

文章编号: 0451-0712(2005)10-0170-04

中图分类号: U416.1

文献标识码: B

毫秒微差控制爆破在 大方量石方路堑开挖中的应用

魏 军

(路桥集团第一公路工程局华祥公司 北京市 100022)

摘 要: 对毫秒微差控制爆破在大方量石方路堑开挖中的应用进行了论述,通过试验炮对预裂和爆破技术进行了总结,对石方路堑爆破施工具有一定的指导意义。

关键词: 石方路堑; 开挖; 毫秒微差控制爆破; 试验炮

河南省郑州~少林寺高速公路(郑少高速公路)是郑州市重点工程,路线全长 53.3 km,沿线大部分路段为山岭重丘区,爆破石方数量多、难度大,特别是第八合同段。第八合同段路基土石方为 88 万 m^3 ,其中石方开挖为 74 万 m^3 ;路堑边坡最深达 33 m,施工点距离村庄最近处仅有 50 m。第八合同段石方爆破技术要求高、难度大,为郑少高速公路全线较难啃的一块硬骨头。

1 挖方路段的地质描述

(1)依据设计图纸提供的资料显示,挖方段表层为上更新统黄土状低液限粘土或中更新统低液限粘土,覆盖层厚度为 20~120 cm 不等。其下为寒武系石灰岩,夹有薄层页岩;石灰岩呈灰色,巨厚~厚层状,节理较发育,岩溶现象发育,局部风化层厚为 0.5~1 m;页岩呈棕红色,节理发育,风化层厚为 1~3 m。

收稿日期: 2005-09-14

8 结语

金丽温高速公路六合同段路堑石方从 2003 年 8 月 9 日开始爆破,当年 11 月 28 日开挖结束,由于采用中深孔爆破施工从而取得了预期的效果,虽说成本上较浅孔爆破高一些,但对周围建筑没造成大的影响,而且安全高效地完成了爆破任务。同时,为路基填筑及时提供了料源,满足了施工要求。大部分爆破后的边坡满足平整度要求,局部地段进行二次修坡也可达到要求。

(1)路基石方爆破施工方案要综合各种因素科

(2)依据现场粗略调查,全线待爆岩石基本上为石灰岩,夹有薄层页岩。沿线地表大部分岩石裸露,呈灰黑色,大块状,节理较发育。全线有 4 处较大的溶洞,洞深为 5~20 m,有继续向深层发展的迹象。待爆山头有 4 处采石厂,从揭露出的断面看,岩石风化层厚为 0.5~2.5 m 不等,岩层产状不明显,节理发育,采取的片石水锈多,局部有泥灰岩、泥质灰岩夹层,地质条件较复杂。

2 毫秒微差控制爆破原理

毫秒微差控制爆破是当前公路工程施工中被广为采用的爆破方法,施工中主要通过毫秒微差雷管分时段引爆预爆破岩体,使岩体松动破碎,达到易于挖运的目的。路堑边坡采用预裂或光面爆破,以便达到要求的平整度。在路堑石方爆破过程中,爆破作用指数 n 介于 0.7~0.75 之间,能够形成爆破漏斗,但

学合理地确定,尤其是安全和进度要重点考虑。中深孔爆破较浅孔爆破的优势表现为:一方面是不易产生飞石;另一方面是一次爆破方量大、速度快。

(2)中深孔爆破施工工艺要仔细试验调整,确定理想的爆破参数和起爆网络,才能达到理想的爆破效果,尤其是解决大块率问题。

(3)虽然采用中深孔爆破施工的费用比普通爆破费用高一些,但能很好地解决工程进度与质量的矛盾,因而在高速公路大体积石方爆破开挖工程中具有推广意义。

不产生抛掷作用,使岩体松动易破碎,便于挖运和进行路基填筑。

3 毫秒微差控制爆破的施工

为了保证大量方爆破施工的顺利进行,使岩体松动破碎并达到不出现安全事故的目的,在进行大量方爆破作业前,预先编制了爆破施工方案。而且,在施工区段内进行了试验炮的试验,通过试验炮总结经验,调整爆破设计参数。随后,进行了大段落、大方量的爆破施工。

3.1 试验炮

3.1.1 试验炮的目的

(1)通过试验炮的爆破,揭示出石方路堑的地质条件。

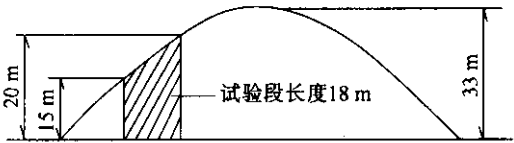
(2)验证爆破设计参数,并根据地质条件和爆破效果对爆破设计参数进行适当修正。

(3)取得经验,为大量方爆破提供技术支持。

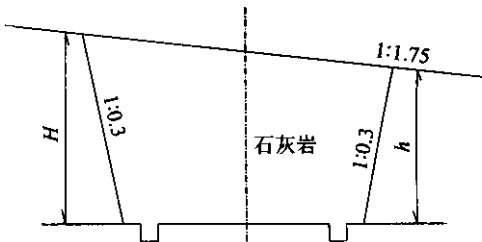
3.1.2 试验炮位置选择

根据现场实际情况,将试验炮位置选在 SK40+050~SK40+068 段,主要是因为该段附近没有电力、电讯设施和村庄,视野开阔,便于警戒。

试验炮位置的路基纵、横断面如图 1 所示。



(1) SK40+050~SK40+068试验段路基纵断面



(2) SK40+050~SK40+068试验段路基横断面

图 1

3.1.3 试验炮爆破参数设计

(1)爆破方法的选择。施工图设计采用小型及松动爆破开挖石方。考虑到边坡稳定性和工期的要求,根据开挖高度大小不一、标高相差较大的实际情况,决定采用深孔加准光面爆破的综合爆破技术进行爆破施工。

(2)爆破参数的选择见表 1。

表 1

爆破类型	孔径 D mm	梯形高度 H m	底板抵抗线 W_1 m	孔距 a m	排距 b m	超钻深度 m	孔深 m	堵塞长度 m	单耗 kg/m ³	装药结构
深孔	100	12.5~15	3	3.5	3	0.5	随地形变化	3	0.35~0.4	连续装药
预裂孔	100	12.5~15	1.8	1.2	1.2	0.5	随地形变化	1.5~2	0.25~0.35	不耦合装药

(3)爆破参数分析。

①梯形高度 H 。梯形高度是深孔爆破的最重要参数,当主体石方以深孔爆破开挖为主时,要做好梯段选择工作,梯段高度是否合理直接影响钻爆、挖装、运填系统的作业。根据实际地形条件和开挖技术要求,结合钻孔机械的钻孔能力和挖运能力进行综合考虑,梯形高度一般以 10~15 m 为宜,但可视地形、地质情况进行调整。

②底板抵抗线 W_1 。底板抵抗线是影响深孔爆破效果的最重要参数之一,底板抵抗线过大会造成根坎多、大块率高、后冲作用大,过小则易造成飞石出现安全事故,且增大了钻孔工作量。试验炮的钻孔直径 $D=100$ mm,深孔取 $W_1=3$ m,预裂孔取 $W_1=1.8$ m。

③孔距 a 与排距 b 。深孔孔距 $a=3.5$ m,排距 $b=$

3 m。预裂孔孔距 $a=1.2$ m,排距 $b=1.2$ m。

④超钻深度。超钻深度是控制基底平整度,保证基底不超挖或欠挖的主要手段。在多台阶施工中,应通过上层平台超钻深度的情况,合理确定在路基顶面处的超钻深度,这也是本次试验炮的一个目的。试验炮取超钻深度为 0.5 m。

3.1.4 试验炮药量计算

单孔和多排孔的第一排孔的药量计算公式为:

$$Q=qaW_1H$$
 (1)

式中: Q 为单孔装药量, kg; q 为单位装药量, kg/m³; a 为孔距, m; W_1 为底板抵抗线, m; H 为梯形高度, 即孔深, m。

多排孔的第二排及其以后各排孔的炮孔装药量计算公式为:

$$Q=qabh$$
 (2)

式中: b 为排距, m ; h 为孔深, m ; 其他符号的意义同式(1)。

3.1.5 试验炮施工准备

(1) 钻机平台的修建。钻机平台是钻孔作业场地, 为了保证钻机有一定的工作面, 就必须修筑好钻机平台, 并保证现场路通通电。

(2) 边坡的测量放样。按照设计开挖断面精确计算路槽开口宽度, 现场放出开口线, 用白灰线标示清楚, 供布孔使用。

(3) 布孔。准光面爆破孔和辅助孔, 采用纵向台阶布孔, 钻孔方向与边坡平行; 主爆孔顺路基方向布孔。本次试验炮共布 6 排主炮孔, 每排 9 孔; 预裂孔每侧边坡布孔 15 个, 共布 30 孔; 在预裂孔前, 距两侧边坡 18 m 处各布设 1 排辅助孔, 每排 6 孔共 12 孔。炮孔布置如图 2 所示。

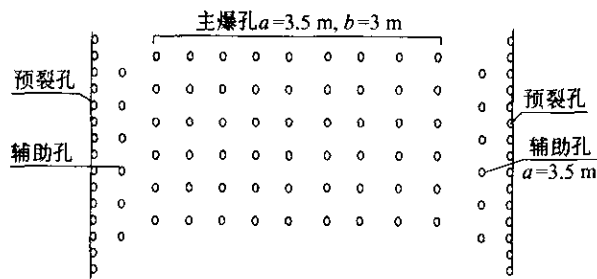


图 2

3.1.6 试验炮钻孔

采用 QZ—100 型三脚架潜孔钻机进行钻孔。钻孔须严格按照设计位置、方向和角度进行作业, 以保证爆破效果和爆破安全。钻孔完成后将孔内岩粉吹干净, 个别孔深较大的地方, 适当增加超钻深度。钻孔后要做好保护, 防止杂物和雨水进入孔内。

3.1.7 试验炮装药和堵塞

本次试验炮预裂孔采用不耦合装药, 主爆孔采用连续集中装药。装药时采用人工装填, 严格按设计药量和设计装药结构装填药品。

保证堵塞质量是保证爆破效果和爆破安全的重要手段。堵塞质量包括: 堵塞长度 $L \geq 30 D$; 堵塞材料采用地表粘土; 堵塞方法采用分层捣实法。

3.1.8 试验炮起爆网络

采用孔内 V 形微差起爆, 如图 3 所示。

3.1.9 试验炮试爆

2001 年 12 月 20 日, 本标段进行了试验炮的爆破。在爆破过程中, 位于临空面的部位出现了少量的飞石。从开挖后揭示出的断面看, 待爆岩体为石灰

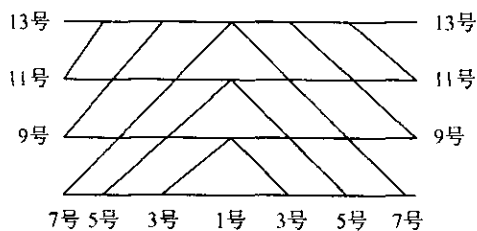


图 3

岩, 中间夹泥岩或泥灰岩, 爆破后的大块产出率较高, 不利于石方路基的填筑。预裂爆破形成的边坡, 在岩石完整的段落, 平整度较好; 在岩层有风化或夹有泥岩的段落, 平整度差, 需要进行二次修坡。路槽底面, 大部分能够满足设计要求, 个别有大块岩石, 需要二次解爆。

3.2 调整爆破参数

根据试验炮所取得的经验, 对爆破参数进行了如下调整。

3.2.1 单位装药量

试验炮的大块产出率较高, 分析认为主要是由于岩层不完整造成能量外泄所致。通过提高单位装药量 q , 增加单孔药量, 也就是增强了爆破功, 以此方法尽可能减少大块产出率, 使爆破后的材料能够用于路基填筑。施工时 $q = 0.4 \sim 0.45 \text{ kg/m}^3$ 。

3.2.2 底板抵抗线

试验炮在临空面出现了少量飞石, 经过分析认为, 主要原因为潜孔钻钻孔具有一定的倾斜度, 在临空面的底部改变了底板抵抗线, 使试验炮的第一排炮孔抵抗线不一致, 造成了局部飞散。为此, 制订了如下改正措施: 在装药前, 由爆破技术员绘制孔位布置图, 量测每个孔的钻孔深度, 特别是台阶式地表, 重新核定炮孔最小抵抗线; 根据核定的最小抵抗线计算单孔装药量, 并将单孔装药量、雷管段别、装药形式等指标用纸牌写好; 在装药前将写好的纸牌按照孔位布置图分别标示清楚, 作为现场装药工人的装药标准, 在现场按标示牌装药。为了保证爆破安全, 在装药前测量房屋、电力电讯等敏感建筑物离爆破区的距离, 计算一次齐爆药量, 要确保一次齐爆药量不超过设计数量。

3.2.3 起爆网络调整

试验炮的起爆网络是成功的, 对今后大方量施工有一定的指导意义。但为了减小一次齐爆药量, 大方量石方爆破施工中改为每 2 孔一响, 顺序起爆。该网络的连接, 具有如下优点: 一是一次齐爆药量小,

安全性高;二是震动小,不影响周围建筑物;三是能够形成连续的临空面,爆破效果好。

3.3 爆破安全验算

(1)根据爆破地震安全距离,计算一次齐爆的最大允许装药量,计算公式为:

$$Q_{\max} = R^2 (V/K)^{2/\alpha} \quad (3)$$

式中: R 为爆源到保护对象的距离; V 为保护对象允许震速,民房砖混结构取 2 cm/s ,水窖取 1 cm/s ; K 、 α 为与爆破地点的地质条件相关的系数, $K=150$ 、 $\alpha=1.5$ 。

需要说明的是,一次齐爆药量是指一个爆区的最大装药量。如果一次爆破很多炮孔时,可以划分多个爆区,采用微差接力起爆网络,一次爆破可达数万方或几十万方。

(2)个别飞石最远飞散距离的计算公式为:

$$S = 20 kn^2 W \quad (4)$$

式中: S 为个别飞石最远的飞散距离,m; k 为安全系数, $k=1.0$; n 为爆破作用指数, $n=0.75$; W 为抵抗线,m。

(3)爆破冲击波安全距离的计算公式为:

$$R = 25 Q_{\max}^{1/3} \quad (5)$$

据此计算,确定人员安全警戒半径,这也是爆破员点火后应尽快跑离的安全距离。

3.4 大方量石方爆破的施工

3.4.1 钻孔

按照既定的爆破参数在待爆段内布孔,主炮孔按路线方向垂直成排布设,预裂孔顺边坡线布设,主炮孔和预裂孔之间设置辅助孔。采用英格索兰 GBM341 钻车成型主炮孔和辅助孔,QZJ100B 型潜孔钻成型预裂孔。

3.4.2 装药和堵塞

装药时采用人工装填。主炮孔和辅助孔采用连续集中装药形式,预裂孔采用不耦合装药形式。在装药过程中,由爆破技术员提前量好孔深,并计算出单孔

装药量,装药工人按计算药量装药,不得多装或少装。

3.4.3 网络连接

按调整后的起爆网络采用导爆索连接。

3.4.4 安全警戒

按照计算出的安全距离,在其外 50 m 设置第一道警戒线, 300 m 外设置第二道警戒线。进入爆破区的各个路口设置第三道警戒线。起爆前应进行清场。

3.4.5 起爆

采用电雷管进行引爆,电雷管与首个瞬发雷管相连,各爆区依次爆破。

3.4.6 爆破效果

2002 年 5 月 18 日,第八合同段进行了首次大方量爆破。本次爆破共布孔 362 个,孔深为 $10 \sim 18 \text{ m}$ 不等,单位装药量为 0.4 kg/m^3 ,总装药量 23.5 t ,自引爆到爆破结束共历时 2.67 min ,一次爆破的方量近 6 万 m^3 。该次爆破没有任何冲炮现象。

从爆破显示的断面看,预裂效果很好,大部分边坡满足平整度要求,局部岩性不一致的地段需要二次修坡。爆破产生的石料基本破碎,大块产出率为 $15\% \sim 20\%$,分拣后可以用于路基填筑,达到了预期的效果。

4 结语

(1)石方爆破作业是一项难度较大的系统工程,由于爆破理论与实际有一定的差距,因此,在大方量爆破作业前搞好试验炮极为重要。

(2)大方量爆破作业的起爆网络连接是关键,通过试验炮确定理想的连接网络,能够产生理想的爆破效果。

(3)对于大方量石方爆破,控制单孔药量和一次齐爆药量是保证爆破安全的关键,施工时必须由爆破技术员计算单孔装药量。

(4)为了保证路堑边坡美观,必须采用预裂爆破或光面爆破。