

爆破飞石受软弱夹层影响分析及其在复杂环境下的控制

陈 斌^{1,2}, 和铁柱^{1,2}, 赵明生¹

(1. 贵州新联爆破工程集团有限公司, 贵阳 550003; 2. 毕节新联爆破工程集团有限公司, 贵州毕节 551700)

[摘要] 分析了在软弱夹层地质条件下爆破飞石产生的原因及机理, 根据软弱夹层产生爆破飞石的特点, 区分了在软弱夹层和一般岩体条件下飞石产生的差别。在软弱夹层的地质条件下以及城镇复杂的爆破环境下, 给出了合理有效控制爆破飞石的措施。

[关键词] 爆破飞石; 软弱夹层; 冲炮

[中图分类号] TU443 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2014)11-0053-05

1 前言

在工程爆破中, 爆破飞石是指在爆破作业过程中从爆破点抛掷到空中或沿地面抛掷的任何杂物、泥土、砂石、碎石或是其他物质^[1]。爆破飞石是爆破工程中主要的有害效应之一。据统计, 在我国由于爆破飞石造成的人员伤亡、建筑物损坏事故已经占整个爆破事故的15%~20%, 我国露天矿山爆破飞石伤人事故占整个爆破事故的27%^[2]。对于土石方爆破工程而言, 爆破飞石更是防不胜防, 所以, 对爆破飞石的研究非常重要。软弱夹层是一种复杂的地质构造, 改变了爆破岩体的变形和运动轨迹, 直接影响着爆破飞石的产生和运动, 是爆破飞石产生的主要因素之一。因此, 对软弱夹层的研究是研究爆破飞石的一个重要方面。

2 软弱夹层中爆破飞石产生原因分析

爆破飞石一般是由冲炮事故引起的。除地质

条件的原因为, 爆破飞石产生的原因常见的有单孔装药量太多、堵塞长度过短、堵塞质量差、最小抵抗线过小、以及防护不当等^[3]。这些都是工作人员操作、技术原因引起的, 而地质条件原因产生的飞石则更具有隐蔽性, 更难控制。

在软弱夹层地质条件下, 产生冲炮事故主要与岩体构造有关: 一是药包布置在软弱夹层内。当药包起爆时, 爆炸冲击波以及爆炸气体迅速沿软弱夹层向外泻出, 由于巨大爆破能量的作用, 迫使软弱夹层附近破碎的岩石、软弱夹层填充物等沿结构面方向飞出, 如图1所示。二是药包距软弱夹层太近。当药包到软弱夹层距离小于设计的最小抵抗线时就改变了最小抵抗线方向, 药包鼓包不向临空面发展, 而是向结构面方向膨胀扩张, 而且鼓包气体产物很快泄入软弱夹层, 爆炸的能量率先从软弱夹层的裂隙、断层等最薄弱的地方冲开, 炸药爆炸的部分能量将以“冲炮”或其他形式向临空面或溶洞泄出^[4]。软弱夹层导致的冲炮见图2。

[收稿日期] 2014-08-25

[作者简介] 陈 斌, 1973年出生, 男, 贵州毕节市人, 工程师, 主要从事爆破工程及安全技术研究工作; E-mail: 1219770595@qq.com

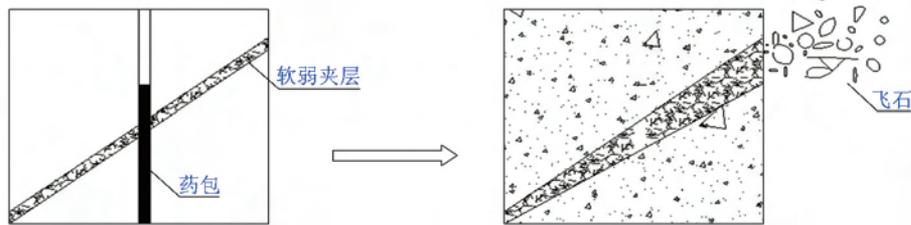


图1 碎石沿结构面方向飞出示意图

Fig. 1 Gravel flying along the structure plane



图2 软弱夹层导致的冲炮

Fig. 2 Weak interlayer resulting towards blasting

冲炮产生过程中,由于爆炸能量的大量释放,迫使软弱夹层周围岩体发生位移、滑动,在爆破高压气体的冲击和带动下,一部分岩石、碎屑、泥土等连同爆炸气体一起向外冲出、抛掷,就产生了大量飞石。

3 软弱夹层与一般岩体介质中爆破飞石的区别

软弱夹层地质条件下产成的爆破飞石与一般地质条件下产生的爆破飞石有所不同。软弱夹层

有一定厚度的填塞物,主要是岩屑、泥土等,受风化及水蚀的影响,一般填塞物比较潮湿,塑性高,抗拉、抗压、抗剪强度都很小^[9],更容易破坏,也就更容易产生飞石。而一般地质条件近似均匀介质,岩体的可塑性低,抗拉、抗压、抗剪强度都较大,不容易破坏,相对不那么容易产生飞石。除此之外,软弱夹层在岩体内部,隐蔽性和不可预测性高,危险性更大。软弱夹层和一般岩体介质中飞石产生的特点比较见表1。

表1 软弱夹层与一般岩体介质中飞石产生的特点比较

Table 1 The differences of flying stone generated in the conditions of weak interlayer and general

	填充物	飞石飞出方向	飞石成分	飞石产生难易程度	危害性
一般岩体介质	类似均匀介质	向四周飞出	碎石	相对较难	大
软弱夹层	岩屑、泥土	主要沿结构面方向飞出	碎石、岩屑、泥土	更容易产生	相对较大

与一般地质条件不同,软弱夹层不但会引起冲炮,产生飞石,还往往会抛掷出大量泥块。虽然泥块危害比飞石略小,但更容易飞出且飞散距离远。在一次城镇浅孔控制爆破中,由于炮孔位于泥夹层中,导致产生大量飞散物,而飞散物中多数是泥块,石块很少。如图3所示,能清晰可见一次爆破施工中大块泥块砸破墙体的现象。



图3 软弱夹层导致冲炮而引起泥块砸破墙体

Fig. 3 Mud smashed walls

4 软弱夹层及复杂环境下爆破飞石的控制

目前,关于爆破飞石及其控制措施的研究已经很成熟^[6],但实际爆破施工过程中发生爆破飞石事故的案例依旧很多。除了人的因素,隐蔽的地质条件是个很大原因。目前,控制飞石的难点主要是在软弱夹层等不良地质条件下的控制。

4.1 选择合理的爆破参数并进行安全校核

对于软弱夹层地带,无论环境是否复杂,一般都使用相对较浅的炮孔进行爆破,避免炮孔太深而穿过软弱夹层,这就避免了炸药能量在软弱夹层位置的无效释放,也避免了在软弱夹层位置产生冲炮和飞石。对于复杂环境的控制爆破,则采用浅孔控制爆破,针对环境复杂程度不同而选择不同的爆破参数。此外,对爆破相关参数进行安全校核,根据露天爆破飞石距离 R 计算式^[7]

$$R=20n^2 \times W \times K \quad (1)$$

式(1)中: n 为最大段药量爆破作用指数, $n=0.75$; W 为最小抵抗线, $W=0.8$ m; K 为安全系数,取 $1.0 \sim 1.5$ 。

计算飞石理论飞散距离,只有在确保设计参数符合爆破安全规程的前提下才能进行爆破施工。而且要对爆破飞石实际飞散距离进行监测,反推该公式的有关参数取值是否合理,进而选取更加合适的参数。

4.2 避开软弱夹层

打孔、装药前必须先查明地质情况,在软弱夹层发育地带,查明结构面的走向和倾角,判断炮孔穿过结构面的具体位置,或者用尺子、炮竿等测量结构面的具体位置,采用分层装药,错开软弱夹层,见图4。

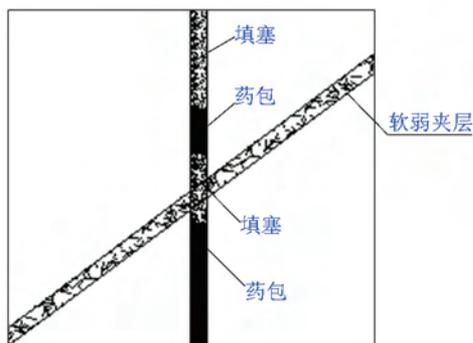


图4 错开软弱夹层装药示意图

Fig. 4 Packing explosives staggered c weak interlayer

同时,要避免最小抵抗线过小,避免因距离软

弱夹层太近而造成设计的最小抵抗线方向或者大小被改变。

4.3 特殊区域加强防护

城镇控制爆破施工过程中通常使用草垫、胶皮网、沙袋等防护物品对爆破区域进行覆盖防护。但对于炮孔口周围、软弱夹层等薄弱面较发育部位,要加强防护,使用两层以上的防护物品,并用铁丝捆在一起,形成一张整体的覆盖网,并用沙袋压实,避免飞石冲开防护层。

4.4 严格控制最大一段起爆药量

对于环境复杂、地质条件差的爆破工程,通常采用逐孔起爆技术来控制最大一段起爆药量。除此之外,尽量多打孔,少装药,合理控制单孔装药量。控制最大一段起爆药量不但可以控制飞石,还可以有效减小振动和空气冲击波以及其他有害效应。

4.5 机械破碎辅助爆破施工

对于软弱夹层很发育并且周围环境又非常复杂的爆破区域,在采取爆破措施而不能取得良好的爆破效果又不能保证安全施工的前提下,通常采用机械破碎的方法辅助爆破施工,见图5。

虽然机械破碎成本相对较高,但施工过程相对安全。机械破碎是控制爆破施工过程中常用的辅助措施。

5 工程实例

贵州省遵义市某城镇浅孔控制爆破工程,其周围环境复杂,离爆区最近5 m处有一座加油站,其油罐离爆区只有10 m,周围最近10 m处是210国道,道路两旁是民房,该爆破区域对爆破飞石和爆破振动的控制要求非常高。

爆破施工队伍根据现场地形地质条件及周围环境情况,对该段爆破区域采取浅孔控制爆破,并对爆破区域进行了覆盖防护。经过多年的工作经验积累,在一般地质条件下,认为这种爆破方案是可行的,但在一次爆破施工过程中发生了大量飞石事故,造成附近多处民房玻璃、院墙被砸破,所幸没有人员伤亡也没有砸到附近的加油站。

经调查发现,软弱夹层的存在导致爆破过程中发生了飞石事故,飞散物质主要沿软弱夹层面飞出,主要是大量的泥块及少量的岩屑。为了避免飞石事故,针对现场实际情况,采取了以下措施:a. 调整爆破参数,在单耗不变的情况下,进一步减小孔



(a) 城镇复杂环境采用机械破碎



(b) 加油站附近泥夹层采用机械破碎

图5 机械破碎辅助施工

Fig. 5 Mechanical crushing assisted construction

排距、间距和孔深,减少单孔装药量,前后爆破参数调整见表2;b. 采用毫秒延期导爆管雷管逐孔起爆技术,孔内和孔外都采用段别相对较高的雷管,孔内采用MS15导爆管雷管,孔外连接管采用MS7导爆管雷管,一次起爆最多不超过8个炮孔;c. 对爆区

进行加强防护,在炮孔口周围、软弱夹层等薄弱面较发育部位,使用两层胶皮网,并用铁丝捆在一起,形成一张大的整体覆盖网,并用沙袋压实;d. 对于危险区域,采用机械破碎进行辅助施工,见图5b。最终安全、有效地完成了该区域内爆破任务。

表2 爆破参数

Table 2 Blasting parameters

参数	孔间距 /m	孔排距 /m	最小抵抗线 /m	孔径 /mm	孔深 /m	台阶高 /m	填塞长度 /m	单耗 /(kg·m ⁻³)	单孔药量 /kg
调整前	1.2	1.0	1.0	40	2.0	1.8	1.3	0.3	0.7
调整后	1.0	0.8	0.8	40	1.0	0.9	0.8	0.3	0.2

6 结语

在软弱夹层地质条件下和一般岩体地质条件下,爆破飞石产生的原因和机理是有所区别的。那么,在软弱夹层地质条件下,关于爆破飞石的控制也应有所不同,它需要对地质了解地更加彻底,对爆破参数要求更加精细,防护工作更要有针对性,在复杂环境下更需如此。

参考文献

- [1] 张义平,曾照凯,吴刚,等.事故树分析法在爆破飞石事故分析中的应用[J]. 金属矿山,2010(3):122-125.
- [2] 赵畸.我国矿产资源开发与环境探讨[J]. 中国矿业,2003,12(6):9-13.
- [3] 汪旭光.爆破设计与施工[M]. 北京:冶金工业出版社,2011.
- [4] 陈建平,高文学.爆破工程地质学[M]. 北京:科学出版社,2005.
- [5] 刘佑荣,唐辉明.岩体力学[M]. 北京:化学工业出版社,2009.
- [6] 赵维清,刘殿中.城区台阶爆破工程中的飞石控制[J]. 工程爆破,2004,10(2):63-66.
- [7] 熊炎飞,董正才,王辛.爆破飞石飞散距离计算公式浅析[J]. 工程爆破,2009,15(3):31-34.

Blasting flyrock impact analysis by weak interlayer and its control in complicated surroundings

Chen Bin^{1,2}, He Tiezhu^{1,2}, Zhao Mingsheng¹

(1. Guizhou Xinlian Blast Engineering Limited Corporation, Guiyang 550003, China;

2. Bijie Xinlian Blast Engineering Limited Corporation, Bijie, Guizhou 551700, China)

[Abstract] Analyzed the reasons and mechanism of blasting flyrock in weak interlayer, combined with weak interlayer impact generated by blasting flyrock to distinguish the differences of flying stone generated in the conditions of weak interlayer and general. In weak interlayer and urban area complex blasting environment, reasonable and effective control measures of blasting flyrock are given.

[Key words] blasting flyrock; weak interlayer; towards blasting

(上接35页)

per Mine accounted for more than 61 % of the total amount of mining, but the large boulder yield restricted the intensity of ore supply for mines, and the average boulder yield was as high as 22.7 %. In order to develop the mine production efficiency, the circular medium-length hole blasting technology was proposed and field tests were carried out. The test results showed that circular medium-length hole blasting mining can reduce the average boulder yield to 10.3 %. Compared with the traditional scallop medium-length hole blasting mining, the average boulder yield was decreased by 12.4 %. The daily yield of ore for the panel on duty was increased by 152.29 t, and the growth rate was 51.1 %. The new technology can reduce the time for the handling of large pieces and the consumption of explosives and detonators for recrushing, and increase the efficiency of mining while reduce the mining cost, which has received good blasting effects.

[Key words] scallop medium-length hole blasting; circular medium-length hole blasting; lump ore; blasting effect