

文章编号: 1674-2869(2018)06-0655-05

晋宁磷矿东采区分区爆破研究及应用

王智能¹, 程玉印²

1. 云南磷化集团有限公司晋宁磷矿, 云南 昆明 650600;
2. 云南磷化集团海口磷业有限公司, 云南 昆明 650000

摘要: 晋宁磷矿东采区进入深部开采后, 岩体构造复杂, 加之坑底积水影响, 导致该作业区域局部地段的岩石可钻性、可爆性发生了变化, 现有穿孔爆破方式已满足不了生产需要。晋宁磷矿为改善该区域的成孔及破碎效果, 根据区域内岩性特征并结合现场实际情况, 将作业区域划分成不同试验单元, 并依此进行单孔爆破试验, 同时对试验的爆破漏斗及块度进行测定分析, 最终确定出不同爆破性指数并进行不同爆区划分及作业优化, 满足了采矿和剥离的需要, 并节约了穿孔爆破费用。

关键词: 单孔试验; 分区爆破; 作业优化; 磷矿

中图分类号: TD **文献标识码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.1674-2869.2018.06.014

Research and Application of Zoning Blasting in East Mining Area of Jinning Phosphate Mine

WANG Zhineng¹, CHENG Yuyin²

1. Yunnan Phosphating Group Co., LTD, Jinning Phosphate Mine, Kunming 650600, China;
2. Yunnan Phosphate Haikou Co. Ltd, Kunming 650000, China

Abstract: The drillability and blastability of rock decreased in east mining area of Jinning Phosphate Mine with more complex rock mass structure in the deep mining and the water inside the pit, which made current blasting method can not meet production requirements. To improve the core-creating and blasting effect, one shot hole tests were conducted for different experimental units divided based on the actual situation of the site. And the blasting parameters were determined for different areas with analyzing the size of blasting crater and fragmentation. Therefore, blasting zones are divided and the mining operations are optimized, which meets the requirement of mining and striping, as well as reduces the cost of drilling and blasting.

Keywords: one shot hole test; zoning blasting; process optimization; phosphate mine

晋宁磷矿6号坑东采区进入凹陷开采后, 深部剥离物构造较复杂, 加上坑底积水影响, 导致该作业区域局部地段的岩石可钻性、可爆性发生变化。为提高该区域穿孔爆破作业效果, 降低生产成本, 晋宁磷矿根据历年与各高校合作研究成果, 组织工程技术人员通过查阅借鉴行业内爆破分区成功经验, 于2015年率先打破该区域原先常规的穿孔爆破方法, 推广分区爆破的方法, 满足生产需要。

1 影响矿岩爆破性分区的因素

爆破性是矿岩本身物理力学性质在穿孔爆破工艺中的综合反映, 影响着穿孔爆破效果及矿山生产成本^[1-2]。研究及实践表明, 影响矿岩爆破性的因素有很多, 其中最主要的因素有2个: 矿岩自身的物理力学性质, 如坚固性、不均等性、方向性、强度大小不同性等性质; 炸药特性、钻孔机械和爆破工艺等外在因素^[3-4]。

收稿日期: 2018-05-29

作者简介: 王智能, 学士, 助理工程师。E-mail: 1165057337@qq.com

引文格式: 王智能, 程玉印. 晋宁磷矿东采区分区爆破研究及应用[J]. 武汉工程大学学报, 2018, 40(6): 655-659.

矿岩本身物理力学性质决定于矿物的化学成分和内部构造,并且不同矿物的化学成分或内部构造反映出不同的物理性质。它主要体现在矿岩形状、岩石强度、脆性、孔隙性、硬度、解理、断口等方面。矿岩爆破性的外在影响因素主要有钻孔机械、钻孔形式、布孔方式、孔网参数、起爆网络、炸药类型等,同时还受爆堆形式、爆破块度及安全间距等要求的影响^[5]。

显然,矿岩本身物理力学性质是最主要的影响因素。矿岩自身物理力学性质主要用以确定岩石单位耗药量和能否采用大爆破的主要依据^[6]。其中岩石抗压强度、岩石抗拉强度、岩石结构特征、含水量等特征对爆破效果有很大的影响,当矿岩的密度大、韧性强、整体性较好时,一般呈现出较难破碎的特点,导致矿岩炸药单耗较高^[7];当岩石密度小,力学强度低,节理、层里发达,则较易破碎,这类矿岩炸药单耗较低,一般不宜采用大爆破。岩石分级按照采矿过程的需要,以量的指标对各种矿岩进行等级划分,常用的岩石分级方法有普氏岩石坚固性分级、苏氏分级、爆破漏斗等综合分级^[8]。

2 矿岩爆破性分区的指标选取

爆破分区是根据矿山爆破作业实际需要而出现的一种改善爆破效果^[9]、节约穿孔爆破成本的管理方法,这种方法是以前矿山实际生产的爆破作业区域为研究对象,选择合适的分区指标建立爆破分区模型,从而将爆破作业区域按照爆破难易程度划分为不同的爆区,使矿山生产爆破作业更为严谨^[10]。

露天采场爆破作业中,大块率是衡量爆破效果好坏的重要指标,它们直接反映了爆破效果及炸药能量的利用程度^[11]。显然,在矿岩爆破性影响因素中,爆破后矿岩块度是相对直观且较为容易选取的指标,故此爆破分区研究选用爆破后矿岩块度作为建立爆破分区模型的重要指标。

考虑到影响爆破块度的因素很多,实验人员现场勘查后,决定对晋宁磷矿东采区采场底部作业区域划分为12个100 m×100 m或50 m×100 m的实验单元,并对每个试验单元进行同等的单孔爆破试验,最终根据各试验单元的爆破效果分析研究,试验单元划分如图1所示。



图1 试验单元划分图

Fig. 1 Diagram of different test blasting strips

基于此,本次爆破分区的研究分2部分进行:一是对晋宁磷矿东采区12个实验单元的矿岩爆破漏斗体积、爆破块度组成进行爆破性测定和等级划分;二是根据前期爆破性测定和等级划分结果,对晋宁磷矿东采区进行不同爆破区域划分,并根据矿岩块度对各个爆破区进行孔网参数优化,最终达到改善整个东采区的爆破效果。

2.1 爆破漏斗与块度的现场测定

在东采区112—120线2 190 m作业区域内对12个试验单元逐个进行单孔爆破试验,用山特维克DI550^{5#}钻机垂直钻孔,钻孔直径152 mm,孔深

10 m,单孔装药量72 kg,用2#岩石硝铵炸药,连续不耦合装药,炮泥填塞,双向起爆。爆破后量取爆破漏斗体积,清理岩块,进行块度分析^[12]。分别称量,计算容积,求出大块(大于300 mm)、小块(小于50 mm)、平均合格块度(300 mm~200 mm,200 mm~100 mm,100 mm~50 mm)的百分率。

本文以试验单元5为例进行单孔爆破试验,爆破情况如图2所示,爆破漏斗示意图如图3所示(根据铲装统计得出爆破漏斗的总体积为189 m³),爆破块度分析结果如表1所示。

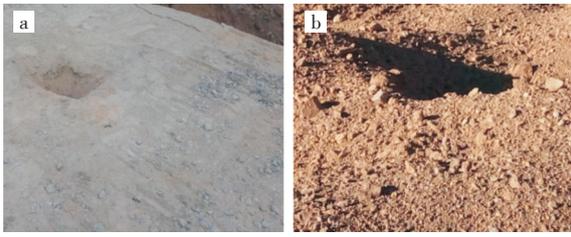


图2 试验单元5

(a)穿孔情况,(b)爆破情况

Fig. 2 Drilling and blasting results of strip:

(a)drilling,(b)blasting

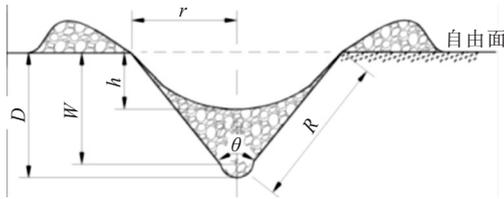


图3 爆破漏斗示意图

Fig. 3 Diagram of blasting crater

表1 岩石块度及百分率

Tab. 1 Fragment size and percentage of rock after blasting

序号	块度类别	岩块尺寸 / mm	数量占比 / %
1	大块	≥ 300	16
		200~300	25
2	合格块度	100~200	32
		50~100	18
3	小块	≤ 50	9

2.2 岩石爆破性指数计算

根据爆破漏斗体积、大块率、小块率、平均合格率和岩体波阻抗的大量数据,运用数理统计的多元回归分析,通过计算机运算,最终求得试验单元5的岩石爆破性指数 $N^{[13]}$ 。

$$N = \ln \frac{e^{67.22} K_1^{7.42} (1.01)(\rho_s C_p)^{2.03}}{e^{38.44V} K_2^{1.89} K_3^{4.75}} = 65$$

式中: V 为岩石爆破漏斗体积,189 m^3 ; K_1 为大块率,16%; K_2 为平均合格率,75%; K_3 为小块率,9%; ρ_s 为岩石密度,2.6 kg/m^3 ; C_p 为岩石纵波声速,6 500 m/s ; e 为自然对数的底,2.718 28。

以此类推,通过模量识别,结合现场调查,最终定出东采区112—120线2 190 m各区域岩石爆破性指数 N ,如表2所示。

表2 东采区岩石爆破性分级表

Tab. 2 Classification of rock blastability in east block

级别	爆破性指数 N	爆破性程度	代表性岩石	代表区域
I	I_1	< 29	极易爆	含水砂岩 112—116
	I_2	38		线贴矿面
II	II_1	46	易爆	破碎性风化 112—118
	II_2	53		白云岩 线矿石
III	III_1	60	中等	石英岩、白 116—120
	III_2	68		云岩 线东帮
IV	IV_1	74	难爆	黑页岩、片 118—120
	IV_2	81		麻岩 线贴矿面
V	V_1	86	极难爆	花岗岩 无
	V_2	86		

3 岩石爆破性分区实例

3.1 爆破区划分及爆破方案选择

根据东采区各区域作业实际,按照前期岩石爆破性指数 N 对本区域进行爆破分区,112—118线矿石为破碎易爆区;112—116线含水砂岩区为极易爆区;116—120线东帮石英岩、白云岩为中等爆破区;118—120线矿面盖板石为坚硬黑页岩、片麻岩,属难爆区域;具体分区情况如图4所示。



图4 东采分区示意图

Fig. 4 Blasting partition sketch in east block

按照上述分区情况,晋宁磷矿充分优化生产方式,降低该区域穿孔爆破成本。首先针对极易爆破区域,采用以大功率挖掘机为主,推土机、破碎锤为辅的作业方式,对东采区岩层硬度系数相对较小的区域直接进行剥离;剩余需爆破区域根据穿孔爆破情况不断优化孔网参数,最终形成3 m×5 m、3.5 m×8 m、3 m×7 m、4 m×9 m等多种孔网参数(排距×孔距),并结合生产需要做5 m、10 m、15 m等不同深度的穿孔设计。

3.2 穿孔工艺控制

1)穿孔场地松渣技术要求:表面覆盖岩渣平均厚度不超过0.5 m;穿孔台阶边缘安全土挡必须满足最外一排孔的穿孔要求。

2)穿孔作业场地平整度技术要求:作业场地平整度保证钻机能够安全作业,炸药车能够顺利进入场地;作业场地局部沟坎相对高差不超过0.5 m。

3)穿孔设计要求:穿孔作业场地验收合格后,方能进行穿孔设计和施工;穿孔设计以穿孔作业场地验收结果为依据,选取合理的孔距、排距和孔深。

4)晋宁磷矿穿孔作业参数要求如表3所示。

表3 穿孔作业参数

Tab. 3 Parameters of blast-hole operation

区域	直径/mm	深度/m	孔距/m	排距/m
黑页岩	152	15	7~9	3~5
		10	6~8	3~4
白云岩	152	15	7~9	3~5
		10	6~9	3~4
含水砂岩	152	10	5~8	3~4
矿面	120	5~10	6~9	3~5

注:爆破技术人员根据穿孔作业场地选取孔网,岩石坚硬区域应对孔深、孔距、排距做出相应的调整,孔深视矿体厚度而定。

5)布孔要求:严格按照穿孔设计各项参数布置钻孔;爆破技术人员在钻孔作业现场设置明显的标志牌,注明相应区域的孔距、排距和孔深等参数;钻孔布置人员应按照标志牌上所注明的孔距、排距、孔深等参数进行布置钻孔,使用皮尺或其他测量工具进行孔位的确定,并设置明显的标记,便于钻机操作工进行穿孔作业。

6)验孔要求:穿孔作业完成后,双方爆破技术人员对爆破区域的钻孔进行验收,严格遵守“每孔必验”的原则;炮孔位置水平偏差不超过穿孔设计要求的±0.3 m;钻孔深度偏差要求不超过穿孔设计

的±0.5 m;没有达到设计要求的钻孔,须进行补孔作业,直到钻孔成孔率达到要求(99%),方能进行爆破作业。

3.3 爆破工艺控制

1)装药与填塞:爆破技术人员需在炸药到达现场前到达爆破施工现场,施工人员按要求摆放好炸药,爆破技术人员组织装药;装药时轻拿轻放,用木棍或竹棍将炸药捅到孔底,防止装药过程中让石头和其他物质偶然掉入孔内,阻断炸药,产生拒爆而影响爆破质量;装药过程中遇到孔内堵塞或者雷管折断等现象应及时向现场爆破技术员汇报并处理;装药中,技术员根据现场情况进行单孔装药量的调整,合理的利用炸药,达到最佳的爆破效果;填塞长度符合设计的要求;炮孔填塞段有水时,应用粗沙或岩屑填塞,防止在填塞过程中形成泥浆或悬空,使炮孔无法填塞密实;填塞过程中应防止中继雷管掉入孔内或导爆管被砸断^[14]。

2)爆破网络:爆破技术人员按照设计要求布置合理的起爆方向和起爆顺序;爆破技术人员对爆破网络进行检查,确定连接无误,避免因网络连接错误导致盲炮的出现。

3)起爆要求:起爆前,检查起爆器是否完好正常,起爆器电池能否达到爆破所需的电压值;连接主线前,应对导线电阻进行检测,警戒到位后,再次测定电阻值,保证网络畅通;起爆器应放到离炮区150 m以外的地方,电线长度不得小于150 m;确保警戒到位,确认安全后方可进行起爆。

4)爆后检查:爆后由爆破技术人员先对爆破区域进行检查,检查完毕确认安全后,方能发出解除警戒的信号,允许其它施工人员进入爆破现场;炮响15 min以后才可以进入现场检查;爆破技术人员进入爆破区域前首先应切断起爆器电源;发现盲炮或怀疑有盲炮,应立即报告并及时处理^[15]。

5)爆破质量验收:爆破后能开挖到设计高程,根底的高度≤1 m;爆破岩堆宽度适宜,爆堆集中且有一定宽度、松散度;主爆区的爆堆高度适宜挖装并能保证挖装安全,爆堆前冲不能过大。检查爆堆是否稳定,有无危坡、危石,根据实际情况并现场进行处理;飞石距离满足设计要求;爆堆开挖后,爆区内无高于2 m的隔墙出现。

3.4 爆破效果

晋宁矿东采区采场底部自2015年实施爆破性分区以来,一定程度上解决了穿孔、爆破量大,同时也缓解了生产成本压力大的问题。据统计,东采区2015年上半年共完成爆破970 567.8 m³,完成

剥离 1 293 277.6 m³,爆破与剥离比由计划的 88% 降低至 75%,节约爆破费用 809 105 元。

另一方面,通过实施爆破分区,特别是东帮临近边坡的光面爆破的实施,有效改善采场形象。

4 结 语

岩石爆破性分区的研究利用,有效解决了晋宁磷矿东采区爆破量占剥离量的比例过高的问题,实践证明,爆破性分区方法科学、实用,一定程度上可降低矿山穿孔爆破费用。

同时,爆破分区成功实施必须具备以下条件:合理的分区指标选取;多种孔网参数的研究;严格的穿孔、爆破工艺控制。

参考文献:

- [1] 于亚伦,王德胜. 水厂铁矿的岩石爆破性分区[J]. 岩石力学与工程学报,1990,9(3):195-201.
- [2] 吴永强,南世卿,孙艳秋. 矿岩爆破性分区的研究与应用[J]. 矿冶,1999,8(4):6-8,5.
- [3] 王新民,赵彬,张德明,等. 基于 AHP 的矿岩爆破破碎性能影响因素分析[J]. 爆破,2008,25(4):1-6.
- [4] 关少东,陈广明. 露天开采中影响凿岩爆破因素[J]. 黑龙江冶金,2007(4):11-12,20.
- [5] 李明杰,李彬,李永华,等. 基于层次分析法的矿山中深孔爆破影响因素分析[J]. 科技创业月刊,2017,30(9):134-136.
- [6] 徐翔. 爆破卸压在冲击地压防治中的应用研究[D]. 阜新:辽宁工程技术大学,2014.
- [7] 金波,张电吉. 岩体可爆性分析及测试[J]. 武汉工程大学学报,2009,31(3):46-48.
- [8] 武汉大学,瓮安大信北斗山磷矿. 厚大矿体井下中深孔爆破参数优化研究模拟实验阶段报告[R]. 武汉:武汉大学,2007.
- [9] 张瑞,王付明. 爆破振动对高村铁矿边坡滑坡体稳定性的影响[J]. 现代矿业,2017,33(12):194-196,200.
- [10] 陈文尹. 分区组合爆破在硬岩暗挖地铁站中的应用[J]. 工程爆破,2017,23(1):85-88.
- [11] 龚剑. 岩体基本质量与可爆性分级[D]. 武汉:武汉理工大学,2011.
- [12] 张松涛,李祥龙,张智宇. 中深孔落矿爆破漏斗试验研究[J]. 黄金,2015(12):38-40.
- [13] 唐俊瑞. 晋宁磷矿杨梅山区域高台阶深孔爆破设计及应用[J]. 武汉工程大学学报,2012,34(12):66-69.
- [14] 王明君,赵亮. 基于中深孔爆破技术的起爆方式研究[J]. 露天采矿技术,2015(3):23-25.
- [15] 张仁义. 深孔爆破的安全应用[J]. 劳动保护,2010(6):100-101.

本文编辑:苗 变