

选 矿 手 册

第 八 卷

第 三 分 册

冶金工业出版社

选矿手册

第 八 卷

第 三 分 册

《选矿手册》编辑委员会

冶金工业出版社

《选矿手册》编辑委员会

主任委员：张卯均

副主任委员：胡为柏 童国光

编委：（按姓氏笔划排列）

王 岚 王永德 石大鑫 丘继存 刘广泌

刘正适 朱家骥 余兴远 沈志诚 沈建民

汪淑慧 李毓康 罗中兴 苏仲平 吴威孙

胡熙庚 陶 敏 黄大雨 夏珠荣 赵涌泉

秘书：赵涌泉（兼）

责任编辑：王迺琳 黄淦祥

本分册主编、副主编

第三十三篇 第一章铍锂矿选矿

主编：程德明

副主编：马天民 王纲乾

第二章 钽铌矿选矿

主编：程德明

副主编：刘锦棠 王纲乾

主编：程德明

副主编：刘承宗 王纲乾

第三章 钛、锆矿选矿

第三十三篇 第四章稀土矿选矿

主编：夏宗光 罗家珂

第三十三篇 第五章金银矿选矿

主编：王 岚 罗中兴

副主编：谢长春

第三十三篇 第六章铂族金属元素选矿

主编：田广荣 蒋鹤麟

第三十三篇 第七章铀矿选矿

主编：汪淑慧

副主编：何宪成

本分册序

为了提高我国在选矿科研、设计、生产方面的水平和总结经验，推动选矿事业的进一步发展，中国金属学会选矿学术委员会于1983年8月决定组织编写我国第一部选矿专业大型工具书——《选矿手册》，由选矿学术委员会组成《选矿手册》编辑委员会主持编写工作，并成立了相应的编写组。参加撰写工作的有国内具有几十年教学、科研、设计、生产经验的专家、教授、高级工程师、工程师几百人。在整个编写过程中，实行了三级审稿规定，严格贯彻“主编责任制”和“编辑委员会最终审定制”。

《选矿手册》共分八卷、三十七篇，按十四个分册陆续出版。全书出版字数约为450万字。考虑到选煤另有专著，本《手册》不包括煤的洗选。《选矿手册》的内容有：总论、选矿前准备、选矿方法及选矿药剂、产品处理及辅助作业、取样、试验技术与选矿过程检测、数模和工艺过程控制、选矿厂设计、选矿实践等。

《选矿手册》是一部供初、中级以上选矿工作者及有关人员使用的工具书。编入了较成熟的选矿理论、方法、工艺、药剂、设备和生产实践，内容丰富、实用性强。编写时，参阅了国内外上万篇文献，收集了上千个厂、矿的生产实践资料，理论与实践兼备，以实践为主，选材以国内为主，同时辅以典型的国外资料，体现了近代选矿科学技术水平。是一部具有中国特色的《选矿手册》。

第八卷为选矿实践，内容包括：第三十二篇有色金属选矿实践；第三十三篇稀、贵金属矿选矿；第三十四篇黑色金属及辅助材料；第三十五篇二次资源的利用；第三十六篇化工原料矿物选矿；第三十七篇建材非金属矿选矿。本分册是属此卷第三十三篇

稀、贵金属矿选矿。内容有：铍锂矿选矿、钽铌矿选矿、钛、锆矿选矿、稀土矿选矿、金银矿选矿、铂族金属元素选矿和铀矿选矿等。

书中系统地介绍了国内外铍锂矿选矿实践9例，钽铌矿选矿实践10例、钛锆矿选矿实践14例、稀土矿选矿实践8例、金和银矿的选矿实践19例、铂族金属矿选矿实践10例、铀矿选矿实践4例，并附表列出了国内外有关选矿厂的工艺流程及技术经济指标，插图140幅。

本分册最后由杨忠威作了整理。

本分册编写过程中，得到了有关科研、设计院所、大专院校、特别是生产厂矿的大力支持和帮助，在此一并表示衷心的感谢！

编 者

1989年元月2日

第八卷 第三分册目录

33 稀、贵金属矿选矿

33.1 铍锂矿选矿	3
33.1.1 铍矿石选矿	3
33.1.1.1 绪论	3
33.1.1.2 绿柱石的选矿方法	6
33.1.1.3 羟硅铍石和硅铍石的处理方法	15
33.1.1.4 金绿宝石的选冶联合法	19
33.1.1.5 铍矿选矿厂实例	21
33.1.2 锂矿石选矿	23
33.1.2.1 绪论	23
33.1.2.2 锂辉石的选矿方法	28
33.1.2.3 锂云母的浮选	38
33.1.2.4 含锂卤水的化学选矿及选冶联合法	38
33.1.2.5 锂矿选矿厂实例	39
参考文献	49
33.2 钽铌矿选矿	50
33.2.1 绪论	50
33.2.1.1 钽铌的性质和用途	50
33.2.1.2 钽铌矿物	51
33.2.1.3 钽铌矿床和矿石类型	51
33.2.1.4 钽铌原料的生产和供应情况	60
33.2.1.5 钽铌精矿质量标准	61
33.2.2 钽钼矿石选矿方法和工艺流程	61
33.2.2.1 钽铁矿-钼铁矿选矿	61
33.2.2.2 黄绿石选矿	88
33.2.2.3 褐钨钼矿和黑稀金矿选矿	95
参考文献	100

33.3 钛、锆矿选矿	101
33.3.1 绪论	101
33.3.1.1 钛锆的性质和用途	101
33.3.1.2 钛锆矿物	101
33.3.1.3 钛锆矿床	102
33.3.1.4 钛锆资源和产量	104
33.3.1.5 钛锆精矿质量标准	104
33.3.1.6 钛锆矿的选矿方法	104
33.3.2 钛原生矿选矿厂实例	113
33.3.2.1 攀枝花选钛厂	113
33.3.2.2 奥坦马基选矿厂（芬兰）	114
33.3.2.3 麦金太尔选矿厂（美国）	118
33.3.2.4 索雷尔选矿厂（加拿大）	123
33.3.3 钛锆砂矿选矿厂实例	125
33.3.3.1 乌场钛矿	125
33.3.3.2 甲子锆矿	135
33.3.3.3 北海选厂	140
33.3.3.4 联合矿产公司埃尼巴选矿厂（澳大利亚）	141
33.3.3.5 西澳矿砂公司凯佩尔选矿厂（澳大利亚）	144
33.3.3.6 西部钛矿公司选矿厂（澳大利亚）	148
33.3.3.7 纳勒库帕选矿厂（澳大利亚）	150
33.3.3.8 昆士兰钛矿公司 B 采选矿厂（澳大利亚）	150
33.3.3.9 金红石公司（塞拉利昂）	154
参考文献	156
33.4 稀土矿选矿	157
33.4.1 绪论	157
33.4.1.1 稀土的性质及用途	158
33.4.1.2 稀土矿床	160
33.4.1.3 稀土工业矿物及其物理、化学性质	162
33.4.1.4 稀土矿的选矿方法	163
33.4.1.5 稀土精矿质量标准	165
33.4.1.6 世界稀土资源、生产和消费	165

33.4.2 稀土矿选矿厂实例	173
33.4.2.1 内蒙古白云鄂博稀土共生矿	173
33.4.2.2 帕斯山稀土矿(美国)	182
33.4.2.3 山东微山稀土矿	187
33.4.2.4 西澳矿砂公司凯佩尔海滨砂矿(澳大利亚)	189
33.4.2.5 广东南山海稀土矿	192
33.4.2.6 广东雪山磷钇矿	195
33.4.2.7 江西离子吸附型稀土矿	196
33.4.2.8 铈铋钙钛矿(苏联)	200
33.4.3 稀土矿选矿厂汇总	202
参考文献	203
33.5 金银矿选矿	204
33.5.1 金矿选矿概述	204
33.5.1.1 金的生产概况	204
33.5.1.2 金的理化性质及其工业矿物	206
33.5.1.3 金的矿石类型及选矿方法	203
33.5.1.4 金的嵌布特性对选矿的影响	208
33.5.1.5 中国金矿资源简述	209
33.5.2 脉金矿的选矿	210
33.5.2.1 重选法选金	210
33.5.2.2 混汞法提金	211
33.5.2.3 浮选法选金	212
33.5.2.4 氰化法提金	213
33.5.2.5 氰化炭浆法提金	222
33.5.2.6 堆浸法提金	226
33.5.2.7 其他方法提金新动向	230
33.5.2.8 联合流程提金	233
33.5.3 脉金矿选矿厂实例	233
33.5.3.1 单一浮选选金——遂昌金矿选矿厂	233
33.5.3.2 混汞—浮选提金——夹皮沟金矿选矿厂	236
33.5.3.3 重选—混汞—浮选选金——湘西金矿沃溪选矿厂	241
33.5.3.4 混汞—重选—浮选选金——沂南金矿金场选矿厂	246

33.5.3.5	重选—浮选—焙烧选金——黄金洞金矿选矿厂·····	249
33.5.3.6	浮选—氰化提金——招远金矿玲珑选矿厂·····	254
33.5.3.7	浮选—氰化提金——新城金矿选矿厂·····	261
33.5.3.8	全泥氰化提金——柴胡栏子金矿氰化厂·····	264
33.5.3.9	氰化炭浆法提金——张家口金矿炭浆厂·····	268
33.5.3.10	氰化炭浆法提金——金色阳光金矿（美国）·····	275
33.5.3.11	加压氧化—炭浆法提金——麦克劳克林金矿（美国）·····	278
33.5.3.12	硫酸烧渣氰化提金——乳山化工厂氰化车间·····	281
33.5.3.13	硫脲提金——龙水金矿龙水岭选矿厂硫脲提金车间·····	288
33.5.3.14	树脂矿浆法提金——河西金矿扩大试验·····	288
33.5.3.15	脉金选矿厂汇总表·····	294
33.5.4	氰化厂含氰污水的处理·····	294
33.5.4.1	氰化厂含氰污水的性质及其处理方法·····	294
33.5.4.2	碱性氯化法处理含氰污水·····	296
33.5.4.3	酸化法处理含氰污水·····	299
33.5.5	砂金矿的选矿·····	304
33.5.5.1	砂金矿床的工业类型及其特点·····	304
33.5.5.2	砂金矿选矿工艺·····	305
33.5.5.3	采金船的生产实践·····	306
33.5.5.4	砂金矿固定式选金厂的生产实践·····	311
33.5.6	含银矿石的选矿·····	317
33.5.6.1	银的生产概况·····	317
33.5.6.2	银的性质、用途及其工业矿物·····	317
33.5.6.3	含银矿石的分类及其选矿方法·····	320
33.5.6.4	银金类矿石选矿实例——十里铺银矿·····	320
33.5.6.5	铅锌铜伴生银矿石的选矿·····	323
参考文献	·····	333
33.6	铂族金属元素选矿·····	335
33.6.1	绪论·····	335
33.6.2	砂铂矿的处理·····	343
33.6.2.1	阿拉斯加地区的砂铂矿（美国）·····	343
33.6.2.2	苏联的砂铂矿·····	345

33.6.2.3 威特沃特斯兰德砂砾矿(南非)	345
33.6.3 脉铂矿的处理	347
33.6.3.1 勒斯滕堡铂矿选矿厂(南非)	348
33.6.3.2 因帕拉铂矿选矿厂(南非)	352
33.6.3.3 西铂公司铂矿选矿厂(南非)	354
33.6.4 从铜镍硫化矿中回收伴生铂族金属	358
33.6.4.1 萨德伯里矿区铜-镍矿(加拿大)	358
33.6.4.2 中国金川	361
33.6.5 斯蒂尔沃特杂岩的研究进展(美国)	368
33.6.6 低品位铂矿石的综合利用	376
参考文献	377
33.7 铀矿选矿	379
33.7.1 绪论	379
33.7.2 铀矿选矿厂实例	382
33.7.2.1 兰河铀矿选矿厂	382
33.7.2.2 抚州铀矿选矿厂	389
33.7.2.3 玛丽·凯恩林铀矿选矿厂(澳大利亚)	393
33.7.2.4 帕拉博拉铀矿选矿厂(南非)	400
33.7.3 各国主要铀矿选矿厂汇总	413
参考文献	413

Volume 8 — Part 3**Contents****33 Processing of Rare and Precious
Metals Ores**

33.1 Processing of Beryllium and Lithium Ores	3
33.1.1 Beryllium Ores	3
33.1.1.1 Introduction.....	3
33.1.1.2 Processing Methods of Beryl.....	6
33.1.1.3 Processing Methods of Hydro-Bertrandite and Bertrandite	15
33.1.1.4 Combined Beneficiation-Metallurgical Process for Alumberyl	19
33.1.1.5 Cases of Beryllium Concentrators.....	21
33.1.2 Lithium Ores.....	23
33.1.2.1 Introduction	23
33.1.2.2 Processing Methods of Spodumene.....	28
33.1.2.3 Flotation of Lithionite.....	38
33.1.2.4 Chemical Processing and Combined Beneficiation-Metallurgical Process for Lithium-Containing Brine.....	38
33.1.2.5 Cases of Lithium Concentrators.....	39
References.....	49
33.2 Processing of Tantalum and Niobium Ores.....	50
33.2.1 Introduction	50
33.2.1.1 Properties and Uses of Tantalum and Niobium.....	50
33.2.1.2 Tantalum and Niobium Minerals.....	51
33.2.1.3 Tantalum and Niobium Deposits and Ore Types.....	51
33.2.1.4 Production and Supply of Tantalum and Niobium Raw Materials	60
33.2.1.5 Quality Standards for Tantalum and Niobium Concentrates	61
33.2.2 Processing Methods and Flowsheets of Tantalum and Niobium Ores.....	61

33.2.2.1 Beneficiation of Tantalite-Niobite.....	61
33.2.2.2 Beneficiation of Pyrochlore.....	88
33.2.2.3 Beneficiation of Bragite and Melanocerite.....	95
References	100
33.3 Processing of Titanium and Zirconium Ores.....	101
33.3.1 Introduction	101
33.3.1.1 Properties and Uses of Titanium and Zirconium.....	101
33.3.1.2 Titanium and Zirconium Minerals	101
33.3.1.3 Titanium and Zirconium Ore Deposits.....	102
33.3.1.4 Titanium and Zirconium Ore Resources and Production	104
33.3.1.5 Quality Standards for Titanium and Zirconium Concentrates.....	104
33.3.1.6 Processing Methods of Titanium and Zirconium Ores	104
33.3.2 Cases of Concentrators for Titanium Primary Ores.....	113
33.3.2.1 Panzhihua Titanium Concentrator.....	113
33.3.2.2 Otanmaki Concentrator (Finland)	114
33.3.2.3 Macintyre Concentrator(USA).....	118
33.3.2.4 Sorel Concentrator(Canada).....	123
33.3.3 Cases of Concentrators for Placer Titanium and Zirconium.....	125
33.3.3.1 Wuchang Titanium Mine.....	125
33.3.3.2 Jiazi Zirconium Mine	135
33.3.3.3 Beihai Concentrator	140
33.3.3.4 Eneabba Concentrator, United Minerals Inc. (Australia)	141
33.3.3.5 Capel Concentrator, Western Australia Placer Inc. (Australia)	144
33.3.3.6 Concentrator of Western Titanium Minerals Inc. (Australia).....	146
33.3.3.7 Narecoopa Concentrator(Australia).....	150
33.3.3.8 Concentrator B, Queensland Titanium Minerals Inc. (Australia)	150
33.3.3.9 Rutile Company (Sierra Leone)	154
References.....	156
33.4 Processing of Rare-Earths Ores.....	157
33.4.1 Introduction	157

33.4.1.1	Properties and Uses of Rare Earths.....	158
33.4.1.2	Rare Earths Deposits	160
33.4.1.3	Commercial Rare Earths Minerals and Their Physical and Chemical Properties.....	162
33.4.1.4	Processing Methods of Rare Earths Ores.....	163
33.4.1.5	Quality Standards for Rare Earths Concentrates	165
33.4.1.6	World Resources, Production and Consumption of Rare Earths.....	165
33.4.2	Cases of Concentrators for Rare Earths Ores.....	173
33.4.2.1	Baiyunebo associated Rare Earths Mine, Inner Mongolia	173
33.4.2.2	Mountain Pass Rare Earths Mine(USA).....	182
33.4.2.3	Weishan Rare Earth Mine, Shandong Province.....	187
33.4.2.4	Capel Beach Sand Mine, Western Australia Placer Inc.(Australia).....	189
33.4.2.5	Nanshanhai Rare Earths Mine, Guangdong Province.....	192
33.4.2.6	Xueshan Castelnauite Mine, Guangdong Province.....	195
33.4.2.7	Jiangxi Ion-Adsorption Type Rare Earths Mine.....	196
33.4.2.8	Loparite Mine (USSR)	200
33.4.3	Summary of Concentrators for Rare Earths Ores.....	202
	References.....	203
33.5	Processing of Gold and Silver Ores	204
33.5.1	General Description of Gold Ore Processing.....	204
33.5.1.1	Outline of Gold Production	204
33.5.1.2	Physical and Chemical Properties of Gold and Its Commercial Minerals.....	206
33.5.1.3	Gold Ore Types and Processing Methods.....	206
33.5.1.4	Effect of Gold Dissemination upon Its Recovery.....	208
33.5.1.5	General View of Gold Resources in China	209
33.5.2	Processing of Gold Lode Ores	210
33.5.2.1	Gold Beneficiation by Gravity Methods	210
33.5.2.2	Gold Extraction by Amalgamation	211
33.5.2.3	Flotation of Gold Ores	212
33.5.2.4	Gold Extraction by Cyanidation.....	213
33.5.2.5	Gold Extraction by Cyanidation and CIP.....	222
33.5.2.6	Heap Leaching of Gold	226
33.5.2.7	New Trends of Gold Extraction	230

33.5.2.8	Combined Flowsheets for Gold Extraction	233
33.5.3	Cases of Concentrators for Gold Lode Ores	233
33.5.3.1	Suichang Gold Concentrator—Single Flotation.....	233
33.5.3.2	Jiapigou Gold Concentrator—Amalgamation— Flotation.....	236
33.5.3.3	Woxi Concentrator, Xiangxi Gold Mine— Gravitation-Amalgamation—Flotation.....	241
33.5.3.4	Jinchang Concentrator, Xinan Gold Mine— Amalgamation—Gravitation—Flotation	246
33.5.3.5	Concentrator, Huangjindong Gold Mine— Gravitation—Flotation—Roasting	249
33.5.3.6	Ninglong Concentrator, Zhaoyuan Gold Mine— Flotation—Cyanidation.....	254
33.5.3.7	Concentrator of Xincheng Gold Mine— Flotation—Cyanidation.....	261
33.5.3.8	Cyanidation Plant, Chaihulanzi Gold Mine—Bulk Slime Cyanidation	264
33.5.3.9	Zhangjiakou Gold Plant—Cyanidation— CIP Process.....	268
33.5.3.10	Golden Sunlight Gold Mine—Cyanidation— CIP Process (USA).....	275
33.5.3.11	McLaughlin Gold Mine—Pressure Oxidation— CIP Process (USA).....	278
33.5.3.12	Cyanidation Workshop, Rushan Chemical Plant—Gold Extraction by Cyanidation from Sulfuric Cinder	281
33.5.3.13	Gold Extraction Workshop, Longshui Gold Mine—Thiourea Process	286
33.5.3.14	Enlarged Tests on Gold Extraction by Resin in Pulp Process at Hexi Gold Mine.....	288
33.5.3.15	Summary of Lode Gold Concentrators.....	294
33.5.4	Treatment of Cyanide Containing Effluents from Cyanidation Plants.....	294
33.5.4.1	Properties and Treatment Methods of Cyanide Containing Effluents from Cyanidation Plants.....	294
33.5.4.2	Treatment of Cyanide Containing Effluents by Alkaline Chlorination	296
33.5.4.3	Treatment of Cyanide Containing Effluents by Acidation Methods.....	299

33.5.5 Processing of Placer Gold Ores	304
33.5.5.1 Commercial Types and Features of Placer Gold Deposits.....	304
33.5.5.2 Processing Technology of Placer Gold Ores.....	305
33.5.5.3 Production Practice of Gold Dredges.....	306
33.5.5.4 Production Practice of Stationary Plants for Placer Gold Ores.....	311
33.5.6 Processing of Silver Containing Ores.....	317
33.5.6.1 Outline of Silver Production	317
33.5.6.2 Properties, Uses and Commercial Minerals of Silver.....	317
33.5.6.3 Classification of Silver Containing Ores and Processing Methods	320
33.5.6.4 Case of Processing Silver—Gold Ores— Shilipu Silver Mine	320
33.5.6.5 Processing of Ag-Containing Pb-Zn-Cu Ores	323
References	333
33.6 Processing of Platinum Group Metals Ores.....	335
33.6.1 Introduction	335
33.6.2 Treatment of Placer Platinum Ores	343
33.6.2.1 Placer Platinum Mines in Alaska (USA)	343
33.6.2.2 Placer Platinum Mines in USSR	345
33.6.2.3 Witwatersrand Gold-Bearing Conglomerate Mines (South Africa)	345
33.6.3 Treatment of Lode Platinum Ores.....	347
33.6.3.1 Rustenburg Platinum Concentrator (South Africa).....	348
33.6.3.2 Impala Platinum Concentrator (South Africa)	352
33.6.3.3 Western Platinum Ltd. Concentrator (South Africa).....	354
33.6.4 Recovery of PGM from Cu-Ni Sulfide Ores.....	358
33.6.4.1 Cu-Ni Mines in Sudbury Area (Canada).....	358
33.6.4.2 Jinchuan Mine, China	361
33.6.5 Progress in Research Work on Stillwater Complex (USA).....	368
33.6.6 Comprehensive Utilization of Low-Grade Platinum Ores References	376
References	377
33.7 Processing of Uranium Ores.....	379

33.7.1	Introduction	379
33.7.2	Cases of Uranium Concentrators	382
33.7.2.1	Lanhe Uranium Concentrator	382
33.7.2.2	Fuzhou Uranium Concentrator	389
33.7.2.3	Mary Kathleen Uranium Concentrator (Australia)	393
33.7.2.4	Palabora Uranium Concentrator (South Africa)	400
33.7.3	Summary of World Major Uranium Concentrators	413
	References	413