

隧道未贯通情况下机械法联络通道施工技术研究

谢迎康 陈志强

中铁三局集团桥隧工程有限公司, 四川 成都 610000

[摘要]机械法施工联络通道技术是一种新兴的技术手段, 相比冷冻法联络通道施工, 机械法施工工期短, 安全性高, 对周边环境影响小, 后期沉降可控; 杭州机场快线某区间联络通道在隧道未贯通的情况下采用机械法顺利完成了联络通道施工, 其关键技术主要是对主隧道安全的把控, 以及做好联络通道掘进前的准备工作, 合理设置掘进中的参数、做好掘进后的处理等方面。

[关键词]机械法; 联络通道; 隧道未贯通; 施工技术

DOI: 10.33142/aem.v3i10.4973

中图分类号: U455.43;U451

文献标识码: A

Study on Construction Technology of Mechanical Connection Channel without Tunnel Penetration

XIE Yingkang, CHEN Zhiqiang

Bridge and Tunnel Engineering Co., Ltd. of China Railway No.3 Engineering Group, Chengdu, Sichuan, 610000, China

Abstract: The mechanical method construction connecting channel technology is a new technical means. Compared with the freezing method connecting channel construction, the mechanical method construction period is short, the safety is high, the impact on the surrounding environment is small, and the later settlement is controllable; When the tunnel of a section of Hangzhou Airport Express is not connected, the construction of the connecting channel is successfully completed by mechanical method. The key technology is mainly to control the safety of the main tunnel, make preparations before the excavation of the connecting channel, reasonably set the parameters in the excavation, and deal with the problems after the excavation.

Keywords: mechanical method; communication channel; the tunnel is not connected; construction technology

引言

机械法联络通道施工分为顶管法和盾构法两种工艺, 是采用刀盘直接切削管片, 螺旋机将渣土导出, 主隧道管片提供推进反力, 全套筒或半套筒完成始发、接收的施工方法。目前已在宁波、上海、杭州等不同城市完成了机械法联络通道施工。机械法施工技术既能满足地铁隧道狭小空间内快速施工, 也能满足地层微加固条件下施工。

1 工程概况

杭州机场快线某区间共设有 4 个联络通道, 因外部原因导致盾构机需停机 1 月, 为保证工期目标, 经专家论证评审后决定先行施工 1 号联络通道。1 号联络通道中心里程为 K47+440.989, 隧道顶部埋深 13.78m, 位于主隧道 370 环, 盾构机左线停机于 1076 环, 右线停机于 1105 环。1 号联络通道所处地层主要为⑥1 淤泥质黏土夹粉土。地表情况为正上方是城市支干路, 距离北侧 15m 是某公司大楼。盾构机停机位置位于农田下方。

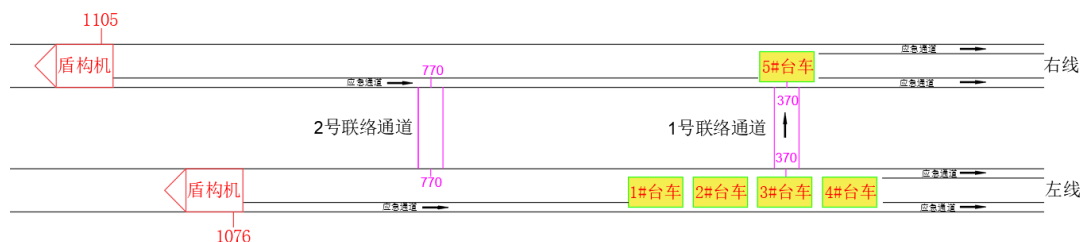


图 1 1 号联络通道施工布置图

主隧道结构(洞门处)设计

联络通道处隧道管片采用钢混结合特制管片, 管片外径 6900mm, 厚度 400mm, 环宽均为 1500mm, 不设楔形量, 采用通缝拼装, 封顶块均放置于开洞处另一侧 45° 及 112.5° 位置, 拼装前, 应采用 1.2m 调节环调整隧道里程。

联络通道掘进位置采用玻璃纤维钢筋混凝土管片, 其他部位采用钢管片。钢管片预留注浆孔, 通过注浆对进出洞门

处地层进行加固。

主隧道联络通道处管片预留洞口始发端正视面外径为 3460mm，接收端为 3460mm，始发与接收洞门与设备刀盘单侧间隙为 85mm。

联络通道结构设计

1 号联络通道线间距 7.912m，共 12 节管片，其中进出洞口位置为钢管片，并设置 3 环负环，其余为钢筋混凝土管片，钢管片增设注浆孔，混凝土强度为 C50，抗渗等级大于 P10，管节内径为 2760mm，厚度为 250mm，外径 3260mm，环宽 900mm，并设置 300mm-900mm 环宽之间任意环宽的调节环。管片环间通过 M24 普通螺栓连接，接缝间采用粘贴遇水膨胀橡胶密封垫及泡沫条止水。

2 机械法联络通道施工技术

2.1 机械法联络通道施工工艺流程

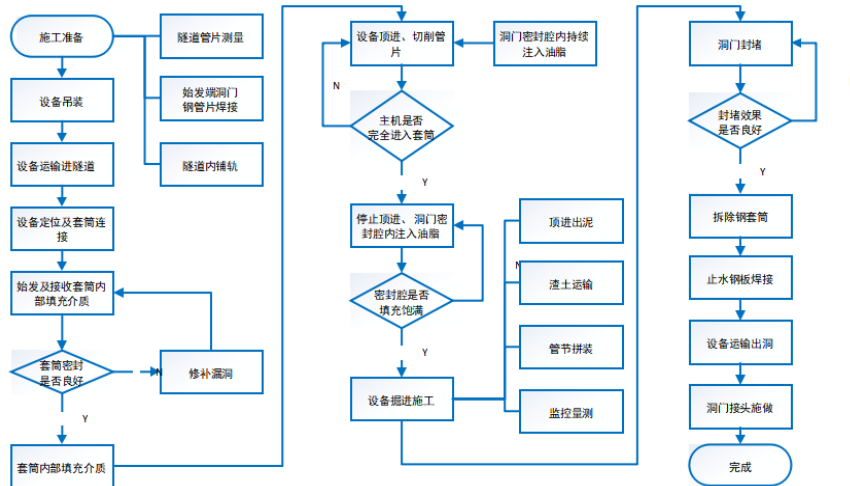


图 2 机械法联络通道施工工艺流程

2.2 主线隧道应急措施

因主线隧道暂未贯通，为保证主线隧道安全，联络通道施工过程中，主线隧道盾构机需安排人员 24 小时值班，时刻关注开挖面状况，并配备专用对讲机，一旦发生异常情况，第一时间安排人员处理，同时需配备聚氨酯、水泥、棉被等应急物资，以应对突发情况。

机械法联络通道设备进隧道前，需要拆除通风管道，设备到位后，通风管道应恢复，确保隧道内通风正常，同时，主隧道盾构机位置人员需配备手持气体监测仪，时刻监测空气中气体含量是否正常。

隧道内应设置应急通道，应急通道上不得放置物资或障碍物，一旦发生险情，应组织人员从应急通道有序撤离。

2.3 施工测量

联络通道作为连接地铁上下行线的连接隧道，作业空间狭小，施工环境复杂，施工距离短，要求测量的精度高，测量数据处理快，以指导施工，及时调整掘进姿态。

2.3.1 始发前测量

以竖井联系测量的井下控制点为起始边，沿着主隧道布置的导点进行闭合导线复测，要求导点布设坚实可靠，复测成果满足规范要求。

根据控制测量的成果，对始发、接收洞门中心进行复测。洞门沿着钢环外边平均测取 16 个点，根据圆心拟合计算出拟合洞门中心坐标及标高；同时直接测取洞门最低点及最高点标高，计算高差与洞门直径是否一致，计算出洞门中心标高与圆心拟合计算出的成果是否一致。若一致，则本次测量成果真实有效。

依据左右线洞门测量成果，调整掘进机始发姿态，若左右线洞门中心位置存在偏差，或在曲线段上，掘进机需锐角始发，其始发角度控制在 88° ~ 92° 之间。

2.3.2 始发测量

在顶管机后靠管片上布设吊篮点，于距离吊篮点 50m 外的通视位置布设后视点，后视点与吊篮点坐标数据根据控制测量点测出。顶管机始发时，为保证测量结果的正确无误，测量采用人工测量与导向系统测量同时进行，相互印证，导向系统测量姿态与盾构机人工复测姿态数据较差应 $\leq \pm 10\text{mm}$ 。

2.3.3 掘进测量

管片姿态测量是通过制作一根固定长度的铝合金方尺，在尺中心位置粘贴双面反射片，测量反射片的三维坐标，并通过铝合金尺与管片的相对位置推算出管片中心三维坐标，从而判定管片姿态。

2.3.4 接收测量

顶管机顶到洞门前，需对联络通道隧道中心线进行一次全面精确的测量，接收时，刀盘与接收洞门偏差允许值为平面 $< \pm 50\text{mm}$ ，高程 $+20 \sim +30\text{mm}$ 。

2.4 始发、掘进及接收

2.4.1 始发准备

设备进场前，需对联络通道位置钢管片进行部分焊接，连成整体，采用跳焊法减少变形，分多层焊接，焊接厚度每层 $3 \sim 5\text{mm}$ 。焊接完成后需要对钢管片进行壁后注浆，注浆可采用单液水泥浆，改良土体，以起到一定的止水效果。

本区间联络通道机械法施工设备由 5 节台车组成，其中 3 号台车承载始发套筒及掘进机，5 号台车承载接收套筒，始发前，需按照设计点位进行套筒定位。套筒定位及支撑体系完成后，需在外圈对套筒进行加固。机械法联络通道始发与接收均采用钢套筒进行洞门临时密封，其中接收套筒为常规套筒。始发套筒通过套筒尾部内置钢丝刷进行密封。始发套筒密封完成后，需进行密水试验以检测其密封是否良好，通过刀盘或者套筒注入孔往套筒内注水并检查是否存在渗漏点，要求检测压力不低于计算水土压力，且维持 30min 压力不下降。合格后排空密封仓。

2.4.2 内支撑体系

顶管机掘进过程中，沿掘进方向的水平推力及反力都作用在主隧道管片上，会加大主隧道管片的变形及破损，为此在接收洞门及始发洞门对应的台车上设置了内支撑体系，支撑体系长约 7m，收缩状态下外径 5.1m，支撑面设置为圆弧面，以便与主隧道管片完美贴合，顶管机推进的反力可以通过后部支撑均匀的传递到主隧道管片上，而主隧道的垂直方向的变形又可以通过竖向支撑得到控制。

2.4.3 施工参数控制

联络通道始发及掘进前需根据土质、埋深以及周边环境等因素设置掘进速度、土压力、刀盘扭矩、推力等参数，施工过程中参数需根据监测数据以及不同工况进行调整。

(1) 始发过程中按如下参数控制：

表 1 始发过程中按如下参数

推力	扭矩	推进速度	土仓压力	渣土改良
2000~2500kN	150~450kN·m	1~2mm/min	根据当前隧道埋深计算土压力	膨润土/改良材料

(2) 联络通道掘进过程中按如下参数控制：

表 2 联络通道掘进过程中按如下参数

推力	扭矩	推进速度	土仓压力	渣土改良
2000~3000kN	150~250kN·m	20mm/min	根据当前隧道埋深计算土压力	膨润土/改良材料

(3) 联络通道接收过程中按如下参数控制：在即将碰壁之前，速度不大于 3mm/min，推力 $< 4000\text{kN}$ ；到碰壁前 50cm 时，速度减小到 2mm/min，推力减小到 3000kN 以下，刀盘转速 $< 1.0 \sim 1.5\text{rad/min}$ 。为了防止出洞时掘进机机头，要求掘进机机头姿态高于轴线 20~30mm，呈略抬头向上的姿势；水平姿态处于 $\pm 20\text{mm}$ 以内；切削管片时，推速 $< 1\text{mm/min}$ ；推力 $< 2000\text{kN}$ ，刀盘转速 1.5~2.0rad/min，现场实际操作过程中应依据扭矩变化调整推力，控制扭矩 $< 600\text{kN}\cdot\text{m}$ 。

2.4.4 接收

(1) 洞门注浆：洞门止水注浆的质量是掘进机安全、顺利退场的关键。选择联络通道与主隧道相交的 T 接段，始发与接收各 2 环为主要加固端。围绕联络通道隧道 T 接口部的钢管节每环设计了 12 个注浆孔，8 个吊装孔位可兼具注浆孔使用，在推进结束后开始注浆，始发端与接收端同时进行。注浆方式为注浆压力与注浆方量双控模式。在双液浆汇聚口部安装压力表观察注浆压力，注浆压力需控制在 0.2~0.5Mpa 以内，如超过 0.5Mpa 则停止注浆。为减少管节局

部受压过大,所有区域注浆均采用跳点注浆的方式。

(2) 洞门注浆验孔:洞门注浆其主要效果是封闭联络通道管节与切削完主隧道管片间的接缝空隙,形成有效止水带,故洞门注浆验孔主要验孔部位选择在始发与接收套筒与联络通道洞门连接部位。若开孔情况良好,无明显流水、流(泥)沙,则认为注浆效果良好,可进行套筒割除作业。

(3) 负环拆除

洞门注浆验收完成后,沿着洞门焊缝割除接收或始发套筒,松开正环和负环之间的连接螺栓,通过支撑体系的横撑油缸与临时设置的千斤顶同时用力,从而使负环与正环脱离,脱离负环前为保证洞口的管片不受影响,需先对洞口的管片进行拉紧固定。

(4) 洞门环梁施工:负环拆除完成后,采用止水钢板对洞门钢管片与主隧道进行焊接密封,随后开始绑扎洞门环梁钢筋,钢筋采用 HPB300 及 HRB400 钢筋,钢筋绑扎完成后即浇筑混凝土,完成洞门环梁施工。

3 施工监测

本工程联络通道机械设备于 2021 年 8 月 26 日开始下井组装,2021 年 9 月 8 日调试完成,2021 年 9 月 11 日开始始发,2021 年 9 月 14 日完成顶管机接收,共计耗时 19 天。在联络通道正式施工前,由监测单位对主隧道、地面及周边建筑物进行监测点布设并测取初始值。

根据监测数据反映,从顶管机开始掘进到掘进完成,地表点累计沉降最大值为-2.7mm,最大变化速率为-1.34mm/d;建筑物沉降最大值为 2.5mm,最大变化速率为 1.83mm/d;隧道收敛累计最大值为 2.1mm,最大变化速率为-0.89mm/d。掘进完成 1 个月后,地表点累计沉降最大值为-8.41mm,最大变化速率为-1.34mm/d;建筑物累计沉降最大值为-2.37mm,最大变化速率为-0.88mm/d;隧道收敛累计最大值为-5.45mm,最大变化速率为-1.25mm/d。沉降值均在规范允许范围内,且由于联络通道采用的机械法技术施工,前期沉降小,后期沉降值可控。

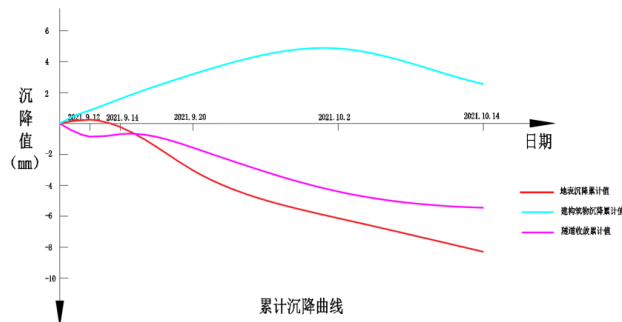


表 3 累计沉降曲线

监测数据是对联络通道施工最细致的反映,但数据的测取及处理需要时间,对周边建筑物裂缝,对主隧道管片破损情况、错台情况、渗漏水情况,对道路地面开裂、沉陷、隆起,地面冒浆情况,管线或接口破损、渗漏,检查井等附属设施的开裂及进水情况的巡查也不可忽视。

4 结论

通过在本区间机械法联络通道施工技术成功应用,再次证明了该技术在控制地面沉降及缩短工期方面的巨大优势,同时,在隧道未贯通之前施工联络通道具有一定的风险,但只要采取合理的措施保持主隧道开挖面的稳定及空气的良好流通,就能将该风险保持在可控范围内。

[参考文献]

- [1] 沈张勇. 机械法联络通道结构设计研究[J]. 现代城市轨道交通, 2019(11): 6.
- [2] 程文锋. 机械法联络通道无加固套筒接收施工技术[J]. 商品与质量, 2019(6): 155-156.
- [3] 桂焱平、胡辛泉、刘腾. 地铁联络通道机械法施工技术[J]. 山西建筑, 2020, 46(24): 3.

作者简介: 谢迎康 (1987.8-), 中铁三局集团桥隧工程有限公司, 浙江省杭州市萧山区宁围街道竞汇路中铁三局集团有限公司项目部; 陈志强 (1996.7-), 中铁三局集团桥隧工程有限公司, 浙江省杭州市萧山区宁围街道竞汇路中铁三局集团有限公司项目部。