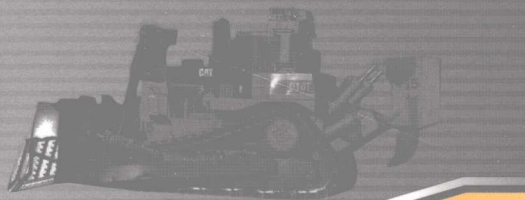


采矿实用  
技术丛书

丛书主编 唐敏康



杨国春 编

# 矿床露天开采



化学工业出版社

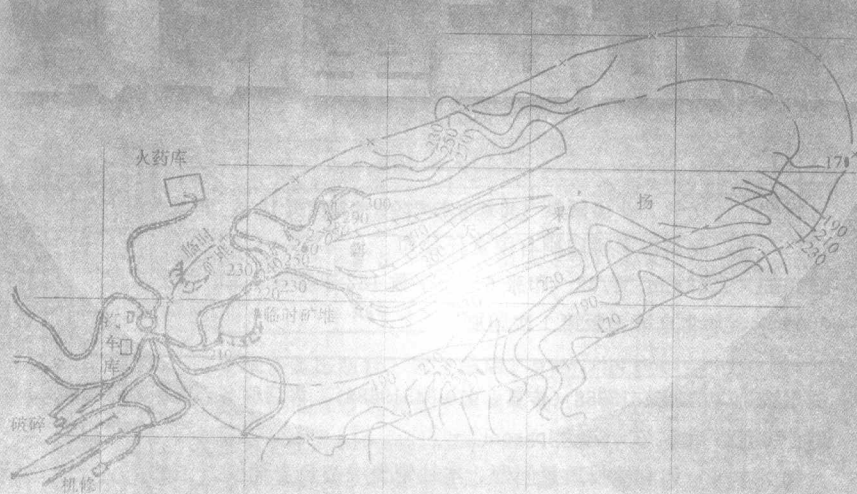
# 采矿实用 技术丛书

丛书主编 唐敏康



杨国春 编

# 矿床露天开采



化学工业出版社

·北京·

本书首先简要叙述了露天开采的基本概念和开采程序,然后分章节详细介绍了露天矿矿岩的松碎、采装工艺、运输工艺、排废工艺、露天矿水的防治、开采工艺系统、采剥方法、开采境界的确定等内容,其中重点介绍了开采工艺系统。

本书联系我国露天矿开采实际情况进行编写,图文并茂,通俗易懂。适合具有初中文化基础的技术工人以及矿山有关工程技术人员阅读。同时也可作为企业职工培训的教材,以及相关专业学生参考读物。

### 图书在版编目(CIP)数据

矿床露天开采/杨国春编. —北京:化学工业出版社,  
2009.2

(采矿实用技术丛书)

ISBN 978-7-122-04213-2

I. 矿… II. 杨… III. 矿床-露天开采 IV. TD804

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 184833 号

---

责任编辑:王晓云

装帧设计:张辉

责任校对:李林

---

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:北京市彩桥印刷有限责任公司

850mm×1168mm 1/32 印张6 $\frac{3}{4}$  字数182千字

2009年3月北京第1版第1次印刷

---

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

---

定 价:20.00元

版权所有 违者必究

# 前 言

采矿工业是现代工业的基础，是矿业系统中非常重要的一个环节，它为后续选矿、冶炼等工业提供原料。近年来，资源的可持续发展成为国家重点强调的内容，而随着资源的日益枯竭与社会需求的不断扩大，技术手段的合理运用显得尤为重要，行业对技术人员的需求也不断扩大，工人培训日益引起相关企业的重视。

《采矿实用技术丛书》紧跟采矿生产技术进步以及我国矿山生产的实际需求进行编写。丛书从矿山开拓系统入手，结合矿山生产实践中技术含量较高的环节进行编排，包括《矿山地压监测》、《矿山工程爆破》、《井巷工程》、《矿山运输与提升》、《矿床地下开采》、《矿床露天开采》、《矿井通风与防尘》、《矿山安全》和《矿山机电设备使用与维修》九个分册。在内容上图文并茂，通俗易懂，强调实用性与可操作性。适合具有中学基础的技术工人以及矿山有关工程技术人员阅读，同时也可作为企业职工培训的教材，以及相关专业学生的参考读物。

丛书各分册作者具有多年的教学经验，多次参与解决矿区实际技术难题，从而使图书的内容编排更符合技术人员的需求，也为生产管理人员提供了有益的借鉴，以期能够为实现我国矿产资源正规化、合理化、可持续化开发作出应有的贡献。

本书是《采矿实用技术丛书》之一，主要介绍了露天矿开采的相关概念、矿岩的松碎、采装工艺、运输工艺、排废工艺、露天矿水的防治、开采工艺系统、采剥方法、开采境界的确定等内容，其中重点介绍了开采工艺系统。

由于编写时间仓促，加之编者水平有限，书中难免会有疏漏和不足之处，恳请同行及读者批评指正。

编者

2009年1月

# 目 录

|                      |    |
|----------------------|----|
| 第 1 章 概述 .....       | 1  |
| 1.1 露天开采的特点 .....    | 1  |
| 1.2 露天开采的基本概念 .....  | 2  |
| 1.3 露天矿开采的一般过程 ..... | 7  |
| 1.4 露天开采生产工艺 .....   | 8  |
| 1.5 露天开采发展状况 .....   | 10 |
| 第 2 章 矿岩的松碎工艺 .....  | 14 |
| 2.1 概述 .....         | 14 |
| 2.2 穿孔工作 .....       | 15 |
| 2.3 爆破工作 .....       | 18 |
| 2.4 机械松碎工作 .....     | 32 |
| 第 3 章 采装工艺 .....     | 33 |
| 3.1 概述 .....         | 33 |
| 3.2 单斗挖掘机 .....      | 33 |
| 3.3 索斗铲 .....        | 41 |
| 3.4 前装机采装 .....      | 44 |
| 3.5 铲运机采运 .....      | 46 |
| 3.6 推土机采运 .....      | 48 |
| 3.7 轮斗铲采装 .....      | 49 |
| 3.8 链斗铲采装 .....      | 52 |
| 3.9 其他采掘设备 .....     | 53 |
| 3.10 采掘设备生产能力 .....  | 55 |
| 第 4 章 运输工艺 .....     | 58 |
| 4.1 概述 .....         | 58 |
| 4.2 公路汽车运输 .....     | 59 |
| 4.3 铁道运输 .....       | 69 |

|            |                       |            |
|------------|-----------------------|------------|
| 4.4        | 带式输送机运输 .....         | 77         |
| 4.5        | 联合运输 .....            | 81         |
| <b>第5章</b> | <b>排废工作 .....</b>     | <b>88</b>  |
| 5.1        | 排废场位置的选择 .....        | 88         |
| 5.2        | 排废场堆置方式及要求 .....      | 90         |
| 5.3        | 排废工艺 .....            | 93         |
| 5.4        | 排废工作的计划 .....         | 106        |
| 5.5        | 排废场的安全防护 .....        | 110        |
| <b>第6章</b> | <b>露天矿水的防治 .....</b>  | <b>118</b> |
| 6.1        | 概述 .....              | 118        |
| 6.2        | 地表水的防治 .....          | 120        |
| 6.3        | 矿床疏干 .....            | 124        |
| 6.4        | 防渗堵水 .....            | 129        |
| 6.5        | 矿坑排水 .....            | 132        |
| <b>第7章</b> | <b>露天开采工艺系统 .....</b> | <b>135</b> |
| 7.1        | 露天开采工艺系统的概念 .....     | 135        |
| 7.2        | 露天开采工艺系统的分类 .....     | 135        |
| 7.3        | 露天矿工艺系统的选择 .....      | 137        |
| <b>第8章</b> | <b>露天开拓 .....</b>     | <b>141</b> |
| 8.1        | 概述 .....              | 141        |
| 8.2        | 公路开拓 .....            | 142        |
| 8.3        | 铁道开拓 .....            | 152        |
| 8.4        | 带式输送机道开拓 .....        | 158        |
| 8.5        | 平硐溜井开拓 .....          | 162        |
| 8.6        | 斜坡道提升机道开拓 .....       | 166        |
| 8.7        | 开拓沟道的定线 .....         | 169        |
| 8.8        | 掘沟工程 .....            | 173        |
| <b>第9章</b> | <b>露天采剥方法 .....</b>   | <b>180</b> |
| 9.1        | 概述 .....              | 180        |
| 9.2        | 缓帮(全面)开采 .....        | 181        |
| 9.3        | 陡帮开采 .....            | 185        |

|                            |            |
|----------------------------|------------|
| 9.4 工作线的布置形式 .....         | 189        |
| <b>第 10 章 露天开采境界 .....</b> | <b>193</b> |
| 10.1 概述 .....              | 193        |
| 10.2 剥采比 .....             | 194        |
| 10.3 露天开采境界的确定方法 .....     | 201        |
| <b>参考文献 .....</b>          | <b>208</b> |

# 第 1 章 概 述

人类从自然界索取矿产资源，以便生存和发展。在人类生活中，生产资料和生活资料尽管千差万别，但都离不开矿产资源和它的加工品。因此，它是国民经济的基础工业。我们一般把气态、液态矿产资源的开发划归为石油工业；而把固态矿产资源的开采划归为采掘工业。

在采掘工业中，矿床开采方式一般分为露天开采、地下开采、海洋开采以及特殊开采。所谓露天开采就是直接在敞露于地表的空间进行采掘作业的采矿方式，为了采出有用矿物，需将矿体周围及其上部覆盖岩土剥掉，通过露天沟道或地下井巷把矿石和岩石运至地表卸载点。

## 1.1 露天开采的特点

(1) 优点 露天开采与地下开采比较，有如下突出的优点。

① 地下开采的机械化受到巷道和采掘工作空间的限制，而露天开采则可采用大型采掘运输设备，有利于实现自动化，从而可大大提高开采强度和矿石产量、改善作业环境。故露天开采较地下开采生产规模大和效率高。

② 开采成本低，为地下开采的  $1/4 \sim 1/3$ ，因而有利于大规模开采低品位矿石。

③ 矿石损失贫化小，损失率和贫化率不超过  $3\% \sim 5\%$ 。

④ 对于高温易燃的矿体，露天开采比地下开采更为安全可靠。

⑤ 基建时间短，约为地下开采的一半，每开采一吨矿石的基建投资也比地下开采低。

⑥ 劳动条件好，作业比较安全。

(2) 缺点 露天开采的主要缺点如下。

① 在开采过程中，穿爆、采装、汽车运输、卸载以及排废等作业粉尘较大，汽车运输排出的一氧化碳逸散到大气中，排废场的有害成分在雨水的作用下流入江河湖泊和农田等，污染大气、水域和土壤，将危及人民身体健康，影响动、植物尤其是农作物的生长，使生态环境遭受不同程度的破坏。

② 露天开采需要把大量的剥离物运往排废场排弃，因此排废场占地较多。

③ 气候条件如严寒和冰雪、酷热和暴雨等，对露天开采作业有一定影响。

总的来说，露天开采的优点是主要的，而其缺点是次要的。正由于它在技术上和经济上的优越性，决定了各国优先发展露天开采的总趋势。但是，露天开采不能取代地下开采，而必须遵循其适用条件。例如，露天开采在技术上几乎能够开采各类矿床，但并不是在任何情况下都是经济上合理的。对那些埋藏浅、厚度大的矿体，采用露天开采无疑是最有利的；但对于埋藏深度大的矿体，露天开采的合理范围，将取决于矿体的赋存情况和由此而决定的采掘矿石量与岩石量的比值，要用经济计算的办法加以确定。

## 1.2 露天开采的基本概念

### 1.2.1 露天开采的分类

(1) 按照开采的对象分 露天开采有原生矿床开采和砂矿床开采。

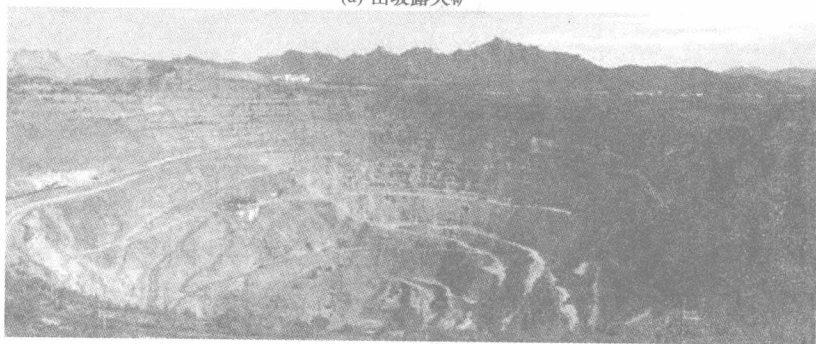
(2) 按照所采用的工具分 露天采矿方法分为机械开采和水力开采两种。机械开采的露天矿，是用一定的采掘运输设备，在敞开的空间里从事开采作业。水力开采主要用于松散的砂矿床开采，借水枪喷出的高压水流冲采砂矿，并用水力输送砂浆；或用采砂船直接采掘。这里主要介绍原生矿床的机械开采方法。

(3) 根据矿床埋藏条件分 露天矿又分为山坡露天矿和凹陷露天矿。

露天开采上部周界在同一标高上形成的闭合曲线，称为封闭圈。露天开采范围的封闭圈以上为山坡露天矿，如图 1-1 (a) 所示；封闭圈以下为凹陷露天矿，如图 1-1 (b) 所示。



(a) 山坡露天矿



(b) 凹陷露天矿

图 1-1 露天采场

### 1.2.2 露天采场相关概念

露天开采所形成的采坑、台阶和露天沟道的总和，称为露天采场，如图 1-1 所示。

## (1) 台阶

① 概念 露天开采时，通常是把矿岩划分成一定厚度的水平分层，自上而下逐层开采，并保持一定的超前关系。在开采过程中各工作水平空间上呈阶梯状，每个阶梯就是一个台阶或称为阶段。台阶是露天采场基本构成要素之一，进行采剥作业的台阶为工作台阶，暂不作业的台阶为非工作台阶。

② 构成要素 台阶构成要素如图 1-2 所示。

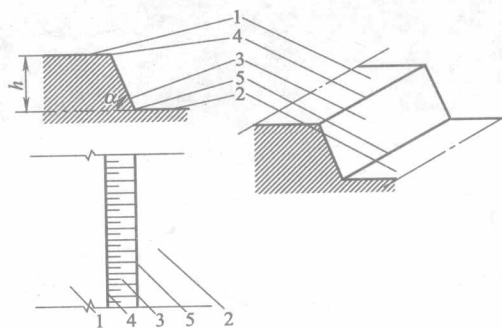


图 1-2 台阶构成要素

1—上盘；2—下盘；3—台阶坡面；4—台阶坡顶线；5—台阶坡底线

- a. 台阶上部平盘（上盘）即台阶的上部水平面；
- b. 台阶下部平盘（下盘）即台阶的下部水平面；
- c. 台阶坡面即朝向采空区的台阶倾斜面；
- d. 台阶被面角即台阶被面与水平面所成的交角；
- e. 台阶坡顶线即台阶上部平盘与坡面的交线；
- f. 台阶坡底线即台阶下部平盘与坡面的交线；
- g. 台阶高度即台阶上部平盘和下部平盘的垂直高度。

③ 台阶的开采和命名 台阶的上部平盘和下部平盘是相对的，一个台阶的上部平盘同时又是其上一台阶的下部平盘。台阶的命名，通常以开采该台阶的下部平盘（即装运设备站立平盘）的标高表示，故常把台阶叫做××水平，如图 1-3 所示。开采时，将工作台阶划分成若干个条带逐条顺次开采，如图 1-3 中的 1、2、3。每

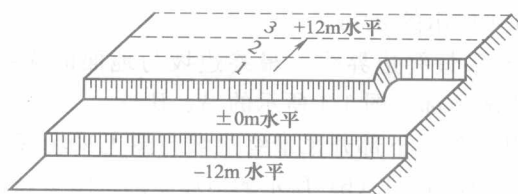


图 1-3 台阶的开采和命名

一条带为一爆破带，而挖掘机一次挖掘的宽度为采掘带。

## (2) 工作帮及相关术语

① 工作帮 指由正在进行开采和将要进行开采的台阶所组成的边帮，如图 1-1 所示的底部边坡、图 1-4 所示的  $DE$ 。工作帮的位置是不固定的，它随开采工作的进行而不断改变。

② 非工作帮 指由结束开采工作的台阶平台、坡面和出入沟底组成的露天采场的四周表面。

③ 最终边帮 指当非工作帮位于开采最终边界时，也称作最终边坡，如图 1-1 (b) 所示的上部边坡、图 1-4 所示的  $AC$ 、 $BF$ 。

④ 底帮 指位于矿体下盘一侧的边帮。

⑤ 顶帮 指位于矿体上盘一侧的边帮。

⑥ 端帮 指位于矿体两端的边帮。

⑦ 工作帮坡面 通过工作帮最上一台阶的坡底线和最下一台阶坡底线所作的假想斜面，如图 1-4 所示的  $DE$ 。

⑧ 工作帮坡角 工作帮坡面与水平面的夹角，如图 1-4 所示的  $\varphi$ 。

⑨ 工作平盘 工作帮上进行采剥作业的平台。它是用以安置设备进行穿孔爆破、装载和运输工作的场地，如图 1-4 中的 1。

⑩ 非工作帮坡面 通过非工作帮最上一台阶的坡顶线和最下一台阶的坡底线所作的假想斜面。

⑪ 最终帮坡面 非工作帮坡面位于开采最终边界时，也叫做最终边坡面，如图 1-4 中的  $AG$ 、 $BH$ 。该帮坡面在研究分析问题时，用来代替边帮的实际折线，可使问题简化并保证有足够的准确性。

⑫ 最终帮坡角 最终帮坡面与水平面的夹角，也叫做最终边

坡角，如图 1-4 所示的  $\beta$ 、 $\gamma$ 。

⑬ 上部开采最终边界线 最终边坡与地面的交线，如图 1-1 (b) 所示的边坡顶部、图 1-4 所示的 A、B 点。

⑭ 最终边界线 下部开采最终边坡与露天采场底平面的交线，或称底部周界，如图 1-1 (b) 所示的边坡底部、图 1-4 中的 G、H。

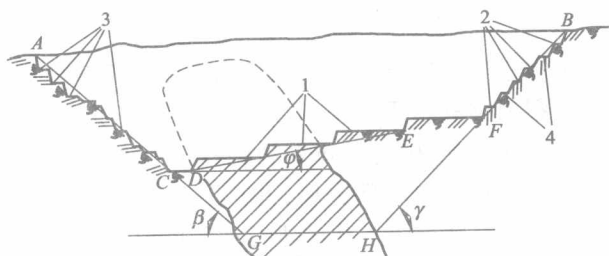


图 1-4 露天采矿场构成要素

1—工作平盘；2—安全平盘；3—运输平台；4—清扫平台；

$\beta$ 、 $\gamma$ —最终边坡角； $\varphi$ —工作帮坡角

⑮ 最终边帮上的平台 按其用途分为安全平台、运输平台和清扫平台。

a. 安全平台 用作缓冲和阻截滑落的岩石以及减缓最终边坡角，保证最终边帮的稳定性和下部水平的工作安全的。它设在露天采场的四周最终边帮上。如图 1-1 (b) 所示的边帮上的小台阶、图 1-4 所示的 2。安全平台宽度一般约为台阶高度的 1/3。

b. 运输平台 作为工作台阶与出入沟之间的运输联系的通道。它设在出入沟同侧的非工作帮和端帮上，其宽度依所采用的运输方式和线路数目决定。如图 1-1 (b) 所示的边坡上较宽及倾斜的台阶、图 1-4 所示的 3。

c. 清扫平台 用于阻截滑落的岩石并用清扫设备进行清理，它又起安全平台的作用。一般每隔 2~3 个台阶在四周的边帮上设一清扫平台，其宽度依所用的清扫设备而定。如图 1-4 所示的 4。

### (3) 其他

① 最终境界 露天矿场开采结束时，其上部最终边界线和下

部最终边界线以及边坡所限定的空间范围。

② 剥离 在露天矿开采过程中,为了采出有用矿石一般需要移除一定量非矿岩土,我们称之为剥离。

③ 剥采比 剥离的岩土量与采出矿石量之比,即每采出一吨矿石所需剥离的岩土量。其单位可用  $t/t$ 、 $m^3/m^3$ 、 $m^3/t$ 。

④ 出入沟 在剥离及采矿作业过程中,为了建立地表与工作水平之间以及各工作水平之间的联系,常常需要开掘倾斜运输通路。

⑤ 开段沟 每个水平为开辟开采工作线,常掘进的水平沟道。

### 1.3 露天矿开采的一般过程

经过地质普查、详查、精查等不同的地质勘探阶段,探明了矿床在地下的产状、构造、储量等情况。在此基础上,采矿工作者根据有关部门批准的地质报告,经过开发可行性研究、矿区总体设计、初步设计、技术设计和施工图等设计阶段,寻求技术上可能,经济上合理的露天矿开发方案。当设计经国家批准后,即可正式进行露天矿区的建设。

一个露天矿区的建设要与许多部门订立相应协议,如矿管、环保、安全监察、电力、机械制造等。

露天矿山从进行建设到投入生产一般需要经过下述一些步骤。

(1) 地面准备 露天开采是直接由地面将有用矿物采掘出来,所以在矿区开采范围内的各种天然和人为的障碍物均应加以清除,如树林、河流、交通线路、房屋等。

(2) 矿体疏干和防、排水 当矿床的地下水丰富时,矿体要先行疏干,即采用不同方法将水从矿体及其周围岩体中排出,使地下水位降至所需水平。为了防止地表水流入露天采场,应修筑地面防水工程拦截或引走地表的水流。对露天矿日常生产时期的少量涌水和雨水,则需通过一定的设施、设备将其排出。这项工作不是一次性就可完成的,是伴随着露天矿开采整个过程的重要工作。

(3) **基本建设工作** 即开掘沟道和进行基建剥离。包括建立运输通道和初始工作线；建立地面运输系统、供电系统、排废场等；建造地面生产系统中构、建筑物和其他配套设施。

(4) **日常生产工作** 即进行剥离和采矿工作。前者是为了剥除覆盖于矿体上部或周围的土岩，使有用矿物暴露出来；后者则指采掘有用矿物的作业。

地面准备，矿床疏干和防、排水，基本建设及日常生产工作，在最初是顺序进行的，以后可同时进行，但在空间上保持必要的超前关系。

(5) **复垦** 露天矿山开采结束后，要进行地表的恢复利用工作，也就是在生产结束时或在生产期间，把露天开采所占用的土地，恢复植被或进行其他方式的开发利用，从而使被破坏的环境得以改善。

## 1.4 露天开采生产工艺

掘沟、剥离和采矿是露天矿在日常生产过程中的三项重要工作。它们的生产工艺基本相同，一般包括矿岩的松碎、采装、运输、排废等过程。

(1) **矿岩的预先松碎工作** 在硬岩露天矿山多采用穿孔爆破的方法来实现；较为松软的矿岩可以采用一定的机械方式或水力方式进行松碎；能直接挖掘的松软岩石可免去这一作业过程，用挖掘设备直接开采。

(2) **采装工艺** 即矿岩的采掘和装载。

(3) **运输工艺** 即运用运输设备、设施，对矿岩进行移运。

(4) **排废工艺** 即把非矿岩土移运并堆排的工作过程。

上述各工艺环节所使用的设备是有联系的。露天矿采剥工作中各环节采用哪种方法、设备和组成的工艺系统是依据各个矿山的具体条件所决定的，矿山所采用的开采工艺、设备类型是有一定的规律性的。我们用“工艺系统”一词来反映采、运、排各环节所用方

法及设备的特征。初步可归结为如表 1-1 所示的露天矿生产工艺系统分类。

表 1-1 主要工艺系统分类

| 工艺系统名称  | 各环节的主要设备                                                  |                                      |                                 | 备注                                                   |
|---------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------|
|         | 采装                                                        | 运输                                   | 排废                              |                                                      |
| 间断工艺系统  | 单斗机械铲<br>前装机<br>吊斗铲<br>推土机<br>铲运机                         | 铁道、汽车<br>箕斗、矿车<br>汽车<br>溜井(槽)<br>铲运机 | 单斗铲<br>推土机<br>推土犁<br>前装机<br>铲运机 | 世界上多数国家广泛使用,其主要优点是适应性强,可适用于各种矿床赋存条件                  |
| 连续工艺系统  | 轮斗铲<br>链斗铲                                                | 胶带运输机<br>运输排废机                       | 胶带排废机                           | 采掘工艺的发展方向,具有一系列优点。但其对矿岩性质有严格要求,目前多用于无需爆破即可挖掘的松软岩石    |
| 半连续工艺系统 | 轮斗铲-铁道-推土犁<br>单斗铲-移动破碎机-胶带-排废机<br>单斗铲-汽车-半固定、固定破碎机-胶带-排废机 |                                      |                                 |                                                      |
| 倒堆工艺系统  | 剥离挖掘机倒堆<br>剥离挖掘机和倒堆挖掘机配合倒堆<br>单斗、轮斗铲-相应运输设备               |                                      |                                 | 因取消了运输环节因而具有许多优点,但仅适合于矿层成水平和缓倾斜的埋藏浅、覆盖层不厚的条件,应用范围很有限 |
| 水采工艺系统  | 水枪采砂船                                                     | 泥泵-管道                                | 水力排废                            | 主要应用于砂矿床的开采                                          |

## 1.5 露天开采发展状况

(1) 概述 露天开采是一种历史悠久的古老采矿方法，但由于受到矿床赋存条件和当时生产力的限制，在进入 20 世纪以前，露天开采在采矿业中的比重一直都比较小。但自进入 20 世纪后，特别是近五十多年来，由于机械制造业的飞速发展，各种高效率的采掘设备和运输设备等不断问世，而且几乎不受限制地优先装备于露天开采的矿山，使其技术面貌发生了根本性的变化；同时，由于冶金工业发展迅速，对冶金原料的需求急剧增长，不得不要求大量开采低品位矿石，以解决原料供需间的矛盾。从技术上和经济上来考虑，露天开采最适合负此重任。因此，露天开采获得了空前迅速的发展。

据统计，目前世界上每年从地壳上采出的矿石超过十亿吨，露天开采量竟占 70% 以上。除瑞典、法国和日本等少数国家以地下开采为主外，大部分国家的采矿业所占比重较大的均是露天开采。我国铁矿石产量的 90%、有色金属矿石产量的 52% 是用露天开采的，而作为冶金辅助原料的石灰石全部用露天开采。

(2) 装备水平 现代露天矿装备水平较高，并不断向大型化发展，设备的可靠性和自动化程度越来越高。

① 穿孔设备 国内外大型露天矿主要采用牙轮钻机。我国露天矿使用的牙轮钻机孔径为 250~310mm，并在试制 380mm 的牙轮钻机。国外一些露天矿孔径为 310~380mm，最大为 440mm。潜孔钻机在国内外大型露天矿多用于辅助工程，而在中小型矿特别是小型露天矿却是主要穿孔设备。中小型矿的潜孔钻机孔径为 150~200mm。此外，还使用了孔径为 120~150mm 的牙轮钻机。前苏联矿山机械设计研究院研制成功了一种潜孔钻冲击器配用牙轮钻头穿孔，直径为 160mm，与同直径牙轮钻穿孔相比，穿孔速度可提高 80%，钻头寿命可提高 50%。

② 装载设备 主要采用机械传动正向挖掘的单斗挖掘机。我