

湿法冶金

手册

陈家镛 主编

HANDBOOK OF
HYDROMETALLURGY

冶金工业出版社



HANDBOOK OF HYDROMETALLURGY

ISBN 7-5024-3594-8



9 787502 435943 >

销售分类建议：冶金工程

ISBN 7-5024-3594-8

TF · 669 定价 298.00 元

湿法冶金手册

主 编 陈家镛
副主编 杨守志 柯家骏

内 容 提 要

本书是根据冶金工业出版社的出版规划、由陈家镛院士担任主编、国内 15 个单位的 47 名专家、学者共同撰写而成的一部大型工具书。本书力求较为系统全面地反映湿法冶金的基本原理、工艺流程、技术设备、工业应用、清洁生产等方面的内容以及国内外的最新科技进步和科研成果。全书共分 4 篇 38 章,约 301 万字,主要内容包括湿法冶金的概况、湿法冶金工艺的基本原理、湿法冶金过程的工程学原理及设备以及重金属、稀有金属、稀土金属、贵金属、碱土金属等各种金属的物化性质、矿物资源、湿法冶金的工艺过程、设备、环境保护及可持续发展等。

本书可供湿法冶金工作者作为大型工具书使用,也可供从事冶金、化工、轻工、生物、化工等领域的教学、科研、生产等相关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

湿法冶金手册/陈家镛主编. —北京:冶金工业出版社,2005.9

ISBN 7-5024-3594-8

I. 湿… II. 陈… III. 湿法冶金—技术手册
IV. TF111.3-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 092890 号

出版人 曹胜利(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009)
策划编辑 谭学余 责任编辑 程志宏 美术编辑 李心
责任校对 王贺兰 刘倩 李文彦 责任印制 牛晓波
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
2005 年 9 月第 1 版,2005 年 9 月第 1 次印刷
787mm × 1092mm 1/16;109.5 印张;3012 千字;1734 页;1—2500 册
298.00 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

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

《湿法冶金手册》编辑委员会

(按姓氏笔画排列)

- 马荣骏 长沙矿冶研究院 教授级高级工程师 斯洛伐克工程院
外籍院士
- 刘会洲 中国科学院过程工程研究所 研究员
- 朱 屯 中国科学院过程工程研究所 研究员
- 李洪桂 中南大学冶金科学与工程学院 教授
- 张国成 北京有色金属研究总院 教授级高级工程师 中国工程
院院士
- 张 懿 中国科学院过程工程研究所 研究员 中国工程院院士
- 邱定蕃 北京矿冶研究总院 教授级高级工程师 中国工程院院士
- 杨守志 中国科学院过程工程研究所 研究员
- 杨传福 冶金工业出版社 总编辑
- 陈家镛 中国科学院过程工程研究所 研究员 中国科学院院士
- 陈 景 云南大学化学与材料工程学院 教授 中国工程院院士
- 周令治 广州有色金属研究院 教授级高级工程师
- 柯家骏 中国科学院过程工程研究所 研究员
- 郭青蔚 北京有色金属研究总院 教授级高级工程师
- 顾松青 郑州轻金属研究院 教授级高级工程师
- 高世扬** 中国科学院青海盐湖研究所 研究员 中国科学院院士
- 崔秉懿 清华大学化学工程系 教授
- 蒋汉瀛 中南大学冶金科学与工程学院 教授

《湿法冶金手册》参加编写及审稿单位

(排名不分先后顺序)

中国科学院过程工程研究所

北京有色金属研究总院

中南大学冶金科学与工程学院

长沙矿冶研究院

北京矿冶研究总院

北京大学化学系

清华大学化学工程系

郑州轻金属研究院

云南大学化学与材料工程学院

中国科学院青海盐湖研究所

中国有色工程设计研究总院

广州有色金属研究院

同济大学环境科学与工程学院

中国科学院长春应用化学研究所

中国核工业集团公司

《湿法冶金手册》编写人员

(按姓氏笔画排列)

马荣骏	方兆珩	毛在砂	毛铭华	王成彦
邓 彤	卢立柱	刘会洲	孙德堃	朱 屯
余 江	张国成	张 懿	李先柏	李洪桂
杨守志	肖松文	陆克源	陈家镛	陈 景
周令治	柯家骏	赵由才	唐谟堂	夏树屏
莫 畏	郭青蔚	顾松青	高世扬	崔秉懿
蒋汉瀛	邢建民	尹中林	刘汝兴	朱金勇
王庆伟	王建立	黄小卫	洪维民	龙志奇
熊炳昆	林振汉	李蕙媛	吴国元	宋彭生
牛冬杰	边炳鑫			

《湿法冶金手册》审稿人员

(按姓氏笔画排列)

马荣骏	长沙矿冶研究院
尹才娇	北京矿冶研究总院
方兆珩	中国科学院过程工程研究所
毛在砂	中国科学院过程工程研究所
邓佐卿	中国核工业集团公司
孙德堃	中国有色工程设计研究总院
伍志春	中国科学院过程工程研究所
刘会洲	中国科学院过程工程研究所
朱 屯	中国科学院过程工程研究所
李德谦	中国科学院长春应用化学研究所
张 懿	中国科学院过程工程研究所
杨守志	中国科学院过程工程研究所
汪家鼎	清华大学化学工程系
陈家鏞	中国科学院过程工程研究所
柯家骏	中国科学院过程工程研究所
高宏成	北京大学化学系
黄振华	北京矿冶研究总院
龚 乾	中国科学院过程工程研究所
舒代萱	中国科学院过程工程研究所
蔡昭铃	中国科学院过程工程研究所

序

湿法冶金是一门既古老而又有极大发展前途的现代科学技术。有别于火法冶金,它是采用液态溶剂(通常为无机水溶液或有机溶剂)进行矿石的浸取、金属的分离与提纯等。包括在常温或较低温度下进行的液-固、液-液或气-液-固多相化学反应过程,具有较能综合利用资源、不产生烟气污染、对环境友好等优点,因而其应用范围不断扩大。古代的湿法冶金,可追溯到早期用“胆铜法”生产铜(从含硫酸铜溶液中用铁置换出铜)。而现代的湿法冶金的蓬勃发展,可以认为是在第二次世界大战中期。当时主要由于核武器研制和核能工业等的需要,促使从矿石中提取铀、钍、锆、钨、钽、铌等金属的湿法技术获得很大发展,例如加压浸出、溶剂萃取、离子交换、膜分离等新兴化工分离技术的应用。随后,湿法冶金的应用又迅速扩展到有色金属、稀土和其他稀有金属以及某些半导体金属材料提取和纯化等。此外,对于复杂、低品位矿石资源的开发与利用、有价金属的综合回收等方面,湿法冶金就更具有优越性。

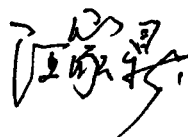
因此,可以认为现代湿法冶金是典型的化工与冶金相结合,是吸取了现代化学工程的原理、方法和技术,用于强化现有的冶金提取过程,并创造出新的湿法分离方法与流程和高效设备。由于学科之间的交叉与相互渗透,从而使湿法冶金获得了新的进展。

我国湿法冶金的大量工作是开始于20世纪50年代中后期,针对我国冶金工业发展的需要和矿产资源的特点与问题,国内有关高等院校、中国科学院和工业部门所属的一些科研院所等单位,先后进行了湿法冶金的研究与开发工作,取得了不少成果,有的已在工业上获得应用,为国家的经济建设作出了重要贡献。我国在1988、1992、1998和2004年成功地召开了四届国际湿法冶金学术会议,同时每年都有不少学者到国外参加各种有关的湿法冶金国际学术会议,进行广泛的学术交流,在国际上具有

一定的影响。

虽然在国内外已有不少湿法冶金的专著和教科书出版,但尚未见有专门的湿法冶金手册。本手册的主编和各章节的撰稿人与审稿人都是国内湿法冶金相关专业的学者和专家。在他(她)们的精心策划和努力下,除汇集了有关湿法冶金的基本原理和工业应用以及国外湿法冶金现状及发展动向外,还注意收集了我国在湿法冶金各方面的科研与应用的成果。本手册图文并茂,内容翔实,符合国情,具有自己的特色。相信本手册的出版,将会促进我国湿法冶金科学研究与应用的进一步发展。

中国科学院资深院士、清华大学教授



前 言

虽然国内外已有许多有关湿法冶金的著作,但尚无湿法冶金手册出版。建国以来,国内的湿法冶金技术取得了很大进展,在此领域从事科研、生产及教学的人员,现在能将毕生的经历予以总结,以手册的形式出版,相信它定会对在此领域内工作的相关人员有所裨益。

本书共分4篇38章。

第一篇(第1~8章)为湿法冶金过程原理。主要从化学角度介绍湿法冶金中的浸取、沉淀、分离、溶剂萃取、离子交换、膜分离、电解及电积、生物冶金等过程的原理。

第二篇(第9~14章)为湿法冶金过程工程及其设备。主要阐述各类湿法冶金过程中的工程问题,并介绍相关设备的性能。

第三篇(第15~35章)为湿法冶金工艺过程。分别按重金属、稀有金属、稀土金属、贵金属、碱土金属,分章叙述各(类)金属的物化性质、生产工艺及产品的用途等。大体包括以下几方面内容:

- (1) 该金属的生产现状;
- (2) 该金属的资源状况、矿物的性质;
- (3) 金属的物化性质及其湿法冶金前处理;
- (4) 湿法冶金的工艺过程及相关设备;
- (5) 金属的毒性、综合利用。

第四篇(第36~38章)为环境保护与冶金方法的最新发展。

本书在编写过程中,对环境保护及可持续发展问题给予了特别的关注。书中的图、表、公式、参考文献均按章编序。

本书卷首有全书按章列出的总目录,每章的开头列有各章的序号、章名、撰稿人姓名、所属单位、职称及该章的目录。全书末尾列有中英文主题索引(分别按汉语拼音及英文字母排序)。

书中不妥之处,编者衷心欢迎广大读者批评指正。

编 者
2005年初

总 目 录

第一篇 湿法冶金过程原理

第 1 章 提取冶金概述	1	4.10 质子酸萃取	123
1.1 提取冶金的发展历史	1	4.11 萃取反应式和表征平衡 的参数	124
1.2 提取冶金的分类	2	4.12 萃取平衡的热力学方法推导	126
1.3 湿法冶金的发展过程	4	4.13 平衡数据的图形表达	127
1.4 湿法冶金的主要内容	5	4.14 萃取平衡实验测定	128
1.5 湿法冶金的发展方向	6	4.15 萃取中的稀释剂	129
第 2 章 浸出过程的物理化学	10	4.16 金属萃取动力学	131
2.1 概述	10	4.17 错流和逆流萃取	137
2.2 溶液的活度与活度系数	11	4.18 逆流萃取流程	142
2.3 浸出体系热力学	18	第 5 章 离子交换法分离金属	150
2.4 浸出过程动力学	42	5.1 概述	150
第 3 章 金属自溶液中的沉淀分离	55	5.2 离子交换树脂的合成	154
3.1 概述	55	5.3 离子交换树脂的性能及其 测定	160
3.2 化学沉淀的基本原理	56	5.4 离子交换的基本原理	167
3.3 水解沉淀及其在湿法冶金 中的应用	57	第 6 章 其他分离技术的应用	177
3.4 硫化物沉淀	72	6.1 概述	178
3.5 碳酸盐沉淀	78	6.2 膜技术发展史	179
3.6 磷酸盐沉淀	79	6.3 膜分离技术的基本特点	179
3.7 其他离子沉淀	80	6.4 膜的结构与分类	180
3.8 气体还原沉淀	80	6.5 膜分离设备及操作模式	185
第 4 章 溶剂萃取分离金属	90	6.6 膜分离过程	188
4.1 萃取和萃取剂	92	6.7 膜分离技术在湿法冶金中 的应用	194
4.2 金属萃取化学	99	6.8 液膜萃取	198
4.3 氨-铵盐溶液中的萃取	112	6.9 吸附分离	206
4.4 亲水性和亲油性	114	第 7 章 金属自溶液中电化学沉积 过程原理	215
4.5 胶团和反胶团	115	7.1 概述	216
4.6 协同萃取	116	7.2 湿法电解冶金的几个重要	
4.7 酸碱萃取剂的耦合萃取	118		
4.8 反萃的化学反应	118		
4.9 盐析作用	121		

概念和基础知识	217	电沉积原理	258
7.3 电解质溶液性质	218	7.12 金属电沉积中的阳极过程	265
7.4 电化学热力学基础	222	7.13 硫化物的电化学行为与电解 冶金提取原理	268
7.5 电极过程动力学原理概述	229	7.14 高镍铈电解提取冶金原理	270
7.6 液相传质过程及浓差极化 方程式	232	7.15 矿浆电解原理	272
7.7 电化学极化基本概念	235	第8章 细菌冶金过程原理	275
7.8 电极过程机理分析及其 若干重要判据	244	8.1 细菌冶金概述	276
7.9 现代电化学技术在研究电极 过程机理中的应用	245	8.2 硫化矿细菌氧化浸出的 物理化学	280
7.10 铁、镍、钴金属电沉积机理 分析和应用	248	8.3 细菌冶金的微生物学基本 方法	289
7.11 离子共同放电与合金		8.4 细菌堆浸技术	297
		8.5 细菌槽浸技术	303

第二篇 湿法冶金过程工程及其设备

第9章 浸取反应工程及设备	316	第12章 离子交换法分离技术及 设备	504
9.1 引言	319	12.1 离子交换法的应用	505
9.2 浸取反应动力学	319	12.2 离子交换分离金属工艺 过程	506
9.3 浸取反应器	330	12.3 离子交换设备及其设计	516
9.4 机械搅拌槽式浸取器	338	12.4 离子交换法分离金属的 工业实践	524
9.5 喷射混合(Jet mixing)	356	12.5 发展动态展望	544
9.6 气体搅拌槽式反应器	361	第13章 电化学反应工程及设备	546
9.7 反应器性能参数的测定 技术	366	13.1 引言	547
第10章 固液分离技术及设备	371	13.2 电化学基础	548
10.1 前言	374	13.3 电化学反应工程基础	559
10.2 固体颗粒性质	377	13.4 电化学反应器	574
10.3 固液系统的性质	387	第14章 沉淀技术及设备	585
10.4 过滤	398	14.1 概述	587
10.5 沉降分离	424	14.2 沉淀过程原理	587
第11章 溶剂萃取技术及设备	438	14.3 沉淀方式	596
11.1 概论	440	14.4 沉淀设备	601
11.2 溶剂萃取分离技术	442	14.5 沉淀的工艺设计	604
11.3 湿法冶金中常用的溶剂 萃取设备	456	14.6 沉淀器中的粒度控制	612
11.4 发展方向	499		

第三篇 湿法冶金工艺过程

第 15 章 铜的湿法冶金	618	红土矿(硅酸镍矿)的生产 实践	695
15.1 概述	620	16.8 高压酸浸法处理镍红土矿 的生产实践	700
15.2 铜的资源	621	16.9 钴渣生产电钴的实践	704
15.3 铜的选矿和冶炼	621	16.10 硫化铜钴矿提钴的生产 实践	709
15.4 铜湿法冶金的发展历史	622	16.11 黄铁矿提钴的生产工艺	710
15.5 现代铜湿法冶金工业	623	16.12 钴渣制取氧化钴的生产 实践	711
15.6 氧化铜矿湿法冶金	625	16.13 镍钴盐类及其他产品的 生产工艺	713
15.7 硫酸盐溶液中硫化铜矿的 浸取	637	16.14 金属标准、化合物毒性 和防护	716
15.8 硫化矿酸浸的工业应用 概况	639	第 17 章 锌镉的湿法冶金	720
15.9 铜矿的微生物浸取	646	17.1 锌湿法冶金概述	721
15.10 氯化物溶液中硫化铜矿湿法 冶金	647	17.2 锌矿物的浮选	725
15.11 重要氯化湿法冶金流程	651	17.3 锌矿物的焙烧	725
15.12 氨—铵盐体系中铜 的湿法冶金	654	17.4 浸取	725
15.13 铜萃取和羟肟萃取剂	657	17.5 浸取液的净化	746
15.14 工业萃取过程设计	659	17.6 锌的电积	769
15.15 典型的铜溶剂萃取厂	661	17.7 湿法炼锌中的环境保护、有价 金属的回收及副产品	782
15.16 氯化物溶液中铜的溶剂 萃取	662	17.8 镉的湿法冶金	788
15.17 氨铵盐溶液中萃取铜	663	17.9 湿法生产锌、镉的展望	797
15.18 铜的电积	663	第 18 章 铝的湿法冶金	799
15.19 黄铜矿的湿法冶金展望	666	18.1 概述	800
15.20 铜的湿法冶金和环境 保护	667	18.2 铝矿资源及选矿	804
第 16 章 镍钴湿法冶金	669	18.3 拜耳法氧化铝生产工艺 和设备	808
16.1 镍钴矿产资源	670	18.4 烧结法氧化铝生产工艺 和设备	824
16.2 镍钴提取冶金概况	672	18.5 联合法生产氧化铝及从其他 原料中提取氧化铝	837
16.3 硫化镍阳极电解工艺的 生产实践	679	18.6 氧化铝工业的环境保护、综合 利用及冶金方法的展望	841
16.4 高镍硫硫酸选择性浸出—电积 的生产实践	683	第 19 章 铅的湿法冶金	857
16.5 高镍硫氯浸电积生产工艺	686	19.1 概述	858
16.6 硫化镍精矿或高镍硫氨浸 精炼工艺	690		
16.7 还原焙烧—氨浸工艺处理			

19.2	铅的资源 and 选矿	860	与保护	1135	
19.3	铅的湿法冶炼工艺	861	第 24 章 钛锆铪	1139	
19.4	综合利用、环保和发展	866	24.1	钛的概况	1140
第 20 章 钨、钼、铋的湿法冶金		872	24.2	钛矿资源和选矿	1144
20.1	钨冶金	873	24.3	湿法富集制备人造金红石	1149
20.2	钼冶金	906	24.4	四氯化钛的精制	1155
20.3	铋冶金	924	24.5	硫酸法生产钛白	1160
第 21 章 钒、铬的湿法冶金		935	24.6	综合利用、环保和发展	1166
21.1	钒的工业发展史	936	24.7	锆、铪及其化合物的主要 物理化学性质	1170
21.2	钒的资源及钒工业 发展现状	937	24.8	锆、铪的资源 and 主要矿物	1174
21.3	钒及钒化合物的性质	939	24.9	锆、铪生产工艺流程	1175
21.4	钒的用途	947	24.10	金属锆、铪及其化合物的 应用	1177
21.5	钒湿法冶金的前处理	948	24.11	锆英砂的分解 and 锆、铪 化合物的制备	1178
21.6	钒的湿法冶金工艺及设备	950	24.12	锆 and 铪的分离	1187
21.7	湿法冶金提取钒的工艺 过程举例	957	24.13	锆、铪冶金过程中的三废 处理	1200
21.8	环境保护与展望	966	第 25 章 铌和钽的湿法冶金	1203	
21.9	铬工业发展史	967	25.1	概论	1204
21.10	铬资源及铬工业发展现状	968	25.2	地质资源	1208
21.11	铬及铬化合物的性质	972	25.3	低品位钽、铌原料富集 and 制取 人造精矿	1212
21.12	铬及其化合物的用途	975	25.4	二次金属回收	1217
21.13	铬产品的制备	976	25.5	钽铌精矿分解	1219
21.14	铬酸盐的制备	978	25.6	钽 and 铌的分离 and 溶液净化除 杂质元素	1224
21.15	环境保护与展望	980	25.7	钽铌中间化合物制取	1231
第 22 章 稀土金属的湿法冶金		985	25.8	金属铌 and 钽的生产	1233
22.1	概论	986	25.9	安全、防护 and 三废处理	1235
22.2	常用的稀土矿物及选矿方法	1006	25.10	分析	1237
22.3	稀土精矿的分解及净化	1009	25.11	展望	1238
22.4	稀土元素分离方法	1022	第 26 章 锰的湿法冶金	1242	
22.5	铈的富集 and 提纯	1066	26.1	概述	1243
22.6	稀土冶金过程中的环境保护	1071	26.2	软锰矿的还原焙烧 and 浸出	1252
22.7	展望	1072	26.3	电解金属锰	1256
第 23 章 铀、钍的湿法冶金		1075	26.4	合成二氧化锰	1270
23.1	概论	1076	26.5	合成四氧化三锰	1286
23.2	从铀矿石中浸取铀	1085	26.6	大洋多金属结核矿冶炼	1290
23.3	离子交换法提取纯化铀	1099	26.7	环境保护	1294
23.4	溶剂萃取法提取 and 纯化铀	1108			
23.5	含铀矿物复合矿资源的 综合利用工艺	1125			
23.6	铀生产生态状况、环境监控				

26.8 锰的湿法冶金展望	1295	32.1 锂的湿法冶金	1519
第27章 铋的湿法冶金	1297	32.2 钾的湿法冶金	1535
27.1 概论	1298	32.3 铷和铯的湿法冶金	1557
27.2 铋湿法冶金热力学	1303	第33章 碱土金属的湿法冶金	1576
27.3 铋湿法冶金方法	1307	33.1 概论	1576
27.4 矿浆电解法	1310	33.2 主要矿物和资源	1577
27.5 铋冶金技术的展望	1327	33.3 重要化合物及用途	1578
第28章 铂族金属湿法冶金	1329	33.4 金属及其用途	1579
28.1 概论	1330	33.5 生理作用和生产安全	1580
28.2 铂族金属矿物及选矿	1339	33.6 铍的提取冶金	1580
28.3 湿法浸出富集提取铂族金属 精矿	1343	33.7 镁的提取冶金	1583
28.4 铂族金属的相互分离	1353	33.8 钙的提取冶金	1585
28.5 铂族金属的精炼	1366	33.9 锶的提取	1585
28.6 铂族金属二次资源的回收	1376	33.10 钡的提取冶金	1590
第29章 金、银的湿法冶金	1383	33.11 锶钡分离	1591
29.1 金概论	1384	第34章 锡、汞的湿法冶金	1593
29.2 金矿资源与矿石类型	1386	34.1 锡的性质及用途	1593
29.3 金的选矿	1387	34.2 锡的资源、富集和冶炼	1594
29.4 金的提取冶金	1389	34.3 提取锡的一些湿法冶金过程	1596
29.5 金的精炼	1422	34.4 废锡的再生	1599
29.6 金的综合回收	1424	34.5 锡的毒性及防护	1601
29.7 环保与治理	1428	34.6 汞的性质及用途	1601
29.8 展望	1429	34.7 汞的矿石资源、选矿富集及 火法冶炼	1602
29.9 银概论	1429	34.8 汞的湿法冶金	1603
29.10 银的资源与选矿	1431	34.9 汞的毒性与防护	1605
29.11 银的提取冶金	1434	第35章 金属及金属氧化物粉末 材料的制备	1607
29.12 展望	1438	35.1 引言	1608
第30章 镓、铟、铊、锗的湿法冶金	1442	35.2 加压氢还原制取复合涂层 粉末	1608
30.1 概论	1443	35.3 浆料加压氢还原制取 超细金属粉末	1617
30.2 资源	1455	35.4 加压氢还原制取低价 氧化物粉末	1621
30.3 镓、铟、铊、锗的湿法冶金	1458	35.5 水热合成特殊金属 氧化物粉末	1626
30.4 环境中的镓、铟、铊、锗	1481	35.6 化学沉淀法制备磁性粉末	1633
30.5 镓、铟、铊、锗的金属标准	1482	35.7 微乳液法制备超细金属 氧化物粉末	1642
第31章 铋的湿法冶金	1486		
31.1 概论	1487		
31.2 碱性湿法炼铋	1500		
31.3 酸性湿法炼铋	1509		
31.4 铋的毒性及劳动保护	1516		
第32章 碱金属的湿法冶金	1518		

第四篇 环境保护与冶金方法的最新发展

第 36 章 湿法冶金污染控制与资源化 ····· 1648	37.3 绿色过程研究方法 与系统集成 ····· 1688
36.1 绪论 ····· 1649	37.4 结语 ····· 1691
36.2 二氧化硫废气的治理与利用 ··· 1652	第 38 章 发展中的绿色湿法冶金过程 ····· 1693
36.3 含氯废气的治理 ····· 1655	38.1 前言 ····· 1693
36.4 粉尘控制技术 ····· 1656	38.2 铬盐清洁生产过程 ····· 1693
36.5 废水处理原理与技术 ····· 1659	38.3 铅的湿法冶金新途径 ····· 1695
36.6 典型湿法冶金废物处理 ····· 1675	38.4 硫代硫酸盐取代氰化物从矿石提取金 ····· 1697
36.7 湿法冶金危险废物安全填埋处置 ····· 1683	38.5 发展微生物冶金的绿色湿法过程 ····· 1697
第 37 章 可持续发展的湿法冶金 ····· 1686	38.6 发展绿色湿法冶金过程的前景 ··· 1698
37.1 资源环境问题对冶金工业的挑战与对策 ····· 1686	中文索引 ····· 1699
37.2 资源可持续利用的绿色技术前沿和发展趋势 ····· 1687	英文索引 ····· 1717