现代有色金属分析丛书

现代重金属冶金分析

符　斌　主　编
李华昌　副主编

化学工业出版社
·北　京·

需要全本请访问 www.ertongbook.com

本书系《现代有色金属分析丛书》之一，全面、系统地介绍了现代重金属冶金分析的有关知识和实用方法，简要叙述了铜、铅、锌、镍、钴、锡、铋、镉、锑和汞的分离、富集及测定方法，较详细地介绍了重金属冶炼过程中的原料、中间物料、金属、合金以及其他冶炼产品的现代实用分析方法，同时对重金属冶金环境监测、重金属选矿药剂分析进行了全面简要的介绍。

本书内容全面、新颖，涉及领域广，实用性强，是分析测试人员实用的工具书，可供冶金、机械、地质、环保部门的厂矿和科研单位的分析测试工作者使用，也可供相关院校师生参考。

图书在版编目（CIP）数据

现代重金属冶金分析/符斌主编. —北京：化学工业出版社，2006.10
（现代有色金属分析丛书）
ISBN 978-7-5025-9564-7

Ⅰ.现… Ⅱ.符… Ⅲ.重有色金属-有色金属冶金-工业分析 Ⅳ.TF810.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2006）第 127366 号

现代有色金属分析丛书
现代重金属冶金分析
符 斌 主 编
李华昌 副主编
责任编辑：窦 臻
文字编辑：颜克俭
责任校对：洪雅姝
封面设计：潘 峰
*
化学工业出版社出版发行
（北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011）
购书咨询：（010）64518888
购书传真：（010）64519686
售后服务：（010）64518899
http://www.cip.com.cn
*
新华书店北京发行所经销
大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷
三河市延风装订厂装订
开本 787mm×1092mm 1/16 印张 26¾ 字数 721 千字
2007 年 1 月第 1 版 2007 年 1 月北京第 1 次印刷
ISBN 978-7-5025-9564-7
定 价：59.00 元

版权所有 违者必究
该书如有缺页、倒页、脱页者，本社发行部负责退换

《现代有色金属分析丛书》编委会

主　　任　符　斌

委　　员　（以姓氏笔画为序）

刘文华　李华昌　张树朝　董守安　裘立奋

《现代重金属冶金分析》编写人员

主　　编　符　斌

副 主 编　李华昌

编写人员　（以姓氏笔画为序）

于乾勇　王纪华　史光源　刘天平　刘振东　刘海东

汤淑芳　孙红英　李华昌　杨志华　肖沃辉　吴义千

张永进　张红玲　胡军凯　姜求韬　姚　文　栾和林

高颖剑　符　斌　章连香　喻生洁　谭　勇

审　　校　唐燕祥

前　言

重金属包括铜、铅、锌、镍、钴、锡、铋、镉、锑和汞。重金属是有色金属的主力军，其产量占有色金属产量的大部分。重金属与其他有色金属都是国民经济的基础原料，广泛用于钢铁、机械、电子、航空航天、军事、交通、化工等领域，在国民经济中具有十分重要的作用，其质量的好坏直接影响到国民经济中的许多重要产业部门的生产和产品质量。

有色金属的品种质量已成为企业生存、经济增长的关键。分析检测在有色金属的开采、冶炼、加工等生产过程，乃至消费过程中，起到了不可缺少的重要作用。

本书作为《现代有色金属分析丛书》之一，介绍了重金属冶金的现代分析方法，按领域分为13章，分别为重金属及其矿物，铜、铅、锌、镍、钴、锡、铋、镉、锑、汞的冶金分析，重金属冶金环境监测，重金属选矿药剂分析。

本书涉及的内容丰富，领域广，但由于篇幅有限，只能筛选了一些当今最实用的分析方法，对于不少极具参考价值的方法不得不忍痛割爱。另外，在编写上也采取了删繁就简的办法，省略了一些试剂和标准溶液的配制、计算公式等。

本书的内容如书名所称，立足于重金属冶金的现代分析，即选编的方法都是当今时代采用的先进分析方法，不仅包含现代的化学分析方法，而且包含现代的仪器分析方法。选取的分析方法具有先进性、实用性、可靠性。我们希望本书的出版能对我国有色金属事业的进步与发展有所贡献。

本书的编写得到了大冶有色金属公司、金川有色金属公司、株洲冶炼厂、云南锡业公司、葫芦岛锌厂、广东有色金属研究院、北京矿冶研究总院等单位的大力支持，在此一并表示感谢。

编　者

2006年11月

说　明

1. 分析试样的粒度要求，除特殊规定外，一般应小于 0.100mm。

2. 除特别指出者外，试样在称取前需于 105～110℃烘干 2h，并在干燥器中冷却至室温。

3. 分析所用试剂，除特别注明者外，均为“分析纯”。

4. 试剂配制、分析操作用水，除特殊指明者外，均为一次蒸馏水或离子交换水，符合国家标准“分析实验室用水规格及试验方法”中所规定的三级水。

5. 方法中所称之溶液，除指明溶剂外，均为水溶液。

6. 溶液组成的表示法：

（1）物质的量浓度（c，简称为浓度）。如 $c(\mathrm{NaOH})=0.1\mathrm{mol/L}$，但在行文中为了简明写作“0.1mol/L NaOH 溶液”，此时的“NaOH”表示物质的量浓度的“基本单元”。

（2）物质的质量浓度（ρ_B）。其单位为 g/L，mg/L，g/mL，mg/mL，μg/mL。

（3）质量分数（w）。通常元素的分析结果以此形式表示（%）。

（4）体积分数（φ）。一般溶质为液体且其含量较小时以此形式表示。

（5）(1+1)、(1+3) 等系指任何一种液体溶质的体积（前项）与水的体积（后项）相加，或表示两种溶剂以此体积比例相混合而成混合溶剂。

7. 方法中未注明含量的酸或氨水，系指市售分析纯浓酸或浓氨水（参见 11.2.1 常用酸、氨水的密度和浓度）。如“盐酸”，系指市售的分析纯浓盐酸（$\rho=1.19\mathrm{g/mL}$）。未注明含量的三氯化钛溶液为市售三氯化钛溶液（$w_B\approx15\%\sim20\%$）；过氧化氢为市售过氧化氢（$w_B\approx30\%$）。

8. 滴定法中的标准溶液的标定，除特别说明外，一般需符合下列要求：平行进行三份标定，取三次标定结果的平均值。若极差值超过 0.10mL 时，应重新标定。

9. 在滴定法中的“XXXX 标准滴定溶液对 Y 的滴定系数，mg/mL”系指“与 1.00mL XXXX 标准滴定溶液相当的 Y 的质量，mg/mL”。

10. 重量法中“称至恒量”一语，系指先后两次烘干或灼烧后称量之差正负不超过 0.3mg。

11. 极谱法中各种金属离子的半波电位或峰电位，除特殊指明外均系对饱和甘汞电极而言。

12. 极谱法中如指出“按比较法计算分析结果”时，系指将标准与试样所得波高进行直接比较而求出未知试样中待测元素的质量百分数，计算公式如下：

$$\text{试样中待测元素}(\%)=\frac{h_x}{h}\times\frac{s_2}{s_1}\times\frac{m}{m_0}\times100$$

式中　h，h_x——分别为标准及试样的波高，mm；

s_1，s_2——分别为标准及试样测量波高时仪器的灵敏度；

m——标准中待测元素的质量，g；

m_0——称取试样质量，g。

13. 方法中“空白试验”一语，系指与试样分析同时进行的试验，且与试样分析中所采用的方法及试剂用量完全一致。分析步骤中未注明进行“空白试验”时并不表明不需要进行空白试验。

14. 流水冷却系指用流动的自来水对器皿外壁进行冷却的操作。

15. 方法中的“过滤”，除特别说明外，系指用中速定性滤纸进行过滤。

16. 干过滤系指将含有沉淀等物质的溶液用干滤纸进行的过滤操作。

17. “以××定容”系指以××稀释至容量瓶的刻度，混匀。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

目　录

第 1 章　重金属及重金属矿物 …… 1
1.1　重金属 …… 1
1.2　重金属矿物 …… 2
第 2 章　铜冶金分析 …… 5
2.1　概述 …… 5
2.1.1　铜的分离与富集 …… 5
2.1.2　铜的测定方法 …… 6
2.2　铜精矿 …… 7
2.2.1　铜的测定 …… 7
2.2.2　铅、锌、镉和镍的测定——原子吸收光谱法 …… 9
2.2.3　铅的测定——EDTA 滴定法 …… 9
2.2.4　锌的测定——EDTA 滴定法 …… 10
2.2.5　氧化镁的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 10
2.2.6　金和银的测定——火试金法 …… 11
2.2.7　银的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 12
2.2.8　金的测定——碲共沉淀-火焰原子吸收光谱法 …… 12
2.2.9　硫的测定 …… 13
2.2.10　砷的测定 …… 14
2.2.11　氟的测定——氟离子选择电极法 …… 16
2.2.12　砷和铋的测定——氢化物发生-原子荧光光谱法 …… 17
2.2.13　锑的测定——氢化物发生-原子荧光光谱法 …… 17
2.2.14　汞的测定——冷原子吸收光谱法 …… 18
2.2.15　二氧化硅的测定 …… 18
2.2.16　钴的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 20
2.2.17　铁的测定——三氯化钛法还原-重铬酸钾滴定法 …… 20
2.2.18　三氧化二铝的测定 …… 20
2.2.19　砷、锑和铋的测定——电感偶合等离子体发射光谱法 …… 22
2.2.20　锌、镉、铅、镍、镁、钙和铝的测定——电感偶合等离子体发射光谱法 …… 23
2.3　铜冶炼中间物料分析 …… 23
2.3.1　冰铜 …… 24
2.3.2　粗铜、阳极铜 …… 24
2.3.3　铜阳极泥 …… 28
2.3.4　铜电解液的分析 …… 34
2.3.5　电收尘烟灰的分析 …… 36
2.4　铜及铜合金 …… 39
2.4.1　铜的测定——电解法 …… 39
2.4.2　硒、碲的测定——催化示波极谱法 …… 40
2.4.3　铋的测定——碘化钾吸光光度法 …… 41
2.4.4　锑的测定 …… 42
2.4.5　砷的测定 …… 43
2.4.6　铁的测定 …… 45
2.4.7　锡的测定 …… 47
2.4.8　锌的测定 …… 49
2.4.9　砷、锑、铋的测定——氢化物发生-无色散原子荧光光谱法 …… 50
2.4.10　磷的测定 …… 50
2.4.11　铁、钴、铅、镍、锡、铬、镉、锰的测定——塞曼效应电热原子吸收法 …… 52
2.4.12　银的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 53
2.4.13　铅的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 53
2.4.14　镍的测定 …… 54
2.4.15　镁的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 57
2.4.16　氧的测定——脉冲加热-电量法 … 57
2.4.17　硅的测定——硅钼蓝吸光光度法 …… 57
2.4.18　硫的测定——燃烧-碘酸钾滴定法 …… 59
2.4.19　碳和硫的测定——高频感应炉燃烧红外吸收法 …… 60
2.4.20　硼的测定——姜黄素直接光度法 …… 60
2.4.21　杂质元素的测定——电感耦合等离子发射光谱法 …… 61
2.4.22　铜及铜合金光电直读分析方法 …… 64
2.4.23　X 射线荧光光谱法（波长色

散型） …… 65
2.4.24 阴极铜直读光谱分析方法 …… 67
参考文献 …… 68
第 3 章 铅冶金分析 …… 69
3.1 概述 …… 69
3.1.1 铅的分离与富集 …… 69
3.1.2 铅的测定方法 …… 70
3.2 铅精矿分析 …… 71
3.2.1 铅的测定 …… 71
3.2.2 锌的测定——EDTA 滴定法 …… 72
3.2.3 锑的测定 …… 73
3.2.4 砷的测定——砷铋钼蓝吸光光度法 …… 73
3.2.5 三氧化二铝的测定——铬天青 S 吸光光度法 …… 74
3.2.6 铋的测定 …… 75
3.2.7 铜的测定——原子吸收光谱法 …… 76
3.2.8 氧化镁的测定——原子吸收光谱法 …… 76
3.2.9 氧化钙的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 76
3.2.10 金、银的测定 …… 77
3.2.11 汞的测定——冷原子吸收光谱法 …… 79
3.2.12 硫的测定——燃烧-酸碱滴定法 … 79
3.2.13 锌、铁、铜、砷、锑的测定——ICP-AES 法 …… 79
3.3 混合料和烧结块分析 …… 80
3.3.1 铅的测定——EDTA 滴定法 …… 80
3.3.2 铁和钙的测定——EDTA 滴定法 … 80
3.3.3 砷的测定——单体分离-重铬酸钾滴定法 …… 80
3.3.4 二氧化硅的测定——硅钼蓝吸光光度法 …… 81
3.3.5 铜、锌的测定 …… 81
3.3.6 氧化钙的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 82
3.4 炉渣分析 …… 82
3.4.1 铅的测定——氟化物解蔽-EDTA 滴定法 …… 82
3.4.2 铜的测定——碘量法 …… 83
3.4.3 铁、钙的测定——EDTA 滴定法 … 83
3.4.4 铅的测定 …… 84
3.4.5 砷的测定——单体分离-重铬酸钾滴定法 …… 84
3.4.6 硫的测定 …… 84
3.4.7 碳的测定——非水滴定法 …… 84
3.4.8 二氧化硅的测定 …… 85
3.4.9 铜、铅和锌的测定——原子吸收光谱法 …… 85
3.4.10 碳、硫的测定——高频燃烧红外吸收光谱法 …… 85
3.5 烟尘分析 …… 86
3.5.1 铅的测定——EDTA 滴定法 …… 86
3.5.2 锌的测定 …… 86
3.5.3 砷的测定——重铬酸钾滴定法 …… 86
3.5.4 铜、镉的测定——原子吸收光谱法 …… 86
3.5.5 铊的测定——结晶紫萃取吸光光度法 …… 87
3.6 粗铅和阳极板分析 …… 87
3.6.1 铅的测定——EDTA 滴定法 …… 87
3.6.2 锑的测定 …… 88
3.6.3 砷的测定——砷锑钼蓝吸光光度法 …… 89
3.6.4 锡的测定 …… 89
3.6.5 铋、铅和铜的连续测定——EDTA 滴定法 …… 90
3.6.6 铜的测定 …… 91
3.6.7 铋的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 92
3.6.8 银的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 92
3.6.9 铁的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 92
3.6.10 铜、铋、锑的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 92
3.6.11 金银的测定 …… 93
3.7 铅电解液分析 …… 94
3.7.1 硅氟酸的测定——酸碱滴定法 …… 94
3.7.2 铅的测定——EDTA 滴定法 …… 94
3.7.3 铋的测定——P_{204}-正庚烷萃取吸光光度法 …… 94
3.7.4 氨基乙酸的测定——中和滴定法 … 95
3.7.5 氯离子的测定——电位滴定法 …… 95
3.7.6 铜的测定——铜试剂萃取吸光光度法 …… 96
3.7.7 锡的测定——苯基荧光酮吸光光度法 …… 96
3.7.8 银的测定——新铜试剂-甲基橙萃取吸光光度法 …… 97
3.7.9 β-萘酚的测定——亚硝酸钠转化-吸光光度法 …… 97
3.7.10 游离氟的测定 …… 97
3.7.11 锑的测定——结晶紫吸光光度法 …… 98

3.8 铅阳极泥分析 …… 98
3.8.1 铅的测定——EDTA 滴定法 …… 99
3.8.2 碲的测定——单体分离-重铬酸钾滴定法 …… 99
3.8.3 铜的测定 …… 99
3.8.4 铋的测定 …… 100
3.8.5 锰的测定——硫酸亚铁铵滴定法 …… 101
3.8.6 铅的测定——EDTA 滴定法 …… 101
3.8.7 锑和砷的连续测定——硫酸铈、溴酸钾滴定法 …… 101
3.8.8 铂的测定——石墨炉原子吸收光谱法 …… 101
3.8.9 金的测定 …… 102
3.8.10 金、铂、钯的测定——D201BR 树脂分离富集-火焰原子吸收光谱法 …… 102
3.8.11 银的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 103
3.8.12 金、银的测定 …… 103
3.9 铅及铅合金分析 …… 104
3.9.1 锑的测定 …… 104
3.9.2 锡的测定 …… 105
3.9.3 铜的测定 …… 107
3.9.4 银的测定——原子吸收光谱法 …… 108
3.9.5 铋的测定——碘化钾吸光光度法 …… 108
3.9.6 砷的测定 …… 109
3.9.7 铁的测定——邻菲咯啉吸光光度法 …… 111
3.9.8 铊的测定——结晶紫吸光光度法 …… 111
3.9.9 锌的测定——原子吸收光谱法 …… 112
3.9.10 钙的测定——原子吸收光谱法 … 112
3.9.11 银、锌、镁和钠的测定——原子吸收光谱法 …… 113
3.9.12 铝的测定——铬天青 S 吸光光度法 …… 113
3.9.13 碲的测定 …… 113
3.9.14 硒和碲的测定——示波极谱法 … 114
3.9.15 砷、锑、铋的测定——氢化物发生-无色散原子荧光光谱法 …… 115
3.9.16 碳和硫的测定——高频燃烧红外吸收光谱法 …… 115
3.9.17 砷、银、锡、锑、铋的测定——ICP-MS 法 …… 115
参考文献 …… 116
第 4 章 锌冶金分析 …… 118
4.1 概述 …… 118
4.1.1 锌的分离与富集 …… 118
4.1.2 锌的测定方法 …… 119
4.2 锌精矿分析 …… 119
4.2.1 锌的测定 …… 120
4.2.2 铁的测定——EDTA 滴定法 …… 121
4.2.3 砷的测定 …… 122
4.2.4 锰的测定——硫酸亚铁铵滴定法 …… 122
4.2.5 银的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 123
4.2.6 铅、镉的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 123
4.2.7 铜的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 123
4.2.8 氧化钙的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 123
4.2.9 氧化镁的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 124
4.2.10 镍的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 124
4.2.11 铟的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 124
4.2.12 锡的测定 …… 125
4.2.13 锑的测定 …… 126
4.2.14 锗的测定 …… 127
4.2.15 钛的测定——桑色素吸光光度法 …… 128
4.2.16 二氧化硅的测定 …… 129
4.2.17 镓的测定——罗丹明 B 吸光光度法 …… 130
4.2.18 铊的测定——结晶紫吸光光度法 …… 130
4.2.19 硫的测定——燃烧-酸碱滴定法 …… 131
4.2.20 汞的测定 …… 131
4.2.21 氟的测定——氟离子选择电极法 …… 132
4.2.22 氯的测定——氯离子选择电极法 …… 132
4.2.23 钴、镍、锰的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 132
4.2.24 铜、铅、镉的测定——极谱法 … 132
4.3 锌冶炼中间物料分析 …… 133
4.3.1 锌的测定 …… 133
4.3.2 锌、铜、铅、镉、铁的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 135
4.3.3 镉的测定——氨性底液极谱法 …… 135

4.3.4 铅的测定 …… 136
4.3.5 铜的测定——碘量法 …… 136
4.3.6 铁的测定 …… 137
4.3.7 砷的测定 …… 137
4.3.8 锑的测定 …… 138
4.3.9 锡的测定——苯基荧光酮-CTAB吸光光度法 …… 138
4.3.10 钴的测定——亚硝基 R 盐吸光光度法 …… 139
4.3.11 钴、镍的测定——催化极谱法 … 139
4.3.12 铟的测定 …… 139
4.3.13 锗的测定——萃取分离苯芴酮吸光光度法 …… 140
4.3.14 总硫的测定——燃烧-酸碱滴定法 …… 140
4.3.15 水溶硫的测定——硫酸钡重量法 …… 140
4.3.16 硫酸的测定——酸碱滴定法 …… 140
4.3.17 二氧化硅的测定 …… 140
4.3.18 锰的测定——硫酸亚铁铵滴定法 …… 141
4.3.19 铝的测定——铬天青 S 吸光光度法 …… 141
4.3.20 钙、镁的测定——EDTA 滴定法 …… 141
4.3.21 氧化钙、氧化镁的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 142
4.3.22 镓的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 143
4.3.23 碳的测定——非水滴定法 …… 143
4.3.24 氟的测定——氟离子选择电极法 …… 143
4.3.25 氯的测定 …… 143
4.4 锌及锌合金分析 …… 144
4.4.1 铝的测定 …… 144
4.4.2 铝、铜的测定——EDTA 示波滴定法 …… 147
4.4.3 铜的测定——二乙基二硫代氨基甲酸铅吸光光度法 …… 147
4.4.4 铁的测定 …… 148
4.4.5 砷的测定 …… 148
4.4.6 锡的测定 …… 149
4.4.7 硅的测定——钼蓝吸光光度法 …… 151
4.4.8 镁的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 151
4.4.9 锑的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 151
4.4.10 钙的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 152
4.4.11 铅的测定——示波极谱法 …… 152
4.4.12 镧、铈合量的测定——三溴偶氮胂吸光光度法 …… 152
4.4.13 铜、铅、镉、铁的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 153
4.4.14 铟、铋、铅的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 153
4.4.15 稀土元素的测定——ICP-AES 法 …… 153
4.4.16 镧、铈、铝、铁、铅、镉的测定——ICP-AES 法 …… 154
4.4.17 铅、镉、铁、铜、锡、铝、砷、锑、镁、镧、铈的测定——ICP-AES 法 …… 154
4.5 锌粉分析 …… 155
4.5.1 全锌的测定——EDTA 滴定法 …… 156
4.5.2 金属锌的测定——高锰酸钾间接滴定法 …… 156
4.5.3 氧化锌的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 156
4.5.4 铅、铁、镉的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 157
4.5.5 钙的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 157
4.5.6 铁的测定——磺基水杨酸吸光光度法 …… 157
4.5.7 铋、铟的测定——极谱法 …… 157
4.5.8 硫的测定——重量法 …… 157
4.5.9 酸不溶物的测定——重量法 …… 158
4.6 氧化锌分析 …… 158
4.6.1 氧化锌的测定——EDTA 滴定法 …… 158
4.6.2 金属锌的测定——碘量法 …… 158
4.6.3 铅的测定——铬酸钾沉淀-碘量法 …… 159
4.6.4 锰的测定——高锰酸盐吸光光度法 …… 160
4.6.5 铜的测定——铜试剂吸光光度法 …… 160
4.6.6 盐酸不溶物的测定——重量法 …… 160
4.6.7 灼烧减量的测定——重量法 …… 161
4.6.8 铅、铜的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 161
4.6.9 镁、锑的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 161
参考文献 …… 161
第 5 章 镍冶金分析 …… 162

5.1 概述 …… 162
5.1.1 镍的分离与富集 …… 162
5.1.2 镍的测定 …… 163
5.2 镍矿石和镍精矿分析 …… 163
5.2.1 镍的测定 …… 163
5.2.2 铜的测定 …… 165
5.2.3 钴的测定 …… 165
5.2.4 氧化镁的测定——EDTA滴定法 …… 166
5.2.5 铁的测定 …… 167
5.2.6 硫的测定——燃烧-中和滴定法 … 167
5.2.7 二氧化硅的测定 …… 168
5.2.8 铅、镉的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 168
5.2.9 铬的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 169
5.2.10 砷的测定——氢化物发生-原子荧光光谱法 …… 169
5.2.11 汞的测定——氢化物发生-原子荧光光谱法 …… 169
5.2.12 镍、铜、铁、钴、硅、钙、镁和硫的测定——X射线荧光光谱法 …… 170
5.3 镍冶金中间物料分析 …… 171
5.3.1 镍的测定 …… 171
5.3.2 铜的测定——碘量法 …… 173
5.3.3 钴的测定 …… 173
5.3.4 铁的测定 …… 174
5.3.5 硫的测定——硫酸钡重量法 …… 175
5.3.6 二氧化硅的测定 …… 175
5.3.7 镍、铜、铁、钴和硫的测定——X射线荧光光谱法 …… 175
5.3.8 镍、铜、铁、钴、硅、钙、镁和硫的测定——X射线荧光光谱法 … 176
5.4 镍电解液分析 …… 177
5.4.1 镍的测定——EDTA滴定法 …… 177
5.4.2 铜的测定 …… 177
5.4.3 钴的测定——安替比林-乙酸乙酯萃取滴定比色法 …… 178
5.4.4 铁的测定——硫氰酸盐-异戊醇或乙酸乙酯萃取滴定比色法 …… 178
5.4.5 铅的测定——极谱法 …… 179
5.4.6 锌的测定——纤维柱分离富集-火焰原子吸收光谱法 …… 180
5.4.7 钠的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 180
5.4.8 氯离子的测定——硝酸银滴定法 … 180
5.4.9 硫酸根的测定——EDTA滴定法 … 181
5.5 金属镍分析 …… 181
5.5.1 钴、铜、锰、镉、锌和铅的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 182
5.5.2 镁的测定——原子吸收光谱法 …… 182
5.5.3 砷、锑、铋、锡和铅的测定——电热原子吸收光谱法 …… 183
5.5.4 铁的测定——磺基水杨酸吸光光度法 …… 184
5.5.5 铝的测定 …… 184
5.5.6 磷的测定——磷钼蓝吸光光度法 …… 186
5.5.7 硅的测定——硅钼蓝吸光光度法 …… 186
5.5.8 碳和硫的测定——高频感应炉燃烧红外吸收法 …… 187
5.5.9 砷、锑、铋、硒和碲的测定——氢化物发生-原子荧光光谱法 …… 188
5.5.10 杂质元素的测定——ICP-AES法 …… 188
5.6 工业硫酸镍分析 …… 189
5.6.1 镍的测定——重量法 …… 190
5.6.2 钴的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 190
5.6.3 铁的测定——邻菲咯啉吸光光度法 …… 190
5.6.4 铜的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 191
5.6.5 铅的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 191
5.6.6 锌的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 191
5.6.7 钙的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 191
5.6.8 镁的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 192
5.6.9 硝酸盐的测定——2,4-二甲苯酚蒸馏吸光光度法 …… 192
5.6.10 水不溶物的测定——重量法 …… 192
5.6.11 铵沉淀物（以Al计，不包括Fe）测定——重量法 …… 192
5.6.12 氨的测定——蒸馏分离-酸碱滴定法 …… 193
5.6.13 氯化物的测定——比浊法 …… 193
5.7 氧化亚镍分析 …… 194
5.7.1 镍的测定——丁二酮肟重量法 …… 194
5.7.2 钴的测定——亚硝基红盐吸光光度法 …… 194
5.7.3 盐酸不溶物的测定——重量法 …… 194

5.7.4 铜、铁、锌、钙、镁、钠量的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 195
5.7.5 硫的测定——高频感应炉燃烧红外吸收法 …… 195
5.7.6 铝、铅、铜、锌、铁的测定——发射光谱法 …… 196
5.7.7 硅的测定——电感耦合等离子体原子发射光谱法 …… 196
参考文献 …… 196
第 6 章 钴冶金分析 …… 197
6.1 概述 …… 197
6.1.1 钴的分离与富集 …… 197
6.1.2 钴的测定方法 …… 197
6.2 钴冶金原料的分析 …… 198
6.2.1 钴的测定 …… 198
6.2.2 镍的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 199
6.2.3 铜的测定 …… 199
6.2.4 铁的测定——重铬酸钾滴定法 …… 200
6.2.5 锰的测定 …… 200
6.2.6 锌的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 201
6.2.7 氧化钙的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 201
6.2.8 铅、镉的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 202
6.2.9 铬的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 202
6.2.10 砷的测定——氢化物发生-原子荧光谱法 …… 202
6.2.11 汞的测定——氢化物发生-原子荧光谱法 …… 202
6.2.12 二氧化硅的测定——氟硅酸钾滴定法 …… 202
6.2.13 硫的测定——燃烧-中和滴定法 … 202
6.3 钴电解液分析 …… 203
6.3.1 钴的测定 …… 203
6.3.2 镍的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 204
6.3.3 铅的测定——极谱法 …… 204
6.3.4 铁的测定 …… 204
6.3.5 铜的测定——双硫腙-四氯化碳萃取滴定比色法 …… 205
6.3.6 锌的测定——纤维柱分离富集-火焰原子吸收光谱法 …… 205
6.4 金属钴分析 …… 205
6.4.1 铁的测定——磺基水杨酸吸光光度法 …… 205
6.4.2 铝的测定——铬天青 S-OP-TPB 吸光光度法 …… 206
6.4.3 硅的测定——硅钼蓝吸光光度法 … 206
6.4.4 砷的测定——砷钼蓝吸光光度法 … 206
6.4.5 磷的测定——磷钼蓝吸光光度法 … 207
6.4.6 镁的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 207
6.4.7 锌、镉、铅、铜和锰的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 207
6.4.8 镍的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 208
6.4.9 砷、锑、铋、锡、铅的测定——电热原子吸收光谱法 …… 208
6.4.10 碳、硫的测定——高频感应炉燃烧红外吸收法 …… 208
6.5 氧化钴分析 …… 208
6.5.1 钴的测定 …… 209
6.5.2 钙和镁的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 210
6.5.3 钠和钾的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 210
6.5.4 砷的测定——DDTC-Ag 吸光光度法 …… 211
6.5.5 镉的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 211
6.5.6 硫的测定——燃烧-碘量法 …… 212
6.5.7 碳和硫的测定——高频感应炉燃烧红外吸收法 …… 212
6.5.8 锌、镍、铜、铁、铅、镁、锰、钙和硅的测定——原子发射光谱法 … 213
6.6 草酸钴分析 …… 213
6.6.1 钴的测定——EDTA 滴定法 …… 214
6.6.2 铅的测定——电热原子吸收光谱法 …… 214
6.6.3 钙、镁、钠的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 214
6.6.4 镍、铁、锰、铜、硅、锌、铝的测定——原子发射光谱法 …… 215
6.6.5 砷的测定——DDTC-Ag 吸光光度法 …… 215
6.6.6 硫酸根的测定——目视比浊法 …… 215
6.6.7 氯离子的测定 …… 216
6.6.8 水分的测定——重量法 …… 216
6.7 工业硫酸钴分析 …… 216
6.7.1 钴的测定 …… 217
6.7.2 镍的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 217
6.7.3 铁的测定——邻菲咯啉吸光光

需要全本请访问 www.ertongbook.com

度法 …… 217
6.7.4 铜和锌的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 217
6.7.5 铅的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 218
6.7.6 硝酸根的测定——靛蓝二磺酸钠目视比色法 …… 218
6.7.7 氯化物的测定——比浊法 …… 218
6.7.8 水不溶物的测定——重量法 …… 218
参考文献 …… 218
第 7 章 锡冶金分析 …… 219
7.1 概述 …… 219
7.1.1 锡的分离与富集 …… 219
7.1.2 锡的测定方法 …… 220
7.2 锡精矿的分析 …… 220
7.2.1 锡的测定 …… 220
7.2.2 铅的测定 …… 223
7.2.3 铜的测定——双环己酮乙二酰二腙吸光光度法 …… 224
7.2.4 锌的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 225
7.2.5 砷的测定 …… 225
7.2.6 锑的测定 …… 226
7.2.7 铋的测定——原子吸收光谱法 …… 227
7.2.8 铁的测定——硫酸铈滴定法 …… 227
7.2.9 三氧化钨的测定——硫氰酸盐吸光光度法 …… 228
7.2.10 二氧化硅的测定——硅钼蓝吸光光度法 …… 229
7.2.11 三氧化二铝的测定——铬天青 S 吸光光度法 …… 229
7.2.12 氧化镁、氧化钙的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 230
7.2.13 银的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 230
7.2.14 汞的测定——冷原子吸收光谱法 …… 231
7.2.15 铜、铅的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 231
7.2.16 硫的测定 …… 232
7.2.17 水分的测定——重量法 …… 233
7.3 锡冶炼中间物料分析 …… 233
7.3.1 锡的测定——锌粉-氢氧化钠烧结-碘酸钾滴定法 …… 233
7.3.2 铅的测定 …… 234
7.3.3 铜的测定 …… 234
7.3.4 砷的测定——次磷酸钠-碘量法 …… 235
7.3.5 锑的测定 …… 236
7.3.6 铁的测定——硫酸铈滴定法 …… 237
7.3.7 硫的测定 …… 237
7.3.8 硅的测定——硅钼蓝吸光光度法 …… 237
7.3.9 铝的测定——EDTA 滴定法 …… 237
7.3.10 铟的测定 …… 238
7.3.11 铋的测定 …… 238
7.3.12 金的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 240
7.4 金属锡分析 …… 240
7.4.1 铜的测定——新铜试剂吸光光度法 …… 241
7.4.2 铁的测定 …… 241
7.4.3 铋的测定 …… 242
7.4.4 铅的测定 …… 243
7.4.5 锑的测定——孔雀绿吸光光度法 …… 244
7.4.6 砷的测定——砷钼杂多酸-孔雀绿吸光光度法 …… 244
7.4.7 铝的测定——铬天青 S-OP 吸光光度法 …… 245
7.4.8 铅、铜、锌的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 246
7.4.9 镉的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 246
7.4.10 硫的测定——蒸馏-示波极谱法 …… 246
7.5 锡合金分析 …… 247
7.5.1 锡的测定——碘酸钾滴定法 …… 248
7.5.2 铜的测定 …… 249
7.5.3 铅的测定 …… 249
7.5.4 铁的测定——邻菲咯啉吸光光度法 …… 250
7.5.5 铋的测定——硫脲吸光光度法 …… 250
7.5.6 锑的测定 …… 251
7.5.7 砷的测定——砷锑钼蓝分光光度法 …… 251
7.5.8 铝的测定——铬天青 S-OP 吸光光度法 …… 252
7.5.9 镉的测定——催化示波极谱法 …… 253
7.5.10 银的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 253
7.5.11 铅、铜、铁、铋、锌、镉量的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 254
7.5.12 硫的测定——蒸馏-示波极谱法 …… 255
7.5.13 镍的测定——示波极谱法 …… 255
参考文献 …… 255
第 8 章 铋冶金分析 …… 257
8.1 概述 …… 257
8.1.1 铋矿物的分解 …… 257

8.1.2 铋的分离与富集 …… 257
8.1.3 铋的测定方法 …… 258
8.2 铋精矿 …… 259
8.2.1 铋的测定——EDTA 滴定法 …… 259
8.2.2 三氧化钨的测定——硫氰酸盐吸光光度法 …… 260
8.2.3 砷的测定——碘量法 …… 261
8.2.4 二氧化硅的测定——硅钼蓝吸光光度法 …… 261
8.2.5 硫的测定——硫酸钡重量法 …… 262
8.2.6 铁的测定——EDTA 滴定法 …… 262
8.2.7 铅的测定——EDTA 滴定法 …… 263
8.2.8 银的测定——原子吸收光谱法 …… 264
8.2.9 三氧化二铝的测定——铬天青 S 吸光光度法 …… 264
8.2.10 铜的测定——碘量法 …… 265
8.2.11 钼的测定——硫氰酸盐吸光光度法 …… 265
8.2.12 铅和铜的测定——原子吸收光谱法 …… 266
8.3 粗铋分析 …… 266
8.3.1 铋的测定——EDTA 滴定法 …… 266
8.3.2 银的测定——硫氰酸钾滴定法 …… 266
8.3.3 碲的测定——单体碲比浊法 …… 266
8.4 铋冰铜、铋炉渣分析 …… 267
8.4.1 铋的测定 …… 267
8.4.2 银的测定——硫氰酸钾滴定法 …… 267
8.4.3 铜的测定——碘量法 …… 267
8.4.4 碲的测定——重铬酸钾滴定法 …… 268
8.4.5 锑的测定——硫酸铈滴定法 …… 268
8.4.6 铅的测定——EDTA 滴定法 …… 268
8.4.7 二氧化硅的测定——重量法 …… 268
8.4.8 钠的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 269
8.5 金属铋分析 …… 269
8.5.1 铜的测定——双乙醛草酰二腙吸光光度法 …… 269
8.5.2 铁的测定——邻菲咯啉吸光光度法 …… 270
8.5.3 锑的测定——孔雀绿吸光光度法 …… 271
8.5.4 银的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 271
8.5.5 锌的测定 …… 272
8.5.6 铅的测定——电热原子吸收光谱法 …… 273
8.5.7 砷的测定——离子交换分离-氢化物发生-火焰原子吸收光谱法 …… 273
8.5.8 碲的测定——砷共沉淀-示波极谱法 …… 274
8.5.9 锡的测定——铍共沉淀-苯基荧光酮吸光光度法 …… 275
8.5.10 汞的测定——冷蒸气原子吸收光谱法 …… 275
8.5.11 镍的测定——电热原子吸收光谱法 …… 276
8.5.12 银和镉的测定——电热原子吸收光谱法 …… 276
8.5.13 氯的测定——蒸馏-硫氰酸汞吸光光度法 …… 277
8.5.14 杂质元素的测定——原子发射光谱法 …… 277
参考文献 …… 278
第 9 章 镉冶金分析 …… 279
9.1 概述 …… 279
9.1.1 镉的分离与富集 …… 279
9.1.2 镉的测定方法 …… 280
9.2 冶炼原料分析 …… 280
9.2.1 镉的测定 …… 281
9.2.2 锌的测定 …… 281
9.2.3 铅和铜的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 282
9.3 镉冶炼中间物料分析 …… 282
9.3.1 镉的测定 …… 282
9.3.2 锌的测定 …… 283
9.3.3 铅的测定 …… 284
9.3.4 铜的测定 …… 285
9.3.5 铁的测定 …… 285
9.3.6 砷的测定 …… 286
9.3.7 锑的测定——孔雀绿吸光光度法 …… 286
9.3.8 钴的测定——亚硝基 R 盐吸光光度法 …… 286
9.3.9 锰的测定——硫酸亚铁铵滴定法 …… 286
9.3.10 氟的测定——离子选择电极法 … 286
9.3.11 氯的测定 …… 286
9.3.12 铊的测定——结晶紫吸光光度法 …… 287
9.3.13 硫酸的测定——酸碱滴定法 …… 287
9.3.14 镍的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 287
9.3.15 银的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 287
9.4 金属镉分析 …… 288
9.4.1 铜的测定——二乙基二硫代氨基

甲酸铅吸光光度法 …… 288
9.4.2 铁的测定——邻菲咯啉吸光光度法 …… 289
9.4.3 砷的测定——砷钼蓝吸光光度法 …… 289
9.4.4 锑的测定——5-Br-PADAP 吸光光度法 …… 290
9.4.5 锡的测定——苯基荧光酮-CTMAB 吸光光度法 …… 290
9.4.6 铊的测定——结晶紫吸光光度法 …… 291
9.4.7 镍的测定——丁二酮肟吸光光度法 …… 291
9.4.8 铅的测定 …… 292
9.4.9 锌的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 293
9.4.10 银的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 294
9.4.11 铜、镍、铅、锌、铁、铊的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 294
9.4.12 铜、铅、锌、铁的测定——ICP-AES 法 …… 294
9.4.13 铜、锌、铅、铁的测定——ICP-MS 法 …… 294
参考文献 …… 295
第 10 章 锑冶金分析 …… 296
10.1 概述 …… 296
10.1.1 锑的分离与富集 …… 296
10.1.2 锑的测定方法 …… 297
10.2 锑精矿 …… 297
10.2.1 锑的测定 …… 298
10.2.2 砷的测定——溴酸钾滴定法 …… 299
10.2.3 铅的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 300
10.2.4 锌的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 300
10.2.5 硒的测定 …… 301
10.2.6 汞的测定——冷原子吸收光谱法 …… 302
10.2.7 硫的测定——燃烧-酸碱滴定法 …… 302
10.2.8 金的测定 …… 303
10.2.9 银的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 304
10.2.10 锡的测定——水杨基荧光酮光度法 …… 304
10.2.11 湿存水的测定——重量法 …… 305
10.3 锑电解液 …… 305
10.3.1 硫化钠的测定——银盐电位滴定法 …… 305
10.3.2 氢氧化钠的测定——酸碱滴定法 …… 306
10.3.3 硫代硫酸钠、亚硫酸钠和多硫化钠的测定——碘量法 …… 306
10.3.4 硫酸钠的测定——硫酸钡重量法 …… 306
10.3.5 锑的测定——硫酸铈滴定法 …… 307
10.3.6 砷的测定——溴酸钾滴定法 …… 307
10.3.7 锡的测定——碘酸钾滴定法 …… 307
10.3.8 总钠的测定——硫酸钠重量法 … 307
10.3.9 总硫的测定——硫酸钡重量法 … 307
10.3.10 碳酸钠的测定——气量法 …… 308
10.4 金属锑分析 …… 308
10.4.1 砷的测定 …… 309
10.4.2 铁的测定——邻菲咯啉吸光光度法 …… 310
10.4.3 铜的测定——新铜试剂吸光光度法 …… 311
10.4.4 铅、铁、铜的测定——原子吸收光谱法 …… 311
10.4.5 硫的测定 …… 312
10.4.6 硒的测定——3,3′-二氨基联苯胺吸光光度法 …… 313
10.4.7 锡的测定 …… 314
10.4.8 铋的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 315
10.4.9 镉的测定——双硫腙吸光光度法 …… 315
10.4.10 钴的测定——5-Cl-PADAB 吸光光度法 …… 316
10.4.11 镍的测定——丁二酮肟吸光光度法 …… 317
10.4.12 铅、铁、铜、砷、铋、汞、硒的测定——ICP-AES 法 …… 318
10.5 三氧化二锑分析 …… 319
10.5.1 三氧化二锑的测定——碘量法 … 319
10.5.2 酒石酸不溶物的测定——重量法 …… 319
10.5.3 铅的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 320
10.5.4 铁的测定——邻菲咯啉光度法 … 320
10.5.5 铜的测定——双乙醛草酰二腙光度法 …… 321
10.5.6 硒的测定——硒试剂光度法 …… 321
10.5.7 砷的测定——砷钼蓝吸光光度法 …… 322

10.5.8 氯的测定——比浊法 …… 322
10.5.9 砷、铁、铜、铅和硒的测定——ICP-AES 法 …… 323
10.5.10 杂质元素的测定——原子发射光谱法 …… 323
10.6 三硫化二锑 …… 324
10.6.1 锑的测定——溴酸钾滴定法 …… 324
10.6.2 游离硫的测定——四氯化碳溶出-燃烧碘量法 …… 325
10.6.3 化合硫的测定——硫酸钡重量法 …… 326
10.6.4 王水不溶物的测定——重量法 … 326
10.6.5 盐酸不溶物的测定——重量法 … 326
10.6.6 三硫化二砷的测定——砷钼蓝吸光光度法 …… 327
10.7 锑酸钠 …… 327
10.7.1 总锑的测定——硫酸铈滴定法或高锰酸钾滴定法 …… 327
10.7.2 三价锑的测定——碘量滴定法 … 327
10.7.3 五价锑的测定——减量法 …… 327
10.7.4 氧化钾、氧化钠的测定——原子吸收光谱法 …… 328
10.7.5 钠的测定——重量法 …… 328
10.7.6 铁的测定——邻菲咯啉吸光光度法 …… 328
10.7.7 铅的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 328
10.7.8 砷的测定——钼蓝吸光光度法 … 328
10.7.9 铜的测定——新铜试剂吸光光度法 …… 328
10.7.10 铬的测定——二苯卡巴肼分光光度法 …… 328
10.7.11 钒的测定——PAR 吸光光度法 … 329
10.7.12 吸附水的测定——重量法 …… 329
10.7.13 烧失量的测定——重量法 …… 330
参考文献 …… 330
第 11 章 汞冶金分析 …… 331
11.1 概述 …… 331
11.1.1 汞的分离与富集 …… 331
11.1.2 汞的测定方法 …… 331
11.2 汞矿石和汞精矿中汞的测定 …… 332
11.2.1 硫氰酸盐滴定法 …… 332
11.2.2 铜试剂滴定法 …… 333
11.2.3 双硫腙吸光光度法 …… 334
11.2.4 双硫腙混色吸光光度法 …… 335
11.2.5 冷原子吸收光谱法 …… 335
11.2.6 原子荧光光谱法 …… 336
11.3 火法炼汞流程分析 …… 336
11.3.1 汞炭及烟尘中汞的测定 …… 336
11.3.2 炉渣中汞的测定 …… 337
11.4 湿法炼汞流程分析 …… 337
11.4.1 硫化钠、氢氧化钠和硫氢化钠的测定——酸碱滴定法连续测定 … 337
11.4.2 硫化钠的测定——碘量法 …… 338
11.4.3 氢氧化钠的测定——酸碱滴定法 …… 338
11.4.4 硫代硫酸钠的测定——碘量法 … 338
11.4.5 多硫化钠的测定——碘量法 …… 339
11.4.6 亚硫酸钠的测定——碘量法 …… 339
11.4.7 硫酸钠的测定——重量法 …… 339
11.4.8 氯化钠的测定——硝酸汞滴定法 …… 339
11.4.9 碳酸钠的测定 …… 340
11.5 汞精矿悬浮电解制取汞盐过程分析 … 341
11.5.1 电解液分析 …… 341
11.5.2 电解渣分析 …… 344
11.6 汞产品分析 …… 345
11.6.1 朱砂分析 …… 345
11.6.2 金属汞分析 …… 346
11.6.3 氧化汞分析 …… 349
11.6.4 氯化汞分析 …… 349
11.7 汞合金分析 …… 350
11.7.1 钛汞合金分析 …… 350
11.7.2 锌汞合金分析 …… 351
11.7.3 钠汞合金分析 …… 352
参考文献 …… 352
第 12 章 重金属冶金环境监测 …… 354
12.1 概述 …… 354
12.2 排放废水的检测 …… 354
12.2.1 废水样的采集 …… 354
12.2.2 pH 值的测定——玻璃电极法 …… 355
12.2.3 不可滤残渣（悬浮物）的测定 … 356
12.2.4 硫化物的测定 …… 357
12.2.5 氟化物的测定 …… 360
12.2.6 化学需氧量的测定——重铬酸钾法 …… 364
12.2.7 生化需氧量的测定 …… 366
12.2.8 砷的测定——二乙氨基二硫代甲酸银光度法 …… 370
12.2.9 镉、铜、铅和锌的测定——直接吸入火焰原子吸收光谱法 …… 371
12.2.10 铜的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 372
12.2.11 汞的测定——冷原子吸收光谱法 …… 373
12.2.12 镍的测定——火焰原子吸收

光谱法 …… 374
12.2.13 铅的测定 …… 375
12.2.14 锌的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 375
12.3 排放废气检测 …… 375
12.3.1 烟气采样方法 …… 375
12.3.2 颗粒物（烟尘）采样方法 …… 379
12.3.3 排放浓度、排放量的计算 …… 380
12.3.4 二氧化硫的测定——碘量法 …… 381
12.3.5 氟化物的测定——离子选择电极法 …… 382
12.4 固体废物检测 …… 385
12.4.1 试样的采集、制备和毒性的浸出 …… 385
12.4.2 总汞的测定——冷原子吸收光谱法 …… 386
12.4.3 铜、锌、铅、镉的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 386
12.4.4 砷的测定——二乙基二硫代氨基甲酸银分光光度法 …… 386
12.4.5 镍的测定——火焰原子吸收光谱法 …… 386
12.4.6 氟化物的测定——离子选择性电极法 …… 386
12.4.7 腐蚀性测定——玻璃电极法 …… 389
参考文献 …… 390
第 13 章 重金属选矿药剂分析 …… 391
13.1 概述 …… 391
13.2 黄药分析 …… 391
13.2.1 黄原酸盐的测定——乙酸铅滴定法 …… 391
13.2.2 游离碱的测定——乙酸滴定法 … 393
13.2.3 水分及挥发物的测定——红外干燥重量法 …… 393
13.3 黑药分析 …… 394
13.3.1 丁铵黑药的测定——碘量法 …… 394
13.3.2 水不溶物的测定——重量法 …… 395
13.3.3 25# 钠黑药的测定——碘量法 … 395
13.3.4 丁基钠黑药的测定——碘量法 … 396
13.4 松醇油分析 …… 397
13.4.1 松醇油的测定——气相色谱法 … 397
13.4.2 水分的测定——重量法 …… 398
13.4.3 杂质含量的测定——重量法 …… 398
13.4.4 甲基异丁基甲醇的测定——气相色谱法 …… 398
13.5 脂肪酸分析 …… 399
13.5.1 脂肪酸的测定——气相色谱法 … 399
13.5.2 酸值的测定——中和滴定法 …… 400
13.5.3 碘值的测定——滴定法 …… 401
13.5.4 不皂化物的测定——重量法 …… 402
13.5.5 磷酸二异辛酯（P204）的测定 … 402
13.5.6 磷酸二异辛酯（P-204）酸值的测定——氢氧化钾乙醇滴定法 … 403
13.6 废水中药剂成分的检测 …… 404
13.6.1 黄原酸盐的测定——黄原酸镍吸光光度法 …… 404
13.6.2 25# 钠黑药的测定——试亚铁灵吸光光度法 …… 405
13.6.3 松醇油的测定 …… 405
13.6.4 脂肪酸的测定——乙酸铜-吡啶吸光光度法 …… 406
13.6.5 油类的测定——重量法 …… 406
13.6.6 苯胺黑药的测定——偶氮化反应吸光光度法 …… 407
13.6.7 P_{507} 的测定——硫氰酸铁吸光光度法 …… 407
参考文献 …… 407
附录 用于原子吸收光谱分析与 ICP 方法的标准溶液 …… 408

第 1 章
重金属及重金属矿物

相对密度在 5 以上的金属，称作重金属。原子序数从 23（V）至 92（U）的天然金属元素有 60 种，除其中的 6 种外，其余 54 种的相对密度都大于 5，因此从相对密度的意义上讲，这 54 种金属都是重金属。但是，在进行元素分类时，其中有的属于稀土金属，有的划归了稀有金属，有的划归了贵金属，有的划归了难熔金属，最终在工业上真正划入重金属的为 10 种金属元素：铜、镍、钴、铅、锌、锡、铋、镉、锑和汞。

1.1 重金属

表 1-1 列出了重金属元素的基本性质。

表 1-1 重金属元素的基本性质

元素	原子序数	相对原子质量	状态及颜色	密度(25℃)ρ/(g/cm^3)	熔点 t_{mp}/℃	沸点 t_{bp}/℃
Co	27	58.93320	s,银灰	8.86	1495	2927
Ni	28	58.6934	s,银白	8.9	1455	2913
Cu	29	63.546	s,红	8.96	1804.62	2562
Zn	30	65.39	s,青白	7.14	419.53	907
Cd	48	112.411	s,银白	8.69	321.07	767
Sn	50	118.710	s,银白	7.28(白色)	231.93	2602
				5.769(灰色)	13.2 转为白色	
Sb	51	121.760	s,银白	6.68	630.63	1587
Hg	80	200.59	l,银白	13.5336(l)	−38.83	356.73
Pb	82	207.2	s,银白	11.3	327.46	1749
Bi	83	208.98037	s,银白	9.79	271.4	1564

这 10 种重金属除了具有金属共性及密度大于 5 以外，并无其他特别的共性。各种重金属各有各的性质。

纯铜是紫红色金属。纯铜很软，具有延展性、导热性和良好的导电性，但有微量的杂质（特别是 As 和 Sb）就会降低铜的导电性和增加其硬度。金属铜在常温下不与干燥空气中的氧化合，与含有 CO_2 的潮湿空气接触，铜的表面易生成绿锈［$Cu_2(OH)_2CO_3$］，称做铜绿。铜不溶于盐酸和稀硫酸，而溶于硝酸、王水和热浓硫酸。金属铜按组成的不同，分为高纯阴极铜和标准阴极铜两大类。金属铜主要用于制造导线、印刷线路板和铜合金。主要的铜合金有黄铜、青铜和白铜。

纯铅是蓝灰色金属。铅较软，能辗成薄片。铅不溶于稀硫酸和浓硝酸，而溶于稀硝酸或热浓硫酸中。在热的浓盐酸中铅能缓慢地溶解。铅主要用于制造蓄电池、电缆护套、保险丝、防腐材料、耐磨合金、焊料、辐射线防护材料、印刷活字版合金等。铅有毒。

纯锌是略带蓝色的银白色金属。金属锌在低温下很脆，在 100～150℃时有延展性，能压成薄板或抽成细丝，但加热至 200℃时会失去延展性，变得硬而脆，可研成细粉。金属锌在常温的干燥空气中稳定，在潮湿的空气中易氧化生成一层灰白色致密的碱性碳酸锌薄膜。利用此

需要全本请访问 www.ertongbook.com