

稀有金属手册

下 册

《稀有金属手册》 编辑委员会 编著

冶金工业出版社

TG 146.4-62

下 册

X

11

12

稀有金属手册

《稀有金属手册》编辑委员会 编著

冶金工业出版社

内 容 简 介

《稀有金属手册》分上、下册出版。上册从横的方向系统地介绍稀有金属生产、科研、应用中的共性知识,即以提取冶金和材料加工为重点,阐述过程的理论、方法、设备,以及稀有金属的分析和测试、应用等;下册则从纵的方向对每种重要的稀有金属逐个进行全面介绍。本书为下册,主要介绍稀有轻金属(锂、铷、铯、铍)、稀有难熔金属(钛、锆、铪、钒、铌、钽、钨、钼)、稀散金属(镓、铟、铊、锗、硒、碲、镱)、稀土金属、贵金属(金、银、铂族金属)、天然放射性金属(铀、钍、镭)、半导体材料(锗、硅、化合物半导体)的矿物资源、主要物理化学性质、选矿、提取冶金、金属的加工及制品生产、金属学、成分分析和物理性能测试以及应用等,重点是介绍稀有金属的生产工艺实践。下册共分7篇39章,可供从事稀有金属生产、科研、设计、应用、管理及教学等有关人员使用,也可供高等院校有关专业学生参考。

稀 有 金 属 手 册

下 册

《稀有金属手册》编辑委员会 编著

*

冶金工业出版社出版发行

(北京北河沿大街嵩祝院北巷39号)

新华书店总店科技发行所经销

北京市华星电脑激光照排

北京外文印刷厂印刷

*

787×1092 1/16 印张 80.5 字数 2401 千字

1995年12月第一版 1995年12月第一次印刷

印数 1—1200 册

ISBN 7-5024-1079-1

TF·257 定价 120.00 元

《稀有金属手册》编辑委员会

主 任 王道隆

副主任 胡克智 马福康 李青云 李寿田 赵怀志
王永德

编 委 (以姓氏笔划为序)

马福康	马慧娟	王永德	王金堂	王嫻群	王道隆
左铁鏞	刘雅庭	沈亚震	沈华生	李寿田	李青云
何纯孝	陈义超	陈 达	孙鸿儒	张 影	赵怀志
周 立	殷为宏	胡克智	段淑贞	钟俊辉	聂大钧
贾厚生	曾欣然	程德明	戴平一		

主要组织编写单位 北京有色金属研究总院

《稀有金属手册》编辑部

主 任 贾厚生

副主任 钟俊辉 王嫻群 章伯垠

成 员 贾厚生 钟俊辉 王嫻群 章伯垠 何颀祺 邱向东

责任编辑 何颀祺 肖 放

目 录

第十一篇 稀有轻金属

第一章 锂	1
第一节 锂的矿物资源	1
一、锂矿床	1
二、国外锂资源	5
三、中国的锂资源	7
第二节 锂的主要物理化学性质	7
一、金属锂的物理性质	7
二、金属锂的化学性质	9
三、主要锂化合物的性质	9
第三节 锂的选矿简述	10
一、美国北卡罗来纳金斯山锂矿床	11
二、中国可可托海矿区	11
三、中国宜春钽铌矿	12
第四节 锂的提取冶金	12
一、锂矿石提锂	12
二、盐卤提锂	17
三、金属锂生产	18
四、锂化合物制取	19
第五节 锂加工及锂合金	19
一、锂材	19
二、锂合金	19
三、锂合金生产	20
四、Al-Li 合金	20
第六节 锂的成分分析	22
第七节 锂的应用	25
一、炼铝工业	25
二、玻璃陶瓷工业	26
三、润滑脂工业	26
四、锂电池	26
五、空调、医药及其它	26
主要参考文献	27
第二章 铷和铯	28
第一节 铷和铯的矿物资源	28
一、铷、铯矿物组成	28
二、铷、铯的蕴藏量	29
第二节 铷和铯的主要物理化学性质	30
一、金属铷和金属铯的性质	30
二、铷、铯化合物的性质	32
第三节 铷、铯的选矿和冶金	32
一、铷、铯选矿	32
二、铷、铯冶金	33
第四节 铷和铯的成分分析	36
一、重量法	36
二、容量法	36
三、分光光度法	36
四、火焰分光光度法和原子吸收分光光度法	36
第五节 铷和铯的产品标准	37
第六节 铷和铯的应用	40
主要参考文献	40
第三章 铍	41
第一节 铍的矿物资源	41

第二节 铍的主要物理化学性质	42	第七节 铍的热处理	66
一、金属铍的物理性质	42	一、铍的去应力退火	66
二、金属铍的化学性质	43	二、铍的再结晶退火	66
三、金属铍的力学性能	44	三、铍的冷热循环处理	66
四、铍化合物的物理化学性质	47	四、铍的固溶处理	66
第三节 铍的选矿简述	48	五、铍的时效处理	66
一、铍的手选矿	48	第八节 铍合金及金属间化合物	67
二、铍的浮选	48	一、铍合金	67
第四节 铍的提取冶金	50	二、铍的金属间化合物	70
一、铍精矿的分解	50	第九节 铍的成分分析和物理性能检测	70
二、铍化合物的提取、分离和提纯	51	一、铍的成分分析	70
三、金属铍的制取	56	二、铍的性能检测	81
第五节 铍的熔铸及粉末冶金	58	三、铍粉末物理性能的测试	82
一、铍的熔炼和铸造	59	四、金属铍热学性能测试方法	83
二、铍粉的制取	59	第十节 铍的应用	84
三、铍粉的固结	61	第十一节 铍的毒性及其防护	84
第六节 铍的加工及制品生产	63	主要参考文献	85
一、铍板(箔)材的轧制	63		
二、铍管、棒、型材的挤压	65		

第十二篇 稀有难熔金属

第一章 钛	87	二、钛及钛合金的锻造	159
第一节 钛的矿物资源	88	三、钛及钛合金的管、棒、线材生产	178
一、钛的矿物组成	88	四、钛及钛合金的板、带、箔材生产	204
二、世界的钛资源	89	五、钛及钛合金铸件的生产	223
三、中国的钛资源	90	六、粉末冶金钛及钛合金	227
第二节 钛的主要物理化学性质	92	七、钛材加工辅助工序	243
一、金属钛的物理性质	92	第六节 钛的金属学	252
二、金属钛的化学性质	93	一、钛的合金元素	252
三、金属钛的力学性质	94	二、工业钛合金	256
四、钛化合物的物理化学性质	95	三、金属间化合物为基的钛合金	260
第三节 钛的选矿简述	102	第七节 钛的成分分析	260
第四节 钛的提取冶金	104	一、钛的原材料分析	260
一、富钛料的生产	104	二、钛的中间产品分析	262
二、海绵钛的生产	117	三、钛的成品分析	263
三、钛白的生产	140	第八节 钛的应用	267
第五节 钛及钛合金的加工和制品生产	150	一、航天航空工业	267
一、钛及钛合金铸锭的制备	150	二、化工、冶金和热能等工业	268
		主要参考文献	272

第二章 锆铪	274	一、钒的物理性质	356
第一节 锆铪的矿物资源	274	二、钒的化学性质	357
一、锆铪的矿物组成	274	三、钒的力学性质	358
二、世界的锆矿资源	275	四、钒化合物及其盐类的物理化学性质	358
三、中国的锆矿资源	275	第三节 钒的选矿简述	360
第二节 锆、铪的主要物理化学性质	276	一、钒铅矿的选矿	360
一、金属锆、铪的物理性质	276	二、钒云母的选矿	361
二、金属锆的化学性质	279	三、钾钒铀矿的选矿	361
三、锆、铪化合物的物理化学性质	279	四、钛磁铁矿的选矿	361
第三节 锆、铪的选矿简述	287	第四节 钒的提取冶金	361
一、锆、铪的粗选	287	一、钒化合物的提取	361
二、锆、铪的精选	287	二、钒的分离及提纯	369
第四节 锆铪的提取冶金	290	三、五氧化二钒的生产	371
一、锆英石的分解	290	四、钒铁及钒合金剂的生产	372
二、四氯化锆的生产	299	五、金属钒的生产	373
三、锆、铪的分离	303	六、金属钒的精炼	373
四、金属锆、铪的制取	310	第五节 金属钒的加工	376
第五节 锆铪的加工及制品生产	322	一、金属钒的熔铸	376
一、金属锆(铪)的铸锭制备	322	二、金属钒的加工	377
二、金属锆管棒的挤压加工	326	第六节 钒合金	377
三、金属锆板、带、箔材的加工	327	第七节 钒的分析检测	378
四、金属锆丝、棒材的加工	329	一、钒的检出	378
五、辅助工序	330	二、钒的测定	378
第六节 锆(铪)金属学	330	第八节 钒的应用	379
一、锆合金	330	一、钢铁工业	379
二、锆合金的热处理	341	二、钛工业	381
第七节 锆、铪的成分分析	342	三、化学工业等	381
一、锆英石和中间物料的分析	342	四、金属钒及钒基合金的应用	382
二、锆、铪冶金产品和合金的化学分析	345	主要参考文献	382
第八节 锆、铪及其化合物的应用	349	第四章 铌	384
一、锆化合物	349	第一节 铌的矿物资源	384
二、金属锆、铪及其合金	351	一、铌的主要矿物	384
主要参考文献	352	二、世界铌的蕴藏量	386
第三章 钒	353	三、其他原料来源	386
第一节 钒的矿物资源	353	第二节 铌的主要物理化学性质	387
一、钒的矿物及矿床	353	一、金属铌的物理性质	387
二、世界的钒资源	355	二、金属铌的化学性质	387
第二节 钒的主要物理和化学性质	356	三、金属铌的机械性能	390
		四、铌化合物的物理化学性质	393
		第三节 铌的选矿简述	396
		一、烧绿石的选矿工艺	396

二、铌铁矿的选矿工艺.....	398	第五节 金属钽的加工及制品	453
第四节 铌的提取冶金	398	一、金属钽坯锭的制备.....	453
一、铌矿的分解.....	398	二、金属钽、板、带、箔材的加工.....	455
二、铌的分离、提纯.....	401	第六节 钽的金属学	462
三、铌化合物的制取.....	405	一、元素杂质对钽的影响.....	462
四、金属铌的制取.....	407	二、钽的金属间化合物.....	464
第五节 铌金属的加工及制品	410	三、钽合金.....	465
一、金属坯锭的制备.....	410	第七节 钽的成分分析及钽粉性能检测	468
二、铌材的加工.....	413	一、钽的成分分析.....	468
三、高纯铌的制备.....	414	二、钽粉的物理性能检测.....	473
第六节 铌的金属学	415	三、钽粉的电性能检测.....	474
一、铌合金剂.....	415	第八节 钽的应用	474
二、铌基合金.....	417	一、电子工业.....	474
三、超导材料.....	422	二、硬质合金.....	475
第七节 铌的成分分析	423	三、化学工业.....	475
一、铌矿石分析.....	423	四、高温材料.....	475
二、铌中间产品分析.....	424	五、医疗及其它.....	476
三、铌金属及氧化物分析.....	425	主要参考文献	476
四、铌合金、铌晶体分析.....	427	第六章 钨	477
第八节 铌的应用	429	第一节 钨的矿物资源	477
一、概况.....	429	一、钨在自然界中的存在形式.....	477
二、钢铁工业.....	431	二、钨矿物.....	478
三、其他工业.....	432	三、主要钨矿矿床类型.....	481
主要参考文献	432	第二节 钨的主要物理化学性质	481
第五章 钽	433	一、钨的物理性质.....	481
第一节 钽矿物资源	433	二、钨的化学性质.....	486
一、主要钽矿物.....	434	三、钨的机械性质.....	487
二、世界的钽资源.....	435	第三节 钨的采矿和选矿	489
三、中国的钽资源.....	436	一、钨矿的采矿.....	489
第二节 钽的主要物理化学性质	436	二、钨矿的选矿.....	494
一、钽的物理性质.....	436	第四节 钨的提取冶金	498
二、钽的化学性质.....	437	一、概述.....	498
三、钽的力学性质.....	440	二、钨矿物的分解.....	498
四、钽主要化合物的物理化学性质.....	443	三、纯钨化合物的制取.....	517
第三节 钽的选矿简述	445	四、金属钨粉的制取.....	528
一、钽原生矿的选矿.....	445	第五节 金属钨的加工及制品	543
二、钽铌砂矿的选矿.....	446	一、致密钨坯锭的制备.....	543
第四节 钽的提取冶金	447	二、钨的板、带、箔材及轧制棒材的生产	551
一、钽精矿的分解.....	447		
二、钽化合物的分离和提纯.....	448		
三、金属钽的制取.....	450		

三、钨的管、棒材及制品的生产.....	562	二、钼矿的选矿	630
四、钨丝的生产.....	570	第四节 钼的提取冶金	635
五、钨的粉末冶金制品.....	589	一、钼精矿的分解.....	635
第六节 钨的强化	602	二、纯钼化合物的制取.....	647
一、钨的人工弥散粒子强化.....	602	三、金属钼粉的制取.....	652
二、钨的弥散第二相强化.....	602	第五节 金属钼的加工及制品	657
三、钨的固溶强化.....	603	一、致密钼坯锭的制备.....	657
四、钨的气泡强化.....	603	二、钼的板、带、箔材及轧制棒材的生产	662
第七节 钨的成分分析及物理性能检测	603	三、钼板的冲压、拉延制品的生产.....	670
一、钨的成分分析.....	603	四、钼的管、棒材生产.....	681
二、钨材的物理及机械性能检验方法及标准	609	五、钼的粉末冶金制品.....	690
第八节 钨的应用	616	第六节 钼的脆性与强化	692
一、概述.....	616	一、钼的脆性.....	692
二、冶金工业.....	616	二、钼的强化.....	693
三、电子和电工材料.....	618	第七节 钼的成分分析	693
主要参考文献	619	一、钼精矿、辉钼矿的分析.....	693
第七章 钼	620	二、钼粉、钼条、三氧化钼、钼酸铵的分析	694
第一节 钼的矿物资源	620	三、钼合金的分析.....	697
一、中国的钼资源.....	620	四、高纯钼的分析.....	697
二、钼的矿物.....	621	第八节 钼的应用	698
第二节 钼的主要物理化学性质	625	一、概述.....	698
一、钼的物理、机械性质.....	625	二、冶金工业.....	699
二、钼的化学性质.....	626	三、电子和电工材料.....	700
第三节 钼的采矿和选矿	628	四、农业.....	701
一、钼矿的采矿	628	主要参考文献	701

第十三篇 稀散金属

第一章 稀散金属及其资源	703	主要参考文献	719
第一节 稀散金属的发现	703	第二章 稀散金属的主要物理化学	
第二节 稀散金属的矿物资源	704	性质	720
一、稀散金属矿物.....	704	第一节 稀散金属的物理性质	720
二、稀散金属在一些矿石中的含量.....	704	一、稀散金属的原子和离子性质.....	720
三、稀散金属的典型矿床.....	713	二、稀散金属的密度.....	721
四、稀散金属矿床的工业评价.....	715	三、稀散金属的熔点和沸点.....	721
五、世界的稀散金属储量.....	718	四、稀散金属的粘度.....	722
六、稀散金属的再生资源.....	718	五、稀散金属的表面张力.....	722

六、稀散金属的电阻温度系数和电阻率.....	723	三、碱土金属氯化蒸馏法回收锑.....	743
七、稀散金属的蒸气压.....	723	四、烟化法回收锑.....	745
第二节 稀散金属的化学性质.....	725	五、氧化-还原焙烧法回收锑.....	745
一、稀散金属原子的电子亲合能.....	725	六、再次挥发法回收锑.....	746
二、稀散金属的电离势.....	725	七、萃取法回收锑.....	746
三、稀散金属的配位数.....	725	八、鼓风炉挥发法回收锑.....	746
四、稀散金属离子浓度与共水解的 pH 值.....	726	第六节 硒和碲的综合回收工艺.....	747
主要参考文献.....	726	一、硫酸化焙烧法回收硒和碲.....	747
第三章 稀散金属的提取冶金.....	727	二、硫酸化焙烧-碱浸法回收硒、碲.....	748
第一节 稀散金属在某些矿石采选过程中 的走向.....	727	三、苏打法回收硒、碲.....	748
第二节 铍的综合回收工艺.....	729	四、氯化法回收硒、碲.....	748
一、石灰乳法回收铍.....	729	五、碱土金属氯化法回收硒、碲.....	749
二、碳酸化法回收铍.....	730	六、加钙固硒法回收硒.....	750
三、从碱性溶液中直接回收铍.....	730	第七节 铋的综合回收工艺.....	751
四、汞齐电解法回收铍.....	731	一、氧化焙烧-沉淀法回收铋.....	751
五、玛格海拉港多次中和法回收铍、镉、锗.....	731	二、石灰烧结法回收铋.....	751
六、综合法回收镉、锗和铍.....	731	三、萃取或离子交换法回收铋.....	751
七、全萃法回收铍、镉和锗.....	731	四、电溶氧化法回收铋.....	752
八、选冶联合法回收铍、镉、锗和银.....	732	五、高压浸煮法回收铋.....	753
九、赤铁矿-萃取法回收铍、镉.....	733	第八节 稀散金属的提纯工艺.....	754
十、还原熔炼-萃取法回收铍、锗.....	736	一、锗的提纯工艺.....	754
第三节 镉的综合回收工艺.....	736	二、镉的提纯工艺.....	754
一、氧化造渣法回收镉.....	736	三、铋的提纯工艺.....	755
二、电解富集法回收镉.....	737	四、铊的提纯工艺.....	755
三、离子交换法回收镉.....	737	五、碲的提纯工艺.....	756
四、硫酸化焙烧法回收镉(硒、铊).....	738	六、硒的提纯工艺.....	756
五、热酸浸出-铁矾法回收镉.....	739	七、铋的提纯工艺.....	757
第四节 铊的综合回收工艺.....	739	主要参考文献.....	757
一、铬盐沉淀-置换法回收铊.....	739	第四章 稀散金属的成分分析.....	758
二、酸浸-萃取法回收铊.....	740	第一节 稀散金属的重量法分析.....	758
三、氯化沉铊法回收铊.....	740	第二节 稀散金属的氧化还原法分析.....	759
四、碱浸-硫化沉铊法回收铊.....	741	第三节 稀散金属的 EDTA 络合滴定法分 析.....	760
五、离子交换法回收铊.....	741	第四节 稀散金属的吸光光度法分析.....	762
六、电解法回收铊.....	742	第五节 稀散金属的火焰原子吸收法分析.....	765
第五节 锗的综合回收工艺.....	742	第六节 稀散金属的极谱法分析.....	766
一、优先挥发法回收锗.....	742	第七节 稀散金属的离子选择电极法分析.....	
二、硫酸化-载体沉锗法回收锗.....	743		

.....	768
第八节 稀散金属离子的化学鉴定法	
.....	769
主要参考文献	772
第五章 稀散金属的应用	773
第一节 稀散金属的应用分配	773
第二节 稀散金属的应用	774

一、镓	774
二、铟	775
三、铊	776
四、锗	776
五、硒	777
六、碲	777
七、铼	777
主要参考文献	777

第十四篇 稀土金属

第一章 稀土矿物资源	779
第一节 稀土矿物组成	779
一、稀土矿物	780
二、稀土的工业矿物组成及性质	780
第二节 世界稀土资源及分布	783
一、世界稀土资源分布	783
二、世界稀土资源储量	783
第三节 中国稀土资源及其分布	785
一、中国稀土资源特点	785
二、中国稀土资源分布	786
主要参考文献	792
第二章 稀土元素及其化合物的主要物理化学性质	793
第一节 稀土金属的物理性质	793
一、晶体结构	793
二、热学性质	794
三、热力学性质	796
四、电学性质	797
五、磁性能	797
第二节 稀土金属的化学性质	798
第三节 稀土金属的力学性质	798
一、硬度	798
二、强度与塑性	799
第四节 稀土化合物的物理化学性质	800
一、氧化物	800
二、氢氧化物	803
三、卤化物	804
四、氢化物	812

五、硫酸盐	813
六、硝酸盐	814
七、草酸盐	815
八、碳酸盐	818
九、磷酸盐	818
十、碳化物	818
十一、硫化物	820
十二、氮化物	823
十三、磷化物	823
第五节 稀土元素的氧化还原电位	823
第六节 稀土化合物的分解电压	824
主要参考文献	826

第三章 稀土提取冶金工艺	827
第一节 稀土矿的选矿工艺简述	827
一、稀土矿床的一般工业要求	827
二、选矿方法及工艺流程	827
三、选矿产品及质量标准	829
四、稀土选矿厂实例	830
第二节 稀土精矿化学处理工艺	832
一、硫酸焙烧法处理包头稀土精矿	832
二、烧碱法处理包头稀土精矿	837
三、高温氯化法处理包头稀土精矿	840
四、磷钇矿的分解工艺	841
五、烧碱法处理独居石精矿	842
六、电加热碱法分解稀土精矿	843
七、碳酸钠焙烧法处理包头稀土精矿及其它方法	844
第三节 稀土化合物的提取、分离及提纯	846

一、萃取法分离稀土元素·····	846
二、离子交换法提纯、分离稀土·····	878
三、化学法分离稀土·····	884
主要参考文献·····	886
第四章 稀土金属及其合金冶炼工艺 ·····	
·····	887
第一节 稀土卤化物的制备·····	887
一、稀土氯化物的制备·····	887
二、稀土氯化物的制备·····	891
三、稀土溴化物和碘化物的制备·····	895
第二节 金属热还原法制取稀土金属·····	
·····	895
一、钙热还原稀土氯化物·····	895
二、钙热还原稀土氯化物·····	898
三、锂热还原稀土氯化物·····	899
四、金属热还原稀土氧化物·····	901
五、中间合金法还原制取稀土金属·····	903
六、金属铈的制取·····	905
第三节 熔盐电解法制取稀土金属与合金·····	
·····	906
一、氯化物熔盐体系电解制取稀土金属·····	906
二、氟化物熔盐体系电解制取稀土金属·····	916
三、熔盐电解制取稀土中间合金·····	919
四、氯化物熔盐体系与氟化物熔盐体系比较·····	925
五、金属热还原法与熔盐电解法比较·····	926
第四节 稀土金属的提纯·····	927
一、真空熔炼法提纯稀土金属·····	927
二、真空蒸馏法提纯稀土金属·····	928
三、电迁移法提纯稀土金属·····	933
四、区域熔炼提纯稀土金属·····	935
五、熔盐电解精炼稀土金属·····	936
六、稀土单晶的制备·····	937
第五节 稀土中间合金·····	938
一、制备稀土硅铁合金的原料·····	938
二、还原制备稀土中间合金·····	940
主要参考文献·····	943

第五章 稀土材料的制备和性能····· 945

第一节 稀土合金材料·····	945
-----------------	-----

一、稀土永磁材料·····	945
二、稀土储氢材料·····	947
三、稀土发火合金·····	949
第二节 稀土化合物材料·····	950
一、稀土化合物抛光粉·····	950
二、稀土陶瓷颜料·····	951
三、稀土催化剂·····	952
四、稀土荧光材料·····	954
主要参考文献·····	955

第六章 稀土的成分分析····· 956

第一节 稀土冶金中的化学分析方法·····	
·····	956
一、稀土矿物原料的化学分析方法·····	956
二、稀土冶金中间产品的分析方法·····	959
第二节 X射线荧光谱法分析稀土元素·····	
·····	962
主要参考文献·····	967

第七章 稀土应用····· 968

第一节 稀土在冶金中的应用·····	969
一、钢·····	969
二、铸铁·····	972
三、有色金属合金·····	974
第二节 稀土在化学化工中的应用·····	977
一、玻璃陶瓷工业·····	977
二、石油化工·····	979
第三节 稀土新材料的应用·····	980
一、永磁材料·····	980
二、储氢材料·····	981
第四节 稀土在轻工和农业等领域的应用·····	
·····	982
一、染色与鞣革·····	982
二、农业·····	983
三、荧光材料·····	984
主要参考文献·····	984

第十五篇 贵金属

第一章 贵金属的矿物及资源	985	第四章 贵金属的提取冶金	1020
第一节 贵金属矿物组成	985	第一节 金、银矿石的冶金	1020
第二节 贵金属的储量及分布	987	一、氰化法提金	1020
一、金	987	二、氰化法提金新工艺	1023
二、银	987	三、无氰湿法提金	1025
三、铂族金属	988	四、其他提取金、银的方法	1026
四、中国的贵金属资源及分布	989	第二节 含铂族金属硫化铜镍矿的富集	
第三节 贵金属的其他原料来源	990	提取	1027
主要参考文献	990	一、含铂硫化铜镍矿的熔炼富集	1027
第二章 贵金属的主要物理化学性质	991	二、铜镍高硫的处理	1027
第一节 贵金属的物理性质	991	三、电解富集	1029
一、贵金属的结构和物理性质	991	四、镍铜合金的单独处理	1029
二、贵金属的电学性质	991	五、含铂族金属硫化铜镍矿处理的典型工	
三、贵金属的热电效应	992	艺	1030
第二节 贵金属的力学性质	994	第三节 冶金副产品中贵金属的综合回	
一、贵金属的弹性	994	收	1033
二、贵金属的强度与范性	994	一、镍阳极泥的处理	1033
第三节 贵金属的化学性质	995	二、铜、铅阳极泥的处理	1035
一、贵金属的原子结构和氧化态	995	三、从其他副产品中提金	1038
二、贵金属及其化合物的性质	996	第四节 低品位贵金属资源利用的新途径	
三、铂族金属及其化合物的反应	997		1039
四、贵金属转入溶液的方法	1004	一、低品位铂族矿的综合利用	1039
五、贵金属及其合金的耐腐蚀性能	1004	二、从海水和废液中提取贵金属	1040
主要参考文献	1007	第五节 贵金属的精炼	1040
第三章 贵金属的选矿	1008	一、金、银的精炼	1040
第一节 金银的选矿	1008	二、铂族金属的分离和提纯	1043
一、概述	1008	主要参考文献	1047
二、金矿的混汞法选矿	1009	第五章 贵金属的二次金属	1048
三、金矿的重选法	1010	第一节 贵金属的二次资源及特点	
四、金矿的浮选法	1013		1048
第二节 铂族金属的选矿	1015	第二节 金的回收	1050
一、砂铂矿的处理	1015	一、含金废液的处理	1050
二、铂矿的处理	1015	二、合金废料中金的回收	1051
三、从铜镍硫化矿中回收伴生铂族金属	1017	第三节 银的回收	1052
主要参考文献	1019	一、含银废液的处理	1052
		二、硫化银、氯化银的回收处理	1052

三、从废感光材料中回收银	1053
四、电器、电子废料的处理	1054
第四节 铂族金属的回收	1054
一、铂族金属合金废料的处理	1054
二、废载体铂族金属催化剂的处理	1056
三、复杂物料中铂族金属的回收	1057
主要参考文献	1059
第六章 贵金属加工及制品	1060
第一节 贵金属铤坯的制备	1060
第二节 贵金属板、带、箔材的生产	1062
一、贵金属的锻、轧加工	1062
二、贵金属的真空轧制	1065
第三节 贵金属管、棒、型、丝材的生产	1065
一、贵金属的挤压加工	1065
二、贵金属管的制造	1065
三、贵金属丝材的加工	1065
第四节 贵金属粉末冶金制品	1066
第五节 贵金属的切削加工与焊接	1067
第六节 贵金属的复合材料	1068
第七节 贵金属非晶态合金的制取	1069

主要参考文献	1069
第七章 贵金属金属学	1070
第一节 贵金属合金	1070
第二节 贵金属金属间化合物	1071
第三节 贵金属的金相显示	1072
主要参考文献	1073
第八章 贵金属的化学成分分析	1074
和物理性能检测	1074
第一节 贵金属的化学成分分析	1074
一、贵金属原料的化学分析	1074
二、贵金属材料的化学分析	1081
三、纯贵金属杂质元素的化学分析	1083
第二节 贵金属的物理性能检测	1086
主要参考文献	1088
第九章 贵金属的应用	1089
第一节 金及金合金的应用	1089
第二节 银和银合金的应用	1098
第三节 铂和铂合金的应用	1103
第四节 钯和钯合金的应用	1108
第五节 铑、铱、钇、钕及其合金的应用	1110
主要参考文献	1112

第十六篇 天然放射性金属

第一章 铀	1113
第一节 铀矿物资源	1114
一、铀矿物组成	1114
二、铀矿蕴藏量	1116
第二节 铀的主要物理化学性质	1119
一、金属铀的物理、力学性质	1119
二、铀的核性质	1120
三、铀的化学性质	1121
四、铀化合物的物理化学性质	1123
第三节 铀的选矿简述	1127
第四节 铀的提取冶金	1130
一、铀矿石准备和预处理	1130

二、铀的提取、分离和纯化	1131
三、金属铀生产	1136
第五节 铀的加工成形	1137
一、金属铀坯锭制备	1137
二、金属铀加工成形	1138
第六节 铀的金属学	1140
一、铀合金	1140
二、铀的金属间化合物	1140
三、金属铀的热处理	1142
第七节 铀的成分分析和物理性能检测	1142
一、铀的成分分析	1142
二、金属铀及其合金的检测	1144

第八节 铀的应用与防护	1145	第六节 钍的成分分析和物理性能检测	1165
一、铀在核武器中的应用	1145	一、钍的成分分析	1165
二、铀在核反应堆中的应用	1145	二、钍的物理性能检测	1166
三、铀的非核用途	1148	第七节 钍的应用和防护	1166
四、铀的防护	1148	一、钍的核用途	1166
主要参考文献	1150	二、钍的非核用途	1167
第二章 钍	1151	三、钍的防护	1168
第一节 钍资源	1151	主要参考文献	1169
第二节 钍的主要物理化学性质	1153	第三章 镭	1171
一、金属钍的物理、力学性质	1153	第一节 镭的赋存	1171
二、钍的核性质	1154	第二节 镭的主要物理化学性质	1172
三、钍的化学性质	1155	一、镭的核性质	1172
四、主要钍化合物的物理化学性质	1155	二、镭的物理性质	1172
第三节 钍的选矿简述	1156	三、镭的化学性质	1172
第四节 钍的提取冶金	1156	第三节 镭的分离	1173
一、钍精矿分解	1156	一、镭的分离方法	1173
二、钍化合物的提取、分离和纯化	1158	二、从铀矿石、尾矿及废水中分离镭	1176
三、金属钍的制取	1160	第四节 镭的检测及标定	1177
四、金属钍的提纯	1163	第五节 镭的生产厂家及价格	1178
第五节 金属钍的加工	1163	第六节 镭的防护	1178
一、钍熔炼	1163	主要参考文献	1179
二、钍的粉末冶金	1164		
三、金属钍加工	1164		

第十七篇 半导体材料

第一章 半导体材料的分类与特征	1181	第二章 锗	1195
第一节 半导体材料的主要特征	1181	第一节 高纯锗	1195
第二节 半导体材料的分类	1182	一、高纯锗的制备	1195
一、分类方法概述	1182	二、锗的区熔提纯	1198
二、元素半导体	1182	第二节 锗单晶的制备	1200
三、二元化合物半导体	1183	一、直拉法	1200
四、三元化合物半导体	1189	二、区熔匀平法	1201
五、四元化合物半导体	1191	第三节 锗产品	1202
六、固体半导体	1191	主要参考文献	1203
七、半导体薄膜与多层结构	1193	第三章 硅	1204
主要参考文献	1194	第一节 超纯多晶硅的制备	1205
		一、单晶硅对多晶硅纯度的要求	1205

二、多晶硅制备工艺	1205
第二节 单晶硅的制备	1214
一、直拉法制备硅单晶	1214
二、区熔法制备硅单晶	1221
三、其它制备硅晶体的方法	1225
四、单晶硅的产品规格	1226
主要参考文献	1226
第四章 化合物半导体	1227
第一节 化合物半导体的相平衡、杂质、 微缺陷及其掺杂	1227
一、二元系化合物半导体的相平衡	1227
二、杂质与微缺陷	1230
三、化合物半导体的掺杂	1232
第二节 砷化镓单晶生长的工艺技术	1235
一、热壁法	1235
二、冷壁法	1242
第三节 其它 III-V 族及 II-VI 族化合物半 导体单晶生长工艺技术	1249
一、磷化镓单晶生长	1249
二、磷化铟单晶生长	1251
三、锑化铟、砷化铟和锑化镓单晶生长	1251

四、II-VI 族单晶生长	1252
第四节 化合物半导体的规格参数及其 应用	1252
主要参考文献	1258
第五章 半导体材料的检测技术	1259
第一节 半导体材料电学性能测试法	1259
一、体单晶的导电类型、电阻率、迁移率和 载流子浓度测试法	1259
二、外延层厚度和载流子浓度测试法	1263
第二节 半导体中位错和漩涡缺陷测试法	1265
一、位错的腐蚀显示	1265
二、硅单晶中漩涡缺陷的腐蚀显示	1266
三、硅位错和漩涡缺陷密度测算法	1267
四、砷化镓位错密度测算法	1267
第三节 半导体材料其它性能测试法	1268
一、锗、硅体内少数载流子寿命测试法	1268
二、硅中少数载流子扩散长度测试法	1268
三、硅中氧、碳含量的红外吸收测试法	1269
主要参考文献	1270

第十一篇

稀有轻金属

第一章 锂

第二章 铷和铯

第三章 铍

第一章 锂

编写人 沈亚震 李玉纯 汪锡孝
储慰农 张兴德 黄师强 李萍乡

锂为稀有轻金属,属元素周期表第一主族。锂在地壳中的含量约 0.006%,按元素丰度居第 27 位。金属锂轻而软,化学活性强。

1817 年瑞典化学家 A. 阿尔夫韦德桑在透锂长石中发现锂。1898 年美国在南达科他州布莱克山采出 30t 锂辉石,为工业开采锂矿之始。1901 年美国梅伍德化学工厂生产出第一批锂化学品。1923 年德国金属公司首次工业性生产金属锂。1926 年德国用金属锂作铅轴承合金硬化剂,使金属锂获得工业应用。第二次世界大战期间,由于氢氧化锂和氧化锂用于防毒面罩吸收二氧化碳和净化潜艇空气,氢化锂用作轻便氢源,锂的生产和应用得到迅速发展。1944 年世界锂精矿产量为战前 1939 年的 5 倍多。战后美国原子能委员会大量收购氢氧化锂,提取同位素 ^6Li 用于热核武器的研制,使美国锂工业得到了惊人的

发展。1957 年锂精矿产量达 25000t,比 1939 年增加 80 倍。但到 60 年代初,美国原子能委员会停止收购氢氧化锂,锂生产能力大量过剩,实际产量只达到生产能力的 20%,出现低潮。以后经过十几年的推广应用,终于在铝电解、玻璃陶瓷、润滑脂、空调、有机合成等方面取得进展,产量趋向稳步上升。

第一节 锂的矿物资源

一、锂矿床

(一) 锂矿物

已知锂矿物有 140 多种,其中 Li_2O 的含量超过 2% 的有 30 多种,择要列于表 11-1-1。主要工业矿物锂辉石产于美国北卡罗来纳州、加拿大魁北克省、前苏联科拉半岛以及扎伊尔沙巴等地,中国新疆和四川也有锂辉石。锂云母产于津巴布韦比基塔、纳米比