

回填土地段盾构施工难点与关键技术总结

谢贻奎¹, 黄鹏¹, 王斌², 曾令宏³, 应杰⁴

¹中建隧道建设有限公司 重庆

²重庆市轨道交通(集团)有限公司 重庆

³重庆市轨道交通设计研究院有限责任公司 重庆

⁴重庆市住房和城乡建设工程质量总站 重庆

【摘要】某地铁鲁家沟站~椿萱大道站区间覆土为回填土、杂填土、硬质岩、泥岩相结合的复杂土地段, TBM 盾构机在填土段采用土压平衡模式 TBM 模式, 其他地层段采用单护盾 TBM 模式, 针对复杂地质状况下的施工过程当中, 掘进过程中容易发生刀具磨损, 堵塞刀盘, 掘进沉降等盾构施工难点, 本文从地层结构、盾构掘进参数、刀盘磨损、对周边建筑物的影响采取的相关措施进行总结, 以期对相近条件下的盾构施工提供技术参考。

【关键词】地铁; 盾构; 回填土; 施工

【收稿日期】2023 年 1 月 12 日 **【出刊日期】**2023 年 2 月 19 日 **【DOI】**10.12208/j.ace.20230003

Summary of shield construction difficulties and key technologies in backfill area

Yikui Xie¹, Peng Huang¹, Bin Wang², Linghong Zeng³, Jie Ying⁴

¹Zhongjian Tunnel Construction Co., Ltd., Chongqing

²Chongqing Rail Transit (Group) Co., Ltd., Chongqing

³Chongqing Rail Transit Design and Research Institute Co., Ltd., Chongqing

⁴Chongqing housing and urban and rural construction project quality station, Chongqing

【Abstract】 The overburden soil between Lujiagou Station and Chunxuan Avenue Station of a subway is a complex land section combining backfill, miscellaneous fill, hard rock and mudstone. The TBM shield machine adopts the soil pressure balance mode TBM mode in the fill section, and the other strata section adopts the single shield TBM mode. In view of the construction process under complex geological conditions, the shield construction difficulties such as tool wear, blockage of cutterhead and tunneling settlement are easy to occur in the tunneling process. This paper summarizes the relevant measures taken from the stratum structure, shield tunneling parameters, cutterhead wear and the influence on surrounding buildings, in order to provide technical reference for shield construction under similar conditions.

【Keywords】 Subway ; Shield ; Backfill ; Construction

1 工程概况

1.1 区间概况

鲁家沟站~中央公园西站~椿萱大道站区间掘进长度为 2140.294m。鲁~中区间最小曲线半径 500 米, 区间最大纵坡 38.82%, 长 270 米, 占比 26.42%。中~椿区间最小曲线半径 2000 米, 最大纵坡 38.07%, 长 270 米, 占比 24.21%。

1.2 地质概况

鲁家沟站~中央公园西站区间场区域上属扬子准地台重庆台坳重庆褶皱束, 为新华夏系的次级沉降带的华蓥山一方斗山褶皱带之华蓥山褶皱束的龙王洞背斜西翼。岩层呈单斜层产出, 层间结合较差, 为硬性结构面^[1]。出露的岩层为一套强氧化环境下的河湖相碎屑岩沉积建造。由多层砂岩、砂质

第一作者简介: 谢贻奎(1973-)男, 重庆人, 高级工程师, 主要从事隧道及地下工程方面的研究

泥岩不等厚的正向沉积韵律层组成。

中央公园西站~椿萱大道站区间勘察区位于川东南弧形地带, 华蓥山帚状褶皱束东南部, 构造骨架形成于燕山期晚期褶皱运动。沿线出露的地层由上而下依次可分为第四系全新统人工填土层(Q4ml)、残坡积层(Q4el+dl)和侏罗系中统新田沟组(J2x)沉积岩层。

1.3 水文情况

沿线地下水的赋存条件、水理性质及水力特征, 沿线地下水可划分为第四系松散层孔隙水和基岩裂隙水。其余通过地面的裂隙等渗入地下, 补给各含水层, 砂岩中裂隙水较多。场地总体水文条件简单。

1.4 本区间工程特点

(1) 鲁家沟站~中央公园西站区间长度 1811.38m, 设计管片 1210 环。中央公园西站~椿萱大道站区间长度 2192.02m, 设计管片 1463 环。

(2) 鲁家沟站~中央公园西站~椿萱大道站区间地层主要为全断面人工填土、砂岩、泥质砂岩地层, 局部为人工填土及砂岩交界处的上软下硬地层^[2]。

2 盾构机选型

2.1 盾构机选型原则

TBM 掘进在中央公园西站~椿萱大道站区间主要为全断面人工填土、砂岩、泥质砂岩地层, 局部为人工填土及砂岩交界处的上软下硬地层。本区间采用 2 台复合式 TBM, 装机功率为 2500kW, 最大推力为 4362.5T, 额定扭矩为 6464kNm, 脱困扭矩为 7108kNm, 根据类似地层施工案例, 扭矩和推力配置可以满足要求。TBM 刀盘开挖直径 6885mm。并结合本区间地质情况合理配置刀具, 提高在人工填土及泥质砂岩地层的掘进效率。TBM 在复杂的地层中掘进, 关键在于刀盘的使用效率与掘进效率, 应该最好的将不同刀具的切割作用发挥起来, 增强掘进管理以及加强对刀盘刀具的管理养护^[3]。

2.2 TBM 掘进参数控制表, 见表 1

3 区间重难点分析及应对措施

3.1 隧道顶覆土层为回填土

依据 TBM 区间详细勘察报告提供的地质条件、水文条件、地层参数等参数, 经过多次计算选取的最不利断面处勘察孔编号为: WZC21, WCK53, 对应隧道里程为: 中椿区间右 FCK5+819.910, 左

FCK5+819.946。该里程处右线隧道顶距地面约 28.58m, 左线隧道顶距地面约 28.85m, 隧道顶到地面地层都是人工填土(Q4ml), 地下水位标高取 285.9, 回填土重度 20KN/m³ 此次计算选用左线隧道埋深^[4]。

$$\text{计算此处隧道顶部土压力为: } 20 \times 28.25 - 10 \times 6.5 = 347.5 \text{KPa} = 3.475 \text{bar}$$

3.2 隧道顶覆土为硬岩层

根据量测, 选择如图断面作为硬岩层计算岩土层压力, 回填土厚度 3.2m, 砂岩地层 25.7m, 泥质砂岩 4.1m, 水位深度 5.5m, 回填土重度 20KN/m³, 砂岩重度 24.8KN/m³, 泥质砂岩重度 25.6KN/m³。

$$\text{计算此处隧道顶部土压力为: } 3.2 \times 20 + (25.7 - 1.4) \times 24.8 + 15.6 \times 4.1 + 10 \times 5.5 = 785.6 \text{KPa} = 7.856 \text{bar}$$

3.3 回填土地层

(1) 地层分析

中椿区间下穿素填土在厚度较大的地段中下部块石含量显著提高, 局部可达到 50~60%, 粒径可达 1000mm, 填土空隙率 10~30%。回填土段存在孤石、地下水丰富, 隧道处于回填土上方, 通过施工的姿态和衬砌质量无法保证, 施工后隧道容易沉降。

(2) 掘进情况

①容易发生的问题及原因: 1) 地层素填土在厚度较大的地段中下部块石含量显著增高, 存在较多孤石。2) 地层回填土空隙率较高, 地下水较为丰富, 隧道处于回填土上方, 通过施工的姿态和衬砌质量无法保证, 施工后隧道容易沉降。3) 区间最大纵坡均大于 38%。TBM 掘进过程容易栽头, 电瓶车运输渣土容易溜车, TBM 姿态控制存在较大问题。

②采取的应对措施: 1) 掘进时遇到孤石可采用方法: A、首先对孤石地层采用注浆加固的方式, 对周围地层采用袖阀管注浆,

表 1 TBM 掘进参数控制表

项目	参数
刀盘转速 (r/min)	2.0-3.0
刀盘扭矩 (KN·m)	1500-3200
推进速度 (mm/min)	25-50
总推进力 (KN)	5500-12000
出土量 m ³	>75

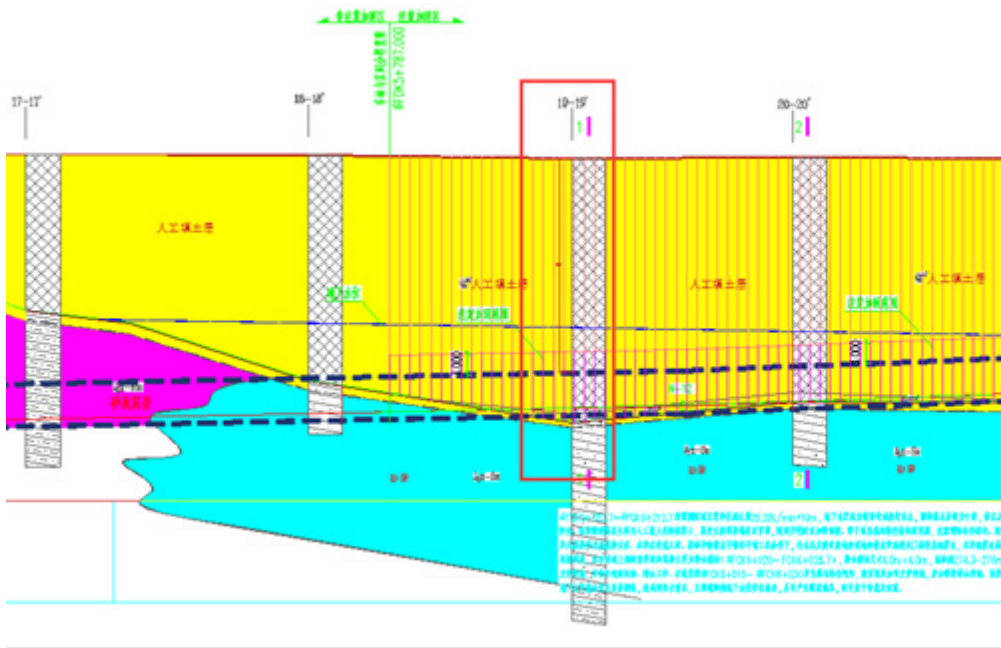


图 1 工程地质剖面图

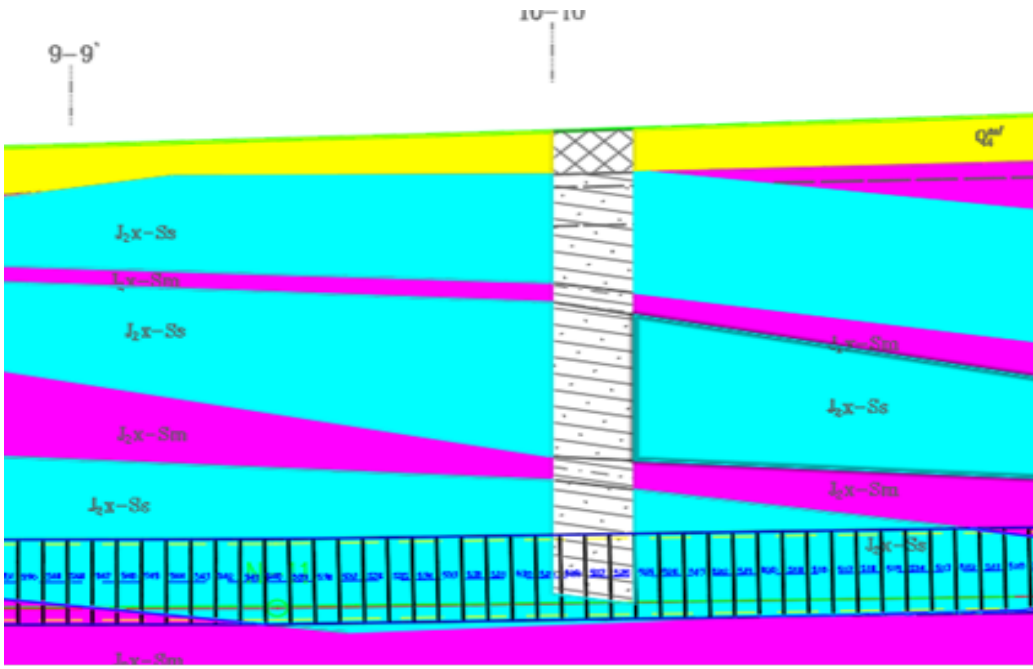


图 2 工程地质剖面图

通过浆液的凝结作用对孤石进行包裹，并在刀盘的切割下破碎孤石，减少孤石挤压土体产生波动，对 TBM 姿态进行纠正与控制。B、TBM 直接掘进。调整 TBM 掘进参数，刀盘靠近孤石时增加泡沫剂注入量，依照“小推力、高转速、低扭矩”为指导方法，调高刀具对孤石的切削效率，增大冲击频率，依靠刀盘的冲击力以此破碎孤石并通过地质复杂区

域。2) 提升膨润土注入系统的配置，减少盾体摩擦阻力。螺旋输送机内加入泡沫，利于渣土的排出。TBM 姿态保持向上趋势，避免栽头；加强后注浆控制，使实际注浆量和注浆压力达到预定要求；加强防水和衬砌质量控制，避免渗漏、错台等现象，以减小风险。3) TBM 姿态保持向上趋势，避免栽头，以减小风险。配置良好的膨润土注入系统，减小盾

体摩擦阻力。做好水平运输方案,渣土运输采用水平连续皮带,电瓶车只负责运输管片和浆液。采取必要的防电瓶车碰撞的措施。

3.4 刀盘磨损效率问题

(1) 刀盘磨损分析

隧道穿越硬岩段岩石主要为砂岩和砂质泥岩,岩体较完整,岩质较硬,要求刀盘具备较强的破岩能力,并且要求刀盘能满足较大的掘进速度,实现TBM模式高转速的掘进要求。本区间累计开仓更换刀具16次,累计更换刀具80把,其中单刃镶齿滚刀70把,双刃镶齿滚刀10把,每次更换刀具4-6把不等。因地质情况较为复杂,刀轴损坏、磨损刀圈等现象较多^[5]。

(2) 应对措施

针对复杂地质条件下的刀具磨损,通过改进以下措施,提高刀具的使用效率,降低硬岩条件下刀具磨损率。①加强刀具配置工作,多方面考虑刀具磨损,包括正常掘进磨损以及不均匀地质磨损,刀具采用知名厂家制作产品。配置18寸正面滚刀加强TBM破岩能力。②注意掘进过程控制,调整好渣土改良,实时注意渣土温度。③优化始发刀盘刀具配置,对刀盘刀具焊接耐磨块,进行针对性的耐磨保护。

3.5 周边建(构)筑物及管线保护

(1) 对周边建筑物的影响分析

区间所在秋成大道下方,周边建构物较多。本区间所在的秋成大道道路下方及两侧管线密布,纵横交错,分布较复杂,管线较多,区间下穿的主要有电力管、排水管、给水管、通讯管、排水干渠等。地下管线分布复杂,施工期间周边建筑物及管线保护是本工程重难点。

(2) 应对措施

①渣土改良:采用泥浆泡沫膨润土复合式渣土改良方法,土仓压力控制在比理论值略大0.1bar~0.2bar,土压平衡掘进时确保掌子面水土压力平衡,保证土压稳定与掌子面水土压力动态平衡,加强变形控制。

②注浆量控制:采用复合式注浆系统,针对不同地层与溶液扩散率,对注浆系统进行优化改进,针对注浆压力不足等情况需要加强注浆以满足注浆需求。计算出管片和围岩间的施工理论空隙体积,并结合以往类似工程施工经验,以一定的充盈系数

对空隙体积进行注浆加固能达到较好的填充效果,并按注浆量和注浆压力进行“定一移二”的原则进行注浆控制。

③参数控制:根据地面监测情况及时调整TBM掘进参数及注浆量,保证掘进过程中土压稳定,注浆量适中。

4 结论

盾构在复杂地质的掘进过程中对刀盘的要求较高,对于不同地质条件应采取相应的改进措施,提高盾构机掘进效率,降低对刀盘磨损,同时控制地层变形。

(1)做好区间详细勘察报告,地质条件、水文条件、地层参数等参数,经过多次计算对周边环境的影响系数,控制盾构掘进后的影响,降低地层变形,加强对周边环境的控制监测。

(2)加强刀具配置工作,多方面考虑刀具磨损,注意掘进过程控制,优化始发刀盘刀具配置,对刀盘刀具焊接耐磨块,进行针对性的耐磨保护。

(3)采用渣土改良的方式保证谁土压力平衡,同时保证注浆量,并根据地面监测情况及时调整TBM掘进参数及注浆量,保证掘进过程中土压稳定。

参考文献

- [1] 苏方声,潘鹏志,高要辉,冯夏庭,刘畅.含天然硬性结构面大理岩破裂过程与机制研究[J].岩石力学与工程学报,2018,37(03):611-620.
- [2] 王来贵,丁盛鹏,何慧娟,杨建林.冻融循环作用下含结核砂岩风化特征实验研究[J].工程地质学报,2018,26(03):611-619.
- [3] 曾英俊. 郑州地区富水砂层土压平衡盾构掘进技术探析[J]. 安徽建筑, 2022, 29(7):3.
- [4] 魏纲,张书鸣,余剑英,丁智,崔允亮.地面堆载对盾构隧道围压影响的模型试验与理论分析[J].岩土工程学报,2022,44(10):1789-1798.
- [5] 王召尚. 安山岩地层盾构掘进施工技术总结[J]. 科技风, 2017(22).

版权声明: ©2023 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS