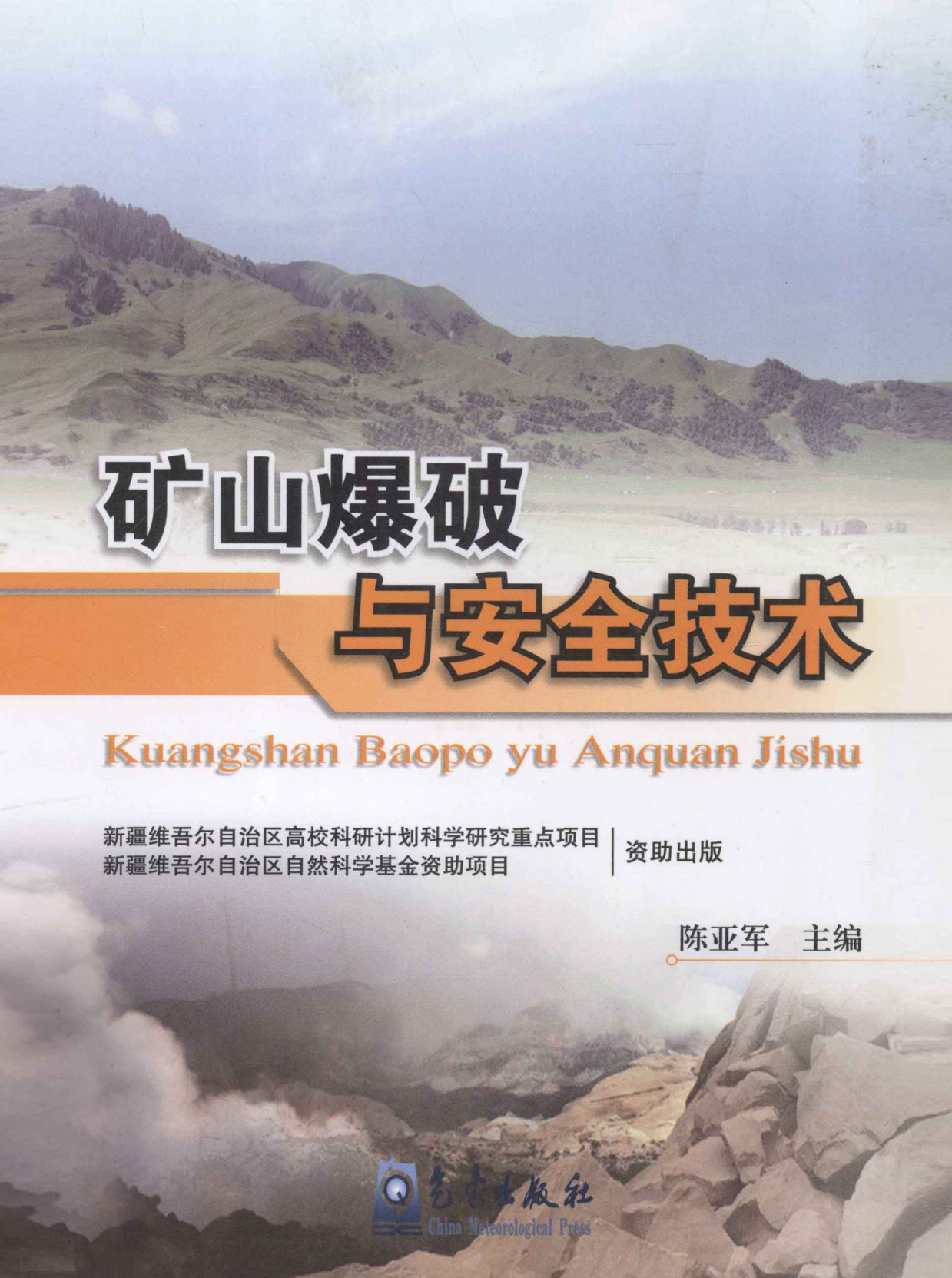




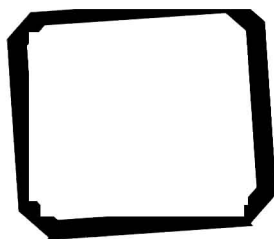
矿山爆破 与安全技术

Kuangshan Baopo yu Anquan Jishu

新疆维吾尔自治区高校科研计划科学研究重点项目
新疆维吾尔自治区自然科学基金资助项目

资助出版

陈亚军 主编



校科研计划科学研究重点项目
自然科学基金资助项目

资助出版

矿山爆破与安全技术

陈亚军 主编

 **气象出版社**
China Meteorological Press

内容简介

本书介绍了在不同地质条件和不同爆破环境下露天矿山爆破常用的爆破方法和起爆方式,分析了岩体构造对爆破作用的影响,阐明了起爆材料特点和爆破网路对矿山爆破安全的重要性,解读了均质岩体减振降速爆破安全技术要点,阐述了非均质岩体提高爆破效果的安全技术措施,强调说明了矿山爆破需要注意的安全事项,提出了露天矿山爆破的新技术、新方法。书中列举了大量爆破安全实例并进行深入分析,力争将现场的成功经验、爆破成果和先进技术介绍给读者,丰富大家的爆破经验和进一步提高爆破技术水平。

本书通过理论和实例分析,归纳和总结了在均质岩体和非均质岩体的构造条件下,当爆破作业受外部环境、作业条件影响及爆破质量受岩体结构影响时,应如何根据岩性特点及构造状况,从爆破作业入手,改进爆破方法,改善爆破作业环境,使之达到比较理想的爆破效果。

本书主要供高等院校露天开采专业学生学习之用,也可作为露天矿山爆破工程技术人员、科研人员和管理人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

矿山爆破与安全技术/陈亚军主编. —北京:气象出版社,

2011.5

ISBN 978-7-5029-5223-5

I. ①矿… II. ①陈… III. ①矿山安全:爆破安全

IV. ①TD235.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 089020 号



出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号

总 编 室:010-68407112

网 址:<http://www.cmp.cma.gov.cn>

责任编辑:郭健华 吴晓鹏

封面设计:博雅思企划

印 刷:北京京科印刷有限公司

开 本:720 mm×960 mm 1/16

字 数:480 千字

版 次:2011 年 5 月第 1 版

定 价:65.00 元

邮政编码:100081

发 行 部:010-68409198

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

终 审:章澄昌

责任技编:吴庭芳

印 张:24.5

印 次:2011 年 5 月第 1 次印刷

《矿山爆破与安全技术》编委会

主编单位 新疆工业高等专科学校

参编单位 新疆安全科学技术研究院

新疆煤炭工业安全技术培训中心

新疆煤炭科学研究所

主 编 陈亚军

参编人员 邓华江 王 楠 徐立虎 张崇礼

李晓疆 张金锁 李 兵 阿不都·艾尼

王文科 吴志潮 薛明忠 毛金峰

尼加提·阿不都热西提

前 言

为了给从事露天矿山开采的高等院校师生及时提供内容丰富的矿山爆破安全技术知识和真实有效的适用教材,同时,给广大矿山爆破工程技术人员和矿山工程管理人员在露天爆破知识方面提供一些参考资料,特编写了《矿山爆破与安全技术》一书。

爆破危害在露天矿山开采中占事故发生率的 20% 之多。由于露天开采爆破量大,用药量多,施工作业繁杂,人员、设备隐蔽性差,给爆破安全管理带来许多困难。

露天矿山爆破需要先进的安全技术,不同的地质条件对爆破作用的影响在露天矿山开采中随处可见。从岩性角度分析,由于岩性不同,有些岩体致密而均匀,节理裂隙不发育,这种均质岩体在相同的爆破条件下较非均质岩体震动速度快,震动频率高,对爆破区域邻近的、抗震能力相对较差的建筑物会带来一定的危害。而对于岩体构造复杂、节理裂隙发育的非均质岩体,由于岩体中存在结构面,在爆破作用下相当一部分爆生气体从岩体结构面的裂隙中溢出,减少了炸药对岩石有效作用的时间,降低了炸药对岩石的破碎效果,大块多、爆堆不规整,爆破效果相对较差。采空区塌陷爆破作为一种特殊的爆破形式在有些露天矿的开采中会经常采用,也成为处理采空区的一种有效方式。

根据笔者多年从事露天煤矿设计和在露天煤矿生产现场从事爆破技术管理十几年的工作经验以及长期对爆破课题的深入研究,列举大量的有关爆破方面的典型案例,解析说明了均质岩体在爆破震动有可能对爆区以外邻近建筑产生一定危害的情况下,如何通过改变爆破方法和起爆方式来达到减震降速的目的。着重阐述了在非均质岩体构造条件下,通过改变炸药的装药结构、包装方式和改进爆破参数,结合炸药爆炸理论,使爆破以后的大块减少到最低程度,提高爆破效果。进一步分析说明了在不同爆破作业条件影响下,通过采用不同起爆网路和起爆顺序来有效提高爆破作业的安全性。同时,对采空区的塌陷爆破处理,从理论上和实践上提出了简明易懂的设计思路。在本书编写中,对问题与经验做了必要的分析和总结,力求理论联系实际,着重反映在不同岩体构造和不同爆破作业条件下的爆破设计和施工方面的经验与部分研究成果,尽可能反映出在露天爆破方面的现有水平,有助于读者解决设计与施工中的实际问题。

本书作为项目成果之一,是在新疆维吾尔自治区高校科研计划科学研究重点项

目“露天矿山安全爆破关键技术与破岩机理研究”(项目编号:XJEDU2008I42)和新疆维吾尔自治区自然科学基金项目“露天矿山非均质岩体破岩机理”(项目编号:2010211A39)资助下完成的。

在项目执行和本书编写过程中,得到了课题组成员和参编单位的大力支持和帮助,得到了新疆天然矿业有限责任公司托克逊县露天煤矿、新疆黑山露天矿有限公司、新疆煤炭设计研究院有限责任公司、新疆煤炭科学研究所、新疆雪峰爆破工程有限公司、新疆江阳工程爆破分公司的大力协助,得到了新疆大学游宏智教授的指导,在此,一并表示感谢。

由于理论水平和实践经验有限,书中难免存在不妥之处,热诚地希望读者批评指正。

编者

二〇一一年元月

目 录

前言

第一章 穿孔作业

第一节 穿孔设备·····	(1)
第二节 牙轮钻机穿孔·····	(2)
第三节 潜孔钻机穿孔·····	(12)
第四节 凿岩机穿孔·····	(24)
第五节 案例·····	(33)

第二章 爆破作用原理

第一节 爆炸应力波的基本知识·····	(37)
第二节 密实介质中的冲击波·····	(42)
第三节 爆炸破坏机理·····	(46)
第四节 影响爆破作用的因素·····	(50)

第三章 岩体构造与爆破作用

第一节 岩石分类与基本性质·····	(57)
第二节 岩体构造的基本特点·····	(61)
第三节 岩体的特性·····	(64)
第四节 各种岩体地质结构面对爆破作用的影响·····	(72)
第五节 特殊地质条件下的爆破问题·····	(81)
第六节 爆破作用引起的工程地质问题·····	(82)

第四章 起爆材料和工业炸药

第一节 爆破技术发展简要·····	(85)
第二节 起爆器材·····	(87)
第三节 工业炸药·····	(97)

第四节	影响炸药稳定传爆的因素·····	(108)
第五节	爆破器材装卸与运输·····	(110)

第五章 起爆方法

第一节	常用起爆方法·····	(129)
第二节	火雷管起爆法·····	(129)
第三节	电雷管起爆法·····	(130)
第四节	导爆索起爆法·····	(140)
第五节	导爆管起爆法·····	(143)
第六节	综合起爆法·····	(148)
第七节	起爆网路设计·····	(149)

第六章 爆破施工作业

第一节	台阶深孔爆破·····	(155)
第二节	台阶浅孔爆破·····	(172)
第三节	裸露(二次)爆破·····	(174)
第四节	药壶爆破·····	(178)
第五节	常见的爆破事故·····	(179)
第六节	爆破作业有关规定·····	(181)

第七章 均质岩体与爆破作用

第一节	爆破的地震效应·····	(187)
第二节	工程地质条件与爆破作用·····	(201)
第三节	实例分析·····	(202)

第八章 非均质岩体与爆破作用

第一节	节理裂隙对爆破作用的影响·····	(232)
第二节	风化剥蚀作用·····	(233)
第三节	非均质岩体的爆破作用·····	(237)
第四节	实例分析·····	(258)

第九章 采空区爆破处理

第一节	施工准备·····	(273)
第二节	爆破方案设计与施工·····	(279)

第三节	塌陷爆破实例·····	(300)
第十章	边坡保护与控制爆破	
第一节	概述·····	(313)
第二节	影响边坡稳定的主要因素·····	(316)
第三节	控制爆破·····	(321)
第四节	实例分析·····	(334)
第十一章	其他爆破与安全技术措施	
第一节	高温孔爆破·····	(340)
第二节	水孔爆破·····	(343)
第十二章	爆破知识问答	
第一节	基本知识·····	(349)
第二节	考试题·····	(350)
参考文献	·····	(381)

第一章 穿孔作业

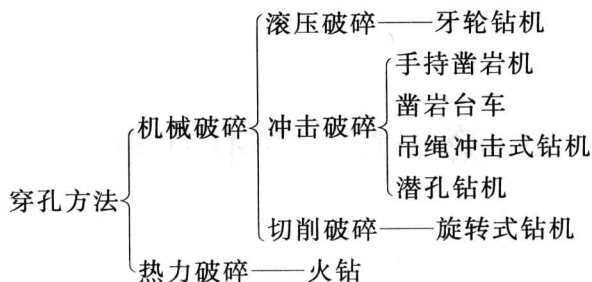
在露天矿的正常生产中,穿孔作业是露天生产工艺的重要环节之一,它是露天开采的第一道工序。其主要任务是有效地破碎矿岩,为后续的采装工艺创造有利条件。金属矿山的矿岩坚硬,条件复杂,穿孔爆破往往成为露天开采的薄弱环节。一般说来,穿孔速度和炮孔质量对爆破、采装以及破碎等各项作业都有影响,根据矿岩性质不同,生产能力和穿孔费用差别很大。在中硬和坚硬矿岩中,穿孔费用约占矿岩开采成本的10%~20%,在软岩和煤矿中约占5%~8%。穿孔工作的好坏,对其后的爆破、采装等工作有很大影响,特别是矿岩坚硬、穿孔技术又不够完善时,它往往成为露天开采的薄弱环节。因此,如何进一步提高穿孔技术,改善穿孔质量,加速露天矿的建设具有很现实的意义。

第一节 穿孔设备

穿孔作业的目的是为爆破工作提供放炸药的孔穴。穿孔作业质量的好坏,在一定程度上取决于穿孔方法与穿孔设备,并直接影响随后的爆破及采装工作。

目前露天矿使用的穿孔方法,分为机械穿孔和热力穿孔。机械穿孔适用于各种硬度的矿岩,是当前最普遍应用的方法;热力穿孔因成本太高和尚存在一些技术问题,只是在十分坚硬的铁燧石中应用。此外,化学和声波穿孔尚在研究之中。

露天矿穿孔设备按其穿孔深度分为深孔和浅孔凿岩设备。深孔穿孔设备主要是牙轮钻机和潜孔钻机。20世纪50年代,钢绳冲击式钻机在我国露天煤矿被广泛采用,但随着新型钻机的不断研发和应用,钢绳冲击式钻机由于操作笨重、效率低、成本高、对矿岩力学性质的适应性差,已经基本淘汰。在大部分露天矿山的穿孔作业中,已逐渐被潜孔钻机和牙轮钻机所取代。小型露天矿山的主要穿孔设备,以及大、中型露天矿的二次破碎、采场边坡清理、三角岩体清理、根底消除以及露天矿硐室工程等凿岩作业,则主要用手持式凿岩机和凿岩台车。其分类如下:



露天矿山穿孔设备的选择,主要取决于矿岩性质、开采规模和炮孔直径。各种钻机的合理孔径和使用范围如表 1-1-1 所示。

表 1-1-1 各种钻机可钻孔径和使用条件

序号	钻机种类	可钻孔径(mm)			用途
		一般	最大	最小	
1	手持凿岩机	38~42		23~25	小型矿山浅孔凿岩及二次破碎等辅助作业
2	凿岩台车	56~76	100~140	38~42	小型矿山主要穿孔作业或大型矿山辅助作业
3	牙轮钻机	250~310	380~445	90~100	大中型露天矿山中硬或坚硬矿岩
4	潜孔钻机	150~250	508~762	65~80	中小型矿山中硬以上岩石
5	钢绳冲击钻机	200~250	300	150	中小型露天矿山中软矿岩
6	旋转钻机	45~160			软至中硬矿岩
7	火钻	200~250	380~580	100~150	含石英的极硬矿岩

我国露天矿山各种穿孔设备数量和比重如表 1-1-2 所示。

表 1-1-2 我国露天矿山各种穿孔设备数量和比重

序号	矿山类型	牙轮钻机(%)	潜孔钻机(%)	其他(%)
1	金属矿山	59	34	7
2	化工矿山	62	26	12
3	煤矿	14	23	63
4	其他矿山	35	24	41

第二节 牙轮钻机穿孔

牙轮钻机于 20 世纪 50 年代开始在美国露天矿山应用,是在旋转钻机基础上发展起来的一种近代新型钻孔设备,它是以牙轮钻头破碎岩石并用压气进行排渣的自行式钻机。由于具有穿孔效率高,作业成本低,机械化、自动化程度高,适应各种硬度的矿岩穿孔作业等优点,已成为当今世界各国露天矿最先进的穿孔设备。以我国冶

金露天矿为例,牙轮钻机台数占钻机总数的 12.2%,而爆破矿岩量约占 50%。目前美国、加拿大的金属露天矿山,牙轮钻机的比重已占 80%以上,穿孔直径一般为 250 mm,少数为 380 mm,并有使用 420 mm 的趋势。

我国从 1958 年就开始研制牙轮钻机,试制成功有十多种,目前我国已定型生产的牙轮钻机有 KY-310 型、KY-250 型和 YZ-35 型,其性能参数已接近世界先进水平。正在积极研制的有 KY-380 等型号牙轮钻机。

当选用牙轮钻机时,大型和特大型露天矿一般应选用孔径为 310~380 mm 的牙轮钻机;中型露天矿一般应选用 150~250 mm 孔径的牙轮钻机。表 1-2-1 所列为国产牙轮钻机型号及其技术性能。

表 1-2-1 国产牙轮钻机型号及其主要技术性能

技术性能	型号					
	KY-310	KQ-55	YZ-35	KY-250 A	KY-200	KY-150
钻孔直径(mm)	250~310	250~380	170~270	220~250	150~200	120~150
钻孔深度(m)	17.5	16.5	17.5	17	15~21	20
钻孔角度(°)	90	90	90	90	70~90	70~90
钻进速度(m/min)	0.1~1	0~0.92	1.2	0~0.94	0~3	0.17~0.34
回转速度(r/min)	0~100	0~120	0~90	0~85	0~120	45;60;90
轴向压力(kN)	500	550	350	350	160	130
风压(MPa)	0.3432	0.2746	0.2452	0.3432	0.3923	0.4~0.7
空压机气量(m ³ /min)	40	37	28	30	18	25
钻杆直径(mm)	219;273	219;273;325	140;219	180;219;194	114;140;159	104;114;168
钻杆长度(m)	9.13	不换杆	不换杆	8.98;8.95	7.55;17	9.5
安装电机总功率(kW)	394	350	280	400		最大 304; 工作 260
行走速度(km/h)	0.6	0~1.2	0~1.3	0.73	1	0.85
爬坡能力(°)	12	14	15	12	12	14
适应岩石硬度(f)	6~20	各种矿岩	8~18	6~18	4~16	4~14
钻机总重量(t)	120	140	85	93	40	40
钻机工作尺寸(m)	13.6×5.7	14.25×6.11	13.3×5.91	12.1×6.22	8.72×3.59	7.8×3.2
长×宽×高	×25	×27.1	×24.5	×25	×12.3	×14.6

牙轮钻机是一种高效率的穿孔设备,是在很大轴压力下连续钻进,按穿孔进尺计算,其穿孔速度一般在 4000~6000 m/月,最高可达 10000 m/月以上,若按年穿爆量计算,一般为 400~600 万 t,最高可达 1200~1400 万 t。它的穿孔速度比潜孔钻机约高 40%~100%,按台年爆破量比较,前者是后者的 2~4 倍。

从经济效益衡量,牙轮钻机的穿孔成本也是最低的,大约为潜孔钻机的 70%。

应该指出,在牙轮钻机的穿孔成本中,钻头成本约占 40%~50%,因此,随着钻头质量的不断改进,它的穿孔成本还会进一步降低。

一、牙轮钻机破岩形式

牙轮钻机是一种回转式钻机,是通过推压和回转机构给钻头以高压和扭矩,使钻头上的轮齿压入岩石中,在钻具回转扭矩及牙轮滚动作用下,将岩石在静压、少量冲击和剪切作用下破碎,这种破碎形式称为滚压破碎,破碎的岩渣被压缩空气吹出孔外。正常作业的牙轮钻机,采用顶部回转,封闭链条连续加压,根据不同的矿岩条件选择钻进速度及转速。钻杆接卸、钻架起落和钻进都采用气电联合控制,采用三级净化干式除尘装置,并配有湿式除尘系统。

牙轮钻机的主要工作机构有:回转机构、加压提升机构、空压机、捕尘器、行走机构等。

二、设备数量 and 生产能力计算

1. 露天矿所需牙轮钻机数量可按下式确定:

$$N = \frac{Q}{Q^1 q (1-e)}, \text{台} \quad (1-2-1)$$

式中 Q ——设计的年采剥总量, t;

Q^1 ——每台牙轮钻机的穿孔效率, m/年;

q ——每米炮孔爆破量, t/m;

e ——废孔率, %。

废孔率:当钻孔直径为 250 mm 时,一般取 5%~7%;钻孔直径为 310 mm 时,一般取 4%~6%。

计算穿孔设备数量时,每米炮孔爆破的矿岩量,一般应按照设计的爆破网参数分别进行计算,有时也可按表 1-2-2 选取。

2. 露天矿所需牙轮钻机台班生产能力可按下式确定:

$$A = 0.6 v T \eta, \text{m}/(\text{台}/\text{班}) \quad (1-2-2)$$

式中 A ——牙轮钻机生产能力, m/(台/班);

v ——牙轮钻机机械钻速, cm/min;

T ——班工作时间, h;

η ——工作时间利用系数。

机械钻速也可用以下近似公式表示:

$$v = 3.75 \frac{P_n}{D_f}, \text{cm/min} \quad (1-2-3)$$

式中 p ——轴压, kg/cm^2 ;
 n ——钻头转速, r/min ;
 D ——钻头直径, cm ;
 f ——岩石硬度系数。

在已知岩性条件下,各种钻机穿孔能力也可按表 1-2-3 选取。

表 1-2-2 每米炮孔爆破量参考指标

钻孔直径(mm)	矿岩种类	每米炮孔爆破量(t/m)
250	矿山	100~140
		90~130
310	矿山	120~150
		100~130

表 1-2-3 牙轮钻机生产能力

岩石名称	岩石硬度系数	钻机型号	钻头直径(mm)	穿孔速度(m/h)	台年生产力(万 m ³ /台·a)	每米爆破量(t/m)	爆破量(万 t/台·a)
软到中硬: 玢岩,蚀变千枚岩, 石灰岩,风化闪长 岩,混合岩,绿泥片 岩,页岩	5~10	KY-150 KY-250 45-R	150 220 250	30 26~45 26~45	5 5 7.5	140 140	700 900~1100
中硬到坚硬: 砂化灰岩,花岗岩, 白云岩,赤铁矿,安 山岩,花岗片麻岩, 辉绿岩	10~14	KY-150 KY-250 45-R 60-R(Ⅲ)	150 250 250 310	15 18~25 25~30 25~30	3.5 4 5 6	100 100~110 100~110	400 500~550 600~660
坚硬岩石: 灰色磁铁矿,细粒 闪长岩,细晶花岗 岩,致密含铜砂 岩等	14~16	45-R KY-310 60-R(Ⅲ)	250 310 310	10~16 10~16 10~16	3 3.6 4.5	80 125 125	240 450 563
极坚硬岩石: 致密磁铁矿,致密 磁铁矿石英岩,透闪 石,钒钛磁铁	16~18	KY-310 60-R(Ⅲ)	310 310	6~8 8~10	2.5 3	80~90 80~90	210 250

三、提高牙轮钻机穿孔效率的途径

牙轮钻机的生产能力和牙轮钻机的机械钻速成正比。机械钻速愈快,台班生产能力必然愈高。机械钻速与钻机的轴压和回转速度成正比,与钻头直径成反比。因此,分析轴压、回转速度、钻头直径和机械转速之间的关系,就成为提高牙轮钻机穿孔效率的关键。轴压与机械转速的关系如图 1-2-1 所示。

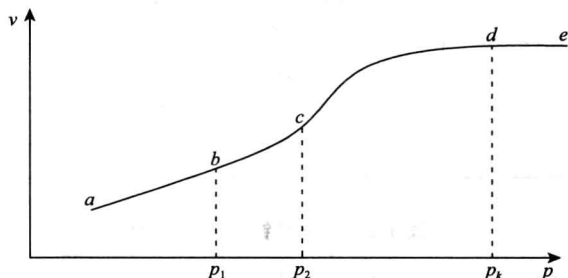


图 1-2-1 轴压 p 与钻速 v 的关系

1. 轴压(p)

(1)当轴压 p 很小时,岩石仅以表面磨蚀的方式进行破碎,此时随轴压 p 增大,钻速 v 呈直线上升(图中 ab 段)。

(2)随轴压 p 继续增大,钻头轮齿多次频繁冲击岩石,岩石内产生疲劳破坏而出现局部体积破碎,轴压 p 与钻速 v 之间的关系就改成为幂函数变化(图中 bc 段)。

(3)当轴压 p 增大到等于岩石的抗压强度时,钻头轮齿对岩石每冲击一次就产生有效的体积破碎,此时岩石的破碎效果最好,能量消耗也最低(图中 cd 段)。

(4)当轴压达到极限轴压 p_k 后,由于钻头轮齿整个被压入岩石内,牙轮体与岩石表面接触,即使再增加轴压 p 钻速 v 也不会再提高(图中 de 段)。

合理的轴压可参照下式计算:

$$p = fkD_9/D, \text{kg/cm}^2 \quad (1-2-4)$$

式中 f ——岩石坚固性系数;

k ——系数, $k=1.4$;

D_9 ——9号钻头直径,为 214 mm;

D ——使用的钻头直径,mm。

上述分析说明,轴压不能过高,大小要适宜。

2. 转速(n)

回转速度 n 与机械钻速 v 间的关系也是一样。随转速 n 加快,钻速 v 相应提高,但当超过极限转速 n 以后,钻速 v 也跟着下降。这是由于转速 n 过大,轮齿与孔底岩

石间作用时间太短(小于 $0.02 \sim 0.03$ s),未能充分发挥轮齿对岩石的压碎作用。再加快转速 n ,钻头的磨损和钻机的震动也加大,给钻孔带来不良影响。实际生产中,对于软岩常选用 $70 \sim 120$ r/min 的转速,中硬岩石用 $60 \sim 100$ r/min 的转速,硬岩用 $40 \sim 70$ r/min 的转速。转速与钻速的影响关系见图 1-2-2。

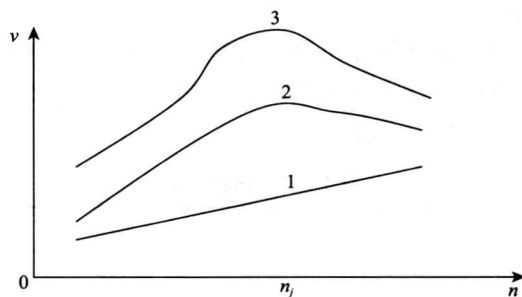


图 1-2-2 转速对钻速的影响

图中直线 1 表示当轴压 p 较小时,岩石以“表面磨蚀”的方式破碎,随着转速 n 的增加,钻速 v 也相应增大,两者呈直线关系。

曲线 2 表示轴压 p 增大后,岩石呈体积破碎,初始时随着转速 n 的增大钻速 v 也相应提高,但当超过极限转速 n_j 后,钻速 v 却随转速 n 的增加而降低。

曲线 3 表示轴压 p 继续增大后转速 n 对钻速 v 的影响。

从曲线 1、2、3 之间的关系可以看出,钻速 v 受轴压 p 及转速 n 两者的综合影响,需要统筹兼顾。

目前我国使用的 KY-310、KY-250C 型牙轮钻机,其轴压分别为 42 kg/cm^2 和 45 kg/cm^2 ,转速都控制在 100 r/min 以内。这是根据高轴压、低转速的要求设计的。

此外,影响机械钻速的还有排渣风量(提供孔壁与钻杆间环形空间适宜的回风速度)以及工作时间利用系数等。

3. 钻孔直径(D)

从公式(1-2-3)中可知,当轴压 p 和转速 n 一定时,钻孔直径 D 与钻速 v 成反比,当钻孔直径 D 增大后,钻头的直径和强度也加大,只要采取相应的轴压 p 和转速 n ,钻孔速度并不会降低。另外,当钻孔直径 D 增大,爆破孔网参数也可扩大,从而提高延米爆破量和钻机台年穿爆矿岩量。目前牙轮钻机设计总的趋势是采用大孔径穿孔,国外最大孔径已高达 455 mm 。

4. 工作时间利用系数

从公式(1-2-2)中可以看出,提高钻机工作时间利用系数 η ,可以有效提高钻机的穿孔效率。

根据现场资料统计,国内牙轮钻机台日工作时间利用系数在 70% 左右,而国外

可达 85%~90%，差距较大。影响工作时间利用系数的因素主要有两个方面，一是施工组织技术管理所带来的外因停歇；二是钻机本身故障所引起的内因停歇。

四、穿孔生产技术经济指标

1. 效率设计指标

牙轮钻机的穿孔效率设计指标可通过计算方法确定，但影响因素较多，有的因素又较难以准确判断，因此，可参考类似生产矿山指标直接选取，钻机参数和参考指标可在设计时参照表 1-2-4、1-2-5 选取。

表 1-2-4 钻机参数

	$f < 1$	$f = 2 \sim 4$	$f = 5 \sim 8$	$f = 10 \sim 14$	$f = 17 \sim 20$
钻具提升高度(m)	0.78	0.92	0.92	1.1	1.1
冲击次数(次/min)	58	33	60	48	48
钻刃角度(°)	100~110	100~110	115~120	115~120	130
钻具悬吊高度(cm)	0.25~0.5	1~2	1.5~2.5	4~6	5~7
单位耗水量(L/dm)	2.0	1.7~1.5	1.25	1.0	0.75
岩浆最大高度(m)	3.3	2.5	2~1.8	1.8~1.6	1.6~1.3
岩浆浓度(g/cm ³)	1.3~1.5	1.5~1.7	1.7~2.1	1.9~2.2	2.0~2.4
工序时间:穿孔(min)	3~4	6~9	10~15	15~25	25~45
取渣(min)	2~3	3~4	4~5	4~5	5~6

表 1-2-5 牙轮钻机效率设计参考指标

钻机型号	孔径 (mm)	f 值	穿孔速度 (m/h)	每米爆破量 (t/m)	台班效率 (m/台·班)	台年效率 (万 m/台·a)
KY-150	150	5~8	30		25~50	5
		10~14	15		15~30	3.5
KY-250	250	5~8	26~45	140	25~50	5
		10~14	18~25	100	15~35	4
KY-310	310	14~16	10~16	100~110	25~50	3.6
		16~18	6~8	80~90	15~35	2.5
45R	250	10~14	25~30	100~110	35~70	5
		14~16	10~16	80	25~50	3
60R	310	10~14	25~30	100~110	40~80	6
		14~18	8~16	80~90	30~60	4

2. 穿孔成本

牙轮钻机穿孔成本主要取决于岩性、牙轮钻头寿命、电能消耗量等。现以 KY-310 型及 45-R 型牙轮钻机为例，在中硬、坚硬和极坚硬矿岩中的穿孔成本如表 1-2-6 所示。