

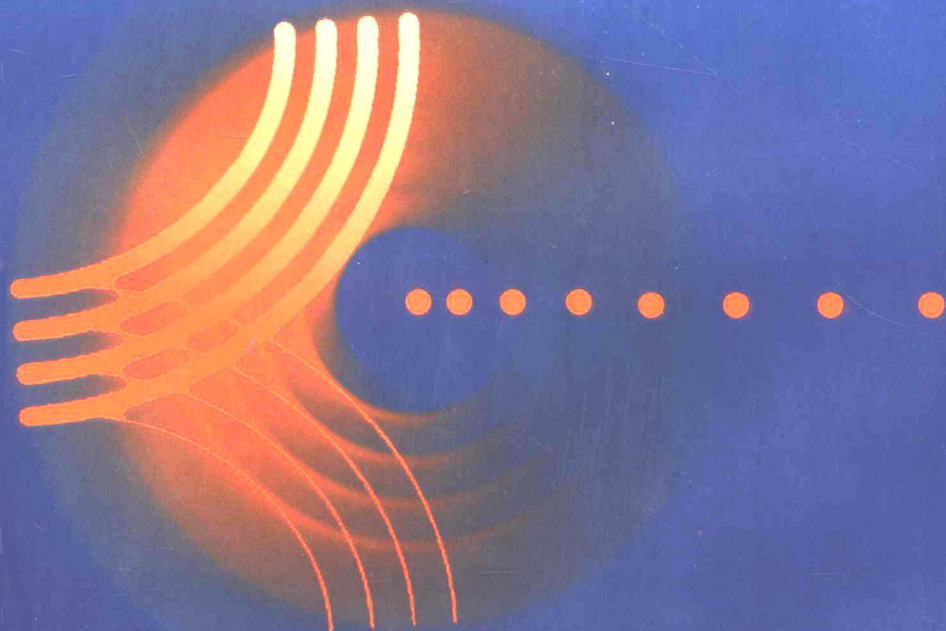
12

计量检测人员培训教材

化学计量

国家质量监督检验检疫总局计量司 组编

艾明泽 肖哲 主编



中国计量出版社
CHINA METROLOGY PUBLISHING HOUSE



计量检测人员培训教材

第 12 分册

化学计量

国家质量监督检验检疫总局计量司 组编

艾明泽 肖 哲 主编

中国计量出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

化学计量/艾明泽, 肖哲主编. —北京: 中国计量出版社, 2007. 4

计量检测人员培训教材

ISBN 978-7-5026-2226-8

I. 化… II. 艾… III. 化学计量学—技术培训—教学大纲 IV. 06-04

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 120164 号

内 容 提 要

本书从加强基础理论出发, 重点阐述常用化学计量仪器的基本原理、仪器基本结构、分析方法、计量性能评价等相关内容, 使化学计量检测人员从整体上认识化学计量仪器的本质, 加深对化学计量仪器的进一步认识。

全书共分十九章, 主要包括化学计量技术基本知识、标准物质、仪器分析等几部分内容。目前, 仪器分析方法的种类繁多, 本书将其总结为光学分析法、电化学分析法、分离 (色谱) 分析法、热重分析法及其他分析法几大类, 并对其中最为常见的具体方法进行了讲解。

本书可作为相关专业计量检测人员的培训教材, 也可供各大专院校计量专业师生以及计量工程技术人员参考使用。

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 26.75 字数 627 千字

2007 年 4 月第 1 版 2007 年 4 月第 1 次印刷

*

印数 1—2 000 定价 (平装): 68.00 元

总 序

计量是关于测量的科学,是实现单位统一、量值准确可靠的活动。通过计量获得的测量结果是人们认识自然、利用自然和改造自然的重要信息工具。实际上,计量已渗透到各行各业,成为支持经济社会有序运行和可持续发展的必要条件,也是推动科技创新、提高综合国力、实现国民经济又好又快发展的重要手段。

21 世纪头 20 年是我国经济社会发展的重要战略机遇期。对计量工作而言,既有难得的发展机遇,也面临着巨大的挑战和考验。科学技术的迅猛发展,对作为技术创新基础的检测技术和计量保证能力产生了巨大的需求;经济结构的战略性调整和技术创新能力的明显增强,对现有的计量基标准和量值传递、量值溯源体系提出了一系列新的要求。目前,计量检测工作的内容和运作方式发生了较大的变化,计量仪器、测量手段、检测技术有了很大进步,出现了很多新型的、多参数的、多功能的测量设备和仪器;国家计量检定规程和国家计量技术规范有许多进行了修订;计量检测人员新老交替,国家对从事计量检定、校准、检验、测试等计量技术工作的专业技术人员已实行注册计量师制度。

为了加强计量专业技术人员的培训,提高计量专业技术人员素质,推动注册计量师制度的实施,我们组织有关专家编写了《计量检测人员培训教材》。这套教材涵盖了长度、热工、力学、电磁、电子学、时间频率、光学、电离辐射、声学、化学等十大计量,并介绍了计量管理和计量技术基础知识,内容丰富,知识新颖。我相信,《计量检测人员培训教材》的编撰和出版,对提高计量专业技术人员的素质,推动注册计量师制度的实施,必将起到积极的作用。

国家质量监督检验检疫总局副局长

2007 年 4 月

《计量检测人员培训教材》编审委员会

主 任：宣 湘

副 主 任：童光球 刘新民 宋 伟 马纯良

委 员：（按姓氏笔画排序）

马凤鸣	马肃林	于 靖	王建平	王顺安
邓媛芳	刘国普	艾明泽	邵 力	陈 红
陆志方	陆祖良	张益群	周伦彬	钟新明
郭洪涛	黄 涛	程新选	蔡新泉	薛润秋

第 12 分册 《化学计量》

主 审：黄 涛

主 编：艾明泽 肖 哲

副 主 编：金龙俊 张曦弘 李 伟 赵 琳

委 员：艾明泽 张曦弘 肖 哲 唐 静

金龙俊 李 伟 赵 琳 宋 洁

李晓韬 孙 威

计量检测人员培训教材

- | | |
|---------|----------|
| 第 1 分册 | 《计量管理基础》 |
| 第 2 分册 | 《计量技术基础》 |
| 第 3 分册 | 《长度计量》 |
| 第 4 分册 | 《温度计量》 |
| 第 5 分册 | 《力学计量》 |
| 第 6 分册 | 《电磁计量》 |
| 第 7 分册 | 《无线电计量》 |
| 第 8 分册 | 《光学计量》 |
| 第 9 分册 | 《电离辐射计量》 |
| 第 10 分册 | 《声学计量》 |
| 第 11 分册 | 《时间频率计量》 |
| 第 12 分册 | 《化学计量》 |

前 言

开展化学计量仪器的检定和校准,保证量值准确、一致,是化学计量工作的重要任务之一,其主要技术依据是国家计量检定规程和校准规范。化学计量仪器种类繁多,目前已颁布的有关化学计量方面的国家计量检定规程有120多个。为使化学计量检测人员了解和掌握化学计量仪器知识,本书将化学计量仪器按其原理、结构、分析方法、分析对象等进行归类综述。常用化学计量仪器基本上可分为光学分析仪、电化学分析仪、色谱分析仪、质谱分析仪、气体分析仪、热重分析仪及其他类分析仪等。化学计量检测人员应该全面理解化学计量仪器的原理、结构、方法和应用,这样才能更好地了解 and 掌握化学计量仪器的计量性能,并对其进行计量性能评价。

本书从加强基础理论出发,重点阐述常用化学计量仪器的基本原理、仪器基本结构、分析方法、计量性能评价等相关内容,使化学计量检测人员从整体上认识化学计量仪器的本质,加深对化学计量仪器的进一步认识。在编写过程中,力争内容全面、通俗易懂,既能反映化学计量技术发展的最新水平,又能满足广大化学计量检测人员的实际需要。

本书编写过程中,参考了国内外出版的一些教材、著作及仪器厂家的说明书,在此向有关作者表示衷心感谢。同时得到辽宁省计量科学研究院领导及有关专家的支持和帮助,得到中国计量出版社的具体指导,在此深表感谢。

由于编者水平有限,本书缺点和错误在所难免,恳切希望读者批评指正。

编者

2007年4月

目 录

第一章 化学计量	(1)
第一节 概述	(1)
第二节 化学计量分类	(2)
第三节 量值溯源和传递	(2)
第四节 化学计量仪器	(3)
第五节 化学计量发展趋势	(8)
第二章 标准物质	(9)
第一节 概述	(9)
第二节 标准物质的定义与分级	(9)
一、标准物质的定义	(9)
二、标准物质的分级	(10)
第三节 标准物质的特征与分类	(10)
一、标准物质的特征	(10)
二、标准物质的分类	(11)
第四节 标准物质质量值溯源和传递	(11)
第五节 标准物质发展趋势	(12)
第三章 仪器分析	(14)
第一节 概述	(14)
第二节 仪器分析分类	(15)
第三节 分析仪器组成	(16)
第四节 分析仪器量值溯源和传递	(17)
第五节 仪器分析发展趋势	(18)
第四章 紫外—可见吸收光谱分析法	(19)
第一节 概述	(19)
第二节 基本原理	(20)
一、分子光谱	(20)

二、光的选择吸收与物质颜色的关系	(21)
三、辐射(光)的吸收定律	(21)
四、偏离朗伯—比耳定律的因素	(22)
第三节 紫外—可见吸收光谱仪分类	(23)
一、紫外—可见吸收光谱仪的基本结构	(23)
二、紫外—可见吸收光谱仪的分类	(24)
三、紫外—可见吸收光谱仪的计量性能评价	(28)
第四节 VITALAB21 型半自动生化分析仪	(31)
一、仪器结构及原理	(31)
二、仪器操作方法及计量性能评价	(33)
第五节 721 分光光度计	(34)
一、仪器结构及原理	(34)
二、仪器操作方法及计量性能评价	(35)
第六节 722 分光光度计	(37)
一、仪器结构及原理	(37)
二、仪器操作方法及计量性能评价	(38)
第七节 751-G 分光光度计	(39)
一、仪器结构及原理	(39)
二、仪器操作方法及计量性能评价	(40)
第八节 751-GW 分光光度计	(43)
一、仪器结构及原理	(43)
二、仪器操作方法及计量性能评价	(44)
第九节 WFZ800-D2 分光光度计	(44)
一、仪器结构及原理	(44)
二、仪器操作方法及计量性能评价	(45)

第五章 红外吸收光谱分析法

第一节 概述	(48)
第二节 基本原理	(49)
一、双原子分子振动——简谐振子和非简谐振子	(49)
二、多原子分子的简正振动	(51)
三、红外光谱的吸收和强度	(52)
四、多原子分子振动和吸收谱带	(52)
第三节 红外吸收光谱仪分类	(53)
一、红外吸收光谱仪的基本结构	(53)
二、红外吸收光谱仪的分类	(56)

三、红外吸收光谱仪制样技术	(57)
四、红外吸收光谱仪的计量性能评价	(57)
第六章 原子吸收光谱分析法	(59)
第一节 概述	(59)
第二节 基本原理	(60)
一、原子吸收光谱	(60)
二、原子吸收线的形状	(61)
三、原子吸收值与被测原子浓度之间的关系	(62)
四、原子吸收光谱分析法的特点	(63)
第三节 原子吸收光谱仪分类	(63)
一、原子吸收光谱仪的基本结构	(63)
二、原子吸收分光光度计的分类	(67)
三、原子吸收分光光度计的计量性能评价	(69)
第四节 WYX—402 型原子吸收分光光度计	(72)
一、工作原理	(72)
二、光源结构及调整	(73)
三、原子化器及调整	(73)
四、光路系统	(75)
五、仪器的使用方法	(75)
六、仪器的调整	(78)
七、仪器检查	(80)
第七章 原子发射光谱分析法	(81)
第一节 概述	(81)
第二节 基本原理	(82)
一、原子发射光谱	(82)
二、光谱定性分析	(83)
三、光谱定量分析	(84)
第三节 原子发射光谱仪分类	(85)
一、原子发射光谱仪的基本结构	(85)
二、原子发射光谱仪的分类	(87)
三、原子发射光谱仪样品处理技术	(87)
四、原子发射光谱仪的摄谱条件	(88)
五、原子发射光谱仪的计量性能评价	(88)

第八章 X 射线分析法..... (90)

第一节 概述..... (90)

第二节 基本原理..... (91)

一、X 射线基础知识..... (91)

二、X 射线荧光分析基本原理..... (97)

三、X 射线荧光分析的主要特点..... (98)

第三节 X 射线荧光谱仪分类..... (99)

一、X 射线荧光谱仪分类..... (99)

二、X 射线荧光谱仪的分析方法..... (107)

三、样品制备..... (108)

四、X 射线荧光谱仪的计量性能评价..... (110)

第九章 辐射散射分析法..... (112)

第一节 概述..... (112)

第二节 基本原理..... (113)

一、丁铎尔散射..... (113)

二、瑞利散射..... (114)

三、拉曼散射..... (115)

第三节 辐射散射分析仪器分类..... (118)

第四节 浊度仪..... (119)

一、浊度仪的结构及原理..... (119)

二、浊度仪的计量性能评价..... (120)

三、浊度仪的干扰效应及消除方法..... (122)

第五节 光透沉降粒度测定仪..... (123)

一、基本概念..... (123)

二、光透沉降粒度测定仪的结构及原理..... (124)

三、光透沉降粒度测定仪计量性能评价..... (126)

四、光透沉降粒度测定仪的应用..... (127)

第六节 尘埃粒子计数器..... (127)

一、基本概念..... (127)

二、尘埃粒子计数器的结构及原理..... (128)

三、尘埃粒子计数器的计量性能评价..... (128)

第十章 非光谱光学分析法..... (130)

第一节 旋光分析法..... (130)

一、概述..... (130)

二、基本原理	(131)
三、旋光仪分类	(132)
四、旋光仪使用注意事项	(135)
五、测量方法	(136)
六、旋光仪的计量性能评价	(136)
第二节 折光分析法	(137)
一、概述	(137)
二、基本原理	(137)
三、折光仪分类	(138)
四、折光仪使用注意事项	(141)
五、折光仪的日常保养	(142)
六、折光仪的计量性能评价	(142)
第十一章 质谱分析法	(143)
第一节 概述	(143)
第二节 基本原理	(144)
一、质谱分析名词术语	(144)
二、离子按质荷比分离原理	(145)
三、质谱定量分析的原理及方法	(147)
四、质谱法定性分析的依据	(148)
五、质谱分析法的特点	(149)
第三节 质谱仪分类	(149)
一、质谱仪分类	(149)
二、色谱—质谱联用仪器的连接装置	(151)
三、质谱仪的计量性能评价	(152)
第十二章 核磁共振分析法	(153)
第一节 概述	(153)
第二节 基本原理	(154)
一、原子核的自旋和磁矩	(154)
二、核磁能级	(154)
三、核磁共振	(155)
四、玻耳兹曼分布	(157)
五、饱和与弛豫	(157)
第三节 核磁共振波谱仪分类	(158)
一、核磁共振波谱仪分类	(159)

二、连续波核磁共振波谱仪	(161)
三、脉冲傅里叶变换核磁共振波谱仪	(163)
四、样品的制备	(164)
五、核磁共振操作及注意事项	(164)
六、核磁共振波谱仪的计量性能评价	(166)

第十三章 电化学分析法 (167)

第一节 概述	(167)
第二节 基本原理	(168)
一、原电池和电解池	(168)
二、能斯特 (Nernst) 方程	(170)
三、标准电极电位	(172)
四、电极	(172)
五、电极——溶液界面的传质过程	(173)
六、电导及电导率	(174)
七、法拉第定律	(175)
第三节 电化学分析仪器分类	(175)
第四节 实验室 pH (酸度) 计	(177)
一、仪器结构及原理	(177)
二、仪器操作方法及计量性能评价	(182)
第五节 离子计	(186)
一、仪器结构及原理	(186)
二、计量性能评价	(187)
第六节 PXD-2 型通用离子计	(188)
一、仪器结构及原理	(188)
二、仪器的操作方法及计量性能评价	(189)
第七节 钠离子计	(190)
一、钠离子计的结构与原理	(190)
二、钠离子计计量性能评价	(190)
第八节 ZD-2 型自动电位滴定仪	(190)
一、仪器结构及原理	(191)
二、仪器操作方法及计量性能评价	(192)
第九节 电导 (率) 仪	(194)
一、仪器结构及原理	(194)
二、仪器操作方法及计量性能评价	(196)
第十节 血液气体酸碱分析仪	(199)
一、仪器结构及原理	(199)

二、计量性能评价	(201)
第十一节 化学需氧量 (COD) 测定仪	(202)
一、仪器结构及原理	(202)
二、仪器性能评价	(203)
第十二节 生物化学需氧量 (BOD ₅) 测定仪	(204)
一、仪器的结构及原理	(204)
二、仪器计量性能评价	(205)
第十三节 极谱分析仪	(205)
一、方波极谱仪	(205)
二、示波极谱仪	(205)
第十四节 电位溶出分析仪	(206)
一、仪器结构及原理	(206)
二、仪器的计量性能评价	(206)
第十五节 硝酸根自动监测仪	(207)
一、仪器结构和原理	(207)
二、仪器计量性能评价	(207)
第十六节 水质综合分析仪	(207)
一、仪器结构和原理	(207)
二、仪器计量性能评价	(208)
第十七节 电极式盐度计和感应式盐度计	(209)
一、电极式盐度计	(209)
二、感应式盐度计	(209)
第十四章 色谱分析法	(210)
第一节 概述	(210)
第二节 基本原理	(211)
一、分配系数	(211)
二、分配比	(212)
三、塔板理论	(212)
四、色谱分析法中常用的术语和参数	(212)
第三节 色谱仪的分类	(217)
一、色谱仪的分类	(217)
二、色谱仪的原理与结构	(217)
三、色谱仪的优点	(218)
第四节 气相色谱仪	(219)
一、仪器结构与原理	(219)
二、气相色谱仪操作方法及计量性能评价	(222)

第五节 (高效) 液相色谱仪	(231)
一、仪器结构与原理	(231)
二、液相色谱仪操作方法及计量性能评价	(234)
第六节 离子色谱仪	(243)
一、离子色谱仪的结构及原理	(243)
二、离子色谱法的分析方法及计量性能评价	(245)
第七节 凝胶色谱仪	(248)
一、仪器结构及原理	(248)
二、凝胶色谱仪的计量性能评价	(250)
第八节 毛细管电泳仪	(251)
一、仪器结构及原理	(251)
二、仪器基本操作方法及计量性能评价	(253)
 第十五章 热分析法	 (258)
第一节 概述	(258)
第二节 基本原理	(259)
一、基本概念	(259)
二、基本原理	(259)
第三节 热化学分析仪分类	(260)
一、热量计	(260)
二、熔点仪	(266)
三、热化学分析仪的计量性能评价	(266)
第四节 自动氧弹热量性	(268)
一、仪器结构及原理	(268)
二、仪器操作方法及计量性能评价	(268)
第五节 毛细管法熔点测量仪 (以 YRT-3 型药物熔点仪为例)	(271)
一、仪器结构及原理	(271)
二、仪器操作方法及计量性能评价	(272)
第六节 热台式熔点测量仪 [以 XT-4 显微熔点测定仪 (表显) 为例]	(276)
一、仪器结构及原理	(276)
二、仪器操作方法及计量性能评价	(276)
 第十六章 湿度和水分分析	 (279)
第一节 概述	(279)
一、湿度分析	(279)

二、水分分析	(280)
第二节 基本原理	(280)
一、基本概念	(280)
二、仪器的基本原理	(281)
三、仪器的基本结构	(287)
四、湿度计量器具检定系统及湿度基、标准	(288)
第三节 湿度仪分类	(288)
第四节 精密露点仪	(289)
一、概述	(289)
二、仪器的结构及原理	(289)
三、精密露点仪计量性能评价	(292)
第五节 电动通风干湿表	(294)
一、概述	(294)
二、仪器的结构特征及原理	(294)
三、电动通风干湿表计量性能评价	(295)
第六节 相对湿度传感器	(297)
一、概述	(297)
二、仪器的结构及原理	(298)
三、湿度传感器的计量性能评价	(299)
第七节 低湿露点传感器	(300)
一、概述	(300)
二、仪器的结构及原理	(300)
三、湿度传感器的计量性能评价	(301)
第八节 二级标准分流式湿度发生器	(301)
一、概述	(301)
二、仪器的结构及原理	(301)
三、仪器的计量性能评价	(302)
第九节 水分仪分类	(303)
第十节 完全吸收式电解法水分分析仪	(304)
一、概述	(304)
二、仪器的结构及原理	(304)
三、仪器的计量性能评价	(305)
第十一节 电容法和电阻法谷物水分测定仪	(306)
一、概述	(306)
二、仪器的结构及原理	(306)
三、仪器的计量性能评价	(307)
第十二节 烘干法谷物水分测量仪	(309)
一、概述	(309)

二、仪器的结构及原理	(309)
三、仪器的计量性能评价	(309)
第十三节 原棉水分测定仪	(310)
一、概述	(310)
二、仪器的结构及原理	(310)
三、仪器的计量性能评价	(311)
第十四节 回潮率测定仪	(312)
一、概述	(312)
二、仪器的结构及原理	(312)
三、仪器的计量性能评价	(313)

第十七章 气体分析 (315)

第一节 概述	(315)
第二节 气体分析基本原理	(318)
一、电磁辐射吸收分析法基本原理	(318)
二、电化学分析法基本原理	(321)
三、磁化率分析法基本原理	(321)
四、热导性分析法基本原理	(322)
第三节 气体分析仪分类	(323)
第四节 可燃气体检测报警器	(324)
一、可燃气体检测报警器的结构及原理	(324)
二、可燃气体检测报警器的计量性能评价	(325)
第五节 催化燃烧型甲烷测定仪	(326)
一、催化燃烧型甲烷测定仪的结构及原理	(326)
二、催化燃烧型甲烷测定仪的计量性能评价	(326)
第六节 光干涉型甲烷测定仪	(328)
一、光干涉型甲烷测定仪的结构及原理	(328)
二、光干涉型甲烷测定仪的计量特性评价	(328)
第七节 氧化锆氧分析器	(329)
一、氧化锆氧分析器的结构及原理	(329)
二、氧化锆氧分析器的计量性能评价	(330)
第八节 热磁式氧分析器	(331)
一、热磁式氧分析器结构及原理	(331)
二、热磁式氧分析器的计量性能评价	(331)
第九节 电化学电极气体氧分析器	(333)
一、电化学电极气体氧分析器的结构及原理	(333)
二、电化学电极气体氧分析器的计量性能评价	(334)