



潘丕武主编简介

潘丕武高级工程师，1945年12月出生於辽宁省盖州市，在沈阳读完小学、中学后，于文革前考入东北石油学院（现大庆石油学院）。60年代末期毕业分配到抚顺石油一厂工作。70年代初期调至沈阳，参加东北地区八三工程会战（即现东北输油管理局）从事原油长输管道运销计量管理工作。工程会战期间，为确保新建管线按期投产和原油交接计量工作的顺利进行，在以后的10余年间多次参与、组织对东北、华北、华东管道系统内包括林源、铁岭、大连新港、秦皇岛、临邑、仪征、沧州、石楼等14个站（库）60余座不同类型油罐的容积检定工作，总容积达70余万方。在油罐容积检定过程中，发现当时国标JJG168-76中规定的罐周长测量允差不符合实际情况后，用代数方法计算出测量允差随罐周长增加而增大的误差范围。后经证实，与美国API2550-ASTM1220标准规定基本相符。

1981年，在《原油长输管道输差产生原因及解决办法》论文中，首次提出并分析了原油长输管道输差产生原因及其对策。事实证明这些思路和想法是正确的。

80年代中期，在原油体积计量中流量计逐步取代油罐，开始大量的普及使用。针对流量计算运行中存在的单向性偏差，与管道局程达同志在《油气储运》杂志上发表论文，提出了在“原油动态计量中使用流量仪表系数”的方法。1986年在国家标准尚未做出新规定情况下，与大庆油田王世和同志借鉴国外惯例作法，共同协商在大庆油田总外计量站，在原油交接计量中使用流量仪表系数，在国内石油动态计量中开创了先例。

自70年代中期以后，多次参加上级有关部门召开的各项石油计量、品质检验技术标准、规程起草、审议会；参与上级机关有关文件的起草、修订工作，如“油田管道计量器具配备办法”、“石油及液体石油产品交接计量管理办法”、“原油、天然气和稳定轻烃销售计量管理办法”，以及石油天然气“综合计量工”级工标准等等。90年代初，被中国石油天然气（集团）公司聘为“石油天然气计量仲裁委”委员。为加强、完善石油系统计量管理工作做了大量基础性工作。

潘丕武在从事日常繁杂的运销计量管理工作期间，利用业余时间，编辑各类著作12册，总字数约600万字。主要包括：

(1) 1987年主编《原油长输管道运销计量化验技术基础教材》，作为管道系统职工培训教材。

(2) 1991年编著《石油天然气综合计量工技术考核手册》，作为石油系统职工培训、考核教材。

(3) 1996~1997年主编《石油天然气和稳定轻烃质量计量和品质检验技术标准汇编》，计上、中、下3册，并作为中国石油天然气总公司输运销处长、计量站长培训班教材。

(4) 1992~1996年先后两次主编《长输管道运销财务结算管理文件汇编》两册。

(5) 1998年与他人合编《石油工人等级培训教材——综合计量工》，作为石油系统计量人员培训考核教材。

(6) 2000年12月主编《石油计量技术基础》。

潘丕武在多年的原油运销计量管理工作中，脚踏实地，辛勤耕耘，硕果颇丰，已成为铺垫原油长输管道运销计量管理道路上一颗闪亮的铺路石，为我国石油计量技术的进步与发展，默默地作出了奉献！

责任编辑：宋敏 / 封面设计：何英

ISBN 7-5027-5276-5



9 787502 752767 >

ISBN 7-5027-5276-5/TE·6

定价：86.00元

石油计量技术基础

潘丕武 主编

海洋出版社

2001年·北京

内 容 简 介

该书简要地介绍了计量学基础知识,回顾了我国石油计量方式方法的演变历史,着重叙述我国目前石油计量所采用的主要计量方式及其所用的计量器具;配套的流量标准计量装置的使用、管理知识;油量计算方法,并分析了各种计量器具计量过程中的误差来源。

该书是国内目前最为系统、最为全面、实用性较强的石油计量技术专业书籍。既可作为一线石油计量操作员的培训教材,又可作为石油计量技术人员、运销计量管理干部和石油院校储运专业学员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

石油计量技术基础/潘丕武主编. —北京:海洋出版社, 2001.5
ISBN 7-5027-5276-5

I. 石… II. 潘… III. 石油-计量-基本知识 IV. TE863.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 029062 号

责任编辑:宋 敏

责任印制:严国晋

海洋出版社 出版发行

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

(100081 北京市海淀区大慧寺路 8 号)

北京建筑工业印刷厂印刷 新华书店发行所经销

2001 年 5 月第 1 版 2001 年 5 月北京第 1 次印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 51.5

字数: 1 350 千字 印数: 1~6000 册

定价: 86.00 元

海洋版图书印、装错误可随时退换

《石油计量技术基础》编、审委员会

编委会：

主 编 潘丕武

副主编 张 明 王文才 袁振中 石云山

编 撰 庞永庆 曲升华 刘玉文 李 伟 李大军

梁宪玉 刘凤权 苏连弟 高 松 张宝生

朱建新 肖 勇 王永东 张连文 和守强

审定委员会：

主 任 李海元

副主任 吴国志 马志祥 李德铭 黄维和 王 平

委 员 刘 唱 高庭禹 王大勇 秦志刚 李金国

丁建林 黄松源 张 全 许振民 孙维中

罗凤英 穆 剑 郑 琦 宋广民 尚孟平

张保林

序

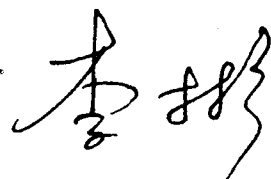
石油计量技术是涉及知识面较宽、专业性强的多学科技术领域。它在石油的开发生产、炼制加工、储运和经营销售过程中,有着重要的作用。

石油计量技术先进程度、计量设施完善情况、计量人员素质的高低和石油计量管理工作水平如何,在国内直接关系到石油购销双方的经济利益;而在对外贸易中,直接影响到国家的信誉和经济权益。当前,我国石油工业在国内外日益扩展,石油商业贸易量与日俱增的形势下,学习、研究、应用先进的石油计量技术尤为紧迫和重要。

潘丕武主编及其他参编同志,结合多年的工作实践,查阅大量的有关参考资料,历时多年准备和近一年的编辑工作,终于在今天将《石油计量技术基础》一书出版了。这本书是目前国内最为系统、全面和针对性较强的专业书籍,具有很好的实用性。该书适合广大从事石油计量技术管理、计量操作人员学习和参考。

该书的出版,无疑将会对促进我们石油石化行业计量技术的发展和广大石油计量人员技术素质的提高发挥积极的作用。在此我向主编及诸位编、审同志表示感谢和祝贺!

中国石油天然气股份有限公司
石油天然气和管道公司



2000年11月3日

前 言

石油是重要的战略物资,是世界四大主要能源(煤炭、电力、石油、核能)之一,对全球经济发展起着举足轻重的作用。世界各国为发展本国经济都在大力发展石油工业,把大量的人力、物力、财力投入到石油勘探开发、炼制加工、储运计量、经营销售方面。

我国既是能源生产大国,也是能源消费大国。中国石油工业在稳定东部、发展西部战略方针指导下,在多年稳定发展陆上石油工业的基础上,已经开始走向海洋,大力扩展海上石油的勘探开发,为我国的石油工业的发展开辟了第二战场,并取得巨大的成绩。

为满足国内国民经济高速发展的需要,确保石油供应的多渠道来源,我国开始走出国门,积极开拓海外国际石油工业市场,并已在非洲、中亚取得了良好的开端。这无疑将是我国石油工业发展的第三战场。

面对我国石油工业在海内外全面、快速发展的新形势,势必要求石油计量技术跟上石油工业蓬勃发展的步伐,服务于日益扩大的石油商业贸易的需要。事实证明,石油计量在石油开发生产、炼制加工、储运销售各个方面都是不可缺少的。石油计量水平的高低,计量器具、仪表技术水平的先进与落后,从事石油计量工作人员素质的高低都直接关系到石油行业各部门的经济利益。而石油进出口贸易量的扩大,又直接关系到国家的声誉和经济权益。

随着石油这种战略物资重要性的日益提高和国际石油价格的日趋增涨,石油计量的重要性早已引起人们的高度关注。计量就是计钱,计量就是效益,已成为人们的共识。正因为如此,国际上许多工业发达的国家和大石油公司都非常重视石油计量工作,相应建立自己的石油计量机构,进行石油计量技术的研究工作。有些国家制定出成套的石油计量标准或规程,如美国石油学会(API)的《石油计量标准手册》和英国石油学会(IP)的《石油计量标准手册》,均代表着世界最先进的石油计量技术水平。这两种手册中的许多标准已被国际标准化组织(ISO)采纳,用于规范、指导全世界的石油计量工作。

我国由于新中国成立前是个“贫油国家”,洋油充斥中国市场,因此,在石油计量方面基本全部采用外国的计量标准和方法。新中国成立后,我国的石油工业才

得到迅速的发展,尤其是在我国著名科学家李四光地质理论指导下,在石油工业部直接组织领导下,先后开发了大庆、胜利、辽河等大油田,从根本上改变了我国石油工业落后的面貌。我国石油不仅可以自给,而且还可以出口,使石油内销外贸数量剧增。

为适应这一形势,原商业部燃料局在70年代初期,文革动乱尚未结束的困难条件下,编辑出版了《石油储运手册》。该手册在一段时期对规范、指导国内石油计量工作发挥了重要的历史性作用。

随着我国改革开放步伐的加快和社会主义市场经济的发展、建立和完善,石油需求量与日俱增;同时,伴随科学技术的发展和国外先进技术的引进,涌现出许多新型的、先进的、石油计量、化验分析仪器仪表,如罗茨流量计、刮板流量计和标准体积管引进于70年代,质量流量计引进于90年代初期等。

各种计量器具科技含量不断增加,计量性能日趋完善,计量精度也相应提高。

为提高我国石油计量水平,维护石油购销双方的合法利益,国家计委、能源部于1990年颁发了《石油、天然气和稳定轻烃销售交接计量管理规定》。同年,中国石油化工总公司颁布了《成品油计量管理标准》。这些文件对新时期、新形势下,指导和加强我国石油、石化行业计量管理工作起了决定性的作用。

为了使石油计量工作更加专业化、系统化,80年代初期原石油工业部先后成立了“石油计量测试研究所”和“原油评价中心”;同时,为建立稳定的石油计量人员队伍,便于实施针对性的技术培训、考核,实行专业化管理,又于1987年,将石油计量工作岗位从储运系统其他岗位中分离出来,设立了独立的新工种,即“石油天然气综合计量工”。为了协调解决石油系统企业之间石油计量纠纷,90年代初期中国石油天然气总公司又成立了“石油天然气计量仲裁委员会”,聘任一批兼职的计量仲裁员。

通过以上种种措施,使石油系统的计量管理工作日益走上正规化、专业化、法制化的管理轨道。

虽然颁布了新的油气计量工种——“综合计量工”级工标准,但与之配套的培训教材及相关书籍却较贫乏,已出版的则缺乏深度和系统性。

石油计量技术是涉及知识面广、专业性较强的多学科边缘技术领域,包括各种油罐、船舱和各类衡器的石油静态计量;而动态计量不仅包括体积流量计、质量流量计,还包括与其配套的流量标准装置等。计量过程中不仅要测量密度、温度、压力等参数,而且还要了解、掌握油品储存、保管的有关知识。

另外,从事石油计量工作过程中涉及专业知识也非常广泛,如油品储运、计量工艺、机械电气、仪表自动化、计算机以及计量设备运行、操作、维护管理等知识。总而言之,石油计量工作需要一大批具有一定文化水准、掌握石油计量技术专业技能的从事此项工作。

然而多年来,国内尚缺少全面、系统、实用性较强的石油计量技术方面专业技

术书籍,满足不了广大石油计量工作者继续学习、提高的迫切要求,不利于石油计量队伍整体技术素质的进一步提高,难以适应日益扩大的石油商业贸易形势发展的需要。面对这种紧迫的形势,为了促进我国石油计量技术发展进步的责任感、使命感,驱使我们拿起笔来,历经几度春秋的准备与努力,终于使《石油计量技术基础》一书与读者见面了。如果这本书能成为我国蓬勃发展的、滚滚向前的石油工业激流中的一朵浪花,那将是编者心中的最大欣慰。

本书编辑过程中得到中国石油天然气管道分公司高庭禹、张明和东北输油管理局王平、王大勇等同志热情关怀和积极支持,在此表示衷心感谢。尤其是张明同志不仅在本书的编辑过程中给予极大的支持,而且在整个组织、联系出版过程中做了大量基础工作。

另外,书在编辑过程中一直受到中国石油天然气股份有限公司石油天然气和管道公司、炼油与销售分公司、勘探与生产分公司、质量安全环保部、中油计量测试所有关部门领导的关心和支持;得到了中国石化股份有限公司管道储运公司运销处、新乡输油公司,中华人民共和国大连大窑湾出入境检验检疫局戴兴堂、大连石化公司刘学亭及计量处、锦州石化公司计量处吴德贵及管道公司大连、输油管理处丹东输油处董仁清等单位、同志的配合与支持,在此一并表示感谢。

另外,参加本书校核的同志有张明、梁宪玉、刘凤权、曲升华、石云山和潘丕武,主校核由潘丕武担任。

由于编者理论根基、专业知识范围和实践经验均有一定局限性,书中难免出现种种错误、遗漏和不足,诚请广大同仁予以指正,我们将不胜感激。



2000年10月20日于沈阳

目 次

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	(12)
第五节 计量、测量、测试、检定和量值传递	(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 计量误差与数据处理	(29)
第一节 计量误差的定义及研究误差的意义	(29)
第二节 计量误差的来源与分类	(31)
第三节 误差的综合与数据处理	(47)

第二篇 石油静态计量

第一章 石油基本知识	(55)
第一节 石油在国民经济和国防上的作用	(55)
第二节 石油的化学组成及物理性质	(56)
第三节 石油及液体石油产品的特性	(62)
第四节 石油及液体石油产品分类及主要质量指标	(64)
第二章 我国石油静态计量方式、方法的演变过程	(78)
第一节 新中国成立(1949年)前的计量方式、方法	(78)
第二节 20世纪50~90年代我国的石油计量方式、方法	(85)
第三节 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	(105)
第三章 石油静态计量器具	(111)
第一节 计量罐的种类及优缺点	(111)
第二节 油船	(121)
第三节 衡器	(124)

第四章 石油静态计量操作技术	(141)
第一节 名词、术语	(143)
第二节 立式金属油罐.....	(144)
第三节 铁路罐车(亦称槽车).....	(154)
第四节 油驳、油轮船舱	(163)
第五节 衡器称量.....	(169)
第五章 石油静态计量的油量计算	(173)
第一节 石油及液体石油产品油量计算基本方法.....	(173)
第二节 立式金属罐油量交接油量计算.....	(176)
第三节 卧式罐油品交接油量计算.....	(184)
第四节 铁路罐车油量计算.....	(188)
第五节 油驳、油轮船舱油量计算	(198)
第六章 石油静态计量误差产生原因及其分析	(207)
第一节 立式金属罐计量误差及原因.....	(207)
第二节 铁路罐车计量误差及原因.....	(224)
第三节 油轮、油驳计量误差及分析	(231)
第四节 衡器计重误差及调修.....	(237)
第七章 石油静态计量器具的正确使用与维护保养	(257)
第一节 立式金属计量油罐.....	(257)
第二节 铁路罐车修、管、用原则及措施.....	(259)
第三节 计重衡器的维护保养及使用.....	(262)

第三篇 石油动态计量

绪言	(271)
第一章 动态计量基础知识	(273)
第一节 一般术语.....	(273)
第二节 石油动态计量方式及流量计主要技术指标.....	(277)
第三节 流量计的选型、安装、使用与维护的一般原则.....	(279)
第四节 液体流量测量系统.....	(284)
第五节 流量计的特性.....	(286)
第二章 石油动态计量常用器具种类及优缺点	(299)
第一节 刮板流量计.....	(299)
第二节 腰轮流量计.....	(306)
第三节 涡轮流量计.....	(316)
第四节 质量流量计.....	(324)
第五节 燃油加油机.....	(345)
第三章 流量计的附属设备	(375)
第一节 过滤器.....	(375)
第二节 消气器.....	(378)

第三节	定量阀·····	(381)
第四节	整流器·····	(385)
第五节	容差调整器·····	(387)
第六节	流量计计数器(表头)·····	(397)
第四章	石油动态计量油量计算 ·····	(410)
第一节	液化石油气、稳定轻烃·····	(410)
第二节	原油·····	(413)
第三节	液体石油产品·····	(420)
第五章	动态计量的误差因素及分析 ·····	(424)
第一节	粘度因素·····	(424)
第二节	压力损失因素·····	(425)
第三节	温度因素·····	(427)
第四节	压力·····	(430)
第五节	误差因素分析的具体应用·····	(433)
第六章	流量计检定 ·····	(438)
第一节	流量计检定目的、条件及设备·····	(438)
第二节	检定项目和方法·····	(446)
第三节	标准体积管对流量计进行实液检定的具体操作·····	(452)
第四节	确定石油质量计量系统精度的方法·····	(464)
第五节	质量流量计检定·····	(468)
第六节	质量流量标准装置介绍·····	(474)
第七节	燃油加油机的检定·····	(481)
第七章	标准体积管流量标准装置 ·····	(496)
第一节	标准体积管的现状与回顾·····	(496)
第二节	标准体积管基本构造和工作原理·····	(499)
第三节	标准体积管基本部分的结构设计·····	(502)
第四节	标准体积管的性能测试·····	(520)
第五节	标准体积管的安装与维修·····	(524)
第六节	标准体积管的检定·····	(526)
第七节	标准体积管的误差来源及分析·····	(534)

第四篇 石油及液体石油产品品质检验与分析

绪言 ·····	(549)	
第一章 化验分析基础知识 ·····	(550)	
第一节	玻璃仪器使用、保管与洗涤·····	(550)
第二节	化验室常用的电热设备及电动设备·····	(558)
第三节	天平·····	(567)
第四节	化验分析误差及数据处理·····	(582)
第五节	化验室管理及安全防护知识·····	(589)

第二章 油品试样的采取	(594)
第一节 采样.....	(594)
第二节 国内取样标准.....	(595)
第三节 国外取样标准介绍.....	(607)
第三章 石油及液体石油产品(简称油品)的脱水及水分测定	(622)
第一节 油品中水分存在的状态、来源及危害.....	(622)
第二节 油品脱水方法.....	(624)
第三节 原油和重质石油产品水和沉淀物测定.....	(625)
第四节 石油产品水分测定法(蒸馏法).....	(643)
第四章 油品密度测定	(646)
第一节 密度定义及单位.....	(646)
第二节 密度的测定.....	(654)
第三节 油品的密度测定.....	(672)
第五章 油品温度测量	(701)
第一节 温度计量学发展史及温度测量的作用.....	(701)
第二节 温度计种类及主要特点.....	(704)
第三节 温度测量及温度计.....	(716)
第四节 油品的温度测量.....	(729)
第六章 油品损耗与降低损耗措施	(744)
第一节 油品损耗形式及各类油罐蒸发损耗特点.....	(744)
第二节 国家对各类油品损耗定额的规定.....	(747)
第三节 油田、炼厂及原油长输管道油品的损耗.....	(750)
第四节 降低油品蒸发损耗的措施.....	(760)
附件	(764)
附件一 国家计委、能源部关于发布《原油、天然气和稳定轻烃销售交接计量管理规定》的通知.....	(764)
附件二 中国石油化工总公司成品油计量管理标准.....	(768)
附件三 石油产品包装、储运及交货验收规则(行业标准 SH0164-92).....	(772)
附件四 液化石油气储运、验收和计量规定(国家标准 GB11174-89).....	(777)
附件五 化学危险物品的储运注意事项.....	(780)
附件六 石油产品的主要理化指标及意义.....	(783)
附件七 各地气象参数表.....	(786)
附件八 风级表.....	(788)
附表	(789)
附表一 输油管道不同管径、米、公里容量表.....	(789)
附表二 长度换算表.....	(790)
附表三 面积换算表.....	(792)
附表四 体积换算表.....	(793)
附表五 质量(重量)换算表.....	(794)
附表六 密度换算表.....	(795)

附表七	压力换算表	(796)
附表八	体积流量换算表	(797)
附表九	动力粘度换算表	(798)
附表十	运动粘度换算表	(799)
附表十一	不同温标间的换算关系表	(799)
附表十二	不同温标绝对零点、水冰点、水三相点及水沸点表	(799)
附表十三	石油产品重量与体积换算系数表	(799)
附表十四	各国及地区原油密度及吨、桶换算表	(800)
附表十五	我国陆上原油的一般性质	(801)
附表十六	我国海上原油的一般性质	(802)
附表十七	主要进口原油的一般性质	(803)
附表十八	波美度、API度;不同温标密度,相对密度换算公式	(804)
附表十九	我国沿海、沿江(长江)运距表	(804)
参考文献及资料		(805)

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、保证测量统一和准确的科学。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开,即第二次大分工。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 15.78cm,另一支长为 15.80cm,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 珠。

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功于秦始皇。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