

盾构隧道两次近距离下穿既有运营地铁的施工技术研究

王福龙

苏州轨道交通建设有限公司 江苏 苏州 215000

摘要: 介绍苏州地铁7号线盾构两次成功近距离下穿运营中的地铁2号线(盾构开挖面顶部距地铁2号线仅3.28m,且下穿既有线后又面临着隧道贯通)。通过对2号线运营线路现状的调查和查阅相关图纸,将下穿施工过程动态地划分为5个施工段,同时提前对运营线路引进自动化信息监测技术,对下穿过程进行动态指导。应急决策小组全程跟踪督导,应急措施提前准备并及时跟进,盾构隧道贯通后持续对隧道进行监测直至监测指标稳定;对盾构机的提前维护和及时增加刀盘强度和刀具的做法也是这次顺利近距离通过运营线路的保障。

关键词: 盾构;近距离;下穿;既有地铁;施工

引言

随着国民经济的发展和城市建设的日新月异,城市轨道交通逐渐成为国内大城市的主要运输交通工具,盾构法因其施工速度快、施工效率高、对外界环境影响少、征地拆迁量小等优点而成为城市交通地下隧道施工的主要工法^[1]。

在地下管线复杂或人流及车流潮涌的闹市区,传统施工方法面临地基加固难度大、安全系数小、沉降不易控制等问题。采取盾构法直接下穿既有有线或建(构)筑物群的施工方法可有效规避以上难题。目前我国上海、广州、北京、苏州等城市多条地铁线路使用了约上百台盾构机进行盾构掘进施工,成为世界上在建地铁隧道最多的国家。

1 概述

苏州地铁7号线郭巷站~尹中路南站区间在尹中路南站始发,本区间隧道出尹中路南站后下穿郭新河桥及其河流、侧穿沿线35kv高压电线杆、信号塔、常台高速、尹山湖、通达路南泵站、下穿2号线郭巷站,沿通达路走向最终以直线进入7号线郭巷站,线路周边建筑物较密集,主要以居民住宅为主。具体位置见图1。

区间隧道在苏州市吴中区通达路主干道下通过,地面建筑密集、交通车流量大。隧道两侧多为厂房及居民楼,两次下穿郭巷十字路口人行道和正在运营的苏州地铁2号线,施工难度较高,风险大。

盾构隧道右线隧道长891.403m,左线隧道长911.812m,采用盾构法施工,2台土压平衡式盾构机,主机全长9m。



图1 苏州地铁郭尹区间平面示意图

施工过程中盾构机在区间下穿既有2号线郭巷站(714环~731环,在707环时,刀盘即开始进入既有车站第一道地连墙,724环时刀盘出车站第二道地连墙),为II级风险,区间隧道埋深约为20.3~20.6m,穿越范围内地连墙采用玻璃纤维筋(GFRP)代替钢筋,玻璃纤维筋极限抗拉为480Mpa。该段线路水平曲线为直线段。区间隧道与地铁2号线纵向相对位置如图2所示

盾构区间右线在下穿既有有线时,还需侧穿4根既有格构柱,格构柱直径900mm,根据图纸可看出,格构柱与区间线路的水平距离分别为357mm,528mm。本次刀盘开挖直径为6860mm,则盾构机在下穿既有有线时,与格构柱的距离分别为227mm,398mm。因此掘进时需严格控制掘进姿态,保证安全顺利通过。

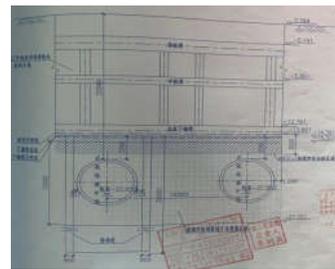


图2 地铁二号线与区间隧道纵向相对位置示意图

1.1 工程地质描述

下穿既有有线时,隧道范围内主要涉及地层为⑤1粉质黏土层、⑤1a黏质粉土夹粉质黏土层,隧底为⑤2砂质粉土地层。

盾构开挖范围内的地层主要成分为粉质黏土层,盾构施工过程中极易结泥饼和堵仓,且对刀具的磨损较大,推进受阻。

1.2 地铁2号线原设计施工情况分析

既有地铁2号线郭巷站为单桩双跨箱型结构,底板下

标高-13.861 ~ -16.861范围内采用 $\phi 850$ 三轴搅拌桩加固,加固范围为坑底以下3米,无侧限抗压强度大于1.0MPa,地下连续墙墙厚800mm,采用C35水下混凝土。

2 施工前准备

2.1 建筑物调查

开工前对盾构掘进影响范围内的建筑物进行详细的调查和对区间隧道地质进行针对性补充地表勘探,核实。

盾构机到达地铁2号线前,对地铁2号线车站侧墙表面、渗漏点和裂缝等进行现状调查并记录。

2.2 技术准备

2.2.1 优化刀盘设计,在原盾构刀盘基础上增加刀盘外圈筋板,材质:80/Q345钢板,共计6块,筋板外径5160mm,内径5000mm。每块筋板位于2个圆辐条之间,与圆辐条、面板焊接,提升刀盘结构强度。刀盘采用辐条+面板整体焊接而成,不仅可提供很好的结构性能,还可减小刀盘所受阻力,起到减小扭矩的作用。刀盘正面及外缘、刀体、进渣口及边缘过渡区设置耐磨保护措施,可有效防止刀具磨损。又在刀盘最外侧轨迹线添设刀具,增大刀盘开挖直径,防止发生卡盾体现象,同时在刀盘上布置磨损检测装置,实时检测刀具使用情况。



刀盘改造前



刀盘改造后

2.2.2 根据对运营2号线郭巷站的调查,结合本项目自身工程特点,针对本项目采用的盾构机性能,提前编制有针对性的专项施工技术方案,并通过施工单位、监

理单位、建设单位多方讨论。然后将方案内容转化形成施工技术交底,切实将交底内容传达到每一位施工人员。

2.3 设备物资准备

提前做好盾构机等施工设备的检查与维保,按照施工方案将所需物资准备齐全。若刀具在切割地连墙过程中磨损严重,需开仓更换刀具,现场保证每种刀具有量与刀盘安装的数量一致。

2.4 施工预案

下穿开始前与运营公司召开关键节点施工前沟通协调会,针对施工过程中可能出现的地面变形过大和既有有线沉降超限等风险,同运营公司做好沟通,征得运营公司应急意见。随后制定应急预案并备好相应机械设备、物资以及专业技术的人员准备。

2.5 监控量测

成立专职监测小组负责盾构施工的监测工作,配备先进的监测仪器,既有线安装自动化监测系统,以科学的监测手段和严谨的监测方法确保监测信息及时、可靠,同时根据监测结果及时进行分析处理,及时优化施工方案和控制盾构掘进参数。做到数据的快速采集、确保及时地反馈。

3 穿越2号线主要施工方案

3.1 划分施工阶段

根据盾构法施工刀盘前方预隆起和盾构通过后沉降的特点,同时考虑本盾构区间为小角度斜穿既有线,本着从施工参数动态管理的原则出发,最终把盾构机通过既有的地铁2号线划为5个阶段:刀盘到达地连墙、右侧刀到达地连墙、左侧刀到达地连墙、地连墙内掘进、刀盘出地连墙。

1) 中心刀切削→右侧刀碰墙

该阶段掘进时,刀盘扭矩无明显变化,掘进推力逐步增大至2000T,掘进速度可控制在10mm/min,保证掘进速度、刀盘转速、扭矩平稳,避免刀具受到损坏;此阶段不需要注入水。

从里程坐标计算着手,精确计算出运营地铁2号线与本掘进隧道的位置关系,并计算出盾构机刀盘到达地铁2号线前的隧道里程和管片相对应的安装环号,以便提前进行相应的控制措施⁽²⁾。

2) 右侧刀→左侧刀碰墙

该阶段掘进时,刀盘扭矩开始增大至4000KN·m,掘进速度逐步降低,该阶段可间接性注入水起到润滑作用。

3) 地墙内掘进(左侧刀→中心刀切出地墙)

该阶段掘进时,刀盘已完全进入地墙,推力控制在1900-2000T,刀盘扭矩控制在4500KN·m,掘进速度为

0, 因进度缓慢, 刀盘长时间运转, 需持续性向仓内注入水, 并间接性停机降温

4) 中心刀→右侧刀切出地墙

在中心刀切出地墙时, 盾构机会出现抖动情况, 刀盘转矩超限, 易出现跳停, 此时排渣土压不降。

5) 右侧刀→左侧刀切出地墙

该阶段掘进时, 刀盘扭矩开始逐步减小, 掘进速度出现波动, 掘进速度可控制在10mm/min, 尽量将地墙碾磨成小块, 减少大块堆积, 此时减少注水量, 逐步恢复正常掘进。

3.2 下穿既有线施工

考虑盾构刀盘切割地连墙时可能会产生较大震动, 本次穿越过程中对盾构机姿态控制要求极高, 同时2号线地铁正在运营, 穿越过程中对既有站内沉降要求也非常高, 施工时, 应严格重视掘进参数, 出渣量, 盾构的掘进姿态。初步设定相关掘进参数, 施工参数在掘进过程中进行优化调整。

3.3 出渣量管理与控制

每环理论出土量 $V = \pi/4 \times D^2 \times L = \pi/4 \times 6.86^2 \times 1.2 = 44.35\text{m}^3/\text{环}$ 。盾构在下穿既有线时掘进出土量控制在100%~101%之间, 即44.35m³/环~44.8m³/环(每环1200mm)。

1) 体积控制

计算理论出渣量可与实际电瓶车土箱内出渣量体积作比较, 根据两者之间的差距, 判断开挖面是否超挖或欠挖, 以及地质变化情况^[3]。以盾构掘进推进油缸伸缩量为控制标准, 盾构每掘进一环推进油缸伸出绝对行程为1200mm左右, 当推进油缸伸出绝对行程达到400mm时、800mm、1200mm时, 观察电瓶车土箱存土情况, 避免超挖或欠挖。

2) 重量控制

可根据当前土质理论参数计算理论每环出土重量, 龙门吊吊运渣土时, 利用龙门吊自带称重系统, 测量当环渣土实际重量, 与理论值进行对比, 判断是否超挖。

当发现出渣量异常时, 应及时采取相应措施, 调整螺旋机转速和推进速度, 使二者匹配, 严重时立即停机。同时判断土体是否有超挖情况, 在查明原因后及时调整有关参数, 确保开挖面稳定。

3.4 同步注浆管理及控制

本工程同步注浆采用预制砂浆, 砂浆进场需监理单位与施工单位同时在场验收和取样测试, 并根据实际注浆效果, 对浆液配比进行调整优化, 控制浆液初凝时间, 确保浆液质量。注浆量控制在2.1~2.4倍的盾尾间隙理论体积, 即6.9m³/环以上。注浆压力控制在0.3~0.4Mpa, 掘进过程中根据出土量和监测结果及时调整注浆量。

3.5 掘进速度控制与姿态控制

掘进速度控制在5~15mm/min, 保持相对平稳, 控制好每次的纠偏量, 减少对土体的扰动, 确保平稳, 连续, 快速通过。

控制盾构轴线与设计轴线偏差不大于±10mm。尽可能使盾构匀速通过, 减少盾构纠偏量和纠偏次数; 每环纠偏量不宜超过5mm/环, 推进油缸各分区油压值差宜保持统一、恒定性, 不宜出现过大的波动。要做到随偏随纠、勤纠小纠, 多注意观察管片与盾壳的间隙, 采用稳坡法、缓坡法推进, 以减少盾构对地面的影响。

4 结束语

首先是对地层的充分、清晰的认识, 并对运营的地铁2号线结构和现状进行了技术、结构、影响程度、风险等全方面的分析和评估。其次是引进了自动化监测系统。第三人员组织上高度重视, 成立了施工单位、监理单位、建设单位以及相关专家的工作小组联合值班。第四是根据监测数据和地铁

2号线的变形情况, 对盾构施工进行动态指导, 及时调整施工参数和施工方案。

本次施工的成功经验为盾构下穿既有线施工且面临刀盘贯通失水造成险情的同类工程开创了先河, 不仅发挥了盾构施工的优势, 拓展了盾构施工领域, 使设计、施工对盾构法施工有了重新认识, 增强了信心, 为后期施工提供宝贵的经验。

参考文献:

- [1]何明.盾构近距离下穿既有运营地铁施工技术[J], 中国期刊网, 2017.
- [2]陈德智.盾构隧道近距离下穿既有运营隧道的施工技术[J].铁道建筑,2011(2):67-69.
- [3]明亮.盾构下穿南通火车站施工技术研究[J]. 大众标准化,2022(9):65-67,70.