

石油企业

计量基础

隋新华/著



中国计量出版社

CHINA METROLOGY PUBLISHING HOUSE

石油企业计量基础

隋新华 著

中国计量出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

石油企业计量基础 / 隋新华著. —北京: 中国计量出版社, 2006. 7

ISBN 978-7-5026-2198-8

I. 石… II. 隋… III. 石油工业—石油工业企业管理—计量学 IV. F407.226.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 095506 号

内 容 提 要

本书内容主要包括计量学的分类、发展简史以及计量的特点和作用、计量法律法规、石油企业有关计量管理的规定、国际单位制、法定计量单位及其使用方法、数和量的表示、油田常用计量单位及换算、数值运算和修约规则、误差和误差处理、测量不确定度的评定、计量标准与计量检定、计量认证知识、计量人员管理以及石油行业相关的管理规定以及部分石油专用的相关国家标准等企业计量管理基础。

本书可作为石油企业从事计量管理、计量检定校准、计量操作等人员的计量基础知识培训教材, 亦可供有关计量科研和工程技术人员、计量测试工作者及相关专业的师生参考。

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.zgji.com.cn>

东营市东营区华光印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

*

890 mm×1240 mm 16 开本 印张 20.25 字数 542 千字

2007 年 4 月第 1 版 2007 年 4 月第 1 次印刷

*

印数 1—3 000 定价: 32.00 元

序

工业企业的计量管理是企业生产和经营管理的重要技术基础，也是提高企业素质、提高产品质量、降低消耗、提高经济效益、促进技术进步和管理现代化的重要保证。随着我国加入 WTO 和国有经济体制改革的不断深入，计量在提高产品质量、加强内部经营管理、促进企业降本增效、开拓外部市场等方面发挥了重要的技术基础作用，特别是在石油企业“科技兴油”和“数字化”油田建设，以及油气生产、贸易及关联交易中发挥了重要的技术保障作用。计量人员在油田的勘探开发、科研创新领域，承担着计量标准溯源、测试和检测技术服务工作，其业务素质以及对计量知识和法律法规等的理解程度，直接影响计量检测数据的真实性和可靠性。因此，《中华人民共和国计量法》和企业计量管理制度中明确规定了计量人员必须经培训考核合格后持证上岗。近年来，石油企业的计量管理已逐步正规，初步解决了计量人员持证上岗的问题，但随着计量技术的不断进步及石油工业的不断发展，对计量人员培训也提出了更高的要求。而且在以往对计量人员的培训考核工作中，发现存在着教材不统一、不规范，缺乏针对性等问题。

作者长期从事石油计量检测技术和管理工作，有丰富的现场计量工作经验，对计量工作有较深的理解。为了进一步提高石油企业计量检测水平，改进其计量人员的培训考核工作，规范培训内容，提高培训效率，使学员更有针对性地学习计量基础知识，真正体现学有所用，根据《中华人民共和国计量法》、《中华人民共和国计量法实施细则》及有关法规、规章、标

准对计量人员的要求，紧密结合石油企业计量工作实际，编写了这本《石油企业计量基础》，作为计量人员计量知识培训的专门教材。

本教材内容主要涉及计量学、计量法律法规、计量单位、误差理论有效数字及舍入规则、计量标准、计量管理等方面的基本知识，同时还包括石油行业相关的管理规定以及石油专用计量器具的国家标准。根据每一章的内容，都有一定数量的思考题，供学员思考和复习，具有很好的使用价值，希望石油企业基层计量人员从中得到多的教育和更新的知识，希望本书对于提高石油计量人员业务素质，规范计量行为，提高计量检测水平发挥有效作用。

最后，祝石油企业计量工作更上一层楼。

童光球

2007年1月15日

前 言

计量贯穿于石油勘探、开发、加工、储运的全过程，是石油工业一项重要的生产技术活动。随着现代工业和科技的发展，计量在企业中的作用越来越重要，计量与材料和工艺共同构成了现代工业的三大支柱。

计量的目的是保障计量单位制的统一和量值的准确可靠，以利于生产、贸易和科学技术的发展。计量工作包括了计量技术和计量管理两方面内容，由于种种原因，人们相对重视计量技术的进步和发展，较为忽视计量管理，特别是计量基础性的工作。计量人员除需掌握相应的专业计量知识外，对计量基础知识的需求更加急切。

为做好计量人员的基础知识培训，笔者结合石油企业的工作实际，总结长期工作经验，编写了这本计量基础知识方面的书籍，供石油企业计量人员培训和计量管理工作人员参考。

本书共分十一章，除包括计量学的分类、发展简史以及计量的特点和作用、计量法律法规、法定计量单位、数和量的表示、误差和误差处理、测量不确定度的评定、计量标准与计量检定、计量认证知识、计量人员管理和企业计量管理方法等内容外，还针对石油企业特点，对计量器具选型、石油专用计量器具的管理、石油计量基础知识做了介绍，力求做到深入浅出，通俗易懂，望能使每一位走上新岗位的计量人员了解自己的职业，更希望给石油企业的计量管理人员提供有益的帮助。

由于时间有限，本书难免存在一些疏漏和不妥之处，欢迎广大读者和计量工作者提出宝贵意见。

编 者
2006年12月1日

目 录

第一章 计量学的分类及其内容	1
第一节 计量学发展简史.....	1
第二节 计量学分类及其研究的内容.....	7
第三节 计量的特点及其作用和意义.....	11
第二章 计量法律法规	16
第一节 计量法律制度概述.....	16
第二节 《中华人民共和国计量法》内容简介.....	18
第三节 《中华人民共和国计量法》的配套法规.....	19
第四节 部分石油企业计量管理规定简介.....	21
第五节 计量监督.....	28
第六节 计量法律责任.....	30
第三章 法定计量单位与国际单位制	34
第一节 国际单位制.....	34
第二节 法定计量单位.....	40
第三节 中华人民共和国法定计量单位使用方法.....	41
第四节 数和量的表示方法.....	46
第五节 法定计量单位使用中常见的问题.....	48
第六节 石油行业常用计量单位.....	49
第四章 有效数字及舍入规则	57
第一节 有效数字的概念及有效位数的确定.....	57
第二节 数值修约规则 (GB 8170-87)	58
第三节 数值运算规则.....	61
第五章 误差理论概述	63
第一节 测量误差的基本术语及其基本概念.....	63
第二节 测量误差的计算基础.....	73
第三节 随机误差和系统误差.....	80
第四节 测量不确定度的评定与表示.....	84
第六章 量值溯源与计量器具	106
第一节 量值传递与量值溯源.....	106
第二节 计量标准.....	109
第三节 计量器具的范围及特性判定.....	118
第四节 计量器具的检定.....	120

第五节 计量器具使用选型	130
第六节 计量器具的产品管理	134
第七节 石油专用计量器具	145
第七章 测量的质量保证	151
第一节 计量认证的基本概念	151
第二节 实验室认可	153
第三节 计量认证和实验室认可的关系	153
第四节 石油企业实验室计量管理方法	154
第五节 计量检测体系	156
第八章 计量数据管理	157
第一节 计量数据	157
第二节 计量数据的管理方法	159
第三节 企业计量数据认证	164
第四节 企业重点计量数据的确认	166
第五节 计量数据管理案例	168
第九章 计量人员的管理	172
第一节 计量人员的分类	172
第二节 计量人员的素质	172
第三节 计量人员的培训	174
第四节 计量人员的管理	177
第十章 企业计量管理的方法	178
第一节 概述	178
第二节 测量管理体系的建立	182
第三节 企业计量管理的实施	215
第十一章 石油计量基础	246
第一节 石油计量工作的职责	246
第二节 石油基本知识	248
第三节 石油静态计量	257
第四节 石油动态计量	261
第五节 石油及液体石油产品品质检验	264
附录 1 中华人民共和国计量法	269
附录 2 中华人民共和国计量法实施细则	272
附录 3 中华人民共和国依法管理的计量器具目录	278
附录 4 中华人民共和国强制检定的工作计量器具明细目录	281
附录 5 计量标准考核办法	289

附录 6 仲裁检定和计量调解办法.....	292
附录 7 中华人民共和国进口计量器具监督管理办法.....	294
附录 8 关于企业使用的非强检计量器具由企业依法自主管理的通知.....	300
参考文献.....	301

292	.....	去衣鞞斷量卅味宝鉢赫卅 6	录捌
492	.....	去衣鞞管營盪具器量卅口抵国味共另人半中 7	录捌
003	.....	映敵館野營主自去辦业全由具器量卅鉢野非館鼠劫业全干关 8	录捌
103	.....		稿文卷叁

。随着古代度量衡的十进制，单位制也应运而生。只限于三个度量衡制，新制度量衡单位制度量衡制并管特黄田丁即发及，眼相国站炼春——升古国既

0051 才放试玉辰必既容，更斗的既批干黍粟 0E 县斗管管管特黄。既斗的商新出了百清这单量

干等斗的越越基升空管口因，由生汽也县升空内管由县音也出也管管，眼周视众。干黍粟

率既：县友公的率既升空

第一章 计量学的分类及其内容

第一节 计量学发展简史

中《计量学是关于测量的科学，它涵盖了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。计量学的形成和发展与科技的进步、生产的发展密切相关。

计量是实现单位统一、量值准确可靠的活动。凡是以实现计量单位统一和测量准确可靠为目的的科学技术、法制、管理等活动都属于计量的范畴。科技越进步、生产越发展，就越需要计量来推动

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。中国一统皇朝秦，平 155 前示公

二皇朝秦，是在一百多年以前，人类的祖先——猿人，为了加工木棒、打制石器和分吃食物，就萌发

长短、轻重、多少的概念。起初，他们只是靠眼、手等感觉器官进行分辨、估量。而后来，随着人类改造自然的能力的提高，有了剩余食物，就开始了物的交换和“日中为市”。而且也不再满足于像鸟兽那样“构木为巢”、“野居穴处”的居住环境，开始在地面建造窝棚或圆形、方形的巢穴或房屋。

显然，原先那种用眼估量，用手比较的方法由于太粗糙而经常引起争执而逐步被淘汰。由于人类社会生产第一次大分工——畜牧业与农业的分工，以及人类改善生活条件的客观需要，人类社会最早的度量衡脱颖而出。开始，人们自然而然地想到用人体的某一部分作为计量标准，从“布手知尺”、“掬手为升”等粗糙的比较方法过渡到“一根杆子上刻几道线或一根绳子上打几道结”等自然计量标准物。

随着生产力的发展，计量也逐步发展起来。适应社会发展状况的计量工作经历了三个阶段：第一阶段——农业社会，统一度量衡，适合农业社会中农产品和生活用品贸易的需要，测量准确度达到百分之一到千分之一（ 10^{-2} 到 10^{-3} 量级）。第二阶段——工业社会，工业生产中对加工精度提出更高的要求，科学技术工作中对精密仪器提出了需求，测量准确度要达到万分之几到亿分之几（ 10^{-4} 到 10^{-8} 量级）。为适应大规模工业生产提出的要求，将生产过程中要求精密测量，自动化生产要求在线的、快速的测量设备。第三阶段——20世纪，生物医疗、环境保护、国防安全等要求有准确度更高的精密测量仪器。与此同时，计量管理成为各国经济和科技史中一个不可缺少的组成部分。本章以我国长度计量为主线，概要地介绍我国计量管理发展史。由中《量吕》升秦。既悉特谷干

。随着生产力的发展，计量也逐步发展起来。适应社会发展状况的计量工作经历了三个阶段：第一阶段——农业社会，统一度量衡，适合农业社会中农产品和生活用品贸易的需要，测量准确度达到百分之一到千分之一（ 10^{-2} 到 10^{-3} 量级）。第二阶段——工业社会，工业生产中对加工精度提出更高的要求，科学技术工作中对精密仪器提出了需求，测量准确度要达到万分之几到亿分之几（ 10^{-4} 到 10^{-8} 量级）。为适应大规模工业生产提出的要求，将生产过程中要求精密测量，自动化生产要求在线的、快速的测量设备。第三阶段——20世纪，生物医疗、环境保护、国防安全等要求有准确度更高的精密测量仪器。与此同时，计量管理成为各国经济和科技史中一个不可缺少的组成部分。本章以我国长度计量为主线，概要地介绍我国计量管理发展史。由中《量吕》升秦。既悉特谷干

。随着生产力的发展，计量也逐步发展起来。适应社会发展状况的计量工作经历了三个阶段：第一阶段——农业社会，统一度量衡，适合农业社会中农产品和生活用品贸易的需要，测量准确度达到百分之一到千分之一（ 10^{-2} 到 10^{-3} 量级）。第二阶段——工业社会，工业生产中对加工精度提出更高的要求，科学技术工作中对精密仪器提出了需求，测量准确度要达到万分之几到亿分之几（ 10^{-4} 到 10^{-8} 量级）。为适应大规模工业生产提出的要求，将生产过程中要求精密测量，自动化生产要求在线的、快速的测量设备。第三阶段——20世纪，生物医疗、环境保护、国防安全等要求有准确度更高的精密测量仪器。与此同时，计量管理成为各国经济和科技史中一个不可缺少的组成部分。本章以我国长度计量为主线，概要地介绍我国计量管理发展史。由中《量吕》升秦。既悉特谷干

。随着生产力的发展，计量也逐步发展起来。适应社会发展状况的计量工作经历了三个阶段：第一阶段——农业社会，统一度量衡，适合农业社会中农产品和生活用品贸易的需要，测量准确度达到百分之一到千分之一（ 10^{-2} 到 10^{-3} 量级）。第二阶段——工业社会，工业生产中对加工精度提出更高的要求，科学技术工作中对精密仪器提出了需求，测量准确度要达到万分之几到亿分之几（ 10^{-4} 到 10^{-8} 量级）。为适应大规模工业生产提出的要求，将生产过程中要求精密测量，自动化生产要求在线的、快速的测量设备。第三阶段——20世纪，生物医疗、环境保护、国防安全等要求有准确度更高的精密测量仪器。与此同时，计量管理成为各国经济和科技史中一个不可缺少的组成部分。本章以我国长度计量为主线，概要地介绍我国计量管理发展史。由中《量吕》升秦。既悉特谷干

。随着生产力的发展，计量也逐步发展起来。适应社会发展状况的计量工作经历了三个阶段：第一阶段——农业社会，统一度量衡，适合农业社会中农产品和生活用品贸易的需要，测量准确度达到百分之一到千分之一（ 10^{-2} 到 10^{-3} 量级）。第二阶段——工业社会，工业生产中对加工精度提出更高的要求，科学技术工作中对精密仪器提出了需求，测量准确度要达到万分之几到亿分之几（ 10^{-4} 到 10^{-8} 量级）。为适应大规模工业生产提出的要求，将生产过程中要求精密测量，自动化生产要求在线的、快速的测量设备。第三阶段——20世纪，生物医疗、环境保护、国防安全等要求有准确度更高的精密测量仪器。与此同时，计量管理成为各国经济和科技史中一个不可缺少的组成部分。本章以我国长度计量为主线，概要地介绍我国计量管理发展史。由中《量吕》升秦。既悉特谷干

。随着生产力的发展，计量也逐步发展起来。适应社会发展状况的计量工作经历了三个阶段：第一阶段——农业社会，统一度量衡，适合农业社会中农产品和生活用品贸易的需要，测量准确度达到百分之一到千分之一（ 10^{-2} 到 10^{-3} 量级）。第二阶段——工业社会，工业生产中对加工精度提出更高的要求，科学技术工作中对精密仪器提出了需求，测量准确度要达到万分之几到亿分之几（ 10^{-4} 到 10^{-8} 量级）。为适应大规模工业生产提出的要求，将生产过程中要求精密测量，自动化生产要求在线的、快速的测量设备。第三阶段——20世纪，生物医疗、环境保护、国防安全等要求有准确度更高的精密测量仪器。与此同时，计量管理成为各国经济和科技史中一个不可缺少的组成部分。本章以我国长度计量为主线，概要地介绍我国计量管理发展史。由中《量吕》升秦。既悉特谷干

。随着生产力的发展，计量也逐步发展起来。适应社会发展状况的计量工作经历了三个阶段：第一阶段——农业社会，统一度量衡，适合农业社会中农产品和生活用品贸易的需要，测量准确度达到百分之一到千分之一（ 10^{-2} 到 10^{-3} 量级）。第二阶段——工业社会，工业生产中对加工精度提出更高的要求，科学技术工作中对精密仪器提出了需求，测量准确度要达到万分之几到亿分之几（ 10^{-4} 到 10^{-8} 量级）。为适应大规模工业生产提出的要求，将生产过程中要求精密测量，自动化生产要求在线的、快速的测量设备。第三阶段——20世纪，生物医疗、环境保护、国防安全等要求有准确度更高的精密测量仪器。与此同时，计量管理成为各国经济和科技史中一个不可缺少的组成部分。本章以我国长度计量为主线，概要地介绍我国计量管理发展史。由中《量吕》升秦。既悉特谷干

。随着生产力的发展，计量也逐步发展起来。适应社会发展状况的计量工作经历了三个阶段：第一阶段——农业社会，统一度量衡，适合农业社会中农产品和生活用品贸易的需要，测量准确度达到百分之一到千分之一（ 10^{-2} 到 10^{-3} 量级）。第二阶段——工业社会，工业生产中对加工精度提出更高的要求，科学技术工作中对精密仪器提出了需求，测量准确度要达到万分之几到亿分之几（ 10^{-4} 到 10^{-8} 量级）。为适应大规模工业生产提出的要求，将生产过程中要求精密测量，自动化生产要求在线的、快速的测量设备。第三阶段——20世纪，生物医疗、环境保护、国防安全等要求有准确度更高的精密测量仪器。与此同时，计量管理成为各国经济和科技史中一个不可缺少的组成部分。本章以我国长度计量为主线，概要地介绍我国计量管理发展史。由中《量吕》升秦。既悉特谷干

。随着生产力的发展，计量也逐步发展起来。适应社会发展状况的计量工作经历了三个阶段：第一阶段——农业社会，统一度量衡，适合农业社会中农产品和生活用品贸易的需要，测量准确度达到百分之一到千分之一（ 10^{-2} 到 10^{-3} 量级）。第二阶段——工业社会，工业生产中对加工精度提出更高的要求，科学技术工作中对精密仪器提出了需求，测量准确度要达到万分之几到亿分之几（ 10^{-4} 到 10^{-8} 量级）。为适应大规模工业生产提出的要求，将生产过程中要求精密测量，自动化生产要求在线的、快速的测量设备。第三阶段——20世纪，生物医疗、环境保护、国防安全等要求有准确度更高的精密测量仪器。与此同时，计量管理成为各国经济和科技史中一个不可缺少的组成部分。本章以我国长度计量为主线，概要地介绍我国计量管理发展史。由中《量吕》升秦。既悉特谷干

。随着生产力的发展，计量也逐步发展起来。适应社会发展状况的计量工作经历了三个阶段：第一阶段——农业社会，统一度量衡，适合农业社会中农产品和生活用品贸易的需要，测量准确度达到百分之一到千分之一（ 10^{-2} 到 10^{-3} 量级）。第二阶段——工业社会，工业生产中对加工精度提出更高的要求，科学技术工作中对精密仪器提出了需求，测量准确度要达到万分之几到亿分之几（ 10^{-4} 到 10^{-8} 量级）。为适应大规模工业生产提出的要求，将生产过程中要求精密测量，自动化生产要求在线的、快速的测量设备。第三阶段——20世纪，生物医疗、环境保护、国防安全等要求有准确度更高的精密测量仪器。与此同时，计量管理成为各国经济和科技史中一个不可缺少的组成部分。本章以我国长度计量为主线，概要地介绍我国计量管理发展史。由中《量吕》升秦。既悉特谷干

。随着生产力的发展，计量也逐步发展起来。适应社会发展状况的计量工作经历了三个阶段：第一阶段——农业社会，统一度量衡，适合农业社会中农产品和生活用品贸易的需要，测量准确度达到百分之一到千分之一（ 10^{-2} 到 10^{-3} 量级）。第二阶段——工业社会，工业生产中对加工精度提出更高的要求，科学技术工作中对精密仪器提出了需求，测量准确度要达到万分之几到亿分之几（ 10^{-4} 到 10^{-8} 量级）。为适应大规模工业生产提出的要求，将生产过程中要求精密测量，自动化生产要求在线的、快速的测量设备。第三阶段——20世纪，生物医疗、环境保护、国防安全等要求有准确度更高的精密测量仪器。与此同时，计量管理成为各国经济和科技史中一个不可缺少的组成部分。本章以我国长度计量为主线，概要地介绍我国计量管理发展史。由中《量吕》升秦。既悉特谷干

。随着生产力的发展，计量也逐步发展起来。适应社会发展状况的计量工作经历了三个阶段：第一阶段——农业社会，统一度量衡，适合农业社会中农产品和生活用品贸易的需要，测量准确度达到百分之一到千分之一（ 10^{-2} 到 10^{-3} 量级）。第二阶段——工业社会，工业生产中对加工精度提出更高的要求，科学技术工作中对精密仪器提出了需求，测量准确度要达到万分之几到亿分之几（ 10^{-4} 到 10^{-8} 量级）。为适应大规模工业生产提出的要求，将生产过程中要求精密测量，自动化生产要求在线的、快速的测量设备。第三阶段——20世纪，生物医疗、环境保护、国防安全等要求有准确度更高的精密测量仪器。与此同时，计量管理成为各国经济和科技史中一个不可缺少的组成部分。本章以我国长度计量为主线，概要地介绍我国计量管理发展史。由中《量吕》升秦。既悉特谷干

。随着生产力的发展，计量也逐步发展起来。适应社会发展状况的计量工作经历了三个阶段：第一阶段——农业社会，统一度量衡，适合农业社会中农产品和生活用品贸易的需要，测量准确度达到百分之一到千分之一（ 10^{-2} 到 10^{-3} 量级）。第二阶段——工业社会，工业生产中对加工精度提出更高的要求，科学技术工作中对精密仪器提出了需求，测量准确度要达到万分之几到亿分之几（ 10^{-4} 到 10^{-8} 量级）。为适应大规模工业生产提出的要求，将生产过程中要求精密测量，自动化生产要求在线的、快速的测量设备。第三阶段——20世纪，生物医疗、环境保护、国防安全等要求有准确度更高的精密测量仪器。与此同时，计量管理成为各国经济和科技史中一个不可缺少的组成部分。本章以我国长度计量为主线，概要地介绍我国计量管理发展史。由中《量吕》升秦。既悉特谷干

。随着生产力的发展，计量也逐步发展起来。适应社会发展状况的计量工作经历了三个阶段：第一阶段——农业社会，统一度量衡，适合农业社会中农产品和生活用品贸易的需要，测量准确度达到百分之一到千分之一（ 10^{-2} 到 10^{-3} 量级）。第二阶段——工业社会，工业生产中对加工精度提出更高的要求，科学技术工作中对精密仪器提出了需求，测量准确度要达到万分之几到亿分之几（ 10^{-4} 到 10^{-8} 量级）。为适应大规模工业生产提出的要求，将生产过程中要求精密测量，自动化生产要求在线的、快速的测量设备。第三阶段——20世纪，生物医疗、环境保护、国防安全等要求有准确度更高的精密测量仪器。与此同时，计量管理成为各国经济和科技史中一个不可缺少的组成部分。本章以我国长度计量为主线，概要地介绍我国计量管理发展史。由中《量吕》升秦。既悉特谷干

。随着生产力的发展，计量也逐步发展起来。适应社会发展状况的计量工作经历了三个阶段：第一阶段——农业社会，统一度量衡，适合农业社会中农产品和生活用品贸易的需要，测量准确度达到百分之一到千分之一（ 10^{-2} 到 10^{-3} 量级）。第二阶段——工业社会，工业生产中对加工精度提出更高的要求，科学技术工作中对精密仪器提出了需求，测量准确度要达到万分之几到亿分之几（ 10^{-4} 到 10^{-8} 量级）。为适应大规模工业生产提出的要求，将生产过程中要求精密测量，自动化生产要求在线的、快速的测量设备。第三阶段——20世纪，生物医疗、环境保护、国防安全等要求有准确度更高的精密测量仪器。与此同时，计量管理成为各国经济和科技史中一个不可缺少的组成部分。本章以我国长度计量为主线，概要地介绍我国计量管理发展史。由中《量吕》升秦。既悉特谷干

手知尺”在我国长度单位上应用十进制的有力证据。

我国古代——春秋战国时期，还发明了用黄钟律管作为度量衡的单位量值标准，使度量衡三个量值单位都有了比较准确的依据。黄钟律管的管长是 90 颗黍子排列的长度，容积必须正好放下 1200 颗黍子。众所周知，乐管所发出的声音是由管内空气的振动产生的，闭口管空气柱基波的波长等于管长的 4 倍，因此在管径不变时，频率就与管长的 4 倍成反比。闭口管内空气频率的公式是：频率 = 声速/4 (管长 + 5/3 管径)，显然，这样就可以作到“以律定尺，以尺校律”。而黄钟律管的长度为 90 分（一黍之长度为一分），容量为一龠了（即能容纳 1200 颗黍子的容量），而这一龠黍子的重量则为 12 铢（100 颗黍子的重量为一铢）。所以古书上说：“黄钟者信，则度量权衡者得矣。”这就是说只要有一支黄钟律管，就可以同时得到长度、容量和质量三个量的单位量值。《汉书·律历表》中记载了上述史实，国外计量专家、学者对此作过很高的评价：“中国古代早已采用律管作为定长度的标准器，而过了几千年，世界上才提出了采用光的波长作为长度基准的方案。”我国光辉灿烂的古代计量成就是值得引为骄傲的。

公元前 221 年，秦始皇统一中国，颁发了统一度量衡的诏书：“二十六年，皇帝尽并兼天下诸侯，黔首大安，立号为皇帝，乃诏丞相状、绾、法度量则，不壹嫌疑者，皆明壹之。”就是说，秦始皇二十六年时，统一了全国，百姓得到安宁，立皇帝称号，于是命令丞相隗状和王绾，制定度量衡的法令，把不一致的度量衡统一起来。当时的长度 1 尺 ≈ 23.2 厘米，1 升 ≈ 202 毫升，1 斤 ≈ 250 克。这是以国家最高法令形式，在全国推行统一的度量衡制度。

秦朝统一全国度量衡，制作大量的度量衡标准器，颁发各地：

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分皆采用了十进制，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。

秦朝还规定了周期为一年的检定制度。如秦简《工律》中规定，各地使用的度量衡器每年要校正一次，校正时间确定在每年春分、秋分时节，因为这两个时节“昼夜均而寒暑平”，气温对器物的影响较小。秦简《效律》中还详细规定了量器和衡器的允许误差，如斛的允差在 2% 以内，斗、升在 5%~6%，衡器允差在 0.8% 以内，而称黄金的衡器允差要小于 0.13%，如超差则要根据情节轻重给予各种惩罚。秦代《吕览》中也记载“仲秋之月，一度量，平权衡，正钧石，齐斗桶”。秦代度量衡管理制度为我国古代计量管理奠定了一个基础。

汉末王莽时期，制作的新莽铜嘉量被誉为“旷世瑰宝”。它采用“以度审容”的办法，一器包括斛、斗、升、合、龠五量（1 升为 201 毫升），根据嘉量上刻有五个量器的容积铭文，可反推算出新莽时一尺的长度（23.1 厘米），嘉量本身“其重二钧”（60 斤），由此又可得到当时一斤量值为 226.7 克。另一项成就就是发明了活动卡尺，既能测量物体的外径，又能测量凹孔深度，是世界上最早的卡尺。

三国时期，开始出现了用杠杆原理做成的提系杆秤，而且一直沿用至今。

隋唐时，出现大小二制，“大制”为常用度量衡，“小制”则用来“调钟律，测晷景，合汤药，及冠冕之制”（《座六典》）。大尺一尺为小尺一尺二寸，大升一升为小升三升，大斤一斤为小斤三斤。根据公元 653 年颁布的《唐律疏议》，国家度量衡事务由大府寺管理，每年八月检定度量衡器，凡执行检定人员不按规定检定者，私自制作不合规定的度量衡器在市场使用者，使用度量衡器称量出入官府的财务不平者，或使用量值准确的度量衡器但未加盖官印者，都要处以杖刑，分别打 40~70 杖，监校者没有发觉或知情不报者也要治罪。

宋代出现了称量小、分度精、称量准确的戥秤。大府寺建造度量衡器，供官府和民间使用，每

次改变年号都要盖一次印章，并一再中令禁止民间私造度量衡器，但有些地方官吏如南京宁国府却自制地方量器有 4 种，均比国家规定的标准量器加大 30%~80%，通过使用这些大斛大斗，一年多征农民地租粮食 29.9 万石之多。

明朝洪武元年（公元 1368 年），明太祖朱元璋下令铸造铁斛、斗、升。“降其式于天下”，第二年，司农司根据中央颁布的标准样式制造铁斗、铁升转发各省，再由各省、府、州逐级依样制造，校正合格，印烙后颁发使用。民间和商行所使用的度量衡器，需经官府校验合格印烙后才准使用。禁止私人制造度量衡器，私造者“依法问罪”，知而不揭发者，“事发一体究问”，以保证度量衡量值的一致。管理上也更加严格，京城兵马司和管市司，每三日检查校正一次街市上的度量衡器具，其他地方，则由工部发给标准尺、斗、称挂于街市上供官民较量使用。据统计，明朝从洪武元年到嘉靖十五年近两百年中，共颁布有关度量衡法令十七次。

清朝前期，康熙亲自“累黍定尺”制作了营造尺，又以营造尺尺度导出容量标准“灌斛”，营造尺的立方寸金属重量为衡重基准“库平”，“赤金每立方寸重十六两八钱”（37 克），确定了一套完备的度量衡制度，主要用于营造和国库收支，故又称为“营造尺库平两制”。清朝的度量衡管理也是相当严格的。它规定：“官吏将自己保管的度量衡器私自改铸，受笞刑一百，代铸之工匠亦受笞刑八十，监督官吏知情不举，与犯者同罪，但死罪减一等；民间私造、私用不合格的度量衡器受笞刑六十；私用未经官府校正烙印的度量衡器，虽大小轻重与规定相等，亦受笞刑四十；各衙门制造度量衡器，若不按法定形式，主管官吏与工匠亦受笞刑七十，监督官吏知情同罪，不知罪减一等。”

我国古代把砝码称为“权”或“权度”，至今我们还可以在故宫太和殿看到殿前的一侧设有日晷，另一侧置有嘉量，它们是计量时间和容量的器具，表示用国家权力统一历法和度量衡。这些都说明计量制度是国家权力和统一的象征。

纵观我国古代计量管理史，我们可以看到：①我国古代计量管理史基本是度量衡管理史，这与我国古代经济发展缓慢，社会生产水平较低是相一致的。但是计量管理上我国也曾一度走在世界各国的前面，在世界计量史上留下光辉的篇章。②古代度量衡量值的不断增加，是与历代地主阶级的统治和剥削分不开的，这也说明计量管理处政治和经济体制的严格制约之下，它不可能独自向前发展；③我国计量管理历来是强调全国统一，尽管统治阶级言行不一，但总体上是以严格的法制管理和行政管理为主，保证全国度量衡制度统一的。

1.2 近代计量管理

封建社会崩溃，开始了资本主义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。

1790 年，法国资产阶级的社会革命和工业革命，推动了社会生产力和自然科学的发展。其中牛顿力学和热力学理论的建立使力学计量和温度计量获得很快的发展。机械工业的兴起和发展，促使长度计量（几何量）技术迅速发展，欧姆定律、法拉第电磁感应定律和麦克斯韦电磁波理论的创立，开始了电磁计量，从而使西欧各国的计量技术和计量管理很快走到了世界各国的前列。

首先，由法国天文学家穆顿和威日根提出新的十进计量制度和建立以自然物为计量单位的设想。1775 年法国国民议会确认“米”的定义为“米为地球子午线的四千万分之一”。

1792 年，法国天文学家德拉布里和麦卡恩领导一支测量队，用整整七年时间，对法国敦刻尔克至西班牙的巴塞罗那之间的地球子午线长度（后又延至地中海的福尔门特拉岛）进行了精确测量，以此确定北极至赤道的子午线长度，再取其一千万分之一作为 1 米。与此同时，拉瓦锡等人也仔细地测量了在温度 4℃ 时 1 立方分米的纯水质量，并定义为 1 千克。

根据上述定义，用铂铱合金制作了米原器和千克原器，于 1799 年 6 月 22 日保存于法国巴黎的共和国档案局里。因此又叫“档案局米”和“档案局千克”。尔后，逐步形成了一个以长度单位“米”

为基础的新的计量单位制，这就是“米制”。

1872年8月，法国召集“国际米制委员会”，决定参照“档案局米”和“档案局千克”，制作一批新原器，分发给参加会议的国家，作为各国的计量基准，但因法俄战争而中断。1875年3月法国又召集“米制外交会议”，5月20日正式签署了“米制公约”，设立了国际计量局（BIPM），用含10%铱的铂铱合金制作了30支米原器，选出一支最接近于“档案局米”尺寸的作为国际米原器，其余则分配给签字国作为这些国家的国家原器，并定期与国际米原器进行比对。1889年召开的第一届国际计量大会（CGPM）批准了国际米原器，宣布这个米原器以后在水冰点温度时代表长度单位一米。

由于米制的构成比较科学，很快就为大部分国家所接受，美国于1893年，英国于1897年，俄国于1899年，日本于1909年相继宣布采用米制。米制传入到中国则是清朝咸丰八年（1858年），由于当时我国已被英、美、法、俄帝国主义国家相继入侵，逐步沦为半殖民地半封建的社会，使我国计量事业的发展受到极大阻碍。光绪三十四年（1908年）因祖器丢失，复制营造尺很困难，清政府令农工商部到法国，请国际计量局制造营造尺的原器和副原器，作为国内营造尺的最高基准。宣统元年（1909年），营造尺的铂铱合金原器和镍铜合金副原器由国际计量局制成并校准发给证书，送到我国；这才使我国的长度标准器有了科学的基准（1营造尺=32厘米）。与此同时，又把库平两的基准也改为“水温4℃时之纯水一立方寸之重”，也请巴黎国际计量局制作了库平两（1两重37.301克）铂铱合金原器和镍铜合金副原器，使库平两也有了科学依据，并与国际计量单位制联系起来。清朝还在农工商部设度量衡局，专门负责新营造尺、库平两制的推行事务，规定官用的从领到新的后三个月内一律采用，商民使用的先从京师、各省会和通商口岸办起，再推行到内地各府、州、县，期限在十年内全部废除旧器改用新器。还规定各省应设度量权衡局，一律停止造卖旧器，以贩卖或修理新器为业者应由地方官呈请农工商部注册给照。同时还对计量器具的种类作了规定：如长度计量器具规定有木直尺、矩尺、折尺、链尺、卷尺五种；砝码每一量值单位四个，按一、二、三、五组成等。根据实用需要增加了台秤。

1915年1月，中华民国北洋政府大总统公布《权度法》，同时决定推行“米制”和“营造尺库平制”两制，把米制叫做乙制，中文名称用“公”冠在旧名上，即公尺、公斤等，作为标准制。而把“营造尺库平两制”称为甲制，作为过渡时期的辅制，把工农商部的度量衡制造所改名为“权度制造所”，负责制造全国所需的标准器，并选定北京市为试点。规定从1917年1月1日起北京开始实行米制，以后依次推行到各商埠和省会，但除了云南、山西省推行得较好以外，其他各省只有开端，没有继续下去，计量制度仍十分混乱。

1927年南京国民党政府成立以后，组织度量衡标准委员会，又召开度量衡会议，研究继续进行米制的推行工作，经多次讨论、研究，决定采用徐善驿、吴承洛两人提出的“采用米制，但在过渡时间采用一、二、三制，即市用制”的方案，所谓“一二三制”是一升等于一市斤，一公斤等于两斤，一米等于三尺。这种市用制，既概略地沿用了营造尺库平制量值，又与米制的量值有简单准确的比例，这样便于当时大多数人接受并直接转换成米制。1928年7月18日，国民党政府按此方案公布了《中华民国权度标准方案》，而后召集度量衡推行委员会，决定分期、分省、分器逐步推行市用制和米制。

1930年10月成立全国度量衡局（1947年改为中央标准局），统一管理全国的度量衡工作，局内设立度量衡检定人员培训所，培养训练检定人员，到各省市举办省市检定所工作，局内还辖一个度量衡制造所，先后制造各种度量衡标准器2000多套，颁发到全国各省、市、县使用。

国民党政府还抓了计量立法工作，先后发布了度量衡法、度量衡法施行细则、全国度量衡局组织条例、度量衡制造所规程、全国度量衡划一程序；废除度量衡旧制器具办法；度量衡器具营业条例及施行细则；度量衡器具检定费征收规程等30多种计量法规。其中具有法律效力的是1929年2月16日命令形式公布的“度量衡法”，共21条，规定从1930年1月1日起施行，其他计量法规都是“度量衡法”的子法。

值得提出的是，国民党政府1935年1月发布的《刑法》中，还专门列有《伪造度量衡罪》一章，

共 4 条（第 206 条到第 209 条）。主要内容是“凡制造违反规定的度量衡器，处一年以下有期徒刑，拘役或处 300 元以下罚金；贩卖违反规定的度量衡器，处六个月以下有期徒刑，拘役或处 300 元以下罚金；使用违反规定的度量衡器，处 300 元以下罚金；凡不合规定的度量衡器一律予以没收”等等。

但是，由于旧中国一直处于各帝国主义的控制之下，使各种度量衡制度混用，如中国铁路、航运权属英美的就用英制，属日本的用日制，属俄国的则用俄制，无法统一起来，严重阻碍了米制的推广工作。虽然国民党政府在 1928 年就决定采用米制，以市制为其过渡时期的辅制，但到 1949 年全国解放时，米制仍未能推行全国，倒是市制在大部分省市和商业中执行起来了，但也不一致，如关内一斤为 16 两，东北则为 10 两。我国近代的计量管理仅局限于度量衡范围，一直落后于世界先进国家。

1.3 现代计量管理

现代物理学的发展，打破了原子是绝对不可分的和永远不变的古老观念，使人们对物质的认识从宏观世界向原子内部微观世界深化，原子核物理学的建立导致电离辐射计量的出现。量子力学和电子学结合，使人类进入第三次技术革命时期，原子能、电子计算机、半导体、激光、宇航等现代科学技术，大大提高了计量测试精度和扩大计量范围，使计量科学进入量子计量学阶段。七个基本计量单位中，大部分实现了用基本物常数定义。保存在 BIPM（巴黎国际计量局）的质量基准千克原器，目前是最后一个仍在使用的实物基准。如何用给定基本物理常数以重新定义质量单位，已成为新世纪计量科技工作者最大的挑战。

计量管理是以计量技术为基础的，现代计量技术的迅猛发展，必然推动计量管理的变革和进步。

1. 现代计量管理的特点

(1) 现代计量测试方式从原来单纯的单项测试逐步扩展为系统的综合检测，有时还配有数据采集和处理分析系统。计量管理从原来计量器具的管理发展到对计量数据的管理和对测量系统的质量保证管理。因此，在管理上要把计量测试作为一项系统工程，按照系统工程的理论和方法进行计量管理。

(2) 现代计量测试的方法从原来单纯的静态计量改变为动态检测。因此，计量管理也要实行现场的动态监控。如提高原油流量在线计量技术，有利于原油交接计量更加公平合理。

(3) 计量单位的量值传递要从原来的逐级逐项自上而下量值传递改为量值传递与自下而上的量值溯源相结合。如采用信号发布、发放标准物质、颁发标准单位和标准数据，直接比对校正。直接把计量基准、标准应用于高技术生产测量等。美国“计量保证方案（MAP）”正是对原逐级传递量值方式的改革和创新。我国也已将稳频激光器输出的标准波长用于检测和控制高精度丝杆的生产。因此，相应的计量管理也要进行改进和创新。

(4) 现代计量管理的对象要从计量器具扩展到计控装置即计量仪表与设备装置的一体化，从计量器具的量值准确延伸到测量数值即计量数据大案正确。这就要求现代计量管理办法和设备管理紧密结合。

(5) 现代计量管理的内容要从计量量值大案准确统一扩展到测量过程大案控制，只有使测量过程中的人（检测人员）、机（计量器具）、法（检定和测量方法）、环（测试环境条件）、文件资料（检定规程、校准方法及计算机软件）都处受控状态，才能确保量值的准确、可靠。2003 年，国际标准化组织在总结世界各国先进计量管理理论和实践的基础上，制定了新的国际标准 ISO 10012: 2003《测量管理体系 测量过程和测量设备的要求》，我国及时将其转换为新的国家标准 GB/T 19022-2003/ ISO 10012: 2003《测量管理体系 测量过程和测量设备的要求》，对进一步规范企业计量管理具有重要的指导作用。

国家计量部门正在设计与建立我国计量管理信息系统，研制成功了标准物质数据库，制定“计量检定与计量信息计算机系统应用软件开发和管理、技术规范”、“国家计量信息分类与代码”、“计量器具的分类与编码”等基础标准，从而为我国计量管理现代化打下前进的基础。

2. 我国计量管理的成就

我国建国 50 多年来,我国计量管理工作取得了很大成绩,突出体现在以下八个方面:

(1) 在全国范围内实现了计量制度的统一。

目前,除了少数行业残存了极少量英制、人民日常生活中还暂时保留使用市制外,SI 制为基础的法定计量单位已广泛使用在工农业生产与科学研究、文化教育出版界等。晚清民国时期那种因外国列强入侵而在计量制度上产生混乱状况已不复存在了。

(2) 基本形成了全国计量管理网和量值传递网,为统一量值、保证计量准确一致奠定了基础。

至今,我国基本上自上而下建立了各级计量管理机构网络,县级以上各级政府计量管理机构和技术机构已基本建立起来;成千上万的企业建立了统管本企业计量工作的计量管理机构和计量技术机构。此外还建立了国家轨道衡、高电压、大容量等专业计量站,据 2004 年统计,县级以上政府计量部门工作人员已有 13 万多人,厂矿企业计量人员总数约 35 万人左右,为加强全国计量管理提供了组织保证。

计量基准标准早已突破度量衡的框框,至今已建立 178 项国民经济和国防建设、科学技术研究所需的国家计量基准、标准,初步形成了长度、热工、力学、电磁、时间频率、无线电、电离辐射、光学、声学及物理化学等十大类计量量值传递系统,其中 3 项计量基准居世界领先地位 20 多项计量基准进入世界先进行列。如中国计量科学研究院张钟华院士负责量子化霍尔效应建立国家电阻标准,他带领的研究组研制的低温电流比较仪的不确定度达到 10^{-10} 量级,属世界第一。据统计,各级政府计量部门,每年为社会检定各种计量标准器和计量器具几千万件,为统一全国量值、保证计量准确一致作出了贡献。

(3) 加强了计量器具产品的投生产和生产过程中的质量监督管理。

首先是对生产计量器具的企业进行开业审查,只有经过有关政府计量管理部门审查批准后,方能向工商行政管理局部门办理其营业执照。已在生产的计量器具产品(如水表、电度表、衡器等)也要认真审核发放生产许可证后方可生产。

其次是对计量器具新产品的定型试验和投产鉴定进行监督管理,从产品质量性能、企业生产和检验条件、检验人员的水平和设备条件等各方面认真至按规定审查,鉴定合格取得制造计量器具许可证后才能生产。

第三是对计量器具产品严格实施国家检定和质量抽查制度,检定不合格者,不准出厂,不准销售。

(4) 加强了对使用中计量器具的管制。

保证在用计量器具的准确可靠,是保证产品质量和公平交易,保证安全生产和人民利益一项十分重要的管理工作。特别是近几年,加强了强制检定计量器具、用能计量器具的管理,有效地促进了企业计量工作,维护了广大人民群众的根本利益。

(5) 基本形成了适社会主义市场经济发展的计量法规体系。

1985 年 9 月,我国颁布了《中华人民共和国计量法》,使我国计量法规体系有了基本法,而后,国务院计量行政部门又先后发布了一系列计量行政法规和规章,各省(市、自治区)也先后制定发布了适应本地区计量管理的地方计量行政法规和规章,现已基本形成一个较完善的计量法规体系,将使我国的计量管理纳入法制轨道,管理得更加科学、有效。

(6) 制定颁发了各种计量检定系统表和计量器具检定规程。

至 2006 年 12 月 31 日,我国计量行政部门组织各部门、各地区起草和颁发了大量国家技术法规,现行有效的包括 93 个国家计量检定系统表、848 个计量检定规程和 158 个国家计量技术规范等。石油、机械、电子各部门和各地区、各企业还起草和颁发了各项专用计量器具的检定规程或校准方法。这些技术规范对计量器具的检定方法、检定工具、环境条件、检定项目及数据处理作出了科学的规定,为作好计量工作提供了必不可少的技术保证。

(7) 广泛开展了计量继续教育培训与计量人才的学历教育,形成一支宏大的计量人才队伍。

为提高全国广大计量人员的业务技术水平,从中央到地方计量部门、各级计量测试机构,每年

都定期举办各类的计量技术培训班，召开计量技术交流会，对计量人员进行教育培训和技术交流。

近几年来，国家计量行政部门和各地各部门计量管理部门又认真开展了计量人员的技术考核和发证工作，有力地促进了计量人员学业务、学技术的自觉性与积极性，也保证了计量检定和修理工作质量。

1985年建立中国计量学院，现已成为我国培养高级计量科技与管理人才的高等学府，吉林、山东、河北、四川、广西等省（区）设立了计量（技术监督）中等专业学校，使我国计量人才的培养有了可靠保证。

(8) 建立和发展了与国外的计量工作联系与交流。

早在20世纪50年代，我国就参加了以东欧国家为主体的国际计量技术组织——国际计量技术联合会，1977年加入了米制公约组织，1980年加入亚太地区计量规划组织。1985年又加入了国际法制计量组织，我国与国际米制公约组织及其常设机构——国际计量局、国际法制计量组织(OIML)及世界各国计量机构交往日益频繁，学术交流逐步增加，并从中央发展到省、市、自治区一级。这些活动，使我国计量管理纳入国际计量管理领域之中，并能经常吸取国外先进计量管理局经验，促进和改进我国计量管理。

虽然我国计量管理已取得辉煌的成绩，但是还应看到，我国计量管理上还有量值传递方式陈旧、管理手段落后等差距，迫使我们从管理手段、管理方法等各方面进行较大的改革，以尽快提高我国计量管理效率和计量管理水平。钱学森同志说“计量管理是一项系统工程”。我们应该将系统工程等现代管理科学技术融入到计量管理中去，在贯彻实施《中华人民共和国计量法》的同时，创建一门崭新的计量管理学理论，以适应我国当代计量事业的发展需要，使我国当代计量管理尽快全面地进入现代化轨道。

第二节 计量学分类及其研究的内容

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。

2.1 按学科分类

2.1.1 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）、计量误差与数据处理、计量器具的基本特性等。

2.1.2 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。

2.1.3 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。

2.1.4 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、计量误差理论、计量信息论等。

2.1.5 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。