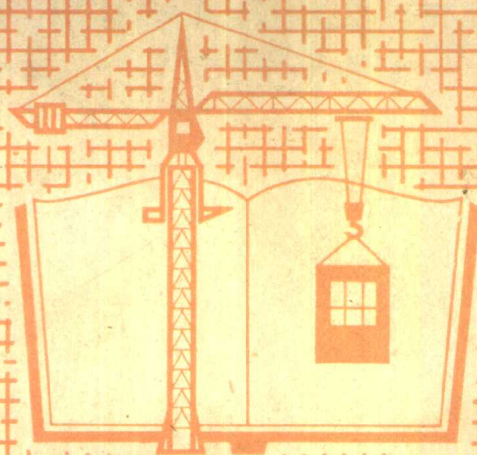


非金属矿床露天开采

武汉建筑材料工业学院 编



高等学校试用教材

中国建筑工业出版社

TD8704
F-432

高等学校试用教材

非金属矿床露天开采

武汉建筑材料工业学院 编

中国建筑工业出版社

459025

全书包括非金属矿床露天开采工艺和露天矿设计等内容，共十二章。其中特别介绍了石材开采和环境保护的内容。作者较多地收集了国内外非金属矿床露天开采的资料，力图反映非金属矿床露天开采的特点。本书除可作为高等学校非金属矿床开采专业的教材之外，亦可供建材、化工等非金属矿山技术人员参考。

高等学校试用教材
非 金 属 矿 床 露 天 开 采
武汉建筑材料工业学院 编

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

开本：787×1092毫米 1/16 印张：17 $\frac{1}{2}$ ，字数：423千字
1984年12月第一版 1984年12月第一次印刷
印数：1—2,400册 定价：1.80元
统一书号：15040·4688

前 言

《非金属矿床露天开采》是根据国家建筑材料工业局审定的高等学校非金属采矿专业教学计划和教学大纲编写的教材，也可供从事非金属露天矿开采研究、设计和生产的工程技术人员参考。全书共分十二章，主要介绍非金属矿床露天开采生产工艺、开拓和开采设计的基本原理、生产计划编制和露天矿的环境保护等，内容力求反映国内外最新技术。在编写过程中，考虑了与有关课程的衔接与配合，尽可能避免重复，并保持了本课程的系统性。露天矿边坡稳定和露天矿通风，因分别在《矿山岩体力学》和《矿山通风》教材中介绍，本教材不予重述。露天矿的穿孔爆破和铁路、胶带及斜坡卷扬运输，在此仅作了简述。

本书的绪论、第一章至第五章和第十二章由翁棣编写，第五章至第十一章由崔顺英编写，全书由翁棣修订。

本书由国家建筑材料工业局科教司主持，中国矿业学院杨荣新主审的审稿会审定。参加审稿会的人员还有：东北工学院梁克钧，中南矿冶学院邹佩麟，山东建材学院蒋超凡，国家建材局贺德仁，中国建筑工业出版社张梦麟。他们对本书内容提出许多宝贵意见，在此表示深切谢意。

在编写过程中，曾得到有关矿山、设计、科研和高等院校的大力支援和帮助，在此一并表示深切谢意。

由于我们水平有限，书中的缺点错误在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

一九八三年十二月于武汉建材学院

101 51/09

目 录

绪 论	1
第一章 矿岩松碎工作	7
第一节 概述	7
第二节 穿孔工作	8
第三节 爆破工作	14
第四节 机械松碎工作	23
第二章 采装工作	28
第一节 单斗挖掘机采装	28
第二节 无运输倒堆剥离	39
第三节 多斗挖掘机采装	43
第四节 前装机、铲运机和推土机采装	47
第三章 运输工作	51
第一节 概述	51
第二节 汽车运输	53
第三节 溜道运输	77
第四节 联合运输的转载工作	87
第四章 排土工作	92
第一节 概述	92
第二节 排土方法	93
第三节 排土场的建设与稳定	99
第五章 露天矿防水和排水工作	101
第一节 露天矿防水与疏干	101
第二节 露天矿排水	106
第六章 石材开采	111
第一节 概述	111
第二节 大理石、花岗石回采工艺	117
第三节 荒料起吊装车与运输	138
第四节 石材加工概述	142
第七章 露天矿开采境界	147
第一节 概述	147
第二节 确定经济合理剥采比的方法	149
第三节 境界剥采比的计算方法	152
第四节 确定露天开采境界的原则	155
第五节 确定露天开采境界的方法与步骤	160
第八章 露天矿开拓	170
第一节 概述	170

第二节	露天矿的开采程序	171
第三节	公路运输开拓	180
第四节	平硐溜道运输开拓	189
第五节	胶带运输开拓	200
第六节	铁路运输开拓	202
第七节	斜坡卷扬开拓	205
第八节	开拓运输系统的选择	209
第九节	掘沟工程	212
第九章	生产剥采比	220
第一节	概述	220
第二节	生产剥采比变化的规律及其调整	221
第三节	生产剥采比的初步确定	226
第十章	露天矿生产能力	232
第一节	按露天矿的服务年限计算生产能力	233
第二节	按矿山工程的发展速度计算生产能力	235
第三节	按可能布置的采矿台阶挖掘机工作面数验证生产能力	240
第四节	露天矿生产能力的调节及储备矿量	241
第十一章	露天矿采掘进度计划的编制	244
第一节	概述	244
第二节	露天矿基建工程	249
第三节	编制露天矿采掘进度计划的方法与步骤	251
第四节	露天矿矿山工程年度计划	255
第十二章	露天矿环境保护	258
第一节	概述	258
第二节	景观破坏	259
第三节	大气污染	262
第四节	噪声污染	265
第五节	水体污染	267
第六节	露天矿的土地恢复	270
主要参考文献		272

绪 论

一、非金属矿床露天开采的地位与特点

非金属矿床开采按开采对象和开采方法,可分为露天开采和地下开采。近年来,水下开采(包括江、河、湖、海的水下开采)也有所发展。

露天开采又可分为机械开采和水力开采。水力开采是用水枪射击高压高速的水流冲采矿岩,并用水力冲运,此法多用于开采松软矿床。机械开采是用一定的采掘运输设备,按一定的生产工艺过程,从地面将矿体四周的岩体及其覆盖的岩层剥离掉,把矿石采出来并通过露天沟道或地下井巷运到地表,其采掘过程所形成的空峒直接敞露于地表。此法适用于开采非金属、金属、煤矿和化工原料矿床,是目前最广泛使用的一种开采方法。

非金属矿床露天开采的任务,是用露天开采法向自然界索取国民经济所需要的非金属工业矿物(如石墨、石棉、金刚石、云母、滑石和瓷土等)、水泥原料(如石灰石和粘土等)、建筑材料(如石材、砂、石等)以及化工原料(如磷灰石等)。在国外90%以上的非金属矿床是用露天开采;在我国,包括水泥原料、骨料在内的全部非金属矿床也有80%以上是露天开采的。因此,非金属矿床露天开采同其它采掘工业一样是国民经济的基础工业。

露天开采比地下开采具有以下突出优点:

(1)几乎不受空间限制,可以采用大型机械设备,有利于实现机械化和自动化,可以大大提高开采强度和矿石产量,生产比较安全可靠,劳动条件好,劳动生产率一般比地下开采高出2~10倍以上。

(2)矿山基建速度快,基建时间短,约为地下开采的一半,而每吨矿石生产能力的基建投资又低于地下开采。

(3)开采成本低,一般比地下开采低2~3倍,有利于大规模开采低品位矿床。

(4)矿石开采的损失、贫化小。损失率不超过3~5%,废石混入率不超过5~10%,可以充分回收地下资源。

(5)木材用量少,每采出一千吨矿石平均用木材,露天开采约为 0.1m^3 (汽车运输时),地下开采约为 15m^3 。

(6)便于进行改建、扩建,扩大矿山生产规模。

露天开采存在如下缺点:

(1)露天矿场及其排弃剥离物的排土场,占用较大的土地面积,破坏自然景观,影响农业发展。若不进行土地恢复,将在一定程度上影响生态平衡。

(2)露天开采过程中产生的粉尘和释放出的有害气体,污染大气。排土场的有害成分流入江、河、湖泊和农田,污染水质、土壤,影响人体健康和生物的生长与繁殖。爆破的噪声、振动和空气冲击波,威胁人身、设备和建筑物的安全。

(3)露天开采受气候条件,如严寒、酷暑、冰雪和暴风雨等影响较大。

对露天采矿场和排土场进行土地恢复,采取环境保护措施,可以有效地缓解露天开采

上述公害的危害。所以，露天开采的优点是主要的，缺点是可以减弱的。

露天开采在技术上与经济上的优越性，决定了世界各国优先发展露天开采的总趋势，由表1和表2可见，非金属矿床露天开采对加速发展建材、非金属矿物工业，起着重要的作用。

世界非金属矿床露天开采的比重（1969年）

表 1

矿 种	非 金 属 矿 石	粘土、料石、砂子及砾石	金 属 矿 石	煤
露天开采比重(%)	80	100	57	34

我国非金属矿床露天开采的比重（1977年）

表 2

矿 种	石 棉	石 膏	滑 石	石 墨	金 刚 石	高 岭 土	水 泥 原 料 和 建 筑 材 料
露天开采比重(%)	69.1	41.86	26.15	44.6	77.5	16.8	100

现代露天开采的技术水平，几乎能够开采各类矿床，但不是在一切情况下在经济上都是有利的。通常，露天开采在经济上最合理的条件是开采那些埋藏浅、分布广、厚度大的矿体。对于埋藏深度大的矿体，随着露天开采深度的增大，剥岩量将不断增加，以致于达到一定深度后继续使用露天开采，将带来经济上的损失。在这种情况下，就应转入地下开采。此外，由于环境保护的制约，某些矿床只能地下开采。因此，露天开采不应也不可能取代地下开采。

非金属矿床露天开采，具有以下特点：

（1）非金属矿床多数属于沉积和变质矿床，矿岩一般比金属矿山较为松软，有利于采用高效率的连续和半连续开采工艺。

（2）非金属矿山的规模一般比较小，多为中小型，除少数大型石棉露天矿外，超大型矿山为数不多，故以采用中小型设备为主。

（3）与地下开采一样，也要求保护晶体的完整和净洁性。

（4）要求保证产品的规格、形状和质量。例如，石材应具有一定的形状和尺寸；骨料应具有一定的粒度、强度，含有粘土、云母和硫酸盐等有害杂质不能超过规定的质量标准等，否则，将失去使用价值。

目前国外大型非金属矿床露天开采的技术装备水平一般比较高。穿孔广泛使用潜孔钻机，孔径一般为100~140毫米。其次为回转钻机和凿岩台车，回转钻机包括切削式回转钻机、牙轮钻机和螺旋钻机。切削回转钻机广泛用于石灰石矿，螺旋钻机仅用于软岩；牙轮钻机在大型石棉矿和云母矿也有使用，孔径一般为190~250毫米。普遍使用铵油炸药、浆状炸药和多排孔毫秒爆破或多排孔毫秒挤压爆破，一次爆破4~5排孔以上，一次爆破量10~80万米³，每周爆破1~2次，装药和填塞实现机械化。大型石棉矿广泛采用4~9m³机械铲作为主要采装设备，5~7.6m³前装机作为辅助采装设备。其它非金属露天矿普遍使用前装机作为主要采装设备。液压铲、吊斗铲和多斗铲，在有些矿山也得到使用。一般使用30~65吨级汽车运输矿岩，个别矿山（如加拿大的大型石棉矿）使用100~200吨级电动

轮汽车。轨道运输除在苏联仍有不少矿山使用外，其它国家的矿山已很少使用。广泛使用推土机排弃废石。此外，一些高效率的开采工艺系统（例如带移动式破碎机的半连续开采工艺系统，轮斗铲——带式运输机的连续开采工艺系统），如挖掘船、水枪和机械犁开采等，在一些条件适宜的矿山也得到普遍应用。

建设大型矿山，可以采用大型高效率设备，提高矿山生产能力和劳动生产率，降低单位投资和矿石开采成本。因此，国外有些非金属露天矿的规模很大。例如，加拿大杰弗雷露天石棉矿，1975年采剥总量3900万吨，年产石棉纤维60万吨，采矿劳动生产率，每人每年按矿石计为2.25万吨，按矿岩计为9.75万吨。

此外，国外露天矿在科研、设计、计划、生产、工资财务管理和设备选型以及维护检修等方面，已普遍使用电子计算机；以电子计算机控制的露天矿系统工程正在迅速发展，这将是当代露天开采最新发展的特点。

我国建材、非金属露天矿的开采技术和装备水平，现已有很大提高，但比国外先进矿山仍有一定差距，还不能满足我国国民经济高速发展的需要。因此，借鉴目前国外露天开采的发展趋向，结合我国矿山的具体情况，因地制宜地发展我国各种类型（大、中、小型）矿山，改进露天开采技术和技术装备，提高矿山的技术管理水平，以加速我国露天矿山的现代化。

二、露天矿开采的一般步骤

开采一个露天矿需要多种工程的密切配合。首先要由地质部门进行勘探，提出矿床地质勘探报告。接着设计部门根据设计任务书和国家储委批准的矿床地质勘探报告，进行可行性研究，并对主管部门批准确认可行开采的矿床进行露天开采设计。

矿床露天开采可行性研究的任务，是研究矿床露天开采在技术上的可行性和经济上的合理性。可行性研究贯穿于从矿床勘探到开采的各个阶段。

露天矿设计一般为两段设计，即扩大初步设计和施工图设计。对于特别复杂的工程和采用新技术、新设备的工程，则为三段设计，即初步设计、技术设计和施工图。

初步设计阶段，应提出主要设备清单和主要材料概算。扩大初步设计或技术设计阶段，应提出详细的设备清单和主要材料清单。扩大初步设计或初步设计阶段，应编制总概算。技术设计阶段，应编制修正总概算。施工图阶段，应编制施工预算。

露天矿设计经主管部门批准并获得投资拨款或贷款后，便可进行露天矿的建设和生产。

露天矿的建设和生产，一般包括地面准备、矿床的疏干（包括防排水）、矿山基建工作，日常生产以及生产期间和生产结束时地表的恢复与利用等步骤。

地面准备工作是排除开采范围内和地面设施场地内的各种障碍物，例如砍伐树木、河流改道、湖泊疏干、迁移建筑物和道路改线等。

在开采大水矿床时，为保证露天矿正常生产，应预先排除一定开采范围内的地下水，即进行疏干工作，并采用截流措施防止地表水流入。矿床的疏干排水工作，贯穿于露天矿的整个开采时期。

矿山基建工作是露天矿投产前为保证正常生产所必需的工程，包括掘进出入沟与开段沟、剥离岩石、铺设运输线路、建设排土场、修建工业厂房以及水、电和港口设施等。

出入沟是建立地面与工作水平之间以及各工作水平之间的倾斜运输通路。开段沟是在每个水平上为开辟开采工作线而掘进的水平沟道，如图1所示。

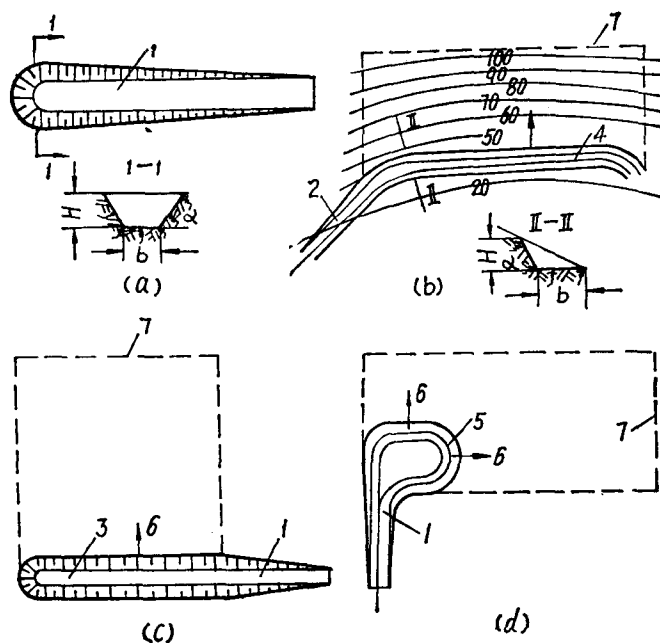


图 1 露天矿山沟道

1、2—双壁和单壁出入沟；3、4、5—双壁、单壁开段沟和基坑；6—矿山工程发展方向；7—露天矿境界

日常生产是矿山投产后进行日常的剥离与采矿工作。剥离工作是为了揭露矿体而采掘围岩和表土的工作。在岩石剥离到一定阶段之后，进行矿石回采。

地表的恢复与利用，是将露天矿所占用的土地进行恢复与因地制宜地再使用。

掘沟、剥离和采矿是露天矿生产过程中的三个重要矿山工程。它们的生产工艺环节基本上相同，一般主要包括矿岩松碎、采装、运输和堆置岩土的排土工作等四个互为联系、互为条件的生产工艺过程。

掘沟、剥离和采矿这三个工程之间是相互依存和相互制约的。为了保证露天矿的正常持续生产，它们在空间和时间上必须保持一定的超前关系。但这种超前必须适当，过少会影响生产，过多会提高采矿成本、积压资金，因此根据矿床开采的具体条件，确定最佳的采剥比例关系，是组织露天矿生产始终都要注意研究的一个十分重要的问题。

三、露天开采的基本技术术语

从事露天开采的矿山企业，称为露天矿。

露天开采所形成的采坑、台阶和露天沟道的总和，称为露天矿场或露天采场。

露天开采时，通常把露天矿田内的矿岩划分成一定厚度的水平层，自上而下逐层开采并保持一定的超前关系，在开采过程中和开采终了时在空间上形成台阶状。这样的水平层，称为台阶或阶段。台阶是露天矿场的基本构成要素之一，是进行独立采掘作业的单位。台阶的构成要素，如图 2 所示。

台阶的上部平台与下部平台是相对的。一个台阶的上部平台同时又是其上一个台阶的下部平台。

台阶通常是以开采该台阶的下部平台（即装运设备站立水平）的标高来命名的，故通常把台阶称为某某水平，如图3所示。

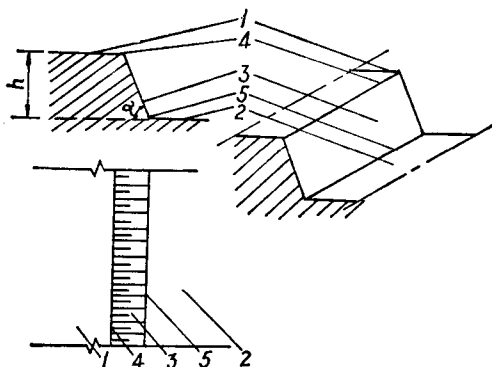


图2 台阶的构成要素

1—台阶上部平台；2—台阶下部平台；3—台阶坡面；4—台阶坡顶线；5—台阶坡底线； α —台阶坡面角； h —台阶高度

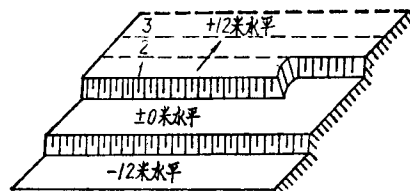


图3 台阶的开采和命名

在开采时，有时将工作台阶划分成若干具有一定宽度的条带顺次开采，这些条带称为采掘带，如图3中的1，2，3所示。采掘带的宽度决定于挖掘机的挖掘半径、卸载半径和爆堆参数。

采掘带若有足够的长度，可沿其长度划分成若干区段，各配置独立的采掘运输设备进行开采。这样的区段称为采区。采区的长度决定于一台挖掘机所占采掘工作线的合理长度。

已经作好准备而形成工作台阶的矿岩区段，称为工作线。在工作线的总长度内，可以进行采矿或剥岩的工作线长度，称为有效工作线长度。

正在和将要进行开采的台阶称为工作台阶，其上的平台称为工作平台，是用以安置设备进行采掘和运输工作的场地。已经结束开采的台阶称为非工作台阶，其上的平台视其用途的不同，称为安全平台、清扫平台或运输平台。

安全平台（图4中2）用于缓冲和阻截滑落的岩石，还可用以减缓最终帮坡角，以增大最终边帮的稳定性和下部水平工作的安全性。它设在露天矿场的四周边帮上，其宽度一般约为台阶高度的1/3。

清扫平台（图4中3），是用于阻截滑落的岩石并用清扫设备进行清理。它还起安全平台的作用。在露天矿场的四周边帮上，每隔2~3个台阶设一个清扫平台，其宽度决定于所使用的清扫设备。

由结束开采工作的台阶平台、坡面和出入沟底组成的露天矿场的四周表面，称为露天矿场的非工作帮或最终边帮（图4中AC、BF）。非工作帮的位置一般是固定的，所以必须保持稳定。位于矿体上盘一侧的边帮称为顶帮，位于矿体下盘一侧的边帮称为底帮，位于矿体走向两端的边帮称为端帮。

通过非工作帮最上一个台阶的坡顶线和最下一个台阶的坡底线所作的假想斜面，称为露天矿场的最终帮坡面或非工作帮坡面（图4中AG、BH）。最终帮坡面代表露天矿场边帮的最终位置，在分析研究问题时，用它代替边帮的实际折线，可使问题简化并有足够的

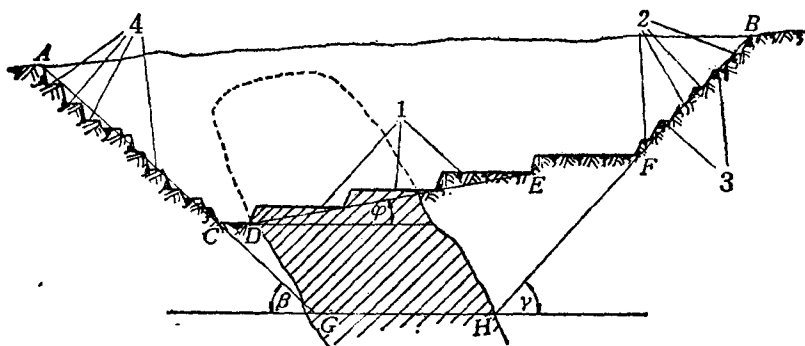


图 4 露天矿场构成要素

1—工作平台；2—安全平台；3—清扫平台；4—运输沟道

准确性。最终帮坡面与水平面的夹角，称为最终帮坡角或最终边坡角（图 4 中 β ， γ ），其大小决定于最终边帮岩体的稳定性。

由正在进行开采或将要进行开采的台阶所组成的边帮，称为露天矿场的工作帮（图 4 中 DF ）。工作帮的位置是变化的，它随开采工作的进行而不断改变着。

通过工作帮最上一个台阶的坡底线和最下一个台阶的坡底线所作的假想平面，称为工作帮坡面（图 4 中 DE ）。工作帮坡面与水平面的夹角，称为工作帮坡角（图 4 中 φ ），其大小变化于 $7^\circ \sim 17^\circ$ ，有时达 $23^\circ \sim 27^\circ$ 。

最终帮坡面与地表相交的闭合曲线，称为露天矿场的上部最终境界线（图 4 中 A 、 B 点）。最终帮坡面与露天矿场底平面相交的闭合曲线，称为露天矿场的下部最终境界线或底部周界（图 4 中 G 、 H 点）。上部最终境界线所在水平与下部最终境界线所在水平之间的垂直距离，称为露天矿场的最终深度。由上、下部最终境界线和最终深度所限定的空间位置，称为露天矿场的最终境界。

最终帮坡面与地表最低水平面相交的闭合曲线，称为露天开采境界封闭圈。根据矿床埋藏的地形条件，位于封闭圈以上的称为山坡露天矿（图 5 中的 A ），其矿岩为下坡运输；位于封闭圈以下的称为凹陷露天矿（图 5 中的 B ），其矿岩为上坡运输。

露天开采时，为了采出矿石，一般需要剥离一定数量的岩石。剥离的岩石量与采出的矿石量之比，即每采出单位矿石所需要剥离的岩石量，称为剥采比，其单位可用 t/t 、 m^3/m^3 或 m^3/t 表示。

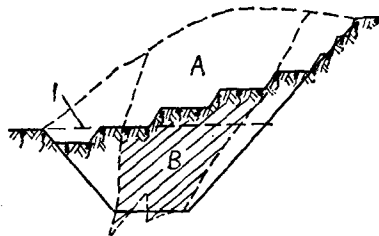


图 5 山坡露天矿和凹陷露天矿示意图

第一章 矿岩松碎工作

第一节 概 述

矿岩松碎工作是矿床露天开采的第一个主要生产工艺环节，其目的在于准备回来的矿岩，为随后的采装工作提供适宜块度的矿岩量。

非金属矿床露天开采的矿岩松碎工作，常用穿孔爆破法和机械松碎法。穿孔爆破法适用于硬质和半硬质矿岩，应用最普遍，机械松碎法适用于半硬质和裂隙发育的硬质矿岩，在国外石灰石、页岩和煤矿普遍应用，我国一些矿山也在研究应用。

一、矿岩松碎工作与露天开采其它生产工艺环节的联系

矿岩松碎工作的好坏，对其后续的采装、运输、破碎工作的效率以及矿石的最终成本有很大影响。特别是我国某些非金属矿山的矿岩较坚硬，矿岩松碎技术又不够完善，往往成为露天开采的薄弱环节，制约了矿山的生产。因此，必须重视和研究采用矿岩松碎的新工艺与新设备，不断改善矿岩松碎工作，以强化露天开采，提高矿床开采的最终经济效益。露天开采的矿岩松碎工作与其它生产环节的联系，可用以下数学模型表示：

$$C=f(C_k, C_n, C_s, C_m, C_v, C_p) \quad (1-1)$$

式中 C ——单位产品的最终开采成本，元/吨；

$$C=C_k+C_n \quad (1-2)$$

C_k ——单位产品的采矿费用，元/吨；

C_n ——单位产品的剥离费用，元/吨；

C_s ——单位产品的矿岩松碎费用，元/吨；

C_m ——单位产品的采装费用，元/吨；

C_v ——单位产品的运输费用，元/吨；

C_p ——单位产品的破碎费用，元/吨。

单位产品所分摊的松碎、采装、运输和破碎等的费用，在其它条件相同的情况下，很大程度上是矿岩松碎块度 a 的函数，如图1-1所示：

$$(C_m, C_v, C_p)=F(a) \quad (1-3)$$

$$C_s=\psi(a) \quad (1-4)$$

$$C=\varphi(a) \quad (1-5)$$

式(1-3)表示单位产品分摊的采装、运输和破碎的费用是矿岩块度的函数；

式(1-4)表示单位产品分摊的矿岩松碎费用是矿岩块度的函数；

式(1-5)表示单位产品的最终成本是矿岩块度的函数。

二、露天开采各生产工艺环节对矿岩松碎工作的要求

(一) 足够的松碎贮备量

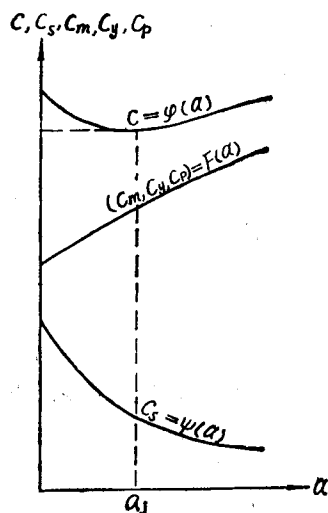


图 1-1 矿岩松碎、采装、运输成本与矿岩块度的关系

在露天开采中，一般是以采装工作为中心组织生产的。为了保证挖掘机连续作业，工作面每次松碎的矿岩量，不宜少于挖掘机5~10天的装载量。

(二) 适宜的破度与粒级

矿岩松碎的块度及其粒级组成应与所采用的采装、运输和破碎的设备相适应，并满足以下要求：

(1) 按挖掘机铲斗斗容的要求

$$a \leq 0.75 \sqrt[3]{E} \quad (1-6)$$

(2) 按运输车辆容积的要求

$$a \leq 0.5 \sqrt[3]{V} \quad (1-7)$$

(3) 按运输机胶带宽度的要求

$$a \leq (0.3-0.4)B \quad (1-8)$$

(4) 按矿仓或破碎机受矿漏斗口尺寸的要求

$$a \leq (0.75-0.85)b \quad (1-9)$$

式中 a ——矿岩最大允许块度，m；

E ——挖掘机斗容， m^3 ；

V ——运输车辆车厢容积， m^3 ；

B ——胶带宽度，m；

b ——漏斗口最小尺寸，m。

超过上述要求的块度，称为不合格大块或大块，应进行二次破碎，从而增加二次破碎费用，故应尽量减少不合格大块所占的比例。

此外，对于建筑材料和某些化工原料的粒级还应符合国家规定的标准（见表7-1），不可以过粉碎。例如，传统结构型立窑生产石灰所需要的石灰石，其下限粒度为60毫米。矿岩过分松碎，将增加松碎工序的成本。所以，矿岩松碎的最优粒度应满足产品最终开采成本为最低的原则（参见图1-1）。

当使用轮斗铲挖掘矿岩时，为了充分发挥设备效能，对某些岩土也要求进行松碎，使挖掘阻力降低到6~7kg/cm²以下。

(三) 规整的爆堆和台阶形状

爆破形成的松碎矿岩堆称为爆堆。爆堆高度应满足挖掘机装车的要求。爆堆宽度，在用铁路运输时，应与所采用的运输设备相适应，尽量减少移道工作量。

爆破形成的台阶工作面要规整，不残留根底和伞岩，避免后冲和过分的底部超深破坏，以利下一轮的台阶穿爆工作。

(四) 安全与经济

要确保人员、设备和建筑物的安全。至于经济性，不仅要从矿岩松碎工作本身来衡量，还要从采装、运输和破碎工作等的综合经济效益最佳来评价。

第二节 穿 孔 工 作

穿孔工作的目的是为随后的爆破工作提供装放炸药的孔穴。穿孔工作的好坏，对随后的爆破和采装工作影响很大。所以，改善穿孔工作，对强化露天开采，提高矿床开采的经

济效果有重要意义。

非金属矿露天开采使用的穿孔设备，主要有潜孔钻机，切削回转钻机，螺旋回转钻机，牙轮钻机和凿岩台车等。其中，潜孔钻机使用最普遍，切削回转钻机和凿岩台车次之，牙轮钻机使用较少，螺旋回转钻机仅用于软岩，火钻极少使用，钢绳冲击钻机已被淘汰。

此外，国内外还在研究新的穿孔方法。近二十多年来，世界各国研究探索的新穿孔方法，有高压水射流凿岩、等离子体凿岩、频破凿岩和激光凿岩等二十多种，其中以高压水射流凿岩较有前途。

一、非金属露天矿常用的穿孔设备及其选择

(一) 潜孔钻机

1. 潜孔钻机的性能

潜孔钻机是风动冲击器和钻头结合在一起，并借助钻杆上部的回转机构转动的一种风动冲击式钻机。在穿孔过程中，冲击器和钻头随钻孔的延深而潜入孔底，所以能充分利用冲击功，提高穿孔效率。它适用于穿凿坚硬的矿岩。表1-1是国产几种潜孔钻机的主要技术性能。

国产几种潜孔钻机的主要技术性能

表 1-1

技 术 性 能	型 号		
	YQ-150A	YQ-150B	金-80
钻头直径(mm)	150	150	80
钻孔深度(m)	17.5	17	15
钻杆直径(mm)	108	108	φ 50无缝钢管
冲击器型号	C150	C150	
钻孔倾角(度)	45~90	0~90	10~85
适应岩石硬度	$f \geq 8$	$f \geq 8$	中 硬
捕尘方式	干式旋流	湿式、强力吹风	旋流、袋式
行走方式	电动履带	电动履带	电动履带
行走速度(km/h)	1.1	1.1	1.8
爬坡能力	20°	20°	
钻具转速(rpm)	60	60	75
使用风压(kg/cm ²)	5~6	5~6	4.5~6
每分钟压气耗量(m ³)	11~13	10~12	4~5
电机总功率(kW)	41	43.6	
外形尺寸：工作时(mm)	5830×3450×11750	5100×3000×8840	2250×1860×4300
行走时(mm)	11500×3450×3600	8150×2850×3550	4150×1860×2200
钻机重量(不带空压机)(t)	12	12	2.1

潜孔钻机比钢绳冲击式钻机具有以下优点：结构简单，价格便宜，操作方便，自动化程度高；穿孔速度比钢绳冲击钻出高2~3倍，台年穿爆量一般为60~150万吨；孔径较小，能钻倾斜孔，有利于克服根底，减少大块和后冲作用。因此，潜孔钻机在国内外非金属露天矿中得到最普遍的应用。例如，我国非金属露天矿几乎全部采用潜孔钻机，澳大利亚采石工业百分之百采用潜孔钻机。非金属露天矿潜孔钻机的孔径，国外一般为100~140毫米，我国目前由于钻机的种类少，主要为150毫米。

研究并改进冲击器和钻头的结构与材质,提高穿孔效率,是潜孔钻机发展的主要方向。

潜孔钻机的台班生产能力为:

$$A = 0.6vT\eta \quad (1-10)$$

式中 A ——潜孔钻机的台班生产能力, m ;
 v ——潜孔钻机的机械钻进速度, cm/min ;
 T ——班工作时间, h ;
 η ——班工作时间利用系数。

潜孔钻机的机械钻进速度,可近似地用下式计算:

$$v = \frac{4ank}{\pi D^2 E} \quad (1-11)$$

式中 a ——冲击功, $kg \cdot m$;
 n ——每分钟冲击频率次数;
 D ——钻孔直径, cm ;
 E ——岩石凿碎功比耗, $kg \cdot m/cm^3$;
 k ——冲击能利用系数, $0.6 \sim 0.8$ 。

国内外一些非金属露天矿潜孔钻机的穿孔效率,如表1-2所示。

国内外一些非金属露天矿潜孔钻机的穿孔效率

表 1-2

矿 山 名 称	钻 机 型 号	矿 岩 性 质	台班穿孔效率(m)
南墅石墨矿	金-80	软, 中硬	25, 13~14
耀县水泥厂	YQ-150	软, 中硬	48, 12
	YQ-150	$f=10 \sim 12$	28
本溪水泥厂	YQ-150	$f=8 \sim 10$	35
永固水泥厂(美国)	T-4		13 m/h
巴日水泥厂(加拿大)	CP-650		8 m/h
	RDC-30, 160		平均7~11m/h
杰弗雷石棉矿(加拿大)			平均91.5, 最高152.5

2. 提高潜孔钻机的措施

从上述可知,提高潜孔钻机的穿孔效率,宜采用以下措施:

(1) 加大风压

从(1-11)式可知,潜孔钻机的穿孔速度是与冲击器的冲击功和每分钟冲击次数成正比,与孔径的平方和岩石强度成反比的,而冲击器的出力是与风压的 $3/2$ 次方成正比的,使用的风压提高20%,出力提高30%。所以,加大风压是提高潜孔钻机效率的重要途径。同时,提高风压还可改善排碴条件,延长钻头使用寿命。因此,潜孔钻机正向高风压,大风量的方向发展。例如,美国的DM-4型和T-4型潜孔钻机,从七十年代初期开始使用 $17.5kg/cm^2$ 的高风压空压机(风量为 $25.5m^3/min$),现已改用压力为 $24.6kg/cm^2$,风量为 $29.7m^3/min$ 的高风压大风量的空压机。

近年来,随着液压凿岩技术的发展,国外出现一种工作液压达 $150kg/cm^2$ 的液压冲击器,其穿孔效率比风动冲击器高出两倍以上。

我国潜孔钻机冲击器的工作压力,多为 $6 \sim 7kg/cm^2$,但使用管路供风的钻机,气压压力经常低于此值。为了提高我国潜孔钻机穿孔效率和钻具寿命,正在研制压力大于10

kg/cm²，风量为30~40m³/min的高压空压机。

(2) 合理的轴压和转速

潜孔钻机的轴压，主要是为了克服冲击器的后坐力，一般都不大。轴压过大，既妨碍钻具回转，使钻机产生振动，又容易损坏钻头。因此，大孔径（孔径200mm以上）的重型潜孔钻机，由于钻具重量较大，一般采用提升推进机构作减压钻进。反之，小孔径的中、小型潜孔钻机，由于钻具重量较小，一般采用提升推进机构作增压钻进。

潜孔钻具的回转，是为了改变钻头每一次凿击孔底岩石的位置。转速过高，钻头过分磨损，穿孔速度下降；转速过低，会降低穿孔速度。一般认为，潜孔钻机的回转速度与钻头直径有关：钻头直径为100mm时，转速采用20~40rpm为宜；钻头直径为150mm时，转速采用15~25rpm为宜；钻头直径为200mm时，转速采用10~20rpm为宜。此外，潜孔钻具的回转速度与冲击器的冲击频率有关：冲击频率愈高，回转速度应愈高。所以，随着高风压，大冲击功和高频率冲击器的出现，钻具的回转速度也应相应的提高。

(3) 提高工作时间利用系数

从(1-10)式可知，工作时间利用系数是影响钻机生产能力的一个重要因素。钻机的班工作时间利用系数是钻机在一个班内纯钻进时间与班工作时间之比，其大小取决于多方面因素，例如，设备故障检修，备件、压气、水、电供应情况，孔位布设以及交接班等。

(二) 切削回转钻机

切削回转钻机是国外非金属矿山普遍应用，我国非金属矿山正在推广应用的一种高效率钻机。它适用于穿凿不大于中等硬度的灰岩，大理岩和页岩等。但不适用于穿凿抗压强度大于2500~3000kg/cm²，SiO₂含量超过7%的岩石；若岩石很破碎，为了防止钻机偏斜，需要配用导向器。

切削回转钻机使用的钻头，主要有三翼形和阶梯形两种，如图1-2所示。前者适用于裂隙发育的岩层，钻速度较低，后者适用于裂隙较不发育的岩层，在高轴压下，钻孔速度较高。

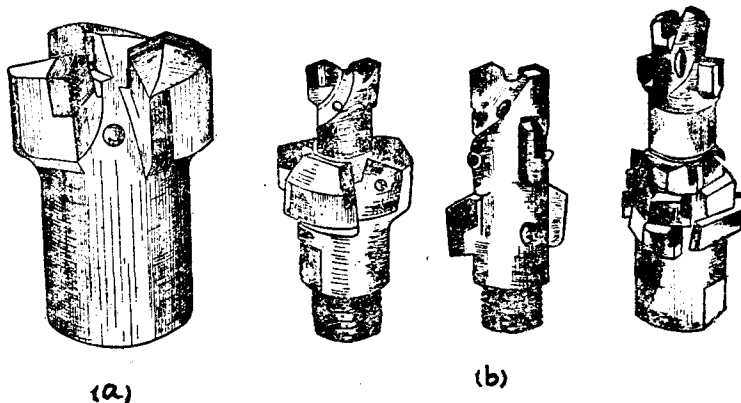


图 1-2 切削回转式钻头
(a) 三翼钻头；(b) 台段装配钻头

切削回转钻机结构简单，制造方便，灵活、轻便，可以钻直径80~120毫米，甚至200毫米各种方向的炮孔。穿孔速度较高，而且孔深对钻进速度的影响较小。例如，日本某石灰石矿使用HBM-15K-HY型回转钻机，台段形钻头，孔径95毫米和105毫米，台班穿孔效率平均为90米或5200吨。