

切缝管狭缝聚能效应现场铅管模拟试验研究

孙周¹, 蒋志明¹, 周凯², 彭松¹, 朱瑞扩², 张庆彬¹

(1.长沙理工大学 土木工程学院, 湖南 长沙 410114; 2.中铁十八局集团有限公司, 天津 300222)

摘要: 依托桑植隧道工程, 依据切缝药包和狭缝聚能效应设计环向狭缝聚能管进行现场爆破试验。试验结果表明, 聚能管内装药区与非装药区均呈现聚能效应; 不同间距切缝的环向聚能随着环向狭缝间距的加大而减弱。

关键词: 隧道; 狭缝聚能效应; 铅管模拟; 环向狭缝聚能管

中图分类号: U451

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2018)06-0150-03

切缝药包是指在药包上添加一定密度和厚度的聚能狭缝管, 通过聚能狭缝管的作用改变爆炸作用场分布, 加强对切缝间孔壁介质波动能流和准静态作用, 减弱非切缝方向的破坏, 达到定向控制切缝方向介质开裂程度的效果。中国自 20 世纪 80 年代开始对切缝药包爆破技术进行研究, 分析切缝药包产生聚能效果的原因和作用机理。李彦涛以脉冲全息干涉测试技术进行切缝药包爆破模型试验, 得出岩壁裂纹的产生主要靠药包初始爆炸的冲击波, 扩展主要靠爆生气体。罗勇认为切缝药包爆破中切缝区域和其他区域岩石介质存在较大压力差, 使切缝区域岩体与临近岩体产生局部侧向滑移破坏。蒲传金认为切缝药包的实质是利用特殊装药结构阻隔非切缝方向爆生气体的作用, 增强切缝方向爆生气体的最大压力。王树仁按照定向致裂原理制作切缝药包进行室内试验, 结果显示切缝方向先产生爆生裂隙。戴俊采用断裂力学方法对切缝区域岩体裂纹的产生及扩展进行力学分析, 指出岩石裂缝最初出现时裂缝自身扩展速度比爆生气体楔入裂缝内的速度快很多。谢华刚分析了切缝药包定向断裂爆破机理和影响爆破效果的切缝宽度、不耦合系数、切缝管材质等参数, 建议切缝药包不耦合系数取 1.25~3.00、切缝宽度取 3.0~5.0 mm, 切缝管选择强度高、密度大、韧性好的材料。上述研究大多考虑了聚能管的纵向切缝, 但在聚能管环向切缝上的研究较少。

1 切缝药包的作用机理

根据岩石爆破基本原理, 柱状药包爆炸瞬间会产生沿四周传递的高能爆轰波和大量极易膨胀的爆生气体, 沿药柱轴向传播的滑移爆轰波和爆生气体在通过环向狭缝所在平面时, 对应狭缝处的爆轰波

沿环向切缝管的径向自由射出, 以三叶波束的形式向外传播(见图 1), 爆生气体也会快速通过狭缝自由外泄。在切缝位置的炮孔壁先形成具有一定深度的开口裂缝, 同时爆生气体的准静态作用促使裂缝传播、扩展, 而非切缝区域的爆轰波由于装药切缝管的阻挡稍后才能达到孔壁, 其压力峰值比切缝处有一定程度减弱, 而且作用时间滞后。因此, 切缝方向上作用于炮孔壁的压力形成高度应力集中, 并和其他方向上的孔壁存在一个压力差, 使切缝方向的岩石受到高压作用向临近岩石发生局部塑性滑移, 导致该处岩体产生断裂破坏, 壁面产生光滑平整的切缝爆破效果。

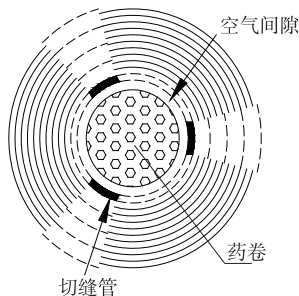


图 1 环向狭缝管冲击波作用示意图

2 试验方案

基于聚能爆破作用原理, 借鉴已有纵向切缝聚能管定向致裂爆破技术, 选取合适聚能狭缝参数设计环向狭缝聚能管, 开展以铅管为测试对象的环向狭缝聚能管现场爆破试验, 通过调节爆破参数和聚能管环向狭缝间距分析环向狭缝 PVC 聚能管在药卷爆炸作用下的聚能作用。

2.1 环向狭缝聚能管设计

选用壁厚 2 mm、内径 36 mm、外径 40 mm、质

量良好的 PVC 管,将管环向等分为 3 份,相间 120°,切缝宽度取 4 mm,相邻缝间预留弧对应弦长10 mm,形成环向狭缝(见图 2)。选择延展性好、密度大的铅管,内径 45 mm,外径 65 mm,壁厚 10 mm,长度 40 cm。狭缝环向间隔取 2、4、6、8、10 cm。

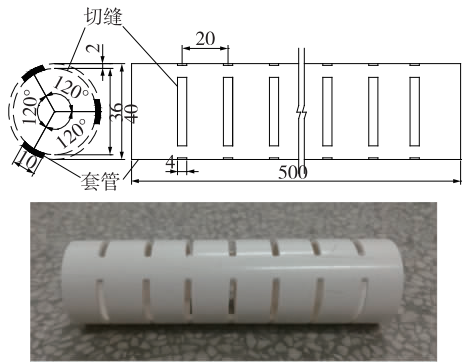


图 2 环向狭缝管(单位:mm)

2.2 场地与试验装置设计

按照 GB 6722—2014《爆破安全规程》,选择远离生产、生活区的弃渣场进行试验。在弃渣场后方平坦开阔区域整理出四棱台试验坑,在坑底均匀填埋厚 30 cm 河砂并压实。清理试验装置周围 0.5 m 内飞石,并铺上 5 cm 厚河砂。

采用标准二号岩石乳化炸药制成圆柱状试验药卷,先将导爆索与试验药卷连接,将 PVC 聚能管放于测试铅管内用强力胶带固定,然后将已经和引爆物连接的试验药卷放于 PVC 聚能管内指定位置,最后一起放于试验坑中进行试验。试验药卷放置区域为装药区,无试验药卷的区域为非装药区,导爆索与试验药卷连接后直接伸出装药区,不经过非装药区。共进行 3 组爆破试验,每组试验重复 3 次。试验参数见表 1。

表 1 环向狭缝 PVC 聚能管铅管试验参数

试验序列	药量控制 标准/g	药卷形态		铅管形态	铅管长度/ cm	起爆位置	起爆方式	环向狭缝 间距/cm
		直径/mm	长度/cm					
第一组试验	18.75	15	8	半管	40	铅管中部	导爆索	2
第二组试验	15.00	10	8	半管	40	铅管端部	导爆索	2
第三组试验	8.00	10	6	半管	40	铅管端部	导爆索	2、4、6、8

注:半管是指将一整根铅管沿直径方向分成两半,取其中一半进行试验;导爆索是指将电雷管置于管外距铅管端不少于 5 cm 处,采用电雷管引爆导爆索,再以导爆索起爆炸药。

3 试验结果及分析

3 组 PVC 聚能管铅管试验后试样见图 3,第二、第三组试验环向狭缝 PVC 聚能管铅管试验刻痕分别见图 4、图 5。

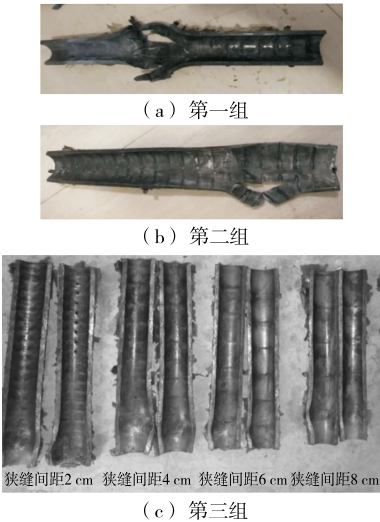


图 3 3 组 PVC 聚能管铅管代表试样

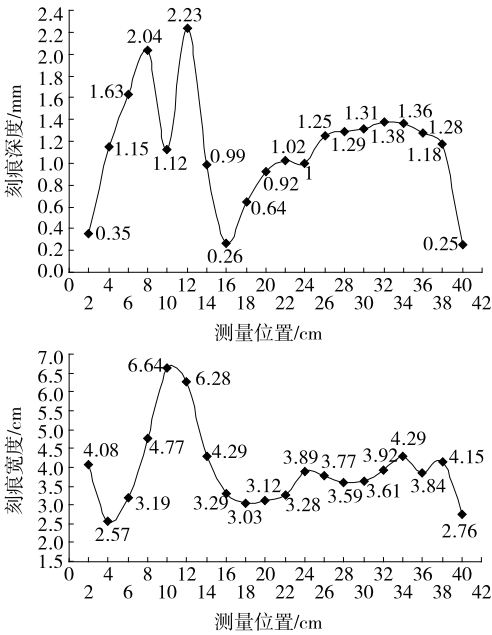


图 4 15 g 药量时环向狭缝 PVC 聚能管铅管试验刻痕

由图 3 可知:铅管在药卷范围内开裂严重,在无狭缝位置出现纵向裂痕但没有开裂,在有狭缝的位

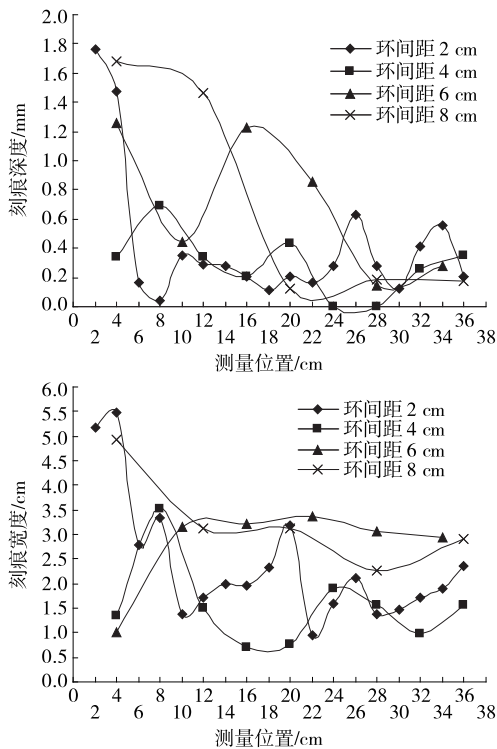


图5 8 g药量时不同环向狭缝间距PVC聚能管铅管试验刻痕

置出现纵向裂痕且开裂严重;在药卷两边铅管上有明显刻痕;第三组试样均未开裂,且多组重复试验结果反映条状聚能刻痕趋于稳定。

由图4可知:15 g药量时,刻痕深度与宽度呈现从装药区到非装药区递减的趋势,最大刻痕深度和宽度分别为2.23 mm、6.64 cm,表明环向狭缝最有效冲击铅管达到1/5(试验前铅管壁厚10 mm)。整体上刻痕宽度和深度随远离装药区递减。

由图5可知:不同狭缝间距PVC聚能管铅管的刻痕整体上在装药区最明显,并随远离装药区递减;2 cm狭缝间距在装药区的刻痕效果最明显,刻痕最大宽度和深度分别为5.47 cm、1.76 mm。不同环向狭缝间距会对环向聚能效果产生影响,随着环向狭缝间距的加大,相同长度范围内环向狭缝数量减少,导致整体由环向狭缝聚能效果引导的环向能量减少,进而使环向聚能效果减弱。

15 g炸药量产生的环向刻痕深度大于8 g药量的环向刻痕深度,说明相同半管约束下药量增加能加深环向刻痕深度,增强环向聚能效果。

4 结论

(1) 环向狭缝PVC聚能管铅管试验采用乳化炸药不同药量的小药卷在半铅管中起爆,在半铅管

内留下了一系列环向聚能刻痕,验证了环向狭缝PVC聚能管通过狭缝的聚能效应表现出环向聚能效果。

(2) 环向聚能作用源于爆生气体穿过狭缝形成的射流和爆轰波的冲击,且装药区爆生气体射流和爆轰波的冲击强于非装药区。

(3) 环向聚能效果与环向切缝间距和炸药量有关,炸药量越大、环向切缝间距越小形成的聚能效果越明显。

参考文献:

- [1] JI Π 奥尔连科.爆炸物理学[M].孙承伟,译.北京:科学出版社,2011.
- [2] 罗勇,沈兆武.切缝药包岩石定向断裂爆破的研究[J].振动与冲击,2006,25(4).
- [3] 王树仁,魏有志.岩石爆破中断裂控制的研究[J].中国矿业大学学报,1985(3).
- [4] 李彦涛,杨永琦.切缝药包爆破模型及生产试验研究[J].辽宁工程技术大学学报,2000,19(2).
- [5] 罗勇,沈兆武.切缝药包在定向断裂爆破中的应用研究[J].地质灾害与环境保护,2005,16(4).
- [6] 蒲传金,郭学彬,张志呈,等.切缝药包爆破机理分析与试验研究[J].工程爆破,2006,23(1).
- [7] 张志雄,郭银领,李林峰.切缝药包爆破裂纹扩展机理研究[J].工程爆破,2007,13(2).
- [8] 戴俊,吴丙权,孟振.切缝药包控制爆破初始裂缝形成分析[J].爆破器材,2013,42(3).
- [9] 谢华刚,吴玲丽.切缝药包定向断裂控制爆破研究综述[J].工程爆破,2011,17(2).
- [10] 王路,张庆彬.邻近双洞隧道衬砌结构的爆破动力响应规律分析[J].公路与汽运,2018(1).
- [11] 曹文俊.切缝药包定向断裂爆破能量控制机理研究[D].北京:中国矿业大学,2016.
- [12] 吴丙权.切缝药包控制爆破初始裂缝形成及应用研究[D].西安:西安科技大学,2014.
- [13] 高祥涛.切缝药包爆轰冲击动力学行为研究[D].北京:中国矿业大学,2013.
- [14] 付晓强.切缝药包减振降损试验与综合评价研究[D].北京:中国矿业大学,2018.
- [15] 满轲,刘晓丽,王驹,等.高放废物地质处置切缝药包定向爆破技术研究[A].第27届全国结构工程学术会议论文集(第Ⅱ册)[C].2018.
- [16] 岳中文,田世颖,陈志远.炮孔间距对切缝药包爆生裂纹扩展规律的影响[J].岩石力学与工程学报,2018,37(11).