

# 降低结构面发育露天矿爆破大块率的技术措施

郝向东

国能准能集团黑岱沟露天煤矿

**[摘要]** 为了降低爆破大块率,从而减少二次破碎工程量,在露天矿深孔台阶爆破施工中,提出并采用了增大炮孔密集系数、更换炸药品种、优化起爆网路、缩短炮孔堵塞长度、深孔间加密浅孔等技术措施。结果表明:综合应用以上技术措施,有效地降低了结构面发育位置和孔口堵塞段的大块率,取得了较好的爆破效果,提高了铲装效率和日生产量。

**[关键词]** 结构面发育;露天矿;爆破大块率;技术措施

**【DOI】** 10.12252/j.issn.2096-6288.2020.04.172

衡量露天煤矿爆破质量的一个重要指标是大块率的控制水平,大块率高,不能满足生产质量要求,二次破碎成本高,且影响生产产量,而结构面发育地区石灰石矿山大块率通常高于正常水平,因此控制结构面发育地区矿山爆破的大块率目前仍然是在不断地探讨研究的问题。

## 一、结构面发育露天矿爆破存在问题

露天煤矿矿坑岩体节理裂隙极为发育,台阶爆破大块率、根底率、单耗一直很高,采装作业效率较低,给矿山的经济效益带来巨大影响,现场混装炸药是同一混装线生产,火工品是从当地一家爆破器材公司购置,但是两个矿山爆破效果却相差较大,发现主要存在以下问题:(1)台阶岩体节理、裂隙、软弱夹层等结构面非常发育,钻孔成孔率较低,容易出现炮孔堵塞现象,爆破生产过程中,这些地质结构面严重影响爆破效果。(2)矿坑各个台阶岩性变化较大,岩石普氏系数较大位置,钻孔速度较慢,爆破后大块根底较多。(3)1240水平以下岩体地下涌水丰富,沿台阶面节理裂隙涌出,在这样的平盘钻孔成孔率特别低,爆破装药时容易冲散混装乳化炸药,影响炸药稳定传爆,爆破效果很差。

(4)台阶爆破大块率、根底率较高,影响采装运输,严重影响矿山经济效益。在露天矿山开采过程中,爆破是岩体开挖必不可少的施工手段,前人对结构面和爆破的关系做了许多研究,富含结构面岩体爆破研究的难点在于岩体的非连续性和显著的各向异性。结构面的存在,影响了爆炸应力波的传播,影响岩石的破碎成度,对爆破效果的影响甚至超过了岩石的物理力学性质。然而结构面岩体在爆破过程中炸药爆轰波和应力波的传递、爆生气体的膨胀作用、岩石节理裂隙开裂以及岩石破碎,这一系列过程缺乏全面深刻的认识,致使对富含结构面岩体爆破机理的深入研究受到很大限制。在工程实际中,面对不同的结构面参数,对于大块度的降低,没有给出具体解决方法和爆破方案。

## 二、大块集中部位及产出原因分析

1. 由于该露天煤矿地质复杂多变,使用的炸药种类多样,以及施工质量的原因,经观察和统计发现出现大块主要集中在下列区域:1)炮孔孔口部位(炮孔堵塞段);2)最前排炮孔前上部临空面;3)孔网参数较大处;4)底盘抵抗

线过大的台阶根部;5)地质构造复杂多变处,如断层、裂隙夹泥层、软硬岩结合处等;6)最后排炮孔后保留岩层的上部;7)盲炮或炸药残爆处。根底主要集中在下列区域:1)前排孔底部;2)孔网参数较大处;3)炮孔超深偏小处;4)盲炮或炸药残爆处;5)地质构造复杂处,如上部为软岩,下部为较硬岩石时,岩体底部易产生根底。

2. 根据岩石破碎机理和爆破效果影响因素分析,深孔台阶爆破产生大块和根底的原因是多方面的,结合大块和根底产生的部位,经分析研究得出大块和根底产生的具体原因如下:1)结构面发育的影响。岩体的强度受岩石强度和结构面强度的控制,在更多的情况下,主要受结构面控制,岩块的破裂面大多数是沿岩体内部的结构面形成的。结构面的分布不仅对岩块的破裂特征有重要影响,还对爆堆的块度分布规律也有重要影响。研究表明,结构面的发育程度对较大块径的块度分布有控制性,即爆破后块径较大的石块多分布在结构面发育的位置。受泄能作用的影响,当软弱带或软弱面穿过爆源通向临空面,且由爆源到临空面间软弱带或软弱面的长度小于爆破药包最小抵抗线时,炸药的能量以“冲炮”或其他形式泄出,使爆破效果明显降低。2)孔口堵塞的影响。在露天矿山的深孔台阶爆破施工中,为了减少爆破飞石的危害,孔口段必须有一定长度的堵塞,装药主要集中在炮孔中下部,重心低,导致台阶上表面岩石得不到足够炸药能量而使其不能充分破碎。在保持该露天煤矿剥离爆破的台阶高度、孔径以及炸药品种不变条件下,根据具体情况分析,通过选择合理爆破参数、优化装药结构及科学爆破施工管理等措施,达到降低大块率和根底率的目的。

## 三、降低结构面发育露天矿爆破大块率的技术措施

1. 选择爆破参数。工程接近于计算裂纹顶点的强度系数时,当裂缝长度比孔长得多,孔本身可能是原始裂纹的一部分可见孔径影响裂纹的切口。尽管多次优化爆炸参数,爆炸效率没有明显提高。近年来,随着开采深度的提高,修筑边坡的问题变得更加尖锐。斜坡爆破作业效率,以保持坡度稳定。炮孔孔口部位(炮孔堵塞段),最前排炮孔前上部临空面;孔网参数较大处;底盘抵抗线过大的台阶根部;地质构造复杂多变处,如断层、裂隙夹泥层、软硬岩结合处等。

根据炮孔位置的裂隙、岩层分布情况,将软、硬岩石分区设计,易爆破的区域适当放大孔网参数,较难爆破的区域可采取缩小孔网参数、增加超深、加密炮孔、装高威力炸药等措施提高炸药单耗,来降低大块和根底。在抛掷爆破中,优化前排抵抗线至关重要。能够准确判断最小前排抵抗线,确保不会因飞石、爆炸空气冲击波和地面震动而使得爆炸能量损失,这对抛掷率的最大化而言是非常关键的。在第二次数码雷管试验中,唯一的优化点就是前排抵抗线由9m减到7m,取得了不错的效果,而在第三次、第四次中,前排抵抗线又进一步减小到6m、5m,并由原来的10排主爆孔增加到11排,孔间距由11m增加到12m,爆破后效果非常明显,两次的抛掷率都达到了40%以上。由于同时起爆的炮孔较多,相对来说不利于降低大块率起爆每段起爆都是在多自由面的条件下破碎岩石,可以加强岩块间的碰撞和挤压,不仅有前后排岩块碰撞,而且有“V”形两侧岩块的碰撞,从而获得较好的破碎质量,也可减少爆堆范围。数码雷管属于火工品中的新兴产品,并且数码雷管相对于高精度雷管在延期时间控制上更精准,在现场使用中更方便灵活,而且更安全。在数码雷管试验爆区,通过现场观察,爆后的爆堆形状非常有利于推土机作业,减少了工作量,使得吊斗铲倒堆工作面能更快的完成。预裂爆破的控制也非常好,爆后基本能形成很平整的预裂面,既保证了下一幅爆区的完整,又有利于钻机作业,所产生的间接效益是无法估量的。前排孔装药结构调后的平均炸药单耗分别达到了爆后的效果非常明显,爆堆非常破碎,沉降都在10~15m之间,在第4次爆破试验中,部分沉降甚至超过了15m。

2. 装药结构。根据该露天煤矿岩石产状变化大的特点,采取分段装药、不耦合或者辅助小药包、辅助炮孔来改变装药结构和填塞长度等措施,达到降低大块率和根底的目的岩体构造比较均一时,可以在下部装爆炸威力相对较大的乳化炸药,中、上部装威力较小的粉状膨化硝酸铵炸药或者混装铵油炸药;当装填成卷炸药时,下部直接装破开的药卷成耦合装药结构,中上部装正常药卷逐个吊装,改成不耦合装药结构。在保证装药量不变的前提下,提高了炮孔的装药高度,这有利于克服中部和堵塞段大块及根部留底现象。岩体构造不均时,采用间隔装药结构,即在炮孔中把炸药分成数段,使炸药的爆炸能量在岩石中按岩体构造布置。间隔装药时,把大部分炸药装在硬岩或整体性好的岩石段,孔中不装药或少装药部分要选择爆炸气体可能逸出的岩性薄弱段。如果岩体是水平走向的层状岩石,那么装药部位应该位于较厚或较坚硬的岩层部位。如图5所示岩石结构上部为比较坚硬致密的岩层,中部夹一层薄煤,下部岩体相应破碎,采用

分段间隔装药时,而空气间隔位置应处于夹着的煤层位置。降低孔口处大块措施:为了改善孔口封堵段较完整坚硬岩体的爆破效果,可采用下列两种方法:方法一:在炮孔内堵塞段一处设置辅助药包,为避免造成过大的空气冲击波和爆破飞石损坏爆破网路,辅助药包装药量不应该超过5 kg。方法二:在主炮孔之间增加辅助炮孔,也能降低孔口处大块。辅助炮孔孔深较浅,孔径也比主炮孔要小。

3. 孔口堵塞段技术措施。如果堵塞长度过大,就会减少单孔装药量,使爆破能量集中于炮孔底部,能量分布不均,造成孔口堵塞段产生大块;相反,如果炮孔堵塞长度过短,爆生气体瞬间就会冲出炮孔,造成“冲炮”,也会产生大块并存在安全隐患;合理的堵塞长度,利用堵塞物的惯性阻力、堵塞物与孔壁的黏结力和摩擦阻力,增加炸药爆炸后高温高压气体的做功时间,使之前由冲击波产生的裂隙在高压气体的楔入作用下充分发展,形成楔形块裂破坏。优化前堵塞长度为3.0 m,爆破后孔口堵塞段大块集中,并且由于结构面的存在,在孔口部位出现了直径超过2.0 m的大块,给后期的二次破碎增加了很大的成本。良好的堵塞质量能增加爆炸气体在孔内的作用时间;另外,在降低堵塞长度的同时,要降低“冲炮”的可能性,确保爆破效果,也必须保证堵塞质量。堵塞材料选用级配合理的钻屑、黏土、粗砂,严禁使用含有粒径超过4 cm石块的材料和细小粒径的钻粉堵塞。为了弥补孔口堵塞段爆炸能量不足而产生大块,在每3个深孔之间钻凿2.5 m深的浅孔,装填0.7 m高炸药,堵塞1.8 m,间接的减小了孔口段的孔排距,增大了孔口堵塞段的炸药爆炸的能量。

从现有理论出发,分析岩石结构特征,采取更换炸药品种、提高单耗、优化起爆网路、增大炮孔密集系数等技术措施,使结构面发育位置的爆破大块率明显降低。通过缩短堵塞长度、深孔间用浅孔加密的方式,减少了孔口堵塞段大块。通过上述技术措施的综合利用,爆破大块率明显降低,降低了施工成本,从而提高了生产产量,也为结构面发育地区的矿山爆破降低大块率提供了经验参考。

### 参考文献

- [1] 马君. 减少根底和大块率提高爆破质量[J]. 矿业工程, 2019(4): 34-35.
- [2] 谭英, 张建国. 露天深孔爆破大块率与爆破参数之间的关系研究[J]. 爆破, 2018, 16(4): 15-20.
- [3] 李海辉. 岩石与炸药波阻抗匹配的能量研究[J]. 中南矿业学院学报, 2019, 23(1): 19.
- [4] 钮代余. 炸药岩石波阻抗匹配的试验研究[J]. 有色金属, 2019, 40(4): 13-17.