

双洞小净距大断面市政道路隧道浅埋段的开挖与支护

曾兆宜

(福州市市政建设开发公司,福建 福州 350004)

摘要:根据福州某小净距大断面市政道路隧道的工程实践,总结针对浅埋段围岩特性所采用上下台阶开挖法  
成功经验,以供类似工程施工参考。

关键词:小净距大断面隧道;浅埋段;开挖;支护

中图分类号:U455.4 文献标识码:B 文章编号:1672-7428(2008)03-0071-04

1 工程概况

福州市为建设东部新城,实现“东扩南进”战略,构筑城市快速交通主干道,投资 3.3 亿元修建三江路工程,并将其列为重点建设项目。

该工程线路总长 3.7 km,按照城市 I 级主干道标准修建,路面宽 50 m,设计行车速度 60 km/h。设左右线分离式隧道一座穿过清凉山:左洞起讫桩号为 ZK2+932.5~ZK3+650,长 717.50 m;右洞起讫桩号为 YK2+910~YK3+640,长 730 m;两洞建筑界限净距 8.50 m。单洞横断宽度 14.5 m:1.5 m(人行道)+3.5 m(非机动车道)+7.25 m(机动车道)

+0.5 m(防撞栏)+0.5 m(路缘带)+0.75 m(检修带)。隧道内轮廓采用三心圆曲边墙形式,设计净宽 15.052 m,行车道中心路面到拱顶距离 8.015 m,路面到仰拱底距离 2.136 m。是典型的小净距大断面公路隧道。

该地区属于丘陵山地,地形起伏变化大。场地地层主要由残积砂质粘性土、强风化凝灰熔岩、中风化凝灰熔岩、微风化凝灰熔岩组成。由于隧道进出口天然斜坡 13°~24°,路面高程与山体地表标高相差小,洞身浅埋段长。

隧道围岩、支护及衬砌情况见表 1、2。

表 1 隧道围岩级别与支护类型分布情况表

| 左洞  | 围岩级别 | V              |    | Ⅳ  |       | Ⅲ  |    | Ⅱ     |    | Ⅰ  |  | Ⅳ  |  | V  |  | 合计  |
|-----|------|----------------|----|----|-------|----|----|-------|----|----|--|----|--|----|--|-----|
|     |      | 30             |    | 30 |       | 50 |    | 477.5 |    | 40 |  | 40 |  | 50 |  |     |
|     | 支护类型 | Z0             | Z5 | Z4 | Z3    | Z2 | Z3 | Z4    | Z5 | Z0 |  |    |  |    |  |     |
| 20  |      | 20             | 30 | 50 | 457.5 | 40 | 40 | 30    | 30 |    |  |    |  |    |  |     |
| 浅埋段 |      | 进口段:50 出口段:70  |    |    |       |    |    |       |    |    |  |    |  |    |  | 120 |
| 右洞  | 围岩级别 | V              |    | Ⅳ  |       | Ⅲ  |    | Ⅱ     |    | Ⅰ  |  | Ⅳ  |  | V  |  | 合计  |
|     |      | 30             |    | 53 |       | 50 |    | 467   |    | 40 |  | 40 |  | 50 |  |     |
|     | 支护类型 | Z0             | Z5 | Z4 | Z3    | Z2 | Z3 | Z4    | Z5 | Z0 |  |    |  |    |  |     |
| 20  |      | 20             | 53 | 50 | 447   | 40 | 40 | 30    | 30 |    |  |    |  |    |  |     |
| 浅埋段 |      | 进口段:63 出口段:100 |    |    |       |    |    |       |    |    |  |    |  |    |  | 163 |

表 2 隧道设计衬砌情况表

| 支护类型 | 初期支护                                           | 二次衬砌(C25 钢筋砼)厚度/cm | 超期支护             | 中央岩加固             |
|------|------------------------------------------------|--------------------|------------------|-------------------|
| Z5   | Ø25 mm 中空锚杆 + Ø8 mm 钢筋网 + C20 喷射砼 + U29 型钢支撑   | 60                 | Ø108 mm 大管棚 + 注浆 | 超期小导管注浆           |
| Z4   | Ø25 mm 中空锚杆 + Ø8 mm 钢筋网 + C20 喷射砼 + U25 型钢支撑   | 55                 |                  |                   |
| Z3   | Ø22 mm 锚杆 + Ø8 mm 钢筋网 + C20 喷射砼 + Ø25 mm 钢格栅支撑 | 45                 | Ø50 mm 小导管注浆     | 超期小导管注浆 + 中空预应力锚杆 |
| Z2   | Ø22 mm 锚杆(局部) + Ø8 mm 钢筋网 + C20 喷射砼            | 40                 | 无                | 超期小导管注浆           |
| Z0   | Z0 为明洞,无初期支护                                   | 75                 | 无                | 无                 |

收稿日期:2008-01-20

作者简介:曾兆宜(1974-),男(汉族),福建长乐人,福州市市政建设开发公司工程师,路桥专业,从事市政工程建设,福建省福州市台江区长寿路 25 号颐景园一区 3-806,648850999@qq.com。

2 隧道浅埋段设计要求与工程施工难点

2.1 设计要求

由于隧道浅埋段覆盖层为第四系坡残积层以及强化岩层(厚度 1~7 m)、进出口为Ⅳ~Ⅴ级围岩、隧道局部发育有少量顺坡节理等不利因素,施工过程中容易造成坍塌、失稳等危害,为确保隧道施工及运营安全,设计规定了严格的施工技术与质量要求。

2.1.1 周密的支护措施

采用“新奥法”原理进行设计,采用复合式衬砌结构,以锚杆、钢筋网、喷射混凝土为初期支护,并辅以钢拱架、大管棚、注浆小导管等支护措施;模筑(钢筋)混凝土衬砌为二次衬砌。初期支护与二次衬砌拱墙之间设防水隔离层。

2.1.2 严格的施工顺序(见表 3)

表 3 隧道设计施工顺序要点表

| 围岩类别 | 洞身开挖方式                 | 开挖与支护顺序及要求           |              |
|------|------------------------|----------------------|--------------|
|      |                        | 规 定                  | 洞内中隔壁墙支护     |
| Ⅴ    | 双洞同时,各洞分外、内导坑及上、下断面四流程 | (1)大管棚、注浆小导管等超前支护先行; | U29 钢支撑+喷射砼  |
| Ⅳ    | 双洞同时,各洞分外、内导坑二阶段       | (2)二洞间中夹岩加固后再进行洞身开挖; | U25 钢支撑+喷射砼  |
| Ⅲ    | 双洞同时,各洞分外、内导坑二阶段       | (3)洞身开挖后及时施作初期支护     | 喷射砼,厚度 10 cm |

2.1.3 特殊的技术规定

(1)严格按“新奥法”原理组织施工,加强监控量测工作,用量测信息指导施工,及时反馈信息以修正设计和采取应急措施。

(2)开挖支护必须严格按照设计《开挖支护顺序图》进行施工。

(3)隧道开挖必须采用光面爆破或预裂爆破技术,洞身不允许存在欠挖现象。

(4)隧道开挖断面采用三心圆,且出口段为曲线,施工放样应特别注意。

2.2 工程施工难点

(1)隧道是本标段工期控制的关键工程,工期压力大。设计确定的施工方法比较适用于破碎围岩及土层地质地段,对破碎及自承能力较差围岩在支撑成环之前起到较好的支撑作用,可保证施工安全。但该方法存在施工工序繁多、施工空间狭小、不利于机械化作业等不足,浅埋段施工进度严重受限。

(2)隧道开挖断面较大,浅埋段开挖面积 166.29 m<sup>3</sup>,开挖施工技术措施不当易引发地表变形、洞顶塌陷、洞壁垮塌等问题。

(3)隧道为小净距分离式隧道,最小净距为 5.78 m,且浅埋段围岩为软弱岩,施工中两洞间中夹岩保护及加固至关重要。

(4)该工程为市政工程,距离市区较近,在施工中应采取相应的措施做好环境保护。

3 浅埋段开挖方法的选择

根据明洞开挖后出露的隧道围岩(上部为风化岩层、中下部为相对完整的基岩)情况,为加快隧道施工进度,发挥机械施工优势,确定采用上下台阶两

阶段开挖施工方法(见图 1)。上台阶开挖的高度约 6 m,具体根据施工机械的作业空间要求作适当调整。

施工流程为:①拱部超前支护→②上台阶开挖→③拱部及掌子面初喷稳定→④拱部锚杆、拱架、钢筋网片、喷射混凝土等初期支护施作→⑤竖向临时钢支撑支护→⑥内侧拱脚处超前支护及中夹岩柱加固→⑦开挖内侧拱脚→⑧内侧拱脚处初期支护→⑨外侧拱脚超前支护→⑩开挖外侧拱脚→⑪外侧拱脚初期支护→⑫拆除临时支撑,开挖下台阶及仰拱→⑬下台阶仰拱初期支护→⑭仰拱混凝土浇注→⑮仰拱填充片石混凝土浇注→⑯二衬混凝土施作。

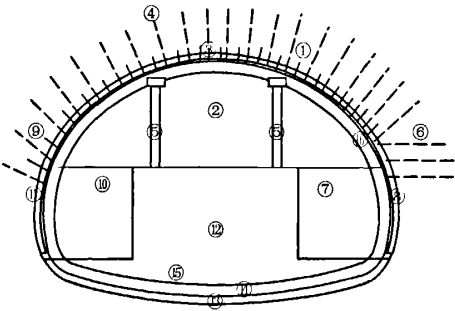


图 1 上下台阶开挖法施工顺序示意图

4 施工技术、质量与安全措施

按照“新奥法”原理组织施工。施工中始终坚持“短进尺、弱爆破、强支撑、早封闭、勤量测”的总体施工原则。浅埋段施工过程中,除开挖方式采用上下台阶开挖法外,其它均按设计要求实施,主要技术、质量与安全措施要点如下。

4.1 超前支护措施先行

(1)洞身开挖前,先按设计要求施工大管棚、超前小导管和中夹岩加固小导管(中空锚杆)并注浆。

(2)  $\varnothing 108$  mm 管棚施工采用钻机钻孔、安装。钢管分节长度为 5 m,采用丝扣连接。施工时保证环向间距 50 cm,仰角为  $2^{\circ} \sim 3^{\circ}$ ,钢管施工误差径向  $>15$  cm,隧道纵向同一断面内的钢管接头数  $>50\%$ ,相邻钢管的接头至少错开 1 m。管棚注浆按固结管棚周围有限范围内土体设计,浆液扩散半径  $<0.5$  m,注浆采用 C30 水泥浆分段注浆。

(3)超前小导管采用  $\varnothing 50$  mm 热轧钢管(壁厚 5 mm、长度 5 m),用锚杆钻机打眼,台车顶进安装,液压注浆机、注浆泵注浆。

#### 4.2 隧道开挖“弱爆短进”

(1)实行“弱爆短进”的施工方法,尽量减少对周边围岩的扰动:V级围岩开挖时以人工配合机械开挖为主,个别点需要爆破时,采用小炮松动爆破;Ⅲ、Ⅳ级围岩严格采用微震爆破,要求后开挖隧道对先开挖隧道初期支护爆破震动速度限制为 15 cm/s。中夹岩柱在小导管注浆加固并达到强度后,再采用微震预裂爆破开挖,尽可能减少对围岩的扰动和破坏。

(2)严格控制浅埋段回次开挖进尺:V级围岩  $\leq 1$  m,Ⅳ级围岩  $\leq 2$  m,Ⅲ级围岩  $\leq 3$  m。

(3)上台阶开挖高度:根据施工机械作业空间的要求确定,实际按 6 m 左右控制。上台阶拱脚原则开挖至具有相应承载力的地层层位,以保证钢支撑拱脚受力需要和稳定牢固。

(4)下台阶开挖采用左右交替开挖,交替前进,开挖后及时封闭成环。爆破继续实行“弱爆短进”的策略。

(5)由于隧道为小净距隧道,开挖过程中左、右洞的掌子面要错开一定洞距,以 30 m 控制。

#### 4.3 初期支护及时跟进

浅埋、软弱围岩地段开挖后,迅速组织初喷(厚度  $<2$  cm),减少围岩裸露时间。然后,严格按设计图纸、技术规范等要求施工锚杆、钢筋网、架立钢支撑(钢格栅),并及时进行复喷、完成初期支护喷射砼施工。为使开挖断面的初期支护形成可靠的支撑体系,主要采取以下加强措施。

(1)保证钢支撑拱脚支撑在坚实的基础上:采取预留原地基、填充密实、设槽钢垫板等严防拱脚悬空,并设置锁脚锚杆对钢支撑拱脚进行锚固。锁脚锚杆每榀每端不少于 4 根,U型钢每边 2 根对称布置,与钢支撑焊接。

(2)增强初期支护的整体稳定性:将钢支撑与洞内环向系统锚杆焊接,环向间距  $>5$  m;钢支撑用  $\varnothing 25$  mm 钢筋进行纵向连接,环向间距按 1.0 m 设置。

(3)钢架架立后尽快施作喷砼,并将钢架全部覆盖,使钢架与喷砼共同受力。喷砼分层进行,每层厚度 5~6 cm 左右,从拱脚或墙脚向上喷射。

(4)为确保初期支护体系安全,方案拟订了采用钢管或 U 型钢作竖向临时支撑的应急措施(见图 1)。本工程采取(1)~(3)措施后,经监控量测成果表明初期支护体系稳定、可靠,未采用本条应急措施。

(5)隧道下半台阶开挖后,尽快使初期支护钢支撑封闭成环。

#### 4.4 监控量测贯穿始终

隧道施工中对围岩进行监控量测与信息反馈是隧道“新奥法”施工的一个重要环节。本工程从进洞施工开始,就委托专业监控量测公司对隧道试验段拱顶下沉、周边收敛、围岩压力及钢支撑内力等内容按设计要求进行全程监控量测。

(1)在隧道上台阶开挖之前,按照规范及设计图纸的要求,制定了详尽的监控量测计划。

(2)浅埋段施工时,加大量测频率,加密量测断面,并及时对量测数据进行分析整理,为隧道变形及稳定状态的判断提供可靠、科学的技术资料,保证了隧道施工安全。

(3)施工中也派专人对掌子面围岩情况进行观察,一旦有异常迹象发生,即启动应急预案。

#### 4.5 其它措施

(1)施工中加强各工序、各作业班组的联系与配合,尽量减少围岩裸露时间,防范围岩失稳与施工安全事件发生。

(2)二次衬砌在围岩和初期支护基本稳定后及时施作。变形基本稳定应符合下列条件:①隧道围岩变形速度有明显减缓趋势;②水平收敛(拱脚附近)速度  $<0.2$  mm/天,拱顶下沉速度  $<0.15$  mm/天。

(3)施工期间,现场施工负责人会同有关人员对各部位进行定期检查,在不良地质地段,每班指派专人检查,当发现喷锚支护变异或损坏时,立即增设锚杆并复喷砼或增设钢支撑。

(4)当发现量测数据有突变或异变时,及时采取应急措施,保证施工作业安全。

(5)环境保护:洞口场地布置尽量少占耕地,保

护植被,尽力使山体林木、植被等保持原貌。边、仰坡施工时,采用控制爆破开挖,及时进行坡面防护。保护地下水资源,根据工程地质特点,做好各种防水设施,确保隧道不渗漏,若地下水丰富时,严格注浆程序,做到浆材无毒性,不污染环境。隧道弃渣运至指定的弃渣场内。

5 隧道浅埋段开挖效果分析

本隧道工程浅埋段采用上下台阶法开挖,经实践结果表明:

(1)由于隧道开挖空间相对较大,大部分施工可实行机械化作业,大大缩短了开挖、出渣等工序作

业时间,加快了工程建设进度。与原设计开挖方法——四断面、双侧壁施工相比,施工进度优势明显。

(2)采用上下台阶开挖方法,可以通过科学、合理的施工组织和形成有效的支护措施,消除左右洞在开挖过程中的相互干扰,实现单洞上下台阶的流水交叉作业,提高机械的利用率。

(3)在浅埋段开挖与初期支护过程中,通过对现场量测数据的分析、处理,全程变形量及变形速率均在规范及设计允许范围内,表明围岩基本稳定,成洞面稳定状态良好(见表4)。

表4 主要监控量测成果表

| 序号 | 项目名称 | 方法及工具   | 量 测 间 隔 时 间                                                     |         |       |       | 成果                                 |
|----|------|---------|-----------------------------------------------------------------|---------|-------|-------|------------------------------------|
|    |      |         | 1~15 天                                                          | 16~30 天 | 1~3 月 | 3 月以后 |                                    |
| 1  | 拱顶下沉 | 水平仪及水平尺 | 1~2 次/天                                                         | 1 次/2 天 | 1 次/周 | 2 次/月 | 沉降量为 2~3 mm                        |
| 2  | 地表下沉 | 水平仪及水平尺 | 开挖面距量测面 <2B 时,1~2 次/天;开挖面距量测面 <5B 时,1 次/2 天;开挖面距量测面 >5B 时,1 次/周 |         |       |       | 早期沉降速率在 2~3 mm/天,后期基本稳定,最大沉降量 8 cm |
| 3  | 周边位移 | 收敛计     | 1~2 次/天                                                         | 1 次/2 天 | 1 次/周 | 2 次/月 | 最大收敛值为 3 mm                        |

6 结语

隧道浅埋段施工重点在于采取有效、可行的开挖与支护措施,防范洞顶覆盖层的破坏,减少对围岩的扰动,抑制围岩的变形,以充分调动和发挥围岩的自承能力。本工程根据浅埋段围岩的特性,采取上下台阶法开挖,并在工程施工中实行短进尺、弱爆破、及时支撑、重视量测等措施,不仅大幅度提高施

工效率,而且完全满足设计意图的各项要求。因此,是成功、有效的。

参考文献:

- [1] JTJ 042-94,公路隧道施工技术规范[S].
- [2] 张京,等.路桥工程施工新技术实用手册(隧道施工新技术分册)[M].北京:长征出版社,2003.

《地质勘查资质管理条例》将于 2008 年 7 月 1 日起施行

新华网消息 国务院总理温家宝 2008 年 3 月 3 日签署第 520 号国务院令,公布《地质勘查资质管理条例》。这一条例将自 2008 年 7 月 1 日起施行。

为了加强对地质勘查活动的管理,维护地质勘查市场秩序,保证地质勘查质量,促进地质勘查业的发展,制定的这一条例包括总则、申请与受理、审查与决定、监督管理、法律责任、附则六部分。

条例规定,海洋地质调查资质、石油天然气矿产勘查资质、航空地质调查资质,以及其他甲级地质勘查资质由国务院国土资源主管部门审批颁发;其他的地质勘查资质,由省、自治区、直辖市人民政府国土资源主管部门审批颁发。

为进一步强化对地质勘查活动的监管,条例规定,审批机关应当建立、健全地质勘查单位的执业档案管理制度。执业档案应当记录地质勘查单位的执业经历、工作业绩、职业信誉、检查评议、社会投诉和违法行为等情况,并规定地质勘

查单位不得超越资质证书规定的资质类别或者资质等级从事地质勘查活动,不得出具虚假地质勘查报告;不得转包其承担的地质勘查项目和允许其他单位以本单位的名义从事地质勘查活动;在委托方未取得矿产资源勘查许可证、采矿许可证前,不得为其进行矿产地质勘查活动。

为增强对违法行为的震慑力,加大处罚力度,条例明确了有关国家机关工作人员的责任。县级以上国土资源主管部门及其工作人员,对不符合条件的申请单位颁发资质证书或者超越法定职权颁发资质证书,对符合条件的申请单位不予颁发资质证书或者不在法定期限内颁发资质证书,发现违法行为不予查处或者接到举报后不依法处理,在资质审批颁发和监督管理中有其他违法行为的,对直接负责的主管人员和其他直接责任人员依法给予处分;构成犯罪的,依法追究刑事责任。