

# 超长管棚施工技术在山岭隧道软弱围岩中的应用

冯 劲<sup>1</sup>, 林廷松<sup>2</sup>, 周红升<sup>1</sup>

(1. 浙江省交通规划设计研究院, 浙江 杭州 310006; 2. 浙江大学建筑设计研究院, 浙江 杭州 310012)

**摘要:**以黄衢南高速公路阳排尖隧道为例,介绍了大于 30 m 超长管棚施工技术;并根据现场监控量测数据,对左右洞不同管棚施工技术效果进行对比分析;分析结果显示,一次性施作超长管棚在山岭隧道软弱围岩地段有较好的实用性。

**关键词:**超长管棚;软弱围岩;山岭隧道

**中图分类号:**U455.49 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2010)11-0073-03

**Application of Ultra Long Pipe Shed Construction Technology in Weak Surrounding Rock of Mountain Tunnel/** FENG Jing<sup>1</sup>, LIN Ting-song<sup>2</sup>, ZHOU Hong-sheng<sup>1</sup> (1. Zhejiang Provincial Plan Design and Research Institute of Communications, Hangzhou Zhejiang 310006, China; 2. Architectural Design and Research Institute of Zhejiang University, Hangzhou Zhejiang 310012, China)

**Abstract:** Based on Yangpaijian tunnel of Huangqunan highway, this paper introduces construction technologies of more than 30 meters ultra long pipe shed, and comparatively analyses the different pipe shed construction for left and right route by the site-monitored data. The results show that one-time construction of ultra long pipe shed can be effectively applied in weak surrounding rock of mountain tunnel.

**Key words:** ultra long pipe shed; weak surrounding rock; mountain tunnel

## 0 引言

管棚法是山岭隧道施工中最常采用且行之有效的超前支护方法之一,它具有工艺简单、安全可靠、工期短、效率高、经济和社会效益显著等优点。管棚法最早于 20 世纪 80 年代应用于意大利隧道工程,之后在法国、日本等国家得到广泛推广,目前已成为国内外地下工程施工的主要辅助工法之一,被广泛应用于浅埋、松散、软弱、破碎、塌方、涌水等地质条件下的隧道暗挖施工。

然而,长期以来由于施工设备、施工技术条件等的限制,管棚一次性施工长度被局限于 30 m 左右。近年来,随着施工设备的改进,使得一次性施作超长管棚成为可能,如重庆地铁一号线曾一次性施作 38 m 长管棚<sup>[1]</sup>,北京地铁十号线一次性施作 77 m 长管棚<sup>[2]</sup>;但在山岭隧道中管棚一次性施作长度仍普遍在 30 m 左右,再长则容易出现上翘、下陷、塌孔、偏斜、注浆管堵塞等问题;因而工程实践中普遍采用管棚工作室二次施作管棚,但在一些地质极差的软弱围岩地段,这带来了较大的经济成本与安全风险。

## 1 工程概况

黄衢南高速公路阳排尖隧道位于浙江省常山市

境内,设计为上下行分离双洞隧道,左洞长 2845 m,右洞长 2835 m,行车速度 100 km/h。其中出口端地质情况为全风化~强风化花岗(斑)岩,隧道穿越 3 条断层破碎带,岩体破碎呈褐黄色亚粘土状,地下水埋深较浅,围岩遇水软化甚至泥化,强度很低,稳定性极差,综合评价为 V~VI 级围岩。左右洞设计均采用大管棚超前预支护进洞(见图 1)。



图 1 管棚法超前预支护进洞

## 2 管棚设计施工方案

### 2.1 管棚支护原理

管棚法超前支护就是把一组钢管沿开挖轮廓外侧打入地层中,并通过钢管注浆孔加压向岩层中注浆,以加固软弱破碎地层,支承上部荷载,从而提高

收稿日期:2010-05-04

作者简介:冯劲(1980-),男(汉族),安徽合肥人,浙江省交通规划设计研究院工程师,隧道工程专业,硕士,从事隧道及地下工程设计、研究工作,浙江省杭州市环城西路 89 号,ddfj@sina.com。

地层的自稳能力。其支护原理有以下3种<sup>[3]</sup>：

(1)梁拱效应:先行施作的管棚,以掌子面和初期支护为支点,形成一简支梁结构,阻止软弱围岩的崩塌和松弛;

(2)加固效应:注浆液经管壁孔压入围岩裂隙中,使松散岩体胶结、固结,从而改善软弱围岩的物理学性质,提高了周边围岩的自承能力;

(3)环槽效应:掌子面爆破产生的冲击波遇管棚密集环形孔槽后被反射、吸收和绕射,大大降低了周围围岩的扰动。

此外,管棚施工过程中可通过钻孔预知管棚范围内围岩的地质情况,为随后的注浆、开挖、支护提供了第一手资料。

## 2.2 出口端左洞一次性施作 65 m 管棚方案

为确保洞口段施工安全,施工阶段根据现场开挖地质情况和地质超前预报结果动态设计,采用全液压动力头履带式管棚钻机,一次性施作大于 30 m 超长管棚。管棚直径 108 mm,壁厚 6 mm,环向间距 40 cm,单根均长 65 m。注浆采用水泥水玻璃双液注浆,水泥水玻璃注浆体积比 1: 0.5,水灰比 1,水玻璃浓度 35 波美度,模数 2.4,注浆压力 0.5 ~ 2 MPa。为解决钢管内注浆液堵塞的问题,经现场试验采用磷酸氢二钠作缓凝剂,结合白灰动态调整浆液凝结时间。

## 2.3 出口端右洞分次施作管棚方案

右洞出口段采用的是常规分次施作管棚方案。管棚采用  $\text{Ø}108 \text{ mm} \times 6 \text{ mm}$  热轧无缝钢管,沿拱部环向设置,环向间距 40 cm,每循环 39 根,长 30 m,循环搭接不小于 2 m;钢管节长 3.6 m,采用丝扣或套管连接(见图 2)。暗洞施工一个循环长度(约 20 m)后,在掌子面开挖一长 8 m、断面扩大 50 cm 的管棚工作室,同时在掌子面浇筑混凝土止浆墙,搭设钻机工作平台。由于管棚工作室断面较一般断面大,且为上一组管棚的尾端,围岩压力增大,为确保安全,需在管棚工作室拱部增设超前小导管预支护。

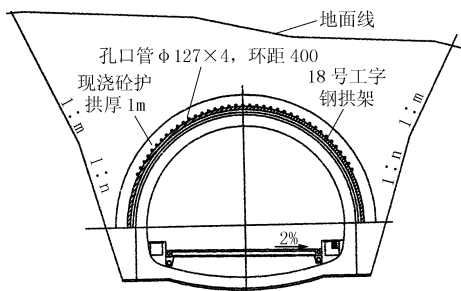


图 2 管棚布置横断面

## 3 监控量测及施工方案效果分析

为了及时提供围岩稳定程度和支护结构可靠性的安全信息,预见事故和险情,浙江大学建筑设计院监控量测人员对阳排尖隧道出口段围岩按设计和规范要求<sup>[4,5]</sup>进行了监控点布设,并及时进行量测。量测结果见图 3 ~ 6。

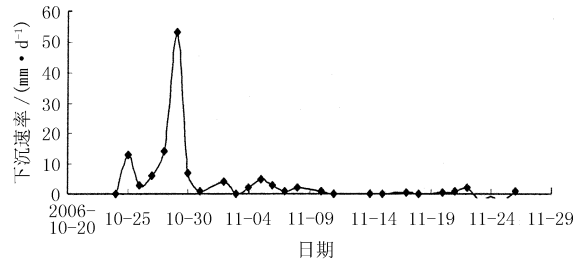


图 3 左洞洞口拱顶下沉速率曲线

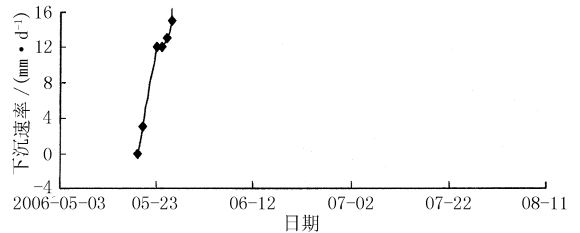


图 4 右洞洞口拱顶下沉速率曲线

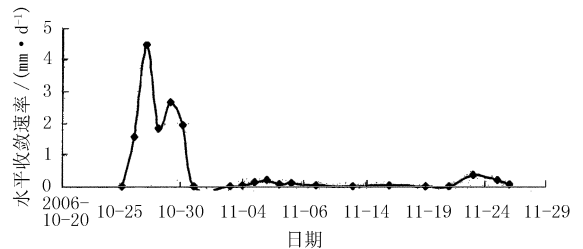


图 5 左洞洞口周边位移速率曲线

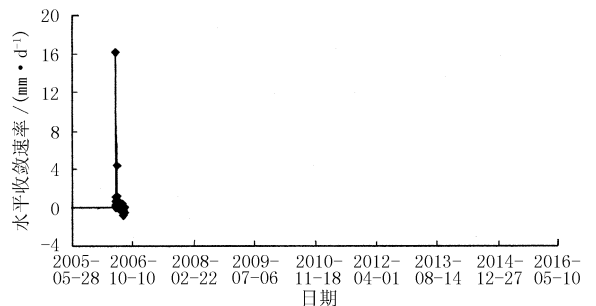


图 6 右洞洞口周边位移速率曲线

量测结果显示,左洞一次性施作 65 m 超长管棚并完成爆破开挖和初期支护后,洞口拱顶下沉速率和周边位移速率在进洞初期急剧增大后趋于平缓,两条曲线最终收敛速率均小于 0.2 mm/d,围岩基本稳定,满足规范和设计要求。

右洞在一次施作 30 m 管棚后进洞开挖支护,进洞 20 m 后发现管棚出现偏斜、下陷现象,隧道内部

喷矸出现鼓包、渗水,拱顶下沉严重,钢拱架压曲变形(见图 7、8),已出现失稳迹象。监控量测结果显示,洞口拱顶下沉速率和周边位移速率在进洞初期急剧增大后仍保持上升趋势,围岩处于急剧变形阶段,已无法按原设计开挖管棚工作室,需立即采取特殊加固措施,稳定围岩,避免塌方等事故的发生。



图 7 右洞钢拱架压曲变形

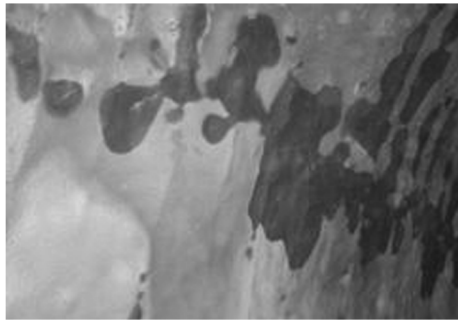


图 8 右洞喷矸鼓包渗水

根据超前地质预报结果,结合管棚超前探孔岩样,同时吸取左洞成功进洞经验,在采取相应加固措施,封闭掌子面后,决定在右洞原管棚上部一定距离按左洞施工工艺补打  $\varnothing 108 \text{ mm} \times 6 \text{ mm}$  超长管棚,仰角  $1^\circ 10'$ ,环向间距  $40 \text{ cm}$ ,单根均长  $120 \text{ m}$ ;对已开挖段采用临时仰拱封闭成环。

量测结果显示,右洞补打  $120 \text{ m}$  超长管棚后,围岩在开挖初期短暂的变形后趋于稳定,拱顶下沉速率和周边位移速率在开挖初期急剧增大后逐渐趋于平缓(见图 9、10),最终达到规范和设计要求,围岩基本稳定,可以进行二衬作业。

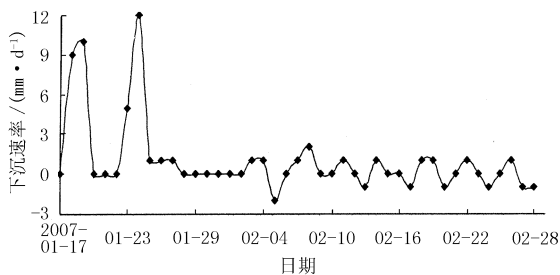


图 9 右洞拱顶下沉速率曲线

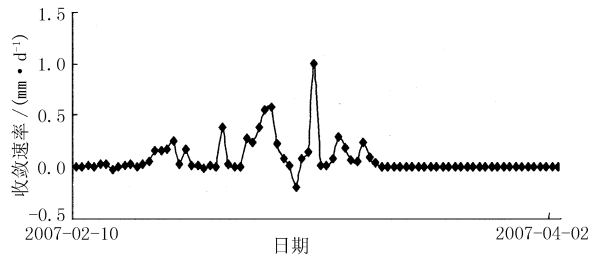


图 10 右洞周边位移速率曲线

综合评价左右洞大管棚进洞方案,在地质条件基本相似前提下,右洞比左洞工期增加约 45 天,经济上重复打入的  $30 \text{ m}$  大管棚及隧道初期支护失稳加固处理措施共耗费约 43 万元,新管棚成孔、打入、材料等耗费约 143 万元(不包含注浆量),平均每延米施工管棚费用约 11975 元,相较左洞 4239 元,造价增加 1 倍多,加上误工费、事故处理费用等,间接经济损失更是不可计量。

#### 4 结论

(1) 对于山岭隧道软弱破碎围岩地段,采用超长管棚预支护可有效的减少拱顶下沉,防止围岩坍塌,增加施工安全度,提高隧道长期稳定性。

(2) 大于  $30 \text{ m}$  超长管棚宜一次性施作,施工时应采用液压式管棚钻机或凿岩机和专业施工队伍,采用成熟、可靠的施工工艺。对于管棚施作效果不佳隧道,通过补打超长管棚的方法也可达到较好的加固效果,具有较好的实用价值。

(3) 管棚施工设备升级和施工工艺改进刻不容缓,对于提高隧道施工质量,减少工程事故发生,降低工程造价,提高我国隧道工程整体设计施工水平具有重要的现实意义。

#### 参考文献:

- [1] 刘鹤松,石翌,孙莹.大坪车站隧道超前长管棚施工技术[J].西部探矿工程,2002,6.
- [2] 张德华.北京地铁光华路站超长管棚施工技术[J].施工技术,2005,(增刊).
- [3] 程小彬.地下工程管棚支护有限元分析[D].陕西西安:西北工业大学,2007.
- [4] 公路隧道设计规范[S],JTG D70-2004.
- [5] 公路隧道施工技术规范[S],JTG 042-94.

欢迎订阅 2011 年  
《探矿工程(岩土钻掘工程)》杂志!