

高等学校教学用书

露天采矿业

骆中洲 主编

中国矿业学院出版社

内 容 提 要

《露天采矿业》(上册)共两篇十四章,比较系统地介绍了露天矿生产工艺方面的基本知识和理论,同时介绍了国内外比较先进的生产工艺和设备。其中:第一篇为露天矿生产工艺环节,包括矿岩准备、采装工作、运输工作、排土工作,气候对露天生产的影响,矿石的损失、贫化与质量均率;第二篇为露天矿生产工艺系统,包括间断工艺系统,连续工艺系统,半连续工艺系统,无道轮堆工艺,水力机械化开采。

本书是高等学校露天开采专业的教材,也是露天采矿学科的科研、设计单位和生产现场科技人员的参考书。

责任编辑 刘凤鸣

高等 学校 教学 用书 露 天 采 矿 学

上 册
(露天矿生产工艺)

骆中涓 主编

*

中国矿业学院出版社 出版
社 部:江苏省徐州市中国矿业学院内
油 研 部:北京市路路13号
中国矿业学院印刷厂 印刷

*

开本787×1092 1/16 印张19.5 页插2
字数450,000字 印数1—3000
1986年6月第1版 1986年6月第1次印刷
统一书号:15443·003 定价3.25元

前 言

《露天采矿学》自1961年初版以来，已历时二十余年。其间，1974年，前四川矿业学院露天采矿教研室曾作过改编，1979年，中国矿业学院和阜新矿业学院两校的露天采矿教研室合作，对本书进行修改，于1980年付印。之后，又对个别内容作了进一步修订，于1983年重印。1984年8月，邀请了国内外从事露天采矿教学的煤炭、冶金、建工高校的若干教师举行会议，对1984年重印本进行审查讨论；会前，收到沈阳煤矿设计研究院、北京有色金属设计总院、煤炭部技术咨询委员会等单位的许多露天采矿专家的书面意见。在此，谨诚挚地表示感谢。同时，还要感谢张永高、梁克均、牛成俊、李宝祥、崔顺英、陈遵、王蕴如、卫代福等同志，他们对这本教材提出过许多修改意见和建议。

在本书长期编写过程中，还得到了许多露天矿和其他方面的火力支持。本书的历史印刷本的有关内容，也曾为其他相应的教材广为利用。在此均一并致谢。

由于编者理论水平的限制，本教材中必然存在许多缺点和错误。诚挚地希望读者和专家继续提出宝贵的批评和建议。

本书分上、下两册。上册包括露天矿生产工艺环节和生产工艺系统，由胥中洲主编；下册包括露天矿矿山工程和露天矿设计，由杨荣新主编。

编 者

1984年10月

目 录

第一章 引论(骆中洲)	(1)
第一节 矿业与采矿科学	(1)
第二节 露天开采的特点和现状	(2)
第三节 基本名词术语	(3)
第四节 露天开采的一般程序、工艺环节和矿床分类	(6)

第一篇 露天矿生产工艺环节

第二章 矿岩准备(刘淑让)	(8)
第一节 概述	(8)
第二节 穿孔工作	(8)
第三节 爆破工作	(13)
第四节 松土机松碎矿岩	(21)
第五节 穿孔爆破与采装的配合及合理矿岩块度(张达贤)	(22)
第三章 采装工作(刘淑让 金智求)	(26)
第一节 机械铲作业	(26)
第二节 拉铲作业	(44)
第三节 前装机、铲运机和推土机作业	(48)
第四节 多斗挖掘机作业	(54)
第五节 螺旋钻采煤	(68)
第六节 采装设备选择	(69)
第四章 运输工作(张达贤)	(77)
第一节 概述	(77)
第二节 铁道运输	(77)
第三节 汽车运输	(84)
第四节 带式输送机运输	(91)
第五节 联合运输	(98)
第六节 运输方式选择	(111)
第五章 排土工作(张达贤)	(114)
第一节 概述	(114)
第二节 推土犁排土	(114)
第三节 机械铲排土	(117)
第四节 推土犁和机械铲排土线的发展及其比较	(119)
第五节 推土机排土	(122)
第六节 带式排土机排土	(126)
第七节 其他排土工艺	(132)
第八节 排土场建设	(134)

第九节 排土工艺选择	(137)
第六章 气候对露天矿生产的影响(张达贤)	(140)
第一节 概述	(140)
第二节 严寒对露天矿生产的影响及减轻影响的措施	(142)
第三节 雨季和其他气候因素对露天矿生产的影响及减轻影响的措施	(148)
第七章 矿石的损失、贫化与质量均和(范奇文)	(150)
第一节 概述	(150)
第二节 减少矿石损失与贫化的矿山工程措施	(151)
第三节 减少矿石损失与贫化的工艺措施	(153)
第四节 减少矿石损失与贫化的组织管理措施	(155)
第五节 矿石质量均和	(156)

第二篇 露天开采工艺系统

综 述(骆中洲)	(159)
第八章 间断工艺系统——机械铲铁道工艺(骆中洲)	(164)
第一节 应用及发展	(164)
第二节 开采参数	(164)
第三节 铁道运输工艺参数	(168)
第四节 采运设备的数量匹配	(175)
第五节 露天矿车流向规划	(177)
第六节 各环节生产能力的综合均衡	(185)
第七节 机械铲铁道工艺系统的计算机模拟	(188)
第八节 生产调度	(193)
第九章 间断工艺系统——机械铲汽车工艺(骆中洲)	(197)
第一节 应用与发展	(197)
第二节 开采参数	(197)
第三节 车斗容积和电铲勺容的匹配	(199)
第四节 车铲比	(199)
第五节 采掘工作面汽车分配	(206)
第六节 各环节生产能力的综合均衡	(209)
第七节 机械铲汽车工艺系统的计算机模拟	(211)
第八节 生产调度	(215)
第十章 连续工艺系统——轮斗挖掘机胶带工艺(范奇文)	(217)
第一节 概述	(217)

第二节	开采参数	·····	(217)
第三节	轮斗挖掘机胶带工艺环节配合	·····	(224)
第四节	工艺系统计算	·····	(235)
第五节	生产过程的集中控制与监视	·····	(245)
第十一章	连续工艺系统——排土桥、悬臂排土机工艺 (骆中洲)	·····	(249)
第一节	运输排土桥工艺	·····	(249)
第二节	挖掘机悬臂排土机工艺	·····	(257)
第三节	带排土悬臂的挖掘机工艺	·····	(263)
第十二章	半连续工艺系统 (张达贤)	·····	(265)
第一节	概述	·····	(265)
第二节	典型半连续工艺系统的分析	·····	(266)
第三节	矿岩块度问题	·····	(272)
第四节	破碎 (筛分) 转载站的移设步距	·····	(273)
第五节	半连续工艺系统的能力	·····	(274)
第六节	半连续工艺系统的经济效果	·····	(276)
第十三章	无运输倒堆工艺 (骆中洲)	·····	(279)
第一节	概述	·····	(279)
第二节	倒堆方案 (单煤层)	·····	(280)
第三节	开采参数	·····	(284)
第四节	多煤层倒堆和采煤作业	·····	(288)
第五节	工作线布置	·····	(289)
第六节	挖掘机生产能力	·····	(291)
第十四章	水力机械化开采 (骆中洲)	·····	(293)
第一节	水枪开采工艺	·····	(293)
第二节	采挖船开采工艺	·····	(300)

第一章 引 论

第一节 矿业与采矿科学

采掘工业是加工工业的基础。工业发展的快慢，决定因素之一是原料工业和能源工业的发展。工业原料和矿物燃料，归根到底，取之于自然。采掘工业就是要从自然界索取矿物燃料、金属矿石、化工原料和建筑材料等矿产，供应国民经济各个部门，以保证社会主义建设的高速发展。

随着生产活动中知识的逐渐积累和科学技术的发展，采矿科学已经成为一门独立的和系统的科学。它的任务是在辩证唯物论的指导下，充分运用现代科学的一切成就，客观地认识人类开采有用矿物的整个过程中所发生的各种复杂的现象和它们的联系，运用愈益先进的采矿工具和设备，寻求更有效的采矿作业方法，采取科学的管理，安全、经济、迅速、充分地采出矿物，并科学合理地加工利用。

矿业科学是一个庞大的知识整体，它以自然科学和社会科学的基本原理为基础，主要包括以下几个方面：

1. 关于矿物天然赋存条件的知识；
2. 关于进行矿山工程引起岩体发生的各种物理现象的知识；
3. 关于有用矿物开采工艺、方法和设备的知识；
4. 关于有用矿物精选和加工的知识；
5. 关于矿山生产中经济和科学管理的知识。

由于采矿规模的扩大，技术复杂程度的提高，有用矿物矿床类型和赋存条件多种多样，现代矿业科学已划分为多个互相独立而又联系的领域。在有用矿物开采工艺的方法上，把固体矿床开采与液体和气体矿床开采分开。固体矿床的开采又按矿床类型和开采方法分为原生矿床的露天开采、原生矿床的地下开采、砂矿开采、湖泊和海洋矿床开采等分支。

原生矿床露天开采是在敞露的地面把有用矿物开采出来。根据目前生产技术的发展水平，学习露天采矿学必须在辩证唯物论指引下，牢固地掌握数学、物理、化学、力学等必要知识，并在此基础上掌握以下几方面的专门知识：

1. 地质部分：针对露天开采所需阐明的地质构造学、矿床学、工程地质学、水文地质学及气象学等必要知识。
2. 采矿部分：露天采矿工艺系统和生产环节、开拓系统、开采程序以及露天矿设计等。
3. 矿山工程机械化、电气化和自动化部分：岩石松散、采掘、运输和排弃的机械化作业方法；露天采矿机械的构造、使用、维护及保证生产过程电气化、自动化的知识。
4. 矿业经济和管理部分：保证露天矿合理使用人力、物力、财力，达到高产、高效、低成本所必须的经济理论、运筹学、优化理论以及系统管理和组织的知识。

露天采矿学和以上诸方面都有联系，重点在采矿部分的露天矿生产过程、工艺系统、

矿田开拓和设计等。

采矿科学是广大采矿人员长期生产实践的科学总结。它的发展，归根结底依赖并服务于采矿生产实践。在学习这门学科时，必须自始至终坚持理论联系实际的原则。

第二节 露天开采的特点和现状

采矿工业和其他工业一样，受全国和地区的政治、经济、文化发展的制约，我国采矿事业中的每项决定，都必须贯彻我们党所制定的路线和各项方针、政策，符合有关法律规范。

由于生产的特点，采矿活动也有着许多特殊的规律。

首先，采矿生产的对象是天然赋存于地壳中的矿体和岩层。采矿生产直接受矿床地理位置、埋藏条件和岩石性质等影响。对于露天开采来说，还受到地形、气候等影响。矿山建设，还往往在边远地区进行，条件困难，工期较长，而且规模大、投资多。这就造成了采矿工业的复杂性。

其次，矿山中采矿场所随着时间推移不断改变其空间位置，从而引起生产对象和作业条件的经常变化。这就要求在采矿生产中动态地考察问题，有远见地针对具体情况作出计划。

第三，采矿生产是多环节进行的，从矿岩准备、采装、运输到排卸，构成先后有序、彼此联系的生产总体；而且还要有机修、疏干排水等辅助环节予以保证。为了保持各环节的协调，必须在工艺方法和生产组织上综合系统地考虑问题。局部可行不一定能保证总体可行，局部最优不等于总体最优。正确的原则是保证局部和总体都可行，并使总体最优。

可见，作为一个露天采矿工作者应该具备正确的思想方法和观点，有干劲、顽强、坚韧、富有事业心和进取精神。

现代露天开采是在现代生产技术条件下发展起来的，它比地下开采更宜于使用现代化生产工具，特别是大设备，在适宜的矿床技术条件下能达到更高的劳动生产率，足以弥补甚至胜过剥除大量表土、废石所付出的代价。必地下开采相比，露天开采的主要优点是：

1. 矿山生产能力大。有的露天煤矿，年产煤量可达3000~5000万t，总剥岩量可达1亿到3亿t。
2. 劳动生产率高。国外有的露天煤矿，劳动生产率可达50~120t/人工，我国正在设计中的大型露天煤矿预计可达10~15t/人工。
3. 成本较低。露天开采的成本和剥采比、工艺、矿岩运距有密切联系。只要剥采比不超过矿床赋存条件、矿物品位和工艺系统所要求的水平，露天开采成本一般可比地下开采低三分之一到二分之一。
4. 安全程度高，劳动条件好。因为露天开采是在敞露的地表进行的，使用的是大型的现代化的机器设备，所以，事故远远低于地下开采。
5. 建设速度较快。从矿山工程特点上看，露天矿的建设速度高。一个数千万吨规模的露天开采矿区，只要外部条件配合恰当，有可能在3~5年内建成。
6. 木材消耗少，特别是采用汽车运输时。

露天开采的缺点是：

1. 往往需剥去比矿石量多几倍乃至十几倍的表土和废岩。一般只能经济合理地开采

埋藏相对较浅、矿层厚度大的矿床。由于采矿技术发展，目前有的露天矿开采深度可达300~500m，甚至更大；但归根到底，露天开采深度要受到剥采比的限制。

2. 占地面积大，且对环境有深运的影响。一个露天开采矿区，占用的土地可达几十平方公里，露天开采对地形地貌、生态环境及文化遗址，都有直接的影响。露天开采对环境的影响这一问题，近年来日益受到公众和立法机关的重视。但是，经验证明，只要采取合理的复土造田措施，这一问题是可以解决的。

3. 受气候影响大。严寒、酷暑、风雪、暴雨等对露天矿生产的影响较大。气候的影响使露天矿生产具有季节性，降低了生产效率。

4. 需引进大型设备，投资较大。这主要是对大型露天矿而言，特别是针对我国目前尚无能力制造大型采、运和辅助设备的具体情况而言。在边远地区建设大型露天矿，由于铁路、公路、供水、供电以及生活设施等都要同步甚至超前建设，所需资金和设备量很大。

本世纪来，矿床露天开采发展迅速。以煤炭为例：全世界露天采煤量所占的比重，1913年为6.6%；1952年增加到24.9%；现已达30%以上。据估计，目前全世界2/3的矿产原料是用露天开采的。

二次大战以后，世界许多主要产煤国，如美、苏、东德、西德、波兰等，煤产量的增长主要依靠露天矿的建设。

目前，我国主要矿产的露天开采比重为：

铁矿石	90%
黑色冶金辅助矿石	90.5%
有色金属矿石	32%
化工原料矿石	70.7%
建筑材料	近100%
煤炭	约2.90%

露天采煤量目前所占比重较低并不是因为我国没有适合露天开采的煤田。近年来，我国煤炭工业对露天开采的重视已提高到战略的高度。可以预见，我国露天采煤量比重将会有较大的提高。

第三节 基本名词术语

露天采矿的目的，是从地面把地壳中的有用矿物开采出来，为此按一定工艺过程，把岩石从整体中开采出来的全部工作，总称露天矿山工程。

在地壳的构成物——岩石——中，含有对人类有用的成份，如煤、金属等。有用成分含量高或品质优良、适于工业应用的岩石，称为有用矿物。不含有用成分或含量不足以工业应用的岩石，称为剥离物，包括表土、围岩和夹石。剥离物常被称为废土、废岩等。有时，为了揭露矿体或矿层，还需排除积雪、积水。

有用矿物和剥离物的含义是相对的。从露天矿场采出的某些废石，可作建筑材料或其他用途。许多品位低、加工困难的含矿物料，可能曾经或正在按剥离物处理；随着选矿、冶炼技术的不断提高或开采成本的不断下降，已经或将会成为适于工业应用的有用矿物。有的岩石，开采之初被当作剥离物排弃，而开采过程中却发现其中含有宝贵的有用成分。

有用矿物在地壳中的集聚体称为矿体。层状的矿体称为矿层，如煤层、铁矿层等。矿体的赋存地称为矿床，煤矿床常被称之为煤田。

划归一个露天矿开采的煤田或其一部分，称为露天矿田。用矿山设备进行露天矿山工程的场所，称为露天矿场。露天矿场常被称为采场、掘场、采石场等。从事露天采矿的矿山企业称为露天矿。有时，露天矿就是露天矿场的同义词。

在开采过程中，露天矿场被划分为若干具有一定高度的水平分层或有某些倾斜的分层。这种分层被称为台阶，亦称阶段或梯段。

台阶由以下要素构成（图 1-1）：

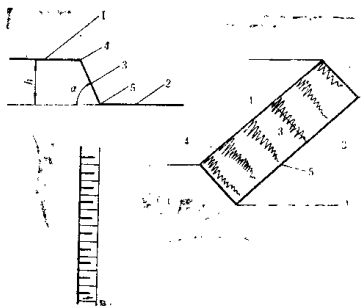


图 1-1 台阶要素

α . 台阶坡面角——台阶坡面和水平面的交角。

台阶在露天矿场中的位置往往用下部平台的水平标高来表示，如 +62m 水平，+70 m 水平，等等。

台阶开采中通常顺序地划分为具有一定宽度的条带，这种条带称为采掘带（图 1-2）采掘带长度可为台阶全长或其一部分。

如采掘带长度足够且有必要，可沿全长划成若干区段，各配以采掘设备进行开采。这样的区段称为采掘区，简称采区。在采掘区中，把矿岩从整体或爆堆中挖掘出来的地方，称为工作面——建立在端面的称端工作面，平行台阶长轴建立在坡面的称坡面工作面。

1. 台阶上部平台——台阶的上部表面，通常为上一相邻台阶的下部平台；
 2. 台阶下部平台——台阶的下部表面，通常为下一相邻台阶的上部平台；
 3. 台阶坡面——台阶朝向已采空间的斜面（有时垂直）。
 4. 台阶坡顶线——台阶上部平台与坡面的交线。
 5. 台阶坡底线——台阶下部平台与坡面的交线。
- h . 台阶高度——台阶上部平台和下台之间的垂直间距。

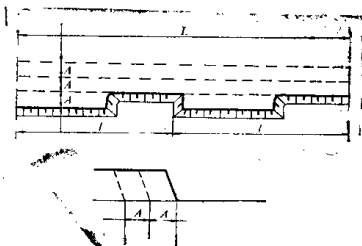


图 1-2 采掘带，采掘区，工作面

L —工作线长度； l —采掘区长度； A —采掘带宽度

已作好采掘准备,即配有采掘设备、运输路线、动力供应等的采区称为工作线。工作线分台阶的和露天矿的。前者的长度等于台阶上已作好准备的采掘区的长度之和。后者长度等于各台阶工作线长度之和。如露天矿中条件允许,不必全部工作线同时作业,则称暂不作业的工作线为备用工作线。

在某些情况下,一条很宽的采掘带可划分为若干小采掘带进行开采。这种情形常发生在汽车运输的露天矿中。

露天矿场的主要要素如图 1-3:

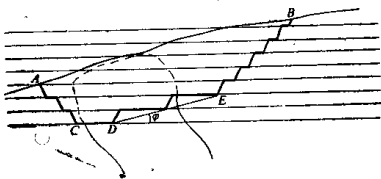


图 1-3 露天矿场主要要素

1. 露天矿场边帮——露天矿场四周由台阶平台和台阶坡面组成的总体。位于矿体底盘的称底帮;位于矿体顶盘的称顶帮;位于矿场端部称端帮。
2. 露天矿场底 (C, D) ——露天矿场的下部底面,它在矿场纵轴方向可以是平面或阶梯形。
3. 露天矿场上部境界线 (A, B) ——露天矿场边帮与地表面相交而成的空间闭合曲线。
4. 露天矿场下部境界线 (C, D) ——露天矿场边帮与矿场底相交而成的空间闭合曲线。
5. 露天矿场工作帮 (DE) ——露天矿场内由进行着矿山工程的台阶的平台及其坡面组成的边帮。
6. 露天矿场非工作帮 (AC及BE) ——露天矿场内由已结束了矿山工程的台阶的平台及其坡面组成的边帮。
7. 工作平台——宽度足以设置穿爆、采装和运输设备以及其他必要设施的台阶下部平台,也称工作平台。
8. 露天矿工作帮坡角 φ ——通过工作帮最上和最下台阶的坡底线的假想平面和水平面的夹角。

露天矿场开采结束后,每个台阶的坡底线都形成一条平面曲线。这种曲线可能闭合,也可能不闭合。矿场中标高最低的这种闭合曲线就是最下部台阶的坡底线。标高最高的这种闭合曲线即所谓的“封闭圈”。露天矿位于封闭圈以上的部分称山坡采场,以下的称凹陷采场。

露天开采中除有用矿物外,还要采出大量的剥离物。剥离量和有用矿物量之比称为剥采比,单位可以是 $m^3/m^3(n^{(1)})$, $m^3/t(n^{(2)})$, 或 $t/t(n^{(3)})$ 。三种剥采比 $n^{(1)}$ 、 $n^{(2)}$ 和 $n^{(3)}$ 的关系如下式:

$$n^{(1)} = n^{(2)} \gamma_k = n^{(3)} \frac{\gamma_k}{\gamma_b} \quad (1-1)$$

式中 γ_k 和 γ_b 是有用矿物和剥离物的容重。

第四节 露天开采的一般程序、工艺环节和矿床分类

一、露天开采的一般程序

露天开采的必要前提是有适宜的矿床。矿床是否适于露天开采，最好在地质勘探的初期就作出评价。适宜露天开采的矿床，经过进一步勘探提出了满足露天矿设计要求的地质报告（包括围岩的工程地质资料和水文地质资料）；经批准后，才可由设计部门进行设计。

露天矿经过详尽设计，设计书经主管部门审查批准后，才能进行建设。此后的露天矿建设和生产的一般步骤如下：

1. 地面准备。把交通线、输电线引入矿区，在进行开采的地区清除或迁移天然和人为的障碍物，如树木、沼泽、村庄、厂房、道路、水渠、坟地……等等。

2. 矿区隔水和疏干。截断通过开采地区的河流或把它改道，疏干地下水，使水位低于要求的水平。

3. 矿山基建工程。包括开掘沟道，建立地面到开采水平的道路；建立工作线，进行基建剥离以揭露开采的矿体；建立运输线、排土场、桥梁等；建设地面工业设施和必要的民用建筑。

4. 日常生产。矿山基建工程在开辟了必要的采剥工作线，保证达到一定采矿能力后即可移交生产。一般，再经一段时间，才能达到设计生产能力。已经开采过的地区要按规定进行复土造田。

露天矿区的建设和生产是十分复杂的工程项目。土地的购置，设备的采购、安装和调试，人员的培训，组织管理机构的建立，以及复土造田等等，牵涉面很宽，相互间联系密切。为了缩短工期，节约资金，全面、周密的统筹，十分必要。

露天矿经较长时间的生产后，可能进行改建，以提高产量或进行技术改造。改建中，可能要扩大开采境界，改变工艺系统、设备类型和规格，所有这些，也十分复杂，需作出详尽的设计研究，并有效地组织实施。

二、露天开采工艺环节

露天矿的剥离和采矿工程包括以下生产环节：

1. 矿岩准备。采掘设备能直接从整体中采落的松散土岩，无需这一生产环节；其余矿岩都要在采掘前作好准备。矿岩准备常用的方法是穿孔爆破。个别情况下，也有用机械方法松解矿岩，或用水使土岩松软。

2. 矿岩采掘和装载。采掘和装载主要由挖掘机或其他设备来完成，这是露天开采的核心环节。

3. 矿岩移运。即把剥离物运到排土场，有用矿物运往规定的卸载点。矿岩移运是联系露天矿各生产环节的纽带，所需设备多，消耗动力、劳力多，是日常生产管理中变化最多和最繁忙的环节。

4. 排卸。即剥离物的排弃，有用矿物向破碎、选矿厂的受料仓卸载。排土场占地面积大，应引起充分注意。

为保护土地，消除污染，露天开采中常常要把采矿破坏了的土地恢复到具有一定的经济价值。

露天开采各生产环节所用的设备和作业方法多种多样。本书上册将重点讲述露天矿各生产环节和由各生产环节构成的生产工艺系统；下册将讲述露天矿开拓，开采程序，开采境界和总体布置等。

三、适合露天开采的矿床分类

在选择露天开采的工艺系统、开拓系统和开采程序时，首先必须考虑矿床的埋藏条件，即矿体形状、厚度、层数、矿岩性质、地形等等。

矿床有埋藏在陆地和水下的。本书主要讨论陆地矿床的露天开采。

陆地矿床按与地面基准水平的关系，分为基准水平以上的矿床和基准水平以下的矿床。前者，矿岩运输可利用重力，减少能耗；后者需把矿岩向上提运，耗能大。

按矿体形状，矿床分为规则和不规则两种。煤层、水成非金属矿层以及许多金属矿层，多属规则矿体，许多金属和非金属矿体属不规则矿体。

按露天开采的工艺特点，层状矿体分为水平和近水平矿床（倾角 $< 5^\circ$ ），缓倾斜矿床（倾角 $5 \sim 10^\circ$ ），倾斜矿床（倾角 $10 \sim 45^\circ$ ）和急倾斜矿床（倾角 $> 45^\circ$ ）。近水平和缓倾斜矿床，一般可进行内排土；倾斜和急倾斜矿床一般不能进行内排土，但在分区开采时，在首采区采完后，可将下一采区的剥离物排入前一已采完的采区。倾斜矿床在露天开采中，一般无须在矿体底盘扩帮，急倾斜矿床则一般需在矿体底盘扩帮。

按开采矿层的厚度，露天开采的矿体可分为薄层，中薄层，中厚层和厚层。薄矿床厚度在 $0.5 \sim 1.0\text{m}$ 以下，当成累层时，难以选采，但可考虑混采；单独成层时，难以采出。中薄矿体厚度在 $1.0 \sim 3.5\text{m}$ 之间，可以比较容易地进行选采。中厚矿体厚度在 $3.5 \sim 10\text{m}$ 之间，选采容易，一般可建立纯矿台阶进行采矿。厚矿体厚度大于 10m ，一般在水平和近水平时需把矿体分成一个以上台阶进行采矿。

此外，还可按矿层数目分为单层矿床和多层矿床；按围岩性质分为软岩矿床（无需爆破）、中硬矿床（需松动爆破）和硬岩矿床（要爆破，且有一定抛掷）。

第一篇 露天矿生产工艺环节

第二章 矿岩准备

第一节 概 述

露天矿场内的矿岩，有些可用采掘设备直接挖掘，有的则难以直接挖掘，需要在采装之前进行预先破碎，作好准备。

矿岩在采装之前预先松碎的程度如何，对其后各生产环节，如采运设备的效率，采、运、排生产的安全和成本等有着直接的影响。矿岩破碎后不合格的大块，尚须进行二次破碎，这不仅提高了穿爆成本，且影响到装车效率。而有用矿物的过度粉碎，则会引起粉矿率的提高，影响产品质量，降低经济效益。爆堆的几何尺寸和形状亦将对采、运产生巨大影响。

矿岩的松碎方法取决于矿岩的物理力学性质，岩层的结构，松碎设备类型和气候条件等因素。目前使用的方法有：机械松碎法；爆破法和水力松碎法等。

机械松碎法，是用一定的机械设备，直接松碎矿岩。其特点是：设备简单，易于管理，工艺过程不复杂。但一次松碎矿岩量较少，对中硬以上的矿岩无能为力，通常在较软的矿岩或冻结层中使用。常用的机械设备为松土型。

水力法松碎矿岩，多配合水采进行。主要靠注入钻孔中的高压水使土岩胀裂而降低土岩的坚固性，以利冲采。

爆破法破碎矿岩应用最为广泛。其特点是：一次爆破量大，能破碎十分坚硬的矿岩。但需穿凿大量的炮孔和消耗大量的爆破器材，工艺较复杂。

第二节 穿孔工作

露天矿的穿爆工作即穿孔与爆破的合称。前者是后者的准备，是为爆破穿凿出一定规格的装药炮孔。

露天矿的穿孔方法，按钻进或能量利用方法，可分为机械穿孔、热力穿孔、声波穿孔和化学法穿孔等。

机械法穿孔是目前国内外应用最广泛和最有效的方法。热（火）力穿孔仅在适用于热力破碎的矿岩中应用。化学和声波法穿孔等尚在研讨之中。

机械法穿孔，即利用机械能破碎矿岩，形成所需规格的炮孔。下面对常用的穿孔机械作一简述：

一、钢绳冲击式穿孔机

它是六十年代以前我国大中型露天矿的主要穿孔设备。七十年代以来这种钻机在很多大型露天矿（特别是金属矿山）已为潜孔钻机和牙轮钻机所取代。这种穿孔机结构简单，易于维修，备件充足，适应性强，所以我国有的矿山仍在应用。它的钻头直径为70~350mm，孔深8~30m。其结构如图2-1所示。

钢绳冲击式穿孔机的效率主要与穿凿岩石的性质有关。阜新海州露天煤矿每台冲击钻机的月效率最高达五千多米，抚顺西露天煤矿太原造冲击钻的最高年效率为30443m/台；大连甘井子石灰石露天矿6y-20-2钻机的年效率为10000m/台；南山铁矿为8700m/台。

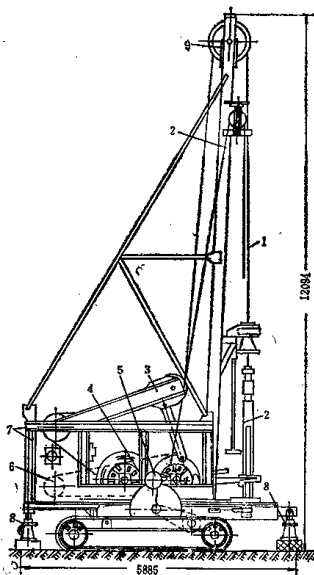


图 2-1 钢绳冲击式钻机

- 1—提升钢丝绳；2—钻具组；3—冲击梁；4—提升液筒；5—主轴；6—电动机；
7—机架；8—千斤顶；9—天轮

二、潜孔钻机

潜孔钻机是一种风动冲击式钻机。其特点是：工作机构（冲击器和钻头）潜入钻孔，随钻孔的延深推进到孔底而直接穿凿矿岩；钻机的机架和水平面的夹角（机架倾角）可以改变，通常是 $60\sim 90^\circ$ ，有利于打倾斜孔而改善爆破参数和提高爆破质量。

潜孔钻机结构简单，机械化程度高，易于操作。在坚硬矿岩和裂隙发育的矿岩中比钢绳冲击式钻机效率高，可穿凿控制爆破所要求的炮孔，而且穿孔成本较低。自七十年代以来得到了较广泛的应用。目前我国应用较多的潜孔钻机有KQ-150型、LQZ-200型和QZ-250型。图2-2为KQ-150型潜孔钻机的外形。

潜孔钻机的效率主要取决于钻孔的直径、所穿凿矿岩的特性等因素。大石桥镁矿，

Gy-20-2钻机年效率按矿岩量为33万t, 而KQ-150潜孔钻机达66万t, 后者为前者的一倍, 且每吨矿岩的穿爆成本降低15~20%, 该矿KQ-150钻机的台日效率平均为55m, 最高达150m。

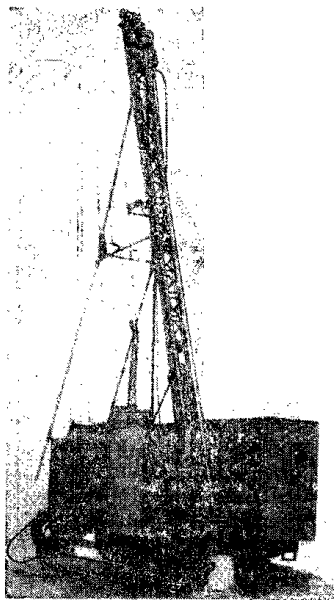


图 2-2 KQ-150型潜孔钻机

大冶铁矿的潜孔钻机的台日进米为钢绳冲击钻孔的2~3倍, 达70~80m/(台·d), ϕ -200型潜孔钻机的各种效率, 见表2-1。

表2-1

ϕ -200型潜孔钻机的效率

m/(台·a)	m/(月·台)	m/台·d		
		平 均	矿 石	岩 石
14404	1441	72	36	75

三、回转式钻机

回转式钻机借助钻杆把能量传递给钻头，在轴压力和旋转力矩的作用下，由钻头刃部将孔底岩石切削下来，再用钻杆上的螺旋片把岩屑排至孔外。由于钻刃强度的限制，不可能承受过高的轴向压力和旋转力矩，故回转钻机一般多在 $f = 2 \sim 5$ 的矿岩中应用。它在油母页岩和无硬夹石层的煤层中取得了良好的效果。该类钻机的钻头直径一般为70~200 mm，孔深为5~20m，图2-3为一种回转钻机的外形图。

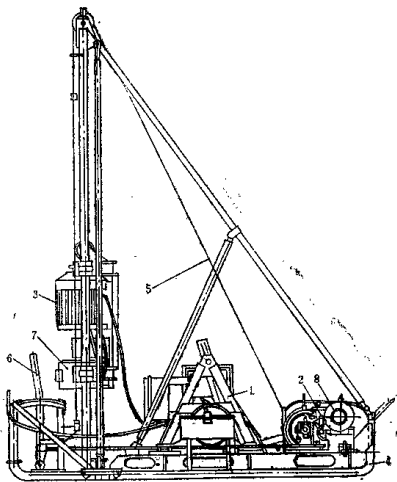


图 2-3 回转式钻机外形图

1—走行机构；2—提升机构；8—回转机构；4—机架；5—提升钢绳；6—操作手柄；

7—二级减速器；8—提升电机

回转式钻机的效率很高。如抚顺式风钻的年效率最高达到155771 m/台，平均为11万 m/(台·a) 上述指标是在作业率为57%左右的情况下取得的。如果故障率进一步下降，其效率将会更高。

四、牙轮钻机

牙轮钻机是比较理想的露天矿用穿孔机械，效率高，通用性强，可在各种矿岩中应用。在坚硬矿岩中作业比其他类型的钻机更有效。可按照矿岩的软、中硬、坚硬和特硬来选择适当的钻头和工作参数，以获得理想的结果。在软岩中，轮牙的齿距应长些、宽些、齿面硬化度要高些。牙轮的支承轴承中心应偏离钻头的回转中心几毫米，借以产生较大的拖制作用。在坚硬岩石中，则应选用少刃切削钻头，以增大冲击力，且齿牙要短。