

# 全电脑三臂凿岩台车线性聚能光面爆破施工技术

## Construction technology of linear shaped energy smooth blasting with full computer three arm rock drilling jumbo

杨辉 胡涛

Hui Yang Tao Hu

中交一公局第四工程有限公司 广西 南宁 530033

The Fourth Engineering Co Ltd ofCCCC First Engineering Co Ltd Nanning Guangxi 530033

**摘要:**项目基于全电脑三臂凿岩台车钻孔精度高、施工效率高优点,结合聚能光面爆破施工技术,对隧道进行爆破施工,通过在桐梓隧道钻爆开挖中不断调整优化,逐步形成了全电脑三臂凿岩台车线性聚能爆破施工技术,在提升隧道施工工效、减少隧道超欠挖、降低施工成本方面取得了显著技术经济效益,为同类大跨隧道施工提供参考。

**Abstract:** Based on the advantages of high drilling accuracy and fast construction efficiency of the three arm rock drill trolley, the project carries out blasting construction of the tunnel combining with the construction technology of the aggregate smooth surface blasting. Through continuous adjustment and Optimization in the drilling and blasting excavation of Tongzi tunnel, the linear energy explosion construction technology of the full computer three arm rock drill trolley is gradually formed, which improves the construction efficiency of the tunnel, reduces the over and under excavation of the tunnel The significant technical and economic benefits have been obtained in reducing the construction cost, which provides reference for the construction of similar large-span tunnels.

**关键词:**全电脑三臂凿岩台车;聚能光面爆破;双向传爆

**Keywords:** Full computer three arm rock drilling jumbo; Shaped charge smooth blasting; Two way booster

**DOI:** 10.12346/etr.v3i4.3288

### 一、前言

目前隧道开挖主要采用人工钻爆法开挖,在掘进过程中,由于围岩地质情况、节理裂隙分布情况、打眼方式和精度等因素的影响,使得实际开挖的轮廓线与设计轮廓线不能完全重合,岩石隧道的掘进过程中,超欠挖现象普遍存在,严重影响施工企业的综合效益,尽管各类专家对此都极其重视,增加了很多科研投入来控制隧道的超欠挖,但是效果甚微,并没有起到很好的控制作用,随着我国国力的提升和机械制造能力的提高,三臂凿岩台车逐渐在隧道开挖中推广应用,项目基于全电脑三臂凿岩台车钻孔精度高、施工效率高、机械化程度高以及聚能光面爆破施工质量好等优点,在桐梓隧道钻爆开挖中不断调整优化,逐步形成了全电脑三臂凿岩台车线性聚能爆破施工技术,在提升隧道施工工效、减少隧道超欠挖、降低施工成本方面取得了显著技术经济效益,为同类大跨隧道施工提供参考。

### 二、工程概况

重遵扩容项目桐梓隧道位于贵州遵义桐梓县境内,设计为左、右线分离式双向六车道隧道,主洞建筑限界净宽14.75m,净高5m,主洞开挖平均断面面积160m<sup>2</sup>,桐梓隧道全长10497m,为贵州省最长三车道公路隧道,也是目前全国三车道在建高速公路第一长隧,是全线控制性工程,项目承担出口端4.5km施工任务。

### 三、工艺原理

(1)采用全电脑三臂凿岩台车进行钻孔作业,将爆破设计参数导入全电脑三臂凿岩台车驾驶室内车载主控电脑,利用导航分析器及爆破图车载电脑,实现钻孔数量、角度、深度等参数自动找点控制,实现快速钻孔,同时提高成孔精度及质量。

(2)采用聚能爆破施工工艺进行光面爆破,利用点状合

**【作者简介】**杨辉(1986~),男,汉族,陕西商洛人,高级工程师,本科。胡涛(1979~),男,汉族,贵州仁怀人,高级工程师,本科。

理分布爆破能量和聚能导向、护垫缓冲原理,减弱爆破冲击波对轮廓面围岩的爆破扰动损伤,与没有聚能管相比,对围岩的破坏程度降低,有利于保护围岩,减少隧道超欠挖。

## 四、施工工艺流程及操作要点

### (一)施工工艺流程

主要施工工艺流程为爆破设计、台车钻孔、聚能爆破,工艺流程图如下:

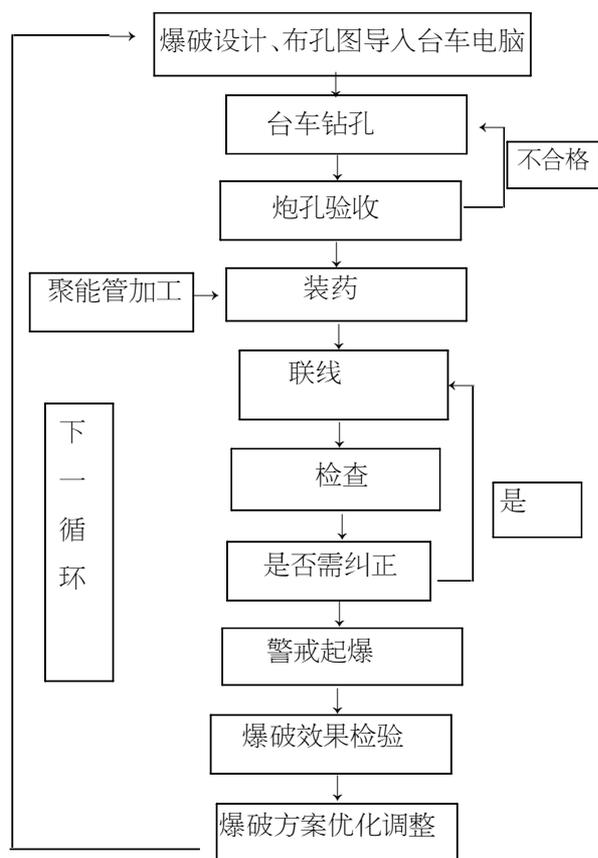


图1 施工工艺流程图

### (二)爆破方案设计

三臂凿岩台车钻孔直径为48mm,周边眼间距60~80cm,最小抵抗线40cm,掏槽眼采取水平楔形复式掏槽法,左右各布置6列,由中心至两边掏槽眼深度为6m。周边眼、底眼及辅助眼采用直眼钻孔,孔深4.0m~4.2m。平均每循环进尺4m。

### (三)台车钻孔施工

#### 1、测量固定点及台车定位

在隧道选择两个固定点进行测量坐标,把测量的坐标点数据输入爆破设计布孔图软件然后把布孔图和固定点导入三臂全电脑凿岩台车。三臂全电脑凿岩台车支撑在距离掌子面前1.5m处,把徕卡全站仪架在三臂全电脑凿岩台车后30m左右,徕卡全站仪距离固定点10m左右,打开徕卡全站仪自动连接三臂全电脑凿岩台车电脑,选用三臂全电脑凿岩台车一个钻臂在掌子面找一个基准面进行导航,导航完成收好徕卡全站仪防止损坏。

#### 2、钻孔

在三臂全电脑凿岩台车使用之前必须满足作业要求的电压和水压,三臂全电脑凿岩台车提供电压380V,电压最大波动 $\pm 5\%$ ,变压器或配电室距离工作面小于500米,提供的电源超过400KVA,提供单根电缆400平方以上四芯,空气开关630A以上,钻孔时进水管要求耐压20Bar,当进水管水压不够时要使用增加泵增压。三臂全电脑凿岩台车定位完成之后,按照导入三臂全电脑凿岩台车的爆破设计布孔图进行钻孔,严格按照布孔图上炮孔的位置进行钻孔。钻孔的顺序先打底部炮孔,然后钻周边炮孔和辅助炮孔,最后钻楔形掏槽孔。三臂全电脑凿岩台车具有自动清孔功能,能够自动清洗孔中残留的石渣和泥土。

#### 3、检查验收

(1)炮孔检查是指检查孔深和孔距。孔距一般都能按参数控制,因此炮孔的检查,主要是炮孔深度的检查。孔深的检查,分三级检查负责制,即打完孔后个人检查、接班人或班长抽查及专职检查人员验收。检查的方法最简单的是通过测量仪器或钢尺测量,测量时要做好记录。

(2)根据实践,炮孔深度不能满足设计要求的原因有:炮孔壁片帮垮落片石而堵孔;排出的岩碴因某种原因回填孔底;凿岩时,因故岩碴未被吹出,残存岩碴在孔底沉积造成孔深不够。

(3)为防止堵孔,应该做到:钻完孔后,要将岩碴吹干净,防止回填,若不能吹净,应适当加大钻孔深度;凿岩时将孔口岩石清理干净,防止掉落孔内;防止雨天的雨水流到孔内,可采用围住孔口作围堤的方法;在有条件的地方打完孔后,尽快爆破也是防止堵孔的一个重要方法。

(4)对于没有防水炸药的情况,可以将孔内积水排除,排水方法有提水法、爆破法、高压风吹出法等,使用这些方法孔内积水仍无法排干时,应该采用防水炸药进行爆破。

#### (四)聚能管加工

##### 1、材料准备

C型聚能管、乳化炸药、导爆索、雷管。

##### 2、聚能管加工流程

第一步,领取炸药,并将乳化炸药两头切开;

第二步,将第一节炸药安置在C型聚能管中,并将红线从炸药底部穿过;

第三步,根据围岩等级和强度,确定周边孔单孔装药量(爆破参数应根据试炮调整),将 $\Phi 32\text{mm}300\text{g}$ 乳化炸药沿着轴向切割成3段,孔底部的位置安装3段100g药卷,用胶布固定,第二节药卷装50g与底部装药间隔5-10cm,从第三节开始间隔20-30cm,再装50g炸药,直到孔口部位,利用切缝形成两管片将乳化炸药与导爆索压实,并用电工胶固定切缝管与半圆管片。

#### (五)装药堵塞

将加工好的聚能管安装至周边炮孔内,安装聚能管过程中,尤其注意聚能槽方向顺着隧道轮廓线进行安装,确保半圆管片在轮廓面保护侧,然后平缓推入让聚能管装置到达孔底位置,以便最大效应发挥爆破应力扩张切割效果,控制周边线性,控制超欠挖。隧道掏槽孔、辅助孔等非周边孔按正常程序装药,装药完成后,在孔口位置堵塞20-30cm长度的炮

泥并捣实。孔口堵塞材料宜选用稍湿的粘土采用,炮泥含水量一般控制在20%左右,以能捏成团为度,严禁用稀泥、石块堵塞。为了提高效率和堵塞质量,宜采用专用炮泥机加工成筒条形状的炮泥,

#### (六)导爆索双向起爆网路连接

创新周边眼双向传爆导爆索网路,每个孔内导爆索尾部用约50cm长度弯成水滴型环,结合处的电工胶缠绕长度为15-20cm,孔外连接导爆索采用正根导爆索,每6个孔用1发雷管连接。在两孔间的孔外导爆索上连接处弯成 $\Omega$ 型索结,雷管置于 $\Omega$ 正中,正向传爆,结合处的电工胶缠绕长度为15-20cm。其他孔的孔外双发接力雷管,实现交叉或者跨越一阶接入上一阶或者降阶接入传爆节点。

### 五、爆破效果

(1)全电脑三臂凿岩台车线性聚能智能化预裂爆破平均每循环进尺4m,相比传统人工爆破进尺3m多进尺1m,且钻孔效率高;

(2)相较于常规隧道爆破,掌子作业人数由9人降至1人,有效保障了施工安全;

炮眼残留率由原先的50%提高至85%,爆破效果得到了极大的提高,且爆破后隧道壁面较为平顺光整,通过测量人员对断面的扫描,隧道超欠挖能有效控制在10cm左右,常规爆破一般控制在20cm左右,超欠挖的有效控制大大降低了初喷混凝土的用量及喷射混凝土的施工时间。

#### (一)直接经济效益

表2 全电脑三臂凿岩台车线性聚能光面爆破与常规光面爆破耗材分析(一循环4m)

项目名称	单价	常规光面爆破		新型聚能爆破		成本节约/元
		消耗量	合价/元	消耗量	合价/元	
炸药/kg	11.00	479.70	5276.70	456.48	5021.28	255.42
雷管/枚	7.26	218.00	1582.68	182.00	1321.32	261.36
导爆索/米	4.20	950.00	3990.00	1000.00	4200.00	-210.00
聚能管/4m	17.50	0.00	0.00	42.00	735.00	-735.00
湿喷砼	374.62	59.2	22177.504	43.8	16408.356	5769.148
合计			33026.88		27685.96	5340.92

(1)采用全电脑三臂凿岩台车线性聚能智能化预裂爆破与常规光面爆破耗材、人工、机械成本分析如下:

表3 人工开挖综合成本

序号	种类	费用(元)	开挖进尺(米)	每延米费用(元)
1	电费	18273.4		
2	配件消耗	5435		
3	油品消耗	0		
4	人员费用	134500	100	1705
5	设备折旧费用	5800		
6	电力设备费用	6500		
7	合计	170508.4		

表4 三臂凿岩台车综合成本

序号	种类	费用(元)	进尺	每延米费用
1	电量	10056.60		
2	油品消耗	2640.00		
3	配件消耗	30347.78		
4	设备折旧	101626.72	110	2383
5	电力折旧	6000.27		
6	人员费用	111500		
7	合计	262171.37		

从上表可以看出,全电脑三臂凿岩台车线性聚能智能化预裂爆破较人工爆破在炸材、初喷砼消耗方面节约 5341/4=1335 元/m; III、IV级围岩下传统人工开挖综合费用为 1705 元/m,三臂凿岩台车开挖费用为 2383 元/m,常规爆破人工开挖每延米可节约费用 678 元,但考虑炸材、初喷砼消耗方面全电脑三臂凿岩台车线性聚能智能化预裂爆破开挖节约 1335 元/m,综合得出采用全电脑三臂凿岩台车线性聚能智能化预裂爆破,每延米可节约 657 元,以 3#斜井主洞工区 3.0km 计算,可节约经济成本 197.1 万元,且采用三臂凿岩台车施工可提高功效近 10%,减少掌子面作业人数,符合当前提倡的隧道机械化施工、安全施工的理念。

## (二)工期效益

桐梓隧道 3#斜井工区主洞采用三臂凿岩台车钻爆施工月进尺 110m 左右,而人工开挖月进尺 100m。通过对比三臂凿岩台车比人工开挖月进尺多 10m,桐梓隧道 3#斜井工区

主洞单洞长 1500m,三臂凿岩台车比人工开挖工期缩短 42 天。

## 六、总结

项目基于全电脑三臂凿岩台车及聚能光面爆破技术对隧道进行开挖施工,目前已在兰州至海口国家高速公路重庆至遵义段(贵州境)扩容工程第 T8 合同段桐梓隧道中得到了成功的应用,提高了隧道爆破炮眼残留率,有效控制隧道超欠挖,减少施工过程中对隧道围岩的扰动,减少了初喷砼的消耗,降低隧道初支空洞概率,避免破坏原有的自然环境,同时减少掌子面作业人数,进一步实现了本质安全,经济效益显著,契合国家节能减排的发展思路,应用价值高,但由于三臂凿岩台车小臂线性较直,较人工打钻时钻杆可塑性弱,机械臂贴紧最后一环拱架时外插角仍有 20°-30°,所以需在开挖爆破后预留 1-2 榀拱架不安装才能保证钻孔的效果,对隧道围岩要求较高,但该技术为同类大跨隧道高效快速施工提供了新的思路,具有较大的参考意义。

## 参考文献

- [1] 周佳,李明,李斌,张川,蔡欣,王龙飞.聚能+水压光面爆破技术[J].绿色科技,2018(16):197-198.
- [2] 李峰.聚能水压爆破在公路隧道中的应用研究[J].低温建筑技术,2018,40(07):74-76+83.
- [3] 王军.聚能水压光面爆破技术在崂山隧道施工中的应用研究[J].铁道建筑技术,2017(05):81-84.
- [4] 刘海波,白宗河,刘学攀,陈磊.隧道掘进聚能水压光面爆破新技术与应用[J].工程爆破,2017,23(01):81-84.
- [5] 吕玉松.隧道三臂凿岩台车楔形及直眼掏槽爆破技术研究[J].山东工业技术,2017(12):137-139.
- [6] 朱琴生.三臂凿岩台车施工技术在青岛胶州湾海底隧道中的应用研究[J].隧道建设,2010,30(06):670-674.
- [7] 明文锋.隧道机械化施工成本分析[J].现代国企研究,2018(02):146+148.