

正阳隧道光面爆破施工技术

邵鸿博*

(中铁一局集团公司三公司, 陕西 咸阳 712000)

提 要: 渝怀线正阳隧道地质复杂, 溶洞、溶槽、节理裂隙发育, 涌水量大, 设计铺设防水板, 光爆效果的好坏将直接影响防水板的挂设与衬砌混凝土的质量。本文对该隧道的光面爆破施工技术作了简单介绍, 总结了几点体会。

关键词: 隧道; 光面爆破; 施工技术

中图分类号: TB533 **文献标识码:** A

1 概况

渝怀线 19 标段正阳隧道全长 3 364 m, 由于地质复杂, 施工难度较大, 被渝怀总指列为全线 60 个重点工程之一。隧道地处新华夏 NNE 构造体系濯河坝向斜 NW 翼, 为单斜构造。以灰岩为主, 伴随有角砾岩、泥岩、灰岩夹页岩、白云岩及煤, 在灰岩、灰岩夹页岩、页岩地层发育有溶洞、溶槽, 节理裂隙发育。地下水以基岩裂隙水及岩溶管道水为主, 具有酸性弱侵蚀、溶出性弱~中等侵蚀, 隧道最大涌水量 34 000 m³/d, 地震烈度为六度。

2 实施光面爆破的必要性

通过认真核对设计资料, 认为虽然地质条件较差, 围岩复杂多变, 但大部分围岩岩层整体性尚可, 具备实施光面爆破的先决地质条件, 而且实施光面爆破又有如下三点现实必要性。

(1) 地下水发育, 拱部挂设防水板, 只有做好光面爆破才能保证防水板衬砌混凝土与围岩的紧密贴合, 预防空洞的产生, 不出现滴、渗水, 保证施工质量。

(2) 隧道溶洞、溶槽、节理裂隙发育, 做好光面爆破、有利于降低对围岩的扰动, 充分发挥围岩的自身稳定性, 保证安全、快速施工。

(3) 隧道中部有煤层, 可能有瓦斯产生, 必须做好光面爆破, 减少通风阻力, 避免产生瓦斯聚集, 保证安全施工。

3 施工方法与机具

3.1 施工方法

钻爆法施工, 在Ⅱ、Ⅲ级围岩地段全断面开挖, 设移动台架人工风钻打眼, 非电爆破, 临时支护紧跟, 无轨装碴、运输, 整体衬砌。

3.2 施工机具

采用国产 YT-28 型手持风枪, 钻头直径 38 mm, 钻爆平台(自制)分三层, 每层三台钻, 立体作业。高压风、水管路用软管直接固定在平台上, 钻尾的短胶管直接用卡头同平台的管口相连。ZL-40D 侧翻式装载机装碴, 12 t 自卸车运输。

4 爆破技术设计

为减少对围岩的扰动及降低爆破振动强度, 周边眼采用光面爆破。掏槽眼及底板眼按抛掷爆破设计, 其它炮眼采用深孔微振动控制爆破。采用微差爆破技术, 严格控制最大装药量。

4.1 进尺与炮眼深度的选择

一般随着眼深的增加, 单循环的进尺也越高。但钻眼的深度与钻眼机械有关, 随着眼深的增加, 钻眼效率降低, 而且眼孔易出现弯曲, 孔间误差过大, 影响爆破效果, 通过实践证明正阳隧道在Ⅱ、Ⅲ级围岩条件下每

循环进尺 3 m,3.2 m~3.4 m 左右的炮眼深度比较理想。

4.2 爆破器材及起爆顺序

选择 2 号岩石硝铵炸药,规格为 $\phi 32\text{ mm}\times 200\text{ mm}$,0.15 kg/卷, $\phi 25\text{ mm}\times 200\text{ mm}$,0.12 kg/卷,塑料导爆管采用 1~15 段非电毫秒雷管。光面爆破时,从掏槽眼开始,一层一层从截面中心往外进行,最后是周边眼爆破。布置雷管段号时应注意:①合理的段间时间。②前一段的起爆要尽量为后一段爆破创造良好的临空面。

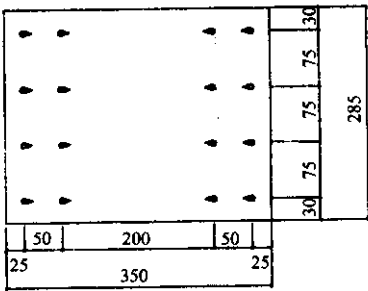
4.3 掏槽眼

掏槽是隧道爆破技术的关键,如果掏槽不成功,就不能为其他眼形成理想的临空面条件,且爆破后的流下的残眼很深,炮眼利用率低,掏槽眼周围的围岩震裂、破碎,钻眼时易卡钻。根据实际情况,我们改变了习惯沿用的直眼掏槽,将五心法直眼掏槽(见表 1)调整为 V 形二级复式掏槽。减少了炮眼和炸药消耗量、降低了掏槽眼爆破的振动强度、有力地维护了围岩自身稳定。在雷管段数足够的条件下,掏槽部分的岩体分部进行爆破,以保证良好的掏槽效果。

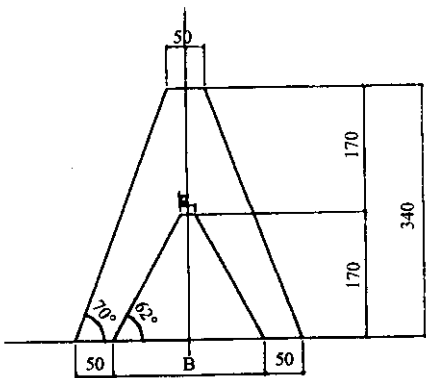
掏槽眼布置(见图 1 和图 2)
掏槽眼眼口间距离 B

$$B=2c+b=2\times 1.7\div\tan 62^{\circ}+0.2=2.02\text{ m}$$

取 $B=2\text{ m}$



比例:1:50(单位:cm)
图 1 掏槽眼正面布置图



比例:1:50(单位:cm) 其中: $B=200\text{ }\text{b}=20$
图 2 掏槽眼平面布置图

表 1 调整前爆破装药参数表

序号	炮眼名称		炮眼个数	眼深(m)	装药结构	装药量(kg)			雷管段数 (段别号)
						药卷(个)	单孔药量(kg)	小计	
1	掏槽眼	中孔槽眼	1	3.7	集中装药	$\phi 32\times 200-16$	2.4	2.4	1
		空眼	4	3.7	—	—	—	—	—
		内槽	4	3.5	集中装药	$\phi 32\times 200-15$	2.25	9	4、5
		扩槽	12	3.5	集中装药	$\phi 32\times 200-15$	2.25	27	6、7、8
2	掘进眼		24	3.5	集中装药	$\phi 32\times 200-15$	2.25	54	9、10、11、12
3	内圈眼		19	3.5	集中装药	$\phi 32\times 200-15$	2.25	42.75	13
4	周边眼		37	3.5	间隔装药	$\phi 26\times 200-7$	0.7	25.9	14
5	台炮		14	3.5	集中装药	$\phi 32\times 200-15$	2.25	31.5	12、13
6	底板		11	3.5	集中装药	$\phi 32\times 200-16$	2.4	26.4	15
	合计		126	442				218.95	

4.4 全断面一次光面爆破

影响光面爆破效果的主要参数是:周边炮眼间距为参数 (E) 、周边眼密集系数 (m) 、最小抵抗线 (W) 、不偶合系

数 (D) 和装药集中度 (q) 。实践证明这些参数是共同起作用的,只有这些参数都在某一正确的范围内时,爆破效果才是最理想的,各种参数中周边眼装药集中度 (q) 是最重要的参数。所以对光面爆破来讲,根据地质条

件、炸药品种、性能等因素,正确设计装药集中度(q),最为重要。

一般铁路隧道光面爆破周边眼间距 E 为 $(10\sim 18)d$,周边眼密集系数 m 为 $(0.7\sim 1.0)$,最小抵抗线 W 为 $(10\sim 20)d$, d 为炮眼直径,不偶合系数 D 为 $(1.25\sim 2.0)$,装药集中度 $q(0.04\sim 0.4\text{ kg/m})$ 。

4.5 爆破参数的选定

(1)炮眼深度 内槽眼 1.7 m,扩槽眼及底眼 3.4 m,其他眼 3.2 m。

(2)循环耗药量的计算 $Q=k\times v$

式中:

k ——单位炸药消耗量, kg/m^3 ;

v ——开挖体积, m^3 ;

(3)炮眼数目 $N\quad N=ks/ar$

式中:

k ——单位炸药消耗量, kg/m^3 ;

s ——开挖面积, m^2 ;

a ——炮眼装药系数(平均值);

r ——炸药的线装药密度, kg/m 。

全断面各类炮眼装药系数 a

炮眼名称	掏槽眼	扩槽眼	掘进眼	内圈眼	二台眼	底板眼
	0.93	0.85	0.8	0.62	0.82	0.85

(4)炮眼布置 先布置掏槽眼、周边眼,然后是底板眼、内圈眼、二台眼,最后布置掘进眼。炮眼布置图(见图 3)

(5)周边眼单眼装眼药量参考经验计算公式计算:

间距: $E=(13\sim 16)\times d\quad d$ 为炮眼直径

抵抗线: $W=(1.0\sim 1.5)\times E$

装药量集中度: $q=0.15\sim 0.25\text{ kg/m}$

装药不偶合系数 D 为 1.6

(6)其它炮眼单眼装药量

$$Q=kawL\lambda$$

式中:

k ——单位炸药消耗量, kg/m^3 ;

w ——炮眼爆破方向的抵抗线, m ;

a ——炮眼间距; m ;

L ——炮眼深度, m ;

λ ——炮眼的部位系数。

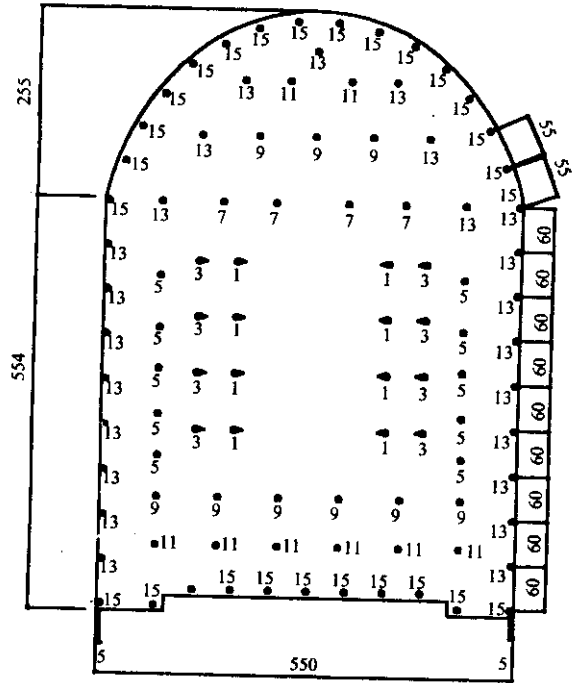
炮眼部位	掏槽炮眼	掘进眼	内圈眼	二台眼	底板眼
λ 值	1.0~2.0	0.95	0.85	1.05	1.1

万方数据

(7)装药结构 周边眼采用间隔装药,装药不偶合

系数为 1.6。其它眼采用连续装药。掏槽眼的首段采用正向装药起爆,其它炮眼采用反向装药起爆。炮泥堵塞长度不少于 30 cm。

(8)根据计算及类似工程经验初步选定爆破参数,再通过现场 2~3 茬炮实验修正,调整后的炮眼布置(见图 2)及装药参数(见表 2)。



比例:1:50(单位:cm)

图 3 炮眼布置图

4.6 钻爆参数

每循环钻爆孔平均数量 97 个,实际开挖断面 40 m^2 ,单位面积钻眼 2.425 个/m^2 ,单位体积岩石钻眼量 0.808 个/m^3 。平均每循环炸药消耗量 130.59 kg ,单位岩石体积炸药消耗量 1.088 kg/m^3 ,平均每循环雷管消耗量 99 发,单位岩石体积雷管消耗量 0.825 发/m^3 。

4.7 光爆效果

实际钻眼深度 $3.2\sim 3.4\text{ m}$,平均循环进尺 3.0 m ,平均炮眼利用率 90%,两茬炮衔接台阶拱部最大没有超过 8 cm,而且残眼前后基本在一条直线上,拱部炮眼残眼率达 90~93%。边墙两茬炮衔接台阶比较大,主要是由于打钻手 $1.5^\circ\sim 2.0^\circ$ 外插角度掌握不好,残眼率 80~85%。爆破后岩碴堆高约 4 m,抛掷距离 $15\text{ m}\sim 25\text{ m}$,石碴较破碎,底板平整,符合装碴要求。

光面爆破的良好效果不仅提高了开挖质量,保证了防水板的挂设,而且提高了衬砌混凝土的质量,做到

了不渗不漏,兑现了合同承诺,受到了渝怀总指表彰, (工)。
正阳隧道进出口分别被总指列为预备样板工程(未完

表 2 调整后爆破装药参数表

序号	炮眼名称		炮眼 个数	眼 深 (m)	装药结构	装 药 量 (kg)			雷 管 段 数
						药卷	单孔药量	小计	(段别号)
1	掏槽眼	内 槽	8	1.7	集中装药	$\phi 32\times 200-7$	1.05	8.4	1
		扩 槽	8	3.4	集中装药	$\phi 32\times 200-15$	2.25	18	3
2	掘进眼		9	3.2	集中装药	$\phi 32\times 200-12$	1.8	16.2	7、9、11
3	内圈眼		17	3.2	集中装药	$\phi 32\times 200-12$	1.5	25.5	5、13
4	周边眼		32	3.2	间隔装药	$\phi 25\times 200-6$	0.72	23.04	13、15
5	台 炮		12	3.2	集中装药	$\phi 32\times 200-10$	1.5	18	9、11
6	底 板		11	3.4	集中装药	$\phi 32\times 200-13$	1.95	21.45	15
	合 计		97	301.6				130.59	

总指办[2002]35 号文对正阳隧道进出口等十二个工点的光面爆破、混凝土衬砌质量点名表彰,号召全线学习。

5 体会

- 5.1 在光面爆破技术中,E/W 值对光面爆破效果有很大的影响,要实现设定的 E、W 值,必须严格按钻爆设计布眼,每茬炮均用测量仪器准确放出线、炮眼位置及角度,按眼钻孔、清孔,不合格的眼孔要重新钻,检查合格后方可按设计要求正确装药连线爆破,以求达到理想的光爆效果。
- 5.2 合理地选择钻爆参数,并根据不同的围岩变化情况及时调整爆破参数,不断完善爆破设计。当裂隙方向与要求爆出的岩面方向重合或垂直时,或岩体完整无裂隙时效果最好,地质构造复杂,裂隙发育的部位,要适当减小间距,减少线装药密度等周边眼参数,避免裂

隙扩大和产生新的裂隙,这样有利于成形,减少爆破对围岩的扰动。

- 5.3 光面爆破轮比较圆顺,无欠挖,平均超挖 7 cm,控制住了超挖,就控制住了超挖量,也就控制住了超挖回填混凝土衬砌量,不仅保证了工程质量,而且有效地控制了工程成本。
- 5.4 光爆施工的良好效果,有效地发挥了围岩的自稳能力,使找顶时间大大减少,减少了临时支护,为下道工序创造良好的施工条件,为正阳隧道连续 26 个月单口百 m 成洞、最高月成洞 216 m,实现快速掘进提供了保证。
- 5.5 采用了炮眼少、耗药量小、爆破振动强度低的 V 形二复式掏柄槽,较习惯沿用直眼掏槽的做法更合理、更经济。
- 5.6 在爆破设计和实际操作中边墙光爆效果不够理想,在以后的施工中,还要进一步提高。

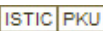
SMOOTHWALL BLASTING CONSTRUCTION TECHNIQUE FOR ZHENGYANG TUNNEL

SHAO Hong-bo

China Railway First Engineering Bureau Group Corporation

Abstract: The geologic condition of Zhengyang Tunnel on Chengdu—Huaihua Railway Line is complx,whth gaps developing of kast cave,fluid bowl and joint,and much water gushing. Therefore water—proof plates should be laid. The result of smoothwall blasting directly influences on the quality of liner concrete. A brief introduction to the smoothwall blasting technique for Zhengyang Tunnel is given and some experience summed up in this paper.

Key words 正阳隧道; smoothwall blasting; construction technique

作者: [邵鸿博](#)
作者单位: [中铁一局集团公司三公司, 陕西, 咸阳, 712000](#)
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: 3次

本文读者也读过(10条)

1. [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)
2. [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)
3. [徐再贤](#), [胡炜](#) [光面爆破技术在水电站引水隧洞开挖中的应用](#)[期刊论文]-[魅力中国](#)2009(28)
4. [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)
5. [许珍](#) [桥梁桩基施工工艺及处理措施](#)[期刊论文]-[广西质量监督导报](#)2010(8)
6. [徐青](#), [樊永强](#) [光面爆破技术在山岭公路隧道施工中的应用](#)[会议论文]-2007
7. [彭剑](#), [PENG Jian](#) [一种新的光面爆破装药方式](#)[期刊论文]-[公路工程](#)2009, 34(3)
8. [王晓义](#), [WANG Xiao-yi](#) [如何在软岩中实现光面爆破](#)[期刊论文]-[煤炭技术](#)2009, 28(7)
9. [贺良](#) [浅谈隧道工程光面爆破施工管理](#)[期刊论文]-[中国科技财富](#)2010(16)
10. [刘建国](#) [桥梁桩基旋挖钻施工新技术的应用](#)[期刊论文]-[岩土工程界](#)2002, 5(12)

引证文献(3条)

1. [刘仁旭](#), [汲红旗](#) [公路隧道的光面爆破](#)[期刊论文]-[公路](#) 2005(10)
2. [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)
3. [石东](#) [对某大型隧道工程的监测及结果分析](#)[期刊论文]-[南通职业大学学报](#) 2010(3)

引用本文格式: [邵鸿博](#) [正阳隧道光面爆破施工技术](#)[期刊论文]-[铁道工程学报](#) 2003(2)