

文章编号:1006—2106(2003)02—0096—04

聶潭隧道的光面爆破

卓国平*

(中铁四局集团公司,合肥 230023)

提 要: 文章以渝怀线聶潭隧道为例,阐述了光面爆破技术的应用以及爆破参数的确定,施工过程质量控制和爆破效果。

关键词: 隧道开挖;光面爆破;爆破参数

中图分类号: TB533 **文献标识码:** A

1 工程概况

聶潭隧道位于渝怀铁路39标段,湖南省怀化市境内,全长821 m,属单线隧道。隧道进口与聶潭大桥相接,出口与通古坪中桥相连,洞内线路坡度为3‰,两洞口高差2.4 m。隧道内DK611+960~DK612+120、DK612+230~DK612+660,长590 m区段,地表覆盖层为残积砂粘土,厚0~2 m,下覆基岩为砂泥岩互层,砂岩中厚层状细粒结构,泥岩结构含少量砂质或粉砂质。砂岩风化较明显,节理较发育,层间结合较差,属Ⅲ级围岩。Ⅲ级围岩段采用全段面开挖和光面爆破、非电毫秒雷管起爆,上述两段开挖施工历经140天,平均每天开挖4.12 m,单口独头月掘进最高记录138 m,日开挖最高记录6.8 m。

2 光面爆破参数的确定

2.1 斜眼掏槽和直眼掏槽方案的比选

掏槽效果的好坏直接影响掘进效果和炮孔利用率,直眼掏槽在提高进尺方面具有很大潜力,然而其中心孔直径达125 mm,气腿式凿岩机很难达到这种要求。而聶潭隧道开挖采用简易开挖台架,配备普通YT27型气腿式凿岩机钻孔,因此,根据实际聶潭隧道钻爆施工中采用斜眼掏槽。

2.2 楔形掏槽的确定

根据聶潭隧道岩层走向,经过多次实验确定适合

本隧道施工的竖直楔形掏槽的孔位、孔数、孔角、孔深、孔距、孔底等六要素。掏槽孔位选在断面中央偏下部,因为这部分岩石对爆破的类别作用小而且钻孔方便,孔位、孔数、孔角、孔深、孔距、孔底随岩石坚硬程度而定其参数如下表1。

表 1

围岩级别	掏槽眼对数	相对两孔底距	每对掏槽眼间距	与掘进面夹角
Ⅲ级 (f=5~6)	3	10	40	65

2.3 炮眼深度的确定

炮眼深度决定了一个循环的钻眼装碴工作量,循环时间以及施工组织和掘进速度,结合聶潭隧道采用垂直楔形掏槽眼的特点,每循环合适的炮眼深度由下式决定:

$$L=$$

$$T-(Nt'/n+t_3+t_4)$$
$$N/(mV_{cp}\delta)+S\sin\alpha\eta\phi/p$$

式中:

- L ——炮眼深度(m);
- T ——掘进循环总时间(min);
- t' ——每个炮眼装药时间(min);
- N ——开挖面炮眼总数(个);
- n ——同时装药人数;
- t_3 ——爆破通风时间(min),一般为15~30 min;

t_4 ——从一个循环转入下一循环作业过程所消耗的时间(min);

m ——同时作业的凿岩机台数

V_{cp} ——平均凿岩速度(m/min);

δ ——凿岩机利用率,取 0.7~0.8;

S ——开挖断面的面积;

α ——炮眼角度(°);

η ——炮眼利用率,一般为 0.7~0.8;

ϕ ——凿岩与装碴平行作业系数,一般为 0.4~0.6;

p ——装碴机实际生产率(m³/min)。

由上式计算得 $L=2.5\sim3.0$ m。

2.4 周边眼参数的选择

周边眼间距 E 的选择

在不耦合装药的前提下,光面爆破应满足炮孔内静压力合力 F 必须小于爆破岩体的极限抗压强度,而大于岩体的极限抗拉强度,其关系:

$$[\delta p] \cdot E \cdot L \leq [\delta c] F \leq \cdot d \cdot L \cdot$$
$$E \leq ([\delta c]/[\delta p]) \cdot d = K_i \cdot d$$

式中

$[\delta p]$ ——岩体的极限抗拉强度 MPa;

$[\delta c]$ ——岩体的极限抗压强度 MPa;

F ——孔内炸药爆破静压力合力 N;

d ——炮孔直径;

L ——炮孔深度;

K_i ——孔距系数(一般取 $K_i=10\sim16$)。

在此基础上,周边眼间距 E 与最小抵抗线 ω ,炮眼的密集系数 m ,装药密度 q 相互制约,从理论上它们有下列关系:

$$\omega = (10 \sim 20) d \quad m = E/\omega \quad q = (E + \omega) \cdot 10 \cdot R_b^{1/2}$$

(R_b 为岩石抗压强度)在施工过程中,以理论为依据,通过反复试验和综合分析评比得出瓮潭隧道Ⅲ级围岩 $\omega=60$ cm, $E=45$ cm。

2.5 辅助眼参数的确定

内圈眼孔所在的位置即是光爆抵抗线的外边缘,内圈眼孔爆破质量好坏,直接影响着周边孔的光爆质量,实践表明,内圈眼孔距 $E'=1.5\sim1.2\omega$ 掏槽眼扩大孔既是掏槽眼的辅助炮眼,又是对掏槽炮所在爆槽口起扩大“战果”的作用,因而它的炮孔底部与掏槽孔底部距离应比其它扩大炮小一些,才便于保证槽口顺利地向外扩展,其孔底间距视岩石坚硬程度等因素而定,一般在 50~100 cm。扩大炮孔之间距需视岩石坚硬强度等因素而定,扩大孔孔口间距为周边孔距(E)

的 1.5~2.0 倍左右,并根据实地情况及时调整。

2.6 总装药量的计算与炸药的分配

2.6.1 一次爆破总装药量按 $Q=q \times s \times L$ (kg)

式中:

q ——爆破 1 m³ 岩石用药量(kg/m³);

s ——导坑断面面积;

L ——炮眼深度。

据此算出瓮潭隧道Ⅲ级围岩一次装药量为 136.9 kg。

2.6.2 炸药量的分配

隧道爆破不同部位的炮眼所起的作用不同,因而各部位炮眼的装药量也不同。瓮潭隧道周边眼装药集中度为 0.11 kg。

其它炮眼的装药量集中度由 $q=K \cdot d \cdot \omega \cdot L \cdot \lambda$ 进行计算。

式中:

q ——单眼装药量 kg;

K ——单位体积炸药消耗 kg/m³;

d ——装药间距 m;

ω ——炮眼爆破方向的抵抗线;

L ——炮眼深度 m;

λ ——炮眼所在部位系数(见表 2)

表 2 炮眼部位系数

炮眼部位	掏槽炮眼	扩槽炮眼	掘进槽上	掘进槽侧	内圈炮眼	底眼
λ	2~3	2	0.8	1	0.6	1.5

2.7 装药结构

周边眼装药结构:将每卷乳化炸药剖成 4 等分间隔装药,并在各卷药间串联导爆线,让药卷架空于钻孔中间,适当采用孔底集中装药 1 卷以提高炮眼利用率和减少块度,为了充分利用炸药能量,使炸药威力均匀作用在两炮眼的岩石中,相邻药卷错开,使峒壁爆裂光滑整齐,提高光爆效果。

掏槽眼装药结构:掏槽眼采用正向装药起爆。

2.8 合理段间隔时间的选择

爆破时隧道产生超挖的主要原因有两个,其中一是由于爆轰波的相互叠加而加剧了对围岩的破坏,其二是各段间隔秒差过小而使爆破过程中未能充分形成自由面。经过多次试验得出周边眼用导爆索,瓮潭隧道掏槽眼和辅助眼采用 3,5,7,9 段,周边眼采用 11 段雷管串联导爆线起爆效果最好。

底板眼的爆破,习惯的做法是加大装药量,并且最后同时起爆,以达到翻碴的目的,便于出碴,但是隧道爆破振动观测表明,隧道爆破产生的地震动强度,除掏槽眼最大外,其次是底板眼的爆破,有时底板眼爆破产生的地震动强度最大,从保护围岩的角度来看,显然是不合理的,所以我们改变了传统的习惯做法,将底板眼分成二段分开起爆,这底板眼同段起爆,共同作用的炸药量,改变了底板眼抵抗线的方向,实际缩小了底板眼的抵抗线,从而减小底板眼爆破产生的地震动强度。

3 夔潭隧道开挖炮眼布置设计图(图 1)及炮眼表(表 3)

4 光面爆破全过程的操作质量控制

4.1 提高测量画线的精度

众所周知,隧道轮廓测量画线的精度直接影响隧道开挖效果,特别是周边眼的精度,直接影响超挖值,要解决这一问题,首先我们克服过去施工中存在的“宁超勿欠”思想,严格按设计轮廓放样(考虑预留变形量),钻孔前准确地将中心线,引至作业面,并用支距法定出掏槽孔,周边孔和紧靠周边的一圈内圈眼孔位置,

并作出明显的标志。

4.2 保证钻孔质量的措施

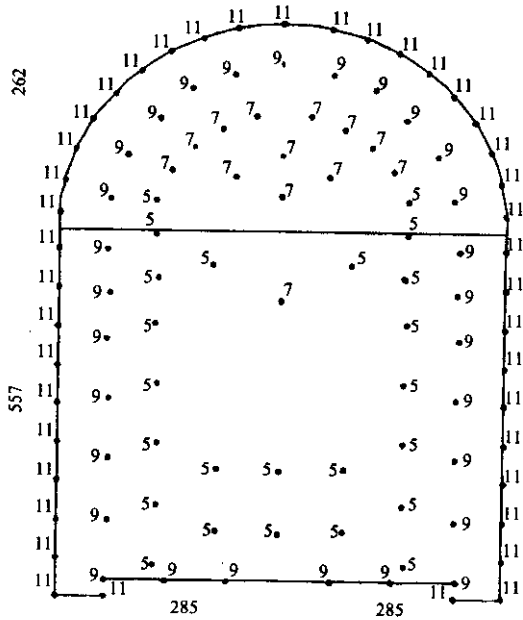


图 1 全断面光面爆破炮眼布置图

表 3 夔潭隧道Ⅲ级围岩炮眼表

炮眼名称	炮眼编号	炮眼深度	炮眼数量(个)	单眼装药量(kg)	雷管编号	备 注
掏槽眼	3	3.2	8	1.92	3	2 [#] 硝铵炸药
辅助眼	5	2.9	20	1.61	5	2 [#] 硝铵炸药
	7	2.9	17	1.61	7	2 [#] 硝铵炸药
内圈眼	9	2.9	21	1.35	9	2 [#] 硝铵炸药
周边眼	11	2.9	43	0.35	11	乳化炸药
底板眼	7、11	2.9	8	2.32	7、11	乳化炸药

4.2.1 首先钻正顶孔。在拱顶距作业面 1 m 处悬挂一临时中心线,以保证炮孔沿坑道中心线钻进,然后,在此孔内插入炮棍作为其它炮孔的方向标准。

4.2.2 预量钻杆长度,做好记号,保证各孔孔底落在一个面上,周边孔的深度不得超过扩大孔的深度。

4.2.3 钻孔爆破周边孔必须达到“准、直、平、齐”的标准。

准:就是按周边孔参数要求,孔位要选准,当部孔的孔位受岩石的层理、节理或其它原因影响时,可使刷帮孔位可上下稍移动,不能左右移动,压顶拱弧线上的孔位可左右移动,不能上下移动。

直:就是侧墙孔孔口要开在同一条垂线上,孔底要落在同一垂直面内,先以拱顶孔为方向打好拱脚孔;插

上炮杆,吊正垂球,尔后在垂线上依次钻孔,为保证连续作业,各个炮孔由下而上先开眼 3~5 cm,确保孔口在同一垂线上,为了减少周边孔的倾斜角度,控制错台,无论是浅孔或深孔,都尽量用长钻杆钻孔,并且使钻机紧贴岩壁,尽量缩小周边孔与毛洞外轮廓线的距离。

平:就是各炮眼相互平行(孔口和孔底距离相等)。侧墙平行于中线。

齐:就是各孔底要落在同一面上,爆出的断面齐便于下一循环作业。

4.2.4 掏槽眼角度的控制

用 $\phi 16$ 钢筋焊接一直角三角形,其一个角为掏槽炮孔与岩面的夹角,在台车上确定隧道中线,将三角形

悬吊于二层平台上,斜边即显示掏槽炮孔方向,钻孔时钻杆与三角形斜边平行钻进控制。

4.3 装药量的优化

由于围岩条件在不断变化,钻爆参数也应随地质变化而变化。

4.3.1 提前摸清岩石的抗压强度,每茬炮由技术员跟班记录钻进速度,并绘制掌子面地质素描,由掌子面地质素描预报前方地质情况,调整下茬炮的参数。

4.3.2 根据实际需要选择合适的眼孔距离,抵抗线厚度和眼孔深度等参数,选择合适的炸药,确定不偶合系数,依据这些参数计算相应的装药量,并根据公式制成各种情况下都可查用的表格,以备现场查用。

4.3.3 施工中,光爆参数不可能和施工方案完全相同,实行谁打眼谁就负责装药的制度,根据 E 、 W 和 L 等参数进行适当调节。

5 爆破效果与经济效益

瓮潭隧道自 2001 年 5 月 28 日开工,2001 年 12 月 30 日贯通,单口最高月掘进 156 m,提前三个月贯通。经过实施光面爆破技术控制(见图 2),基本达到了目标,炮眼痕迹保存率 91%,炮眼利用率 96%,平均线性超挖在 10 cm 以内,可节约开挖衬砌成本 68.75 万元。

6 影响光面爆破效果的主要因素

6.1 人的因素

钻眼的精度,如开眼角度及测量放线误差;装药结

构与连接、堵塞等质量;施工人员的责任心及熟练程度等。

6.2 地质条件的影响

超挖量与 f 值成反比;断层、大而密的节理、裂隙易产生大的超挖;几组裂隙相交,易造成岩石沿节理面脱落。

6.3 机具的影响

钻机本身的结构尺寸,因右侧有风水管接头,钻杆中心至右侧外缘 13 cm,这就必须形成最小错台 13 cm,因此形成右侧超挖或错台大于左侧;外插角的大小与台架的宽度有关,决定了风钻能否紧贴岩壁,钻孔取决于外插角的控制。

6.4 施工方法的影响

台阶法与全断面开挖或是有轨运输与无轨运输,出碴方式的不同都影响光爆参数的选择,效果相应就有所改变。

7 体会

7.1 严格按光面爆破设计布眼、装药,检查掘进断面,修正爆破设计,是提高光面爆破质量,控制开挖断面的关键。

7.2 根据围岩条件的不断变化,钻爆参数必须随地质变化而调整,所以现场也必须配备地质工程师。这一经验应予推广。

SMOOTHWALL BLASTING FOR LONGTAN TUNNEL

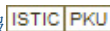
ZHUO Guo-ping

China Railway The Fourth Engineering Bureau Group Corporation

Abstract: This paper describes the application of smoothwall blasting technique, the selection of explosion parameters, the quality control of construction process and result of smoothwall blasting, based on the example of Longtan Tunnel on Chengdu—Huaihua Railway Line.

Key words: tunnel digging; smoothwall blasting; explosion parameter

聿潭隧道的光面爆破

作者: [卓国平](#)
作者单位: [中铁四局集团公司, 合肥, 230023](#)
刊名: [铁道工程学报](#) 
英文刊名: [JOURNAL OF RAIL WAY ENGINEERING SOCIETY](#)
年, 卷(期): 2003 (2)
被引用次数: 11次

本文读者也读过(10条)

1. [宋军](#) [猫山隧道光面爆破的开挖控制](#)[期刊论文]-[公路](#)2007 (5)
2. [蔡宝卷](#), [沙友德](#), [CAI Bao-juan](#), [SHA You-de](#) [蓝商高速路崖底连拱隧道光面爆破与临时支护施工技术](#)[期刊论文]-[工程爆破](#)2009, 15 (1)
3. [闫春岭](#), [唐益群](#), [YAN Chun-ling](#), [TANG Yi-qun](#) [隧道工程光面爆破锚喷支护施工改进](#)[期刊论文]-[矿冶](#)2010, 19 (1)
4. [陈通](#), [CHEN Tong](#) [光面爆破在隧道开挖中的应用](#)[期刊论文]-[人民长江](#)2008, 39 (10)
5. [雷坚强](#), [曾德荣](#), [杨明理](#), [LEI Jian-qiang](#), [ZENG De-rong](#), [YANG Ming-li](#) [庙垭口隧道光面爆破施工技术](#)[期刊论文]-[地下空间与工程学报](#)2008, 4 (6)
6. [彭刚健](#), [PENG Gang-jian](#) [岩体巷道光面爆破参数的分析与应用](#)[期刊论文]-[中国矿业](#)2009, 18 (10)
7. [李平](#), [LI Ping](#) [隧道光面爆破技术与应用](#)[期刊论文]-[中国矿业](#)2007, 16 (7)
8. [刘仁旭](#), [汲红旗](#), [LIU Ren-xu](#), [JI Hong-qi](#) [公路隧道的光面爆破](#)[期刊论文]-[公路](#)2005 (10)
9. [郑先奇](#), [李伟](#) [京沪高速铁路滕州隧道光面爆破施工技术](#)[期刊论文]-[工程爆破](#)2009, 15 (3)
10. [许健](#), [Xu Jian](#) [甘肃引洮供水一期工程总干渠4号隧洞开挖光面爆破设计](#)[期刊论文]-[施工技术](#)2009, 38 (6)

引证文献(11条)

1. [刘庆红](#) [引水隧洞主洞光面爆破设计](#)[期刊论文]-[中国新技术新产品](#) 2010 (7)
2. [张俊刚](#), [王道远](#), [靳玉喜](#) [钻爆法在白龙江隧洞施工中的应用](#)[期刊论文]-[中国科技博览](#) 2010 (1)
3. [李博](#), [马明瑜](#), [王兴杰](#) [光面爆破技术在隧道施工中的应用](#)[期刊论文]-[科学技术与工程](#) 2010 (17)
4. [胡国伟](#), [郝四旺](#), [程文斌](#), [张俊兵](#) [复杂条件下单改双线隧道拆除扩挖控制爆破技术](#)[期刊论文]-[铁道工程学报](#) 2009 (11)
5. [潘明亮](#), [段宝福](#) [大断面隧道光面爆破技术的改进与应用](#)[期刊论文]-[有色金属 \(矿山部分\)](#) 2011 (2)
6. [蒲小平](#) [大瑶山隧道光面爆破技术](#)[期刊论文]-[现代矿业](#) 2009 (4)
7. [段宝福](#), [董道海](#) [武广专线大瑶山隧道光面爆破施工技术](#)[期刊论文]-[工程爆破](#) 2008 (2)
8. [邱志春](#) [浅谈公路隧道的光面爆破](#)[期刊论文]-[中国科技信息](#) 2006 (19)
9. [刘仁旭](#), [汲红旗](#) [公路隧道的光面爆破](#)[期刊论文]-[公路](#) 2005 (10)
10. [陈冬超](#), [杨海旺](#) [光面爆破在隧道施工中的试验与应用](#)[期刊论文]-[科技与生活](#) 2010 (1)
11. [闫春岭](#), [唐益群](#) [铁路隧道掘进施工中合理炮孔深度的研究与应用](#)[期刊论文]-[工程爆破](#) 2010 (1)

引用本文格式: [卓国平](#) [聿潭隧道的光面爆破](#)[期刊论文]-[铁道工程学报](#) 2003 (2)