

TIAN RAN QI LIU LIANG JI LIANG

张永红 编

天然气流量计量

(第二版)

T
R
Q



石油工业出版社

天然气流量计量

(第二版)

张永红 编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书较全面、系统地介绍了天然气体积流量的测量原理和方法,流量测量仪表的测量原理、现场使用及检定方法,其中重点地介绍了标准孔板节流装置差压式流量计的测量原理和方法。

全书共分五章。第一和第二章介绍了计量的基础知识、天然气的组成及有关物理性质,第三章重点阐述了天然气流量的测量方法及流量测量仪表,第四章介绍了天然气计量中常用的压力和温度测量仪表,第五章介绍了常用天然气流量测量仪表的检定方法。

本书读者对象为从事天然气计量的计量工、计量仪表检定、维修工及有关操作人员,也可作为采输气工程中技术干部和管理干部从事计量管理的工具书。

图书在版编目(CIP)数据

天然气流量计量(第二版)/张永红编.
北京:石油工业出版社,2001.9

ISBN 7-5021-3550-2

I.天…

II.张…

III.天然气-油气集输-流量计量

IV.TE863.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 069297 号

石油工业出版社出版
(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)
石油工业出版社印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 18.75 印张 476 千字 印 1—1300

2001 年 9 月北京第 1 版 2001 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-3550-2/TE·2621

定价:30.00 元

前 言

随着天然气资源勘探开发的不断深入,以及天然气在现代工业和日常生活中应用的日益普及,在市场经济下,天然气的计量直接关系到供需双方的经济利益,准确地对天然气流量进行测量是企业生产和经营中的一项基础工作。1995年初编者针对当时国内没有一本较系统地介绍油气田天然气计量的书籍而编写了《天然气流量计量》一书,作为天然气流量计量操作人员的培训教材和管理人员的参考资料,以期提高天然气计量人员的技术素质,推动我国的天然气计量工作的发展,为我国的天然气计量工作做出努力。1996年底我国的天然气计量标准 SYL 04—83《天然气流量的标准孔板计量方法》被修订为 SY/T 6143—1996《天然气流量的标准孔板计量方法》,新标准中对天然气计量的实用公式、流出系数、超压缩系数、相对密度系数的计算方法都作了较大的改动,加之近几年来用于天然气计量的新仪表、新技术在油气田天然气计量中使用越来越多,故编者在原书的基础上进行了重新编写。

本书由中国石化中原石油勘探局张永红同志编写,由盛兆顺、刘成林两位高级工程师审核。

本书在编写过程中参阅了四川石油设计院标准指南编写组编写的《天然气流量的标准孔板计量方法实施指南》以及大量的有关天然气计量的技术资料 and 书籍,并得到了中原石油勘探局天然气化工厂部、技术安全监督处以及朱世田、闵峰等同志的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

由于编写时间仓促,加之编者水平有限,书中难免有不完善和错误的地方,诚恳希望读者批评指正。

编 者

2001.9

目 录

第一章 计量基础知识	(1)
第一节 计量管理概论	(1)
第二节 计量名词术语	(4)
第三节 法定计量单位	(7)
第四节 误差理论及数据处理	(12)
第二章 天然气的组成及其性质	(17)
第一节 天然气的组成	(17)
第二节 天然气的主要物理化学性质	(19)
第三节 天然气的热力学性质	(23)
第三章 天然气的流量计量	(27)
第一节 概述	(27)
第二节 标准孔板差压式流量计	(31)
第三节 容积式流量计	(94)
第四节 气体涡轮流量计	(101)
第五节 涡街流量计	(106)
第六节 井口天然气测量仪表	(111)
第七节 旋进旋涡智能流量计	(114)
第八节 气体超声流量计	(121)
第四章 常用的压力及温度测量仪表	(125)
第一节 压力及差压测量仪表	(125)
第二节 温度测量仪表	(137)
第五章 天然气流量仪表的检定	(148)
第一节 检定与校准	(148)
第二节 气体流量标准装置	(150)
第三节 双波纹管差压计的检定	(153)
第四节 求积仪的检定及使用	(157)
第五节 弹簧管式一般压力表、压力真空表及真空表的检定	(159)
附录一 天然气流量的标准孔板计量方法(SY/T 6143—1996)	(163)
附录二 天然气流量测量常用管径选用表	(240)
附录三 常用单位换算表	(241)
附录四 天然气输送企业计量器具配备规范(SY/T 6045—95)	(243)
附录五 天然气(GB 17820—1999)	(251)
附录六 城市燃气分类(GB/T 13911—92)	(254)

附录七	天然气发热量、密度、相对密度和沃泊指数的计算方法(GB/T 11062—1998) …	(259)
附录八	NGMS - I型天然气计算机计量管理系统操作手册	(286)

第一章 计量基础知识

第一节 计量管理概论

一、计量的一般概念和我国计量发展概况

计量发展的历史是与社会进步联系在一起的,它是人类文明的一个重要组成部分。

人类在认识和改造大自然的过程中,通过思维对自然界的各种现象进行大量的比较,这种用比较方法来确定事物“量”的大小的过程,就是早期“测量”的概念。测量既然是一个“比较”过程,必然需要一个比较物作为测量的“标准”。最初作为比较的标准也是任意的,它会因人、因事、因时而改变。随着人类生产力的发展,人们的劳动成果有了剩余,开始出现了物物交换,出现了商品和商品流通。商品的流通必须遵循“等价交换”的原则,而经济利益又使人们在交换中“斤斤计较”,这就要求对同一物体在不同的地点,经不同的人的测量结果必须一致。这就是早期的“计量”概念。

计量的概念起源于商品交换,人们生活中最早迫切需要测量的是长度、容量、重量,这就是早期计量称之为“度量衡”的原因。春秋战国时期,随着生产力的迅速提高,封建制度的生产关系逐步建立,封建王朝出于政治的需要,为了便于税收和经济交往,就在官府设立专门掌管度量衡的部门,负责度量衡器具的制造和校验工作、调解发生的纠纷。但度量衡在各诸侯国中的发展各行其是,自成体系,导致量值不统一,单位大小和名称不一致。后来,随着封建经济的发展,商品交换日益兴盛,相互之间经济交往增多,贸易扩大;久而久之,各诸侯国的度量衡之间的差异就逐渐缩小,趋向统一。秦始皇兼并六国之后,为了发展经济,建立了统一的税赋制,为巩固其中央集权统治,决定把战国时期混乱的度量衡制度统一起来,在公元前 221 年,即秦始皇统一六国当年,颁布了统一度量衡的诏书,并监制了大量的度量衡标准器具发往全国,规定对度量衡器具实行定期检定的严格法制管理制度。所以人们将我国统一度量衡的功绩归功于秦始皇。

秦以后的两千多年中,各朝代基本上采用秦朝的度量衡制度,但单位的大小和名称有所变动。我国明、清时代对度量衡器具的管理比较严格,统一制造度量衡标准,禁止私人制造度量衡器具;规定市场上用的尺、斗、称每日校正一次,经校正合格者才允许使用,违者要严惩。

1840 年鸦片战争以后,随着帝国主义入侵中国,外国的度量衡器具也纷纷传入,如英制、法制、德制等。清朝末年,政府为统一度量衡制度,请国际权度局(即国际计量局)制成铂铱合金原器、镍钢合金原器和精密校验仪器,1909 年经校正,发给证书,我国即以此作为国家营造尺和库平两(砵码)的最高标准器。国民党统治时期,在 1930 年成立了全国度量衡局,局下设置度量衡检定人员养成所和度量衡制造所,随后又相继公布了“度量衡法”、“度量衡实施细则”等三十多个法规。但是两千多年的封建社会和半殖民地半封建社会的旧中国,科技和生产发展迟缓,致使计量工作仅仅局限于度量衡。而中国近代度量衡的混乱,又是由于帝国主义的入侵

和统治阶级的腐败所造成的。一些政府官吏与地主阶级相互勾结,肆意利用度量衡作为工具,横征暴敛,巧取豪夺,加重了对劳动人民的剥削。上述情况不仅造成社会秩序的更加混乱,而且对我国近代工业、商业及科学技术的发展,起了严重的阻碍作用。

我国以度量衡为主的计量事业漫长而曲折的发展历程,随着中华人民共和国的崛起而宣告结束,社会主义新中国的计量事业已经以崭新的面貌呈现在祖国各地,并展现着光辉的前景。解放后,党和政府十分重视计量事业的发展,采取了许多重要措施发展计量事业,经过四十多年的努力,取得了重大的成就。

(1) 统一计量单位制的工作取得了很大的成绩。1985年9月6日,第六届全国人大常委会第十二次会议通过《中华人民共和国计量法》,国家主席李先念于同日发布命令正式公布,规定从1986年7月1日起施行。到1990年年底,全国各行各业已全部采用了法定计量单位制。

(2) 计量科学技术获得了较快的发展。到目前为止,我国已经建立了138种国家计量基准,其中不少达到了国际先进的水平。

(3) 统一的量值传递体系已经建立起来。经过多年的努力,一个全国统一的以地区为主的量值传递体系已基本建立起来。

(4) 开发了一些新的计量测试技术。几十年来,我国在电子技术、激光技术、超导技术、传感器技术以及微处理机等应用于计量测试方面作了大量的工作,取得了显著的成绩。

(5) 大大加强了计量管理工作。到目前为止,各省、自治区、直辖市以及绝大多数县都成立了计量管理机构;国务院有关部门和人民解放军的一些部门也建立了计量管理机构,形成了对各行各业、各个地区的计量工作的监督管理体系。

计量是以确定量值为目的一组操作。计量属于测量的范畴,也可以说是一种特殊形式的为使被测量的单位量值在允许范围内溯源到基本单位的测量。起初的测量方法是原始的,单位是任意的。当商品交换、分配形成社会活动的时候,就需要测量的统一,即在一定的准确度内对同一物体在不同地点达到其测量结果的一致。为此,就要求以法定的形式建立统一的单位制,复现出基准、标准,并以这种基准、标准来检定测量计量器具,保证量值准确可靠,这就出现了“计量”。因此,计量的含义可以理解成“实现单位统一,量值准确可靠的测量,它涉及整个测量领域”,或者说“是以单位统一,量值准确一致的测量,它对整个测量领域起指导、监督、保证和仲裁作用”。

计量应包括计量学、计量经济、计量法制、计量组织和计量管理等内容。

二、计量学的分类

计量学是计量的基础,它是研究测量、保证测量统一和准确的科学。计量学包括的专业很多,应用范围十分广泛。我国目前大体上按专业分为十大类,即几何量计量、温度计量、力学计量、电磁学计量、电子计量、时间频率计量、电离辐射计量、光学计量、声学计量、标准物质计量。

三、计量工作的特点

(1) 统一性:统一性是计量工作的本质特征,它主要反映在横向和纵向两个方面。横向的统一指统一的国家计量标准和计量制度,并且要同国际上的计量制度和计量标准统一起来。纵向的统一是指把全国各部门、各单位所使用的不同准确度等级的测量器具所体现的量值统一到国家基准上来。

(2) 准确性:我们所说的统一性是指建立在准确性的基础上的统一,没有准确性,当然也

就无法达到统一。“准”是计量工作的核心。

(3) 广泛性和社会性。无论在自然科学还是在社会科学方面都和计量工作有密切、广泛的联系。

(4) 法制性。由于计量工作具有以上几个特点,也就决定了计量工作必须具有法制性。计量工作如果没有法制性,那么统一性、准确性、广泛性和社会性也就难于实现。

四、计量管理的概念和特性

所谓管理就是人类为了使社会系统的功效提高所从事的一系列活动。

计量管理就是有效合理地协调和组织实施国家计量法令、方针、政策和社会进步所赋予计量学、计量法制、计量组织、计量经济方面的职责以及所从事的各项工作。

计量管理的特性除了具有计量工作的四个特点(统一性、准确性、广泛性和社会性、法制性)外,还具有权威性、技术性、服务性、群众性的特点。

五、计量管理的任务和内容

计量管理的任务是由国家计量管理的模式决定的,而国家计量管理的模式又是由国家的管理体制和经济体制所决定的。

1. 我国计量管理的特点

我国计量管理的模式是统一立法,区别管理。其主要特点表现在以下几方面。

(1) 国家赋予县级以上政府计量行政部门“统一监督管理”的国家执法地位和许多法制管理的任务。实行各地区、各部门、各单位分级、分层次的管理和国家统一监督管理相结合的管理方式。

(2) 对计量器具、计量检定等实行依法管理和强制管理方式;对企事业单位的计量工作实行法制管理、行政管理、技术管理和经济管理并存的管理方式,且逐渐加大法制管理的成分。

(3) 我国计量管理的另一个显著特点,就是工业计量管理有着极其丰富的内容以及计量管理中有很大部分是有法制性的。

2. 我国计量管理的任务和内容

计量管理的任务是根据计量工作的任务来确定的。我国计量工作的任务概括地讲就是“统一国家计量制度,保证全国量值准确可靠,维护社会经济秩序,为各行各业和人民生活提供计量保证”。

对国家设置的计量管理机构来说,计量管理的主要任务和内容,大体上可以归纳为以下15项。

- (1) 草拟国家、地方计量法律、法规和各项规章制度;
- (2) 贯彻执行国家对计量工作的方针、政策和指示,监督、检查计量法律、法规的执行情况;
- (3) 进行各项计量政策和对贯彻各项计量法律、法规的方法的研究,起草、审批、上报、发布《中华人民共和国计量法》的各项子法和有关规定;
- (4) 组织起草、审批、颁布各项计量检定系统和检定规程;
- (5) 编制和组织实施计量事业的长远规划和年度计划;
- (6) 组织研究、建立和审批各项计量基准、标准,开展量值传递;
- (7) 组织计量监督员、计量检定员的培训、考核和审评、发证;

(8) 根据《计量法》的规定,组织对各项计量标准器具的技术考核和审批、发证;

(9) 颁发《计量制造许可证》和《修理计量器具许可证》,监督、检查企业、事业单位制造的计量器具的性能;

(10) 对制造、修理、销售、进口、使用的计量器具施行监督;

(11) 组织计量技术仲裁;

(12) 协调重要的计量测试任务;

(13) 在《计量法》规定的权限内,对违反计量法律、法规的责任者进行行政处罚;

(14) 管理计量情报和计量宣传;

(15) 对下属计量机构进行业务指导。

上述各项计量管理的内容和任务,是目前宏观计量管理的内容。因各级计量机构的处境、位置不同,任务当然也就不可能完全一致。因而,各级计量机构的具体计量管理任务应当根据实际情况而定。

第二节 计量名词术语

1. 量

可以定性区别并能定量确定的现象或物体的属性。

2. 量值

由数值和计量单位的乘积所表示的量的大小。

如:1 m, 5 kg, 10 mA, 5 MPa 等。

3. 量的数值

量值的纯数字部分。如上例中的 1, 5, 10, 5 等。

4. 计量单位

单位是用以定量表示同类量量值大小而约定采用的特定量。

计量单位是人为规定的特定量,其特点为:

(1) 单位是比较的尺度;

(2) 它用以表示同种量的大小;

(3) 它前面的数字一定为 1;

(4) 它要有具体的名称、定义,并可复现。

5. 测量

以确定被测对象量值为目的的全部操作。简单地说,把一个已知的量与未知的量进行比较,从而确定未知量的大小的过程,即为测量。测量有三个基本的特点:

(1) 测量的目的是要确定被测量的量值大小;

(2) 测量的对象是被测量的“量”;

(3) 测量的过程是一个实验过程和操作过程。

应予注意的是,测量只有在统一的前提下才有意义,即所谓“测量统一”。也就是说,在不同地点、由不同人对同一物理量进行测量的结果应是一致的。

6. 计量

实现单位统一和量值准确可靠的测量。狭义地理解,计量是一种特定形式的测量;广义地理解为计量是为实现“统一”和“准确”这一过程的全部操作。计量具有如下三个特征:

- (1) 统一性:这是测量的根本目的。
- (2) 准确性:它是计量统一的前提。
- (3) 法制性:它是保证统一的手段。

概括起来,“统一是目的,准确是基础,法制是手段”。

7. 测试

具有试验性质的测量。测试具有以下四个特点:

- (1) 测试往往是为了解决生产中的实际问题;
- (2) 测试带有试验研究的特点,带有探索性;
- (3) 测试同样要获得数据和量值;
- (4) 测试还具有广泛性,其单位是任意的。

8. 计量器具

用以直接或间接测出被测对象量值的装置、仪器仪表、量具和用于统一量值的标准物质。

计量器具包括计量基准器具、计量标准器具和工作计量器具三大类。

所谓计量基准器具即国家计量基准器具,简称计量基准,是指用以复现和保存计量单位量值,经国务院计量行政部门批准作为统一全国量值最高依据的计量器具。

所谓计量标准器具,简称计量标准,是指准确度低于计量基准的、用于检定次级计量标准或工作计量器具的计量器具。

9. 检定

为了评定计量器具的计量性能(准确度、稳定度、灵敏度等)并确定其是否合格所进行的全部工作。这里需要注意几点:

- (1) 计量检定必须执行计量检定规程,凡没有检定规程可供依据的,不能称为检定。
- (2) 如只为确定计量器具的示值误差,可称为“校准”;如按一般技术规范对其计量性能进行分项测定,可称为“测试”。

- (3) “校准”和“测试”不能出具检定证书,可以出示测试结果通知书。

另外,就我们所开展的检定工作而言,应废弃“标定”一词,代之以“检定”。

10. 量值传递

通过对计量器具的检定,将国家计量基准所复现的计量单位量值通过各等级计量标准传递到工作计量器具,以保证被测对象量值的准确和一致的有关活动。

量值传递的最重的环节就是开展检定工作。因此,量值传递必须遵循计量检定系统规定的计量检定规程。

11. 检定规程

为评定计量器具的计量性能,作为检定依据的具有国家法定性的技术文件。

国家计量检定规程由国务院计量行政部门组织制定,在全国范围内施行;部门或地方计量检定规程由部门或地方组织制定,在本部门行政部门备案。

检定规程的内容包括:检定规程的适用范围、计量器具性能、检定项目、检定条件、检定方

法、检定周期以及检定结果的处理。

12. 计量器具的准确度

计量器具给出接近于被测量示值的能力。

测量准确度和计量器具准确度，以前习惯上称为“测量精度”和“仪表精度(装置精度)”，现在要予以改正。

13. 计量工作

旨在实现计量单位统一、量值准确可靠而开展的一切活动。

计量工作具有科学技术和监督管理两个特性。其实质是为社会提供计量保证。

14. 计量保证

用于保证计量安全及相应测量准确度的所有法律、法规、技术手段、组织机构及必要的全部活动。

15. 计量管理

为在计量领域中提供计量保证所开展的行政管理工作。

16. 计量监督

对计量器具的制造、修理、销售、进口和使用等环节，确认其是否符合法制要求所进行的计量管理工作。通常把依法进行管理称为计量监督，它是法制性的管理。

17. 计量法

国家为规定法定计量单位、设立国家计量行政部门以及对计量器具依法进行的监督管理等而制定的法律、法规的总和。

18. 法定计量部门

负责对计量法律、法规进行监督和管理的部门。

法定计量部门分为两部分：一是各级政府计量行政部门；二是政府计量行政部门设立或授权建立的机构，即法定计量检定机构，如国家专业计量站、附属于政府计量行政部门的计量检定所(测试所)。

19. 强制检定

由县级以上人民政府计量行政部门指定的法定计量检定机构或授权的计量检定机构对强制的计量器具实行的定期定点检定。

强制检定的计量器具包括三部分：

- (1) 社会公用的计量标准器具；
- (2) 部门和企业、事业单位使用的最高计量标准器具；
- (3) 用于贸易结算、安全防护、医疗卫生、环境监测方面的列入强制检定项目的工作计量器具。

20. 仲裁检定

用计量基准或社会公用计量标准所进行的以裁决为目的计量检定和测试活动。

21. 计量纠纷

因计量器具准确度所引起的纠纷。

22. 检定证书

证明计量器具检定合格的文件。

第三节 法定计量单位

《中华人民共和国计量法》第三条明确规定：“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它计量单位，作为国家法定计量单位……非国家法定计量单位应废除”。在“计量法”颁布之前，国务院于1984年2月27日发布了《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》，原国家计量局也于同年3月9日发布了《全面推行我国法定计量单位的意见》。上述法律、法令、规章的发布实施，标志着我国计量单位的使用已经纳入法制管理的范畴。

一、实行法定计量单位的意义

所谓法定计量单位，是国家以法令的形式明确规定允许在全国范围内统一实行的计量单位。

实行法定计量单位是进一步统一我国计量制度的重要决策。它彻底结束了多种计量单位制并存的现象，使我国的计量单位达到完全统一。由于法定计量单位是以国际单位制为基础的，所以除了国内计量单位统一外，还可以与国际上的计量单位取得一致。

国内计量单位的统一，可以避免由于多种单位制并用而引起的混乱和不必要的换算，节省大量的人力物力，从而促进科学技术、文化教育和工农业生产的发展。与国际上计量单位的统一，能使我国在国际交往中与绝大多数国家具有共同的国际计量语言和交流工具，推动我国对外贸易、科技协作和文化交流的发展。

由此可见，实行法定计量单位是全国人民社会经济生活中的一件大事，它对我国的经济建设及扩大国际合作与交流，都具有极为深远的意义。

二、我国法定计量单位的内容

我国的法定计量单位包括：国际单位制的基本单位（见表1-1）、国际单位制的辅助单位（见表1-2）、国际单位制中具有专门名称的导出单位（见表1-3）、国家选定的非国际单位制单位（见表1-4）、由以上单位构成的组合形式的单位、由词头和以上单位所构成的十进倍数与分数单位（词头见表1-5）。

表1-1 国际单位制的基本单位

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

天然气流量计量

表 1-2 国际单位制的辅助单位

量的名称	单位名称	单位符号
平面角	弧度	rad
立体角	球面度	sr

表 1-3 国际单位制中具有专门名称的导出单位

量的名称	单位名称	单位符号	其它表示式
频率	赫[兹]	Hz	1/s
力,重力	牛[顿]	N	kg·m/s ²
压力,压强,应力	帕[斯卡]	Pa	N/m ²
能[量],功,热量	焦[耳]	J	N·m
功率,辐[射能]通量	瓦[特]	W	J/s
电荷[量]	库[仑]	C	A·s
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	V·s
磁通[量]密度,磁感应强度	特[斯拉]	T	Wb/m ²
电感	亨[利]	H	Wb/A
摄氏温度	摄氏度	℃	
光通量	流[明]	lm	cd·sr
[光]照度	勒[克斯]	lx	lm/m ²
[放射性]活度	贝可[勒尔]	Bq	
吸收剂量	戈[瑞]	Gy	J/kg
剂量当量	希[沃特]	Sv	J/kg

表 1-4 国家选定的非国际单位制单位

量的名称	单位名称	单位符号	换算关系和说明
时间	分 [小]时 天(日)	min h d	1 min = 60 s 1 h = 60 min = 3600 s 1 d = 24 h = 86400 s
平面角	[角]秒 [角]分 度	(^o) ([']) (^o)	1' = 60" 1° = 60'
旋转速度	转每分	r/min	

第一章 计量基础知识

续表

量的名称	单位名称	单位符号	换算关系和说明
长度	海里	n mile	1 n mile = 1852m
速度	节	kn	1kn = 1n mile/h = 1852 m/h
质量	吨 原子质量单位	t u	1 t = 1000 kg
体积	升	L(l)	
能	电子伏	eV	
级差	分贝	dB	
线密度	特[克斯]	tex	

表 1-5 用于构成十进倍数和分数单位的词头

所表示的因子	词头名称	词头符号	所表示的因子	词头名称	词头符号
10^{18}	艾	E	10^{-1}	分	d
10^{15}	拍	P	10^{-2}	厘	c
10^{12}	太	T	10^{-3}	毫	m
10^9	吉	G	10^{-6}	微	μ
10^6	兆	M	10^{-9}	纳	n
10^3	千	k	10^{-12}	皮	p
10^2	百	h	10^{-15}	飞	f
10^1	十	da	10^{-18}	阿	a

表 1-1 至表 1-5 中,“单位名称”和“词头名称”栏内带方括弧前面的字即为中文符号。如热力学温度开尔文的中文符号为“开”。法定计量单位除了上述内容外,还应注意在《中华人民共和国法定计量单位》后附有九条“注”,它们也是法定计量单位的一个组成部分,现说明如下。

(1) 对没有列入法定计量单位中的周、月、年这三个时间计量单位,因平时使用频繁,同时国际计量大会也同意使用,因而在我国的法定计量单位中以“注”的形式说明使用。

(2) 凡是法定计量单位中〔 〕内的字,是在不致混淆的情况下可以省略的字。如频率单位名称赫[兹]可以简称为赫。

(3) 凡是法定计量单位中()内的字为前者的同义词,具有同等的使用地位。例如,质量单位名称千克和公斤,具有同等的使用地位。

(4) 角度单位分秒的符号不处于数字后时,用括弧。主要是为了不至于混淆。

(5) 升的单位符号中,小写字母 l 为备用符号,这就是说 L 和 l 两个符号,优先采用 L。

(6) r 为“转”的符号。给“转”以一个符号,这是一个例外。因转不是计量单位而是计数单

位。

(7) 人民生活和贸易中,质量习惯称为重量。重量一词的含义是素有争议的。在教育界、科技界,重量是作为重力的同义语;但在工程界、生活中,重量又往往作为质量的习惯称呼。现考虑到我国的实际情况和国际上对此问题的解决趋势,法定计量单位公布时用加注的形式,提出对“重量”一词统一为质量的含义。今后凡在指重力的场合下,重量应改为“重力”一词。

(8) 公里为千米的俗称,符号为 km。由于在我国取消公里暂时还有困难,因此法定计量单位中把它作为千米的俗称,可以继续使用。

(9) 给常用的几个数词以确定的含义,即 10^4 称为万, 10^8 称为亿, 10^{12} 称为万亿。这是针对我国的古数词中同一个数词往往不同含义的情况。

三、国际单位制基本单位的定义

(1) 米是光在真空中于 $1/299792458$ s 时间间隔内所经路径的长度。

(2) 千克是质量单位,等于国际千克原器的质量。

(3) 秒是与铯 - 133 原子基态的两个超精细能级间跃迁相对应的辐射的 $9\,192\,631\,770$ 个周期的持续时间。

(4) 安培是电流单位。在真空中,截面积可忽略的两根相距 1m 的无限长平行圆直导线内通以等量恒定电流时,若导线间相互作用力在每米长度上为 2×10^{-7} N,则每根导线中的电流为 1A。

(5) 开尔文是热力学温度单位,等于水的三相点温度的 $1/273.16$ 。

(6) 摩尔是一系统的物质的量,该系统中所包含的基本单元数与 0.012 kg 碳 - 12 的原子数目相等。使用摩尔时,基本单元应予指明,可以是原子、分子、离子、电子及其他粒子,或是这些粒子的特定组合。

(7) 坎德拉是光源在给定方向上的发光强度,该光源发出频率为 540×10^{12} Hz 的单色辐射,且在此方向上的辐射强度为 $1/683$ W 每球面度。

四、国际单位制辅助单位的定义

(1) 弧度是圆内两条半径之间的平面角,这两条半径在圆周上所截取的弧长与半径相等。

(2) 球面度是一立体角,其顶点位于球心,而它在球面上所截取的面积等于以球半径为边长的正方形的面积。

五、计量单位的使用规则

1. 法定计量单位的名称

(1) 组合单位的中文名称与其符号表示的顺序一致,符号中的乘号没有对应的名称,除号的对名称为“每”字外,无论分母中有几个单位,“每”字只能出现一次。

例如:力矩的单位 $\text{N} \cdot \text{m}$ 的名称为“牛顿米”;速度的单位 m/s 的名称为“米每秒”。

(2) 乘方形式的单位名称,其顺序应是指数名称在前(由数字加“次方”二字),单位名称在后。在特殊情况下,对于长度的 2 次幂和 3 次幂,表示面积和体积时,则相应的指数名称为“平方”和“立方”,其余则为“二次方”和“三次方”。

例如:断面惯性单位 m^4 的名称为“四次方米”;体积单位 m^3 的名称为“立方米”;而断面系数单位 m^3 的名称为“三次方米”。

(3) 书写法定计量单位时,不加任何表示乘或除的符号或其他符号。

例如:电阻率的单位的名称为“欧姆米”,而不是“欧姆·米”、“欧姆-米”或“[欧姆][米]”等。

2. 法定单位和词头的符号

(1) 法定单位和词头的符号,不论是拉丁字母还是希腊字母,一律用正体并严格遵循其大小写,不得自行变更。单位符号的字母一般为小写,当单位名称来源于人名时,其符号第一个字母为大写;词头符号的字母当其所表示的因数小于 10^6 时一律小写,大于或等于 10^6 时,一律大写。

例如:时间的单位“秒”的符号为 s;压力单位“帕斯卡”的符号为 Pa;表示 10^{-3} 因数的词头符号为 m;表示 10^6 因数的词头符号为 M。

(2) 在由两个以上单位相乘构成的组合单位中,若某单位的符号又是词头符号,则应尽量将其置于右侧,以免引起混淆。

例如:力矩的单位“牛顿米”的符号应写成 Nm 或 N·m,而不能写成 mN 或 m·N,以免误解为“毫牛顿”。

(3) 由两个以上单位相乘的组合单位,其中文符号只能是一种形式,即用居中圆点代表乘号。例如:动力粘度单位“帕斯卡秒”的中文符号为“帕·秒”,而不是“帕秒”、“帕-秒”、“(帕)(秒)”或“[帕][秒]”等。

(4) 由两个以上单位相除构成的组合单位,其英文符号可用三种形式(以密度单位为例): kg/m^3 ,用斜线; $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$,用负指数将相除转化为相乘,乘号用居中圆点或紧排; kgm^{-3} 。其中文符号有两种形式:千克/米³,用斜线;千克·米⁻³,用负指数,相乘用居中圆点。

(5) 在一个组合单位中,表示相除关系的斜线一般不能多于一条。

例如:比热容的单位为 J/(kg·K),不能写为 J/kg/K。

(6) 词头和单位符号之间不留间隔,不加表示相乘的任何符号,也不必加圆括号。

例如:面积的单位“平方千米”的符号是 km^2 ,不应为 $\text{k}\cdot\text{m}^2$ 、 $\text{k}\times\text{m}^2$,也不必写为 $(\text{km})^2$ 。

3. 法定单位和词头使用规则

(1) 单位名称与符号的使用场合:

单位名称一般用于叙述性的文字中,单位的符号则在公式、数据表、曲线图、刻度盘和产品铭牌等需要简单明了表示的地方使用,也可用于叙述性文字中。

这里重点强调以下几点:

a) 单位的简称在不致混淆的场合下可等效全称使用,因此当然也可以用于叙述性文字中。

b) 国际符号可使用于任何场合。但国际符号仅用来表示相应的单位,不能借作文字使用。例如:“每公斤鱼价 5 元”,不能写成“每 kg 鱼 5 元”。

c) 在符号使用时,应优先考虑使用国际符号。中文符号一般在初中、小学课文和普通书刊中使用。

(2) 单位名称或符号必须作为一个整体使用,不得拆开使用。例如:20℃应读成“20 摄氏度”,不应写成或读成“摄氏 20 度”。

(3) 不能单独使用词头。

a) 不能把词头当做单位使用。例如,“电容的容量为 10 μ”应改为“电容的容量为 10 μF”。