

文章编号: 0451-0712(2005)10-0210-04

中图分类号: U455.7

文献标识码: B

# 三车道公路隧道进洞处理及台阶法开挖掘进

孟庆誉, 李太安

(路桥集团第一公路工程局第一工程公司 北京市 102205)

**摘 要:** 主要论述对杭新景高速公路SJB5合同段大门口隧道进口段严重浅埋偏压问题的处理和施工方案, 及暗洞上下台阶法的开挖掘进方法。

**关键词:** 三车道隧道; 浅埋偏压; 上下台阶

## 1 工程概况

杭新景(杭州~新安江~景德镇)高速公路设计标准为双向六车道高速公路, 全线隧道设计形式为分离式隧道。SJB5合同段大门口隧道位于杭州建德市寿昌境内, 此处地形属低山丘陵区, 隧道左线全长

270 m, 右线全长242 m。

### 1.1 隧道几何尺寸

本隧道建筑限界净宽14.5 m, 限高5 m; 内轮廓净宽为15.25 m, 净高7.7 m, 属大跨径扁平隧道。Ⅱ类围岩支护形式及总体布置见图1。

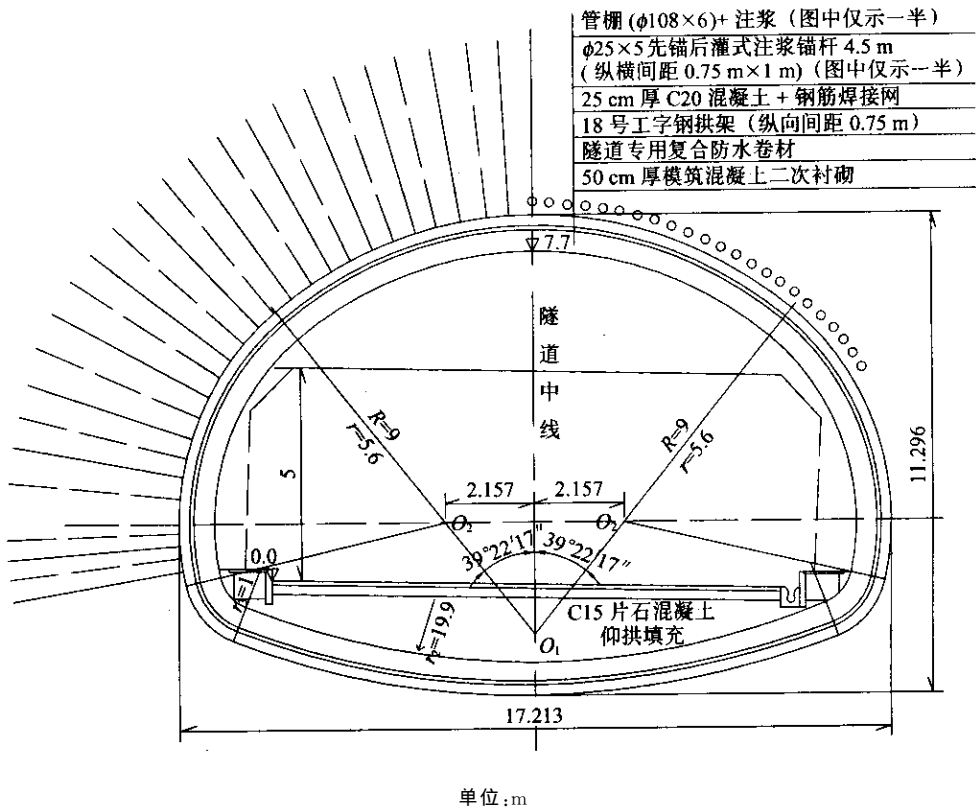


图1 大门口隧道Ⅱ类围岩支护形式及总体布置

## 1.2 工程地质概况

大门口隧道围岩类型主要有3种, 即Ⅱ类、Ⅲ类、

Ⅳ类围岩。Ⅱ类围岩表层为残坡积层, 为含角砾亚粘土, 呈硬塑状, 下伏基岩属上侏罗统风化泥质粉砂

岩,岩石呈碎石状松散结构,节理发育;Ⅲ类围岩岩石呈块状镶嵌结构,节理较发育;Ⅳ类围岩属层状软质围岩,岩性为粉砂岩、泥质粉砂岩,岩体呈块状砌体结构。

大门口隧道左线进洞口为Ⅱ类围岩,长度14 m,暗洞起点桩号为ZK127+972。该段地下水不发育,主要为孔隙水和基岩裂隙水。围岩稳定性差,暗洞进口段13 m 范围内(ZK127+972~ZK127+985)存在严重的偏压,左侧山体最小埋深不足1 m,如图2所示。该段施工过程中很可能发生冒顶危险,且严重偏压问题在施工后也会直接影响隧道的长期使用。所以在施工前必须进行预先的处理和制定好详细的施工方案,以便顺利进洞。



图2 大门口隧道左线洞口

## 2 进洞处理及施工

### 2.1 小导管注浆设计及施工

通过研究分析,对各种方案进行比选,并且结合本工程实际情况,提出在浅埋段地表采用小导管注浆的方案,在覆盖层较薄处打入钢花管并注水泥浆液,以增加浅埋段围岩的整体性。此方法工艺要求相对较高,山体注浆后将大大增加围岩的整体性,施工工期短,注浆达到一定强度后便可进洞施工。

小导管采用 $\phi 42 \times 2.5$  钢花管,4 m 长,钻孔以1 m $\times$ 1 m 梅花型布置,孔深4 m。小导管管头露出地面0.2 m,管口设置C20 混凝土止浆塞。钢花管顶面以下1 m 范围内不设钻眼,注浆段梅花型布置花孔,间距0.3 m,孔径6 mm。

注浆采用1:1 水泥浆,采用间歇式注浆,分次进行,注满为止。注浆压力0.5~1.0 MPa,扩散半径 $r \geq 0.8$  m。其注浆范围为纵向长13 m,隧道中线至左侧12.3 m 范围内。

### 2.2 进洞施工工艺

#### 2.2.1 护拱及超前管棚施工

本隧道在洞口设计有护拱及超前管棚,其目的是为保证进洞安全。护拱采用C30 混凝土浇注,厚100 cm,纵向长2 m,内设4 榀I14 钢拱架,拱架间用纵向钢筋联接,焊接成整体,在护拱内预埋孔口管,作为管棚钻孔定位及导向用。

护拱施工完毕后,通过孔口管用潜孔钻钻孔,然后顶进 $\phi 108 \times 6$  mm 打有花孔的长管棚,其长度为Ⅱ类围岩长度(14 m)。注浆采用分段注浆,注浆初压0.5~1.0 MPa,终压2.0 MPa。其浆液采用水泥浆与水玻璃体积比1:0.5,水泥浆水灰比1:1。

#### 2.2.2 洞口开挖施工程序

在洞口护拱及大管棚施工完毕后,进行小导管山体注浆施工,待浆液达到强度后,进行暗洞开挖掘进。本隧道进洞段属于Ⅱ类围岩,围岩较差,采用先拱后墙法分部开挖,预留光面层爆破,其开挖方式如图3所示。

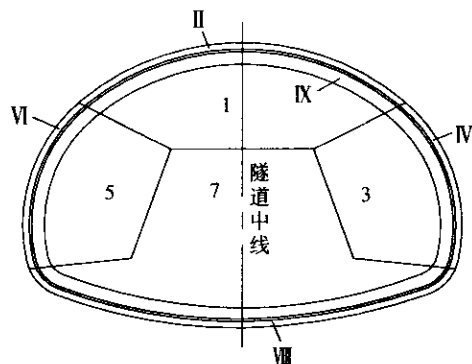


图3 大门口隧道Ⅱ类围岩开挖及衬砌施工程序

施工程序:

1 拱部扇形开挖;Ⅱ 拱部初期支护施做;3 右侧边墙落地;Ⅳ 右侧边墙初期支护施做;5 左侧边墙落地;Ⅵ 左侧边墙初期支护施做;7 核心土及仰拱开挖;Ⅷ 仰拱初衬及填充施做;Ⅸ 拱圈及边墙二次衬砌浇注。

#### 2.3 进洞施工要点

(1)在拱部初期支护过程中,拱顶锚杆应与 $\phi 108$  大管棚、钢拱架、钢筋网焊接成整体,以使得初期支护形成整体共同抵抗山体围岩压力。

(2)拱部开挖及初期支护完毕后,在进行边墙开挖施工时,应先开挖右侧非浅埋段。

(3)每进尺控制在1.5 m,浅埋侧控制在1 m 以内,采用少药量弱爆破,及时施做初期支护。

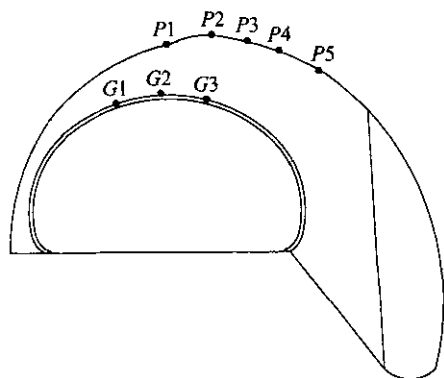
(4)及时进行监控量测,如有不利应立刻停止掌子面掘进并采取一定措施,如加强支护、施工仰

拱等。

(5) 在施工仰拱时, 采用短进尺逐段开挖逐段浇注的施工工艺, 或采用跳槽法分块施工, 不得同时大面积开挖。大门口隧道左线进洞口Ⅱ类围岩长度只有 14 m, 采用的是从进洞口逐段开挖并浇注仰拱。

## 2.4 监控量测分析

针对本隧道严重偏压浅埋的情况, 为防止发生塌方、冒顶等安全事故, 保证进洞安全, 隧道监控量测小组重点对洞口地表沉陷及拱顶下沉进行了埋点观测, 因为这两项也最能反映进洞的施工安全。其他监测项目如周边位移、围岩压力、钢支撑内力等在这里不再叙述。其洞口地表沉陷和拱顶下沉监测埋点位置如图 4, 监测后的位移~时间曲线如图 5、图 6。



注: P1~P5 为地表沉陷观测点;

G1~G3 为拱顶(护拱)下沉观测点。

图 4 大门口隧道监控量测测点位置示意

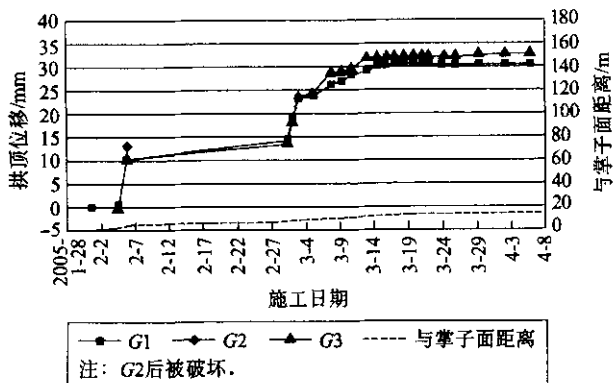


图 5 大门口隧道 ZK127+970(护拱)拱顶下沉~时间曲线

### 2.4.1 地表沉陷

从位移~时间曲线上看, 2005 年 1 月 28 日进洞, 后由于春节期间, 施工进度受了一定影响, 但从 2 月 28 日继续钻爆掘进后, 位移变化明显加大, 地表沉陷 P1 点从 2005 年 2 月 28 日~2005 年 3 月 3 日期

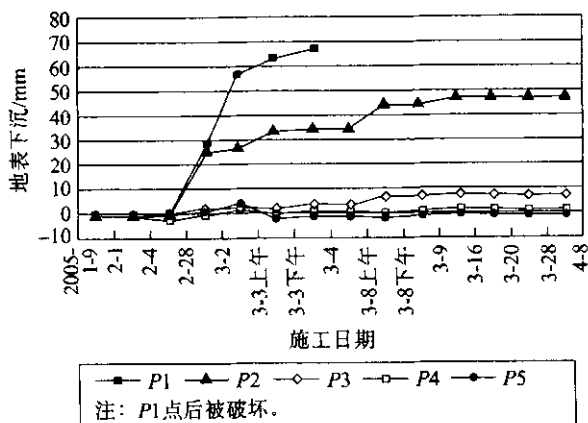


图 6 大门口隧道左洞地表沉陷~时间曲线

间平均沉降速率达到 13 mm/d, 累计沉降达 68.6 mm; 同期拱顶 P2 点平均沉降速率达到 5.7 mm/d, 累计沉降达 33.7 mm。同时洞口上方天沟处出现了部分纵向和环向裂缝, 另外由于偏压引起的山体向受偏压方向移动, 洞口右侧仰坡也发现了一条竖向裂缝。针对监测数据和目测情况, 3 月 8 日开始开挖仰拱, 但由于 P1 点被破坏, 未能继续监测, 监测小组对 P2 点进行了重点监测。仰拱在开挖过程当中, 位移变化又略有加大, 但仰拱施工完毕后, 地表沉陷趋于稳定。

### 2.4.2 拱顶下沉

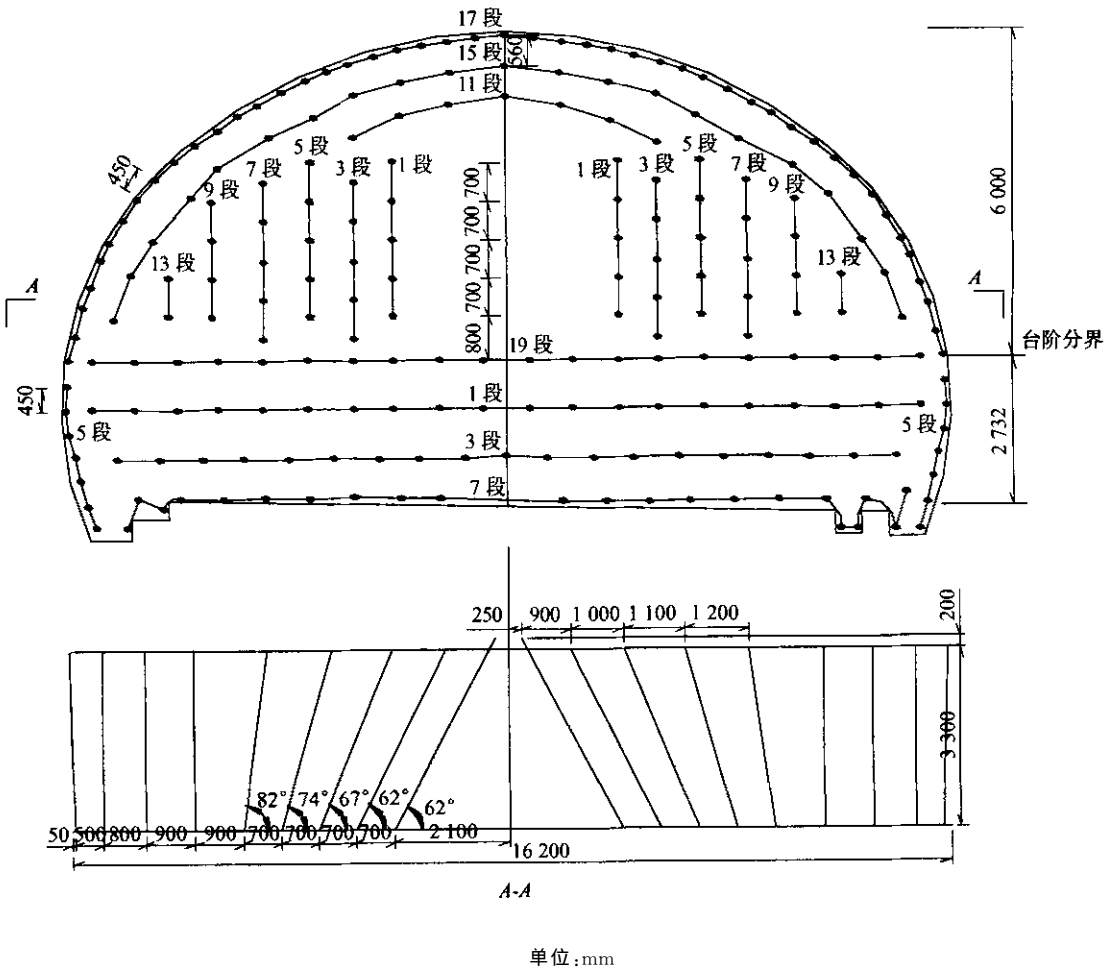
从 2005 年 2 月 28 日~2005 年 3 月 3 日期间护拱拱顶 G2 点平均沉降速率达到 2.39 mm/d, 累计沉降达 21.85 mm。3 月 8 日开始开挖并浇注仰拱后, 拱顶下沉趋于稳定。

## 3 暗洞台阶法开挖掘进

本隧道Ⅲ类及Ⅳ类围岩全部采用的是上下台阶法开挖方案, 一般上台阶开挖超前长度达到了 50 m 以上, 属于长台阶法开挖。Ⅲ类及Ⅳ类围岩占隧道全长的 80% 以上, 所以, 上下台阶开挖是大门口隧道的主要开挖方式。上台阶开挖面积约为 85 m<sup>2</sup>, 占隧道全断面面积(除仰拱)的近 70%, 上台阶开挖完毕后, 下台阶和仰拱便可以跟进, 所以说上台阶开挖是重点, 是能否按期完成进度要求的关键。

### 3.1 大门口隧道炮眼布置

大门口隧道根据工程类比法设计并经多次试验调整后, 做出了如下钻爆设计。如图 7 所示大门口隧道Ⅳ类围岩(无仰拱)炮眼布置图, Ⅲ类围岩同样可以参考该图。



单位: mm

图 7 钻爆设计

爆破参数如下:周边眼间距  $E=0.45\text{ m}$ ;最小抵抗线  $V=0.56\text{ m}$ ;相对距  $E/V=0.8$ ;周边眼深  $3.3\text{ m}$ ;周边眼装药集中度  $q=0.16\text{ kg/m}$ (周边眼按照 3 卷炸药和 4 卷炸药间隔布置)。

大门口隧道的钻爆设计在以下几个方面做了特别考虑:

- (1)周边眼布置紧靠开挖轮廓线,上台阶掏槽眼尽量靠近下部;
- (2)辅助眼与掏槽眼及周边眼交错布置,以便有效发挥炸药力,并可使爆出的石渣大小均匀;
- (3)大门口隧道掌子面围岩层理为水平状,掏槽眼在设计上与岩层平行;
- (4)掏槽眼眼底比辅助眼眼底深  $20\text{ cm}$ 。

3.2 装药参数

大门口隧道采用毫秒雷管跳段起爆,2 号硝铵炸药,每卷  $0.15\text{ kg}$ ,具体见表 1,每进尺按照  $3.3\text{ m}$  计算。其中上半断面面积约  $85\text{ m}^2$ ,开挖方量  $280.5\text{ m}^3$ ,炸药总量为  $180.375\text{ kg}$ ,炸药单耗为  $0.64\text{ kg/m}^3$ ;

下半断面面积约  $40\text{ m}^2$ ,开挖方量  $132\text{ m}^3$ ,炸药总量为  $92.7\text{ kg}$ ,炸药单耗为  $0.70\text{ kg/m}^3$ 。

表 1 大门口隧道台阶开挖法装药参数

序号	炮眼名称	炮眼数量	炮眼深度 m	装药量				段别
				每个炮眼		合计		
				卷数	重量/kg	卷数	重量/kg	
1	掏槽眼	10	3.96	15	2.25	150	22.5	1
2	辅助掏槽眼	10	3.69	14	2.1	140	21	3
3	辅助眼	10	3.57	12	1.8	120	15	5
4	辅助眼	10	3.43	10	1.5	100	18	7
5	辅助眼	8	3.33	9	1.35	72	10.8	9
6	辅助眼	7	3.3	8	1.2	56	8.4	11
7	辅助眼	4	3.3	8	1.2	32	4.8	13
8	二圈眼	21	3.3	8	1.2	168	25.2	15
9	光面眼	47	3.3	3.5	0.525	164.5	24.675	17
10	上半部底眼	20	3.3	10	1.5	200	30	19
上台阶总计		147				1 202.5	180.375	
11	辅助眼	20	3.3	10	1.5	200	30	1
12	辅助眼	19	3.3	9	1.35	171	25.65	3
13	光面眼	14	3.3	3.5	0.525	49	7.35	5
14	下部底眼	22	3.3	9	1.35	198	29.7	7
下台阶总计		75				618	92.7	

文章编号: 0451-0712(2005)10-0214-04

中图分类号: U455.7

文献标识码: B

# 长管棚预注浆超前支护技术在浅埋偏压大跨隧道洞口施工中的应用

高怀鹏, 毛海东

(路桥集团第一公路工程局隧道公司 北京市 100085)

**摘 要:** 以百步垭隧道为例, 介绍了浅埋偏压隧道洞口超前大管棚的施工设计和施工工艺, 并对监控量测结果进行了分析, 总结了超前预支护技术在通过软弱围岩时的作用。

**关键词:** 百步垭隧道; 长管棚; 施工; 效果评价

## 1 工程概况

沪蓉国道主干线是我国规划的公路主骨架“五纵七横”中的“一横”, 宜昌~恩施(以下简称沪蓉西)高速公路是沪蓉国道的组成部分, 也是湖北省高等级公路网规划主骨架的重要部分。

百步垭隧道位于沪蓉西高速公路 ZK27+480~ZK28+094、YK27+422~YK28+146 段, 是一座上下行分离的四车道中长隧道, 左洞长 614 m, 右洞长 669 m。隧道单洞建筑限界为 9.75 m×5 m。

右洞进口 YK27+422~+520 与左洞出口 ZK27+480~+580 均属 V 级围岩。左洞出口覆盖层厚为

1.7~2.5 m, 右洞进口覆盖层厚为 1.5~2.0 m。洞室为强风化层, 岩石呈碎块状, 裂隙发育, 岩体完整性差, 呈碎石状松散结构, 拱部无支护时可产生较大坍塌, 围岩不稳定, 成洞困难。

## 2 问题的提出及方案确定

自隧道准备进洞开始, 随着清除表土, 逐渐形成了洞口开挖工作面, 此时南方雨季提前到来。因长时间降雨造成围岩受浸泡而富水饱和, 地表泉水涌出, 造成洞口段围岩软化, 仰坡地表多处产生裂缝, 最大裂缝宽 6 cm, 形成 2~4 cm 错台。洞口开挖工作面发

收稿日期: 2005-09-01

大门口隧道在分段上底眼最后起爆, 目的是为了将石炸翻出, 利于出渣。凿岩台架就位后应由值班人员对风枪手进行分工并划分区域, 按设计点出炮眼位置。施工过程中应有辅助人员随时检查周边眼的及掏槽眼的角度。凿岩完毕经检查合格后方可装药起爆。

## 4 结语

三车道公路隧道跨径大、洞身扁平, 受力体系不如小跨径隧道稳定, 尤其是洞口段围岩差, 并存在严重浅埋偏压, 施工中应尤其注意安全。随着我国高速公路建设的加快发展、规范标准的不断提高、公路用地的受限, 山区高速公路已经成为发展的必然趋势, 必然会带来大跨径、中短隧道的高速发展。根据以往

经验, 隧道越短, 围岩情况越差, 浅埋偏压情况就越易出现, 大门口隧道就是个很好的例子。可见, 提高处理弱围岩、偏压、浅埋隧道的技术并不断积累经验有着极为重要的实际意义。大门口隧道左线通过山体小导管注浆及护拱和超前管棚注浆的方式, 施工过程中真正贯彻新奥法施工原理, 有效控制了围岩变形, 成功进洞, 为处理类似工程积累了一定的经验。

另外, 三车道公路隧道的广泛兴起对隧道开挖施工技术提出了更高的要求。大门口隧道属中短隧道, 在施工过程中更注重了开挖掘进方案的合理性和科学性, 如凿岩台架的设计、钻爆设计等, 以便更合理地利用现有施工力量, 保证开挖质量, 提高工作效率, 节约成本。