

中等专业学校教学用书

金属矿床开采

下册

露天开采部分

鞍山冶金专科学校
辽宁冶金学院 合編
本溪钢铁学院



中国工业出版社

中等专业学校教学用书



金屬矿床开采

下 冊

露天开采部分

鞍山冶金专科学校

遼宁冶金学院 合編

本溪钢铁学院

中国工业出版社

金屬矿床开采

下 册

露天开采部分

*

中国工业出版社出版(北京佟麟阁路丙10号)

(北京市书刊出版事业许可证出字第110号)

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店經售

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ ·印张 8 ·字数170,000

1961年6月北京第一版·1961年6月北京第一次印刷

印数 0001-2433 ·定价(9—4) 0.79元

统一书号: 15165·20(冶金—4)

目 录

第二部分 露天开采

第一章 基本概念与术语	1
§ 1 概述	1
§ 2 术语	2
复习题	6
第二章 穿孔爆破工作	7
§ 1 概述	7
§ 2 炮眼的穿凿与爆破工作	7
§ 3 炮孔的穿凿与爆破工作	10
§ 4 药壶爆破法与峒室药包爆破法	19
§ 5 爆破效果的评价	20
§ 6 二次爆破工作	22
复习题	22
第三章 采装工作	23
§ 1 概述	23
§ 2 单斗动力铲在露天矿场的使用	23
§ 3 绳拉式耙子(电耙)、车拉式耙子(铲运机)、推土机在露天矿场的使用	29
复习题	34
第四章 运输工作	35
§ 1 概述	35
§ 2 铁路运输	35
§ 3 汽车运输	43
复习题	46
第五章 排土工作	47
§ 1 概述	47
§ 2 原始排土路基的堆筑	48
§ 3 排土场的排土工作	50
§ 4 排土场的规格及容纳能力的计算	54
§ 5 防止排土阶段变形的措施	56
复习题	57
第六章 壟沟掘进	58
§ 1 概述	58
§ 2 壟沟掘进方法	61

一、无运输掘沟法.....	61
二、有运输掘沟法.....	62
三、混合掘沟法.....	71
四、抛掷爆破掘沟法.....	71
复习题.....	72
第七章 矿床开拓.....	73
§ 1 概述.....	73
§ 2 边帮角的确定.....	73
§ 3 阶段高度的确定.....	75
§ 4 开拓方法.....	78
复习题.....	95
第八章 开采方法.....	96
§ 1 概述.....	96
§ 2 向排土场横向移运岩石的开采法.....	96
§ 3 向排土场纵向移运岩石的开采法.....	99
§ 4 小型机械化开采法.....	106
§ 5 露天开采防止有益矿物损失的措施.....	109
§ 6 选别开采.....	109
复习题.....	113
第九章 露天开采深度确定.....	114
§ 1 概述.....	114
§ 2 剥采比的概念.....	114
§ 3 确定露天开采深度的基本原则.....	115
§ 4 确定露天开采深度的方法.....	116
复习题.....	118
第十章 露天开采与地下开采的相互过渡.....	119
§ 1 露天开采转为地下开采.....	119
§ 2 地下开采转为露天开采.....	121
复习题.....	122

第一章 基本概念与术语

§ 1. 概 述

金属矿床的开采方法有两种，即地下开采与露天开采。

地下开采是通过掘凿一系列的地下巷道将有益矿物开采出来，而露天开采是在地面开掘露天巷道将有益矿物采出。

露天开采通常包括以下几个步骤：矿区地面的准备工作，矿体的疏干与防水工作，矿床的开拓与采准工作，剥岩与采矿工作。

地面准备工作的目的是排除妨碍生产工作的障碍物，通常包括砍伐树木、拔除树桩，把河流导至矿区范围以外，排干湖泊和沼泽，拆除房屋和建筑物，改变道路和各种线路的位置。

矿体疏干与防水工作是将水从矿体或围岩中排出和隔绝水源，不使其流入矿内。

矿床的开拓工作是掘进出入车沟，建立与地表的运输联系。矿床的采准工作是掘进开段沟，开辟阶段的最初工作线以便进行剥岩和采矿工作。

剥岩工作就是剥除掩盖在矿体上部的复岩、表土及部分的两盘围岩，使矿体暴露出来以便进行采矿工作。

地面准备、矿体疏干、开拓和采准、剥岩和采矿工作，最初是依次进行，以后则同时并进，但在空间上应保持一定的超前的关系。

剥岩和采矿工作的主要生产过程是：穿孔爆破工作，采装工作，运输工作和排土工作。

在现代化的大型露天矿场，主要生产过程基本上已经达到全部机械化的水平。坚硬岩石与矿石的穿孔工作采用各种型式的穿孔机，采装工作采用高效率的动力铲，运输工作采用大型机车和载重在50吨以上的车辆，排土场的排土工作采用动力铲和平土犁。在线路的移设及工作面的整平等辅助工作中广泛采用推土机、移道机和汽吊等机械。

与地下开采比较，露天开采具有许多突出的优点：1) 全部生产过程机械化的可能性很大，可以采用高效率的大型机械（穿孔机、动力铲、电机车等）进行生产，从而可能达到很高的矿山年产量；2) 工作比较安全，工作条件好，阳光和空气充足；3) 生产成本较低，矿石的损失和贫化较小；4) 工人的劳动生产率高。

露天开采的缺点是：1) 采矿工作受气候条件的影响较大，在降雨或严寒的冬季就可能降低工人的劳动生产率；2) 购置大型机械设备的费用很高；3) 在矿床埋藏条件不利的情况下，初期剥岩量很大，剥岩费用很高。

尽管具有上述缺点，在许多条件下采用露天开采仍比采用地下开采较为有利。

露天开采在技术上和经济上最为有利的条件是矿体露出地表或靠近地表。但是有时也常遇到矿体被一定厚度的岩石所复盖，在这种情况下，需要进行技术经济比较，才

能确定其采用露天开采是否合适。

图 1 是在各种矿床埋藏条件下，可能采用露天开采的示意图。

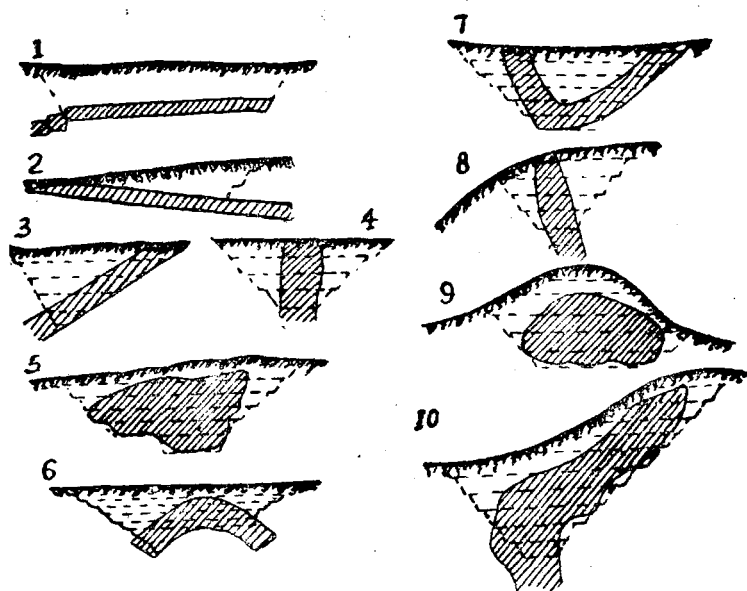


图 1 在各种埋藏条件下露天开采工程示意图

1—水平矿床；2—缓倾斜矿床；3—倾斜矿床；4—急倾斜矿床；
5—矿瘤；6、7—褶曲矿床；8、9、10—山坡矿床

随着采矿技术的发展和重型采掘，运输设备的出现，露天开采的适用条件将会逐渐扩大。

§ 2. 术 語

用露天开采法开采矿床的矿山企业称为**露天矿**。

根据矿床的埋藏条件和地形条件，露天开采工程分为两类，即山坡露天与凹陷露天。

用来开采矿床的露天巷道位于地表水平线以上的露天开采工程称为**山坡露天**（图 2—6），用来开采矿床的露天巷道位于地表水平线以下的露天开采工程称为**凹陷露天**（图 2—a）。

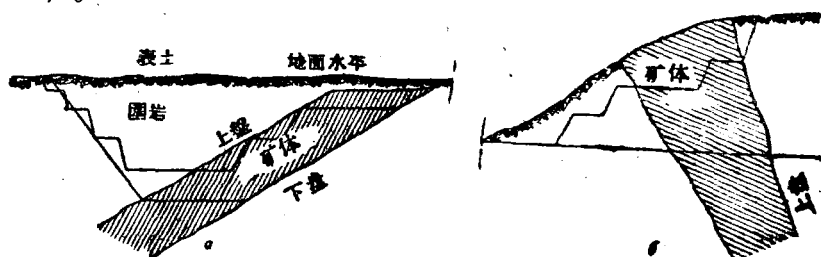


图 2 露天开采工程示意图

a—凹陷露天；6—山坡露天

山坡露天与凹陷露天通称为**露天矿场**。

由一个露天矿场开采的矿床或其一部分称为**露天矿田**。露天矿田被划分成若干水平分层，用独立的穿孔、采掘和运输设备进行开采，这些水平分层称为**阶段**。它与地下开采时的阶段相类似，也是开拓的重要因素之一，只不过阶段的高度不是40至100~120米，只有8~15米，有时可达20~30米或更高些。

阶段的基本要素（图3）：

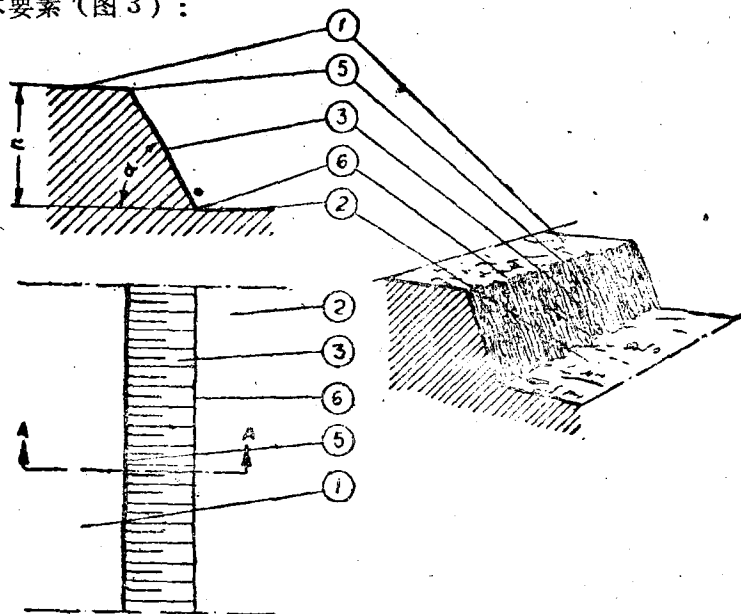


图3 阶段基本要素示意图

1. **上部平盘**——是阶段的上部水平面。
2. **下部平盘**——是阶段的下部水平面。
3. **阶段坡面**——是从采空区限制阶段的倾斜面（有时是垂直面）。
4. **阶段坡面角**（ α ）——是阶段坡面与水平面所形成的夹角。
5. **阶段的坡顶线**——是阶段坡面与上部平盘的交线。
6. **阶段的坡底线**——是阶段坡面与下部平盘的交线。
7. **阶段高度**（ h ）——是阶段上部平盘与下部平盘的垂直距离。

每个阶段都用绝对标高或相对标高（运输线路标高）来称呼。

露天矿场内的阶段分成顺序的岩石条带进行开采（图4），这些岩石条带称为**采掘带**。采掘带如有足够长度，可沿其长度分为若干区段，开辟数个工作面，用独立的采掘设备进行开采，这些区段称为**采区**。

采掘带上已经作好准备，配有运输线路及动力供应的部分称为**工作线**。

露天矿场的基本要素包括下列内容（图5）：

1. **露天矿场边帮**——是露天矿场的四周表面，也就是露天矿场各阶段坡面与平盘的总体。位于下盘岩石内的边帮称为**底帮**，位于上盘岩石内的边帮称为**顶帮**，位于露天矿场端部的边帮称为**端帮**。

2. **露天矿场底盘 (AK)** ——是露天矿场下部平面。
3. **露天矿场的工作帮 (AD)** ——是由正在进行或将要进行采矿工作的阶段所组成的边帮或其一部分。
4. **工作平盘** ——是工作帮上的水平部分，在其上面设置主要采矿设备，如：穿孔、采掘和运输设备等。
5. **露天矿场工作坡面 (AG)** ——是通过露天矿场最上一个和最下一个工作阶段坡底线的假想平面。
6. **工作坡面角 (φ)** ——是工作坡面与水平面的夹角。在现代露天矿场中工作坡面角为 $8\sim 12^\circ$ ，最大不超过 $15\sim 18^\circ$ 。

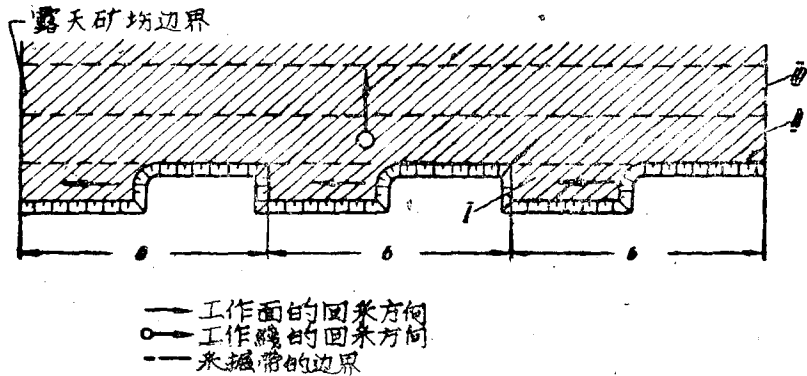


图 4 阶段的开采顺序图
I、II、III—采掘带；6—采区

7. **露天矿场非工作帮 (AB和CD)** ——是由已经结束工作的阶段所组成的边帮或其一部分，通常非工作帮的位置与露天矿场的设计边帮 (BE和FC) 相吻合，在整个露天开采过程中非工作帮必须保持永远的稳定。

8. **平台** ——是非工作帮上的平盘。按其用途的不同分为：**运输平台**与**保安平台**。运输平台是用来铺设工作面线路与出入车场沟线路的联络线路，所以又称为联络平台；保安平台是用来增加露天边帮的稳定性。

运输平台的宽度取决于运输类型及运输线路的数目。在坚硬岩石中，运输平台宽度列于表 1 中。

表 1

运 输 类 型	运 输 平 台 的 性 质	运输平台的宽度 (米)
电 机 车 运 输	单线区间	7.5
	双线区间	12.5
	双线会车站	13.5
汽 车 运 输	MA3—525型自卸汽车单行道	7.5
	HA3—210E型自卸汽车单行道	7.0
	MA3—525型自卸汽车双行道	11.5
	HA3—210E型自卸汽车双行道	10.5

保安平台的宽度根据安全技术规程规定应为阶段高度的 $10\sim 20\%$ ，但不得小于

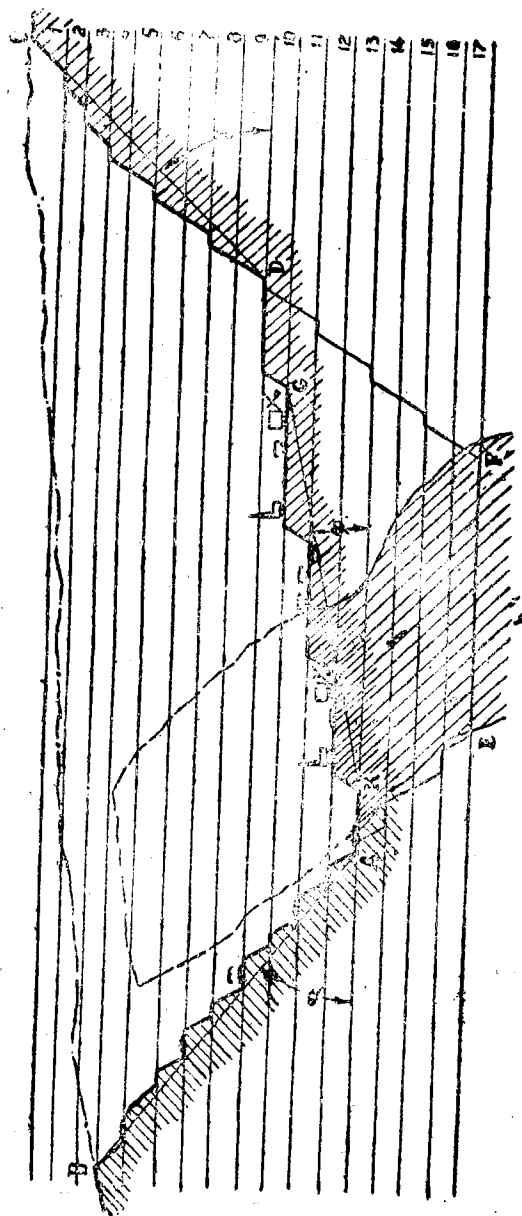


图 5 露天矿场基本要素示意图

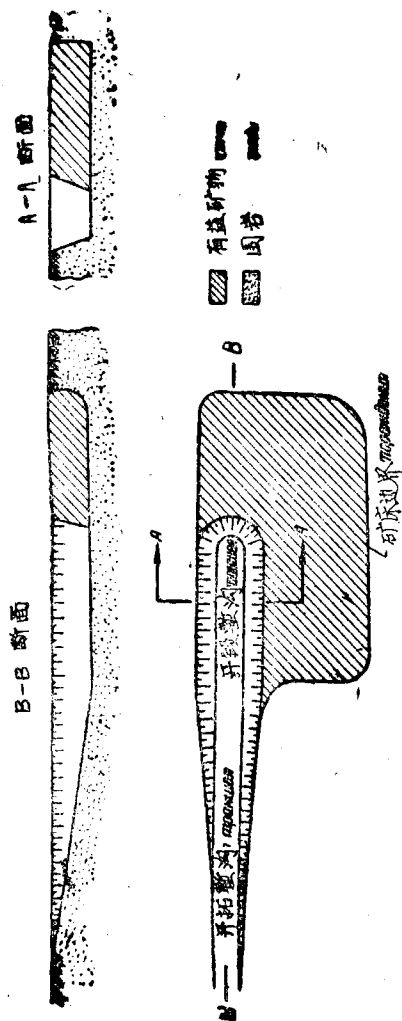


图 6 开拓塹沟(出入車沟)与开段塹沟示意图

1米，通常为2~3米以上。

在实际工作中为了加强边帮的稳定性及清扫平台方便起见，每隔2~3个水平扩宽一个保安平台，其宽度为6米左右。

9. **露天矿场非工作坡面**（AB和CD）——是通过露天矿场最上一个非工作阶段的坡顶线到最下一个非工作阶段坡底线的假想平面。

10. **露天边帮的废止角**（ β 和 δ ）——是非工作坡面与水平面的夹角。

为了同矿床建立运输联系，须掘进**堑沟**。堑沟就是横断面为梯形的露天巷道。在山坡上开掘的堑沟横断面不是完整的，这种堑沟称为**单壁堑沟**。

通常使用的堑沟有：

1. **开拓堑沟**（出入车沟）——是由地表开掘通往矿床的堑沟，或由矿床的某一部分开掘通到另一未采部分的堑沟（图6）。开拓堑沟具有一定的坡度。

2. **开段堑沟**——是为了开采阶段保证有最初的工作线而掘进的堑沟（图6）。开段堑沟与开拓堑沟相接，开段堑沟通常是水平的。

开段堑沟掘成后，在沟的一侧或两侧进行阶段的开采工作，这时开段堑沟做为巷道来说就已经不存在了。

3. **专用堑沟**——是一种辅助用的联络沟，用来往露天矿场运送材料和设备。

复 习 题

1. 露天开采的特点是什么？
2. 露天开采包括哪几个主要步骤？它们之间的关系如何？
3. 露天开采的主要生产过程是什么？
4. 露天开采的主要优缺点是什么？
5. 解释下列术语的定义：露天矿；露天矿场；露天矿田。
6. 划图说明阶段要素包括哪些内容？
7. 划图说明露天矿场基本要素包括哪些内容？
8. 平台包括哪些内容，其宽度如何确定？
9. 划图解释采掘带、采区、工作线及工作面的概念。
10. 试述堑沟的种类及其用途。

第二章 穿孔爆破工作

§ 1. 概 述

在金属矿床露天开采工程中，穿孔爆破工作不仅用来采矿，也用来剥离岩石和掘进堇沟。只有当岩石可直接用动力鏟采装时，才勿需进行此项工作，这样条件在开采金属矿床时是很少遇到的。

露天开采工程中穿孔爆破工作的特点是：1) 穿孔爆破工作均在露天进行；2) 爆破的自由面数目較多，一般不少于两个；3) 爆破的阶段高度較大，爆破区域較长；4) 爆破后允許的岩石块度較大。

露天开采对穿孔爆破工作的主要要求是：1) 岩石应爆破成适当規格的块度，以利装载和加工破碎；2) 爆破后不产生根底和悬岩；3) 爆破后爆堆的規格应与动力鏟的規格相适应；4) 工作面应具有足够数量的爆碎岩石，以保証装载工作的連續进行；5) 爆破工作必須安全，經濟和不发生拒爆現象。

露天矿场的爆破工作分为下列两个步骤：

1. 主要爆破——即将岩石从整体上崩落；
2. 二次爆破——即对主爆破后产生的不合格大块岩石进行二次爆破或处理根底和悬岩的爆破。

根据矿床的埋藏条件、阶段高度以及所要求的岩石块度不同，主爆破可用下列方法进行：

1. 炮眼爆破法；
2. 炮孔爆破法；
3. 药壶爆破法；
4. 洞室药包爆破法。

二次爆破工作常用下列方法进行：

1. 炮眼爆破法；
2. 复土爆破法。

· § 2. 炮眼的穿凿与爆破工作

炮眼爆破法在現代化的大型露天矿场主要作为二次爆破的爆破方法，在中小型露天矿场广泛的作为主爆破的爆破方法。

炮眼的穿凿工作在沒有凿岩机和压气设备的小型露天矿场采用人力凿岩，一般都采用机械凿岩，即凿岩机凿岩。

崩矿方式可用下列几种方式进行：

1. 低阶段一次全高爆破，如图7之一，二所示；

2. 高阶段逐段爆破，如图 7 之三，四，五所示；
3. 高阶段一次全高爆破，如图 7 之六所示。

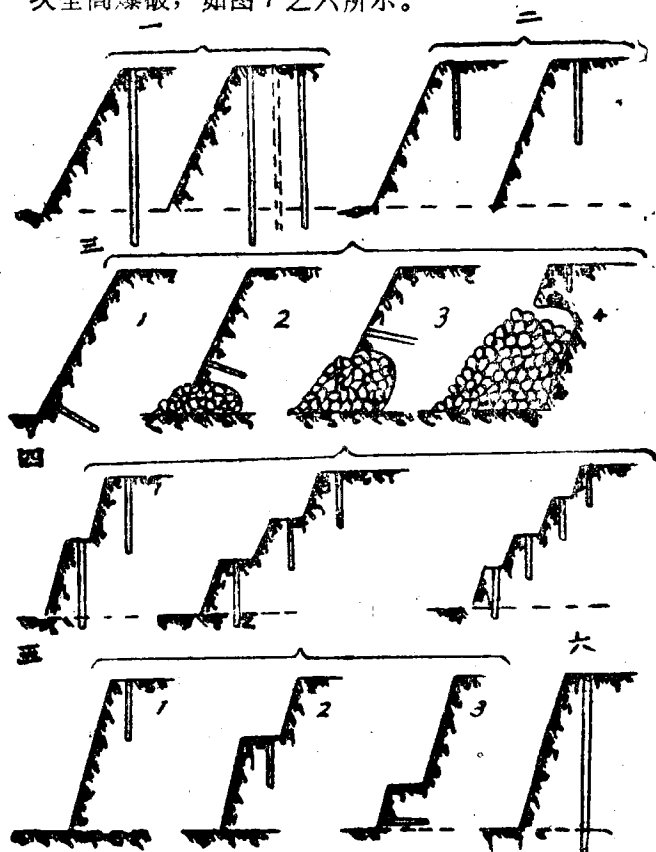


图 7 阶段崩矿方式图

——阶段高度为3~4米；二——阶段高度为5~7米；三，四，五，六——阶段高度为10~15米

在穿凿深度较大（10~18米）的炮眼时，一般采用带有特制支架（图 8）或台车（图 9）的重型凿岩机进行凿岩。

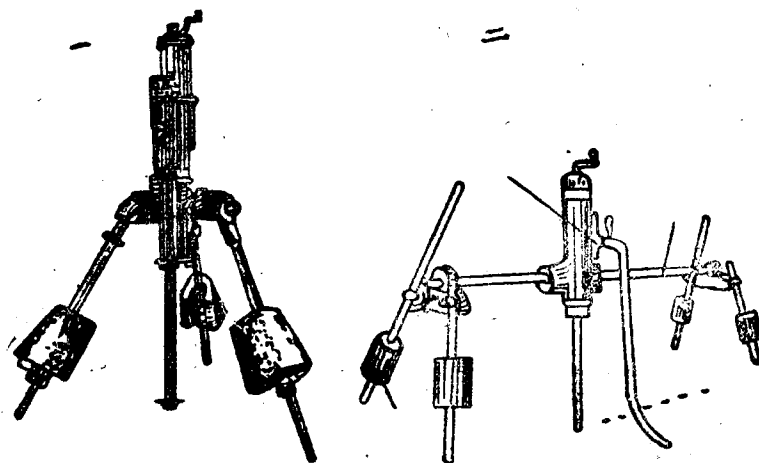


图 8 凿岩机支架图

——装在三角架上；二——装在水平机架上

在我国一些中小型矿山成功地应用了凿岩台车进行深眼的穿凿工作。为了顺利地排除下向深眼中的岩粉，采用规格为 $\phi 32 \times 6$ 厘米的无缝钢管为钎杆，每根钎杆的长度为2~5米，用连接套连接，岩粉用压气排出，采用机外侧式供气的方式。

根据经验证明，这种穿爆方法具有下列优点：

1. 由于增大了穿爆工作参数，提高了爆破生产率，台班效率很高，比浅眼爆破法提高2~3倍；
2. 降低了炸药消耗量，比浅眼爆破法降低30%左右；
3. 改善了爆破质量，爆破后岩石的块度均匀，爆堆尺寸标准，阶段坡面整齐；
4. 工作安全；
5. 操作轻便；
6. 可以穿凿倾斜炮眼，这是冲击式穿孔机无法做到的。

在均质和良好的岩层中，进行炮眼的穿凿工作是比较容易和顺利的，但在岩石软硬不均的岩层中进行炮眼的穿凿工作时，由于不同硬度岩石的穿凿速度不等，会使炮眼发生弯曲，产生夹钎事故，造成废眼和降低凿岩生产能力。遇到这种情况时，应在穿凿之初往炮眼内投入一些坚硬石块，用人为的方法使眼底岩石硬度一样，再开始进行穿凿工作（图10）。

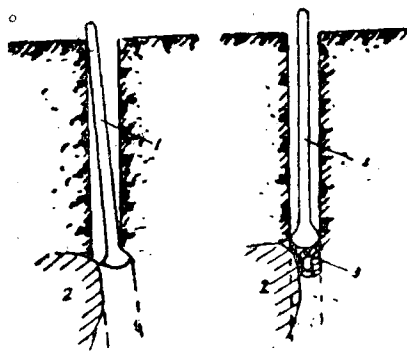


图 10 眼底岩石软硬不均时的凿眼方法
1—钎杆；2—坚硬岩石；3—坚石石块

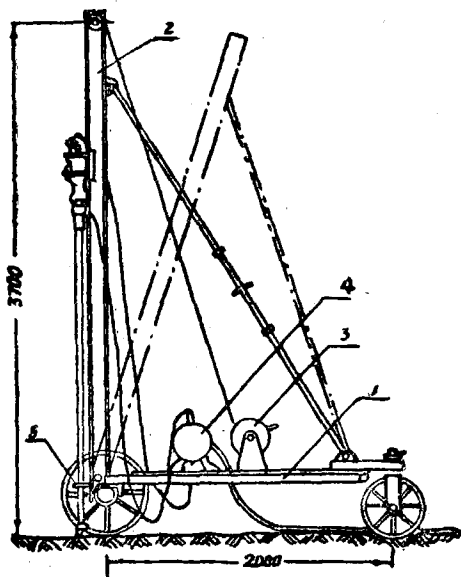


图 9 凿岩台车图
1—车座；2—凿岩机滑行导轨；3—升降凿岩机用的校车；4—配气包；5—钎托

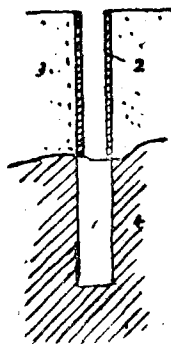


图 11 在松散岩石中的凿眼方法
1—炮眼；2—保护层；3—松散岩石；4—致密岩石

在眼壁不断塌落的松散岩石中进行炮眼的穿凿工作时，可向眼内加入少量的水或泥浆，并用凿岩机轻轻搅拌，造成“粘团”“糊住”眼壁，形成一层防止眼壁塌落的保护层（图11），从而可提高凿岩生产能力。

炮眼中的药包是連續的，可用电力或导爆綫起爆。为了提高爆破效果，保証儲备一定数量的爆碎岩石，应一次爆破許多炮眼（15~35个）。

§ 3. 炮孔的穿凿与爆破工作

一、炮孔的穿凿工作

在金属矿床露天开采工程中所遇到岩石以硬岩为主，因此穿孔工作广泛地采用冲击式穿孔机。迴轉式钻机現在仅在煤矿或軟岩中应用。

目前我国一些矿山正在在坚硬岩石中試驗新的穿孔方法，但在这些穿孔方法尚未研究成熟以前，冲击式穿孔在露天金属矿场仍是穿凿深孔的唯一方法。

在我国露天金属矿场常用的穿孔机是国产的Бy—20—2型和Бc—1型穿孔机，其技术規格列于表2中。

表 2

指 标	Бc—1 型	Бy—20—2 型
钻具最大重量 (公斤)	2000	1206
钻具最大长度 (米)	12	9
每分钟的冲击次数 (次/分)	48—52	52—56
电动机的型式	繞 綫 型	鼠 籠 型
电动机功率 (瓩)	55	19.7
电动机的轉数 (轉/分)	970	1000
电动机电压 (伏)	220/380	220/380
钻具鋼绳直径 (毫米)	26—30	19—26
传动皮带型式	三角皮带	平型皮带
机床重量 (公斤)	21600	11100
取浆鋼绳直径 (毫米)	15.5	13.0
钻具鋼绳卷筒直径 (米)	0.9	0.43
工作时机床外型尺寸:		
高度 (毫米)	15050	12100
寬度 (毫米)	3460	2600
长度 (毫米)	7065	6000
偏心距尺寸 (毫米)	380	380
	330	330
	290	285
	250	150
行走速度 (公里/小时)	0.9	0.9
钻具提升速度 (米/秒)	0.9	1.2—2.0

Бy—20—2 型与 Бc—1 型穿孔机的构造大致相同，如图12及图13所示。Бy—20—2 型穿孔机是中型穿孔机，Бc—1 穿孔机是重型穿孔机。

Бc—1 型穿孔机的适用条件是：

1. 阶段高度不低于12~15米；
2. 在坚硬或极坚硬岩石 ($f > 8$) 中作业；
3. 炮孔的直径不小于250毫米；

4. 穿孔工程量大；
5. 钻具重量大于1700公斤，可达2200公斤。

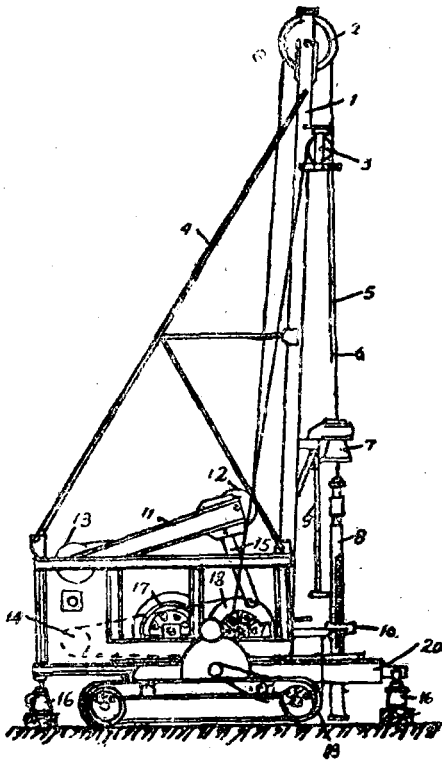


图 12 By-20-2型穿孔机外型

- 1—桅杆；2—天輪；3—取漿滑車；4—拉杆；
5—钻具鋼繩；6—取漿鋼繩；7—导向罩；8—
钻具；9—悬臂杆；10—夹搬子；11—冲击梁；
12—缓冲輪；13—导向輪；14—电动机；15—
連杆；16—千斤頂；17—钻具鋼繩卷筒；18—
偏心距齒輪；19—履帶；20—操作平台

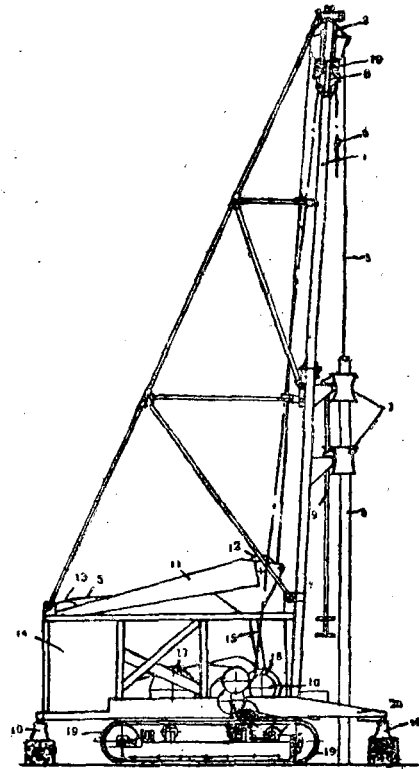


图 13 Bc-1型穿孔机外型

- 1—桅杆；2—天輪；3—取漿滑車；4—拉杆；
5—钻具鋼繩；6—取漿鋼繩；7—导向罩；8—
钻具；9—悬臂杆；10—缓冲器；11—冲击梁；
12—缓冲輪；13—导向輪；14—电气室；15—
連杆；16—千斤頂；17—钻具鋼繩卷筒；18—偏
心距齒輪；19—履帶；20—操作平台

冲击式穿孔机的基本工作原理，是利用很大重量的钻具自由落下冲击和破碎整个孔底。每冲击一次后钻具转动一定的角度，以保证均匀地破碎整个孔底岩石，使炮孔呈规整的圆柱状。穿孔时钢绳应放到使钻具恰好触及孔底，而钻刃的插入岩石应利用压缩位于天輪下面缓冲器的方法来进行。这样可保证钻头在冲击孔底后并不停留，而是立即弹起，有助于钻具的上升运动。

在穿孔过程中应适当的往孔内注水，水与岩粉混成岩浆，然后用取碴筒排出。

由此可知，穿孔工作的主要作业过程是穿凿和取碴。

穿孔机的穿孔效率，取决于许多因素，其中主要的是：

1. 所穿凿岩石的物理机械性质；
2. 钻具重量；
3. 钻头的形状和质量，钻头的直径；

4. 鑽头的冲击高度和冲击次数;
5. 泥浆的浓度及泥浆柱的高度;
6. 悬距。

岩石的物理机械性质对穿孔效率影响頗大, 随着岩石硬度的提高穿孔效率将急剧下降。

在具有明显层理、裂縫、或軟硬不均的岩层中进行穿孔工作非常困难, 有时会发生夹钎、孔壁片落、偏滑及歪孔等事故, 这样会严重影响穿孔效率。

钻具重量直接决定着钻头冲击能的大小, 钻具重量愈重則穿孔效果愈好, 因此在許多矿山都用加长钻具长度的办法来增加钻具的重量。

应该指出, 钻具的重量应与穿孔机电动机的功率和鋼繩的强度及穿孔机桅杆高度相适应, 重型穿孔机 (Бс—1 型) 与中型穿孔机 (Бy—2, Бy—20—2 型) 采用同样重量的钻具是不合适的。

鑽头的形状很多, 在实际工作中常用的有三种, 即: 1) 十字形鑽头; 2) 一字形鑽头; 3) 馬蹄形鑽头。

十字形鑽头适用于多裂縫的岩石中, 由于十字形鑽头与孔底的接触面积較大, 所以穿孔效率較低, 但是采用十字形鑽头可以减少“偏滑”和夹钎事故。

一字形鑽头适用于中硬以下的岩石中, 其穿孔效率很高, 但在有裂縫的岩石中采用一字形鑽头容易发生夹钎和“偏滑”事故。

馬蹄形鑽头是十字形鑽头与一字形鑽头的变形, 在硬岩和多裂縫的岩石中使用馬蹄形鑽头, 不但能提高穿孔效率且可避免或减少夹钎事故, 因此在实际工作中应用最广。

近来我国有的矿山成功地应用了钎刃堆焊有硬质合金粉的钎头, 从而提高了穿孔机的穿孔效率, 减少了运钎换钎工人的繁重体力劳动和輔助作业时间。

鑽头的直径一般为130~300毫米, 最合适的炮孔直径应保证穿出的炮孔能够足以容纳爆破岩石所需的炸药量。

炮孔的实际直径可用下式求出:

$$d = k \cdot d_r \text{ 毫米} \quad (1)$$

式中 d_r ——鑽头直径, 毫米;

k ——炮孔的扩大系数, 根据岩石性质不同其值波动在1.07~1.30之間。

冲击高度、冲击次数、泥浆浓度及泥浆柱的高度、取碴制度对穿孔效率的影响也是显著的。如增加钻具的冲击高度, 則钻具的下降加速度增大, 钻具的冲击能增大, 可能提高穿孔效率, 但是增加冲击高度必然会相应地减少冲击次数, 反而又影响穿孔效率的提高。同样, 降低泥浆的浓度, 减少泥浆的浮力, 可能提高穿孔效率, 但是为了降低泥浆浓度, 必須經常的停止穿凿工作进行取碴注水, 这降低了穿孔机的純穿孔时间。

由此可見, 寻求合理的穿凿作业和取碴作业的輪流順序——即穿孔作业制度, 对提高穿孔效率有着重大的意义。为了确定合理的穿孔作业制度, 我們首先从穿凿工作着手进行分析。

正如我們所知, 随着穿凿工作的进行, 炮孔中的岩粉将逐渐增加, 泥浆的浓度和泥浆的浮力逐渐增大, 这样钻具的下降加速度就逐渐降低, 钻头冲击孔底一次的时间逐渐