



人力资源和社会保障部职业能力建设司推荐
有色金属行业职业教育培训规划教材

有色金属分析化学

YOUSE JINSHU FENXI HUAXUE

梅恒星 编著



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

人力资源和社会保障部职业能力建设司推荐
有色金属行业职业教育培训规划教材

有色金属分析化学

梅恒星 编著



d176109

广西工学院鹿山学院图书馆



d176109

北 京

冶金工业出版社

2011

内 容 简 介

本书是有色金属行业职业教育培训规划教材之一,是根据有色金属企业生产实际、岗位技能要求以及职业学校教学需要编写的,并经人力资源和社会保障部职业培训教材工作委员会办公室组织专家评审通过。

本书共分 13 章,详细介绍了分析化学的基础知识、基本操作;论述了各种分析方法的原理、使用的仪器和分析方法;具体讲述了各种分析方法在有色金属分析中的实际应用;重点介绍了铜及铜合金、铝及铝合金标准分析方法;简要叙述了测量的误差理论;介绍了分析实验室建设和实验室认可的要求等。在内容组织和结构安排上,力求理论与实际结合,列举了较多的标准分析方法和操作注意事项,目的是让读者既懂得化学分析的基本知识,又了解实际操作要求;既知道各种分析方法的相关理论知识,又懂得实验室管理的基本要求。

有些篇章附有习题和实验,供复习、巩固所学内容之用。

本书可作为有色金属企业岗位操作人员的培训教材,也可作为职业学校(院)相关专业的教材,同时也可供相关专业工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

有色金属分析化学/梅恒星编著. —北京:冶金工业出版社,2011. 1

有色金属行业职业教育培训规划教材

ISBN 978-7-5024-5372-5

I. ①有… II. ①梅… III. ①分析化学—技术培训—教材 IV. ①O65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 192383 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjcb@cnmip.com.cn

责任编辑 张登科 美术编辑 张媛媛 版式设计 葛新霞

责任校对 刘 倩 责任印制 张祺鑫

ISBN 978-7-5024-5372-5

北京百善印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2011 年 1 月第 1 版,2011 年 1 月第 1 次印刷

787mm × 1092mm 1/16;18 印张;476 千字;270 页

46.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100010) 电话:(010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

序

有色金属是重要的基础原材料,产品种类多,关联度广,是现代高新技术产业发展的关键支撑材料,广泛应用于电力、交通、建筑、机械、电子信息、航空航天和国防军工等领域,在保障国民经济和社会发展等方面发挥着重要作用。

改革开放以来,我国有色金属工业持续快速发展,十种常用有色金属总产量已连续7年居世界第一,产业结构调整和技术进步加快,在国际同行业中的地位明显提高,市场竞争力显著增强。我国有色金属工业的发展已经站在一个新的历史起点上,成为拉动世界有色金属工业增长的主导因素,成为推进世界有色金属科技进步的重要力量,将对世界有色金属工业的发展发挥越来越重要的作用。

当前,我国有色金属工业正处在调整产业结构,转变发展方式,依靠科技进步推动行业发展的关键时期。随着我国城镇化、工业化、信息化进程加快,对有色金属的需求潜力巨大,产业发展具有良好的前景。今后一个时期,我国有色金属工业发展的指导思想是:以邓小平理论和“三个代表”重要思想为指导,深入落实科学发展观,按照保增长、扩内需、调结构的总体要求,以控制总量、淘汰落后、加快技术改造、推进企业重组为重点,推动产业结构调整和优化升级;充分利用境内外两种资源,提高资源保障能力,建设资源节约型、环境友好型和科技创新型产业,促进我国有色金属工业可持续发展。

为了实现我国有色金属工业强国的宏伟目标,关键在人才,需要培养造就一大批高素质的职工队伍,既要有高级经营管理者、各类工

程技术人才,更要有高素质、高技能、创新型的生产一线人才。因此,大力发展职业教育和职工培训是实施技能型人才培养的主要途径,是提高企业整体素质,增强企业核心竞争力的重要举措,是实现有色金属工业科学发展的迫切需要。

冶金工业出版社和洛阳有色金属工业学校为了适应有色金属工业中等职业学校教学和企业生产的实际需求,组织编写了这套培训教材。教材既有系统的理论知识,又有生产现场的实际经验,同时还吸纳了一些国内外的先进生产工艺技术,是一套行业教学和职工培训较为实用的中级教材。

加强中等职业教育和职工培训教材的建设,是增强职业教育和培训工作实效的重要途径。要坚持少而精、管用的原则,精心组织、精心编写,使教材做到理论与实际相结合,体现创新理念、时代特色,在建设高素质、高技能的有色金属工业职工队伍中发挥积极作用。

中国有色金属工业协会会长

康义

2009年6月

前 言

本书是按照人力资源和社会保障部的规划,参照行业职业技能标准和职业技能鉴定规范,根据有色金属企业生产实际、岗位技能要求以及职业学校教学需要编写的。书稿经人力资源和社会保障部职业培训教材工作委员会办公室组织专家评审通过,由人力资源和社会保障部职业能力建设司推荐作为有色金属行业职业教育培训规划教材。

分析化学是服务于农业、工业、环保、贸易、国防、食品安全等各个领域的综合性学科。随着经济的发展和科技的进步,分析化学成为发展最快的学科之一。在有色金属的地质勘探、采矿选矿、冶炼加工和材料应用全过程中,都离不开分析化学。因此,分析化学被称为科研和生产的“眼睛”。

本书共分13章,详细介绍了分析化学的基础知识、基本操作;论述了各种分析方法的原理、使用的仪器和分析方法;具体讲述了各种分析方法在有色金属分析中的实际应用;重点介绍了铜及铜合金、铝及铝合金标准分析方法;简要叙述了测量的误差理论;介绍了分析实验室建设和实验室认可的要求等。在内容组织和结构安排上,力求理论与实际结合,列举了较多的标准分析方法和操作注意事项,目的是让读者既懂得化学分析的基本知识,又了解实际操作要求;既知道各种分析方法的相关理论知识,又懂得实验室管理的基本要求。

有些篇章附有习题和实验,供复习、巩固所学内容之用。

本书可作为有色金属企业岗位操作人员的培训教材,也可作为职业学校(院)相关专业的教材,同时也可供相关专业工程技术人员参考。

本书由梅恒星编写,中铝洛阳铜业有限公司质量管理中心主任秦勇审稿。本书在编写过程中,得到了杨伟宏、李巧云、张敬华、路俊攀、夏庆珠、秦书平、高钰、王爽、娄东阁、张晓群、孟惠娟、董亚正等同志的支持和帮助,并参阅了一些有关著作和文献的内容,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,经验不足,书中不妥之处,请读者批评指正。

作 者
2010年10月

有色金属行业职业教育培训规划教材

编辑委员会

- 主 任** 丁学全 中国有色金属工业协会党委副书记、中国职工教育和职业培训协会有色金属分会理事长
- 曹胜利 冶金工业出版社社长
- 副 主 任** 赵东海 洛阳铜加工集团有限责任公司董事长、中铝洛阳铜业有限公司党委书记、副董事长
- 鲁启峰 中国职工教育和职业培训协会冶金分会秘书长
- 谭学余 冶金工业出版社总编辑
- 杨焕文 中国有色金属学会副秘书长
- 纪 庆 中铝华中铜业有限公司总经理
- 刘传军 中铝昆明铜业有限公司总经理
- 李宏磊 中铝洛阳铜业有限公司副总经理
- 秘 书 长** 杨伟宏 洛阳有色金属工业学校校长(0379 - 64949030, yangwh0139@126. com)
- 副秘书长** 张登科 冶金工业出版社编审(010 - 64062877, zhdengke@ sina. com)
- 委 员** (按姓氏笔画排序)
- 牛立业 中铝洛阳铜业有限公司
- 王 洪 黑龙江佳泰钛业有限公司
- 王 辉 株洲冶炼集团股份有限公司
- 石 森 中铝河南铝业有限公司
- 卢宇飞 昆明冶金高等专科学校
- 李巧云 洛阳有色金属工业学校
- 李 贵 河南豫光金铅股份有限公司
- 刘静安 中铝西南铝业(集团)有限责任公司
- 邹广亚 中铝河南铝业有限公司
- 杨建军 宁波金田铜业(集团)股份有限公司
- 陈建华 浙江宁波兴业电子铜带有限公司
- 张鸿烈 白银有色金属公司西北铅锌厂
- 但渭林 江西理工大学南昌分院
- 武红林 中铝东北轻合金有限责任公司
- 林 群 江西铜业集团公司铜板带有限公司
- 郭天立 中冶葫芦岛有色金属集团公司
- 顾炳根 桂林理工大学南宁分院
- 董运华 洛阳有色金属加工设计研究院
- 雷 霆 云南冶金集团股份有限公司

冶金工业出版社部分图书推荐

书 名	定价(元)
有色金属塑性加工原理(有色金属行业职业教育培训规划教材)	18.00
金属学及热处理(有色金属行业职业教育培训规划教材)	32.00
重有色金属及其金属熔炼与铸造(有色金属行业职业教育培训规划教材)	28.00
重有色金属及其合金管棒型线材生产(有色金属行业职业教育培训规划教材)	38.00
轧制工程学(本科教材)	32.00
材料成形工艺学(本科教材)	69.00
加热炉(第3版)(本科教材)	32.00
金属塑性成形力学(本科教材)	26.00
金属压力加工概论(第2版)(本科教材)	29.00
材料成形实验技术(本科教材)	16.00
冶金热工基础(本科教材)	30.00
连续铸钢(本科教材)	30.00
塑性加工金属学(本科教材)	25.00
轧钢机械(第3版)(本科教材)	49.00
机械安装与维护(职业技术学院教材)	22.00
金属压力加工理论基础(职业技术学院教材)	37.00
参数检测与自动控制(职业技术学院教材)	39.00
有色金属压力加工(职业技术学院教材)	33.00
黑色金属压力加工实训(职业技术学院教材)	22.00
铜加工技术实用手册	268.00
铜加工生产技术问答	69.00
铜水(气)管及管接件生产、使用技术	28.00
冷凝管生产技术	29.00
铜及铜合金挤压生产技术	35.00
铜及铜合金熔炼与铸造技术	28.00
铜合金管及不锈钢管	20.00
现代铜盘管生产技术	26.00
高性能铜合金及其加工技术	29.00
铝加工技术实用手册	248.00
铝合金熔铸生产技术问答	49.00
镁合金制备与加工技术	128.00
薄板坯连铸连轧钢的组织性能控制	79.00
彩色涂层钢板生产工艺与装备技术	69.00
铝合金材料的应用与技术开发	48.00
大型铝合金型材挤压技术与工模具优化设计	29.00

目 录

1 绪论	1
1.1 分析化学是认识世界的“眼睛”、改造世界的助手	1
1.2 分析化学的发展历程	1
1.3 分析化学的分类	2
1.4 分析化学伴随有色金属生产全过程	4
复习思考题	4
2 常用器皿与化学试剂	5
2.1 玻璃器皿	5
2.1.1 常用玻璃器皿	5
2.1.2 玻璃器皿的洗涤	6
2.1.3 容量器皿的校正	7
2.2 金属器皿	7
2.2.1 铂器皿	7
2.2.2 镍坩埚、铁坩埚	8
2.3 其他非金属器皿	8
2.3.1 塑料器皿	8
2.3.2 石英器皿	8
2.3.3 其他非金属器皿	8
2.4 天平	9
2.4.1 天平的主要技术指标	9
2.4.2 天平的分类和选用原则	9
2.4.3 机械天平	9
2.4.4 电子天平	10
2.4.5 分析天平使用注意事项	10
2.5 加热电器	11
2.5.1 电炉和电热板	11
2.5.2 高温炉	11
2.5.3 电热恒温干燥箱	11
2.6 纯水与化学试剂	11
2.6.1 纯水质量及检验	12
2.6.2 纯水制备、贮存和使用	13
2.6.3 化学试剂	16
复习思考题	17

实验	17
3 溶液浓度和溶液配制	19
3.1 分析化学中的计量关系	19
3.1.1 法定计量单位	19
3.1.2 分析化学常用的法定计量单位	20
3.2 溶液浓度的不同表示方法	23
3.2.1 物质 B 的物质的量浓度	23
3.2.2 物质 B 的质量浓度	25
3.2.3 物质 B 的质量分数	26
3.2.4 比例浓度	26
3.2.5 滴定度	27
3.3 一般溶液的配制方法	27
3.3.1 以物质的量浓度表示的一般溶液配制	27
3.3.2 以质量浓度表示的一般溶液配制	29
3.3.3 以体积比例浓度表示的一般溶液配制	29
3.4 标准溶液的配制方法	30
3.4.1 滴定分析用标准溶液配制	30
3.4.2 离子标准溶液配制	31
3.5 溶液配制注意事项	32
复习思考题	34
实验	34
4 分析样品的采集、试样制备与分解	37
4.1 分析样品的采集和试样制备	37
4.1.1 组成比较均匀物品的样品采集和试样制备	37
4.1.2 组成很不均匀物品的样品采集和试样制备	39
4.1.3 试样的管理	39
4.2 试样的分解	40
4.2.1 分解试样的一般要求	40
4.2.2 酸碱分解法	40
4.2.3 熔融分解法	42
4.2.4 其他分解法	44
4.2.5 分解方法的选择	44
复习思考题	45
5 重量分析法	46
5.1 方法原理	46
5.1.1 沉淀法	46
5.1.2 挥发法	46

5.1.3 电解法	47
5.2 重量法对沉淀的要求	47
5.2.1 对沉淀形式的要求	47
5.2.2 对称量形式的要求	47
5.3 影响沉淀完全的因素	48
5.3.1 溶解度与溶度积	48
5.3.2 影响沉淀完全的主要因素	48
5.4 沉淀的类型及影响沉淀纯度的因素	50
5.4.1 沉淀的形成	50
5.4.2 沉淀纯度的影响因素	50
5.5 沉淀条件的控制	51
5.5.1 不同类型沉淀的沉淀条件	51
5.5.2 均相沉淀和有机沉淀	51
5.6 重量分析法的基本操作	52
5.6.1 试样溶解	52
5.6.2 沉淀	52
5.6.3 过滤的准备	52
5.6.4 过滤和洗涤	53
5.6.5 干燥和灼烧	54
5.7 重量分析法结果的计算	54
5.8 重量分析法在有色金属分析中的应用	55
5.8.1 重量法分析铜合金中的硅量	55
5.8.2 重量法分析铝及铝合金中的硅量	57
5.8.3 直接电解-原子吸收光谱法测定铜及铜合金中的铜量	59
复习思考题	62
6 滴定分析法	64
6.1 概述	64
6.1.1 滴定分析中的术语	64
6.1.2 对滴定反应的要求	65
6.1.3 滴定分析方法分类	65
6.2 滴定分析的基本操作	66
6.2.1 滴定管的种类	66
6.2.2 滴定管的技术要求	66
6.2.3 滴定管的使用	67
6.3 滴定分析的计算	68
6.3.1 计算步骤	68
6.3.2 不同类型的滴定方法计算例题	70
6.4 酸碱滴定法	73
6.4.1 酸碱质子理论及酸碱强度	73

6.4.2	溶液 pH 值计算	76
6.4.3	酸碱滴定指示剂	77
6.4.4	酸碱滴定曲线	79
6.4.5	酸碱标准溶液的配制和标定	81
6.4.6	酸碱滴定法测定铍青铜中铍量的分析规程	83
6.5	配位(络合)滴定法	84
6.5.1	概述	84
6.5.2	EDTA 配位反应的特点及配位平衡	86
6.5.3	EDTA 配位滴定法	88
6.5.4	配位滴定法在有色金属分析中的应用	97
6.6	氧化还原滴定	103
6.6.1	概述	103
6.6.2	氧化还原滴定	105
6.6.3	氧化还原滴定方法及在有色金属分析中的应用	108
6.6.4	重铬酸钾法	108
6.6.5	碘量法	110
6.6.6	高锰酸钾法	116
6.6.7	硫酸铈法	117
6.7	沉淀滴定法	117
6.8	铜合金常用的滴定分析方法综述	118
	复习思考题	119
	实验	120
7	分析误差和分析结果的处理	125
7.1	准确度和精密度	125
7.1.1	真实值与平均值	125
7.1.2	准确度与误差	126
7.1.3	精密度与偏差	126
7.1.4	准确度与精密度的关系	128
7.2	误差来源与减少的方法	129
7.2.1	系统误差	129
7.2.2	偶然误差	131
7.2.3	提高测量准确度的方法	133
7.3	数据处理与产品合格值判定	134
7.3.1	有效数字	134
7.3.2	数值修约	134
7.3.3	产品合格值判定	135
7.4	分析结果有效性判定	135
7.4.1	分析结果的重复性	135
7.4.2	分析结果的再现性	137

复习思考题	137
8 紫外-可见分光光度法	139
8.1 概述	139
8.2 光吸收定律	139
8.2.1 光的基本特性	139
8.2.2 物质对光的选择性吸收	140
8.2.3 光吸收定律	141
8.3 紫外-可见分光光度计	144
8.3.1 分光光度计的构造	144
8.3.2 分光光度计的类型	146
8.3.3 分光光度计的使用	147
8.4 可见分光光度定量分析方法	150
8.4.1 显色剂和显色反应	150
8.4.2 显色条件的选择	151
8.4.3 测量条件的选择	154
8.4.4 定量方法	155
8.5 紫外分光光度法	158
8.6 可见分光光度法在有色金属分析中的应用	159
8.6.1 铜及铜合金分析常用的分光光度法综述	159
8.6.2 铝及铝合金中钛的过氧化氢分光光度法	162
8.6.3 钼蓝分光光度法测定铜及铜合金中的硅量	164
复习思考题	166
实验	167
9 原子吸收光谱法	173
9.1 概述	173
9.1.1 原子吸收光谱的发展	173
9.1.2 原子吸收光谱分析过程	173
9.1.3 原子吸收光谱法特点	174
9.1.4 基态原子、共振吸收及谱线变宽	174
9.1.5 原子吸收值与待测元素浓度的关系	175
9.2 原子吸收光谱仪	175
9.2.1 光源	176
9.2.2 原子化系统	177
9.2.3 光学系统	180
9.2.4 检测系统	180
9.2.5 原子吸收光谱仪类型	181
9.2.6 原子吸收光谱仪使用	181
9.3 原子吸收光谱分析技术	184

9.3.1 试样溶液和标准溶液的制备	184
9.3.2 测量条件的选择	185
9.3.3 测量的干扰与减少干扰方法	186
9.3.4 定量方法	188
9.3.5 原子吸收光谱法的灵敏度、检出限	190
9.4 原子吸收光谱法在有色金属分析中的应用	192
9.4.1 火焰原子吸收光谱法测定铜合金中的镉量	192
9.4.2 冷原子吸收光谱法测定铝及铝合金中的汞	194
9.4.3 原子吸收光谱法测定铜合金中的镍量	196
复习思考题	198
10 原子发射光谱法	199
10.1 基本原理	199
10.1.1 原子发射光谱的产生	199
10.1.2 原子发射光谱的谱线强度	200
10.1.3 原子发射光谱定性分析	201
10.1.4 原子发射光谱定量分析	202
10.2 原子发射光谱仪	203
10.2.1 激发光源	203
10.2.2 分光系统	204
10.2.3 检测系统	205
10.3 光电直读原子发射光谱分析的应用	206
10.3.1 铜及铜合金分析——光电直读发射光谱法	207
10.3.2 铝及铝合金分析——光电直读发射光谱法	210
10.4 电感耦合等离子体原子发射光谱法(ICP - AES)的应用	214
10.4.1 方法概述	214
10.4.2 仪器各部分功能	214
10.4.3 仪器测量条件选择	216
10.4.4 分析中的干扰	217
10.4.5 ICP 光谱在铜合金和铝合金分析中的应用	218
复习思考题	220
11 其他分析方法	221
11.1 X 射线荧光光谱法	221
11.1.1 X 射线的产生	221
11.1.2 X 射线荧光光谱仪	222
11.1.3 X 射线荧光光谱定量分析	223
11.1.4 铜合金 X 射线荧光光谱分析方法行业标准	224
11.2 气体分析	227
11.2.1 碳、硫的测定	227

11.2.2 氧的测定	228
12 化学分析的标准方法与标准样品	230
12.1 化学分析的标准方法	230
12.1.1 标准及化学分析的标准方法	230
12.1.2 化学分析标准方法的制定	231
12.1.3 有色金属(铜、铝、钛)化学分析标准方法和分析规程	231
12.2 化学分析的标准样品	243
12.2.1 化学分析标准样品相关术语及应用	243
12.2.2 化学分析标准样品的研制	244
13 实验室建设与实验室认可	248
13.1 实验室能力的通用要求	248
13.1.1 实验室认可及认可组织	248
13.1.2 对实验室能力提出的要求	248
13.2 检测实验室的认可评定	255
13.2.1 检测实验室质量体系的建立和运行	255
13.2.2 实验室认可评定程序	258
附录	259
附录1 相对原子质量表	259
附录2 常用化合物相对分子质量表	259
附录3 常见化合物的俗称及化学成分	261
附录4 常见液体商品试剂的密度和浓度	263
附录5 配合物稳定常数	263
附录6 标准电极电位(18~25℃)	264
附录7 条件电极电位	267
附录8 部分难溶化合物的溶度积 K_{sp} 和它的负对数 pK_{sp} (18~25℃)	268
附录9 重要物理常数	269
参考文献	270

1 绪 论

1.1 分析化学是认识世界的“眼睛”、改造世界的助手

田里庄稼长得不好,农民想知道是缺少了哪种肥料?

河水受到污染,环保人员想查出污染物是什么?

山上勘探发现铜矿,地质工作者想知道矿石中铜含量是多少,有没有伴生金、银?

长期给婴儿喂养“××”奶粉,孩子得了泌尿系统结石症,人们想知道是奶粉中的什么成分危害了婴儿健康?

铝加工厂想知道买来的原料电解铝的化学成分是什么?

上述这些问题都需要借助分析化学方法来解决。

分析化学是研究物质化学组成和结构信息的分析方法及相关理论的科学,是化学学科的一个重要分支。

分析化学的主要任务是鉴定物质的化学组成(元素、离子、官能团或化合物);测定物质的有关组分的含量;确定物质的结构(化学结构、晶体结构、空间分布)和存在形态(价态、配位态、结晶态)以及组分、结构、形态与物质性质之间的关系等。

运用分析化学的各种方法,研究、分析物质的成分和结构,可以使物质的化学成分得以定性和定量,化学结构得以确定。分析化学是化学家最基础的训练之一,化学家在实验技术和基础知识上的训练,皆得力于分析化学。

地质学、冶金材料学、宇宙天体研究、医学、环境科学、生命科学和农业科学等许多技术科学的研究,都必须与分析化学密切配合;工业生产、农业生产、国防建设和商品流通等国民经济各部门都离不开分析化学。因此,分析化学被誉为科研和生产的“眼睛”。

在农业方面,土壤酸碱性、组织成分的测定,化肥、农药的分析和选择,农作物生长过程的研究,都需要分析化学的配合。

在工业方面,资源的勘探、矿藏的开发、原料的鉴别、生产流程的控制、新产品的试制、成品的检测、“三废”(废气、废水、固体废弃物的总称)处理及利用,都必须以化学分析结果为根据。

在商品经济时代,消费者追求高性能、高质量的商品,以便提高自己的生活质量;而个别唯利是图的经营者却千方百计掺杂造假、以次充好,欺骗消费者。质量监督工作就是利用分析化学等手段,对流通领域各环节的商品进行分析检测,揭露掺杂造假、以次充好的劣质商品及其经营者,保护质量优良商品和信誉好的经营者,维护广大消费者的利益。因此,分析化学也是商品流通的“眼睛”。

总之,人们要认识世界,离不开分析化学;人们要改造世界,也离不开分析化学。

1.2 分析化学的发展历程

分析化学的历史可以追溯到古代的炼金术。当时的分析主要依靠人的感官和双手,对物质的种类和性质进行判别。

到了16世纪,出现了第一个使用天平的试金实验室。到17世纪,开始出现了以化学反应鉴

定物质的定性分析方法,例如用加入硝酸银生成沉淀来鉴定盐酸。到 19 世纪,分析化学的定量分析方法开始应用。

进入 20 世纪,随着现代科学的发展,相邻学科之间的相互渗透,分析化学从一门技术发展为一门学科,并经历了三次巨大变革:

(1)20 世纪 30 年代,由于溶液平衡理论(酸碱平衡、配位平衡、沉淀平衡、电离平衡等)的发展,为分析化学奠定了理论基础,出现了以滴定分析和重量分析(虽然称量的是物质的质量,但本书仍按习惯用法,即沿用“重量分析”,下同)为主的化学分析方法。

(2)20 世纪 40 年代后,物理学与电子学的发展促进了分析化学中物理方法的应用,出现了一系列仪器分析方法,如分光光度法、原子发射光谱法(AES)、色谱法、原子吸收光谱法(AAS)、X 射线荧光光谱法(XRF)、电感耦合等离子体原子发射光谱法(ICP-AES)等。仪器分析方法的出现和发展,不断提高分析速度,而且扩大了分析化学在少量、痕量分析方面的应用。

(3)20 世纪 70 年代后,材料科学,尤其是计算机科学的发展,信息时代对分析化学提出了新的要求,促使分析化学进入第三次大变革时代。分析化学不再仅仅解决“有什么”和“有多少”的问题,而是要提供更快、更多、更全面的信息:

1)分析的灵敏度不断提高。从常量分析、微量分析向超微量分析甚至微粒分析发展,分析待测组分的含量从 $\mu\text{g/g}$ 到 ng/g 、 pg/g 级,甚至更低。

2)提高了分析准确度。例如,对 $\mu\text{g/g}$ 级含量的成分分析,其测定的相对偏差,从允许 $\pm 10\%$ 提高到 $\pm 1\%$ 。这使得分析化学提供的信息更确切。

3)从组分的含量分析、宏观分析发展到组分的形态分析、微观结构分析(元素价态、分子结构等)。例如,六价铬对人体是剧毒的,甲基汞的毒性比金属汞和无机盐中的汞大得多。因此,只分析水中总的铬量或汞量是不够的,还要知道元素以什么价态和化学形态存在,它们的含量是多少。

4)从总体分析向微区分析发展,从表面分析向逐层分析发展。例如,无氧铜中残余的氧量,对无氧铜在电真空器件中的使用危害很大。因此,除了要了解无氧铜中平均氧含量外,还应了解在某一微区中氧是否有聚集现象,从金属表面到中心部位各层氧的分布是否均匀。

5)从静态分析向在线动态分析发展。这样,就实现了对生产和产品实验过程的实时监控,便于及时对过程进行调整,提高效率,避免造成损失。

总之,现代科学技术的飞速发展,推动了分析化学的迅速变革;分析化学的发展,又为其他学科的发展提供了新的手段。分析化学成为近年来发展最迅速的学科之一。

1.3 分析化学的分类

分析化学服务的行业多,因此,分析方法呈现出多种多样。根据分析方法原理、分析任务、分析对象、分析含量范围以及分析试样量等的不同,分析方法有不同的分类方法。

根据分析任务的不同,分析化学可以分为定性分析、定量分析、结构分析。

根据试样用量及操作方法不同,分析化学可以分为常量分析、半微量分析、微量分析、超微量分析(见表 1-1)。

表 1-1 按试样用量(体积)的分类

类 别	试样用量/g	试样体积/mL
常量分析	>0.1	>10
半微量分析	$0.01 \sim 0.1$	$1 \sim 10$
微量分析	$0.0001 \sim 0.01$	$0.01 \sim 1$
超微量分析	<0.0001	<0.01