

露天凿岩爆破手册



0356

冶金工业出版社

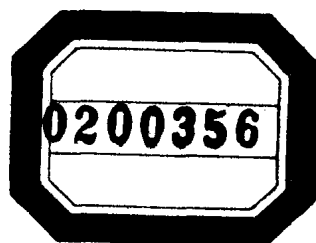
水电部科技情报所	
图书编号	708381
分类号	722.45

露天凿岩爆破手册

[芬兰] J. 普基拉 主编
龙维祺 于亚伦 译



005917 水利部信息所



冶金工业出版社

2434/4203

内 容 提 要

本书系根据芬兰塔姆 罗克公司 1978 年出版的《Handbook of Surface Drilling and Blasting》一书翻译的。

本书系塔姆罗克公司为培训从事凿岩爆破的工程技术人员编写的——本露天凿岩爆破手册。书中对露天凿岩爆破的原理、方法、设备和材料的性能和选择、各种参数的设计计算以及施工经验作了全面的介绍，同时书中还总结和分析了芬兰和其他国家的先进经验，收集了大量的生产施工中的经验数据、图表和计算公式。可供从事采矿以及采石、建筑、交通运输以及其他部门从事土石方挖掘的工程技术人员在设计和施工时的参考，也可供高等和中等院校有关专业的师生参考。

露天凿岩爆破手册

〔芬兰〕 J. 普基拉 主编

龙维祺 于亚伦 译

冶金工业出版社出版

（北京灯市口74号）

新华书店北京发行所发行

北京市大白楼印刷厂印刷

850×1168 1/32 印张 7 1/2 字数 195千字

1982 年10月第一版 1982 年10月第一次印刷

印数00,001~3,000册

统一书号：15662·3468 定价1.00元

目 录

第一章 露天凿岩基础

第一节 概述	1
第二节 岩石的种类及其在凿岩中的重要特性	2
一、岩石的可钻性	2
二、可爆性	5
三、对岩石表面的要求	5
第三节 为建立钻孔布置资料的露天凿岩基础	5
一、在钻孔布置中所采用的术语	6
二、最小抵抗线 V 的计算	6
三、炮孔间距 E 的计算	8
四、炮孔长度 H 的估算	8
五、炮孔的 倾 斜 度	8

第二章 钻机

第一节 冲击式凿岩机	11
一、手持式凿岩机	13
二、带有推进装置的轻型凿岩机	13
三、轻型移动式车钻	14
四、履带式钻车	14
五、塔姆罗克露天凿岩设备	16
1. 用于露天凿岩的塔姆罗克导轨式凿岩机	16
2. 露天凿岩中采用的塔姆罗克推进装置	23
3. 在塔姆罗克履带式钻车上采用的转臂	24
4. 塔姆罗克露天钻车上采用的履带底座	33
5. 塔姆罗克制造的露天钻车的主要类型	33
第二节 冲击导轨式凿岩机的接杆凿岩工具	33
一、接杆钎子采用的螺纹	57
二、钎尾	58
三、接杆	60

四、联接套	61
五、钎头	62
六、选择钎头、联接套和接杆尺寸的一些原则	64
七、钎头的修磨	64
八、深孔凿岩中所需接杆凿岩工具数量的计算	67
第三节 潜孔式钻机	69
一、潜孔式钻车	71
二、潜孔式钻机采用的钻头和钻管（钻杆）	72
第四节 旋转式钻机（牙轮钻）	74
一、牙轮钻头	76
第五节 性能和适用范围	79
一、塔姆罗克露天钻车的性能和应用条件	80
1. 风动履带式钻车	80
2. 液压履带式钻车	88
第三章 凿岩的动力供应	
第一节 压缩空气机（压气机）	90
一、压缩功	90
二、压缩空气机的效率	91
三、压缩空气机的类型	92
第二节 塔姆罗克压缩空气机	100
一、电动压缩空气机	102
二、压气机房	105
三、柴油驱动的压缩空气机	116
第三节 在高原地区导轨式凿岩机、压气机和柴油 发动机的运转特性	122
一、概述	122
二、高原地区压气机的排气量	123
三、高原地区风动导轨式凿岩机的效率	124
四、高原地区柴油发动机的效率	125
五、在高原地区使用液压导轨式凿岩机凿岩	127
第四章 装药和爆破	
第一节 露天开采中使用的炸药和附属器材	130

一、炮孔中的爆炸和它的作用	130
二、对炸药性能的要求	130
三、炸药的种类	132
四、炸药的选择	134
五、爆破的附属器材和起爆	138
1. 用导火线和火雷管起爆	138
2. 用导爆线起爆	139
3. 用电雷管起爆	140
4. 用“诺涅尔”(Nonel)法起爆	147
第二节 炮孔的装药	149
一、用炮棒装药	150
二、木楔装药法	150
三、长刚性药包	151
四、气动装药	151
五、敏油炸药和浆状炸药的气动装药	152
六、将炸药倒入炮孔中的装药法	154
第三节 炮孔排列和装药量的计算	155
一、孔底装药 Q_b 的计算	155
二、孔柱装药 Q_c 的计算	158
三、炮孔中的总装药量 Q_{tot}	159
四、单位装药量 q	159
五、在用正常台阶爆破中应用的图表	159
1. 低台阶 ($K < 1.8V$)	159
2. 高台阶 ($K > 1.8V$)	162
六、在正常台阶爆破中的起爆方法①	165
1. 单排炮孔爆破时的起爆	165
2. 多排炮孔爆破时的起爆	167
第四节 精确的周边爆破	169
一、在精确的周边爆破中所要求的最小抵抗线、炮孔间距和装药量	170
二、在各种精确周边爆破方法中所采用的起爆方法	170
第五节 筑路	172

第一节	设备	212
第二节	钎杆、钻管和钻头	213
第三节	压气机	215
第四节	冲洗水水泵	215
第五节	应用和结果的精确度	215
第八章 应用于机器上的人类工程学		
第一节	防止凿岩时的噪音	219
第二节	对空气污染的防护	226
一、	防尘	226
二、	防油雾	230

第一章 露天凿岩基础

第一节 概 述

露天凿岩可以分为以下几类：

- ① 为了在岩石中建立空间的凿岩；
- ② 以开采岩材为主的凿岩；
- ③ 为了特殊目的的凿岩（即非爆破目的的）。

第一类包括绝大多数施工中的岩石挖掘，例如挖掘建筑物的基础，公路路堑，铁路路堑，沟渠和海港水池等等。在这些挖掘工程中爆破后所获得的岩石表面将起重要的作用。一般采用直径等于或小于64毫米的小直径炮孔和高度为0~15米的台阶以保持良好的凿岩准确性。其他重要的因素包括地面震动、飞石和岩石的块度。

以开采石材为主的凿岩，可以进一步分为以下两类：采石场中的凿岩；浅露天矿和深露天矿中的凿岩。

在采石场中开采的范围一般是不受限制的，只要那个地方最有利，就可以在那个地方开采。由于采石场的边界不受限制，所以它一般都不很深并且全部采出的岩石都是有经济价值的。

浅露天矿开采和深露天矿开采指的是开采某种矿体。浅露天采矿场与采石场相似，开采范围不很深。但是重要的区别在于在采石场中开采的是岩石（不是矿石），而在浅露天采矿场中开采的是矿石。

另外一方面，深露天采矿场是指开采限制在一定范围内的矿石的露天矿，剥离围岩是为了继续开采真正矿体的需要。因此这种露天矿可能是很深的，必须应用专门的台阶开采技术才可能有效地回采矿石。

除正常的台阶凿岩以外也应用光面爆破的技术，采用的炮孔

直径为 $\phi 64 \sim 300$ 毫米。

第三类包括除了挖掘目的以外的凿岩作业。这些作业包括：水井钻井；研究岩石的钻孔；油井的钻井；杆柱炮孔的钻孔；抽水孔的钻孔。

钻孔的直径和采用的机器取决于钻孔的目的，变化于 $\phi 42 \sim 700$ 毫米之间。

第二节 岩石的种类及其在凿岩中的重要特性

岩石可分类为：火成岩；变质岩和沉积岩。

火成岩是由熔融岩浆凝固而形成的；变质岩是由热和压力的作用由火成岩和沉积岩交变而形成的，沉积岩是由岩石的碎石或有机物质在地球表面堆积而产生的。

影响选择凿岩技术的某些重要岩石特性为：硬度；粒度；韧性；磨蚀性（二氧化硅的含量）；构造：倾斜，裂隙，断层等等；均质性。

所有上述这些特性决定了岩石的可钻性和可爆性，此外还决定了挖掘的方法。

一、岩石的可钻性

岩石可钻性的定义是指钻头（钎头）在岩石中的钻进速率（米/分）。当在现场测量不同岩石的可钻性时，所测出的数据必须是具有可比性的，即应当采用同样的凿岩设备。

不同特性的岩石对不同的凿岩设备具有不同的影响：

①韧性岩石有逐渐降低钻头回转速度的趋势并且会引起钎子的断裂。

②磨蚀性岩石有磨损钻头的倾向。

③岩石的裂隙和裂缝会引起卡钎和陷钎。

④软岩会引起冲洗的困难。

⑤硬岩要求强力的冲击和回转。

火成岩是一种硬而整体性的岩石，如果这类岩石没有遭受严重的破裂和风化的话，用冲击方法比较容易钻凿。一般它们对旋

表 1-1 某些普通岩石的特性

岩石种类		岩石	比重	粒度 (毫米)	SiO ₂ 含量 (%)	碎胀系数	抗压强度 百万牛顿/米 ² (1百万牛顿/ 米 ² = 10公斤/ 厘米 ²)
火 成 岩	侵入	闪长岩	2.65~2.85	1.5~3	—	1.5	170~300
		辉长岩	2.85~3.2	>2	50	1.6	260~350
		花岗岩	2.7	0.1~2	70	1.6	200~350
	喷出	安山岩	2.7	<0.1	—	1.6	300~400
		玄武岩	2.8	<0.1	50	1.5	250~400
		流纹岩	2.7	<0.1	—	1.5	120
		粗面岩	2.7	<0.1	—	1.5	330
	沉积岩	砾岩	2.6	>2	—	1.5	140
		砂岩	2.5	0.1~1	80~95	1.5	160~255
		页岩	2.7	<1	50~62	1.35	70
		白云岩	2.7	1~2	2~10	1.6	150
		石灰岩	2.6	1~2	—	1.55	120
		石灰石	1.5~2.6	1~2	—	1~1.6	30~100
变 质 岩		片麻岩	2.7	>2	—	1.5	140~300
		大理岩	2.7	0.1~2	—	1.6	100~200
		石英岩	2.7	0.1~2	98	1.55	160~220
		片岩	2.7	0.1~1	—	1.6	60~400
		蛇纹岩	2.6	—	—	1.4	30~150
		板岩	2.7	<0.1	—	1.5	150

转式钻眼来说太硬了，除非采用有强大垂直压力和扭矩的重型钻机组。但是钻头的磨损是一个严重的问题。

石灰岩的硬度变化极大，从白垩到炭化石灰岩。钻头的磨损不是一个问题。硬的石灰岩可以用冲击式凿岩机凿岩或用重型旋转式钻机钻眼。而软石灰岩最好用旋转式钻机钻眼。

砂岩是磨蚀性的岩石，因此一般不能采用旋转式钻机钻眼，而使用冲击式凿岩机一般比较容易钻凿。

根据岩石的硬度、磨蚀性和最适合于它们的凿岩方法的岩石分类表示在表1-2中；

表 1-2 对不同的岩石所推荐的凿岩方法

1. 火成岩

	硬 度 和 磨 蚀 性			
	磨蚀性的	中等磨蚀性的	磨蚀性较小的	风化的
岩 石	粗面岩, 细晶岩, 致密长石, 花岗斑岩, 花岗闪长岩, 伟晶岩, 石英斑岩, 花岗岩	橄榄玄武岩, 石英安山岩, 丹奈特 (Danite), 橄榄辉长岩, 石英闪长岩	安山岩, 玄武岩, 粗面岩, 辉绿岩, 闪长岩, 辉长岩, 正长岩	蛇纹岩, “红”玄武岩, 高岭土化花岗岩
凿 岩 方 式	重型手持式凿岩机 (小直径炮孔) 重型导轨式凿岩机 $\phi 50 \sim 102$ 毫米 潜孔式钻机 $\phi 102 \sim 150$ 毫米 重型旋转式钻机 $\phi > 150$ 毫米		重型或中型手持式凿岩机和导轨式凿岩机或潜孔式钻机; 重型旋转式钻机; 直径大于或等于 150 毫米的炮孔	切割。旋转式钻机。如果出现未风化的岩石需要冲击式凿岩

2. 变质岩

	硬 度 和 磨 蚀 性		
	硬的 + 磨蚀性的	中 等 的	较 软 的
岩 石	白粒岩, 石英片岩, 石英岩, 片麻岩	角闪岩片岩, 云母片岩, 白云质大理岩	板岩, 千枚岩, 绿泥石片岩, 大理岩
凿 岩 方 式	中型到重型冲击式凿岩机 在较软岩石中中型到重型旋转式钻机		

3. 沉积岩

	硬 度 和 磨 蚀 性				
	硬 的 磨蚀性的	磨蚀性的 硬度稍小的	磨蚀性的 脆性的	非磨蚀性的 硬的	非磨蚀性的 软的
岩 石	燧石, 角岩, 沉积石英岩, 硬砂岩, 石英砾岩	泥沙岩, 火山灰, 砂质灰岩凝灰岩, 粗砂岩, 结块岩	脆性砂岩, 石灰质砂岩, 某些粗砂岩	石灰岩, 泥石岩, 脆性砂岩	泥灰岩, 泥石岩, 页岩, 白垩, 煤, 鲕状岩
凿 岩 方 式	重型冲击式凿岩机	中等重型冲击式凿岩机或重型旋转式钻机	轻型旋转式钻机	中型到重型冲击式凿岩机, 潜孔钻或重型旋转式钻机	麻花钻, 旋转式钻机

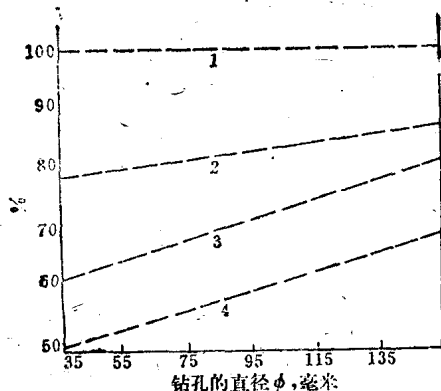


图 1-1 在破裂性岩石中钻头直径对凿岩效率的影响

1—没有裂隙的整体性均质岩石；2—有些裂隙的整体性岩石；3—有裂隙而稍微破裂的岩石；4—有许多裂隙的破裂性岩石

凿岩中所采用的钻孔直径对可钻性也有影响，特别是在破碎性岩石中钻孔时。

图1-1表示在不同破碎程度的岩石中钻孔直径对凿岩效率的影响。

可以看出，当在裂隙性岩石中凿岩时最好采用直径较大的钻头。也需要使用较重型的凿岩机和凿岩工具。

二、可爆性

岩石的状态和沉积的步骤会影响可爆性。在破裂性岩石内爆破中的部分能量会损失在周围的裂隙里，爆破不像在整体硬岩中那样容易控制。当设计炮孔的直径、深度、方向、位置以及选用炸药和爆破方法时也将岩石因素考虑进去。

三、对岩石表面的要求

爆破后岩石的表面表明岩石的状态。岩石表面是随着岩石的特性和所采用的爆破方法而变化的。

使用正确的凿岩爆破方法和技术会得到所要求的岩面质量。在某些情况下它意味着要采用少量装药、光面爆破和预裂爆破。

在准备炮孔布置之前，必须仔细地研究岩石的特性和构造。

第三节 为建立钻孔布置资料的露天凿岩基础

经验和许多试验已经在露天凿岩中形成了包括与凿岩有关因素在内的公式和经验法则。当分析研究了岩石的结构特性之后，就能着手设计对挖掘最适合的钻孔（炮孔）布置。

一、在钻孔布置中所采用的术语

在露天开采中所包括的最主要术语如下(图1-2): 钻孔直径 d (毫米); 最小抵抗线 V (米), 实际最小抵抗线 V_1 (米); 钻孔间距 E (米); 超钻(超深, 即平盘以下的钻孔), 米; 台阶高度 K (米); 钻孔长度 H (米); 钻孔的倾斜度。

上述这些因素取决于它们相互关系, 也取决于岩石的种类、所使用的炸药、所要求的岩石块度以及爆破效果。

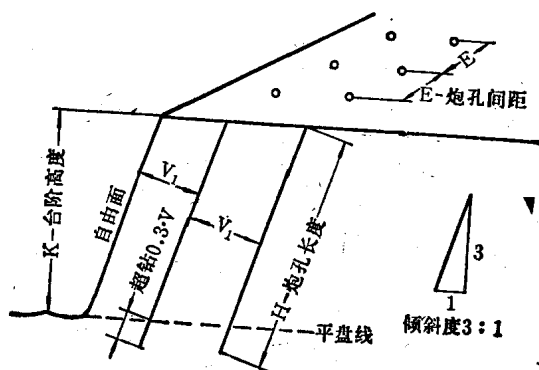


图 1-2 露天开采中应用的术语

E —炮孔间距; V —最小抵抗线;

V_1 —实际最小抵抗线; H —炮孔长度

为了实现一系列要求, 有许多完善的公式可用来计算最小抵抗线和炮孔间距。

但是最可靠的途径是依靠经验和为凿岩工取得成功所制定的某些简单规则。

二、最小抵抗线 V 的计算

理论最小抵抗线 (V) 取决于在炮孔底部的孔底装药量 (Q_p), 而孔底装药量本身又取决于孔底的钻孔直径 (d)、孔底装药的高度 [$h_p = (1.0 \sim 1.3)V$] 和装药密度 (ρ)。

再者, 钻孔的密度 (即 E 和 V)、岩石卸载的自由度、岩石的种类和炸药单位重量的爆炸力都对最小抵抗线的大小产生影响。

可以根据下式来计算理论的最小抵抗线:

$$V = d_F / 33 \sqrt{\frac{\rho \cdot s}{c \cdot f \cdot (E/V)}} \quad (1-1)$$

式中 d_F ——钻孔的孔底直径, 毫米;

ρ ——装药密度 (装填度), 公斤/分米³;

s ——炸药单位重量的爆炸力;

f ——取决于钻孔倾斜度的系数;

垂直炮孔 $f = 1$

倾斜度 (3:1) $f = 0.9$

倾斜度 (2:1) $f = 0.85$

E/V ——炮孔间距与最小抵抗线的比值, 一般为1.25;

$\bar{c}$ ——根据岩石常数 c 计算得到的值。

当 $V = 1.4 \sim 15$ 米时, $\bar{c} \approx c + 0.05$

当 $V < 1.4$ 米时, $\bar{c} \approx 0.070/V + c$

岩石常数 c 是指爆破一立方米岩石所需最少的炸药量 (公斤)。在通常的露天开采中, 硬岩 (即花岗岩) $c = 0.4$ 公斤/米³, 可以从试验爆破中获得, 但是常常不容易确定。对于较软的岩石 c 值会增大。

不过在实际中, 在计算实际最小抵抗线 V_1 时必需考虑钻孔的偏差, 如开孔的偏差和校直的偏差。

当台阶高度低时, 可以根据下式来计算 V_1 :

$$V_1 = V - 0.1 - 0.03H \quad (1-2)$$

式中 V_1 ——实际最小抵抗线, 米;

V ——理论最小抵抗线, 米;

0.1——开孔偏差, 米;

0.03H——校直偏差, 米。

当台阶高度接近三倍最小抵抗线时, 实际最小抵抗线可以简单地用下式计算:

$$V_1 = 0.04d \quad (1-3)$$

式中 d ——炮孔直径, 毫米;

$$\text{或} \quad V_1 = d \quad (1-4)$$

式中 d ——炮孔直径，英寸。

三、炮孔间距 E 的计算

在正常的岩石挖掘中，可以用下式来表示炮孔的间距：

$$E = 1.25V_L \quad (1-5)$$

数值1.25可以根据岩石的种类来改变。

在某些情况下炮孔间距甚至可能是最小抵抗线的4~8倍。对最小抵抗线来说相对地扩大炮孔间距，岩石的块度在许多情况下将会变得更小。

在周边孔中岩石的松动不自由时，炮孔间距一般可采用：

$$E = V_1 \quad (1-6)$$

四、炮孔长度 H 的估算

钻孔一般超过预计的台阶底部水平 $0.3V$ 的长度。钻孔的倾斜也要增加钻孔的长度。

$$H = K + 0.3V + H_1 \quad (1-7)$$

式中 H ——钻孔的长度，米；

K ——台阶高度，米；

V ——理论最小抵抗线，米；

H_1 ——由于钻孔倾斜所引起的钻孔长度的增量，米。

五、炮孔的倾斜度

在正常的凿岩中，钻孔一般应超过实际平盘线以下 $0.3V$ 的长度（即30%的最小抵抗线）。应用垂直炮孔一般比倾斜炮孔更容易钻孔和找直。但是孔底部分的岩石没有完全剪碎和留下较高根底的危险性要比倾斜炮孔严重得多。这种现象在上次爆破的孔底破碎不良的大型多排炮孔组中是特别明显的（图1-3）。如果使用垂直炮孔出现这种状况的话，那么随着爆破的进行，就会出现被爆破掉的炮孔越来越短的趋势，这样就会马上发展成严重的根底问题。因此使用垂直炮孔就没有随着爆破的进行减小根底的趋势。

如果钻凿的是倾斜炮孔，在炮孔底部与采石场平盘相连接地

方的岩石比较容易破碎。这意味着采用同样数目的炮孔时倾斜炮孔与垂直炮孔比较，能爆下更多的岩石。这种增量达10~15%。实际上这意味着可将最小抵抗线和炮孔间距两者增大5%~7.5%。倾斜炮孔的正常倾斜度为2:1到3:1。

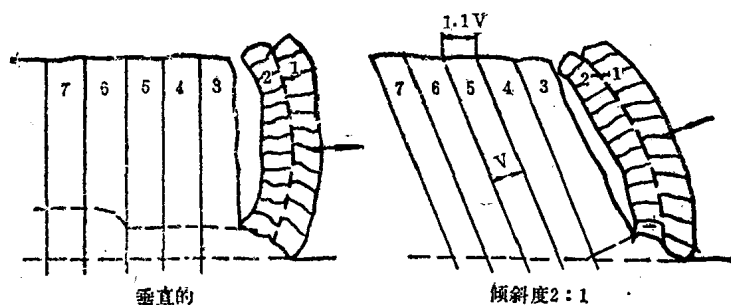


图 1-3 采用倾斜炮孔时在爆破一排或两排炮孔后消灭了底部根底的影响

倾斜炮孔在炮孔的顶部还有可能大大降低超裂的优点(图1-4)。

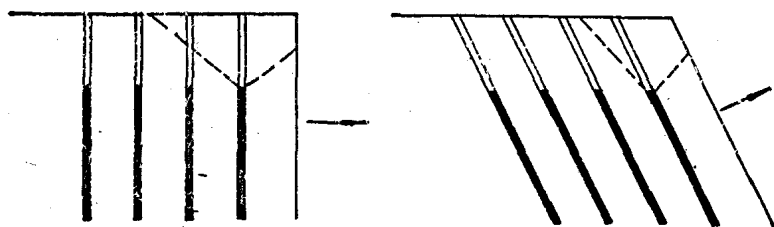


图 1-4 使用倾斜炮孔减少了后裂

应用公式 (1-8) 可以计算出不同倾斜度的实际炮孔长度:

倾斜度	炮孔长度的计算
2:1	$H = 1.12K + 0.3V$
3:1	$H = 1.055K + 0.3V$
5:1	$H = 1.02K + 0.3V$

(1-8)

露天开采中的计算和上述因素间的关系将在爆破技术章中作进一步的讨论。

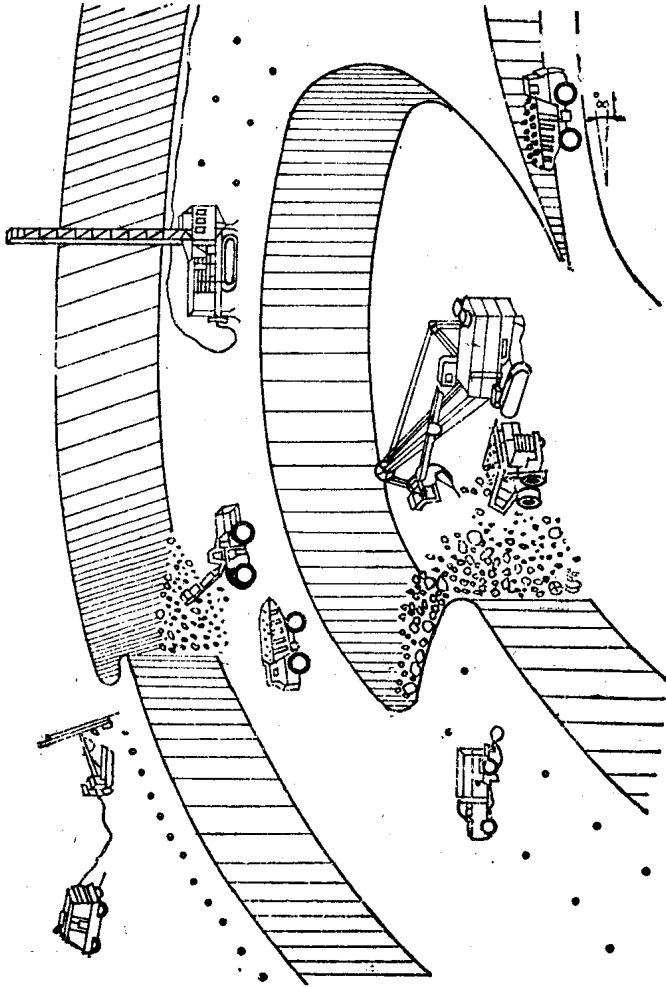


图 1-5 表示带有压气机的轻型履带式钻车、
重型旋转式钻机、电铲、卡车等的露天采场的典型布局