

CAD 中洞法在复杂地质条件下的应用

艾朝阳

湖南省平江县虹桥镇居委会宿舍, 湖南 岳阳 414000

[摘要]CRD 中洞法以其具有施工安全易于控制的特点被广泛用于大跨浅埋暗挖软弱围岩段, 深圳地铁 10 号线凉帽山车辆段出入线隧道三线大断面因其具有浅埋偏压、大跨度、复杂地质条件等特点, 设计采用 CRD 中洞法施工, 实际施工步骤因实际地质状况、技术水平、施工条件、机械设备等因素影响与设计有较大差异, 文中重点介绍三线隧道开挖实际控制情况, 供探索、讨论之用。

[关键词]CRD 中洞法; 浅埋暗挖; 复杂地质; 实际控制

DOI: 10.33142/sca.v6i7.9617

中图分类号: TD15

文献标识码: A

Application of Zhongdong Method in CAD in Complex Geological Conditions

AI Chaoyang

Residential Committee Dormitory in Hongqiao Town, Pingjiang County, Hunan Province, Yueyang, Hunan, 414000, China

Abstract: The CRD mid tunnel method is widely used in large-span shallow buried soft rock sections due to its safe and easy to control construction characteristics. Due to its characteristics of shallow burial, large span, and complex geological conditions, the large section of the entrance and exit tunnel of the Liangmaoshan Depot of Shenzhen Metro Line 10 adopts the CRD Zhongdong method for construction. The actual construction steps differ greatly from the design due to factors such as actual geological conditions, technical level, construction conditions, and mechanical equipment. The article focuses on introducing the actual control situation of the excavation of the third line tunnel for exploration and discussion.

Keywords: CRD Zhongdong method; shallow burial and excavation; complex geology; actual control

1 工程概况

1.1 工程特点

深圳市城市轨道交通 10 号线凉帽山车辆段出入线单洞三线隧道由出入线单洞双线与 2#牵出线交汇并行后进入出入线明挖段, 长度 53.8 米, 分 F 型和 G 型两种断面形式, 跨度分别为 21.24 米和 21.64 米, 高度分别为 15.375 米和 15.611 米, 隧道设计采用单洞三线马蹄形断面结构; 采用 CRD 中洞法(九洞六步法)施工, 隧道拱顶覆土厚度 25 米, 右侧拱腰局部覆土厚度不足 2 米, 且地形随隧道横断面西高东低, 属典型的浅埋暗挖偏压大跨度隧道。

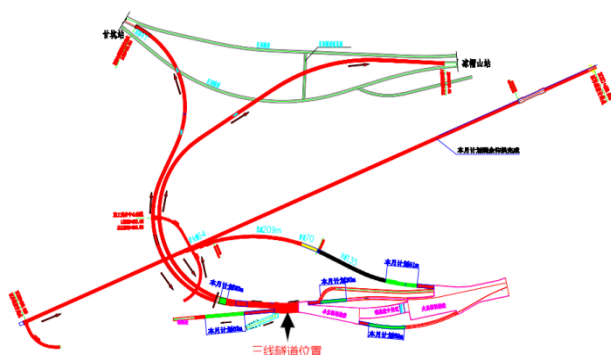


图 1 凉帽山车辆基地隧道群总平面布置

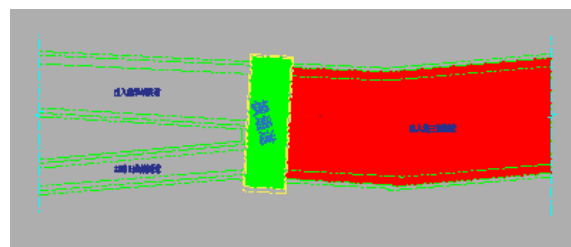


图 2 出入线三线隧道平面图

1.2 隧道地质水文、地质特点

(1)出入线三线隧道周边无水塘、河沟及溪流经过, 地下水主要为地表雨水补给形成潜水类型, 地勘资料及周边环境显示无承压水存在, 隧道周边围岩较为破碎, 第四系松散层孔隙水和裂隙水较为丰富。(2)出入线双线、三线隧道部分线路设计沿山坡坡脚走向, 局部埋深不足 12 倍洞跨, 坡面经长期雨水冲刷形成众多深浅不一的冲沟, 不良地质主要表现为浅埋、偏压, 拱顶部围岩节理裂隙发育, 易出现顶部坍塌, 隧道初支易出现轮廓变形、拱部侵入等问题。(3)隧道开挖断面上弱下强, 自拱顶至仰拱围岩类别分别为 V、IV、III 类, 围岩上下变化梯度大。

2 设计参数

(1)开挖工法: CRD 中洞九洞六步法开挖; (2)预支护: $\phi 108 \times 10$ 超前大管棚+ $\phi 42 \times 3.5$ 超前小导管, 注浆加固; (3)初期支护: I 25a 钢架+ $\phi 25$ 中空锚杆+双层钢

筋网+30cm厚C25喷射混凝土；(4)防水工程:PVC防水板,全环布置；(5)隧道衬砌:70cm厚C35P10钢筋混凝土。

3 施工方案

3.1 方案选择与编审

(1) 隧道施工方案选择阶段经组织专业人员多轮讨论,问题集中在安全风险最大的开挖步序、控制爆破、临时支撑拆除环节,达成一致意见后确定专项施工方案,组织专家评审通过并履行审批程序后实施;

(2) 开挖初支步骤:“中洞CRD法”设计首先开挖支护为:超前管棚结合小导管预支护→中洞上台阶→中洞中台阶→中洞下台阶→侧洞上台阶左右序→侧洞中台阶左右序→侧洞下台阶左右序;先行从小里程进洞,然后在明挖段具备进洞条件后两端向中间同时开挖,最后在洞中贯通;具体施工如下图:

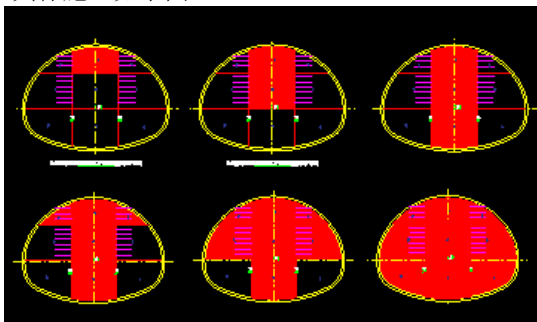


图3 CRD中洞法最初开挖支护步序图

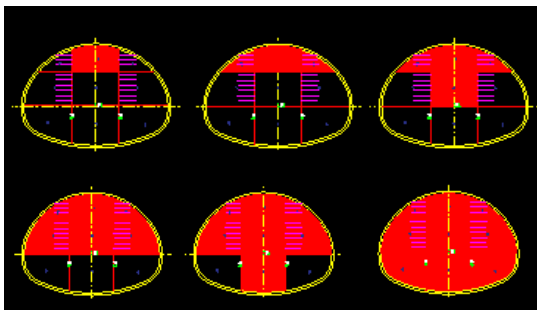


图4 调整后实际的开挖支护步序图

(3) 临时支撑拆除及衬砌施工步骤:临时支撑拆除根据隧道衬砌分段进行,隧道衬砌顺序分别为CS2→CS3→CS4→CS5→CS6,CS1在2号斜井交通功能结束后才开始浇筑,分段划分见图5图;

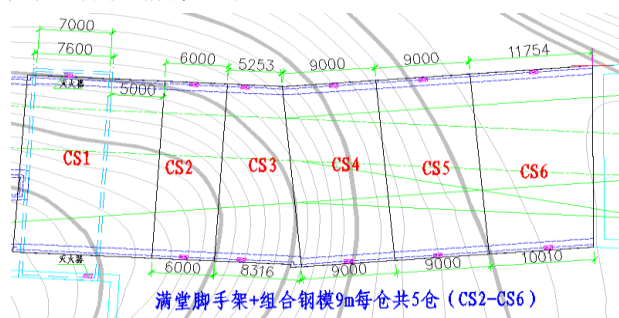


图5 衬砌施工分段划分图

临时支撑拆除根据隧道衬砌混凝土浇筑方案分四步进行,第一步拆除仰拱及仰拱回填高度的钢架,按拆一留一的方式进行,拆除中隔壁钢架应保证端头有置于仰拱回填砼之上,拆除完成后施作仰拱范围防水层,安装仰拱钢筋及模板,浇筑混凝土及仰拱回填混凝土,具体见下图6;

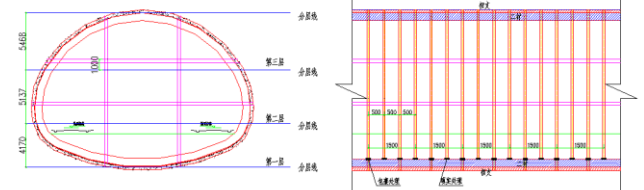


图6 第一次临时支撑拆除示意图

第二次拆撑部分为第二道横撑左右部分,保留中洞部分避免中隔壁刚度降低,搭设侧墙模板支架,铺挂侧墙部分防水板,安装侧墙钢筋模板,浇筑侧墙二衬混凝土,具体见下图7;

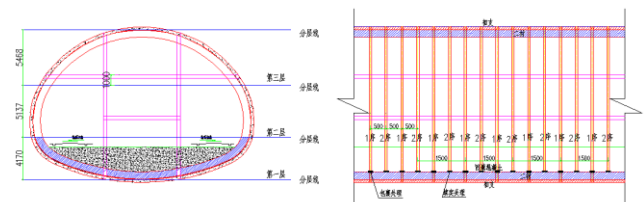


图7 第二次临时支撑拆除示意图

第三次先拆除第一道横撑左右侧部分,然后按拆一留一的方式拆除中隔壁钢架顶端部分,拆除部分与第一次拆除钢架对应,长度为不影响模板安装长度,拆除时严密监测,出现异常及时回顶,中隔壁拆除部分完成后,迅速组织搭设模板支架,铺挂防水板,安装钢筋及模板,浇筑混凝土,临时支撑施工方法见图8;

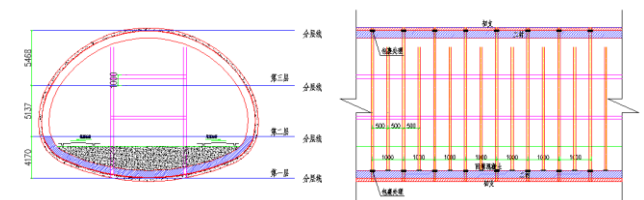


图8 第三次临时支撑拆除示意图

第四次拆除为剩余部分,拆除时应待拱部混凝土强度达到100%,与模板配合拆除,模板严格遵循先支后拆、后支先拆、先拱顶部后逐步向两侧均匀卸落,直至完全拆除。

4 施工重难点及工程措施

4.1 施工重难点

(1) 三线隧道跨度大,围岩上软下强,地质情况复杂,且处于浅埋偏压段,工法采用通常用于开挖断面围岩为V、VI级人工掘进的“CRD法中洞”用于III、IV级围岩需爆破地层掘进,其控制爆破和临时支撑保护是隧道质量、安全控制的难题;且因各序爆破多次对围岩扰动,造成围岩过度松弛,影响安全掘进;(2) 初支每榀成环钢架及临

时支撑连接点多达 22 处,每一处接头错台偏差超出允许范围均会导致钢架无法有效传递荷载,从而影响初支结构受力,危及隧道安全;(3)转序频繁,工序衔接组织难度大,极易形成围岩暴露时间长,增加施工安全风险;(4)隧道开挖需经历两次进洞,横通道侧结构复杂,作业面狭小,管棚施作受限;明挖段一侧需在明挖段围护结构完成,存在交叉施工的问题,施工协调量大。

5 主要施工控制点

5.1 超前支护

(1)设计参数: $\phi 108 \times 10$ 超前大管棚+ $\phi 42 \times 3.5$ 超前小导管,管棚 F 断面设计长度 28.0m,G 断面设计长度 35.0m,数量均为 60 根,环向间距 0.4m; 导拱: 定位钢架双 I25a 工字钢,导向钢管 $\phi 127 \times 5\text{mm}$;

(2)管棚加工: 管节预先进行配管设计,委托工厂加工,接头采用丝扣连接;要求管节接头同一断面头率 50%,接头错开距离 $\geq 1.0\text{m}$;

(3)导拱施工:

①导拱施工流程: 场地准备 \rightarrow 测量放样 \rightarrow 导拱定位 \rightarrow 导向管安装 \rightarrow 导拱钢筋安装 \rightarrow 导拱混凝土浇筑 \rightarrow 养生 \rightarrow 下道工序;

②导拱施工重要控制点包括测量放样、导拱定位测量及固定、导向管安装位置及外插角、钢筋混凝土浇筑;

测量放样时应根据导拱钢架的规格、拱顶预沉量及开挖轮廓等因素确定导向管的中心线位置;

导拱固定宜选用定位锚杆或锚管锁定,采用锚管时应按小导管注浆要求进行注浆,采用锚杆时宜采用全长黏结型砂浆锚杆;

导向管应与导拱钢架焊牢,位置准确,外插角 $1 \sim 2^\circ$; 钢筋混凝土浇筑环节除采取措施保证混凝土密实性外,应避免振捣造成导拱及导向管位移。

(4)管棚安装及注浆

①钻孔时应该按方案要求调整钻机位置及钻杆外插角,钻机作业面应牢固坚实,避免影响钻眼精度;钻眼应从拱脚向拱顶隔孔跳打,分批次与安管及注浆配合进行,不可一次完成全环钻孔;

②安管时应按施工批次确定配管方式,避免相邻接头处于同一断面,本工程按两批次间隔施作施作管棚,同一截面接头率为 50%;

③注浆按浆量与压力双控,注浆压力终值为 1.0mpa.

5.2 步距控制

(1)开挖进尺控制: 施工方案设计 V 级围岩循环进尺 0.5m, IV 级围岩循环进尺 1.0m、III 级围岩循环进尺 1.5m; 上下台阶及左右侧洞错开 $3 \sim 5\text{m}$; (2)开挖工艺和爆破参数控制: 拱项上台阶三个部分围岩 V 级,开挖首先考虑人工或机械掘进,开挖困难时低药量松动辅助人工掘进,爆破装药结构以预裂爆破工艺,形成隔振帷幕,减少围岩扰

动和超前挖量,中洞部分向两侧洞方向超出 $0.5 \sim 0.7\text{m}$,使临时侧壁钢架与侧洞围岩形成距离缓冲,减少侧洞爆破对侧壁造成损害;中下台阶采用光面爆破工艺,爆破仍然为松动控制,辅助人工掘进,最大限度减少扰动和对临时侧壁的保护。

5.3 支护措施

先行施作注浆小导管加固再进行掘进,每循环支护仰拱或临时仰拱紧跟紧闭环,钢架底部用楔形块垫实塞牢,锁脚锁定,锚杆与钢架位置对应并与钢架焊接牢固;钢架位置每榀通过全站仪放样确定,保证位置精确;初支砼分层分区自下而上施作,平整度、厚度满足设计要求,各步序及时闭环,确保稳定。

5.4 监控测量

监测内容包括应力监测和位移、变形观测;应力监测通过安装轴力计实现,位移、变形观测通过每 5 米为一断面设立拱顶下沉、净空收敛和底板隆起三类观测标,定期观测收录分析数据实现;通过分析结果判断隧道周边位移和水平位移趋势,寻求稳妥施工措施。

6 控制措施

6.1 控制爆破

爆破参数设计原则:

(1)进尺控制: III 级 1.5m、IV 级 1.0m、V 级 0.5m;

(2)爆破工艺: V 级围岩尽量采用人工开挖机械辅助作业,须进行爆破时以小药量松动,工艺按预裂爆破设计,减少围岩扰动和控制超欠挖; III、IV 级围岩爆破工艺采用侧洞工作面按光面爆破设计,中洞作业面以松动爆破为主;

(3)根据围岩产状,性质、类别的变化及爆破效果及时调整爆破参数。

6.2 超前支护

超前支护主要为超前管棚、超前小导管及超前预注浆固结三种手段结合使用;管棚、小导管施工严格控制孔位、外插角、孔深、配管安管、注浆环节;超前预注浆主要控制浆液配比(单液浆)、注浆范围、注浆压力和注浆量,检查浆液固结效果;

6.3 钢架制作、安装

(1)钢架制作精度必须达到规定要求,通过试拼检验;

(2)钢架安装精度(垂直度、位置[轴线偏差]、挠曲度)应高于规范要求控制;钢架安装以全站仪逐榀每单元定位,通过吊线检查垂直度,保证安装精度;(3)连接板安装须密贴(局部不密贴加垫楔形钢板),螺栓紧固到位(扭矩控制);(4)钢架安装每部序加紧与临时支撑(竖撑、横撑)闭环,加强锁脚施工质量(角度、注浆、与钢架焊接)控制,钢架底塞实顶牢。

6.4 锚杆施作

(1)锚杆数量、规格、施工工艺符合设计要求;(2)锚杆与钢架位置对应施作,外露部分制作成 L 形与钢架抱

死焊牢。

6.5 监测数据处理反馈机制

(1) 隧道掘进前监测单位按程序上报监测方案, 审批通过后实施; (2) 隧道实施过程严格按监测方案要求频率对监测项目(地表沉降、钢架轴力、拱顶下沉、净空收敛及底板隆起)实施监测; 当天监测数据 20:00 前发布在工程管理微信群, 供各参建主体参考、分析; (3) 隧道监测成果每月形成纸质文件上报相关单位; (4) 隧道变形累计或速率变化异常时及时预警, 施工单位及时启动应急预案处理; 监理单位根据监测数据变化掌握隧道动态, 变化异常时按程序处置。

7 结论

(1) 施工组织设计与施工方案在实施过程需进行动态管理, 根据工程所处的技术、经济、环境等因素变更而及时进行调整, 通过组织管理手段使隧道安全、经济、有序的实施, 是达到预期的社会、经济效益的有效途径; (2) 信息化管理是科学组织施工的重要依据, 隧道实施前应该对沿线水文地质进行详细调查, 制定科学安全的施工方案; 施工过程中应通过监测、预报等手段实时掌握工程动态,

适时调整支护措施和施工组织, 是隧道安全实施的重要保障; (3) 大跨度浅埋暗挖隧道施工必须严格遵循“管超前、严注浆、短开挖、强支护、快封闭、勤量测”的原则和方案外, 尚应重视工程动态管理, 结合工程特性及本身施工技术特点, 通过科学分析论证寻找合理工法是达到隧道安全、经济实惠的基本途径。

[参考文献]

- [1] 刘宏伟. 复杂地质条件下特大断面导流隧洞综合施工技术研究与分析[J]. 天津大学, 2007(12): 5.
 - [2] 李现者, 袁金秀, 王道远, 等. 双线暗挖隧道下穿既有城市主干道施工方法比选[J]. 公路工程, 2013, 38(5): 5.
 - [3] 黄建勇. 浅埋软岩大断面海底隧道 CRD 施工工法[J]. 石家庄铁路职业技术学院学报, 2008, 7(6): 8.
 - [4] 林作雷. 厦门翔安海底隧道施工关键技术[M]. 北京: 人民交通出版社, 2011.
 - [5] 李登红. 城市浅埋暗挖隧道施工风险管理研究[J]. 城市建设理论研究: 电子版, 2015(35): 750-750.
- 作者简介: 艾朝阳(1971—), 男, 湖南平江人, 学历: 本科, 目前职称: 工程师, 主要从事地铁工程咨询工作。