

软土地层中上跨双线成型盾构隧道超宽深基坑施工技术

潘 军

(中铁十一局集团城市轨道交通工程有限公司, 湖北 武汉 430074)

摘要: 十字门隧道工程明挖段部分上跨珠机城轨隧道左、右线, 施工范围为淤泥等软土层, 周边有多条市政管线, 采用MJS对上跨段基坑内外土体进行加固, 中隔排桩将基坑一分为二和长短灌注桩支护形式, 基坑细分成多个“小基坑”的“化整为零”开挖, 对影响范围的隧道管片进行接缝回填环氧树脂和增设临时钢支撑、预堆载等方法, 最终有效控制了盾构隧道和周边管线变形, 安全顺利地完成基坑施工, 值得同类工程借鉴参考。

关键词: MJS; 长短灌注桩; 上跨双线盾构区间隧道; 超宽深基坑; 化整为零

中图分类号: U416.2 **文献标识码:** A

近年来, 随着各城市地铁的持续建设及城市地下空间开发利用规模不断扩大, 施工过程中地下结构之间上跨和下穿的情况日益增多。其中深基坑上跨盾构隧道区间时, 进行深基坑开挖, 开挖过程中卸载, 会导致区间隧道上浮, 施工风险非常高^[1]。

该类深基坑施工前, 通常需对盾构隧道上方土体进行加固。目前, 常用的土体加固方法有冻结法、深层搅拌桩、高压旋喷桩、袖阀管注浆、WSS注浆等。这些土体加固方法均存在施工过程中, 地铁压力不可控、易造成地面隆起、地表开裂、影响周边建(构)物、地下市政管线设施的损坏等弊端^[2], 同时还可能对下部的盾构区间隧道造成挤压变形。

综上, 结合本工程明挖基坑上跨已成型的双线盾构区间隧道地质条件较差、周边市政管线较多等特点, 对本基坑施工技术研究是有必要的。

1 工程概况

1.1 工程简介

十字门隧道南岸明挖段与珠机城轨在南岸荣粤路与汇通五路路口正交, 上跨目前已铺轨未通车的珠机城轨盾构隧道左、右线, 见图1。珠机城轨采用盾构形式, 埋深约为18.2m, 外径为8.5m, 内径为7.7m。上跨段长度为40m, 结构底距珠机城际净距为7.83~8.89m。采用明挖施工, 基坑尺寸为40.52m(垂直于隧道方向)×38.59m(平行于隧道方向), 开挖深度约为8.38~10.3m。基坑明挖卸土比例为0.45~0.59。

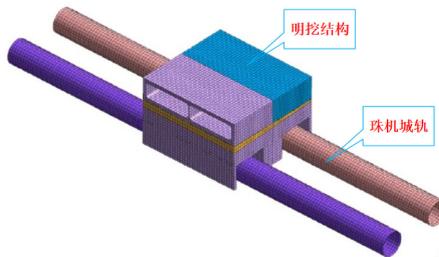


图1 十字门隧道与珠机城轨位置关系

1.2 地质情况

根据勘察资料, 自上而下依次为1-1素填土、1-2冲填土、2-1淤泥、2-2粗砂、2-3粉质黏土、2-4淤泥质土及2-5砾砂层、3砂质黏性土、4-1全风化花岗岩、4-2强风化花岗岩、4-3中风化花岗岩。

明挖段开挖范围主要为1-1素填土、1-2冲填土、2-1淤泥, 珠机城轨隧道洞身范围为2-1淤泥、2-3粉质黏土、2-4淤泥质土。

1.3 地下水情况

场地地下水根据其赋存方式分为: 一是第四系土层孔隙水; 二是基岩裂隙水。

场地地下水的补给来源主要是大气降雨和地下水侧向径流。

1.4 周边环境

南岸上跨珠机城际段位于汇通五路与荣粤路交叉口, 地势平坦且周边建筑物距离较远, 位于珠机城际上方, 竖向间距为8.028~9.196m。

基坑范围内及周边现状管线主要有冷冻水供水管DN800、冷冻水回水管DN800、污水管 ϕ 600、给水管 ϕ 400等市政管线。

2 工程重难点分析

(1) 基坑周边市政管线多、地质条件较差, 围护及基坑开挖施工过程中易造成管线变形甚至破坏。

(2) 基坑横跨已成型的隧道, 隧道上方围护桩嵌固深度不足, 将引起围护桩踢脚, 造成稳定性不足, 如何提高基坑内被动区土体反力至关重要^[3]。

(3) 基坑宽度达40.52m, 上跨珠机城轨隧道双线, 开挖过程中将隧道上方土体卸载, 会造成隧道上浮变形, 同时, 开挖过程中围护结构变形, 同样可能造成隧道挤压变形。

3 施工方案

3.1 围护结构施工

基坑围护结构采用 ϕ 1000@1200的钻孔灌注桩, 受珠机城轨盾构隧道影响, 钻孔灌注桩采取

长短桩的形式。其中珠机城轨两侧桩长31.5m，珠机城轨上方桩底至珠机城轨以上1.5m，桩长为15m。考虑到本基坑宽度较宽，上跨珠机城轨隧道左、右线，在基坑中间设置一排 $\phi 1000@1200$ 的钻孔灌注桩将基坑一分为二，分为一、二期实施，减小开挖过程中隧道变形。

3.2 MJS加固

3.2.1 加固概况

基坑加固分为三部分，具体为：

(1) 对垂直于珠机城轨隧道基坑外侧土体加固
由于隧道的影响，该处围护结构钻孔灌注桩施工深度仅能施工至隧道顶以上1m，插入比约为1.6，嵌固深度不足。故施工三排 $\phi 1800@1500$ MJS桩对外侧土体进行加固，深度至隧道顶以上1m，兼作槽壁加固。

(2) 对平行于珠机城轨隧道基坑外侧加固

由于施工范围存在较厚填土、淤泥，施工时易变形、坍塌，可能造成周边管线破坏，故施工一排 $\phi 1800@1500$ MJS桩对外侧土体进行加固，深度至围护桩底。

(3) 对基坑内土体加固

明挖基坑上跨珠机城轨，为减小基坑开挖卸载造成隧道变形上浮，对基底及隧道两侧土体进行 $\phi 1800@1450$ MJS桩加固，在隧道上方形成一个门式加固体。加固深度为隧道两侧2m范围内加固至隧道顶部以上0.5m，隧道两侧2m范围外加固至隧道底部。

3.2.2 试桩

MJS桩施工前应进行试验，以获取相应的参数，为后期大面积施工MJS桩提供可靠的工艺参数。

3.2.3 施工流程

MJS施工流程如图2所示。

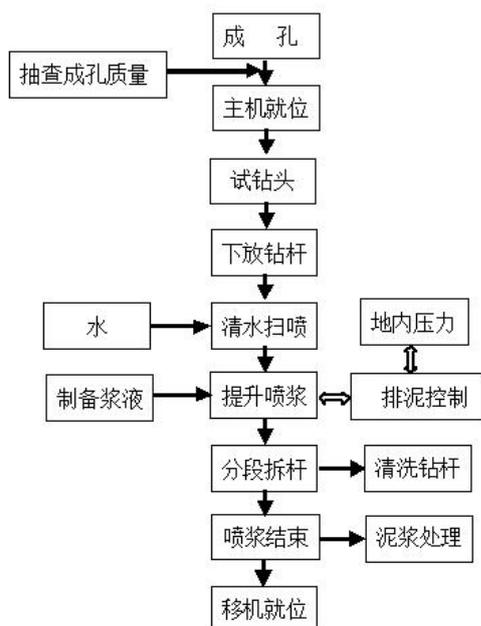


图2 MJS施工流程

3.2.4 施工步骤

(1) 为了保证 MJS 施工质量，需预先引孔，采用具备导向功能的钻机，引孔直径根据 MJS 桩径确定，保证成孔中心与桩位中心误差小于 50mm，成孔深度穿透素土层及冲填土层 1m，钻头中心与桩位中心偏差 ≤ 50 mm；钻机水平，以确保桩孔垂直度 $< 1/150$ 。

(2) 连接电源、数据线、各路管线、钻头和地内压力监测显示器连接，确认在钻头无荷载的情况下清零，管线连接确保密封，使管内没有空气。

(3) 检查设备的运行情况，确保主机、高压泵、空压机、泥浆搅拌系统、MJS 管理装置等都能正常工作，然后进行主机就位，机架放置平稳后开始校零。

(4) 钻杆下放，即在引孔内将钻杆下放至设计深度，如果杆下放困难，应打开削孔水进行正常削孔钻进。

(5) 对接钻杆和钻头。对接时认真检查密封圈情况，看是否缺失或损坏，地内压力是否显示正常。

(6) 重复步骤(4)和步骤(5)，直到钻头到达预定深度。

(7) 钻头到达预定深度后开始校零，使动力头 0 刻度、喷嘴、钻杆上白线处于同一条直线，然后设定各工艺参数，包括摇摆角度、引拔速度、回转数等。设定好之后开始改良。

(8) 定位置喷射先开倒吸水流和倒吸空气，在确认排浆正常时打开排泥阀门，开启高压水泥泵和主空气空压机。首先用水向上喷设 50cm，压力为 10MPa，然后把水切换成水泥浆，钻杆重新下放到位后开始向上喷射改良。

(9) 在开启高压水泥泵时，压力不可太高，应逐步增压，直到达到指定压力。在达到指定压力并确认地内压力正常后，才可开始提升。水切换成水泥浆时，压力会自动上升，压力有突变时方可调节压力。

(10) 施工时密切监测地内压力。压力不正常时，必须及时调整排浆阀大小，控制地内压力在安全范围以内。

(11) 在提升一根钻杆后，对钻杆进行拆卸。需把水泥浆切换成水后方可拆卸，当水泥浆泵压力有下调趋势时，说明水流已经到达喷嘴位置，此时关闭水泥浆泵、主空气、倒吸空气和倒吸水流。

(12) 在拆卸钻杆的过程中，认真检查密封圈和数据线，看是否损坏，地内压力显示是否正常，如有问题应及时排除方可继续喷浆。拆卸钻杆后，需及时对钻杆进行冲洗及保养。

3.2.5 施工质量要求

(1) 成桩质量要求：孔径 \geq 设计桩径，有效桩长 \geq 设计长度，桩位平面偏差 ≤ 50 mm，垂直度偏差 $\leq 0.5\%$ ，不出现断层。

(2) 水泥必须经检验合格后方可入场, 严禁使用过期、受潮、结块、变质的水泥。

(3) 浆液配制必须严格按照配比均匀上料, 充分搅拌, 并经过滤网输入浆管, 以防堵塞喷嘴。应经常检查测定浆液密度, 设专人观察气、浆压力和流量, 并做好记录。

(4) 严禁在尚未喷浆的情况下提升钻杆。储浆罐的浆液应有一定富余, 储浆量不足时, 不得进行下一根桩的作业。

(5) 加固的土体应有很好的均质性、自立性, 加固体28d无侧限抗压强度不小于1.0MPa。

4 基坑支护及开挖

4.1 基坑支护

上跨段基坑开挖深度为7.82~10.12m, 为确保施工安全, 基坑支护采取第一道为钢筋混凝土支撑, 二、三道支撑为钢支撑形式。施工一期主体结构时, 保留对撑, 拆除斜撑时, 更换成对撑, 待一、二期结构顶板施工完成并进行土方回填后, 再进行内部对撑拆除。

4.2 基坑开挖

本工程基坑属于超宽基坑, 横跨珠机城轨隧道左、右线, 为减小施工过程中隧道上浮变形, 在基坑中间平行于隧道方向设置一道中隔墙, 将大基坑分为两个独立的小基坑。围护结构及基底加固完成后, 先进行一期基坑施工, 再进行二期基坑施工。

同时单个基坑施工过程中, 基坑开挖须充分考虑时空效应, 分段、分区、分层、对称进行, 不得超挖, 开挖过程中及时进行内支撑架设。每层厚度不大于2m, 离基坑顶边线10m以内严禁堆载。开挖至基底处最后一层土时, 运用“化整为零”理念, 减小单次卸载大小及范围, 将基坑纵向分为7个小的单元, 每个单元长度约5m, 跳仓开挖(图3), 开挖完成后及时进行基底封闭。

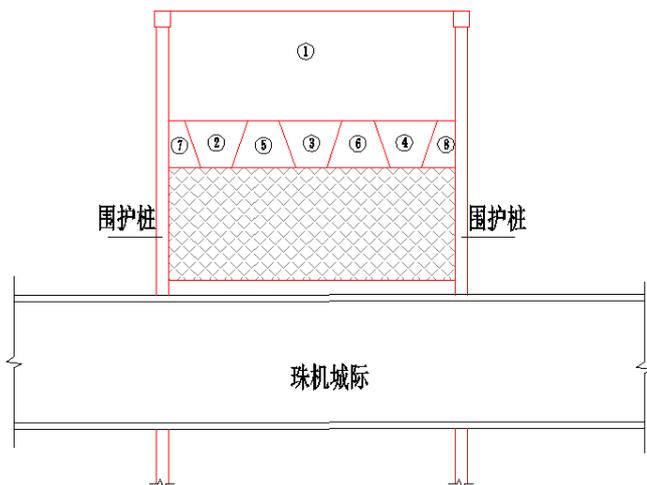


图3 跳仓开挖

5 隧道内加固

由于施工范围内地质情况较差, 隧道外径达8.5m, 除基坑施工过程中采取上述措施外, 为进一步减小上部基坑施工过程中隧道变形, 采取以下措施对隧道内进行加固:

(1) 对基坑开挖边线外扩2m范围内珠机城轨盾构隧道直接裸露的接缝采用环氧树脂进行回填预处理。

(2) 珠机城轨隧道洞内采用工字钢支撑作为临时支护结构, 各杆件之间固结连接, 所有杆件之间连接均采用焊接。洞内支撑加固范围为纵向沿基坑开挖边线外扩2m。

(3) 为防止基坑开挖卸载导致珠机城际区间结构上浮, 可采用钢材对珠机城际区间进行堆载, 堆载的荷载情况应根据基坑卸载情况及监测情况而定。

6 监测

施工监测是指导施工、确保安全的有效措施。本工程除对围护结构及周边环境进行监测外, 还对盾构隧道内竖向位移、径向位移、变形曲率半径、变形相对曲率、管片接缝张开量、结构裂缝宽度等进行布点监测, 直至施工结束。

整个施工过程中, 珠机城轨盾构隧道左线拱底最大隆起为8.18mm, 管片径向收敛最大为4.09mm, 右线拱底最大隆起为4.28mm, 管片径向收敛最大为5.98mm, 均在设计允许变形范围内。

7 结束语

综上所述, 通过采取MJS工法对上跨段基坑内及围护结构外侧土体进行加固, 围护结构采用长短灌注桩形式, 在超宽基坑中间设置中隔墙, 将其分成两个独立的基坑, 并将每个独立的基坑细分成多个“小基坑”的“化整为零”开挖方法, 同时辅以对影响范围的隧道管片进行接缝回填环氧树脂、增设临时钢支撑、预堆载等隧道洞内加固措施, 施工过程中加强监测, 以信息化指导施工。安全顺利完成上跨珠机城轨隧道超宽深基坑施工, 最终监测数据显示, 隧道变形值在城市轨道交通结构安全控制值范围内, 结构处于安全状态。

参考文献

- [1] 张滔.长距离上跨轨道交通区间隧道深基坑的微扰动施工技术[J].地下工程与隧道, 2017(1): 26-29.
- [2] 徐宝康.MJS工法在邻近地铁车站的深基坑中的工程实践[J].建筑施工, 2015(7): 781-783.
- [3] 薛清涛.MJS工法在上跨既有隧道基坑工程中的应用[J].居业, 2020(8): 109-112.