



---

# MINING HANDBOOK

---

Vol. 3

3

采  
研  
手  
册

冶金工业出版社

# 采 矿 手 册

## 第 3 卷

《采矿手册》编辑委员会 编

冶金工业出版社

## 《采矿手册》编辑委员会

主任 费子文

副主任 张济中 王绍良

顾问 洪 戈

委员 (按姓氏笔画排列)

马 力	方大成	王 柯	王 庚	王 鉴	王一平	王绍良	王国发	王裕民
田欲学	朱 琛	朱礼华	任天贵	刘东升	刘正和	刘同友	刘怀裕	刘宝琛
孙家颢	李荫棠	李晓惠	李源梁	吴统顺	张 澍	张济中	张树麟	张富民
严敏斋	郑若灿	孟昭兴	洪 戈	姜渭中	费子文	胡天毅	胡汝坤	胡克智
赵庆和	郭万君	唐昭武	梁克钧	章寿梧	黄占元	黄玉衍	黄恩光	崔荫宇
童光照	焦玉书	解世俊	蔡 琪	潘长良	穆 毅			

## 《采矿手册》总编辑部

主任 吴统顺

总编辑 (按姓氏笔画排列)

丁亦敏	邓洪贵	陈尚文	邹佩麟	吴理云	胡汝坤	姜渭中	章寿梧	曹燮明
焦承祖	董业建	熊国华						

## 《采矿手册》第三卷编写人员

(按章节顺序排列)

主编 李宝祥

副主编 祝玉学 孙盛湘 张志泗 周君才

编写人员

第十二章	李宝祥	邹佩麟	陈富生	包曼林	刘 琦	陈 遵	杜永锡	刘凯寿
	何正忠	林启太	牛成俊	苏文贤	张桂秋	翁 棣	潘节文	张德聪
第十三章	祝玉学	周叔举	张绪珍	徐桂兴	黄德荣	卢世宗	杜竟中	熊传治
	王国中							
第十四章	孙盛湘	翁 棣	文先保	彭续承	朴东光			
第十五章	张志泗	饶敦朴	王西文	王守明	王方强			
第十六章	周君才	黄立民	孙盛湘	艾万铸				

# 《采矿手册》第三卷审稿人员

(按姓氏笔画排列)

丁亦敏	牛光临	(第十二章主审)	邓洪贵	王国发	王云	尹健生	
孙玉科	冯泽林	冯福贤	孙盛湘	艾万铸	孙继承	刘凯寿	朱焯
李宝祥	苏浩	杨永光	邹佩麟	陈尚文	张勤卿	周航	金嗣桐
张管宇	张明黔	吴统顺	周君才	张志泗	骆中洲	胡天毅	祝玉学
莫家泉	陆兆溱	徐敦锡	黄启庚	黄立明	章寿梧	熊国华	曹燮明
裘家联	穆毅						
<b>责任编辑</b>	赵树莉						

### 内容简介

《采矿手册》全书41章，分七卷出版。

第一卷：矿山地质和矿山测量

第二卷：凿岩爆破和岩层支护

第三卷：露天开采

第四卷：地下开采

第五卷：矿山运输和设备

第六卷：矿山通风与安全

第七卷：矿山管理

本册为第三卷，包括露天开采，露天边坡工程，砂矿床露天开采，溶浸、水溶、热液采矿及盐湖矿床开采，海洋采矿等五章。

本书主要供矿山采矿工程师使用，对从事采矿工作的科研、设计、教学、矿山管理人员也不失为重要的参考书。

101.36/06

## ABSTRACT

The handbook totalling 41 chapters is published in seven volumes as follows:

Volume 1 Mining geology and mining survey

Volume 2 Drilling, blasting and rock stratum support

Volume 3 Open-pit mining

Volume 4 Underground mining methods

Volume 5 Mine haulage and equipment management

Volume 6 Mine ventilation and safety

Volume 7 Mine management

More than 500 specialists and professors have participated in writing and examining the manuscripts. A large amount of technical informations and illustrations are provided by the related mines and plants. This Mining Handbook is intended mainly for engineers and managerial personnel of mines, as a reference book it is also suitable for engineers and technicians in engineering and research institutes, and the members of faculty and students in colleges and universities as well.

# 《采矿手册》总目录

## 第1卷

- 第1章 总论
- 第2章 地质与矿床
- 第3章 矿山地质工作
- 第4章 矿山测量
- 第5章 矿山地面总体布置

## 第2卷

- 第6章 岩石力学
- 第7章 凿岩工程
- 第8章 爆破工程
- 第9章 采场运搬及溜井放矿
- 第10章 岩层支护与加固
- 第11章 井巷工程

## 第3卷

- 第12章 露天开采
- 第13章 露天矿边坡工程
- 第14章 砂矿床露天开采
- 第15章 溶浸、水溶、热熔采矿及盐湖矿床开采
- 第16章 海洋采矿

## 第4卷

- 第17章 矿床开拓
- 第18章 采矿方法分类与选择
- 第19章 空场采矿法
- 第20章 充填采矿法
- 第21章 崩落采矿法

- 第22章 矿柱回采和采空区处理
- 第23章 采场地压控制
- 第24章 特殊条件矿床开采

### 第5卷

- 第25章 地面运输及转载
- 第26章 地下运输
- 第27章 矿井提升
- 第28章 矿山压气
- 第29章 矿山供电及照明
- 第30章 设备管理维修
- 第31章 矿山自动化及检测仪表

### 第6卷

- 第32章 矿山安全工程
- 第33章 矿山通风
- 第34章 矿山防排水
- 第35章 矿山防灭火
- 第36章 矿山卫生工程
- 第37章 矿山环境工程

### 第7卷

- 第38章 矿山技术经济研究和评价
- 第39章 采矿系统工程
- 第40章 矿石质量管理与资源综合利用
- 第41章 矿山管理
- 附录



# 目 录

<b>第12章 露天开采</b> .....	1
12.1 概述 .....	1
12.2 露天开采境界确定 .....	5
12.2.1 确定露天开采境界的原则 .....	5
12.2.2 境界剥采比的确定 .....	6
12.2.3 露天采场境界的确定 .....	9
12.3 露天矿床开拓.....	18
12.3.1 露天矿床开拓分类 .....	18
12.3.2 公路运输开拓 .....	24
12.3.3 铁路运输开拓 .....	23
12.3.4 联合运输开拓 .....	38
12.3.5 新水平准备 .....	64
12.4 露天矿采剥方法及陡帮开采 .....	72
12.4.1 露天矿采剥方法 .....	72
12.4.2 露天矿陡帮开采 .....	80
12.4.3 采剥方法的选择 .....	99
12.4.4 露天矿分期开采 .....	99
12.4.5 露天矿生产剥采比的调整和均衡 .....	105
12.4.6 生产矿量保有期的确定 .....	107
12.4.7 露天法回采地下矿柱和残矿 .....	110
12.5 露天采场装载及辅助作业设备 .....	125
12.5.1 露天矿设备配套 .....	125
12.5.2 挖掘与装载设备 .....	128
12.5.3 露天矿辅助作业设备 .....	148
12.6 露天采场装运工艺 .....	159
12.6.1 挖掘机-汽车运输工艺.....	159
12.6.2 挖掘机-铁路运输工艺.....	171
12.6.3 挖掘机-破碎站-带式输送机运输工艺 .....	182
12.6.4 铲运机、前装机生产工艺 .....	195
12.6.5 轮斗挖掘机-带式输送机装运工艺.....	202
12.6.6 索斗铲挖掘工艺 .....	205
12.7 露天矿排土工程 .....	209
12.7.1 排土场规划 .....	210
12.7.2 排土工艺 .....	215
12.7.3 排土场的稳定性及其治理 .....	231
12.8 露天矿生产能力及采剥进度计划 .....	241
12.8.1 生产能力验证 .....	241
12.8.2 采剥进度计划编制 .....	245

12.9 饰面石材开采 .....	256
12.9.1 我国饰面石材开采的现状及其前景 .....	256
12.9.2 饰面石材开采基本特点及其矿床评价 .....	256
12.9.3 矿山规模及生产能力 .....	260
12.9.4 矿床开拓 .....	260
12.9.5 吊装、运输及废石排弃 .....	266
12.9.6 采石方法 .....	273
12.9.7 废石清理与排弃 .....	291
12.9.8 综合利用 .....	295
12.9.9 荒料检测 .....	297
参考文献 .....	305
<b>第13章 露天矿边坡工程 .....</b>	<b>306</b>
13.1 概述 .....	306
13.1.1 露天矿边坡工程的主要特点 .....	306
13.1.2 露天矿边坡工程的发展状况 .....	306
13.1.3 露天矿边坡工程的工作程序 .....	307
13.2 工程地质因素及其调查方法 .....	308
13.2.1 矿区地质背景的研究和分析 .....	308
13.2.2 边坡岩体的分类 .....	308
13.2.3 工程地质调查方法 .....	313
13.2.4 滑坡调查方法 .....	321
13.3 水文地质因素及其调查方法 .....	321
13.3.1 地下水对边坡稳定性的影响 .....	321
13.3.2 边坡水文地质调查 .....	322
13.3.3 地下水压的分布及其时空变化 .....	323
13.3.4 水文地质参数测定 .....	326
13.4 岩体、弱面抗剪强度测定 .....	329
13.4.1 试验方法 .....	329
13.4.2 数据整理 .....	335
13.4.3 指标选取 .....	337
13.5 地震、爆破震动及其测量方法 .....	339
13.5.1 地震效应 .....	339
13.5.2 爆破震动效应 .....	340
13.5.3 爆破震动的测定 .....	342
13.6 边坡岩体变形与破坏类型及实例分析 .....	344
13.6.1 边坡岩体变形破坏机理与类型 .....	344
13.6.2 边坡岩体变形与破坏实例分析 .....	345
13.7 边坡稳定性计算 .....	351
13.7.1 极限平衡方法 .....	351
13.7.2 有限元分析方法 .....	369
13.7.3 可靠性分析方法 .....	374
13.8 边坡设计 .....	393

13.8.1 类比设计方法 .....	393
13.8.2 校验设计方法 .....	394
13.8.3 优化设计方法 .....	394
<b>13.9 提高稳定性的技术措施 .....</b>	<b>411</b>
13.9.1 消坡减载与坡角支墩 .....	411
13.9.2 降压疏干 .....	412
13.9.3 边坡控制爆破技术 .....	413
13.9.4 边坡人工加固 .....	416
<b>13.10 边坡稳定性监测 .....</b>	<b>422</b>
13.10.1 位移监测 .....	422
13.10.2 水压监测 .....	429
13.10.3 震动监测 .....	432
13.10.4 加固工程结构物载荷观测 .....	432
<b>13.11 边坡工程的计算机管理 .....</b>	<b>433</b>
13.11.1 边坡工程管理过程 .....	433
13.11.2 边坡工程管理信息系统 .....	433
13.11.3 应用实例 .....	435
参考文献 .....	438
<b>第14章 砂矿床露天开采 .....</b>	<b>440</b>
14.1 概述 .....	440
14.2 砂矿床成因类型及其土岩分类 .....	443
14.2.1 砂矿床成因类型 .....	443
14.2.2 砂矿床土岩分类 .....	444
14.3 砂矿床露天机械开采 .....	447
14.3.1 应用概况与发展 .....	447
14.3.2 单斗挖掘机开采 .....	447
▽ 14.3.3 索斗铲开采 .....	449
14.3.4 前装机开采 .....	450
14.3.5 铲运机开采 .....	454
14.3.6 推土机开采法 .....	460
14.3.7 推土机-单斗机械正铲联合开采 .....	463
14.4 水力机械化开采 .....	464
14.4.1 水力机械化开采的特点及其应用 .....	464
14.4.2 水力机械化开采的主要设备 .....	466
14.4.3 水枪射流的物理机械性质 .....	471
14.4.4 开拓 .....	478
14.4.5 冲采 .....	481
14.4.6 水力运输 .....	488
14.4.7 供水 .....	499
14.4.8 水力排土场 .....	502
14.5 采砂船开采 .....	508
14.5.1 采砂船及其分类 .....	508

14.5.2	采砂船开采的使用条件 .....	509
14.5.3	矿区开采顺序 .....	514
14.5.4	开拓及采区供水 .....	516
14.5.5	预先剥离表土的经济评价 .....	528
14.5.6	防冻和解冻 .....	528
14.5.7	采矿方法及开采基本参数 .....	534
14.5.8	尾砂(砾)排弃方法 .....	550
14.5.9	链斗式采砂船的生产能力与技术经济指标 .....	552
14.5.10	链斗式采砂船选矿工艺简介 .....	559
14.5.11	吸扬式采砂船开采简介 .....	559
	参考文献 .....	567
<b>第15章</b>	<b>溶浸、水溶、热熔采矿及盐湖矿床开采 .....</b>	<b>568</b>
15.1	概述 .....	568
15.2	堆浸法 .....	569
15.2.1	堆浸的适用范围及其优缺点 .....	570
15.2.2	堆浸工艺流程 .....	570
15.2.3	浸出过程机理简述 .....	575
15.2.4	堆浸作业步骤与基本设施 .....	575
15.2.5	环境的监控与保护 .....	581
15.2.6	技术经济评述 .....	582
15.2.7	堆浸法应用实例 .....	583
15.3	原地浸出采矿 .....	588
15.3.1	基本概念 .....	588
15.3.2	适用范围和优缺点 .....	589
15.3.3	矿床地浸条件试验和评价 .....	590
15.3.4	工艺流程和工程设施 .....	594
15.3.5	主要工艺技术 .....	596
15.3.6	技术经济评述 .....	602
15.3.7	原地浸出采矿实例 .....	602
15.3.8	原地破碎浸出采矿 .....	603
15.4	微生物在采矿中的应用 .....	605
15.4.1	与采矿有关的微生物及其生理特性 .....	605
15.4.2	微生物培养方法 .....	606
15.4.3	微生物溶浸金属的应用 .....	606
15.4.4	微生物浸出矿石工艺流程 .....	607
15.4.5	微生物在采矿中的应用实例 .....	609
15.4.6	微生物浸出的优缺点评述 .....	610
15.5	钻孔水溶法 .....	610
15.5.1	溶解原理 .....	611
15.5.2	适用条件、范围及优缺点 .....	614
15.5.3	工艺流程及开采 .....	615
15.5.4	盐井结构及装备 .....	615

15.5.5 单井对流法 .....	616
15.5.6 油(气)垫对流法 .....	618
15.5.7 水力压裂法 .....	619
15.5.8 技术经济评述 .....	620
15.5.9 钻孔水溶法实例 .....	620
15.6 钻孔热熔法 .....	623
15.6.1 适用范围、条件及优缺点 .....	623
15.6.2 熔硫原理 .....	624
15.6.3 生产工艺流程及地面设施 .....	625
15.6.4 生产井设计 .....	626
15.6.5 硫井生产 .....	628
15.6.6 技术经济评述 .....	630
15.6.7 钻孔热熔法实例 .....	633
15.7 钻孔水力开采法 .....	635
15.7.1 适用范围及条件 .....	635
15.7.2 优缺点 .....	636
15.7.3 工艺方案及工业试验实例 .....	636
15.7.4 今后研究的主要内容 .....	641
15.8 盐湖矿床开采 .....	642
15.8.1 盐湖矿床特点及其开采方法 .....	642
15.8.2 盐湖固体矿床开采 .....	646
15.8.3 盐湖液体矿床开采 .....	656
参考文献 .....	668
<b>第16章 海洋采矿</b> .....	<b>669</b>
16.1 概述 .....	669
16.2 海洋矿产资源 .....	669
16.2.1 海洋地质地貌 .....	669
16.2.2 海洋矿产资源 .....	674
16.3 海洋采矿中有关技术问题 .....	676
16.3.1 采矿船只导航与定位 .....	676
16.3.2 海底测绘 .....	677
16.3.3 海洋运输 .....	677
16.3.4 海洋环境保护 .....	678
16.3.5 安全作业 .....	679
16.3.6 防腐技术 .....	679
16.4 海滨砂矿开采 .....	679
16.4.1 我国海滨砂矿床资源与开采 .....	680
16.4.2 海底砂矿床开采 .....	685
16.5 海底锰结核开采 .....	690
16.5.1 海底锰结核矿物 .....	690
16.5.2 海底锰结核的开采技术 .....	694
16.5.3 采矿方法的实用性比较 .....	701

16.5.4	深海底CLB式和压气提升式采矿方法的设计与计算 .....	702
16.5.5	集矿装置类型及其基本要求 .....	710
16.5.6	技术经济评价 .....	713
16.6	海底热液矿床开采 .....	714
16.6.1	分布与储量 .....	714
16.6.2	形成过程 .....	716
16.6.3	开采价值 .....	717
16.6.4	开采设备和方法 .....	717
16.7	海水化学元素提取 .....	720
16.7.1	海水制盐 .....	721
16.7.2	海水提镁 .....	724
16.7.3	海水提溴 .....	724
16.8	海底基岩矿床开采 .....	726
16.8.1	近、浅海底基岩矿床的开拓方法 .....	726
16.8.2	近、浅海底基岩下矿床的采矿方法 .....	729
16.8.3	海底基岩矿床开采方法的科研动向 .....	731
	参考文献 .....	733
	<b>索引</b> .....	<b>735</b>

## CONTENTS

<b>Chapter 12 Surface Mining</b> .....	1
12.1 Brief Introduction .....	1
12.2 Determination of Pit Limits.....	5
12.3 Development Work of Surface Mine.....	18
12.4 Excavation Methods and Steep-wall Mining .....	72
12.5 Loading and Auxiliary Equipments of Surface Mining .....	125
12.6 Load and Transportation Techniques of Open-pits.....	159
12.7 Dumping Work of Open-pits .....	209
12.8 Productive Capacity and Working Schedule .....	241
12.9 Ornamental Stone Mining .....	256
References .....	305
<b>Chapter 13 Open pit slope engineering</b> .....	306
13.1 Summarization .....	306
13.2 Engineering Geologic Factors and Their Examination Method.....	308
13.3 Hydrogeological Factors and Their Examination Method .....	321
13.4 Shearing Strengths of Rock Masses and Discontinuities .....	329
13.5 Seismic, blasting Vibration and Its Measurement Method.....	339
13.6 Deformation and Failure of Slope Rock Masses and Historical Analysis.....	344
13.7 Computation of Slope Stability .....	351
13.8 Slope design.....	393
13.9 Technical Approach to Gain Stability.....	411
13.10 Slope Stability Monitoring.....	422
13.11 Computer Management for Slope Engineering .....	433
References .....	438
<b>Chapter 14 Surface Mining of Placer Deposit</b> .....	440
14.1 Introduction.....	440
14.2 Classification of Placer Deposit and Soil .....	443
14.3 Mechanical Mining of placer Deposit .....	447
14.4 Hydraulic Mining of placer Deposit.....	464
14.5 Dredging .....	508
References .....	567
<b>Chapter 15 Solution Mining</b> .....	568
15.1 Brief Introduction.....	568
15.2 Heap and Dump Leaching .....	569
15.3 In-situ Leaching.....	588
15.4 The Application of Bacteria in Mining .....	605
15.5 Borehole Solution Mining.....	610
15.6 Frasch Method for extracting Sulfur .....	623
15.7 Borehole Hydraulic-jet Mining .....	635
15.8 Extraction of Minerals from Salt Lake .....	642
References .....	668
<b>Chapter 16 Marine Mining</b> .....	669
16.1 Brief Introduction.....	669
16.2 Mineral Resources in Marine.....	669
16.3 Technical Problems of Marine Mining.....	676
16.4 Beach Mining .....	679

---

16.5 Mining of Manganese Noudles on Sea Bottom .....	690
16.6 Mining of Hydrothermal Deposits on Sea Bottom .....	714
16.7 Extraction of Chemical Elements from Sea Water .....	720
16.8 Mining of Minelal Deposrts in Base Rock under Sea-water .....	726
References .....	733
Index.....	735



## 第12章 露天开采

### 12.1 概 述

为了满足我国国民经济迅速发展的需要，当矿床赋存条件对开采方式不限时，应首先采用露天开采。露天开采比地下开采更易于应用大型生产设备，从而可扩大企业的生产能力，提高劳动生产率，缩短基建时间，降低开采成本，提高经济效益。

本世纪以来，国内外露天开采得到了迅速发展。1985年对世界1310座矿山进行的统计结果，露天开采的产量占总产量的比重是：磁铁矿占78%，褐铁矿占84%，锰矿占86%，铜矿占90%，铝土矿占91%，镍矿占45%，铀矿占30%，磷酸盐占87.5%，石棉矿占75%，建筑材料近100%，沥青煤占25%，其他占40%。

我国近年来露天开采的产量比重：铁矿石占90%，有色金属矿石占52%，化工原料占70.7%，建筑材料近100%。

目前，国外一些露天矿以扩大生产规模，提高露天矿生产能力来加快采掘工业的发展速度。已经投产或正在建设的年产矿石1000万吨以上的大型露天矿有60~70座，其中年产矿石4000万吨的特大型露天矿约有20座。矿山工程年下降速度达12~20m，个别矿山达25~30m。我国大型露天矿如南芬铁矿目前实际矿石年生产能力为830万吨，水厂铁矿和齐大山铁矿矿石年生产能力分别为870万吨和590万吨。矿山工程年下降速度，除白银露天矿为20m左右外，一般均在6~8m。上述我国三个大型露天矿的分层矿量为1500~3000万吨，若采用相应的大型设备，合理的开采工艺，较高的操作技术水平和生产管理水平和生产管理水平，可使矿石年生产能力提高到1800~2500万吨，矿山工程年下降速度达12m左右。中小型露天矿虽然规模小，但生产的矿山数量多，它们对钢铁、有色金属加工、化工以及建筑等工业的发展起着重要的作用。这些矿山在合理的服务年限范围内，也可适当地扩大开采规模，提高露天矿生产能力。

同属一个企业且相距很近的几个露天采场，在满足企业生产能力的条件下，可采取扩大生产能力的办法，集中强化开采，减少同时生产的采场数。如此开发矿山可有以下好处：

(1) 露天开采特别是剥采比大的露天矿，需占大量土地，且加重了环境污染。采用集中强化开采，采完的露天坑作为废石场，将其他采场剥离的废石排卸至废坑内，既减少占地，又减轻污染。

(2) 几个露天采场同时开采，使管理复杂。集中开采，有利于生产管理和充分使用设备，提高生产率。

(3) 集中强化开采，可缩短一个露天采场的服务年限，有利于提高露天矿最终边坡角及减少边坡维护费用，一次的基建投资少。

露天矿的装备水平，在国外大型露天矿基本上采用牙轮钻机穿孔。孔径，铁矿多为310~380mm，有色金属矿多为250~310mm。台年效率，美制牙轮钻机一般为5~6万米，最高达8~10万米；苏制牙轮钻机一般为3~3.6万米，最高达4~5万米。