

文章编号: 0451-0712(2005)10-0218-03

中图分类号: U455.7

文献标识码: B

# 单导洞方案在骨塘连体隧道的应用

林兴锴, 张士杰

(路桥集团第一公路工程局厦门工程处 厦门市 361021)

**摘要:** “单导洞施工法”开挖次数少, 工序相对简单, 工作面大, 效率高, 并能提高防水层的整体性。这些优点在骨塘连体隧道施工中得到了验证。

**关键词:** 骨塘连体隧道; 单导洞方案

## 1 工程概述

骨塘隧道位于金(华)丽(水)温(州)高速公路金华~丽水段第11合同段内, 为连体隧道。起迄桩号K36+360~K37+545, 全长185 m, 其中明洞70 m, 暗洞115 m(设计Ⅱ类围岩50 m, Ⅲ类围岩10 m, Ⅳ类围岩55 m)。

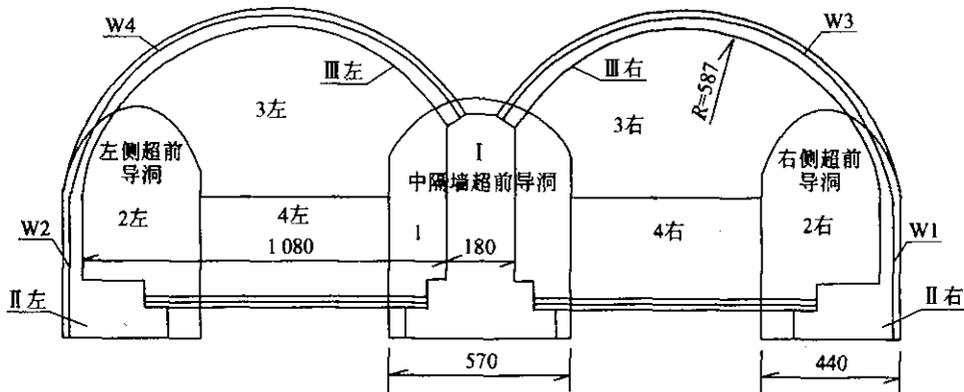
## 2 隧道工程地质概况

隧道中心穿过强、中、微风化熔结凝灰岩, 暗洞进入微风化为主的基岩, 裂隙不发育, 岩体完整, 质硬; 隧道区地形高差大, 地表水补给条件相对较差,

而排水条件好, 附水性、透水性相对较弱。总体来说, 水文地质条件简单, 主要为第四系松散孔隙水和基岩裂隙水。

## 3 隧道结构形式及主要特征

该隧道设计为双连整体式单向双车道的横断面结构形式, 中隔墙厚度1.8 m, 明洞按明挖施工, 暗洞衬砌结构按新奥法原理, 采用复合支护结构形式。主洞Ⅱ类围岩设计开挖断面为223.9 m<sup>2</sup>, Ⅲ类围岩为214.5 m<sup>2</sup>, Ⅳ类围岩178.03 m<sup>2</sup>。具体断面主要尺寸见图1。



单位: cm

图1 隧道断面及三导洞施工方案

## 4 “三导洞”方案与“单导洞”方案比选

### 4.1 方案1(图1)

采用设计图纸推荐的“三导坑先墙后拱”, 其施工步骤如下:

- ①——中隔墙超前导洞开挖(含导洞锚喷支护);  
I——中隔墙衬砌(含锚喷支护);
- ②左(右)——左右侧墙超前导洞开挖(可同时进行);

Ⅱ——左右侧墙衬砌(含锚喷支护,防水层W1、W2);

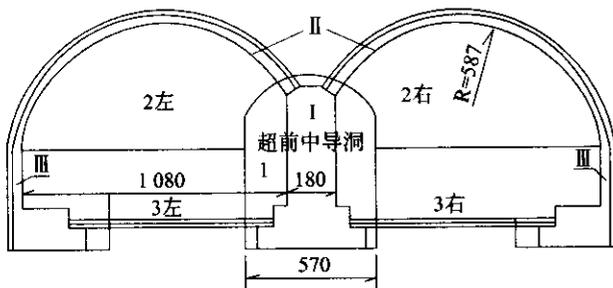
③左(右)——中隔墙衬砌完成,且隔墙右(左)侧钢支撑后,左(右)洞上断面开挖;

Ⅲ——左(右)洞拱圈衬砌(含锚喷支护,防水层W3、W4);

④左(右)——左(右)洞下部开挖。

上面③、Ⅲ、④步骤必须在左右洞独立完成后,才能对另一洞施工。

#### 4.2 方案2(图2)



单位:cm

图2 单导洞施工方案

单导洞长台阶开挖方案具体施工步骤如下:

①——中隔墙超前导洞开挖(含导洞锚喷支护);

I——中隔墙衬砌(含锚喷支护);

②左(右)——左右主洞上台阶开挖(含环形布置超前导管超前支护);

Ⅱ——左右主洞上台阶(拱部)锚喷支护;

③左(右)——左右主洞下台阶开挖;

Ⅲ——左右主洞下台阶锚喷支护。

以上开挖初支工序完成以后,即可进行仰拱、侧墙施工,最后采用全断面全液压模板台车进行二次整体衬砌。

#### 4.3 方案比较

##### 4.3.1 进度方面

(1)方案1分7次开挖且增加通风排水等工序;而方案2开挖只需3次,节省了4道工序,且工序相对简单,减少交叉,既方便施工管理,又可提高施工进度。

(2)采用方案1施工,由于导洞、主洞分部开挖断面小,不能实现机械化作业,施工劳动强度大;方案2则可利用大断面开挖优势,在开挖(打眼用打眼台车、出渣用装载机配以自卸卡车)、初支(支护台

车)、二衬(全液压模板台车)各环节均可利用大型机械、设备施工,大大提高隧道施工的机械化程度和配套机械使用率,有效缩短总体工期。

##### 4.3.2 对后续工序质量的影响

(1)在防水层作业中,方案2防水卷材全断面一次性布置,可避免按方案1施工产生的环向接缝,保证了防水层施工的整体性,提高了防水能力。

(2)对于二衬结构,方案2施工缝置于方案1拱基线以下,使钢筋接头不受拱脚弯矩影响,改善受力状态,且能够结合全液压模板台车实现大断面整体衬砌,避免外露混凝土横向施工缝影响外观质量。

##### 4.3.3 施工技术安全性能比较

(1)方案1采用“三导洞”施工,避免了大断面开挖;而且先墙后拱施工,使隧道初期支护顺序由下及上完成全断面支护,施工安全。但因为多次导洞施工,多次放炮,增加了爆破地震波和冲击波,使围岩受到多次扰动,围岩应力进行多次分配,围岩的自承能力也受到严重破坏,不利于围岩稳定;同时小断面施工机械化程度必然不高,由于围岩的变形使围岩的稳定具有时间效应,从这个角度讲,衬砌断面如果不能及时闭合,围岩的承载能力必然也有一定的损失。

(2)方案2“单导洞”方法主洞长,台阶掘进,简化工序,减少了围岩扰动次数,但断面跨度增大,安全系数降低。

综合上述,经过比选,方案2若能科学合理地解决因大断面开挖带来的安全风险增大的问题,并在技术安全方面经论证可行,在保证总体进度、质量要求方面均明显优于方案1,可从质量、进度上获取较为可观的效益,对连体隧道施工法的创新也是一个有益的探索和尝试。

#### 4.4 方案2的技术安全可行性分析

对于方案2技术安全方面存在的质疑,我们从隧道的水文地质状况、设计支护情况、施工工艺保证等方面进行分析研究。

##### 4.4.1 隧道现场围岩稳定性分析

隧道围岩设计为Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ类围岩,通过中导洞施工,对隧道结构面产状进行察看分析,地质情况与设计基本吻合,岩石坚硬且整体性好,节理不发育,有轻微泥土夹层,无明显不良地质情况;同时在中导洞施工中采取监控量测的方法,进行围岩收敛及沉降监测,现场掌握的第一手数据表明导洞开挖后围岩变形微小、均匀无突变,开挖后从开始的整个变形

过程变形速率均低于  $0.1 \text{ mm/d}$  (主洞监测要求: 水平收敛位移速度为  $0.1 \sim 0.2 \text{ mm/d}$ 、拱顶位移速度为  $0.1 \text{ mm/d}$  以下时, 可认为围岩已基本稳定, 可施做二次衬砌); 另支护裂隙观测未发现异常, 喷混凝土表面保持完好; 地下水贫乏, 水文地质条件简单, 主要为松散孔隙水和基岩裂隙水。种种现场观测结果表明隧道围岩变形小、地质情况整体性较好, 具有良好的稳定性。

#### 4.4.2 方案2实践的设计技术依托

骨塘隧道设计采用的是锚喷支护体系, 超前支护、初期支护结构具有较大的刚度、强度(Ⅱ类围岩设有超前导管预支护, 初支采用敷设锚杆、厚度为  $25 \text{ cmC20}$  喷射混凝土、钢筋网和 14 号工字钢拱架; Ⅲ类围岩设有锚杆、厚度为  $15 \text{ cmC20}$  喷射混凝土、钢筋网和 14 号工字钢拱架; Ⅳ类围岩设有锚杆、钢筋网和厚度为  $10 \text{ cmC20}$  喷射混凝土); 喷射混凝土挤入或密封开挖后的围岩径向裂隙, 改善裂隙应力状态, 从而避免了围岩的剪切破坏, 而锚杆对环向裂隙进行加固, 将破碎的岩石和与母岩脱离的岩石锚固在稳定的基岩上, 或者将破碎、松散的岩石形成承压拱, 从而避免了围岩的破坏, 提高自承能力。Ⅱ、Ⅲ类围岩敷设 14 号工字钢型钢拱架在初支中提供了强有力的外部支撑。

#### 4.4.3 方案2实践的施工工艺技术依托

(1) 施工设计优化主洞上下台阶界限划分、制定合理的开挖次序和开挖进尺。

① 上下台阶划分线设置在起拱线以下, 改善初支受力, 配合短掘快支, 增强初期支护体系的稳定性。

② 单洞上下台阶开挖次序: 骨塘隧道为短隧道, 暗洞仅为  $115 \text{ m}$ , 台阶法施工可将上部断面全部挖通后, 再开挖下半断面。该法一方面施工干扰更少, 可进行单工序作业, 避免下台阶多工序交叉作业; 另外有利于减少开挖爆破作业对同一区段围岩及支护混凝土的集中重复扰动。

③ 连体隧道双洞开挖时, 后行洞靠先行洞侧的围岩实际处于悬空状态, 这部分围岩经先行洞爆破开挖已扰动过一次, 如果后行洞的开挖方法不当, 可能对围岩造成严重的二次扰动, 并导致先行洞洞壁破坏。为此, 采用小剂药量弱爆破、强支护、勤量测, 结合具体情况, 合理控制后行洞施工进尺。

(2) 采用光面爆破新工艺, 保护和利用围岩的自身承载能力。

光面爆破时周边炮眼同时起爆, 使周边炮眼间形成贯穿裂缝, 然后其他部位的炮眼再起爆, 这样就抑制了周边眼之外岩石的裂缝产生和扩大; 光面爆破采用的小药量、周边空眼、微差时间爆破使周边眼各药卷爆破时不产生或轻微程度地产生叠加破坏, 有利于保护开挖面以外围岩的原有性状。满足新奥法施工关于最大限度利用围岩自承能力的要求。

#### 4.5 方案的选定

针对以上分析结果, 我们认为大断面掘进具有足够的安全保障, 方案2是可行的。为慎重起见, 我们还专门邀请有关隧道专家到现场勘察指导, 方案2得到了进一步的肯定。最后决定: 变更设计提供的“三导坑先墙后拱”施工方案, 上报“连体隧道单导洞、全断面长台阶”施工方案。

#### 5 实际施工过程、控制和验证

骨塘隧道在完成中隔墙浇注以后, 于 2000 年 6 月 1 日进行左隧道上台阶开挖。施工中, 一方面短掘快支、抓好现场施工管理; 另一方面, 注意及时掌握施工信息, 抓好现场地质监控量测, 合理布点进行围岩的收敛与沉降观测, 用于指导后续施工。当左洞上台阶开挖及初支完成  $60 \text{ m}$  时, 经过长时间收敛监控量测, 左洞围岩趋于稳定, 开始进行右洞上台阶开挖, 此时先行洞(左洞)围岩已经悬空, 后行洞开挖形成中隔墙顶部侧压。施工除了注意减小对先行洞、中隔墙顶围岩的二次扰动之外, 尤其要保障中隔墙的稳定性(主要是横向抗倾覆能力)(见图 3)。

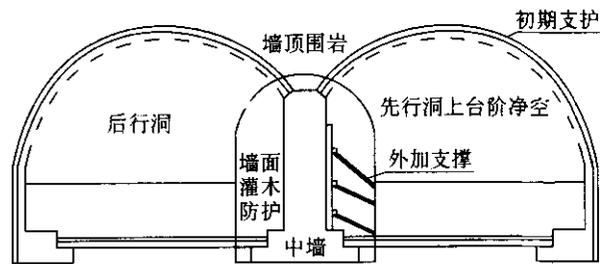


图3 后行洞上台阶开挖示意

因此采取如下措施:

(1) 控制一次齐爆药量, 减少对围岩扰动, 特别在后行洞中隔墙顶部附近, 减小光面爆破炮眼间距, 降低单孔药量, 严格禁止超控穿透墙顶围岩;

(2) 缩短爆破开挖进尺, 短掘快支, 减小中墙受压段长度, 加紧支护, 及时恢复中墙平衡受力;

(3) 每次爆破, 在中墙先行洞一侧用型钢、原木

文章编号: 0451-0712(2005)10-0221-05

中图分类号: U455.6

文献标识码: B

# 公路隧道的光面爆破

刘仁旭, 汲红旗

(路桥集团第一公路工程局隧道公司 北京市 100085)

摘要: 介绍了光面爆破技术的应用及爆破参数的确定和施工过程的质量控制与爆破效果。

关键词: 隧道; 光面爆破; 爆破参数; 施工技术

## 1 工程概况

父子关隧道位于沪蓉西高速公路 ZK35+210~ZK36+300、YK35+250~YK36+170 处, 是一座上下行分离的四车道高速公路中长隧道, 左洞长 1 025 m, 右洞长 870 m, 隧道最大埋深约 166 m。计算行车速度为 80 km/h, 隧道净空高 5.0 m, 建筑限界净宽为:  $2 \times (0.75 \text{ m} + 0.25 \text{ m} + 0.5 \text{ m} + 2 \times 3.75 \text{ m} + 0.5 \text{ m} + 0.25 \text{ m}) = 2 \times 9.75 \text{ m}$ 。本隧道围岩可分为Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ类三大类, 其中Ⅱ类围岩长度为 127 m, Ⅲ类围岩长度为 340 m, Ⅳ类围岩长度为 1 510 m。Ⅳ类围岩开挖面积为  $95.47 \text{ m}^2$ , 采用全断面开挖和光面爆破, 非电毫秒雷管起爆, 减少了超欠挖和减弱了对围岩的扰动, 提高了开挖质量并确保了施工安全。

## 2 光面爆破法简介

光面爆破的实质是按照隧道断面的设计轮廓线合理布置周边眼而进行的一种控制爆破, 实质上就是爆破光面层, 而实施爆破之后, 在隧道周边形成一

个光滑平整的边壁, 使隧道断面既符合设计轮廓要求, 又要使围岩不产生损伤, 从而保持围岩的完整和自身承载能力, 以达到快捷、高效、优质的施工目的。光面爆破分为全断面一次爆破和预留光面层两种。对于父子关隧道可采用全断面一次爆破法。

### 2.1 隧道施工采用光面爆破的必要性

(1) 隧道开挖实施光面爆破后, 在隧道周边形成一个光滑平整的边壁, 使隧道断面既符合设计轮廓要求, 又使隧道围岩不产生损伤, 从而保持围岩的完整性和自身承载能力, 有利于隧道的维护。

(2) 避免了隧道施工时产生欠挖或超挖, 于是减少了欠挖处理的时间和超挖所需的填料, 加快了施工进度, 保证了工程质量, 降低了成本。

(3) 由于采用光面爆破技术, 防止了爆破对隧道围岩的强烈振动, 保持了隧道围岩的稳定性, 达到了安全施工的目的。

(4) 因地下水发育, 拱部需挂设防水板。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

收稿日期: 2005-09-01

施加支撑, 在中墙靠后行洞一侧用灌木丛覆盖, 从而削弱和消除爆破产生的冲击波。

通过一系列有效措施, 掘进、支护工作顺利进行, 到 9 月底右洞上台阶贯通, 到 10 月底, 左右洞开挖及初期支护全面结束。全过程围岩稳定。实践证明, 在骨塘连体隧道采用单导洞、全断面长台阶施工法, 是切实可行的。其显著优点是便于采用整体全液压模板台车进行二次衬砌, 能有效保证施工质量, 整体铺设防排水层更有利于提高隧道的防水能力; 减少了侧导洞的开挖及支护的时间, 工序简单, 便于管

理, 大幅度提高了连体隧道施工机械化程度, 提高了工效, 缩短了施工工期。

## 6 结语

骨塘隧道“单导洞施工法”概念的提出和使用, 克服了连体隧道“三导洞”方案施工技术复杂、机械化程度不高、施工进度慢、围岩受扰动次数多的缺点, 质量、进度、效益达到预期要求, 实践证明该工法是成功的, 在类似工程可以借鉴。