

非金属露天矿深孔水压爆破技术实践

Practice of Deep Hole Hydraulic Blasting Technology for Non-metallic Open-Pit Mine

邢利伟¹, 张钜盛²

(1. 河北省建筑材料工业设计研究院有限公司, 河北 石家庄 050051; 2. 冀东海天水泥闻喜有限责任公司, 山西 运城 043800)

摘要:水压爆破技术利用水的不可压缩性以及粉尘的抑制性, 一经使用即引起爆破行业的重视, 鉴于应用要点的掌握难度大和效果的不理想, 该技术并未得到全面推广。现与山西某水泥用灰岩矿生产企业联合技术改进, 在该矿进行多次实践, 最终形成一套适合于该矿的水压爆破技术方案。对同行业矿山爆破在降低成本、均衡块度、抑制粉尘等方面有较好的借鉴意义。

关键词:水压爆破; 非金属露天矿; 间隔器; 降耗

中图分类号: TD879 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-609X(2021)05-0063-04

Abstract: Taking advantage of incompressibility and dust-suppression properties of water, the hydraulic blasting technology has attracted attention of the blasting industry since it was used. In view of the difficulty in mastering the application points and its unsatisfactory effect, the technology has not been applied widely. After technical modification, this technology is put into several practices of limestone for cement, and a hydraulic blasting technology scheme suitable for the mine is developed. It serves as a reference for cost reduction, ore fragment size balance and dust suppression of mine blasting in the same industry.

Key words: hydraulic blasting; non-metallic open-pit mine; spacer; consumption reduction

1 前言

早在 40 年代末期, 挪威、瑞典等国就在城市进行过水压爆破拆除建筑物的尝试, 并取得了成功。进入 50 年代, 水压爆破技术迅速在各国得以推广, 成为城市建筑物拆除爆破中一种较安全且先进的爆破技术^[1]。到 70 年代末, 日本的桥本博和高木薰首先将此技术应用于隧道掘进和石材切割中, 发明了所谓的 ABS 法。我国应用水压爆破技术始于 50 年代, 大量应用则是 70 年代末 80 年代初。80 年代初, 山东莱芜铁矿将水压爆破技术应用于大块的二次破碎^[2]。80 年代中期, 山东洪山铝土矿为解决爆破后粉矿率过高和资源利用率低的问题, 首次在井下房柱法采场中, 在直径 60 mm 和深度小于 8 m 的中深孔中进行了水压爆破试验, 并取得了成功^[3]。

近些年, 随着国家对绿色矿山建设的大力推广, 环保在整个绿色矿山建设中具有非常重的分量, 目前矿山的铲装、运输、破碎环节通过机械收尘系统和

喷淋抑尘系统使扬尘得到了较好的抑制, 但爆破粉尘一直未取得明显效果, 逐渐成了矿山生存、建设、发展的瓶颈。目前, 国家明确要求: 露天爆破施工作业必须有抑尘措施。但现有的爆破抑尘技术主要是在爆破前和爆破后对爆破区域进行喷淋洒水或喷洒化学抑尘剂^[4-5], 对于降低爆破扬尘效果一般, 而且成本很高, 用水量大, 部分化学抑尘剂还带来新的环境影响^[6]。

基于上述原因, 结合矿山生产工艺, 在水封爆破的基本技术基础上, 通过不断实践优化爆破孔装药结构, 充分利用水在爆破瞬间受高温高压作用雾化, 来捕捉爆破产生的粉尘, 达到降低粉尘浓度的目的; 同时由于水的不可压缩性, 作为介质传替能量, 形成高压水楔, 促进裂隙发育延长作用时间, 从而节省炸药、降低大块率。该方案不仅符合国家环保政策, 而且节能降耗, 易操作, 具有很大的社会效益和推广价值。

2 工程概况

矿区位于中条山北东段北西缘的焦山及其南侧山坡上。地貌形态属低山丘陵, 区内基岩裸露, 大面积黄土覆盖; 该区属暖温带大陆性气候, 年平均气温 12℃~13℃, 雨季多集中于 7、8、9 三个月, 年平均降雨量 400~500 mm, 年平均蒸发量 1 240 mm。

矿区地层出露简单, 以下寒武统馒头组 (ϵ_1 m)

[作者简介] 邢利伟(1980-), 男, 河南商丘人, 硕士研究生, 高级工程师, 主要从事矿物资源开发研究、矿山工程设计、绿色矿山建设及矿山安全技术研究工作。

[引用格式] 邢利伟, 张钜盛. 非金属露天矿深孔水压爆破技术实践[J]. 中国矿山工程, 2021, 50(5): 63-66.

和中寒武统张夏组(ϵ_2z)为主,第四系(Q)呈被覆状覆盖其上或分布在山梁的缓坡及坡脚地带。全矿区可划分为4个岩性层,各岩性层之间呈整合接触,岩层总体倾向 $150^\circ \sim 220^\circ$,倾角 $2^\circ \sim 10^\circ$ 。矿体出露东西长1400 m,南北宽680 m,面积约 0.62 km^2 。

矿山采用自上而下台阶式开采。矿山爆破采用深孔多排孔延时爆破,使用岩石膨化炸药为主炸药,不耦合装药系数为1.27,采用非电塑料导爆管起爆方法。爆破采取三角形方式布孔。每周爆破1~2次,每次2~3排,每次爆破20~30孔。爆破大块率5%左右,底根较少,爆破扬尘比较明显。生产选用的爆破参数见爆破参数表,具体参数见表1。

表1 爆破参数表

炮孔直径	最小抵抗线 W	孔距 a	排距 b	台阶高度 H	钻孔超深 Δh	钻孔倾角
152mm	4.5m	5.0m	4.5m	12m	1.5m	76°

3 水压爆破技术

3.1 基本原理

水压爆破技术的基本原理^[7]如下:

(1)水介质具有不可压缩性质,能量传播损失小,同时易迅速变形。炸药爆炸瞬间,水传播冲击波到空腔壁使其产生位移,并产生反射作用形成二次应力作用,使空腔壁均匀破碎^[8]。

(2)水在爆炸气体膨胀作用下产生的“水楔”效应,压迫岩石进一步破碎,同时延长了作用时间^[9-10]。

(3)水在应力和爆轰气体作用下,瞬间雾化,可以起到雾化降尘作用,降低粉尘对环境的污染^[11]。

3.2 试验方案

1)水袋参数和水袋放置方式的选择

试验结合矿山以往生产爆破方案,此次实验,台阶高度12 m,孔径调整为115 mm,倾角 76° ,先期使用岩石膨化炸药,微差爆破。在此基础上将整段水封袋直接放在孔口塞填下部和分段分别放在孔底和塞填段和炸药之间,观察爆破效果,进行综合分析改进。炮孔装药方案及其效果见表2。

水袋的制作,使用PSJ-1型自动灌水、自动封口机。水袋放置方式,前期是直接塞进钻孔,靠自身重力下滑到指定位置,出现多次水袋破损事故,造成水外渗增加了炸药用量,同时炸药浸湿,影响爆破效果,而且没有形成捕捉粉尘的水雾,起不到抑尘作用。所以,后期在爆破前,先用炮锤清理钻孔的毛面,然后使用绳索下放,后续没出现水袋因孔壁的刮

表2 炮空装药结构方案及效果

序号	塞填方式	间隔结构	效果
1	上部塞填3.5 m 炮泥	无	无底根、粉尘大
2	上部1.0 m水袋 + 2.5 m 炮泥	底部1.0 m水袋	有底根,粉尘降低不明显
3	上部1.5 m水袋 + 2.0 m 炮泥	底部0.5 m水袋	无底根,粉尘降低比前期好,但没达到预期效果
4	上部1.7 m水袋 + 1.8 m 炮泥	底部0.3 m水袋	无底根,粉尘降低很明显,基本达到预期效果

蹭破损现象。

堵塞时,利用按黏土:沙:水=75:10:15比例配置好的炮泥进行堵塞,不再采用直接用钻孔岩粉回填的封堵方法。

2)炸药品种的选择

经过多次的爆破实验发现,使用岩石膨化炸药做水压爆破时,由于出现水袋破损现象,易造成炸药浸湿和受潮,影响爆破效果;同时膨化炸药的爆速小,装填炸药虽然只减少了3%左右,但效果很差,大块增多,爆堆松散度差。后来试验改用直径85 mm的乳化炸药做水压爆破实验,效果好,不仅大块少,而且爆堆松散。虽然乳化炸药吨价位比岩石膨化炸药高500元,但用量减少了9%左右,综合计算,成本降低8.2%。所以考虑水对炸药的影响上,选择乳化炸药作为水压爆破的火工器材更具有优势。

3)压渣厚度的选择

前期试验的水压爆破,临空面没压渣,造成爆破时前排矿石冲击工作面扬尘大,后期采用压渣进行水压爆破实验,因没考虑压渣的厚度,一次压渣厚度10 m时,临空面出现岩墙和窜孔。后来以台阶高度中心的一半为基准测算最小抵抗线,效果较好,窜孔和前排矿石落地冲击采面的扬尘等问题得到了解决。

3.3 技术方案的确定

爆破前通过开展水压爆破工艺流程培训,从施工流程和工艺,实行专人专职,各负其责,专门安排专人验孔、放置钻孔底部和上部的水袋,专人安放起爆药包,专人铺设连接网络和起爆,专人警戒,现场秩序井然,效率较无水袋爆破差别不明显。经过多次试验后最终形成的爆破方案如下:

1)爆破参数

最终爆破方案的参数见表3。炮孔装药结构如

图1所示。

表3 最终方案爆破参数

项目	参数	备注
台阶高度 H/m	12.0	
孔径 D/mm	115.0	
垂直超深 h/m	1.5	前排: $h=2.0$
钻孔倾斜角度/ $^{\circ}$	76	
钻孔深度 L/m	13.9	前排孔 14.4 m
堵塞长度 L_1/m	3.5 m	炮泥 1.8 m, 水袋 1.7 m
装药长度 L_2/m	10.1	前排孔 10.6 m
延米装药量 $q_l/kg \cdot m^{-1}$	6.23	乳化炸药
单孔装药 Q/kg	62.92	
单耗药量 $q/kg \cdot m^{-3}$	0.43	
间距 a/m	4.0	
排距 b/m	3.0	
微差时间 t/ms	50	采用排、孔间微差接力网络

2) 验孔

在爆破作业前 24 h, 进行钻孔数量、深度、孔壁的检查, 数量核实后, 深度不够或超深的进行穿孔和填充处理, 孔壁不光整的用炮锤处理; 爆破前, 专职放置水袋, 员工再逐孔验孔, 保证孔壁的光整, 不能损伤水袋。

3) 放置水袋

专职放置水袋人员, 先用绳索放置钻孔底部水袋, 前排是 0.5 m, 后排是 0.3 m, 然后再装药和安放起爆药包, 炸药装完后, 前排实测炸药距离孔口 4 m, 然后用绳索放置 1.8 m 水袋; 后几排实测炸药距离孔口 3.5 m, 然后用绳索放置 1.7 m 水袋。实测主要是保证炸药的充分接合。

4 爆破效果

4.1 抑尘效果明显

陆续采取多次实验, 不断实践逐步调整到前排最小抵抗线是最佳值, 达到了爆破区域上部和前排不再有明显粉尘的目的。从水压爆破后的现场爆堆采装情况看, 钻孔底部水袋超过 0.3 m 的, 存在底根; 压渣厚度大于最小抵抗线的爆破, 前排出现岩墙。常规爆破和水压爆破的现场粉尘状况如图 2 所示。

4.2 大块率降低

水压爆破由于水的不可压缩性, 爆破时, 产生的张力通过水直接释放到所处区域的岩石上, 使岩石产生破裂, 减少了钻孔堵塞区域的大块率; 水压爆破

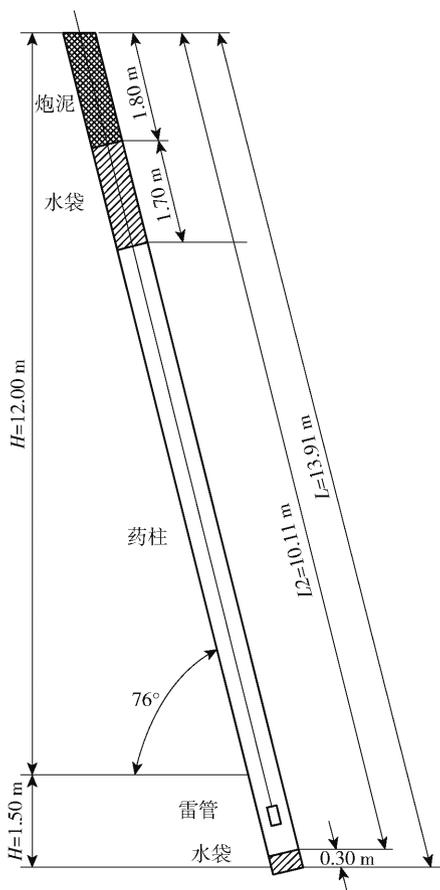


图1 最终方案炮孔装药结构示意图



(a) 常规爆破



(b) 水压爆破

图2 爆破现场粉尘状况

时前排的压渣又起到阻挡前排爆破能力的损失, 使前后排的矿石在爆破中产生相互碰撞和挤压, 进一步起到破碎大块的作用; 水压爆破采用排、孔相互间

隔更短的毫秒导爆管,使爆破瞬间前后左右的爆破矿石达到相互碰撞,明显减少了大块。

4.3 成本节省

按标准台阶 12 m 计算,水压爆破研发前用的是岩石膨化炸药,单价 5 500 元/t,单孔装药长度是 10.41 m,堵塞长度 3.5 m,药卷直径 120 mm,单孔装药量 135.32 kg,;采用水压爆破时,用的是乳化炸药,单价 6 000 元/t,单孔装药长度是 10.1 m,药卷直径 85 mm,单孔装药量 62.92 kg,炮泥堵塞长度 1.8 m,总水袋长度 2 m。爆破炸药成本分析^[12]

1) 炸药成本分析

$$\frac{\text{原方案炸药成本}}{\text{单孔爆破矿石量}} = \frac{\text{药卷截面积} \times \text{孔内长度} \times \text{密度}}{\text{单孔爆破矿石量}} \times \text{炸药单价} = \frac{3.14 \times 0.06 \times 0.06 \times 10.41 \times 1.15}{12.35 \times 5.0 \times 4.5} \times 5\,500 = 2.68 \text{ 元/吨};$$

$$\frac{\text{新方案炸药成本}}{\text{单孔爆破矿石量}} = \frac{\text{药卷截面积} \times \text{孔内长度} \times \text{密度}}{\text{单孔爆破矿石量}} \times \text{炸药单价} = \frac{3.14 \times 0.0425 \times 0.0425 \times 10.11 \times 1.06}{12.35 \times 4.0 \times 3.0} \times 6\,000 = 2.46 \text{ 元/吨};$$

$$\text{成本比较} = \frac{\text{新成本} - \text{原来成本}}{\text{原来成本}} \times 100\% = \frac{2.68 - 2.46}{2.68} \times 100\% = 8.2\%。$$

2) 大块率二次破碎成本分析

二次破碎成本分析主要采用生产数据统计比较,结合 2019 年、2020 年主要生产数据,大块率降低 30.4%,每吨矿石二次破碎成本费用降低 52.17%。2019 年、2020 年二次破碎大块统计见表 3。

表 3 2019 年、2020 年二次破碎大块统计表

项目	2019 年	2020 年	差值
爆破矿量/万 t	93.14	110.84	-17.7
大块量/万 t	5.35	3.33	2.02
大块率/%	5.75	3	1.75
二次破碎大块费用/万元	22.26	12.69	7.73

5 结论

经过多次现场实验,并对实验过程和结果进行汇总、分析,改进最终得出以下结论:

(1) 该矿采用乳化炸药为主爆药,深孔微差延时爆破,上、下分两段设置水袋,爆破效果好。前排

炮孔的水袋长度为 2.5 m,其中底部水袋长度 0.5 m,炮泥和炸药之间的水袋长度为 2 m;后排炮孔水袋长度为 2 m,其中底部水袋长度 0.3 m,炮泥和炸药之间的水袋长度 1.7 m;塞填用黏土、沙、水按 75:10:15 的比例混合塞填。

(2) 临空面压渣,不仅增加了前排孔矿石碰撞的效率,降低了前排的大块率,而且抑制了爆破矿石冲击工作面的扬尘。压渣厚度(以台阶高度中心的一半为基准测算)的最佳值是微小抵抗线。

(3) 水在爆破中,不仅有雾化捕尘作用,还有介质用途,代替底部炸药和上部堵塞岩粉,发挥水的不可压缩性,爆破时传递能量、释放张力,对矿石起到延时破碎作用,大块度平均达到 3% 左右。

(4) 相比常规爆破,水压爆破也存在钻孔质量要求高和施工作业时间长等问题。

(5) 通过此次研究,水压爆破技术方案改进后,抑尘和块度控制效果较好,适宜露天建材矿山应用;而且工人能熟练掌握技术要点,具有较大的推广前景。

[参考文献]

- [1] 林大能,刘小春. 水压爆破的发展与现状[J]. 矿业研究与开发,1999(S3):7-9.
- [2] 白润才,白羽,王志鹏,等. 浅谈露天矿粉尘防治[J]. 露天采矿技术,2013(4):76-77+82.
- [3] 吴超. 化学抑尘剂的基础研究及在矿山中的应用[J]. 矿业学报,2001(12):5-7+15.
- [4] 高永应. 爆破降尘研究[J]. 冶金管理,2019(7):78-79.
- [5] 李文军,张晓华,柯升,等. 露天石灰石矿山爆破降尘技术应用研究[J]. 工程爆破,2018,24(5):72-77.
- [6] 蔡永乐,付宏伟. 水压爆破应力波传播及破煤岩机理实验研究[J]. 煤炭学报,2017,42(4):902-907.
- [7] 王洋,叶海旺,李延真. 裂隙岩体爆破数值模拟研究[J]. 爆破,2012,29(3):20-22.
- [8] 刘坚,李泽华,白和强,等. 露天矿爆破粉尘排放量影响因素分析及试验研究[J]. 爆破,2017,34(4):169-174.
- [9] 苟倩倩,赵明生,张光雄,等. 装药结构对爆破振动能量传递的影响研究[J]. 爆破,2020,37(1):61-67.
- [10] 曹勇,周永利,刘智超,等. 哈尔乌素露天煤矿水封爆破降尘试验及效果分析[J]. 煤炭工程,2020,52(S2):33-37.
- [11] 陈士海. 深孔水压爆破装药结构与应用研究[J]. 煤炭学报,2000,25(s1):112-116.
- [12] 邢利伟,王洋,高红杰. 某矿山扩大征地范围的技术经济比较[J]. 露天采矿技术,2015(6):48-50.