

文章编号:1001-487X(2005)02-0041-03

断层裂隙较发育地段硐室爆破

季荣生¹,陈庆寿¹,王贵和¹,李金锁²,周辉峰¹,吕建国¹

(1. 中国地质大学工程技术学院,北京 100083 2. 中国地质科学院,北京 100037)

摘要: 介绍了山西原太高速公路某段硐室爆破作业经验。该硐室爆破作业区为断层裂隙较发育区,为获得理想的爆破作业效果,作业时对药室布置、布药、堵塞及起爆顺序进行了慎重考虑。并对爆破结果进行了分析。

关键词: 硐室爆破; 土石方开挖; 破碎带

中图分类号: TD 235.34 **文献标识码:** A

Application of Chamber Blasting in Fragmentation Zone

JI Rong-sheng¹, CHEN Qing-shou¹, WANG Gui-he¹, LI Jin-suo², ZHOU Hui-feng¹, LV Jian-guo¹

(1. School of Engineering & Technology, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;
2. China Academic of Geological Science, Beijing 100037, China)

Abstract: A chamber blasting in excavation of Yuan-tai expressway in Shanxi province is introduced, in which the chamber blasting is implemented, and a few cracks and ruptures are found. To obtain an ideal result of blasting, factors such as the location of chambers, charge, stem and the proper delay times are calculated. The project are also analyzed.

Key words: chamber blasting; cutting excavation; fragmentation zone

1 工程概况

实施土石方开挖路段为山西省沂州市西北原太高速公路某标段,开挖宽度 33 m,长 120 m,预计爆破土石方 7 万 m³,工期一个月,为保证边坡稳定,倾角控制在 63°左右。由于周围环境复杂并且离居民点最近为 180 m。爆区基岩为花岗岩,上部风化较强,下部风化较弱,坚固性系数为 $f_8 \sim f_9$ 。爆区内有 5 条较大的破碎带,其中 3 条与公路斜交,2 条与公路近于正交。

考虑到作业的安全,起初采用炮眼爆破法进行土石方开挖,在实际作业中因开挖区域断裂及裂隙

发育造成采用中小口径炮眼爆破法开挖作业进展缓慢,尤其是钻眼工作效率较低,卡钻频繁无法按要求成孔,难以保证在合同规定日期内完成土石方开挖作业,最后不得已改用硐室爆破。

2 技术方案

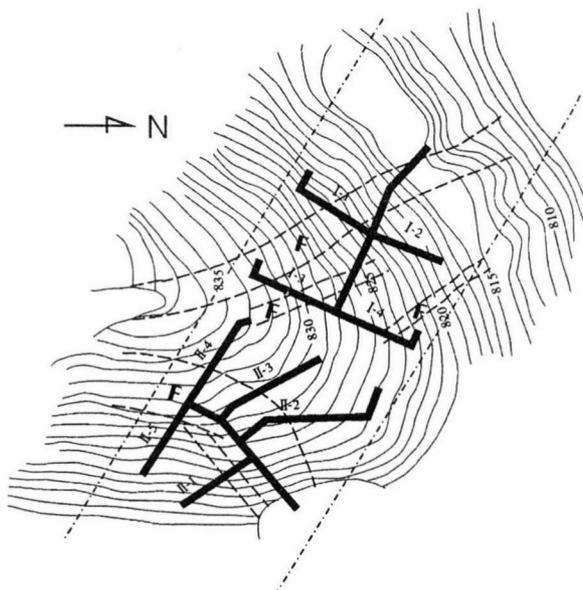
由于爆区北东向约 180 m 处就有居民点,而这一方向又是爆破破碎的抛掷方向之一,因此爆破振动及飞石必须进行严格控制,同时各药室均不同程度地穿过破碎带或裂隙解理发育区,这给岩石的爆破破碎及爆破危害的控制造成较大困难。由于开挖路段路基长为 120 m,而实施硐室爆破药室横向跨度不足百米,因此必须一次爆完,若分 2 次作业,则后期爆破作业条件将更为恶劣。但一次爆完必须对每段起爆药量及延时进行精心考虑,否则将增大爆

收稿日期:2005-03-13.

作者简介:季荣生(1969-),男;北京:中国地质大学工程技术学院副教授。

破危害的风险。

本爆区药室平面布置考虑因素主要有:1)破碎带,这是药室布置时要考虑的首要因素,原则上尽可能减小药室在破碎带中的穿越长度,由于在破碎带中裂隙发育,岩体不连续,这一区域的介质波阻抗极低,不利于炸药爆炸能量的吸收,同时破碎带还是爆破能量快速耗散的理想通道,极易造成冲炮而产生大量飞石,此外在破碎带中掘进药室难度相对较大,作业效率较低,所以本爆区药室与破碎带呈正交或大角度斜交;2)等高线,如 I-1、I-2、II-2、II-3 支洞走向基本上与等高线走向夹角不大,见图 1,这些支洞穿越的山体布药均匀,在满足其它爆破条件的情况下可减小大块率,获得较均匀的爆破破碎效果;3)开挖区域,药室布置时留一定的保护层厚度,保证以后公路边坡的稳定,此外为减小侧向约束并保护边坡同时提高岩石破碎质量 I-1、I-3、II-2、II-4



图中标有F的虚线区域为断层或破碎带,点划线为公路边界

图1 爆区地形及爆破药室平面布置图

支洞末段进行了转角布置,见图1。转角处采用集

中装药,其余用条形药室,装药体积与支洞容积之比控制在 $1/2 \sim 1/4$ 之间^[1]。

3 爆破参数

3.1 最小抵抗线

工程最小抵抗线综合地质地形的特点而确定,主要是考虑抛掷方向、断层裂隙发育的特点、炸药的埋置深度,此外还需考虑破碎块度,药包最小抵抗线与埋置深度之比宜控制在 $0.6 \sim 0.8$ 之间。依路基标高及保护层厚度要求药包布置确定于805.3 m标高处,抵抗线大小则控制在药包实际埋深的 $0.6 \sim 0.8$ 倍范围之内,由于破碎带的存在及作业的洞室实际掘进具体情况,个别洞室并未达到要求的参数,详见表1。

3.2 装药量^[1]

装药量计算依以下公式:

$$Q = K_1 \times W^2 \times L \times e \quad (1)$$

$$Q = K_2 \times V \times e \quad (2)$$

式中, Q 为支洞装药量 kg; K_1 炸药单耗(取 $0.75 \sim 1.1 \text{ kg/m}^3$); K_2 为炸药单耗($0.35 \sim 0.6 \text{ kg/m}^3$); W 为最小抵抗线 m; L 为装药支洞长度 m; e 为炸药转换系数,采用2#岩石炸药时取1,采用铵油炸药时取1.15; V 为支洞承担爆破方量 m^3 。

在药量计算时,当装药的抵抗线与埋深的比值在 $0.55 \sim 0.7$ 之间时,实际装药按公式(1)、公式(2)计算结果的平均值。先行起爆的第一层支洞 I-1、I-2、II-1、II-2 主要参考公式(1),炸药单耗相对高,为加强松动,实际上带有轻微的抛掷效果;其余支洞则主要参考公式(2)进行装药量确定,单耗相对较低,为松动爆破。最终的装药量在公式计算的基础上参考洞室的地质条件进行调整,实际装药情况见表1。

表1 洞室爆破参数表

参数	长度/m	断面/ m^2	抵抗线/m	炸药抵抗线 与埋深比	爆破方量 / 万 m^3	炸药量/t	炸药单耗 / $(\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$	起爆雷管 段别
I 导洞	36	1.3×1.7						
I-1	18	1.1×1.7	12~16	0.85	0.315	2.5	0.79	1
I-2	12	1.1×1.7	12~16	0.73	0.24	1.35	0.56	1
I-3	18	1.1×1.7	12~15	0.59	0.7	4.5	0.64	10
I-4	17.5	1.1×1.7	12~15	0.71	0.6	3.8	0.63	5
II 导洞	26.5	1.1×1.7						
II-1	17	1.1×1.7	14~16	0.65	0.34	1.67	0.49	7
II-2	23.5	1.1×1.7	12	0.61	0.59	2.5	0.42	7
II-3	17.5	1.1×1.7	7.5~12.5	0.48	0.7	4	0.57	9
II-4	21.5	1.1×1.7	8~13	0.57	0.72	4.2	0.58	10
II-5	18.5	1.1×1.7	11~13	0.47~0.8	0.89	5.6	0.63	11

4 起爆系统

起爆系统的设计原则是利于岩石破碎,同时尽可能减小爆破飞石及爆破震动,主要通过合理的微差来实现。

硐内爆破网路采用导爆管和导爆索组成的非电网路,由导爆管雷管激发起爆体再由起爆体引爆主爆药。起爆体用岩石2[#]炸药,主起爆体每个10 kg,辅助起爆体每个5 kg,起爆体布置于铵油炸药药垛中间。

起爆顺序为I-1、I-2用1段雷管,I-4用5段,II-1、II-2为7段雷管,II-3为9段雷管,I-3、II-4为10段雷管,II-5为11段雷管,微差逐渐加大。

爆破网路联接为主线双股导爆索,各支硐的主起爆体内设置5发非电雷管并通过5支导爆管与导爆索联接,辅助起爆体与主起爆体之间由2股导爆索传爆。

5 爆破安全与控制

5.1 爆破振动的控制^[3]

硐室爆破作业中控制爆破振动的最有效方法之一就是通过对微差延时控制同段起爆的最大药量,依据爆破安全规程中对各类建筑物和构筑物所允许的安全振动速度的规定,爆区北方180 m处居民点的砖房安全振动速度为2~3 cm/s,允许的最大同段药量为:

$$Q_{\text{安全}} = R^{1/m} (V_{\text{安全}}/K)^{1/\alpha m}$$

$Q_{\text{安全}}$ 为同段起爆的允许最大药量; R 为爆区至居民点的距离为180 m; $V_{\text{安全}}$ 为居民点砖房允许的安全振动速度取2.5 cm/s; K 为与场地有关的系数取150; α 为与地质条件有关的系数,本工程取2; m 为装药指数,本工程取1/3。计算结果为9.5 t,而实际作业时最大一次起爆药量为8.7 t,因此爆破振动不会对居民点建筑造成破坏。另外爆区位置比居民点稍高,而且爆区与居民区之间还有几条自然形成的冲沟,在很大程度上会造成爆破振动的减弱。

5.2 个别飞石的飞散距离

爆破事故中,飞石伤人事故几乎可占到爆破事故的3成,个别飞石的飞散距离与爆破方法、爆破参数、堵塞参数及质量、地形及地质构造等诸多因素有关,由于爆破作业边界条件极为复杂,从理论上计算出个别飞石的飞散距离极不现实。通常采用经验公式或根据经验来确定。本工程采用下式对飞石的飞散距离进行估算^[4]:

$$R_F = 20K_F n^2 W$$

式中, R_F 为个别飞石飞散距离,m; n 为最大一个药包的爆破作用指数,本式取1; W 为最大一个药包的最小抵抗线,m; K_F 为系数,一般取1.0~1.5,本式取1.5。将参数代入估算,本工程个别飞石飞散距离为260 m左右。因最大药包抛掷方向不是居民区方向,只须作好安全警戒就可。

6 爆破效果及分析

起爆后180 m之外无个别飞石,由于爆区比居民点位置高且中间有小的沟壑通过,离爆破作业最近的居民点几乎没有感觉到明显的爆破振动,爆破前作业人员对周围民居进行了拍照,并对房屋存在的裂缝作了记录,作业后专业人员对原建筑及其存在的裂缝进行检查,未发现新情况。但在距爆区约百米处的山坡小路上出现了一些裂缝。

起爆后爆区山体表面沿其表面法线方向先后均匀隆起,能清晰分辨出不同支硐的时差。爆破后爆堆与未爆山体间有明显的塌落线,爆堆面积比爆区增大了近1/3,由于II-2及II-3支硐通过的地层既有破碎带也有完整岩体,且两相邻硐室端部相距较大,造成局部装药能量分配不均,出现了根底和大块。

破碎带的存在及较慎密的装药以及精心的堵塞,预留围岩的保护较好,未出现显著的超挖。从后期的土石方清运工作看,爆破破碎总体上较均匀,但因施工偏差及掘进作业具体困难造成个别装药硐室的抵抗线与炸药设置深度比值过小,使得这些区域大块偏多。

硐室爆破时,如果药室不可避免地要穿过破碎带,其走向应尽可能与断层破碎带正交,本工程中2条硐室抛掷方向并不一致,而且交角较大就出于这一考虑。这一措施可减小药室穿越破碎带的长度,减少炸药能量以破碎带为通道过早耗散,对保证岩石破碎质量,提高炸药能量利用率具有重要意义,同时缩短破碎带中硐室的长度也便于硐室本身的掘进作业以及进行装药后的堵塞。

出于安全考虑,本工程共分成6个段别实施微差爆破,由于段别多微差大,很难避免后排药包最小抵抗线受积累误差的影响,这对岩石的爆破破碎不利。另外,分段多、微差大也不利于群药包的联合作用。本工程部分区域出现了大块率较高的现象,也是主要原因之一。

最大一段起爆药量,降低爆破震动对周围建筑物的破坏,采用孔内、孔外延期微差爆破网路。孔内采用6段、7段、8段非电导爆管雷管(脚线长为6m),孔外采用4段导爆管雷管(脚线长为3m),起爆药包在孔口以下5m处,每个起爆药包为2个雷管,用连接四通连接网路。非电起爆网路连接方法如图1所示^[7,8]。

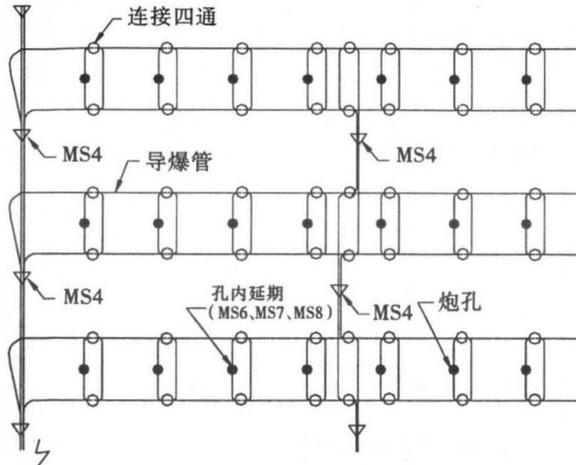


图1 起爆网路连接方法示意图

非电起爆网路敷设简单,不用进行爆破网路计算,操作既简单又省时;由于孔内采用了双雷管起爆,和孔外连接四通的应用,大大增加了起爆网路的可靠性;非电网路抗外来电能力强;起爆系统微差间隔时间准确,可根据爆破规模组成任意微差起爆段数,从而实现大规模爆破,降低爆破震动对周围建筑物的影响。

3 结 语

1)通过不断改善中深孔爆破的爆破参数,起爆网路,大大减少了大块率,满足了公路路基的要求,减少了二次破碎工作量,加快了生产进度,产生了良好的经济效益与社会效益。

2)适当减小排距而增大孔距,在孔网面积满足装药条件下,可以有效地利用爆破能量,改善爆堆的松散性,减少超标大块,减小根底,提高延米爆破量,降低炸药单耗。

3)岩体的结构面和裂隙发育情况对爆破块度影响较大,对此类岩石进行中深孔爆破时应重点考虑大块率的问题^[9]。

4)起爆网路中采用连接四通简化了网路连接,增加了起爆的可靠性,减轻了工作量。

5)在导爆管与非电雷管连接时采用双股铜线捆绑,增加了起爆网路传爆的可靠性。

6)由于爆破理论的不完善,采用纯理论公式可能与实际距离过大,采用纯经验公式又有一定的局限性,在目前情况下,依据一定的理论指导,从实践中探索出半经验半理论的公式更接近实际。

参考文献

- [1] 陈燕山. 京珠高速公路大悟南段路基石方爆破设计与施工[J]. 爆破, 2001, 18(1): 86~88.
- [2] 樊培山. 田湾核电厂区最终边坡控制爆破施工技术[J]. 爆破, 2002, 19(3): 22~24.
- [3] 罗建平. 露天深孔爆破飞石的原因分析及控制方法[J]. 水泥技术, 2002, (5): 69~71.
- [4] 魏连春. 大孔距小排距的孔网参数在中深孔爆破中的应用[J]. 天津冶金, 2003, (4): 21~22.
- [5] 李永吉. 宽孔距爆破在新明石灰石矿的应用[J]. 非金属矿, 2001, (2): 39~40.
- [6] 王文才. 露天矿深孔爆破合理炸药单耗的确定方法[J]. 包头钢铁学院学报, 1997, (6): 43~49.
- [7] 姜延新. 马山石灰石矿塑料导爆管非电起爆技术[J]. 非金属矿, 1997, (4): 59~60.
- [8] 姜良闽. 塑料导爆管接力起爆技术在深孔微差爆破中的应用[J]. 爆破, 2002, 19(2): 28~30.
- [9] 彭永华. 影响钽铌露天矿爆破效果的主要原因及其改善措施[J]. 爆破, 2002, 19(2): 36~38.

(上接第43页)

硐室爆破中,最小抵抗线与炸药埋置深度的比值对岩石的爆破破碎效果同样起着至关重要的作用,这一比值在0.6~0.8之间较为适宜,小则容易出现大块,而取值大了则容易出现隔墙或根底现象。

在装药量计算时依据各爆破支硐实际负荷及支硐爆破参数选取不同的炸药单耗,或依实际情况选择适用条件不同的装药计算方法来确定装药量对保证爆破安全、提高破碎质量具有重要意义。

参考文献

- [1] 陶颂霖. 凿岩爆破[M]. 北京:冶金工业出版社, 1986.
- [2] 中国力学学会工程爆破委员会. 爆破工程(下)[M]. 北京:冶金工业出版社, 1992.
- [3] 周宜光,王太兴. 小抵抗线硐室爆破技术在露天矿削顶工程中的应用[J]. 爆破, 2004, 21(1): 17~18.
- [4] 谢飞鸿,姚朝贵,解 焯,等. 黑沟主堆上坝料开采硐室爆破[J]. 爆破, 2004, 21(2): 33~36.