



石油计量技术

SHIYOU JILIANG JISHU

● 主编 潘丕武 主审 王平



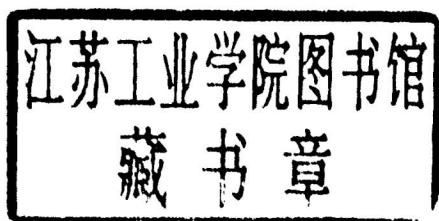
中国计量出版社

CHINA METROLOGY PUBLISHING HOUSE

石油计量技术

潘丕武 主编

王 平 主审



中国计量出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

石油计量技术/潘丕武主编. —北京:中国计量出版社, 2009. 2

ISBN 978-7-5026-2958-8

I. 石… II. 潘… III. 石油—计量 IV. TE863.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 006322 号

内 容 提 要

本书在总结我国 50 多年石油计量经验的基础上, 结合近年来国家新颁布的石油计量方面的标准、规程, 着重介绍目前我国的石油静态、动态计量技术及品质检验与分析等内容, 附录中列出了石油计量工作中常用的数值表 21 个。该书是目前国内同类书籍中内容最全面、系统和实用的专业书籍, 可作为石油计量操作人员的技术培训教材, 也可供从事石油计量工作的管理干部、技术人员学习参考, 还可作为石油石化大中专院校储运专业师生的课外阅读资料。

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲 2 号

邮政编码 100013

电话 (010) 64275360

<http://www.zgjl.com.cn>

北京市密东印刷有限公司印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

*

787mm×1092mm 16 开本 印张 62.75 字数 1604 千字

2009 年 5 月第 1 版 2009 年 5 月第 1 次印刷

*

印数 1—3 000

定价: 145.00 元

序 言

随着石油工业的迅速发展，石油计量工作在石油生产、加工、储运、贸易过程中的重要性日益突显，而石油计量技术也是日新月异。由于石油计量技术所涉及专业知识既广又深，因此，不断地了解、学习、掌握和应用先进的石油计量技术对从事这方面工作的每一位同志都是十分必要和紧迫的。

《石油计量技术》一书的编者们，能紧跟形势，服务石油计量工作的实际，追求卓越、与时俱进、追求尽善尽美的精神和严谨认真的科学态度值得赞赏和学习。衷心祝贺《石油计量技术》一书的出版，并期望该书能对今后石油、石化行业石油计量管理工作水平和计量人员技术素质的提高发挥重要的作用。

中国石油天然气集团公司
质量管理与节能部

杨果

2009年3月于北京

前 言

2000年由主编潘丕武、副主编张明等共同编著，海洋出版社出版的《石油计量技术基础》一书，发行至今已经八年了。该书系当时国内石油计量技术方面较为系统、全面和实用性强的专业书籍，深受广大读者的好评，对促进石油行业计量技术进步和提高计量人员素质曾发挥了积极作用。

随着我国石油工业的快速发展，石油管道建设日益加快，石油进口贸易数量剧增，石油计量方式、器具种类的多样化，石油计量不断展现出新的气象，具体表现在：

其一，新的高科技含量的各种先进计量器具不断被应用到石油计量工作中；

其二，随着全球经济一体化进程的加速，国际先进石油计量技术标准陆续被介绍到国内来，并转化为国家标准或行业标准；

其三，由于国际石油行情涨跌幅度较大，促使国内的石油生产、加工、储运和销售各环节管理部门对石油计量工作重要性的认识愈加重视。因此，各级石油管理部门在加大石油计量工作物资投资力度的同时，也加强了对计量人员技术培训的力度，迫切需要合适的石油计量培训教材。

面对上述形势，2000年版《石油计量技术基础》一书的内容，已显不足与落后，难以适应迅速发展的石油计量工作的新要求，满足不了石油计量人员的学习需要，急需编写一部更为全面、系统、实用的新书籍。为此，在《石油计量技术基础》基础上，我们对其内容进行了大篇幅的增补和修订，并更名为《石油计量技术》。这次编写《石油计量技术》一书的原则是：一是依据近10年来我国新颁布的石油动态、静态计量及品质检验方面的标准规程；二是根据近些年石油动态计量方面新型计量器具的使用情况。具体增补修订的主要内容如下：

一、在长输管道石油计量中，涡轮流量计应用日益广泛，因此须扩展这方面的内容，增加诸如广黏度波特型涡轮流量计、双螺旋型涡轮流量计方面知识。

二、鉴于科里奥利质量流量计在轻质成品油计量方面已应用多年，积累了较丰富的经验，而且我国已经制定出该种流量计的检定规程和使用该流量计的测量液态烃标准（行标报批稿），所以将这方面内容补充进去也是十分及时和必要的。

三、用超声波流量计测量流体流量，国际标准化组织（ISO）十几年前就已颁布这方面标准（技术报告），我国在天然气计量方面也应用多年并制定了相应的国家标准。在应用于液体流量计量方面，尤其是石油计量方面也开始进行了尝试，如中国石油西部管道，东北管网长吉管线上分别进行了试验性投用。由于该种流

量计的性能情况和诸多优点，其在石油及液态石油产品流量计量方面必将得到推广和普及，尤其是在大口径大流量方面极有可能占据统治地位。所以非常有必要将超声波流量计有关内容增补进来。

四、关于石油及液态产品油量计算、温度测量等方面，国家也在近几年相继制定或颁布了新国家标准，本书修订版也将上述新标准内容充实进来。

五、标准体积管系石油流量计量检定标准装置，在油田、炼厂和长输管道系统应用三十余年，不论是固定式还是移动式，对确保流量计计量准确，监测其运行方面均发挥重要作用，但作为计量标准装置，直接关系到量值传递的准确性，为此本书对标准体积管的误差产生因素内容也加以修订和充实。

在该书重新编辑出版过程中，中国石油天然气集团公司质量管理与节能部，中国石油天然气股份有限公司销售分公司、天然气与管道分公司、勘探与生产分公司、炼油和化工分公司和中国石化股份有限公司销售事业部、科技开发部有关部门领导都给予了明确指导和大力支持；中国石油西部管道有限责任公司，大庆油田储运销售公司，中国石油东北销售公司，中国石油辽河油田分公司，中国石油抚顺石化公司，中国石油华南销售公司，中国石化管道储运公司及其所属仪长输油处、新乡输油处；中国石油管道公司及其所属兰成渝输油分公司以及大庆、长春、丹东、大连、沈阳、锦州、济南等输油分公司；东北石油管道公司，中国石油锦州石化公司计量部，大连石化公司质量环保险测中心及规划计划处潘峰等单位、同志积极参与并给予大力协助，编者在此表示感谢。

尤其是中国石油管道公司沈阳调度中心领导及有关部门对本书的编辑出版工作大力支持并提供了各种便利条件，编者在此表示衷心感谢。

在编辑过程中，常务副主编张明负责动态计量内容的编辑工作，副主编中国石油锦州石化分公司吴德贵参与动态计量方面修订，主要负责质量流量计内容增补；还有孙丙俊、高松、张玉仲、闫海波、吕振忠等也参加了这方面的修订；副主编中国石油西部管道有限公司蔡浩晖参与动态计量方面修订，主要负责超声波流量计方面内容增补，毛国承、周曦东、丁志强、王立伟、赵大飙等也参与这方面的修订；常务副主编大庆油田储运销售公司闫传宇负责计量器具、标准装置管理及油品储运、计量设施工程投资经济技术分析和安全知识方面内容的修改与增补，郭唐杰、潘博、裴江涛、康长波、张成刚、卢北阳、钱大鹏等也参与这方面的修订与增补；副主编中国石油管道公司沈阳调度中心曲升华参与动态计量方面修订，主要负责固定式体积管方面内容的增补，梁宪玉、江崇军、仲权伟、姜兆昌、冯婧等也参与这方面的修订；副主编中国石油管道兰成渝输油分公司赵荣生负责移动式车载体积管及振动管密度计等内容增补，王秋实、王文涛、王波也参与这方面内容的修订；特邀副主编中国石油大连石化分公司质检中心吴良英参与石油及

液态石油产品化验分析方面内容的修改，主要负责硫含量测定方面内容的增补，林红梅、朱宝茹、高莹也参与了这方面的内容修订；副主编中国石油东北销售分公司戚普军参与静态计量油量计算、油品温度测量内容的修改和增补，李世武、蒋姬也参与这方面的修订；副主编中国石油抚顺石化分公司张忠洋参与静态计量方面内容的修改，主要负责容器检定及衡器计量内容的增补，刘景峰、李朝侠、钟松伟等也参与这方面内容的修订。

另外，助理主编韩春杰、孙炳俊、王丽梅、李昌霖主要负责计量器具及计量标准装置测量不确定度分析内容的增补。

这本书包括了编者多年实践工作的总结、归纳和对新的计量技术在实际应用中的认知与感悟，希望对广大读者、同仁有所帮助，并期望得到指点、帮助。

编者希望并相信，随着不可再生能源——石油的日益紧缺、油价的涨跌，石油石化行业各企业对石油计量工作的重视程度也日益提高，石油计量技术的提高与进步对加强企业经营管理、提升企业经济效益必将发挥非常重要的作用。

如果广大同仁、读者能通过这本书对所从事的石油计量工作有新的更高层次的认识，对石油计量技术有更深刻的理解、更熟练的掌握，并应用于本职工作中，解决了问题、提高了效率，进而感受到给您带来的自信与快乐的话，那么，编者将会感到由衷的欣慰。

本书经编、审、校人员的共同努力，较短时间内得以完成，不可避免存在一些缺陷、不足，甚至错误，诚恳希望广大同仁、读者予以指正。编者不胜感激！

最后，在此献给广大读者、同仁一首小诗，以示互勉：

艺无止境日，工无驻足时；

万年太久长，分秒不可逝；

振兴石油业，同商计量事。



2009. 2. 28 于沈阳

(注：工，指技术，事业。)

目 录

第一篇 计量学基础知识

第一章 计量学的分类及其内容	(3)
第一节 计量学发展简史.....	(3)
第二节 计量学分类及其研究的内容.....	(4)
第三节 计量的特点及其作用和意义.....	(9)
第四节 计量器具.....	(13)
第五节 通用计量术语及定义.....	(16)
第二章 计量单位制	(19)
第一节 计量单位与单位制.....	(19)
第二节 国际单位制.....	(21)
第三节 我国的法定计量单位.....	(24)
第三章 测量不确定度基本知识	(29)
第一节 为什么要用测量不确定度评定来代替误差评定.....	(29)
第二节 测量不确定度的发展历史.....	(30)
第三节 测量不确定度来源、评定步骤与应用范围.....	(32)
第四节 测量不确定度评定方法.....	(37)
第五节 测量误差、测量准确度和测量不确定度.....	(44)
第六节 测量误差和测量不确定度的主要区别.....	(53)
第七节 测量仪器的误差、准确度和不确定度.....	(55)
第八节 实物量具和测量仪器的误差、偏差和修正值.....	(58)

第二篇 石油静态计量

第一章 石油基本知识	(63)
第一节 石油在国民经济和国防上的作用.....	(63)
第二节 石油的化学组成及物理性质.....	(64)
第三节 石油及液体石油产品的特性.....	(70)
第四节 石油及液体石油产品分类及主要质量指标.....	(73)
第二章 我国石油静态计量方式、方法的演变过程	(90)
第一节 新中国成立(1949年)前的计量方式、方法.....	(90)
第二节 20世纪50~90年代我国的石油计量方式、方法.....	(96)
第三节 21世纪初期我国的石油计量.....	(114)
第四节 研究石油计量技术的重要性及我国目前的石油计量方式、方法.....	(117)

第三章 石油静态计量器具	(126)
第一节 金属油罐的种类及优缺点.....	(126)
第二节 油船.....	(136)
第三节 容器检定意义及金属罐容量测量不确定度分析.....	(139)
第四节 衡器.....	(142)
第四章 石油静态计量操作技术	(160)
第一节 名词、术语.....	(160)
第二节 立式金属油罐.....	(163)
第三节 铁路罐车.....	(177)
第四节 油驳、油轮船舱.....	(189)
第五节 衡器.....	(196)
第五章 石油静态计量的油量计算	(201)
第一节 石油及液体石油产品油量计算基本方法.....	(201)
第二节 立式金属罐油品交接油量计算.....	(205)
第三节 卧式罐油品交接油量计算.....	(213)
第四节 铁路罐车油量计算.....	(217)
第五节 油驳、油轮船舱油量计算.....	(228)
第六章 石油静态计量误差产生原因及其分析	(238)
第一节 立式金属罐计量误差及原因.....	(238)
第二节 铁路罐车计量误差及原因.....	(255)
第三节 油轮、油驳计量误差及分析.....	(263)
第七章 石油静态计量器具的正确使用与维护保养	(271)
第一节 立式金属计量油罐.....	(271)
第二节 铁路罐车修、管、用原则及措施.....	(273)
第三节 衡器的计量特征与维护保养及使用.....	(276)

第三篇 石油动态计量

绪言	(299)
第一章 动态计量基础知识	(301)
第一节 一般术语.....	(301)
第二节 石油动态计量方式及流量计主要技术指标.....	(305)
第三节 流量计的选型、安装、使用与维护的一般原则.....	(307)
第四节 液体流量测量系统.....	(312)
第五节 流量计的特性.....	(314)
第二章 石油动态计量常用器具种类及优缺点	(327)
第一节 刮板流量计.....	(327)
第二节 腰轮流量计.....	(334)
第三节 涡轮流量计.....	(344)
第四节 质量流量计.....	(368)

第五节 燃油加油机	(396)
第六节 超声流量计	(424)
第三章 流量计的附属设备	(448)
第一节 过滤器	(448)
第二节 消气器	(451)
第三节 整流器	(454)
第四节 容差调整器	(456)
第五节 流量计计数器(表头)	(465)
第六节 流量计算机	(473)
第四章 石油动态计量油量计算	(492)
第一节 概述	(492)
第二节 液化石油气、稳定轻烃	(493)
第三节 原油	(496)
第四节 液体石油产品	(503)
第五章 动态计量的误差因素及分析	(517)
第一节 黏度因素	(517)
第二节 压力损失因素	(519)
第三节 温度因素	(520)
第四节 压力	(523)
第五节 误差因素分析的具体应用	(527)
第六章 流量计检定	(531)
第一节 流量计检定目的、条件及设备	(531)
第二节 检定项目和方法	(539)
第三节 标准体积管对流量计进行实液检定的具体操作	(544)
第四节 质量流量计的检定	(560)
第五节 质量流量计标准装置介绍	(572)
第六节 燃油加油机检定	(579)
第七节 流量计不确定度评定	(594)
第七章 标准体积管流量标准装置	(598)
第一节 标准体积管的现状与回顾	(598)
第二节 标准体积管的基本构造和工作原理	(601)
第三节 标准体积管基本部分的结构设计	(609)
第四节 标准体积管的性能测试	(628)
第五节 标准体积管的安装与维修	(633)
第六节 标准体积管的检定	(635)
第七节 体积管清洗	(646)
第八节 标准体积管的误差来源及分析	(647)
第九节 小型标准体积管	(654)
第八章 液体流量标准装置	(673)
第一节 液体流量标准装置的分类和量值传递方法	(673)

第二节	静态质量法液体流量标准装置	(676)
第三节	动态质量法液体流量标准装置	(693)
第四节	静态容积法液体流量标准装置	(698)
第五节	动态容积法液体流量标准装置	(706)
第六节	相关计量器具的测量不确定度	(709)

第四篇 石油及液体石油产品品质检验与分析

绪言	(723)	
第一章 化验分析基础知识	(724)	
第一节	玻璃仪器使用、保管与洗涤	(724)
第二节	化验室常用的电热设备及电动设备	(732)
第三节	天平	(739)
第四节	化验分析误差及数据处理	(753)
第五节	化验室管理及安全防护知识	(760)
第二章 油品试样的采取	(766)	
第一节	采样	(766)
第二节	国内取样标准	(767)
第三节	国外取样标准介绍	(779)
第三章 石油及液体石油产品(简称油品)的脱水及水分测定	(788)	
第一节	油品中水分存在的状态、来源及危害	(788)
第二节	油品脱水方法	(790)
第三节	原油和重质石油产品水和沉淀物测定	(791)
第四节	石油产品水分测定法(蒸馏法)	(808)
第四章 油品密度测定	(812)	
第一节	密度定义及单位	(812)
第二节	密度的测定方法	(820)
第三节	油品的密度测定	(837)
第五章 油品温度测量	(873)	
第一节	温度计量学发展史及温度测量的作用	(873)
第二节	温度计种类及主要特点	(876)
第三节	温度测量及温度计	(889)
第四节	油品的温度测量	(901)
第六章 硫含量测定	(918)	
第一节	硫在油品中的存在形态及其影响	(918)
第二节	硫含量的检测	(920)
第七章 油品损耗与降低损耗措施	(929)	
第一节	油品损耗的形式及各类油罐蒸发损耗特点	(929)
第二节	国家对各类油品损耗定额的规定	(932)
第三节	油田、炼厂及原油长输管道油品的损耗	(934)
第四节	降低油品蒸发损耗的措施	(944)

附录、附表

附录 1	石油产品的主要理化指标	(949)
附录 2	各地气象参数表	(952)
附录 3	国家职业标准《油气输送工》(石油综合计量工部分)	(954)
附表 1	输油管道不同管径米、千米容量表	(959)
附表 2	长度换算表 1	(960)
附表 2	长度换算表 2	(961)
附表 3	面积换算表	(962)
附表 4	体积换算表	(963)
附表 5	质量(重量)换算表	(964)
附表 6	密度换算表	(965)
附表 7	压力换算表	(966)
附表 8	体积流量换算表	(967)
附表 9	动力黏度换算表	(968)
附表 10	运动黏度换算表	(969)
附表 11	不同温标间的换算关系表	(969)
附表 12	不同温标绝对零点、水冰点、水三相点及水沸点表	(969)
附表 13	各国及地区原油密度及吨、桶换算表	(970)
附表 14	我国陆上原油的一般性质	(971)
附表 15	我国海上原油的一般性质	(972)
附表 16	主要进口原油的一般性质	(973)
附表 17	波美度与 API 度、不同温标密度、相对密度换算公式	(974)
附表 18	石油产品重量与体积换算系数表	(974)
附表 19	国内各省、市、自治区计量局所在地逐月平均空气密度及年平均空气 密度表	(975)
附表 20	国内各地年平均空气密度表	(976)
附表 21	石油升/吨系数和桶/吨系数表	(977)
参考文献及参考资料		(987)

第一篇

计量学基础知识

第一章 计量学的分类及其内容

第一节 计量学发展简史

计量学是关于测量的科学，是关于计量理论与实践的知识领域，是一门综合性的学科。它是研究测量、保证量值统一和准确的科学。具体地说，计量学研究的内容有：计量单位，计量单位制及计量标准，基准的建立、复制、保存和使用；测量方法和计量器具的计量特性；测量的不确定度；计量人员从事测量的能力；计量法制和管理；基本物理常数、标准物质和材料特性的准确测定等。

计量学的形成和发展与科技的进步、生产的发展密切相关。科技越进步、生产越发展就越需要计量，并推动计量的发展；而计量越发展则越促进科技的进步和生产的发展。

计量，过去在我国称为“度量衡”，其原始含义是关于长度、容积和质量的计量，主要器具为尺、斗、秤。但是随着科技的进步和生产的发展，计量的概念和内容在不断地变化和发展。

人类为了生存和发展，必须认识自然，利用自然，改造自然。计量正是达到这种目的的一种重要手段。世间任何事物，都是通过一定的“量”来体现的；只有通过计量，才能得出具体的量值。

早在原始社会后期，由于生产力的逐步提高，开始出现社会分工。先是农业和畜牧业分开，即所谓的第一次社会大分工；继之则是手工业和农业分工，即第二次社会大分工。社会分工带来了经常性的产品交换和以交换为目的的商品生产，从而促进了计量的产生和发展。

奴隶社会时期，生产力进一步提高，商品生产不断扩大，原始计量体系逐渐形成。

相传大禹治水时就使用了“准绳”和“规”、“矩”等计量器具。河南安阳出土的两支商代象牙尺，一支长为 15.78 cm，另一支长为 15.80 cm，每支上都刻有 10 寸，每寸又都刻有 10 分（现分别藏于中国历史博物馆和上海博物馆）。这是我国最早的尺实物。

我国各地出土的许多商代青铜器，制作之精美，比例之匀称，亦为举世罕见，是我国古代计量发展的物证。

封建社会时期，铁器和耕牛已普遍使用，生产力更加提高，计量亦随之有较快的发展。公元前 221 年，秦始皇统一中国后，即颁布诏书，以最高法律的形式统一了全国的度量衡制度，使我国古代计量进入一个新的历史时期。秦代的度量衡制度为：

度制：1 引 = 10 丈 = 100 尺 = 1 000 寸 = 10 000 分；

量制：1 斛 = 10 斗 = 100 升 = 1 000 合 = 2 000 龠

（斛，发湖音；合，发个音；龠，发阅音）

衡制：1 石 = 4 钧，1 钧 = 30 斤，1 斤 = 16 两，1 两 = 24 铢。

可见，该制度在当时是比较先进的，其中的度制和量制的大部皆采用了十进制，尤为突出。所以，人们将我国统一度量衡的功绩归于秦始皇。秦以后的两千多年中，各朝代基本上都是沿用了秦代的度量衡制度。

封建社会崩溃,开始了资本主义大工业生产,进而向社会主义现代化社会的发展。由于科学技术和社会生产的迅速发展,对计量的要求越来越高。传统的古典度量衡已远远无法满足时代的需要,于是以新理论为基础、以新技术为条件的现代计量便逐渐形成和发展起来,以致出现一门新兴的、综合性的学科——计量学。可以说计量是古典度量衡的发展,也可以说计量是现代度量衡。

第二节 计量学分类及其研究的内容

一、按学科分类

1. 通用计量学

指涉及计量的一切共性问题而与被计量的具体量无关的计量学部分。例如,关于计量单位的一般理论和实际问题(单位制的结构,公式中计量单位的换算)、测量误差与数据处理、计量器具的基本特性等。

2. 应用计量学

指涉及特定计量的计量学部分。通用计量是泛指,不涉及具体的被计量的量,而应用计量学则是关于特定量的计量,如长度计量、时间频率计量、密度计量等。

3. 技术计量学

指涉及计量技术包括工艺上的计量问题的计量学部分。

4. 理论计量学

指涉及计量理论问题的计量学部分。例如,关于量和计量单位的理论、测量误差理论、计量信息论等。

5. 品质计量学

指涉及品质管理的计量学部分。例如,关于原料、材料、器具、工业设备以及在生产中用来检查和确保有关品质要求的计量方法、计量器具、计量结果等。

6. 法制计量学

指为了保证公众安全和适应国民经济的测量准确度,根据技术和法律要求而涉及计量单位、计量方法和计量器具的计量学部分。

7. 经济计量学

指关于计量的经济效益的计量学部分。这是近年来出现的一门边缘科学,涉及面广。比如,计量在社会生产体系中的经济作用和地位;计量对科技发展、生产率的增长、产品质量的提高、物质资源的节约以及在保健及环境保护等方面的作用等。

二、按专业分类

1. 几何量计量

几何量计量(又称长度计量)就是对物体的几何量与其单位的定义作比较的精密测量。几何量表征物体的大小、长短、形状和位置,其基本参量是长度和角度。长度的单位是米;角度分平面角和立体角,其单位分别为弧度和球面度。几何量计量的内容包括长度计量、角度计量、工程参量计量(直线度、平面度、表面粗糙度等)。

2. 温度计量

温度计量就是利用各种物质的热效应,研究测量温度的技术。其内容按照温度计量范围分为超低温、低温、中温、高温和超高温等项;按照温度计量方法分为直接计量法(金属电阻温度计、玻璃液体温度计、热电偶、气体温度计、石英频率温度计等)和间接计量法(光学高温计、光电高温计、红外高温计、比色高温计和全辐射高温计等)。温度计量的单位是国际单位制(SI)7个基本单位之一,叫做开尔文,简称开,符号为K。

(1) 超低温:其范围从 -270°C 到近于绝对零度。超低温测量用于科研、国防等方面,如用于物体的超导性能的研究方面的测温元件等。

(2) 低温计量:其范围为 $0\sim-270^{\circ}\text{C}$,如用于冰库、冷库及特殊化验分析时的温度计量。

(3) 中温计量:其范围为 $0\sim 630^{\circ}\text{C}$,如用于日常生活和一般工业生产的体温计、玻璃水银温度计、铂电阻温度计等。

(4) 高温计量:其范围为 $6\ 000\sim 630^{\circ}\text{C}$,如用于炼焦、炼铁、轧钢、炼油等工业生产的热电偶、光学高温计等。

(5) 超高温计量:超过 $6\ 000^{\circ}\text{C}$ 为超高温计量,主要用于国防和科研,如测定原子弹爆炸、发射火箭时的温度等。

3. 力学计量

力学计量,其内容极为广泛。包括质量、容量、密度、力值、压力、真空、流量、力矩、速度、加速度、硬度、冲击、转速、振动等。其中质量的单位千克(kg)是SI的基本单位。千克原器是目前国际上唯一以实物形式保存的基本单位基准。

(1) 质量计量:质量计量就是对物体质量的计量。质量是物体所含物质的多少,它不受地球引力变化的影响,对同一物体,质量是恒定的。它的基本单位是千克,符号用kg表示。

质量计量通常可划分为:大质量(20kg以上),中质量(1g~20kg),小质量(1g以下)。所用的计量器具有秤、天平和砝码等。随着工农业、科研的发展和商品贸易的扩大,电子秤、电子自动天平等已得到广泛的应用。

(2) 容量计量:容量系指容器内可容纳物质(液体、气体或固体微粒)体积的量,即容器内部所包含的空间体积或容积。SI中容积的单位是立方米(m^3),习惯上也常用其分数单位升(L)、毫升(mL)、微升(μL)等来表示。 $1\text{L}=10^{-3}\text{m}^3$ 。所用的计量器具有量提、量杯、量筒、滴管及各类计量罐等。

(3) 密度计量:密度是指物体单位体积所有的质量。SI中密度的单位是千克每立方米(kg/m^3)。由于体积单位还采用mL,所以日常工作中也用 g/mL 作为密度单位,它等于 $1\ 000\text{kg}/\text{m}^3$ 。所用的计量器具有酒精计、糖量计、密度计、海水密度计等。

(4) 力值计量:对各种材料,如水泥、钢材、木材和其他的半成品、成品的机械性能的测量以及坦克、拖拉机的牵引力的测量等,都属于力值计量。力值的计量单位是牛顿,符号为N。所用的计量器具有各种材料试验机、拉力计等。

(5) 硬度计量:硬度是固体材料抵抗弹性形变、塑性形变或破坏的能力,或者是抵抗其中两种或三种情况同时发生的能力。硬度不属于物理量,但它是材料机械性能的主要指标之一,是检验产品质量、确定合理的加工工艺的重要手段。根据硬度试验方法,硬度值有4种表示方法:①布氏硬度值:是以压痕球形面积上所承受的平均压力来表示的,其符号是HB。②洛氏硬度值:是以压入深度差来表示的,其符号是HR。③维氏硬度值:是以压痕表面积上的平均压力来表示的,其符号是HV。④肖氏硬度值:则是以回跳高度与下落高度之比表示的,其符