

排水管网工程不良地层顶管上穿地铁安保区及脱困施工方法

张潮坤¹ 朱琳²

1.深圳市龙岗区水务工程质量安全监督站 广东 深圳 518000

2.深圳市龙岗区水务局 广东 深圳 518176

【摘要】：本文通过实际工程案例，介绍2021年龙岗区水务工程-宋代陶瓷博物馆污水干管完善工程顶管施工在地铁安保区“卡机头”脱困方案，阐述脱困处理过程中安全、质量及地铁监测监控措施，为类似项目顶管机“卡机头”处理提供施工经验。

【关键词】：穿地铁；卡机头；脱困；注浆加固

DOI:10.12417/2705-0998.25.23.074

引言

在目前市政管网建造中，顶管施工工艺因其良好的稳定性、可靠性以及对周边环境的低影响性受到更多的青睐，但因地下环境因素复杂、不确定因素较多，顶管施工过程中出现“卡机头”问题时有发生，如何有效解决“卡机头”问题变得尤为重要。本文通过阐述2021年龙岗区水务工程-宋代陶瓷博物馆污水干管完善工程顶管施工在地铁安保区“卡机头”脱困方案，以及处理过程中安全、质量及涉地铁监测措施，为类似项目提供施工经验。

1 工程概况

宋代陶瓷博物馆污水干管完善工程位于深圳市龙岗区龙城街道，起始于嶂背路横跨龙岗河处龙岗河南侧沿河道路，沿龙岗河南侧沿河道路敷设，末端接入爱南路在建污水干管WA51号井，全长1125m。新建污水干管主要采用开挖埋管及顶管工艺施工。

其中SW14~SW17井段顶管设计长度为120m，SW17号井为7.5×4.5m顶管工作井，SW14号井为直径6.5m顶管接收井，管径为DN1200，管材为III级钢筋混凝土管，管道埋深为5.3~5.7m，采用顶管工艺施工。工程实施过程中，当SW14~SW17井段从SW17号工作井向SW14号接收井顶进至93m处，出现管道“卡机头”问题。

2 地质水文概况

根据地勘资料显示，宋代陶瓷博物馆污水干管完善工程SW14~SW17井段顶管轴线区间地质分别为碎石素填土、卵石、砾砂、粉（砂）质粘体、填石等地层；顶管机“卡机头”位置为粉（砂）质粘体与填石地层交界区域，属下软上硬地层。

宋代陶瓷博物馆污水干管完善工程SW14~SW17井段顶管

段地下水丰富，地下水位线位于地面以下4.8m~5m位置，距离顶管管底约0.77~1.52m，且该位置距离龙岗河较近（约15m），顶管管底位于河道常水位以下。

3 周边环境情况

宋代陶瓷博物馆污水干管完善工程SW14~SW17井段“卡机头”位置位于龙岗河沿河路“Y”字路口南侧，北侧为龙岗河，距离龙岗河河岸约18m，南侧为深海高速现状挡墙，距离高速挡墙约为14m，下方为地铁14号线盾构区间，顶管机底部距离盾构区间顶部约为11m，施工位置较为复杂。“卡机头”位置周边环境情况如图1所示。

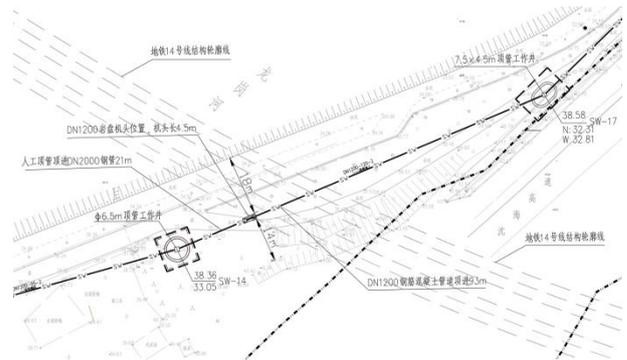


图1 “卡机头”位置周边环境情况

4 “卡机头”脱困工艺

因“卡机头”位置位于地铁盾构区间上方，采用常规的“开天窗”取机头工艺对地铁运行影响较大。经参建各方多次现场踏勘，最终明确采取“水平注浆加固+人工顶进钢套管”方式取机头^[1]，既对顶管机机头至SW14号接收井顶管轴线区域地质进行水平注浆加固，然后从SW14号顶管接收井进行人工顶进DN2000钢套管取机头。

作者简介：张潮坤（1971-），男，主要从事水务工程管理。

朱琳（1992-），女，主要从事水务工程管理。

4.1 水平注浆加固施工

人工顶管之前采用水平注浆 15m 对顶管轮廓线外扩 0.5m 范围内进行全断面加固处理,此次水平注浆加固沿 DN2000 钢套管轮廓线等距布置 8 个注浆钻孔,轮廓线中心布置 1 个注浆钻孔,单孔钻进 15m,钻孔直径为 50mm;注浆加固横断面及纵断面如图 2 所示。注浆材料选用双液浆,注浆量为 0.235m³/m,水灰比为 1:1,泵压选用在 0.2~0.3Mpa 之间,钢套管轮廓线位置注浆孔注浆扩散半径为 500mm;中心注浆孔扩散半径为 600mm^[2]。

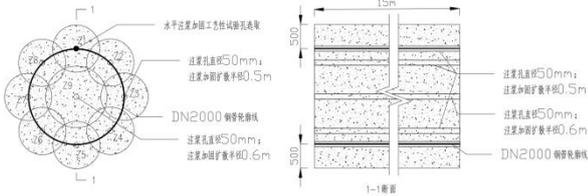


图 2 注浆施工断面示意图

4.2 人工顶进钢套管施工

(1) 在不良地层注浆加固完成后,进行 DN2000 钢套管人工顶进施工,钢套管采用焊接钢管,壁厚 10mm,单节长度为 2.0m,管道连接采用焊接工艺。

(2) 管道顶进前,专业测量人员现场复核顶进高程及轴线,确保顶进位置准确,避免后期钢套管无法正常包裹被卡顶管机机头。

(3) DN2000 钢套管顶进时,严格控制掌子面掘进长度及顶力,一般掌子面掘进长度控制在 30~50cm、顶管顶力控制在 0.5 倍管径允许顶力内,避免顶力过大或掘进长度较长引起掌子面坍塌或地产扰动,影响现状地铁线路安全。

(4) 人工顶进 DN2000 钢套管时,做好有限空间作业审批及管理,按要求对人工顶管掌子面进行强制通风,保障施工人员安全。

(5) DN2000 钢套管顶进过程中,做好“勤测量、勤纠偏”工作,确保管道高程及轴线偏差满足设计及规范要求。

(6) 当 DN2000 钢套管到达被卡顶管机机头位置时,降低顶进速度,将钢套管缓慢推进直至完全包裹住顶管机机头。

4.3 机头回拖施工

人工顶进 DN2000 钢套管至顶管机机头位置后,从 SW14 号井敷设导轨至机头位置,千斤顶反向安装并在千斤顶端头安装型钢梁,型钢梁及顶管机机头采用钢筋焊接连接。焊接牢固后从已施工 DN1200 钢筋混凝土管道端解除机头与管道连接。启动千斤顶,拖动机头沿导轨运动,千斤顶伸长一定距离后,拆除钢筋与型钢梁连接,收缩千斤顶再进行焊接、回拖机头,如此循环直至顶管机机头拖出至 SW14 号接收井。顶管机机头

回拖详见图 3 所示。

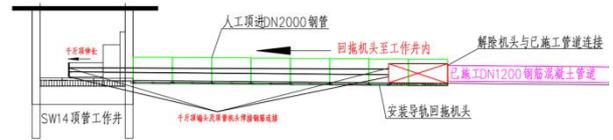


图 3 顶管机机头回拖示意图

4.4 混凝土管道空推安装

(1) 人工顶管施工完成后,在钢套管下底安装导轨,保证从 SW14 号井空推顶进 DN1200mm 钢筋混凝土管道与已施工混凝土管道标高契合,平顺承插安装。

(2) 已顶进混凝土管空推时应严格控制空推速度及空推顶力,确保顶进安全,保证顶管质量。混凝土管道空推详见图 4 所示。

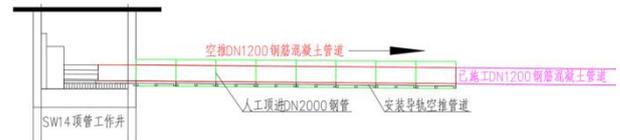


图 4 混凝土管道空推示意图

4.5 管道间隙注浆施工

(1) 顶管机机头取出后,在 DN2000 钢套管顶部安装 2 根 DN100mm 花管, DN1200 混凝土管顶管空推安装施工完成后在顶管井内 DN2000 钢套管与 DN1200 混凝土管间进行砖砌封堵,然后对 DN2000 钢套管顶与 DN1200 混凝土管中间空隙进行水泥浆回填填充^[3]。

(2) 管间注浆填充水泥浆液,材料选用 P.O.42.5 普通硅酸盐水泥,浆液水灰比为 1:1。

(3) 管间注浆采用 DN1200 钢筋混凝土管道自带注浆孔进行注浆施工,从注浆孔压入水泥砂浆后,直至预留 2 根 DN100mm 花管溢流出水泥砂浆为止^[4]。

5 安全质量保障措施

5.1 安全保障措施

(1) 施工现场临时用电必须采用“三级漏电保护”以及不低于三级的配电措施,动力与照明用电必须分路设置。用电设备实行“一机、一闸、一漏、一箱”。应严格执行建设部颁发的《建筑与市政工程施工现场临时用电安全技术标准》,加强用电管理,防止发生电气事故。

(2) 有限空间作业严格落实方案审批、安全教育培训、交底及作业审批制度。作业前,严格遵循“先通风、再检测、后作业”的原则,经气体检测合格后方可进行作业,作业人员进入有限空间作业时正确佩戴劳保防护用品。

(3) 在工作井、接收井井边设置牢靠的防护栏杆及安全

密网，并悬挂安全警示标识，避免发生高坠事故。

(4) 管材吊装时严格执行吊装作业审批制度，由专业信号工指挥作业，在吊装下井时，井内不允许有人员作业。一般情况下吊装作业在白天进行，如夜间确需进行吊装作业时，需保证现场照明充足。

(5) 顶管液压装备油泵必须装有限压阀、溢流阀和压力表等指示保护装置，安装完毕后必须进行试车，在顶进中应定时检修维护，及时排除故障。

(6) 注浆前必须检查注浆泵、连接管道、接头是否完好；注浆压力不准超过地层压力，在未达到规定要求的注浆量，却发现压力超过规定值时应立即停止注浆，并检查压力升高的原因，处理后再注浆。

5.2 质量保障措施

(1) 组建专业的项目管理团队及施工队伍，施工前组织专业技术交底及培训，使管理人员及施工人员充分了解设计意图、施工内容、施工环境及相关标准规范。

(2) 起重机械、液压系统、注浆设备等严格落实设备进场验收报备工作，建立设备围护档案，实行“一机一档”管理，确保设备运行状态良好。现场或仓库备用关键零部件，配备专业维修工，保证设备故障时能够及时更换维修。

(3) 严格落实材料进场“三检制”，尤其是主要材料，进场时必须由现场管理人员、质检员、物资专员进行现场外观检查验收，并按要求在现场监理工程师见证下进行取样送检，经检验合格后方可投入现场生产使用。

(4) 施工过程中做好过程管控，工序转换前需进行联合验收，验收合格后方可进行转序。顶管施工过程中做好测量纠偏工作，测量纠偏频率为50cm/次，尤其是顶管轴线偏差复核，严格采用“双人复核”制度，确保轴线准确^[5]。

6 涉地铁自动化监测

6.1 监测目的

宋代陶瓷博物馆污水干管完善工程SW14-SW17井段与在建地铁14号线（大运-漳背区间）平面位置交叉（上穿），此次监测主要目的为监控管网工程施工过程中已建及在建地铁的影响，判断地铁运行的稳定情况和安全性，以指导管道的施工程序、方法，确保地铁线路的安全。

6.2 监测内容

现状运行地铁监测内容主要包括：竖向位移、水平位移、隧道相对收敛。轨道交通隧道监测应按照断面布设，每个监测断面应在隧道顶部、底部、两侧边墙上布置监测点。监测断面间距按10m布设，断面按线路双向布置，断面数量左右线各布置12个，共计24个监测断面。

6.3 监测控制指标

根据国家及地区标准规范、专项监测方案及设计要求，本项目涉地铁监测控制指标见表1。

表1 监测预警值指标

序号	监测项目	预警值（黄色）	报警值（橙色）	控制值（红色）
1	结构绝对变形量	6.0mm	8.0mm	10.0mm
2	差异变形	2.4mm/10m	3.2mm/10m	4.0mm/10m

6.4 监测技术方法

(1) 监测点布置及埋设

根据本项目条件，结合相关规范及设计要求，布设隧道监测点，一般是道床2个、侧壁2个、拱顶1个。

为保障测量精度，在地铁安保区监测范围两端外设置不少于3个基准点，控制测站与观测点的距离不大于100m，测站点和监测点的垂直角小于10度。使用L型小棱镜作为观测点标志，安装时先用电钻钻孔，然后打入膨胀螺丝，再将棱镜固定在膨胀螺丝上，并保证棱镜朝向指向仪器所在位置。^[6]

(2) 监测技术方法

本项目监测方法主要为自动化监测。主要监测地铁隧道的水平位移和竖向位移。为了保证观测数据的连续性及可比性，在外部施工开始前采集初始值。自动化监测拟用徕卡TS60测量机器人配合Geomos专业监测软件进行。各监测点的布设应满足相关规范及设计要求。

6.5 自动化监测流程

(1) 创建项目：通过GeoMoS Monitor 准耶变形监测软件创建监测项目，并上传本项目监测基础数据，用于后期监测数据传输、储存。

(2) 系统设置：在计算机软件系统中完成监测仪器连接设置。待工作站的测量机器人完成安装整平与定向作业后，建立计算机与工作站的通讯连接。对各工作站全站仪进行初始化设置，选定TS60型全站仪作为仪器参数，完成仪器连接测试后，设置全站仪自动照准，开启自动目标识别（ATR）功能及补偿器。进行坐标系参数配置，平面及高程单位统一设置为米，数据精度按需要设置。根据基准网测量成果输入测站坐标参数，并导入各基准点数据作为参考点。

(3) 初始测量：完成前置工作后即可进行各监测点的初始测量。初始测量首先需要进行人工瞄准操作，将各工作站进行校准，然后由计算机控制系统自动全站仪读取目标点的坐标并传输回计算机系统储存，以此作为后续自动观测的目标定位依据。

(4) 自动监测：根据规范要求及工程需要，本工程工作

基点与观测点的设置为 100m，建立观测点组并单独分组管理控制点。设置盘左、盘右各测角、测距一测回的观测方案，其中测角中误差限差为 1mm，测距中误差限差为 1mm。根据监测频率要求，为监测点组设定观测周期，后续系统将按照既定参数自动执行观测、计算及数据存储操作^[7]。

6.6 自动化监测应急措施

当变形量达到预设控制值的 60%时，应及时以书面形式向参建各方、地铁运营单位发出报警通知；当变形量达到预设控制值的 80%时，应在 2 小时内通知参建各方、地铁运营单位的项目负责人，并同步启动为期 24 小时的连续实时监测机制；当变形量超过最大变形允许值时，应立即通知参建各

方、地铁运营单位的项目负责人，并启动 24 小时实时监测及相关应急预案。

7 结语

该施工工法有效解决了市政排水管网工程不良地层顶管上穿地铁及脱困问题，在保障地铁现状安全运行的前提下，加快了施工进度、提高了施工效率、节省了施工成本，且相较于一般的“开天窗”机头脱困方式，此施工工艺避免了大面积土方开挖作业，对现状构筑物影响较小，在面对市政工程高密度的既有构筑物、综合管廊、地铁线路等复杂周边环境具有更高的实用性，且施工安全与工程质量能够得到很好的保障，具有显著的经济效益和社会效益。

参考文献：

- [1] 杨东生,李兴冯.市政污水顶管在复杂地质段顶进的施工经验[J].云南水力发电,2022(09):33-35.
- [2] 徐鹏.市政给排水施工中的中长距离顶管施工技术[J].工程技术研究,2020,5(13):89-90.
- [3] 应金星.袖阀管注浆加固设计与施工工艺研究[J].吉林水利,2009(07):22-24.
- [4] 周宴妃.浅析给排水工程中的顶管技术[J].建筑学研究前沿,2019(07):36-37.
- [5] 姜宏艳,刘勇.浅谈地下顶管施工测量[J].黑龙江交通科技,2010,33(2):53-54.
- [6] 赵少鹏,王怡,程良水.城市轨道交通结构形变监测方法及应用[J].城市勘测,2023(06):156-160.
- [7] 李宏斌.自动化监测系统在上穿既有运营地铁中的运用[J].建筑过程技术与设计,2015(09):2544-2547.