

冶金材料分析 技术与应用

曹宏燕 主编

YEJIN CAILIAO
FENXI JISHU YU
YINGYONG



冶金工业出版社

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

冶金材料分析技术与应用

曹宏燕 主编

北 京

冶金工业出版社

2008

内 容 提 要

本书介绍了冶金材料分析技术和方法。全书分十章,撰写了 28 个元素分析的概述、各类分析方法通则、标准溶液的配制、测量不确定度及评定、测试方法精密度和精密度试验等基础知识,撰写了 400 个涉及钢铁、铁合金、有色金属、铁矿石、耐火材料、各种冶金辅料实用分析方法。本书的附录部分编辑了 GB、ISO、JIS、ASTM 及 YB、YS 等三千余条有关冶金材料分析方法标准最新目录、常用分析测试参数及各类铁合金、主要钢铁产品、有色金属产品牌号和化学成分规格。

本书内容丰富,实用性强,可供冶金、有色金属、机械、地矿、建材等无机材料专业的技术和管理人员阅读,也可供大学、职业院校有关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

冶金材料分析技术与应用/曹宏燕主编. —北京:冶金工业出版社, 2008. 9

ISBN 978-7-5024-4663-5

I. 冶… II. 曹… III. 冶金—材料—工业分析 IV. TF03

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 135234 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 postmaster@cnmip.com.cn

策划编辑 张 卫 责任编辑 章秀珍 王 楠

美术编辑 李 心 版式设计 张 青

责任校对 王贺兰 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-4663-5

北京盛通印刷股份有限公司印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2008 年 9 月第 1 版,2008 年 9 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16;67.75 印张;1 插页;1643 千字;1062 页;1—3000 册

195.00 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(100711) 电话:(010)65289081

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

《冶金材料分析技术与应用》

编辑委员会

主 任 刘振清

副 主 任 蒋扬虎 陈士华 宋木清 浦绍康

主 编 曹宏燕

委 员 (按姓氏笔画排列)

刘振清 陈士华 宋卫良 宋木清

李小杰 沈 克 张穗忠 林亚萍

闻向东 浦绍康 曹宏燕 蒋扬虎

前 言

长期以来,一直将“分析测试”形象地比喻为工业生产的“眼睛”。在冶金产品生产中分析测试对产品质量监督、控制和评价等方面发挥了重要作用,并为产品研发、工艺研究提供成分和结构分布等关键信息。二十多年来,冶金分析技术本身得到长足的发展。分析技术的进步、分析仪器的发展和广泛应用也促进了冶金新材料和新工艺的发展。目前,相当多的实验室实现了以现代分析仪器测试为主的分析体系,大大提高了分析测试效率和分析精度。随着冶金分析技术的进步和分析仪器的广泛应用,痕量成分分析和仪器分析方法得到迅速发展。另一方面,通过实验室的国家认可和能力验证工作的开展,各级实验室的管理意识和水平得到了很大的提高。

近年来国内出版了不少有关冶金分析技术和方法的著作及标准汇编,推动了冶金分析事业的发展。在此基础上,我们以黑色冶金材料分析为主,总结国内外冶金分析技术行业和武钢十多年来的研究成果和采用的先进分析技术,结合经典的分析方法,筛选了约 400 个各类冶金材料分析方法,撰写了有关分析实验室管理的基础性材料和信息,编著了《冶金材料分析技术与应用》一书。

本书编著的内容紧密结合冶金分析实践,有近三分之二的篇幅涉及钢铁、铁合金、有色金属、铁矿石、耐火材料及各类冶金原辅助材料的分析方法。其中相当一部分是代表现代分析技术的原子吸收光谱、等离子体原子发射光谱、X 射线荧光光谱、红外吸收光谱、离子选择电极等分析方法。多数分析方法加有注释,较详细阐述了方法的特点、分析干扰及干扰消除方法、操作中的注意事项、方法标准等相关知识,以使分析者加深对方法的认识并更好掌握分析方法。编著的分析方法在保证可靠性、先进性的前提下,强调实用性和可操作性。

另有三分之一篇幅是有关冶金分析技术和管理的基础性知识和相关信息,具有一定的新颖性和很好的实用价值,是提高实验室分析和管理人员分析测试理论的理想参考资料。本书撰写了冶金分析中常见的 28 个元素(分 25 节)测定的概述,介绍了各元素的分析化学性质,分离和分析方法的原理、特点及应用等基础知识;书中重点阐述了在传统误差理论上发展起来的测量不确定度和测试方法精密度的基础理论和相关统计方法,这在当今认可实验室质量管理和标准化管理中是必要而且是必须掌握的基础性知识。本书附录中列出了三千多条 GB、ISO、JIS、ASTM、YB、YS 等有关冶金材料分析方法标准和基础标准的最新目录(至 2007 年、2008 年),为读者在标准化工作中检索国内外分析方法标

准提供了一个实用的查询平台;本书编著了5个分析方法的通则和一个实验室安全通则,规定了实验室采用这些方法及使用分析仪器需遵循的基本要求。在附录中除列出常用分析测试参数外,根据最新国家或行业标准列表表示各类铁合金、主要钢铁和有色金属产品牌号的化学成分规格,便于读者在分析测试中查询和对照。

本书可供从事冶金、机械、建材、地矿等行业分析人员和实验室使用,编著的基础性内容可作为分析人员知识更新的培训教材。本书亦可供大学、职业院校分析测试专业师生参考。

除编委会成员工作外,武钢研究院和质检中心张春兰、杨芸、曹隽、周正伦等为本书编撰了附录的部分内容并校对书稿。北京钢铁研究总院柯瑞华、胡晓燕教授,北京冶金研究所郑国经教授,武汉大学尹权、张华山教授,太钢技术中心魏绪俭教授,上海材料研究所鄢国强、马冲先教授,无锡英之诚高速分析仪器有限公司严恒太高工,武汉科技大学徐建平、李维翰教授,武汉冶金研究所王家武高工,吉林铁合金股份有限公司毕军教授,刘冰、杨帆高工,峨眉铁合金有限责任公司唐华应、方艳高工,宝钢研究院刘小平高工,宝钢特殊钢分公司王玉娟高工,冶金信息标准研究院陈自斌教授,中国标准化协会彭祖寿高工等对书稿提出了宝贵的意见并提供了有价值的材料;武钢研究院检测试验研究所的同志对书稿提出了修改意见,并对部分方法进行试验验证工作;本书编著过程中得到了武钢研究院、科技创新部、质检中心等单位的领导和技术人员的关心、支持和帮助,在此谨对为本书做出贡献的各界人士表示衷心的感谢;在书稿撰写过程中,参考或引用了国内外公开发表的资料,在此也向文献的作者致以谢意;最后特别感谢作者的导师、著名分析化学界前辈、94岁高龄的武汉大学曾云鹗教授,数十年来对作者的关心、教育和培养,以及对本书出版的关注。本书的顺利出版要感谢冶金工业出版社的鼎力支持和辛勤工作。

本书仓促成篇,受学识、经验、信息及能力所限,书中不足、不妥之处难免,恳请各界专家与读者不吝指正。

作 者
2008年6月

目 录

第一章 元素分析概述	1
第一节 碳含量测定	1
第二节 硫含量测定	8
第三节 硅含量测定	14
第四节 磷含量测定	21
第五节 锰含量测定	28
第六节 铜含量测定	34
第七节 镍含量测定	40
第八节 铬含量测定	44
第九节 钒含量测定	50
第十节 钼含量测定	54
第十一节 铝含量测定	59
第十二节 钛含量测定	66
第十三节 钨含量测定	70
第十四节 铌含量测定	75
第十五节 钴含量测定	80
第十六节 砷含量测定	84
第十七节 硼含量测定	89
第十八节 铁含量测定	94
第十九节 锡含量测定	100
第二十节 锑含量测定	105
第二十一节 铅含量测定	111
第二十二节 锌含量测定	117
第二十三节 钙、镁含量测定	121
第二十四节 稀土元素测定	127
第二十五节 氧、氮、氢含量测定	133
第二章 分析测试方法通则	143
第一节 分析测试和分光光度分析方法通则	143
第二节 火焰原子吸收光谱(AAS)分析方法通则	145
第三节 电感耦合等离子体发射光谱(ICP-AES)分析方法通则	149
第四节 光电发射光谱分析方法通则	153

第五节 X 射线荧光光谱(XRF)分析方法通则	157
第六节 化学实验室安全和环保要求通则	161
第三章 标准溶液的配制	167
第一节 元素(成分)标准溶液的配制	167
第二节 标准滴定溶液的配制和标定	175
第四章 钢铁材料分析方法	185
第一节 碳含量的测定	185
一、燃烧气体容量法测定碳含量	185
二、高频感应炉燃烧红外吸收法测定碳、硫含量	190
三、基准物质校准-高频感应炉燃烧红外吸收法测定碳、硫含量	193
四、燃烧非水滴定法测定碳含量	195
五、非化合碳含量的测定	198
第二节 硫含量的测定	199
一、燃烧碘量法测定硫含量	199
二、通氮燃烧-碘量法测定生铁、铸铁中硫含量	203
第三节 硅含量的测定	205
一、硅钼蓝光度法测定硅含量	205
二、硅钼蓝光度法测定酸溶性硅和全硅含量	207
三、硅钼蓝光度法测定硅含量(快速法)	210
四、高氯酸脱水重量法测定硅含量	211
五、氟硅酸钾沉淀碱滴定法测定硅含量	213
六、铜铁试剂分离正丁醇萃取钼蓝光度法测定痕量硅	215
第四节 磷含量的测定	216
一、钼磷钼蓝光度法测定磷含量(一)	216
二、钼磷钼蓝光度法测定磷含量(二)	218
三、氟化钠-氯化亚锡磷钼蓝光度法测定磷含量(快速法)	219
四、乙酸丁酯萃取磷钼蓝光度法测定磷含量	222
五、正丁醇-三氯甲烷萃取钼蓝光度法测定磷含量	224
六、磷钒钼黄光度法测定磷含量	226
第五节 锰含量的测定	227
一、高碘酸钠(钾)氧化光度法测定锰含量	227
二、过硫酸铵氧化光度法测定锰含量	229
三、硝酸铵氧化亚铁滴定法测定锰含量	230
四、高氯酸氧化亚铁滴定法测定锰含量	232
五、亚砷酸钠-亚硝酸钠滴定法测定锰含量	234
第六节 铬含量的测定	236
一、过硫酸铵银盐氧化-亚铁滴定法测定铬含量	236

二、高氯酸氧化-亚铁滴定法测定铬含量	240
三、碳酸钠分离-二苯碳酰二肼光度法测定铬含量	242
四、MIBK 萃取分离-二苯碳酰二肼光度法测定铬含量	243
第七节 镍含量的测定	245
一、丁二酮肟光度法测定镍含量	245
二、萃取分离丁二酮肟光度法测定镍含量	246
三、丁二酮肟沉淀分离 EDTA 滴定法测定镍含量	248
四、EDTA 直接滴定法测定镍含量	249
五、丁二酮肟重量法测定镍含量	251
第八节 铜含量的测定	253
一、双环己酮草酰二脲光度法测定铜含量	253
二、双环己酮草酰二脲光度法测定铜含量(快速法)	255
三、新亚铜灵-三氯甲烷萃取光度法测定铜含量	256
四、硫代硫酸钠沉淀分离碘量法测定铜含量	257
第九节 钒含量的测定	260
一、高锰酸钾氧化-亚铁滴定法测定钒含量	260
二、过硫酸铵氧化-亚铁滴定法测定钒(和铬)含量	261
三、5-Br-PADAP-过氧化氢光度法测定钒含量	263
四、3,5-二溴-PADAP 过氧化氢光度法测定钒含量	264
五、钼试剂-三氯甲烷萃取光度法测定钒含量	266
第十节 钼含量的测定	268
一、硫氰酸盐抗坏血酸还原光度法测定钼含量	268
二、硫氰酸盐氯化亚锡还原光度法测定钼含量	269
三、硫氰酸盐乙酸丁酯萃取光度法测定钼含量	270
四、 α -安息香肟重量法测定钼含量	272
第十一节 钛含量的测定	275
一、二安替吡啉甲烷光度法测定钛含量	275
二、变色酸光度法测定钛含量	277
三、二氯化锡-二安替吡啉甲烷萃取光度法测定钛含量	279
四、MIBK 萃取分离-邻硝基苯基荧光酮光度法测定钛含量	280
第十二节 铝含量的测定	281
一、锌-EDTA 掩蔽铬天青 S 光度法测定铝含量	281
二、CyDTA、Zn-EDTA 铬天青 S 光度法测定酸溶铝含量	283
三、铬天青 S 光度法测定酸不溶铝含量	285
四、铜铁试剂分离-铬天青 S 光度法测定铝含量	286
五、萃取分离-铬天青 S、OP 光度法测定痕量铝	288
六、铜试剂分离-EDTA 滴定法测定铝含量	290
七、冰晶石沉淀分离-EDTA 滴定法测定铝含量	292
第十三节 钨含量的测定	294

一、硫氰酸盐光度法测定钨含量	294
二、硫氰酸盐 - 盐酸氯丙嗪三氯甲烷萃取光度法测定钨含量	296
三、氯化四苯肼 - 硫氰酸盐 - 三氯甲烷萃取光度法测定钨含量	298
四、辛可宁重量法测定钨含量	299
第十四节 钴含量的测定	303
一、5 - Cl - PADAB 光度法测定钴含量	303
二、亚硝基 R 盐光度法测定钴含量	305
三、电位滴定法测定钴含量	306
第十五节 铈含量的测定	309
一、氯磺酚 S 光度法测定铈含量	309
二、二甲酚橙光度法测定铈含量	311
三、丹宁酸沉淀分离 - PAR 光度法测定铈含量	313
四、苯肼酸共沉淀分离 - PAR 光度法测定铈含量	314
第十六节 锆含量的测定	316
一、对 - 溴苦杏仁酸沉淀分离 - 偶氮胂 III 光度法测定锆含量	316
二、偶氮胂 III 直接光度法测定锆含量	318
第十七节 稀土总量的测定	319
一、偶氮氯膦 mA 光度法测定稀土总量	319
二、偶氮氯膦 III 光度法测定稀土总量	320
三、DBC - 偶氮胂光度法测定稀土总量	321
第十八节 砷含量的测定	323
一、砷化氢发生 - 铜试剂银盐光度法和砷钼蓝光度法测定砷含量	323
二、蒸馏分离 - 砷钼蓝光度法测定砷含量	325
三、乙酸丁酯、甲基异丁酮萃取 - 钼蓝光度法测定磷、砷含量	327
第十九节 镁含量的测定	330
一、偶氮氯膦 I 光度法测定镁含量	330
二、铜试剂分离 - 二甲苯胺蓝 II 光度法测定镁含量	331
第二十节 锡含量的测定	333
一、苯基荧光酮 - CTMAB 光度法测定锡含量	333
二、邻苯二酚紫 - CTMAB 光度法测定锡含量	334
三、氢氧化铍共沉淀碘化物萃取分离 - 苯基荧光酮光度法测定锡含量	337
四、碘化物萃取分离 - 苯基荧光酮光度法测定锡含量	339
第二十一节 硼含量的测定	340
一、姜黄素直接光度法测定硼含量	340
二、甲醇蒸馏 - 姜黄素光度法测定硼含量	342
三、1 - 羟基 - 4 - 对甲苯胺基 - 蒽醌 (HPTA) 光度法测定硼含量	345
四、离子选择电极法测定硼含量	346
第二十二节 铈含量的测定	348
一、孔雀绿 - 苯萃取光度法测定铈含量	348

二、载体沉淀 - 钼蓝光度法测定锑含量	350
第二十三节 氮含量的测定	352
一、蒸馏 - 中和滴定法测定氮含量	352
二、蒸馏 - 靛酚蓝光度法测定氮含量	355
三、脉冲加热惰性气体熔融热导法测定氮含量	358
第二十四节 氧和氢含量的测定	360
一、脉冲加热惰性气体熔融红外吸收法测定氧含量	360
二、脉冲加热惰性气体熔融热导法(或红外法)测定氢含量	362
第二十五节 原子吸收、原子荧光、原子发射、ICP - AES、X 荧光等分析方法	364
一、原子吸收光谱法测定锰、镍、铜、钴含量	364
二、原子吸收光谱法测定铬含量	366
三、原子吸收光谱法测定镁含量	367
四、碘化物萃取 - 原子吸收光谱法测定痕量铅、锑含量	368
五、氢化物发生 - 原子荧光光谱法测定砷和铋含量	370
六、氢化物发生 - 原子荧光光谱法测定锑含量	372
七、ICP - AES 法测定碳素钢、低合金钢中多元素含量	373
八、ICP - AES 法测定低合金钢、合金钢和合金铸铁中多元素含量	377
九、ICP - AES 法测定低合金钢、合金钢中铌等合金元素含量	379
十、ICP - AES 法测定低合金钢、合金钢中钨等合金元素含量	382
十一、ICP - AES 法测定铸铁、低合金钢中镁、铜、铁含量	385
十二、ICP - AES 法测定低合金钢、合金钢中钙、镁、钡含量	386
十三、ICP - AES 法测定低合金钢中钙含量	387
十四、微波消解 ICP - AES 法测定全铝和全硼含量	389
十五、碳素钢和中低合金钢、铸铁及不锈钢火花源原子发射光谱分析方法	391
十六、X 射线荧光光谱法测定钢铁中多元素含量	397
十七、辉光放电原子发射光谱法测定中低合金钢中多元素含量	400
第五章 铁合金分析方法	407
第一节 铁合金中碳、硫分析方法	407
一、高频感应炉燃烧红外吸收法测定碳、硫含量	407
二、燃烧气体容量法测定铁合金中碳含量	409
三、燃烧滴定法测定硫含量	410
四、通氮燃烧 - 碘量法测定锰铁和硅铁中硫含量	413
第二节 硅铁分析方法	415
一、氟硅酸钾沉淀碱滴定法测定硅含量	415
二、高氯酸脱水重量法测定硅含量	417
三、钼磷钼蓝光度法测定磷含量	419
四、碱分离 - EDTA 滴定法测定铝含量	420
五、锌 - EDTA 掩蔽铬天青 S 光度法测定铝含量	422

六、高碘酸盐氧化光度法测定锰含量	424
七、EDTA 滴定法测定钙含量	425
八、二安替吡啉甲烷光度法测定钛含量	426
九、重铬酸钾滴定法测定铁含量	427
十、铬、镍、铜等元素的联合测定	429
十一、原子吸收光谱法测定硅铁和工业硅中钙、锰、镍、铜、铬、铁等元素含量	431
十二、ICP - AES 法测定硅铁和工业硅中铝、钙、磷、锰、铬、镍、锶、铜、钛、 铁等元素含量	433
第三节 锰铁、锰硅合金分析方法	436
一、三价锰 - 硫酸亚铁铵滴定法测定锰含量	436
二、氟硅酸钾沉淀碱滴定法测定硅含量	437
三、硅钼蓝光度法测定硅含量	439
四、高氯酸脱水重量法测定锰硅合金中硅含量	440
五、高氯酸脱水重量法测定锰铁中的硅含量	441
六、钼磷钼蓝光度法测定磷含量	443
七、磷钒钼黄光度法测定磷含量	444
八、ICP - AES 法测定磷、铝、铜、镍、铬等元素含量	446
第四节 铬铁、硅铬合金分析方法	448
一、酸溶 - 过硫酸铵氧化亚铁滴定法测定铬铁中铬含量	448
二、碱熔 - 过硫酸铵氧化亚铁滴定法测定铬铁、硅铬合金中铬含量	450
三、高氯酸脱水重量法测定硅含量	451
四、硅钼蓝光度法测定硅含量	453
五、钼磷钼蓝光度法测定磷含量	455
六、高碘酸盐氧化光度法测定锰含量	457
七、二安替吡啉甲烷光度法测定钛含量	458
八、ICP - AES 法测定微碳、低碳铬铁中磷、铜、铝、锰、镍、钒、钛、钼、锌等元 素含量	460
九、ICP - AES 法测定硅铬合金中的铝、锰、磷含量	461
第五节 钼铁分析方法	463
一、钼酸铅重量法测定钼含量	463
二、硅钼蓝光度法测定硅含量	464
三、硫酸脱水重量法测定硅含量	465
四、钼磷钼蓝光度法测定磷含量	466
五、高碘酸盐光度法测定锰含量	468
六、双环己酮草酰二脲光度法测定铜含量	469
七、原子吸收光谱法测定锰和铜含量	470
八、ICP - AES 法测定硅、磷、铜、锰等元素含量	471
九、ICP - AES 法测定锑和锡含量	472
第六节 钒铁分析方法	474

一、高锰酸钾氧化硫酸亚铁铵滴定法测定钒含量	474
二、过硫酸铵氧化硫酸亚铁铵滴定法测定钒含量	475
三、硅钼蓝光度法测定硅含量	476
四、硫酸脱水重量法测定硅含量	477
五、高碘酸盐光度法测定锰含量	479
六、钼磷钼蓝光度法测定磷含量	480
七、磷钒钼黄光度法测定磷含量	481
八、铬天青 S 光度法测定铝含量	482
九、原子吸收光谱法测定锰含量	483
十、ICP - AES 法测定锰、硅、磷、铝含量	485
第七节 钛铁分析方法	486
一、硫酸高铁铵滴定法测定钛含量	486
二、过氧化氢光度法测定钛含量	488
三、硫酸脱水重量法测定硅含量	489
四、钼磷钼蓝光度法测定磷含量	490
五、高碘酸盐氧化光度法测定锰含量	492
六、碱分离 - EDTA 滴定法测定铝含量	493
七、双环己酮草酰二脒光度法测定铜含量	495
八、ICP - AES 法测定铝、磷、锰、铜含量	496
九、ICP - AES 法测定钛含量	497
第八节 铌铁分析方法	499
一、丹宁酸水解重量法测定铌含量	499
二、结晶紫 - 苯萃取光度法测定铌含量	502
三、硫酸脱水重量法测定硅含量	503
四、碱分离钼磷钼蓝光度法测定磷含量	504
五、变色酸光度法测定钛含量	506
六、碱分离 - EDTA 滴定法测定铝含量	507
七、ICP - AES 法测定铌、钽含量	509
第九节 钨铁分析方法	511
一、辛可宁重量法测定钨含量	511
二、氢氧化铍共沉淀分离钼磷钼蓝光度法测定磷含量	513
三、硅钼蓝光度法测定硅含量	514
四、高碘酸盐光度法测定锰含量	515
五、原子吸收光谱法测定铜、锰含量	516
六、ICP - AES 法测定磷、硅、锰、铜含量	517
七、共沉淀分离 ICP - AES 法测定铅、锡、铋含量	519
八、氢氧化铍共沉淀分离 ICP - AES 法测定磷、砷含量	521
第十节 硼铁分析方法	522
一、甘露醇酸碱滴定法测定硼含量	522

二、高氯酸脱水重量法测定硅含量	524
三、氟硅酸钾沉淀碱滴定法测定硅含量	525
四、硅钼蓝光度法测定硅含量	527
五、钼磷钼蓝光度法测定磷含量	528
六、碱分离 - EDTA 滴定法测定铝含量	529
七、铬天青 S 光度法测定铝含量	530
八、微波消解 ICP - AES 法测定硼含量	532
第十一节 磷铁分析方法	533
一、磷钼酸铵沉淀酸碱滴定法测定磷含量	533
二、磷钒钼黄光度法测定磷含量	535
三、高氯酸脱水重量法测定硅含量	536
四、高碘酸盐氧化光度法测定锰含量	537
五、ICP - AES 盐法测定磷含量	538
第十二节 稀土合金分析方法	539
一、草酸盐沉淀重量法测定稀土总量	539
二、过硫酸铵氧化 - 亚铁滴定法测定铈含量	541
三、氟硅酸钾沉淀碱滴定法测定硅含量	543
四、偶氮胂 III 光度法测定钪含量	543
五、EDTA 滴定法测定钙、镁含量	545
六、二安替吡啉甲烷光度法测定钛含量	547
七、高碘酸盐氧化光度法测定锰含量	548
八、原子吸收光谱法测定钙、镁、锰含量	549
九、ICP - AES 法测定铝、钙、锰、钛和磷含量	551
第十三节 硅钙、硅铝、硅钡、硅钼铝、硅钙钼铝等合金分析方法	553
一、氟硅酸钾沉淀碱滴定法测定硅量	553
二、EDTA 滴定法测定钙含量	554
三、六次甲基四胺 - 强碱分离 EDTA 滴定法测定铝含量	556
四、强碱分离 EDTA 滴定法测定铝含量	558
五、硫酸钡重量法测定钡含量	560
六、铬酸钡沉淀亚铁滴定法测定钡含量	562
七、钼磷钼蓝光度法测定磷含量	563
八、高碘酸盐氧化光度法测定锰含量	565
九、重铬酸钾滴定法测定铁含量	566
十、ICP - AES 法测定硅铝钼合金中钙、钡、锰和磷含量	567
十一、ICP - AES 法测定硅钙合金中铝、磷和锰含量	569
十二、ICP - AES 法测定硅钙钼铝合金中钙、钡、铝、锰和磷含量	571
第六章 有色金属分析方法	573
第一节 铝和铝合金分析方法	573

一、EDTA 滴定法测定铝含量	573
二、硅钼蓝光度法测定硅含量	574
三、邻二氮杂菲光度法测定铁含量	576
四、过硫酸铵氧化光度法测定锰含量	577
五、二安替吡啉甲烷光度法测定钛含量	578
六、丁二酮肟光度法测定镍含量	578
七、硫氰酸盐萃取分离 EDTA 滴定测定锌含量	579
八、二苯碳酰二肼光度法测定铬含量	580
九、铜试剂分离 EDTA 滴定法测定镁含量	581
十、兴多偶氮氯膦 I 光度法测定镁含量	583
十一、双环己酮草酰二脲(BCO)光度法测定铜含量	584
十二、二甲酚橙光度法测定钴含量	585
十三、原子吸收光谱法测定铜、铁、镉、铅、锰、锌、镍、镁、铬含量	586
十四、ICP-AES 法测定铝和铝合金中铁、铜、锌、钛、镁、锰、铬、镍含量	588
十五、ICP-AES 法测定铝和铝合金中硅含量	590
第二节 铜和铜合金分析方法	592
一、电解重量法测定铜含量	592
二、硫代硫酸钠滴定法测定铜含量	595
三、EDTA 滴定法测定铜含量	597
四、丁二酮肟沉淀分离-EDTA 滴定法测定镍含量	598
五、铬酸铅沉淀-亚铁滴定法测定铅含量	600
六、电解重量法和电解分离-EDTA 滴定法测定铅含量	601
七、次磷酸盐还原-碘酸钾滴定法测定锡含量	603
八、硅钼蓝光度法测定硅含量	605
九、EDTA 滴定法测定铝含量	606
十、硫氰酸盐萃取分离-EDTA 滴定法测定锌含量	608
十一、磷钒钼黄光度法测定磷含量	610
十二、邻二氮杂菲光度法测定铁含量	611
十三、结晶紫萃取光度法测定锑含量	613
十四、原子吸收光谱法测定铅、锌、铁、镁、镉、钴、镍、锰含量	614
十五、ICP-AES 法测定铜和铜合金中铁、铬、镍等元素含量	617
十六、ICP-AES 法测定铜和铜合金中痕量磷、铋、锑、砷等元素含量	620
第三节 锌和锌合金分析方法	623
一、EDTA 滴定法测定铝含量	623
二、铬天青 S 光度法测定铝含量	624
三、硅钼蓝光度法测定硅含量	625
四、邻二氮杂菲光度法测定铁含量	626
五、三溴偶氮胂光度法测定镉、铈含量	627
六、BCO 光度法测定铜含量	628

七、原子吸收光谱法测定铜、铁、镉、铅、镍、镁、锑含量	629
八、ICP - AES 法测定锌和锌合金中铅、镉、铁、铜、锡等元素含量	631
第四节 镁和镁合金分析方法	633
一、EDTA 滴定法测定铝含量	633
二、高碘酸钾氧化光度法测定锰含量	635
三、硅钼蓝光度法测定硅含量	636
四、浊度法测定氯含量	637
五、原子吸收光谱法测定铜、铁、锰、锌、镍、钙含量	638
六、ICP - AES 法测定金属镁中铁、铜、锰、铝、硅和镍含量	639
七、ICP - AES 法测定镁合金中铝、锌、锰、铜、铁、镍和铍含量	641
第五节 铅锡合金分析方法	643
一、碘量法测定锡含量	643
二、氟盐取代 EDTA 滴定法测定锡含量	644
三、沉淀分离 EDTA 滴定法测定铅含量	646
四、高锰酸钾滴定法测定锑含量	647
五、砷锑钼蓝光度法测定砷含量	648
六、ICP - AES 法测定铅锡焊料中的铜、铁、镉、砷、锌、铝、铋、磷、银和金含量	650
第六节 镍分析方法	653
一、丁二酮肟沉淀分离 EDTA 滴定法测定镍含量	653
二、铋磷钼蓝光度法测定磷含量	654
三、原子吸收光谱法测定镉、钴、铜、锰、铅、锌和镁含量	656
四、ICP - AES 法测定金属镍中铁、铜、铝、锰、钴、硅、磷、镁、铅、镉、锌含量	658
五、电热原子吸收光谱法测定砷、锑、铋、锡、铅含量	660
第七章 矿石及辅助材料分析方法	663
第一节 铁矿石分析方法	663
一、三氯化钛还原 - 重铬酸钾滴定法测定全铁含量	663
二、亚铁含量的测定	665
三、金属铁含量的测定	667
四、二氧化硅、三氧化二铝、氧化钙和氧化镁含量的联合测定	668
五、高氯酸脱水重量法测定硅含量	673
六、硅钼蓝光度法测定二氧化硅含量	674
七、碱熔融沉淀分离 - 氟盐取代 EDTA 络合滴定法测定三氧化二铝含量	676
八、锌 - EDTA 掩蔽铬天青 S 光度法测量三氧化二铝含量	678
九、铋磷钼蓝光度法测定磷含量	679
十、磷钼酸铵沉淀中和滴定法测定磷含量	681
十一、磷钒钼黄光度法测定磷含量	683
十二、燃烧碘量法测定硫含量	684
十三、硫酸钡重量法测定硫含量	686

十四、高碘酸盐氧化光度法测定锰含量	688
十五、二安替吡啉甲烷光度法测定二氧化钛含量	689
十六、铝还原硫酸高铁铵滴定法测定钛含量	691
十七、高锰酸钾氧化硫酸亚铁铵滴定法测定钒含量	693
十八、钼试剂萃取光度法测定钒含量	695
十九、双环己酮草酰二脒光度法测定铜含量	696
二十、二苯基碳酰二肼光度法测定铬含量	698
二十一、丁二酮肟光度法测量镍含量	699
二十二、离子选择电极法测定氟含量	700
二十三、5-氯-PADAB 光度法测定钴含量	703
二十四、亚硝基 R 盐光度法测定钴含量	704
二十五、砷化氢发生-铜试剂银盐光度法和砷钼蓝光度法测定砷含量	705
二十六、草酸盐重量法测定稀土总量	708
二十七、灼烧减量的测定	710
二十八、原子吸收光谱法测定铁矿石中钾、钠、钙、镁、锰、铜、锌、钴、铅 等元素含量	711
二十九、酸溶 ICP-AES 法测定铁矿石中钾、钠、钙、镁、锰、铜、磷、 锌等元素含量	715
三十、碱熔 ICP-AES 法测定硅、铝、钙、镁、钛、锰、磷等元素含量	717
三十一、ICP-AES 法测定氧化铁粉中的硅、铝、钙、镁、锰、铬、磷、钠和 硫等元素含量	720
三十二、X 射线荧光光谱法测定铁矿石中硅、铝、钙、镁、钛、磷、锰、 钡和全铁含量	722
三十三、高频感应炉燃烧红外吸收法测定碳、硫含量	725
第二节 炉渣、保护渣分析方法	727
一、碳含量的测定	727
二、游离碳量的测定	728
三、氟硅酸钾沉淀碱滴定法测定二氧化硅含量	730
四、二氧化硅、三氧化二铝、氧化钙、氧化镁和二氧化钛含量的测定	732
五、高炉渣中二氧化硅、氧化钙和氧化镁含量的快速测定	736
六、三氯化钛-重铬酸钾滴定法测定全铁含量	738
七、高碘酸盐氧化光度法测定锰含量	739
八、硫化氢碘量法测定高炉渣中的硫含量	740
九、钼磷钼蓝光度法测定磷含量	741
十、游离氧化钙含量的测定	743
十一、离子选择电极法测定氟含量	744
十二、蒸馏-锆盐滴定法测定氟含量	746
十三、ICP-AES 法测定铝、镁、锰、铁、钛和磷含量	748
十四、原子吸收光谱法测定钾、钠、锂、镁、锰、铁等元素含量	750