6 随机误差数字特性的实验评定	(37)
3.7 随机误差分布函数 (定律)	(38)
3.8 测量准确度指标和测量结果表达方式	(44)
3.9 直接测量 (多次独立观测) 准确度指标的确定	(46)
3.10 间接测量准确度指标的确定	(58)
3.11 粗大误差的评定准则	(62)
3.12 误差分布数学模型的实验确定	(65)
3.13 计量器具误差	(74)
3.14 提高计量器具和测量准确度的方法	(78)
3.15 计量器具计量特性的规定	(79)
3.16 在实际使用条件下计量器具误差特性的计算方法	(85)
3.17 计量器具准确度级别	(93)
3.18 计量器具检定质量标准	(102)
第四章 苏联的计量机构	(112)
4.1 国家计量机构	(112)

4.2 国家标准委员会地方机构的考核	(117)
4.3 国家标准委员会地方机构的临时分部	(118)
4.4 计量器具淘汰型号及时停产和更换新型号的国家监督	(119)
4.5 对完成计量器具状况、使用进行国家监督工作劳动消耗定额的计算	(120)
4.6 对部门计量机构提供科学方法与技术援助的组织工作	(125)
4.7 部门计量机构	(128)
4.8 部(局)首席计量组织与区域计量组织的考核与登记	(130)
4.9 部门计量机构的工作计划	(131)
第五章 计量业务机构的工作	(134)
5.1 计量器具的国家试验	(134)
5.2 计量器具国家验收试验典型大纲的内容、制订和批准程序	(136)
5.3 计量器具的国家注册	(139)
5.4 非标准化计量器具的计量保证	(140)
5.5 非标准化计量器具的登记单位	(142)
5.6 国家计量机构与部门计量机构对计量器具的检定	(144)
5.7 计量器具的检定方法	(148)
5.8 检定工作工时定额的规定	(151)
5.9 检定系统	(153)
5.10 派遣国家检定员	(155)
5.11 国家标准委员会地方机构完成工作的收费办法	(156)
5.12 有权检定、修理与制造计量器具的企业和单位的登记	(157)
5.13 检定印章	(158)
5.14 部门计量机构检定部门的组织	(160)
5.15 计量器具检定周期的确定	(161)
5.16 工作计量器具检定周期的确定	(166)
5.17 计量器具的维护修理技术的组织工作	(172)
5.18 制订修理工作计划与定额的技术经济问题	(174)
5.19 计量机构的生产部门与检定部门的房屋及其设备	(176)
5.20 检定员(修理工)工作场地的组织与检定(修理)时间的评定	(182)
5.21 卫生标准和对劳动条件的要求	(187)
5.22 提高检定员(修理工)工作能力的措施	(193)
5.23 安全技术规则、伤员急救	(195)
第六章 生产准备的计量保证	(205)
6.1 概述	(205)
6.2 计量保证标准技术文件的编制	(206)
6.3 规范性测量方法	(207)
6.4 设计与工艺文件的计量鉴定	(208)
第七章 信息测量系统的计量保证	(227)
7.1 概述	(227)

7.2 在研制和生产阶段信息测量系统的计量保证	(228)
7.3 信息测量系统测量通道的检定、检验和修理	(230)
7.4 信息测量系统的检定	(240)
第八章 研制和应用物质和材料成分及特性标准样品的计量保证	(242)
8.1 概述	(242)
8.2 研制和使用国家标准样品的计量保证	(243)
8.3 研制和使用部门标准样品的计量保证	(247)
8.4 研究、制造和考查企业标准样品的计量保证	(249)
8.5 进行化学分析和测定物质及材料的化学成分时规范性测量方法的 标准化	(253)
8.6 不用非标准化计量器具的化学分析方法的计量考核	(255)
8.7 使用非标准化计量器具的比较分析法的计量考核	(259)
8.8 化学分析实验室的组织与考核	(264)
第九章 环境保护的计量保证	(268)
9.1 概述	(268)
9.2 环境污染监测用的测量方法和器具的计量保证	(269)
9.3 环境监测用的计量器具的计量保证	(269)
9.4 分析测量准确度的检验	(272)
第十章 国民经济各部门和工业部门计量保证计划的制定和实施	(273)
10.1 计划的制订	(274)
10.2 计量状态的分析	(275)
10.3 计划草案的编制	(277)
10.4 计划的协调、批准和登记	(278)
10.5 实施计划任务的检查	(279)
第十一章 推荐的计量保证工作经济效益的计算方法和公式	(280)
附录 1 标准技术文件目录 (推荐用)	(293)
附录 2 英国、美国使用的非米制计量单位与米制计量单位的换算	(297)
附录 3 SI 单位与非 SI 单位关系表	(298)
附录 4 标准计量器具和工作计量器具的特性	(303)
附录 5 对标准测量条件的要求	(342)
附录 6 关于国家计量监督的决定*	(345)
附录 7 企业计量器具提交检定进度表	(346)
附录 8 关于临时分部工作的命令	(346)

* 按原文应译“关于建立国家计量委员会地区机构临时分部的决定”，与本书第二部分内容不符。此处按第二部分译出——译者

附录 9	临时分部工作登记簿 (格式)	(348)
附录 10	报告书 (格式)	(350)
附录 11	临时分部业务文件目录	(351)
附录 12	总计量师、计量工程师、计量技术员的职责和业务水平要求	(351)
附录 13	制订计量问题标准技术文件的工程技术人员人数的计算	(352)
附录 14	登记卡 (格式)	(353)
附录 15	记录 (格式)	(357)
附录 16	考核证书 (格式)	(358)
附录 17	部门计量机构业务活动计划的格式和指标	(360)
附录 18	对计量器具国家试验计划草案的建议、国家验收试验报告、 国家监督性试验报告 (格式 1~3)	(364)
附录 19	计量器具国家注册立卷文件目录	(367)
附录 20	提交登记的和应保存在国家注册卷内的文件目录《国家标准 样品部分	(368)
附录 21	计量器具国家登记表	(368)
附录 22	物质和材料成分国家标准样品登记表	(369)
附录 23	物质和材料特性国家标准样品登记表	(369)
附录 24	非标准化计量器具计量考核记录	(370)
附录 25	计量器具计量考核合格证 (格式)	(370)
附录 26	接受国家强制检定的计量器具	(371)
附录 27	计量器具检定计划进度表 (格式)	(372)
附录 28	最高标准计量器具检定进度表 (格式)	(372)
附录 29	从属标准计量器具检定进度表 (格式)	(373)
附录 30	接受国家强制检定的工作计量器具检定进度表 (格式)	(373)
附录 31	接受部门检定的工作计量器具检定进度表 (格式)	(374)
附录 32	工时卡 (填写举例)	(374)
附录 33	统计表 (填写举例)	(377)
附录 34	结算申请书, 计量器具检定结算申请书登记簿, 检定中的 计量器具周转登记簿 (格式)	(378)
附录 35	申请书 (格式)	(381)
附录 36	申请书中所列工作条件的检查报告 (格式)	(381)
附录 37	计量器具批量生产和销售许可证 (格式)	(382)
附录 38	计量器具修理和检定许可证 (格式)	(383)
附录 39	计量器具制造企业登记簿 (格式)	(384)
附录 40	计量器具修理和检定企业登记簿 (格式)	(385)
附录 41	检定印图案, 国家检定印目录及其应用, 国家检定印样申请 书, 国家检定印样综合申请书, 国家检定印样收发登记簿	(386)
附录 42	计量器具检定工时年需要量计算表 (格式和填写举例)	(391)
附录 43	计量器具修理工时年需要量计算表 (格式和填写举例)	(393)

附录 44	有关计量保证的企业标准与其他标准技术文件目录	(395)
附录 45	计量鉴定的基本任务、文件种类及其制订阶段 (格式)	(411)
附录 46	计量鉴定进度表	(413)
附录 47	鉴定结论 (格式)	(414)
附录 48	提交计量鉴定的技术文件登记簿 (格式)	(414)
附录 49	计量检定人员 (专业法规检查人员) 的职责和权力	(415)
附录 50	根据计量鉴定所提意见和建议的清单 (填写举例)	(417)
附录 51	根据计量鉴定所提意见和建议的清单 (填写举例)	(417)
附录 52	根据计量鉴定所提意见和建议的清单 (填写举例)	(418)
附录 53	误差特性检验结果记录 (格式)	(419)
附录 54	检验统计数据采集记录 (格式)	(420)
附录 55	检定统计数据记录 (格式)	(421)
附录 56	测定大气污染浓度的分析仪器	(422)
附录 57	检查环境介质用的标准样品清单	(429)
附录 58	编制计量保证计划任务书举例	(433)
附录 59	计量保证计划编制阶段进行技术经济论证的基本原则	(433)
附录 60	在计量保证计划进行技术经济论证时, 建议使用的主要标准 技术文件目录	(434)
附录 61	计量保证计划的结构 (格式)	(435)
附录 62	计量保证计划的装帧 (格式)	(436)
附录 63	专题卡片 (格式)	(437)
附录 64	计量保证计划任务书完成进度情况表 (格式)	(438)
本书有关俄文缩写词索引		(439)

第 一 章

物理量 物理量单位 国际单位制 (SI)

计量学的基础概念是测量——借助专门的技术工具用实验方法求物理量值。术语《物理量》可以理解为许多物理对象(质量、长度、电压、温度等)的一种属性,它们在质方面有共性,而对每一对象在量方面则有个性。对象的这一属性的数量含量是物理量的大小,而其度量的数字表示称为物理量值。按定义具有数值等于1的物理量称为物理量单位。

在质方面表示同一属性的物理量叫同类量。同类量用相同的物理量单位表示并且可以相互比较。例如,地球和人造卫星的质量是同类物理量,并用相同的物理量单位——千克来表示。

物理量由其真值表征,真值在质和量两个方面理想地反映对象的相应属性。用实验方法求得的、且与真值如此接近因而可以用它来代替真值的物理量值称为物理量实际值。

某个物理量的测量是用在物理实验过程中将它和取作物理量单位的量相比较的方法进行的。测量结果是表示被测量的量与物理量单位比值的有名数。

在实际工作中常常需要测量大小不同的同类物理量。这些物理量及与其相应的物理量单位是基本的。在量制内,约定地认为与这个量制的其他量相独立的物理量称为基本物理量。在建立单位制时选定的物理量单位,例如米、秒、安等,称为国际单位制(SI)的基本单位。由该单位制的其他单位、按照确定这些单位的方程式所构成的单位称为导出单位,例如速度单位是米每秒。

1.1 国际单位制 (SI)

世界各国的学者们共同努力制定了当今最完善的米制度量形式——国际单位制。

国际单位制的主要优点是它的通用性(包括一切计量领域)、协调一致性(所有导出单位都按统一规则构成,消除公式中的系数,这就大大减化了计算)和随着科学技术的发展以现有物理量单位为基础形成新导出单位的可能性。这种单位制的优点还在于,由于引用了不同的单位名称:质量单位——千克、力和重量单位——牛[顿],质量、重量和力的概念严格区分开来了。取消了力和重量单位——千克力就可以避免质量和重量概念的混淆。在国际单位制中,质量用克、毫克、千克、兆克等表示,而重量(象任何其他力一样)用牛、千牛、毫牛等表示。质量概念表征物体和物质的惯性或其产生重力场的能力,而“重量”概念是表征由于与重力场的相互作用所产生的力。质量 m 与自由落体加速度 g 无关,而重量与此

加速度成正比并等于 mg 。因此，计量器具设计者、制造者和使用者必须注意，在标准中和图纸说明书中注明的是工件的质量，而重量只有在涉及工件在地球引力作用下它对基础（即置于地球上的物体）的作用力时才应该注明。

国际单位制（SI）的基本单位和导出单位

在苏联和经互会（СЭВ）国家，SI 按 ГОСТ 8.417—81（СТ СЭВ 1052—78）《ГСИ. 物理量单位》执行。

米等于光在真空中于 $1/299\,792\,458$ 秒内所经过路程的长度。

千克等于国际千克原器的质量。

秒等于与铯-133 原子基态的两个超精细能级间跃迁相对应的辐射的 $9\,192\,631\,770$ 个周期。

安培等于一个恒定电流产生的力，当此电流通过在真空中的两根平行、相距 1 米、圆截面积可忽略不计、无限长的直导线时，在导线的每米长度上可以产生 2×10^{-7} 牛顿的相互作用力。

开尔文等于水的三相点热力学温度的 $1/273.16$ 。

坎德拉等于一光源在给定方向上的发光强度，此光源发出频率为 540×10^{12} 赫兹的单色辐射、且在此方向上能量强度为 $1/683$ 瓦特每球面度。

摩尔等于一系统的物质的量，此系统所包含的结构单元数与 0.012 千克碳-12 的原子数相等。

SI 中有测量平面角和立体角用的两个辅助单位。

弧度等于圆内两条半径之间的夹角，两条半径之间的弧长与半径相等。

球面度等于一立体角，其顶点位于球心，它在球面上所截取的面积等于以球半径为边长的正方形面积。

SI 的导出单位应该由基本单位和辅助单位按其构成规则构成。具有专门名称的 SI 导出单位可用于构成其他导出单位。SI 的电学单位和磁学单位按电磁场有理方程式构成。用其他单位并借助数字系数为 1 的最简单方程式表示的导出单位叫一贯单位。例如，速度单位就是借助质点直线匀速运动速度的定义方程式构成的。

$$v = \frac{l}{t}$$

式中 v ——速度；

l ——经过路程的长度；

t ——质点运动的时间。

用 s 和 t 的单位代替 l 和 t ，可得

$$[v] = [s]/[t] = 1 \text{ m/s}$$

因此，速度单位——米每秒——是直线匀速运动质点在 1 秒时间内移动 1 米距离时的速度。

SI 的导出单位也以确定物理量之间关系的定律或按定义物理量的方程式为基础构成。例如，定义电压 U 的方程式

$$U = \frac{P}{I}$$

式中 P ——电功率, W;

I ——电流, A.

伏特 (电压单位)——在直流电路中, 当电功率为 1 瓦特时, 1 安培的电流所产生的电压, 即

$$\frac{1 \text{ W}}{1 \text{ A}} = 1 \text{ V}$$

定义力的方程式

$$F = ma$$

式中 m ——质量, kg;

a ——加速度, m/s^2 .

在这种情况下, 力将以牛顿表示, 即

$$1 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m/s}^2 = 1 \text{ N}$$

用类似的办法可以构成能量单位。这时可以利用方程式

$$E = \frac{1}{2} m_0 v_0^2$$

式中 E ——动能;

m_0 ——质点的质量;

v_0 ——质点运动速度。

构成 SI 能量一贯单位的方程式

$$\begin{aligned} [E] &= \frac{1}{2} (2[m_0] \cdot [v_0]^2) = \frac{1}{2} (2 \text{ kg}) \cdot (1 \text{ m/s})^2 \\ &= 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2 \cdot \text{m} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ J} \end{aligned}$$

或

$$\begin{aligned} [E] &= \frac{1}{2} [m_0] (\sqrt{2} [v_0])^2 = \frac{1}{2} (1 \text{ kg}) (\sqrt{2} \text{ m/s})^2 \\ &= 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2 \cdot \text{m} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ J} \end{aligned}$$

所以, 能量单位是焦耳, 它等于牛顿·米。在以上例子中, 1 焦耳是质量为 2 kg、以 1 m/s 速度运动的物体的动能, 或者是质量为 1 kg、以 $\sqrt{2}$ m/s 运动的物体的动能。

SI 的基本单位和具有专门名称的导出单位的关系示于图 1 中 (图中给出的是 SI 单位国际通用写法)。

十进倍数单位和分数单位的构成规则, 它们的名称和符号

除基本单位和导出单位以外, 国际单位制允许使用十进倍数单位和分数单位, 它们由 SI 单位和 10^n 数相乘构成, n 可以是正整数或负整数 (名称上不带词头的单位叫起始单位)。

ГОСТ 8.417—81 (СТ СЭВ 1052—78) 附录 3 表 1 中列有推荐使用的 SI 十进倍数单位和分数单位。使用推荐的 SI 十进倍数单位和分数单位可以促使各个不同技术领域的物理量值表示方法一致, 但不能认为它们是完善无缺的, 因为它们不能包括正在发展的和新出现的科学技术领域中的物理量的量限。

使用 SI 十进倍数单位和分数单位时必须遵循以下建议:

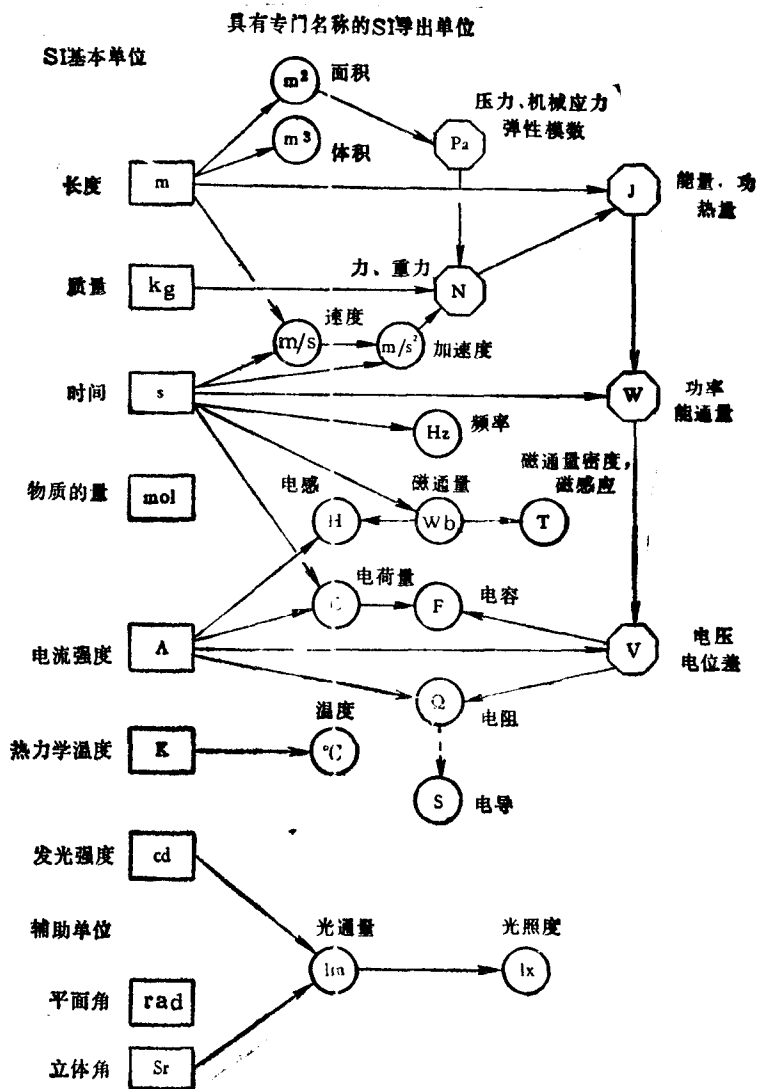


图 1

倍数单位和分数单位主要用于表示已测量值；

倍数单位和分数单位这样选择，使单位的大小和该单位所表示的量相差不太大，即使量的数值在 10^{-1} 到 10^3 之间。

同时使用最少量的倍数单位和分数单位（这可便于实际应用）。

选择的单位应合适，使量的数值便于实际应用。

在某些情况下，例如，在一种物理量的数值表格中或在一篇文章中对比这些数值时，如果数值超出 10^{-1} 到 10^{-3} 的范围，最好采用相同的倍数量或分数量。在有些领域，总是使用同一种倍数单位和分数单位，例如机器制造图纸上的直线尺寸总是用毫米表示；

为了减小计算时发生错误的概率，建议只在最终结果中出现十进倍数和分数单位，而在运算过程中所有的量都用 SI 单位表示，并用数 10 的次方代替词头；

在进行典型计算时，例如在建筑和机器制造业的计算时，在计算公式中最好以十进倍数和分数单位表示的量值代入。

十进倍数和分数单位以及它们的名称和符号，必须用表 1 中所列的因数和词头构成。

构成十进倍数和分数单位时，必须遵守以下规则：

词头或其符号应将其相联或者与其符号相联的单位名称连写在一起，例如千帕、兆欧，不许连续两个和两个以上的词头。例如，单位名称微微法应写为皮法；

注：1. 因为基本单位名称——千克中包含着词头“千”，所以构成质量的倍数和分数单位采用分数单位——克 (0.001 kg)，词头与“克”连写，例如毫克 (mg)，而不用微千克 (μkg)。

2. 质量的分数单位——克，也允许不与词头连写。

表 1

因 数	词 头 名 称	词 头 符 号	
		国际单位制	俄 制
10^{18}	艾	E	Э
10^{15}	拍	P	П
10^{12}	太	T	Т
10^9	吉	G	Г
10^6	兆	M	М
10^3	千	k	к
10^2	百	h	г
10^1	十	da	да
10^{-1}	分	d	д
10^{-2}	厘	c	с
10^{-3}	毫	m	м
10^{-6}	微	μ	мк
10^{-9}	纳	n	н
10^{-12}	皮	p	п
10^{-15}	飞	f	ф
10^{-18}	阿	a	а

如果是通过单位相乘或者相除构成组合单位，词头应加在第一个单位的名称前面，例如 kN·m，并称为千牛米。只是在一些单位已被广泛采用的情况下，才允许把词头加在相乘的第二个因子上或者相除的分母上，例如瓦每平方厘米 (W/cm²)。不允许分子分母同时用带词头的单位。

由自乘次方的单位构成倍数或分数单位符号可以用在此倍数或分数单位名称上加相应指数的办法，指数是倍数或分数单位（包括词头）的自乘方数：

$$1 \text{ km}^2 = (10^3 \text{ m})^2 = 10^6 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ cm}^3/\text{s} = 1 \text{ cm}^3/1 \text{ s} = (10^{-2} \text{ m})^3/1 \text{ s} = 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

非国际单位制 (SI) 单位

虽然采用国际单位制具有无可置疑的优越性,但到目前为止,还有一些广泛使用的非 SI 单位。在某些领域内,由于使用方便,许多这样的单位还不能废除,其他的则是由于历史传统原因保留下来。在单位标准化过程中,在苏联,保留一些实际广泛使用的单位被认为是合理的。

在 ГOCT 8.417—81 (CT CЭB 1052—78) 表 6 中列有允许无限期与 SI 单位并用的单位目录。这些单位在一定条件下,即在科学、技术和国民经济有关领域现今的状态下用 SI 单位来代替它们会引起不必要的困难时才能使用。例如:

时间单位——分、小时、天。这些单位不能完全废除,因为时间的计算与地球围绕太阳回转有关,使用“秒”及其倍数会使这一天文现象的计算发生困难。同时,小于秒的时间间隔就只能以秒的分数单位,如微秒、纳秒来表示。

平面角单位——度、分、秒。这些单位不能废除,因为实用中的大多数重要的角度值(全角、直角等)是超越数(2π 、 $\pi/2$ 等)表示为弧度。所以,实用的平面角使用度、分和秒。大多数角度仪器是用这些单位分度的。弧度主要用于理论研究和计算中,例如用于数学、物理学中等。

质量单位——吨和容量单位——升包括在 ГOCT 8.417—81 (CT CЭB 1052—78) 中,因为它们在国民经济中广泛使用。以后,在推行和掌握了 SI 单位后,则将用 SI 的十进倍数或分数单位代替,例如,吨用兆克代替,升用立方分米代替。

允许表 6 中所列的十进倍数和分数单位及其与 SI 单位的组合无限期地与 SI 单位并用。但不是任一可能的组合单位,而只是那些已经广泛使用的组合单位。这种限制是为了今后便于用相应的 SI 单位来代替。

相对单位和对数单位的使用也没有期限,只有“奈培”单位是例外。这些单位和任何一种单位制都无关,因为它们与基本单位的选择无关,在所有的单位制中它们都保留不变。向 SI 单位过渡不涉及这样的单位。ГOCT 8.417—81 (CT CЭB 1052—78) 附录 3 表 2 和 PD 50—160—79 附录 2 中列有一些相对单位和对数单位的名称。

英制

某些专门的领域采用英制。它是以长度单位“码”(1 码 = 36 英寸)为基础的物理量单位制。英寸是英制中长度的分数单位。按照国际协议,1 英寸取为 0.025 4 m (表 2)。

表 2

英 寸	毫 米	英 寸	毫 米	英 寸	毫 米
1/32	0.794	1/2	12.7	1 3/4	44.45
1/16	1.587	3/4	19.05	2	50.8
1/8	3.175	7/8	22.225	2 1/2	63.5
1/4	6.35	1	25.4	3	76.2
5/16	7.937	1 1/8	28.575	4	101.6
3/8	9.525	1 1/4	31.75	5	127.0
7/16	11.112	1 1/2	38.1		

英国和美国使用的非米制单位与米制的换算表载于附录 2 中。

过渡为 SI 单位时公式中系数的换算

向 SI 单位过渡时，在许多情况下，计算公式中的系数要改变。这时，应该注意，有两类关系方程式：(1) 物理量间的；(2) 数值之间的。

在第一类关系方程式中，符号代表具体的量，例如具体的长度、力、质量、压力等。在这种情况下，方程式的系数只与方程式所描述的对象模型的选择有关，而与其中表示量的单位的选择无关。例如，如果一种物体具有质量 m 和体积 V ，那么这一物体密度 ρ 按以下公式求出

$$\rho = \frac{m}{V}$$

不论表示质量 m 、体积 V 和密度 ρ 的单位如何选择，这一公式总是不变的。在各量之间的关系方程式中，只有在描述的对象模型变动时系数才变。电磁场的无理方程式过渡为有理方程式可以作为一个例子。

在第二类关系方程式中，符号代表抽象的无名数，它完全取决于相应量单位的选择。因此，如果各量所使用的单位不属于统一的一贯制（如 SI），方程式中的系数也要变化。公式中存在与单位选择有关的系数是这类方程式的典型标志。所有的经验公式都包括在这一类内。

在向 SI 单位过渡时，许多第二类公式（经验公式除外）中的系数变为 1，而且公式采用与物理量关系方程式相似的形式。

我们取转矩 M_n 的公式作为例子，这个公式实质上是一个数值关系方程式，式中包括取决于单位选择的系数。如果 M_n 以千克力·厘米表示、功率 N 以马力表示、而角速度 ω 以转每分表示，公式将为以下形式

$$M_n = 71\,620 \frac{N}{\omega}$$

如果过渡为 SI 单位，公式中的系数变成 1。公式将如同前面引用过的一样，只反映物理关系。

但是也有这样的计算公式，其中系数由各量之间关系的性质本身来决定，并在过渡为一惯性单位时不变为 1。比如圆面积的公式 $S_0 = \pi r^2$ 、圆球体积公式 $V_0 = \frac{4}{3} \pi r^3$ 、物体运动能量公式 $E = \frac{1}{2} m_0 v^2$ 都是这类公式的例子。

此外，还有纯经验公式，即带有人为地选有指数的公式，其中包含的不都是量的典型表示。在这些公式中，不论选择任何单位，系数一般都不等于 1。

在计算时，建议运用写成物理量关系方程式形式的公式，即不包含（与单位选择有关的）系数的公式。将以 SI 单位表示的量代入这样的公式，所得结果也是 SI 单位，不需要在检查单位的选择是否正确和计算结果用什么单位表示方面花费时间。如果所得数值与 1 相差很多个数量级，则应该用合适的倍数或分数单位表示或者写成一个数和相应的 10 的次方相乘的形式。在换算时，应该使新数值凑整，即就其准确度而言，新值与原值相当。如果是用