

铅锌冶金学

METALLURGY OF LEAD AND ZINC

《铅锌冶金学》编委会 编



科学出版社

www.sciencep.com

铅 锌 冶 金 学

METALLURGY OF LEAD AND ZINC

《铅锌冶金学》编委会 编

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书为铅锌冶金学专著,涵盖了铅锌冶金学的基础理论、工艺和设备,着重介绍国内外的新理论、新工艺、新设备及前沿成果。

全书共 21 章,主要内容包括铅锌资源及市场发展,铅锌及主要伴生金属的物理化学性质,传统生产工艺的基本原理和生产技术的发展与经验总结,系统介绍了近期发展起来的硫化铅精矿直接熔炼,全面总结了 20 世纪 70 年代以来湿法炼锌(含热酸浸出、高压氧浸及各种沉铁方法)的进展,对鼓风炉炼锌的原理和工艺特点、铅锌废料再生处理、铅锌冶金常用材料和新型筑炉材料作了较为系统的叙述。为了适应市场经济发展的需要,适当介绍了铅锌冶炼厂的原料综合利用和产品延伸。从环境保护和清洁生产需要出发,简单叙述了烟气与污水治理方法,综合了国内外铅锌冶炼厂的职业卫生和劳动保护措施。

本书内容丰富,结构新颖,适用于从事有色冶金的科研、生产、设计、教学人员及高校冶金专业高年级学生、研究生,也可供生产管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

铅锌冶金学/《铅锌冶金学》编委会编. —北京:科学出版社,2003.3

ISBN 7-03-011006-4

I. 铅… II. 锌… III. ①有色金属冶金②炼锌 IV. TF81

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 099888 号

责任编辑:杨家福 / 责任校对:柏连海

责任印制:刘士平 / 封面设计:张放

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2003年3月第一版 开本:787×1092 1/16

2003年3月第一次印刷 印张:52 3/4

印数:1—4 000 字数:1 217 000

定价:100.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

《铅锌冶金学》编委会

(按姓氏笔画排序)

主任	梅 焱			
副主任	马 进	王忠实	李 勇	李夏林
	杨安国	杨建华	侯宝泉	曹修运
顾问	申殿邦	张传福	周同光	贺善持
	蒋继穆	谭泊曾		
主 编	彭容秋			
副主编	任鸿九	张训鹏		
委 员	马 进	王 辉	王忠实	王建铭
	龙运炳	刘文德	刘华文	刘德祥
	任鸿九	孙中森	李 勇	李夏林
	李夏湘	沈奕林	汪根甲	杨安国
	杨建华	张方宇	张邦安	张训鹏
	张良甫	张积礼	张振民	张鸿烈
	陆志方	陈福元	徐 毅	侯宝泉
	梅 焱	曹修运	黄兴远	舒见义
	强娟茹	彭志宏	彭容秋	傅志华
秘 书	陆志方 (兼)	傅志华 (兼)		

参加本书编撰工作的单位

(按单位名称首字笔画排序)

中南大学
长沙有色冶金设计研究院
水口山有色金属有限责任公司 (原水口山矿务局)
北京有色冶金设计研究总院
西北铅锌冶炼厂
河南科技大学 (原洛阳工学院)
河南豫光金铅股份有限公司
洛阳耐火材料集团有限责任公司
洛华粉体工程特种耐火材料厂
柳州华锡集团有限责任公司
柳州钢泰科技有限公司
柳州有色冶炼股份有限公司
徐州物质再生利用研究所
株洲冶炼厂
葫芦岛锌厂
湖南有色冶金劳动保护研究所
韶关冶炼厂

序

中国的精锌、精铅产量已分别居世界的首位和第二位，这足以说明中国是世界上的铅锌资源大国和生产大国。如何由大国走向强国，尤其是当今世界各国经济与社会迅速发展都面临“资源-环境-生态”和可持续发展的问題，应该如何总结铅锌冶金领域已取得的成就，掌握该领域的前沿成果，就成为中国有色冶金工作者的光荣使命。中南大学组织了我国铅锌冶金界的老一辈专家、学者和大型铅锌企业的代表，历时一年余，完成了《铅锌冶金学》的编写工作。该书的出版确是我国铅锌界的一件大事、喜事，值得祝贺！

我认为这部技术专著有如下特点：

(1) 结构新颖，内容全面。全书以 21 章、逾百万字的篇幅涵盖了铅锌冶金的基本原理、生产工艺及设备。从铅锌资源、冶金理论到工艺、设备与重要的操作经验，从铅锌的市场发展、主要产品生产到产品的延伸和铅锌的再生，从铅锌及其伴生元素的综合利用到三废治理、环境保护、工业卫生、常用的筑炉材料等内容，书中均作了详细论述，显示出了良好的系统性和完整性。

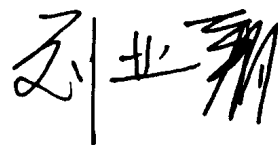
(2) 充分发挥铅锌联合企业的优势是本书内容与结构上的一大特点。鉴于铅锌资源共生，生产技术的互补性很强，所以铅锌生产厂家多为联合企业。为此，书中介绍了铅烧结贫 SO_2 烟气可导入锌流态化焙烧；湿法炼锌渣送铅熔炼炉处理，既消除了湿法炼锌的渣害，又可回收渣中的银及其它有价金属；炼铅厂产出的各种铅锌氧化物又可返回炼锌厂处理等。因此，铅锌冶金厂往往是多种冶炼方法并存，这既反映了铅锌矿物原料中多金属共存的原料特性，也反映了近 30 年来大型铅锌冶金企业的建厂经验。该书将铅锌冶金知识融会在一起，构成新的篇章，既有利于读者更深入理解铅锌冶金工艺的相互关系，又有利于合理利用资源，拓宽对原料的适应性，达到改善环境、降低成本的目的。

(3) 注重总结国内外铅锌冶金的新进展。自 20 世纪 70 年代以来，国内外出现了颇多的新理论、新工艺、新设备。书中特别注重硫化铅精矿的直接熔炼和湿法冶金中出现的热酸浸出、氧压浸出、沉铁工艺、深度净化等新工艺，对钢铁厂含锌烟灰经处理后再送鼓风炉炼锌以回收锌等新内容也做了叙述。锌精馏一章还专门介绍了用数值模拟和全息仿真的方法研究和实现蒸馏过程的强化与优化这一最新科研成果。

(4) 体现了“资源综合利用-环境保护-节能降耗”的学术思想。该书不仅设专章阐述各种中间产物、烟气和废水的处理，而且在评价、选择各种工艺时也遵循这一学术思想，这充分显示作者极为重视实现“清洁工艺”。这种学术思想非常符合目前的国际潮流和我国国策。

我相信，这部铅锌冶金学巨著的面世必将加速我国铅锌工业的改造与发展，在促进我国由生产大国走向生产强国的进程中发挥重要推动作用。我再次祝贺《铅锌冶金学》的出版。

中国工程院院士：

Handwritten signature in black ink, reading '刘业翔' (Liu Yexiao).

2002年9月10日

目 录

序

1 铅锌的资源、产品市场和生产方法	1
1.1 世界铅锌资源与储量	1
1.1.1 世界铅资源与储量	1
1.1.2 世界锌资源与储量	1
1.1.3 世界探明的巨型铅锌矿床	2
1.1.4 世界近期开发的大型铅锌矿床	3
1.2 中国铅锌资源与储量	4
1.2.1 中国铅资源与储量	4
1.2.2 中国锌资源与储量	6
1.2.3 铅锌矿资源的保护	7
1.3 世界铅锌产量	7
1.3.1 世界铅产量	7
1.3.2 世界锌产量	9
1.4 中国铅锌产量	10
1.4.1 中国铅产量	10
1.4.2 中国锌产量	11
1.5 世界铅锌消费量	12
1.5.1 世界铅的消费量	12
1.5.2 世界锌的消费量	13
1.6 中国铅锌消费量	14
1.6.1 中国铅的应用领域及需求量预测	14
1.6.2 中国锌的应用领域及需求量预测	16
1.7 铅锌矿物及二次原料	17
1.7.1 铅锌矿物及铅锌精矿	17
1.7.2 铅锌的二次原料	19
1.8 铅锌冶炼方法	20
1.8.1 铅精矿冶炼	21
1.8.2 锌精矿冶炼	23
参考文献	25
2 铅锌及其主要伴生元素和化合物的性质	26
2.1 铅锌及有关元素的物理化学性质	26

2.1.1	电子层结构	26
2.1.2	极化率	27
2.1.3	离子半径	28
2.1.4	离子势	30
2.1.5	原子和离子的电离能	31
2.1.6	放射性同位素	32
2.1.7	电负性	33
2.1.8	磁化率	33
2.1.9	熔点、熔化热、沸点、气化热	35
2.1.10	密度、摩尔体积、线胀系数、弹性模数、热导率、电阻率及磁化率	35
2.1.11	不同温度下的蒸气压	36
2.1.12	不同温度下的密度、表面张力、粘度	37
2.1.13	水合	38
2.1.14	非晶态固体	38
2.1.15	超导	39
2.2	铅锌及其主要伴生元素和化合物的热力学性质	40
2.2.1	氧势图	40
2.2.2	硫势图	42
2.2.3	铅锌主要化合物的热力学性质	42
2.2.4	水溶液中的有关电极反应的标准氧化还原电势	43
2.2.5	水溶液体系的热力学数据	46
	参考文献	48
3	铅锌硫化精矿的焙烧与烧结	49
3.1	铅锌硫化精矿焙烧与烧结的理论基础	49
3.1.1	PbS氧化的热力学	49
3.1.2	PbS氧化的动力学	55
3.1.3	ZnS氧化的热力学	58
3.1.4	ZnS氧化的动力学	61
3.1.5	铁硫化物在焙烧过程中的变化	65
3.1.6	含锌、铅复杂原料的硫酸化焙烧	67
3.1.7	铅锌精矿中其它金属硫化物的氧化反应	69
3.2	硫化精矿的流态化焙烧	76
3.2.1	锌精矿正常流态化的鼓风压力与鼓风量	76
3.2.2	流态化焙烧炉	78
3.2.3	锌精矿流态化焙烧的生产工艺	82
3.3	硫化精矿的烧结焙烧	92
3.3.1	烧结焙烧的炉料及配料	92

3.3.2	烧结返粉的制备	96
3.3.3	烧结炉料的制粒	98
3.3.4	带式烧结机	99
3.3.5	铅锌烧结焙烧过程	100
3.3.6	烧结机的供风排气	104
3.3.7	铅锌烧结焙烧的生产操作	106
3.3.8	烧结焙烧的量平衡关系	108
3.3.9	烧结焙烧过程的技术经济指标	110
	参考文献	112
4	铅烧结块鼓风炉熔炼	114
4.1	铅鼓风炉熔炼的物料	114
4.2	铅鼓风炉还原熔炼的理论基础	116
4.2.1	氧化铅还原的热力学	116
4.2.2	复杂铅氧化物 ($PbO \cdot SiO_2$) 还原的热力学	117
4.2.3	铅氧化物还原的动力学	119
4.2.4	铅烧结块中其它金属氧化物的还原	128
4.2.5	铁的氧化物还原	129
4.2.6	铅烧结块中的金属硫化物在熔炼过程中的行为	129
4.3	铅烧结块还原熔炼的生产工艺	130
4.4	炼铅鼓风炉	131
4.4.1	矩形炉子的结构组成	131
4.4.2	炉子结构参数	136
4.4.3	“椅型”鼓风炉	138
4.4.4	铅鼓风炉熔炼产物的分离和保温设备	139
4.5	铅鼓风炉熔炼的供风与排气	140
4.5.1	碳质燃料的燃烧	140
4.5.2	铅鼓风炉的还原能力	143
4.5.3	铅鼓风炉熔炼的供风和风量的确定	144
4.5.4	富氧空气熔炼与热风熔炼	145
4.5.5	铅鼓风炉的排气	150
4.6	铅鼓风炉熔炼产物	151
4.6.1	铅鼓风炉内的物理化学变化	151
4.6.2	粗铅	152
4.6.3	铅炉渣	152
4.6.4	铅铊和黄渣	160
4.7	铅鼓风炉熔炼的操作	163
4.7.1	开炉	163

4.7.2	正常作业及过程技术控制	165
4.7.3	常见故障及其处理	167
4.7.4	停炉	169
4.8	鼓风炉熔炼的主要技术经济指标	169
4.9	铅鼓风炉熔炼金属平衡、物料平衡与热平衡	170
4.10	氧化铅矿的鼓风炉熔炼	174
	参考文献	177
5	硫化铅精矿的直接熔炼	178
5.1	硫化铅精矿直接熔炼的基本原理	178
5.2	Kivcet 法直接炼铅	185
5.3	氧气底吹炼铅法	196
5.4	顶吹浸没熔炼法	205
5.5	氧气顶吹 Kaldo 转炉法	210
	参考文献	214
6	炼铅炉渣及其烟化处理	215
6.1	炼铅炉渣的组成及其性质	215
6.1.1	炼铅炉渣的化学组成	215
6.1.2	熔融炼铅炉渣的物理化学性质	219
6.1.3	熔融炉渣的结构	236
6.2	炼铅炉渣的处理	238
6.2.1	回转窑烟化法	238
6.2.2	电热烟化法	239
6.2.3	烟化炉烟化法	240
6.3	炼铅炉渣烟化炉处理的生产工艺	240
6.3.1	炉渣烟化的基本原理	240
6.3.2	炉渣烟化的设备	246
6.3.3	炉渣烟化的生产实践	255
6.3.4	烟化炉处理氧化铅锌矿	266
6.4	烟化炉有关计算	267
6.4.1	单位生产率(床能力)的计算	267
6.4.2	烟化炉及其风口主要尺寸的计算	268
6.4.3	烟化炉主要工艺参数的计算	269
6.5	烟化炉的物料平衡和热平衡	270
	参考文献	271
7	粗铅的精炼	274
7.1	粗铅的化学成分和粗铅的精炼工艺流程	274
7.2	粗铅火法精炼	277

7.2.1	粗铅除铜	277
7.2.2	粗铅除碲	285
7.2.3	粗铅除砷锑锡	286
7.2.4	粗铅加锌除银	290
7.2.5	粗铅除锌	292
7.2.6	粗铅除铋	293
7.2.7	最终精炼	296
7.3	粗铅电解精炼	297
7.3.1	铅电解的电极反应过程	297
7.3.2	电解过程中杂质的行为	298
7.3.3	电解液与阴阳极的制备	298
7.3.4	电解技术条件及其控制	302
7.3.5	电解设备	306
7.3.6	阳极泥的洗滤	309
7.3.7	主要技术经济指标	310
7.3.8	铅电解液的净化	313
7.3.9	析出铅的熔化和铸锭	313
	参考文献	314
8	湿法炼锌的浸出过程	316
8.1	湿法炼锌浸出过程及所用的物料	316
8.2	典型的浸出工艺流程及描述	317
8.2.1	常规浸出流程	317
8.2.2	热酸浸出流程	318
8.3	浸出过程的基本化学反应	318
8.3.1	金属氧化物的溶解与沉淀反应	318
8.3.2	Zn-H ₂ O 系及 M-H ₂ O 系电势-pH 图	320
8.3.3	中性浸出液中 Fe ²⁺ 的氧化和 Fe ³⁺ 与 As、Sb 的共沉淀	323
8.3.4	铁酸锌浸出的热力学与动力学	325
8.4	锌焙砂浸出工艺与生产实践	328
8.4.1	单浸出-浸出渣送铅熔炼处理	328
8.4.2	常规法-浸出渣经浮选后送回转窑挥发锌	329
8.4.3	热酸浸出-黄钾铁矾法沉铁	335
8.4.4	热酸浸出-针铁矿法沉铁浸出过程	343
8.4.5	复浸-高压还原浸出-赤铁矿法沉铁浸出过程	347
8.5	氧化锌粉及含锌烟尘的浸出	349
8.5.1	原料氧化锌粉及含锌烟尘的来源与化学成分	349
8.5.2	氧化锌粉浸出前的预处理	350

8.5.3	氧化锌粉原料的浸出	353
8.6	氧化锌矿的直接浸出	356
8.7	硫化锌精矿的氧压浸出	359
8.7.1	工艺过程的化学机理和动力学	359
8.7.2	氧压浸出的工业实践	361
8.7.3	氧压浸出与常规黄钾铁矾法的技术经济比较	367
8.8	浸出过程所用设备及生产数据	369
8.8.1	主要浸出设备及生产数据	369
8.8.2	矿浆浓密与过滤设备	371
8.8.3	锌浸出渣的干燥	375
	参考文献	376
9	硫酸锌浸出溶液的净化	377
9.1	硫酸锌浸出溶液的成分及其净化方法	377
9.2	用锌粉置换法净化硫酸锌溶液	378
9.2.1	锌粉置换法的一般原理	378
9.2.2	锌粉置换除铜、镉	381
9.2.3	锌粉置换除钴、镍	382
9.3	用有机试剂沉淀法除钴、镍	387
9.3.1	黄药除钴法	387
9.3.2	β -萘酚除钴法	388
9.4	除去氟氯等其它杂质的净化方法	389
9.4.1	除氯	389
9.4.2	除氟	390
9.4.3	除碱离子	390
9.5	净化过程的主要设备	390
9.5.1	流态化净化槽	391
9.5.2	机械搅拌槽	392
9.5.3	厢式压滤机	392
9.5.4	板框压滤机	393
9.5.5	管式压滤器	394
9.6	净化过程的操作与控制	395
9.6.1	连续两段加锌粉除铜镉	395
9.6.2	锌粉-铋盐净化法的操作与控制	396
9.6.3	锌粉-黄药净化法的操作与控制	402
9.6.4	锌粉-砷盐净化法的操作与控制	404
9.7	净化过程的主要技术经济指标	407
	参考文献	409

10 硫酸锌溶液的电积过程	410
10.1 锌电积的电极反应.....	410
10.1.1 锌电解液成分	411
10.1.2 阴极反应	412
10.1.3 阳极反应	415
10.2 杂质在电积过程中的行为.....	417
10.3 电锌质量.....	419
10.4 锌电积添加剂的使用.....	421
10.4.1 使析出锌平整、光滑、致密的添加剂	421
10.4.2 提高析出锌化学质量的添加剂	421
10.4.3 使析出锌易于剥离的添加剂	422
10.4.4 降低酸雾的添加剂	422
10.5 锌电积的面积电流与电流效率.....	422
10.5.1 锌电积的面积电流	422
10.5.2 锌电积的电流效率	423
10.6 锌电积的槽电压与电能消耗.....	428
10.6.1 硫酸锌分解电压	428
10.6.2 电解液电阻电压降	428
10.6.3 阴、阳极电阻电压降	429
10.6.4 接触点电阻电压降	430
10.6.5 阳极泥电阻电压降	430
10.7 锌电积的主要设备.....	433
10.7.1 电解槽.....	433
10.7.2 阴极	434
10.7.3 阳极	438
10.7.4 供电设备与电路联接	439
10.7.5 电解液冷却方式与设备	439
10.7.6 剥锌与剥锌机	442
10.8 锌电积过程的操作与控制.....	442
10.8.1 通电开槽与阳极镀膜	442
10.8.2 电解液的循环与冷却	443
10.8.3 槽面管理与技术控制	443
10.8.4 电解烧板及其处理	443
10.8.5 酸雾的产生与防护	444
10.9 锌电积的技术操作条件和技术经济指标.....	444
10.10 阴极锌的熔铸	447
参考文献.....	453

11 鼓风炉炼锌	454
11.1 氧化锌还原反应的热力学.....	456
11.2 氧化锌还原反应的动力学.....	458
11.3 鼓风炉炼锌炉内主要反应分析.....	460
11.3.1 炉料加热带.....	461
11.3.2 再氧化带.....	461
11.3.3 还原带.....	462
11.3.4 炉渣熔化带.....	462
11.4 鼓风炉炼锌炉内发生的其它化学变化.....	467
11.5 锌蒸气的冷凝.....	468
11.6 鼓风炉炼锌的生产实践.....	471
11.6.1 鼓风炉炼锌的原料及其准备.....	473
11.6.2 炼锌鼓风炉及其铅雨冷凝器.....	476
11.6.3 锌鼓风炉熔炼过程的生产工艺.....	480
11.6.4 锌鼓风炉熔炼的产物及其处理.....	488
11.6.5 鼓风炉炼锌的技术经济指标.....	491
11.7 鼓风炉炼锌的物料平衡及资源充分利用.....	493
11.7.1 物料平衡.....	493
11.7.2 铜和贵金属的回收.....	496
11.7.3 镉和稀散金属的回收.....	496
11.8 鼓风炉炼锌的热平衡及能耗分析.....	497
11.8.1 鼓风炉炼锌的能耗与生产过程的热平衡.....	497
11.8.2 提高热风温度.....	500
11.8.3 低热值煤气(LCV)的利用.....	501
11.8.4 空气的脱湿.....	502
11.8.5 利用冷凝器循环铅的潜热.....	502
参考文献.....	503
12 竖罐炼锌与电热法炼锌	504
12.1 竖罐炼锌.....	504
12.1.1 竖罐炼锌的生产工艺.....	504
12.1.2 团矿的制备与焦结.....	505
12.1.3 焦结矿的还原蒸馏与锌蒸气的冷凝.....	507
12.2 电热法炼锌.....	510
参考文献.....	516
13 粗锌的精馏精炼	517
13.1 粗锌精馏精炼的基本原理.....	518
13.2 锌精馏塔的构造.....	520

13.3	粗锌精馏精炼的生产实践	523
13.4	塔式锌精馏炉热工制度数值仿真及生产强化	529
13.4.1	数值仿真建模	529
13.4.2	数值仿真计算结果	530
13.4.3	仿真结果的现场验证	531
13.4.4	仿真结果分析	532
13.4.5	热工优化与生产强化	532
	参考文献	534
14	再生铅锌生产	535
14.1	再生铅锌及其分类、处理方法	535
14.1.1	发展再生有色金属生产的意义	535
14.1.2	再生铅锌生产概况	536
14.1.3	再生铅锌原料的来源与分类	538
14.1.4	再生铅锌原料的处理方法	541
14.2	铅锌废料的预处理	542
14.2.1	分类	542
14.2.2	解体、捆扎、打包和压块	543
14.2.3	电磁分选和重介质分选	544
14.2.4	废铅蓄电池的预处理	544
14.3	废铅蓄电池的火法处理	547
14.3.1	废铅料组分在火法熔炼过程中的行为	548
14.3.2	废铅料与矿铅原料搭配处理	551
14.3.3	废铅蓄电池的反射炉熔炼	554
14.3.4	废铅蓄电池的鼓风炉熔炼	555
14.3.5	废铅蓄电池的电炉熔炼	561
14.3.6	废铅蓄电池的短回转窑熔炼	562
14.3.7	Kivcet 法处理废铅蓄电池	564
14.3.8	Ausmelt 法处理废铅蓄电池	565
14.4	废铅蓄电池的湿法或火法-湿法联合处理	567
14.4.1	铅膏的湿法转化	567
14.4.2	美国 RSR 公司的电解精炼和电解沉积工艺	567
14.4.3	铅膏的阴极固相电解还原	569
14.4.4	处理废铅蓄电池的湿法-火法联合流程	570
14.5	从铅废料生产铅基合金和化工产品	571
14.5.1	铅锡巴比特合金的生产	571
14.5.2	含钙巴比特合金的生产	571
14.5.3	用废杂铅生产铅锡焊条	572

14.5.4	用铅废料生产三盐基硫酸铅和黄丹	573
14.6	含锌废渣的处理	575
14.6.1	横罐蒸馏法处理富锌废料	575
14.6.2	锌废渣的半鼓风炉熔炼	576
14.6.3	Ausmelt 法处理含锌炉渣	577
14.6.4	含锌废渣的电炉熔炼	578
14.6.5	竖罐渣的旋涡炉熔炼	578
14.7	钢铁厂含锌烟尘的处理	579
14.7.1	钢铁厂含锌烟尘的化学成分	579
14.7.2	回转窑烟化法处理炼钢厂含锌烟尘	581
14.7.3	等离子炉处理炼钢厂含锌烟尘	586
14.7.4	垂直喷射火焰炉处理炼钢厂含锌烟尘	588
14.7.5	湿法冶金处理高炉含锌烟尘	590
14.8	锌-锰干电池的再生利用	592
14.8.1	锌-锰废干电池的浸出——双金属电解工艺	592
14.8.2	锌-锰废干电池的竖炉处理	593
14.8.3	从锌-锰废干电池生产锌锰微肥	594
14.9	用锌废料生产锌化工产品	596
14.9.1	用锌废料生产活性氧化锌	596
14.9.2	用锌废料生产硫酸锌	597
14.9.3	用锌废料生产氯化锌	598
	参考文献	599
15	铅锌冶金过程的物料衡算与热量衡算实例	600
15.1	铅精矿烧结焙烧过程的冶金计算	600
15.1.1	计算基本数据	600
15.1.2	铅烧结焙烧过程的物料衡算	602
15.2	铅烧结块鼓风炉熔炼过程的冶金计算	611
15.2.1	熔炼过程物料衡算的假定条件	611
15.2.2	熔炼产物的计算	611
15.3	铅火法精炼过程的冶金计算	615
15.3.1	除铜	615
15.3.2	除砷锡锑（软化过程）	616
15.3.3	除银	617
15.3.4	最终精炼（含碱性精炼除锌）	618
15.4	铅电解精炼过程的冶金计算	618
15.4.1	计算基础资料和设定条件	618
15.4.2	除铜	619
15.5	鼓风炉炼锌过程的物料衡算	622