

文章编号: 1005—0523(2008)01—0028—04

朱家岩隧道出口段长管棚预加固设计及施工

罗昌宏¹, 龚诗淇¹, 李国圣², 赵家栋², 刘贞银²

(1. 湖北沪蓉西高速公路指挥部, 湖北 恩施 445000; 2. 湖北省路桥有限责任公司, 湖北 武汉 430056)

摘要: 朱家岩隧道进口段岩土稳定性差、地形坡度大, 成洞困难, 施工中采用长管棚支护进行预加固处理. 对长管棚支护参数、注浆参数、施工工艺进行了介绍. 实践证明: 应用长管棚超前加固朱家岩隧道进口段是成功的, 保证了施工安全、缩短施工工期、保证了工程质量.

关键词: 隧道工程; 不良地质; 长管棚支护; 施工工艺

中图分类号: U455.49 **文献标识码:** B

过去我国多数隧道洞口段采用上下导坑法开挖、先拱后墙的施工方法^[1]. 这种施工方法存在拱顶容易下沉开裂或侧压开裂、拱圈自然下沉需要增加开挖高度、围岩变形大等缺点, 近年来, 人们对环境保护意识的增强, 提倡隧道洞口施工尽量减少对洞口围岩结构的扰动和地表生态环境的破坏, 根据新奥法原理采取的以增强洞口段围岩稳定能力的洞口段预加固处理技术运用而生, 并得到越来越多的应用. 下面结合沪(上海)蓉(成都)高速公路宜(昌)恩(施)段第5合同段朱家岩隧道出口段采用的工程实践对此进行总结分析.

1 工程概况

湖北沪蓉西高速公路是国家“7918”高速公路规划网上海至成都干线公路的重要组成部分, 也是湖北省高速公路规划中“五纵三横一环”的主要“一横”. 朱家岩隧道位于湖北沪蓉西高速公路宜(昌)恩(施)段 ZK51+810~ZK53+110、YK51+894~YK53+180 段, 是一座分离式 4 车道单向行驶隧道, 左线长 1 290 m、右线长 1 286 m.

朱家岩隧道地处长阳复背斜次一级背斜北翼, 隧道沿线有数条 F21、F22、F23、F24、F5、F6 断层发育. 岩石为坚硬的碳酸盐岩、较坚硬的碎屑岩和较软

弱的泥质岩组成. 其中出口段有 F6 断层, 覆盖层厚度为 1.2~6.2 m 的残坡积粘土. 受断裂构造和卸荷作用影响, 在断层附近、隧道进出口段岩溶更加发育, 岩体整体稳定性差, 拱部无支护时尤其是在暴雨季节施工时可产生较大的坍塌, 成洞困难.

2 洞口预加固方案的选择

新奥法应用岩体力学的理论, 通过对隧道围岩变形的监控量测, 采用新型支护结构, 利用和改善隧道围岩的承载能力, 促使围岩形成环形封闭的承载结构, 是在软弱破碎围岩地段修建隧道的一种基本方法^[2]. 其特点是在开挖面附近及时施作密贴于围岩的薄层柔性支护和锚杆支护, 控制围岩的变形和应力释放, 从而在围岩和柔性支护的共同变形中调整围岩内部应力分布, 达到应力平衡, 最大限度地保持围岩固有强度和利用其自承能力, 并通过施工监控量测来指导隧道工程的设计与施工.

朱家岩隧道地形地质条件复杂, 断层发育, 存在软弱夹层等不良地质现象, 采用新奥法设计与施工. 根据隧道出口地质有断层、围岩破碎、地表水和地下水少、覆盖层薄、洞口两侧覆盖层厚度基本相同的地质条件, 同时考虑到长管棚支护加固还具有一次性支护长度大、可以减少超前支护的次数、缩短施工时

间等优点,结合有关规范^[3,4],经过综合分析后决定采用以提高围岩和边仰坡稳定能力的超前长管棚支护预加固方案对朱家岩隧道出口段进行预加固。

3 预加固方案的实施

3.1 开挖方案—短台阶预留核心土法

根据洞口围岩地质较破碎的特征,决定采用短台阶留核心土法施工进洞。在洞口地段进行长管棚超前支护后开挖拱部环形土,进行拱部初支,再开挖核心土。上台阶采用人工风镐或减弱爆破开挖,台阶长度为 1.5~4.5 m;下台阶采用凿岩钻孔台车钻孔爆破开挖,两边侧墙 50~100 cm 预留层进行人工开挖和修整;开挖后立即进行支护作业、尽早封闭成环。

3.2 管棚设计

采用钻机(或直接打入)成孔,将钢管沿与隧道轴线成一定角度的方向导入(或打入),并向钢管注浆,浆液通过管孔渗透并固结管周边的围岩,提高围岩的抗剪强度,把因开挖引起的松弛控制在最小范围之内。考虑管棚长度必须穿过掌子面上的土体破裂面一定长度和满足钻机设备工作参数要求两个因素,管棚长度采用 30 m。管棚设计参数如下:

- (1) 钢管规格: $\Phi 108$ 热轧无缝钢管,壁厚 6.0 mm,节长 6 m 和 3 m 两种。
- (2) 管距: 环向间距 50 cm。
- (3) 外插角: $1\sim 3^\circ$ (不包括路线纵坡),方向:与路线中线平行。
- (4) 钢管施工误差: 钢管施工定位误差不大于 4 cm,端头不大于 20 cm。
- (5) 同一横断面内的接头数不大于 50%,相邻钢管的接头至少错开 1 m。

钢管接头用长 15 cm 的丝扣直接对口连接。钢管前端呈尖锥状,尾部焊有加筋箍,管壁四周钻 $\Phi 8$ mm 压浆孔,尾部 1 m 长范围内不设压浆孔。在洞衬砌外设 80 cm 厚 C25 钢拱架(I18)混凝土套拱作为长管棚导向墙,套拱纵向长 2.0 m。图 1 为长管棚支护管棚布置立面图,图 2 为长管棚支护管棚布置纵面图。

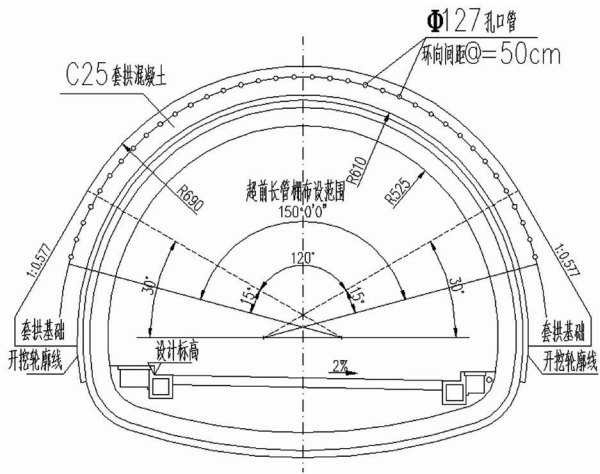


图 1 管棚布置立面图

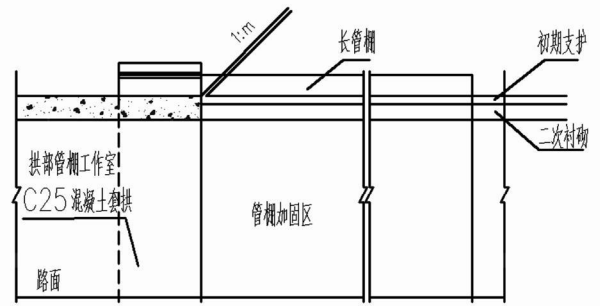


图 2 管棚布置纵面图

3.3 注浆设计

注浆按固定管棚周围有限范围内土体设计,浆液扩散半径不小于 0.5 m,浆液为单水泥浆液。注浆参数如下:

- 水泥浆水灰比为 1:1;
- 注浆初压 0.5~1.0 MPa、终压 2.0 MPa
- 初凝时间为 7 h、终凝时间为 14 h;
- 单管注浆量: 2.82 m^3

3.4 施工工艺

1) 施工准备

按“先排水、再进洞,统筹安排,减少干扰”的原则,先进行洞口自然边坡的整理和防护,在隧道施工前,加强排水和锚喷、三维植被网等防护。在距坡顶 5 m 自然坡设截水沟,排水沟,截水沟采用浆砌片石,平台用浆砌片石封闭加固。浆砌片石施工采用人工挤浆法进行砌筑。在施工范围的左右两侧由人工进行横向刷顺,浆砌块料石护脚,坡面三维植被网防护。根据现场地形及洞口的实际情况,采取打 3.0 m 长 22 钢筋锚杆进行挂网喷射 C20 砼防护。仰坡平台位置处设置防落石护栏,以保证施工安全。

2) 套拱施工

采用 C25 混凝土套拱做管棚固定墙,套拱在明

洞外轮廓线以外,紧贴掌子面施做,套拱内埋设四榀U25型钢制作而成的钢拱架作为横架,与管棚钢管焊成整体,支撑稳固后,内外模采用5 cm木模安装,按设计布筋和安装孔口管,保证布筋、孔口管的位置和角度准确,然后进行套拱混凝土的施工,待套拱混凝土强度达到85%时开始长管棚的施工。

3) 钻孔

在套拱上用2 m长的 $\Phi 127\text{ mm} \times 6\text{ mm}$ 孔口管定位、定向,根据岩层对外插角方向适当调整。根据地质条件和施工条件,每个洞采用两台XU-100型地质钻机钻孔平行作业,并在导向管口编号施工顺序从低孔开始,由两侧往中间方向对称进行施工,钻孔时钻机距工作面距离一般情况不少于2 m,钻机摆设钻杆方向与导向管方向一致,钻孔并顶进长管棚钢管。为减少因钻具漂移或下垂引起的钻孔偏差,钻机立轴方向严格准确控制,钻进过程中经常采用测斜仪量测钢管钻进的偏斜度,发现偏斜超过设计要求及时纠正。

开钻时,先低速低压,再加速加压。钻进过程中,随时检查钻孔方向的准确度,根据地质情况的变化,选择不同的钻头,当遇坚硬孤石不能钻进时,采用冲击钻头,把岩石击碎,为普通稍软岩石或土质时,采用合金管钻进行钻进。钻进过程中岩土对管壁的阻力较大,前段开孔采用大一点的钻头,后段根据钻进需要使用小一点的钻头钻孔,以便于钢管容易顶入,钻进过程遇特殊复杂地层,如不能钻进或难以成孔时,采用预注浆加固钻进成孔;必要时采用加长岩芯管(跟管钻进)的办法。

4) 扫孔

用岩芯管进行扫孔,清除孔内岩碴和顺通孔道。岩芯管长度不小于2.5 m,如遇下管困难,连续扫孔几次,同时借助高压空气吹洗,直到孔内清扫干净。

5) 顶管

钢管管壁打孔,布孔以梅花型布置,孔径为12 mm,孔间距为20 cm,导管尾部留40 cm不钻孔的止浆段,导管加工成3 m、6 m长两种规格。为使钢管接头错开,加工钢管时将钢管进行管节编号,根据加工的钢管节搭配好,并做好记录待用。

管棚按设计位置施工先打有孔钢管,注浆后再打无孔钢管,无孔钢管可以作为检查管,检查注浆质量。钢管接头采用丝扣连接,丝扣长15 cm,钢管节长3 m、6 m。钢管接头要错开,隧道纵向同一横断面内的接头数不大于50%,相邻钢管的接头至少错开1 m。

下管时,当孔壁不易坍塌时,采用直接撞击法将导管撞击至设计位置,当孔壁容易坍塌时,用导管与钻头同时钻进的方法。为使管间接头错开,且两组管棚间纵向搭接长度不小于1 m的要求,编号为奇数的第一节管采用3 m钢管,编号为偶数的第一节钢管采用6 m钢管,以后每节钢管采用6 m长钢管。如果顶进遇到故障,顶不进时,查清原因,必要时重新扫孔后再将钢管顶进。

6) 注浆

选用两台BW-250/50型注浆泵进行注浆。注浆参数及缓凝剂掺入量等通过现场试验按实际情况确定,用于实际施工。注浆结束后及时清除管内浆液,并用M30水泥砂浆紧密充填,以增强管棚的刚度和强度。

按单孔注浆量达到设计注浆量时,可作为结束注浆标准。注浆压力达到设计终压力并终压不少于20分钟时,也可结束注浆,同时注浆扩散半径不小于0.5 m。

4 预加固后监控结果与分析

新奥法原理通过施工中对围岩和支护的动态观察、量测,合理安排施工程序、进行设计变更及日常的施工管理。因此,在朱家岩隧道出口段施工中按照有关规范布置了地表沉降、拱顶下沉、断面周边收敛观测点进行了观测。出口段拱顶下沉和断面周边收敛布置在同一个断面,布置间距5~10 m。图3、图4为具有代表性的ZK53+080断面的拱顶下沉和周边收敛监测时态曲线。从图3可以看出:拱顶下沉最大值小于15.0 mm,符合有关规范的规定。其下沉特征表现为隧道开挖初期拱顶下沉速率较大。随着时间的增加下沉速率逐渐减小。稳定时间约为25~30 d。从图4可以看出:隧道周边收敛值小于5.0 mm,稳定时间约为20~25 d。

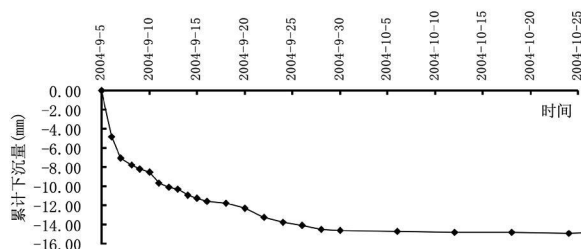


图3 ZK53+080 拱顶下沉监控结果

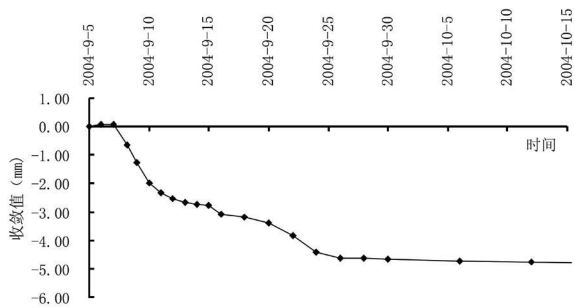


图 4 ZK53+080 断面周边收敛监控结果

5 结束语

采用上述长管棚预加固方案克服了洞口浅埋地质不良的难题,顺利完成了成洞施工,赢得了工期,保证了质量.施工监控结果也证明了长管棚预加固

方案的可行效果.总的看来,要充分发挥长管棚支护的作用,应该作好设计和施工的各个环节.但要重点注意两个方面:一是保证钢管位置和方向正确、长短合适、清孔彻底,使浆液能到达加固范围;另一方面是注浆量、压力等参数要经过现场试验并通过注浆效果的观察和强度检验来最后确定.

参考文献:

[1] 姜勇.复杂地质条件下隧道洞口段的施工[J].铁道建筑技术,2004,(3):24—26.
[2] 王毅才.隧道工程(上册)(第二版)[M].北京:人民交通出版社,2006.
[3] JTG D70—2004,公路隧道设计规范[S].
[4] JT J042—94,公路隧道施工技术规范[S].

The Design and Construction of Long Pipe & Shed Pre-reinforced Supporting at Zhujiayan Tunnel Exit Section

LUO Chang-hong¹, GONG Shi-qi¹, LI Guo-sheng², ZHAO Jia-dong², LIU Zhen-yin²

(1. Hulongxi Expressway Construction Headquarter of Hubei Province, Enshi 445000 China;
2. Hubei Provincial Road & Bridge Co. Ltd., Wuhan 430056, China)

Abstract: The poor wall rock stability and steep grade of the exit section of Zhujiayan tunnel make tunneling hard, thus the supporting technology is applied to pre-reinforced measure. The long pipe & shed designing parameters, casting parameters and construction technic are introduced. It is proved to be successful to apply long pipe & shed pre-reinforced supporting technology to treat Zhujiayan tunnel exit section, making the tunnel secure, reducing the construction time and ensuring its quality.

Key words: tunnel engineering; poor geological condition; long pipe & shed supporting; construction technique
(责任编辑:李 萍)