高速公路堑沟石方深孔预裂爆破

李鸿举[1]，赵宏权[2]，王林生[2]
(1. 山西省国土资源厅，山西 太原 030001；2. 山西省地勘局，山西 太原 030001)

摘 要：论述了长治—邯郸高速公路某堑沟石方的深孔预裂爆破技术，包括爆破参数的计算与选取、爆破安全性验算、爆破效果等。

关键词：高速公路；堑沟；深孔预裂爆破
中图分类号：U416.1+3 **文献标识码**：B **文章编号**：1672-7428(2004)04-0062-03

1 工程概况

长治—邯郸高速公路在山西境内要贯穿两座山梁，设计以堑沟形式开凿，要求爆破后堑沟边坡岩层保持稳定平整。

堑沟高 48 m，长 200 m，由矽化大理岩组成，节理较发育，且山坡处有巨石块和土夹石坡积层。山梁北侧凹沟为公路路基碎石填方区。

设计堑沟为正梯形，底宽 27 m，其中路面宽 24.5 m，两侧 1.25 m 设坡度为 1/200 的排水沟。堑沟两侧边坡上每 10 m 高为一阶梯，其间留 1.5 m 宽缓冲台阶，边坡自下而上分别是 1∶0.3、1∶0.5 及 1∶0.75。公路建设方要求爆破后的最大岩块不得大于 50 cm，以便筑路基填方使用。

在堑沟侧上方 55 m 处有一条高压输电线通过，山梁前方公路两侧为耕地，离爆区 500 m 处有一座中级变电站和砖瓦房村庄。

2 爆破方案及爆破参数的选定

2.1 爆破方案

采用潜孔钻深孔爆破法，为了确保堑沟两侧边坡岩体的稳定性和平整度，边孔采用预裂控制爆破法。对于爆破后产生的少量大块岩石采用手持式风钻二次爆破法处理。

2.2 设备的选择

工程使用的主要设备：英格索兰柴油空压机 1 台，风量 12 m^3/min，风压 12 MPa；国产柴油空压机 1 台，风量 12 m^3/min，风压 0.7 MPa；KQL-100B 型潜孔钻机 4 台；YT-27 型凿岩机 2 台；5KVA×220V 柴油发电机组 1 台；美菱 10 t 自卸汽车 14 辆；小松 1 m^3 挖掘机(反铲)2 台；ZL-50 型装载机 1 台；200 发起爆器 2 台；0-10-300 Ω 雷管和线路电阻检测仪 2 台。

2.3 爆破参数的选定

2.3.1 炮孔布置(见图 1)

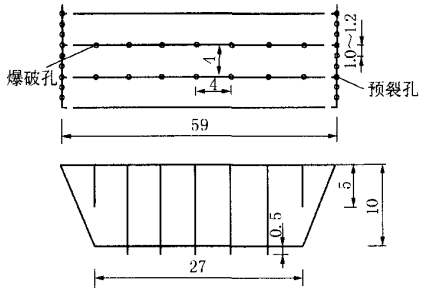


图 1 炮孔布置图(单位：m)

(1)爆破孔采用垂直孔多排平行布孔，预裂孔是沿堑沟边坡线打斜孔。

(2)炮孔直径 $d=10$ cm(爆破孔和预裂孔孔径相同)。

(3)炮孔深度。选定一次爆破阶梯炮孔深度为 10 m，超深 0.5 m，爆破孔深 $H=10+0.5=10.5$ m，预裂孔斜深 $H_{预上}=10\times\sqrt{1^2+(0.75)^2}+0.5=13.0$ m，$H_{预中}=10\times\sqrt{1^2+(0.5)^2}+0.5=11.7$ m，$H_{预下}=10\times\sqrt{1^2+(0.3)^2}+0.5=11.0$ m，边坡两侧第一个爆破孔孔深为 5 m。

(4)爆破孔间距 $a=4$ m。

(5)爆破孔排距 $b=a=4$ m。

(6)最小抵抗线 $W=B=4$ m。

2.3.2 爆破孔装药量

选用岩石 2 号炸药，50MS 差的毫秒电雷管起爆，为了确保起爆后孔底不残留炸药，在爆破孔内装

收稿日期：2003-06-02

作者简介：李鸿举(1930-)，男(满族)，辽宁抚顺人，山西省国土资源厅教授级高级工程师，采矿工程专业，从事石材开采、城市建筑物控爆拆除、公路深孔爆破、大爆破等工作，山西省太原市并州北路 63 号山西省地勘局老干部处。

万方数据

设一根导爆索与装设一只雷管的起爆药包相连。

每孔装药量:

$$Q_1 = qaWH = 57.1\ \text{kg}$$

式中:q——爆破炸药单耗,在矽化大理岩中取 0.34 kg/m^3。

2.3.3　爆破孔装药长度

$$l_{药} = Q_1/[(\pi/4)d^2\rho] = 7.1\ \text{m}$$

式中:ρ——爆破孔装药密度,取 1.02 g/mL。

边坡两侧浅孔装药减半。

每米爆破孔的装药量为 57.1 kg/7.1 m≈8 kg/m。

2.3.4　炮孔填塞长度

$$l_{填} = 10.5\ \text{m} - 7.1\ \text{m} = 3.4\ \text{m}$$

用湿黄土填塞,填塞长度为炮孔总长的 32%。

2.4　边坡孔预裂爆破

预裂爆破要求开挖边线上的一排预裂孔必须在主爆孔之前起爆,其结果,使相邻预裂孔之间形成一条裂缝,使整个预裂孔的布孔平面形成一个断面,以减弱主爆区爆破时地震波向边坡岩体传播,并可阻断裂隙向边坡外发展。而采用较小的预裂孔间距,减少与控制预裂孔的不偶合串珠装药量,对于取得理想的预裂爆破效果尤为重要。这样,当主爆破孔起爆后就会沿预裂线形成一个没有超挖的光滑平整的堑沟边坡平面。

施工中的具体作法是:

(1)预裂孔应先于爆破孔起爆。

(2)采用架式潜孔钻机,严格控制预裂孔的平行度,使其在同一平面上。

(3)采用较小的预裂孔间距,取 1.0 ~ 1.2 m,在破碎松软岩层处取小值,完整较硬岩层中取较大值。

(4)预裂孔内采用不偶合串珠装药,其不偶合系数为:

$$D = d/d_{药} = 100/35 = 2.9$$

式中:$d_{药}$——药卷直径,35 mm。

预裂孔内的装药原则是:炮孔底部的线装药密度较大,向孔口方向逐渐减小;在岩石节理较发育和松软岩层处,线装药密度应适当降低。预裂孔的平均线装药密度为 0.3 ~ 0.7 kg/m。

为了确保预裂孔内不连续的不偶合装药的各药卷在起爆后同时殉爆,不留残药,采用竹片定位,导爆索串珠装药法。

(5)预裂孔填塞方法是:先在孔口串珠药的顶部轻装一团塑料袋,而后再填装 0.6 ~ 1 m 黄土。

图 2 为预裂孔的装药结构示意图,平均线装药密度为 4.8 kg/11.7 m = 0.41 kg/m。

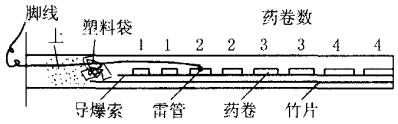


图 2　预裂孔装药结构图

2.5　起爆网络

采用串联起爆网络,因在堑沟上部阶梯每排炮孔较多,一遍炮只能起爆一排爆破孔和两侧边坡预裂孔;而在堑沟中、下部阶梯爆破时,因每排炮孔较少,可一次起爆两三排爆破孔及其相应的预裂孔。

图 3 为同时起爆两排爆破孔和两侧边坡预裂孔。其中,2×8 个预裂孔为一段,用 OS 电雷管,前排 7 个爆破孔为二段,用 50MS,第二排 7 个爆破孔为三段,用 100MS 毫秒电雷管。每只雷管电阻 3.5 Ω、线路电阻 25 Ω。

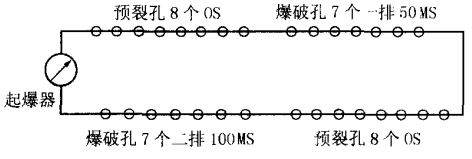


图 3　串联起爆网络图

线路总电阻:

$$R = Nr + R_{线} = (8+8+7+7) \times 3.5 + 25 = 130\ \Omega$$

式中:N——炮孔电雷管数;r——一只雷管的电阻,3.5 Ω;$R_{线}$——线路电阻,25 Ω。

装药后,要先对每个炮孔进行一次电阻检测,查有无短路,在起爆网络联接好后,再认真测试线路总电阻,当确认正常无误后,再用 200 发起爆器起爆。

爆破参数见表 1。

表 1　深孔预裂爆破参数表

阶梯	岩层	孔径 d/cm	孔距 a/m	排距 b = 最小抵抗线 W/m	预裂孔斜度	孔深/m		爆破孔单孔装药量/(kg·孔$^{-1}$)	预裂孔平均线装药密度/(kg·m^{-1})
						爆破孔	预裂孔		
堑沟下部一阶梯	矽化大理岩 f=7	10	4	4	1: 0.3	10.5	11.0	57	0.45 ~ 0.7
堑沟下部二阶梯	矽化大理岩 f=7	10	4	4	1: 0.5	10.5	11.7	57	0.4 ~ 0.6
堑沟下部三阶梯	矽化大理岩 f=7	10	4	4	1: 0.5	10.5	11.7	57	0.4 ~ 0.6
堑沟下部四阶梯	矽化大理岩 f=7	10	4	4	1: 0.5	10.5	11.7	57	0.35 ~ 0.55
地表处五阶梯	风化大理岩 f=6	10	4	4.5	1: 0.75	10.2	13.0	55	0.25 ~ 0.5

万方数据

3 爆破安全

3.1 地震波的危害

地震波速度:

$$v = K(\sqrt[3]{Q}/R)^{a} = 0.41 \text{ cm/s}$$

式中:K ——系数,取 250;R ——爆点与最近建筑物的距离,500 m;a ——系数,取 3/2;Q ——一段起爆的最大装药量,$Q = [5 + 2 \times (1/2)] \times 57.1 = 343$ kg。

在 $Q = 1000$ kg 时,$v = 0.71$ cm/s,非常小。按规定砖瓦房允许地震波速度为 3 cm/s,故爆破产生的地震波对周围建筑物无危害。

3.2 飞石距离

$$R_f = 20kn^2W = 96 \text{ m}$$

式中:k ——系数,取 1.2;n ——抛掷系数,取 1;W ——最小抵抗线,4 m。

3.3 飞石高度

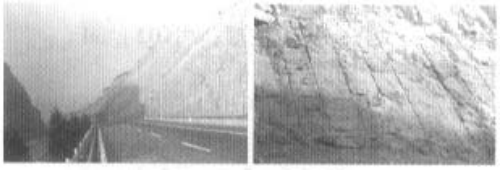
$$H_f = (R_f/2)\text{tg}\alpha = 48 \text{ m}$$

式中:α ——抛出碎石最大射程角,45°。

高压输电线路位于爆破场地侧上方 55 m 以远处,飞石不构成危害;而对于 500 m 以外的变电站和村庄更是安全的。

4 深孔预裂爆破效果

整个爆破工程取得了良好的爆破效果,爆破后绝大部分岩块尺寸 < 50 cm,大块率仅占 1% ~ 1.3%。预裂爆破取得了非常理想的效果,堑沟边坡围岩稳定、岩壁平整、完好地保留半个炮孔孔迹(图 4)。现高速公路已建成通车。



堑沟一侧边坡　　边坡预裂爆破的残留孔迹

图 4 堑沟边坡及边坡预裂爆破残留孔迹图

爆破单位成本在 6 ~ 7 元/m^3,运输单位成本在 8 ~ 9 元/m^3,全工程单位成本为 15 ~ 16 元/m^3。做到了安全生产。该工程被公认是一项优质工程。通过这项工程,培养锻炼了一批技术骨干和熟练操作的技术工人,为今后再施工类似的工程打下了良好的基础。

(上接第 56 页)

使用 Ø311 mm 牙轮钻头钻进至井深 390 m 处发生泥浆全泵量漏失,在静压堵漏法无效后,采用了水泥堵漏。由于漏失通道大,采用注水泥浆方法进行堵漏,效果不好。采用将水泥球送至漏失井段并用钻具捣实的方法进行堵漏,效果很好。

使用 Ø216 mm 牙轮钻头钻进至井深 522 ~ 530 m 井段遇到强破碎带、落程 1.8 m 的溶洞,发生泥浆全泵量漏失。采用了水泥浆配合砖头堵漏方法进行堵漏,共用水泥 28 t、砖头 10 m^3,耗时 16 天,将漏失堵住。

2.3 漏失井段的气举反循环钻进

使用 Ø216 mm 三牙轮钻头钻进至井深 533 m,由于岩层破碎,又发生泥浆全泵量漏失,考虑到该井位于断层附近,基岩井段漏失点(段)多,决定不再进行堵漏,采用气举反循环钻进方法施工。

该井自 533 m 开始采用气举反循环方法钻进至 1300 m,施工情况表明:气举反循环钻进方法安全而且钻效较高,是对付基岩井段泥浆漏失的一种有效方法。

3 结语

汤热 -45 井泥浆漏失严重,由于在施工中采用了比较合理有效的堵漏、防塌措施,基本达到了安全高效的施工效果。

通过汤热 -45 井的施工,笔者认为在北京地区钻进基岩水井发生泥浆漏失时,应该采取以下几个方面的措施。

(1)井身结构要合理,提前下入护壁管(长度≮30 m),避免因漏失造成井壁垮塌、机台下沉。

(2)对于非目的层的一般性漏失,可采用泥浆静压堵漏法进行堵漏;遇到较大漏失时,可采用水泥堵漏。在堵漏困难时,根据情况采用清水钻进或气举反循环方法钻进,最好采用气举反循环方法钻进。

(3)目的层发生漏失,原则上不进行堵漏。对于一般性漏失,情况允许时,采用不影响储层的暂堵法堵漏;对于严重漏失,没有很好的堵漏方法,可考虑采用气举反循环方法钻进、泡沫泥浆钻进、清水钻进或提前结束钻井。

总之,井漏原因多种多样,施工中要分析井内情况并结合现场实际情况,采用合理的堵漏和钻进方法,才能取得好的钻井效果和经济效益。

万方数据