

砂卵石地层中盾构近距离侧方位穿越暗挖隧道的风险与采取的对策

汪 华 东， 隆 小 琴

(1. 四川二滩国际工程咨询有限责任公司,四川 成都 611130;
2. 中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司,四川 成都 611130)

摘 要:成都地铁某区间分别采用盾构和暗挖法进行区间内两条隧洞的施工,原计划暗挖隧洞施工完成后进行盾构掘进,但因工期制约调整了施工组织设计,在暗挖隧洞施工过程中同时进行了盾构穿越掘进。通过分析砂卵石地层盾构近距离侧方位穿越暗挖隧洞的施工风险,制定了有针对性的工程技术和措施,实现了盾构安全顺利穿越正在施工的暗挖隧洞,节约了工期,所取得的经验可为类似工程提供参考。

关键词:盾构;暗挖;隧洞;砂卵石地层

中图分类号:U45;U415.6;U412;U45 **文献标识码:** B **文章编号:**1001-2184(2021)增 1-0087-03

Risks and Countermeasures of Shield Tunneling Crossing Undercutting Tunnels in Short-distance and Lateral Directions in Sandy Cobble Stratum

WANG Huadong, LONG Xiaoqin

(1. Sichuan Ertan International Engineering Consulting Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 611130;
2. PowerChina Chengdu Engineering Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 611130)

Abstract: Shield tunneling and undercutting methods are applied to construct two tunnels in a certain section of Chengdu Metro. The original plan was to carry out shield tunneling after completion of the undercut excavation, but the construction organization design was adjusted due to the constraints of construction period, so shield tunneling is carried out at the same time with undercut excavation. By analyzing the construction risks of shield tunneling crossing the undercut tunnel in short-distance and lateral directions in sandy cobble stratum, targeted engineering technology and management measures have been formulated to ensure safe and smooth passage of shield tunneling through the undercut tunnel under construction, which shortens the construction period. The experience gained can provide references for similar projects.

Key words: shield tunneling, undercut excavation, tunnel, sandy cobble stratum

1 概 述

近年来,随着城市轨道交通网络体系的不断完善,盾构近距离穿越既有隧道的案例不断增多,其施工工艺趋于成熟。但盾构近距离侧方位平行穿越正在施工的同一区间暗挖隧洞的工程相对较少,且在成都砂卵石地层中尚无成功的经验可供借鉴。结合成都地铁某区间盾构在砂卵石地层近距离侧方位穿越同一区间暗挖隧洞的工程实践,分析了施工风险和所采取的应对措施,所取得的经验可为类似工程提供借鉴。

成都地铁某区间隧洞位于成都市一环路主干道下方,其上部交通繁忙,管线和建筑物众多。

区间线路总长 408 m,区间隧洞分左线隧洞和右线隧洞,隧洞净间距一般为 3.48 m,最小净间距为 2.98 m。左线隧洞直径为 6.28 m,采用加泥式土压平衡盾构机掘进,钢筋混凝土预制管片衬砌;右线隧洞直径为 12.4 m,采用 CRD 法暗挖施工,初期支护采用 20a 型钢和 C25 钢筋网喷射混凝土,二次衬砌厚度为 0.4 m,采用 C35 钢筋混凝土。原计划待右线暗挖隧洞二次衬砌结构达到设计强度后进行盾构掘进施工,但由于总体工期滞后,遂将施工组织调整为在暗挖隧洞施工过程中进行盾构侧方位平行穿越。根据盾构和暗挖隧洞的施工进度,盾构需要穿越 30 m 已拆除中隔壁和临时仰拱的暗挖隧洞。

收稿日期:2021-09-13

隧洞上覆第四系人工填土层、第四系全新统冲洪积层(Q/4al+pl/)粉质黏土、粉土、细砂、卵石;第四系中、下更新统冰水沉积层(Q1+2fgl)粉质黏土、含粉质黏土卵石;盾构隧洞断面范围为松散至中密实砂卵石地层,在暗挖隧洞开挖过程中已经实施降水措施。

2 工程存在的主要风险

2.1 盾构掘进安全

此时右线隧洞 CRD 暗挖已经贯通,其开挖过程中对暗挖隧洞一定区域的砂卵石地层形成了扰动^[1],尤其是盾构隧洞与暗挖隧洞之间保留着厚度为 2.98~3.48 m 的薄壁土体,盾构掘进过程中薄壁土体极易发生失稳垮塌,进而导致地层损失致使地面坍塌^[2]。

2.2 暗挖隧洞安全

暗挖隧洞的部分洞段未完成二次衬砌结构施工,其中 30 m 隧洞中隔壁和临时仰拱已经拆除,该段暗挖隧洞正处于极为不利的安全状态,在盾构近距离平行穿越过程中,盾构掘进土压力和盾构设备运转产生的扰动形成的水平冲击荷载如果超过暗挖隧洞的承受力将造成暗挖隧洞整体失稳坍塌。

上述两种可能的安全风险其结果将直接影响地面交通通行和临近建筑物的安全,是施工过程中必须加以规避的。

3 施工对策和措施

3.1 暗挖隧洞的加固处理

(1) 隧洞暗挖初期支护。隧洞暗挖过程中,采用大管棚辅助小导管超前支护^[3],20a 型钢拱架间距为 0.5 m,纵向双层梅花型布置 φ22 mm 间距 1 000 mm 的连接筋和 Φ8 mm@150 mm×150 mm 钢筋网片与型钢连接,喷射 350 mm 厚 C25 混凝土支护。施工过程中,必须加强对初期支护质量的控制,确保隧洞初期支护效果。

(2) 隧洞初期支护之后的背后注浆。隧洞开挖支护过程中,按照 2 m 环向和 1 m 纵向的间距

布置,Φ32 mm×3.5 mm,单根长 0.5 m 的预埋注浆管,在隧洞掌子面后约 5 m,及时对隧洞拱部和侧墙进行壁后注浆回填以充填拱架和混凝土喷层与土层可能存在的空隙,同时加固隧洞松动圈的松散土体,使初期支护与地层紧密结合形成整体受力支护体系^[4]。

(3) 水平临时横撑加固。盾构侧方位穿越施工相对于暗挖隧洞的破坏主要来自于盾构土仓压力传递至暗挖隧洞的侧向土压力和盾构掘进扰动对隧洞支护结构产生的侧向冲击荷载,这两种破坏在暗挖隧洞腰部形成的径向力对暗挖隧洞的安全最为不利,其径向力超过暗挖隧洞支护体系所能承受的极限后即会发生隧洞坍塌。为此,增强暗挖隧洞腰部的水平承载能力能够很大程度地降低盾构对暗挖隧洞的风险。在已经拆除中隔壁和临时仰拱的隧洞段增加了“甲”字结构的 20a 型钢字钢水平横撑,横撑轴向间距为 0.9 m。临时横撑的作用主要是将盾构掘进过程中的土体侧向压力和设备掘进过程中水平冲击荷载传递至隧洞另一侧壁的土体,改善隧洞圆拱结构的水平径向受力,增强隧洞的整体稳定性。

3.2 盾构掘进采取的控制措施

(1) 盾构穿越前,调整好盾构掘进姿态,盾构侧位穿越过程中采取“勤纠少纠”的原则,严格控制盾构机姿态,保证掘进轴线偏离设计轴线的范围不大于±20 mm,避免单次超量纠偏或盾构出现摆动现象而造成对地层大的扰动。

(2) 优化盾构掘进参数^[5],譬如控制掘进推力,适当降低掘进速度,保持平稳匀速掘进。尽量采取实土保压,避免因气压过大导致出现暗挖隧道侧壁击穿漏气、土仓压力不稳定现象。根据理论计算和相邻区间掘进经验确定土仓压力值的大小,一方面保证足够的土仓压力以稳定掌子面上部和侧部地层;另一方面控制土仓压力,减小盾构掘进过程中对暗挖隧洞的侧向土压力。盾构掘进参数见表 1。

表 1 盾构掘进参数一览表

推力 /kN	扭矩 /kN·m	刀盘转速 /R·min ⁻¹	土仓压力 /MPa	掘进速度 /mm·min ⁻¹	螺旋机转速 /R·min ⁻¹
9 000~12 000	1 300~2 300	1~1.3	0.06~0.1	20~40	5~8

(3)加强盾构出土量的管理。根据掘进速度和土仓压力计算值确定螺旋输送机的转速,确

保将每环出土量控制在理论值偏差±2.5%范围以内。

(4)加强同步注浆质量的管理。上部注浆压力为 1~1.5 bar,下部为 1~2 bar,将每环浆量控制在理论注浆量的 1.5 倍以上。注浆过程中以压力控制为主,注浆量控制为辅。在盾构穿越后及时实施二次注浆,二次注浆范围为 5~8 点位,覆盖暗挖隧洞一侧土体,主要应加强薄壁土体侧的注浆填充,二次注浆主要控制注浆压力,将注浆压力控制在 0.2~0.3 MPa。

3.3 监控量测工作

鉴于在砂卵石地层盾构近距离平行侧位穿越正在施工的暗挖隧洞的工程经验相对较少,施工过程中适时的监测工作就显得尤为重要。对暗挖隧洞洞内和区间地表实施监测,根据变形数据分析暗挖隧洞和盾构掘进影响区域的地层安全状况,信息化指导盾构穿越施工是该工程能够取得成功的的重要措施之一。监测项目及相关参数见表 2。结合盾构穿越过程中的安全风险,确定监测对象^[6]主要为暗挖隧洞支护结构、水平支撑受力变化、区间上部地层变形,其它盾构和暗挖掘进

周边建筑物监测等工作正常开展,监测的频次根据盾构穿越进展,起始穿越段,监测频次要求高,根据穿越监测情况适当调整监测频次。

3.4 施工组织措施

(1)成立盾构穿越暗挖施工指挥机构,下设多个任务分工小组,譬如盾构掘进组、暗挖隧洞巡查及加固处理组、地表巡查及加固处理小组以及监测小组等。

(2)选择有经验的盾构掘进操作司机,熟练操作盾构,确保盾构持续平稳掘进,以良好的盾构掘进状态完成穿越施工。

(3)盾构掘进前,对盾构设备全面的维护保养,保证盾构处于良好的工作状态。

(4)对施工班组进行施工技术交底,对可能发生的异常情况采取的应急预案进行交底。

(5)重视安全巡视工作,成立暗挖隧洞巡视小组和地面巡视小组,对暗挖隧洞可能出现的浆液渗漏、泥浆串流以及支护结构开裂等异常现象及时反馈,研究对策。

表 2 监测项目及相关参数一览表

监测部位	监测项目	监测点布置	控制值
盾构和暗挖隧洞	地表沉降	间隔 10 m 布设沉降观测断面,10 测点/每断面(盾构和暗挖隧洞),监测断面中的监测点间距 3 m;此外,在监测断面之间的盾构隧洞和暗挖隧洞轴线正上方分别布设一个监测点	单次:3 mm/d 累计:30 mm
	拱顶下沉	沿隧洞轴线间隔 5 m 设置监测断面	40 mm
暗挖隧洞	水平收敛	沿隧洞轴线间隔 5 m 设置监测断面	25 mm
	水平横撑的轴力	水平横撑上安装轴力计,前 3 m 轴力计间距 0.9 m,3~9 m 段轴力计间距为 1.8 m,后续轴力计的布置间距为 5 m	

4 结 语

目前,该工程盾构和暗挖隧洞的施工均已完成,盾构在近距离侧方位穿越暗挖隧洞的过程中,区间地表、建筑物及暗挖隧洞各项监测数据正常,地面交通未受影响,地下暗挖隧洞未见破坏迹象,盾构施工质量整体可控。盾构穿越暗挖隧洞后,区间顺利转入后续其它工序施工,为整个工程赢得了工期。该工程实践表明:地铁区间采用盾构和暗挖两种工法分别施工两条区间隧洞,在做好暗挖隧道初期支护和增加必要的水平对撑的前提下选取合理的盾构掘进参数,通监控量测和科学组织施工,可以实现在砂卵石地层盾构近距离侧方位平行穿越初期支护的暗挖隧洞,从而为盾构和暗挖隧洞平行施工组织提供了很好的借鉴,为成都地铁加速成网积累了宝贵的施工管理经验。

参考文献:

[1] 徐前卫,贺翔.砂卵石地层盾构微扰动施工及掘进控制研究[J].铁道工程学报 2020, 37(9):72-77.

[2] 薛亚东,张森.基于 CDEM 的砂卵石地层盾构开挖面稳定性分析[J].西南交通大学学报,2019,54(3):499-506,586.

[3] 曾毅,范学义.复合地层中的暗挖隧道施工[J].地下工程与隧道,2010,20(2):41-45.

[4] 李晓红.隧道新奥法及其量测技术[M].北京:科学出版社,2002.

[5] 南快飞.成都大粒径高强度砂卵石地层盾构掘进参数探索[J].城市建设理论研究(电子版),2015,5(16): 3144-3145.

[6] 城市轨道交通工程监测技术规范,GB 50911-2013[S].

作者简介:

汪华东(1981-),男,四川成都人,高级工程师,学士,从事工程项目技术与管理工作;

隆小琴(1982-),女,重庆丰都人,助理工程师,学士,从事工程项目技术与管理工作.

(责任编辑:李燕辉)