

# 软土地区管幕法顶进精度 QC 成果

王欣杰

上海申通地铁建设集团有限公司

潘伟强 黄晓军 赵笑鹏 李 昊

上海隧道工程有限公司

**摘 要:**上海轨道交通 14 号线桂桥路站管幕段顶管施工时,顶进精度虽符合规范要求,但不能满足实际施工需要,导致施工质量受到较大影响。为此成立 QC 小组,针对顶管顶进精度问题,从人员管理、施工技术、仪器维修、材料验收、环境影响、测量误差等方面展开,并取得良好成果。

**关键词:**软土地区;管幕段;顶管顶进;QC 小组

在闹市区采用明挖法施工对城市交通运输的影响显著。暗挖法虽是一种有效降低环境影响的技术且在我国岩石及复合地层中已得到应用,但在富水饱和软黏土地层中还没有应用先例<sup>[1]</sup>。以上海轨道交通 14 号线桂桥路站过河段为契机,开展了软土地区地下车站管幕法暗挖施工技术研究和实践。

## 1 工程概述

上海轨交 14 号线桂桥路站管幕段位于上海市浦东新区王家桥路与曹家沟交界处,管幕段长 100 m,下穿原曹家沟,埋深 5.4 m。内部结构尺寸 21.99 m (宽)× 7.2 m (高),采用 2 种直径的管幕构筑。

管幕由 52 根钢管组成(见图 1)。其中 44 根带锁口定制钢管组成四周口字型结构,上排 22 根钢管直径 1.0 m,两侧和底排 22 根钢管直径 1.6 m。锁扣分为雌口和雄口(雌口由 2 块角钢组成,雄口为 T 字形或 π 字形)。中间设 8 根 1.0 m 直径、不带锁口分仓管。管节壁厚均为 20 mm。

管幕施工开始时间 2018 年 4 月 24 日,完成时间 2018 年 11 月 2 日。管幕顶进施工采用  $\varphi$  1.0 m 顶管机 2 台(备 1 台), $\varphi$  1.6 m 顶管机 3 台(备 1 台)。

管幕顶管施工中发现顶管顶进精度不够,影响工程质量。现行规范要求顶进高程及水平偏差应控制在 50 mm 内,但经现场调查分析顶管 T 型锁扣承插自由度在 30 mm 以内,若超过 30 mm 则会有锁扣撕裂的风险<sup>[2]</sup>。由于新工艺的不可预见性、高难度性及周边环境的复杂性,而在施工过程中施工偏差

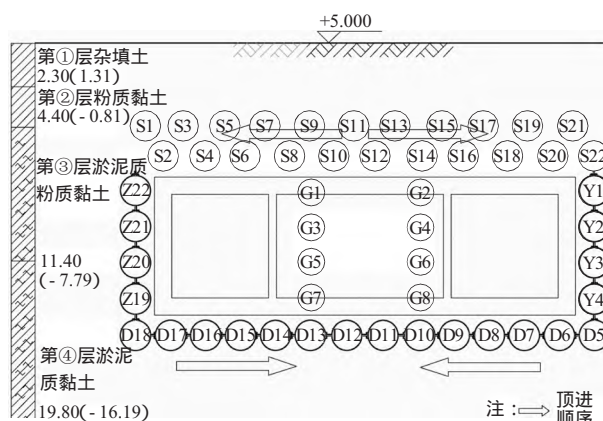


图 1 管幕段剖面(m)

全部控制在 30 mm 内非常困难,因此为提高管幕施工顶管顶进精度,项目经理部开展了 QC 活动,并约定每条顶管取 50 个点,若点偏差在 30 mm 内则为合格点。那么每条顶管所有合格点占总点的比多少,才能作为该条顶管施工的合格率呢?

为此,项目部成立 QC 小组,小组成员共 8 名,对现场顶管顶进精度进行了跟踪调查与研究。小组调查了前 5 根顶管 D6、D7、D8、D16、D17 顶进偏差合格率,最低仅为 70%,平均合格率 82.6%,未达到质量控制要求。所以将本次 QC 活动课题定为提高管幕钢顶管顶进偏差合格率。

## 2 问题分析

### 2.1 目标设定

召开管幕钢顶管顶进偏差质量专题会,要求下一阶段顶管顶进施工质量需要得到明显提升,以保障后续 MJS 加固及主体结构施工优质完成。

小组内部通过对前阶段已完成的 5 根顶管偏差的讨论分析,最终研究决定用加权算法减小每项偏差,以提高合格率。最终算出若顶管顶进偏差合

\* 基金项目:上海市住房和城乡建设管理委员会科研项目“软土地区管幕法暗挖车站设计及施工关键技术研究”(JS-KY17R007);上海市优秀学术/技术带头人计划项目“软土地层地铁车站合管幕法非开挖技术研发与应用”(20XD1432500)

格率能够到达 94%以上,则能保证后续施工质量控制要求。所以将目标设定为顶管顶进偏差合格率达到 94%。

2.2 存在问题

通过人、机、料、法、环、测 6 个方面对顶管偏差产生原因进行层层分析并绘制了鱼刺图见图 2。

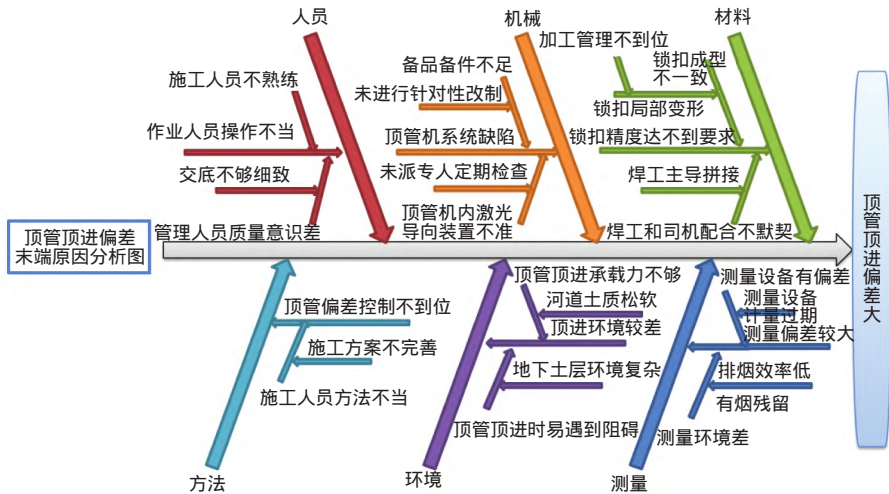


图 2 末端原因分析鱼刺图

通过鱼刺图找出 4 个偏差原因。

(1) 锁扣精度、平直度差。通过对现场管节锁扣精度及平直度进行抽查,发现锁扣精度偏差为 3~6 mm,平直度偏差为 4~6 mm。将顶管的高程偏差及锁扣精度偏差做了对比(见表 1、表 2)。表 1 为管节 3~5 的锁扣偏差,表 2 为管节 3~5(顶管 16~32 m)的高程偏差。由表 1、表 2 对比可知锁扣偏差较大的管节顶进偏差也较大。

表 1 D16-3、D16-4、D16-5 锁扣偏差

管节编号	雄锁扣偏差/mm	雌锁扣偏差/mm	平直度偏差/mm
	T 型高度	翼板厚度	空腔垂直高度
			空腔内部宽度
3	-4	-3	3
	-5	-4	4
4	-4	-4	5
	-4	-3	4
5	-4	-4	6
	-5	-5	4

表 2 D16-3、D16-4、D16-5 高程偏差

管节编号	顶进米数/m	高程偏差/mm
3	16	-35.1
	18	-38.9
	20	-42.6
4	22	-44.9
	24	-46.7
	26	-41.2
5	28	-37.6
	30	-32.2
	32	-35.1

(2) 测量环境差。调查了现场测量环境,发现焊接后管内烟雾不能及时排出,导致测量不能及时进行,整个排烟过程最长需 6 h。小组成员又对顶进施

工记录表进行调查,发现测量过程长的管节开始顶进时高程偏差均较大。

(3) 纠偏不及时。对顶进记录表做了分析,发现前 5 根顶管均存在偏差波动大的情况,原因在于当有顶进偏差趋势时,顶管司机未及时纠偏,或未达到纠偏要求,待偏差过大时才开始纠偏,且一次纠偏量过大,导致偏差过大。

(4) 顶管出加固区机头沉降大。对顶进记录表进行数据分析,发现顶管机刚出加固区时机头沉降普遍较大,最大如 D16 顶管下沉接近 50 mm。这对之后的顶进偏差控制有较大影响。为此开了专题讨论会,讨论的结果是:由于出加固区时土体弹性模量变化导致顶管机头轻微“磕头”,所以刚出加固区时顶管机沉降较大。

3 制定对策

3.1 针对锁扣精度、平直度差

每批管节进场后总包及分包管理人员同监理三方共同进行管节的 100%抽检,并对每根管节及锁扣尺寸、平直度偏差做好记录,对于不合格的管节进行退场处理。同时要求管节生产企业派专人驻场,监督管节生产质量、管节试拼,把好管节生产第一关。效果验证:通过以上措施锁扣偏差及平直度偏差显著减小,基本能控制在 3 mm 以内。

3.2 针对测量环境差

为改善测量环境,改进了排烟措施:在焊接时将气囊放于管节口阻挡焊接烟雾进入管节深处,并在焊接完成后用鼓风机加软管进行排烟。效果验

证 通过以上措施 ,排烟效果大大改善 ,测量时间基本能保证在 0.5 h 内。

### 3.3 针对纠偏不及时

对现场顶管司机再次交底 ,顶管顶进时启动三级报警机制 ,进行精细化控制 ,保证纠偏的及时性 ,并将原来施工记录表每 2 m 记录一次改为每 1 m 记录一次。效果验证 :通过以上措施 ,顶进波动明显减小 ,偏差基本在 30 mm 内。

### 3.4 针对顶管出加固区机头沉降大

开专题会讨论后决定 :要使机头沉降减小 ,在刚进加固区时加大前仓压力 ,增加正面土压力 ,并且加大纠偏力度 ,在出现沉降前提前纠偏 ,必要时将一级纠偏、二级纠偏开到最大<sup>[3]</sup>。效果验证 :通过以上措施 ,很好地控制了出加固区机头的沉降 ,沉降基本都能保持在 20 mm 以内。

## 4 效果检查

通过采取一系列措施 ,解决了顶管顶进偏差过

大的问题 ,使顶进偏差能满足管幕施工要求 ,有效提高管幕顶管施工质量。对 QC 活动中的 42 根顶管顶进偏差做了统计分析 ,共计 2 100 个点 ,合格点数为 1 983 个 ,合格率 94.4% ,达到小组制定的合格率 94% 以上的既定目标。图 3 为 QC 活动前后对比图。

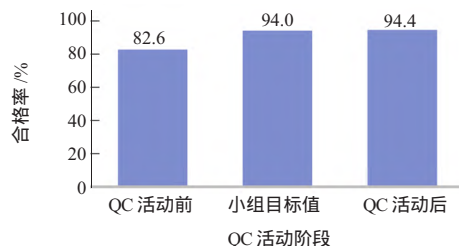


图 3 QC 活动前后对比

此外统计分类了 117 个不合格点 ,发现顶管顶进偏差占比有明显下降 ,从活动前的 80% 下降至活动后的 65% (见图 4) ,说明此次 QC 活动取得了很好效果。

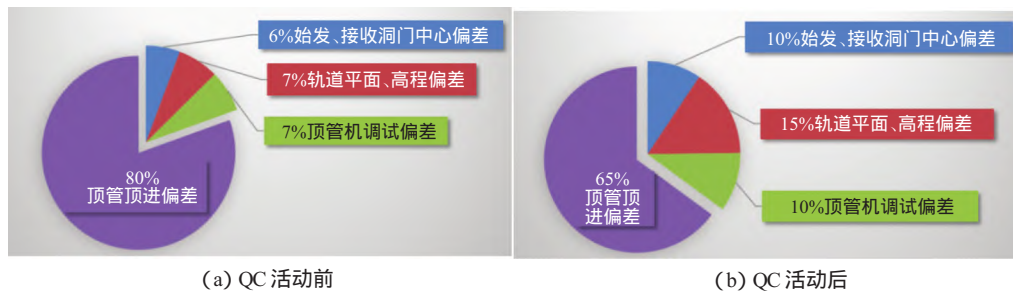


图 4 QC 活动前后发生频率饼分图

## 5 社会、经济效益

(1) 工程各项指标均得到了各界的好评 ,取得良好的社会效益 ;也为上海轨交 14 号线桂桥路管幕段创建上海市优质结构工程保驾护航。同时从中积累了宝贵的施工经验 ,带出了一大批施工经验丰富的人才 ,为今后上海乃至国内的软土地区管幕法的施工提供重要参考。

(2) 管幕顶管施工的顺利推进保证了桂桥路管幕段的建设顺利完成 ,对管节返修及人力资源节省创造了条件。节省管节返修材料成本 :20 元 /m×100 m×36(根)=7.2 万元 ;返修时间成本 :4 人 /d×250 元 /人×80 d=8.0 万元 ;节省项目管理成本 :0.5 万元 /d×80 d=40.0 万元。共计节约费用 =7.2+8.0+40.0=55.2 万元。

(3) 通过此次活动 ,QC 小组成员获益良多。QC 知识、质量意识、技术水平等方面都有了较大提高。在活动过程中不仅加强了团队的合作精神 ,也充分显示了小组成员活跃的思维能力。

## 6 结语

本次 QC 活动小组成员均积极参与 ,认真思考 ,从人、机、料、法、环、测 6 方面找到要因并思考对策 ,有效解决了管幕顶管顶进精度的控制问题 ,使管幕顶管质量得以提升 ,保证了桂桥路管幕试验段施工的顺利进行 ,使软土地区管幕暗挖法趋于成熟。由于是科研项目 ,所以项目进行收集数据及之后的整理花费了较长时间 ,但这些宝贵经验可供今后类似工程参考。

### 参考文献 :

- [1] 朱雁飞,郭彦,潘伟强,等.自由断面管幕法在饱和软土地区桂桥路地铁站工程的应用[J].隧道建设(中英文),2020,40(4):552-561.
- [2] 辛征刚.内插型锁口管幕群姿态-锁口控制技术试验研究[J].隧道建设(中英文),2020,40(1):43-49.
- [3] 潘伟强.软土地区管幕群顶管施工地面沉降监测与分析[J].岩土工程学报,2019,41(增刊1):201-204.

(收稿日期 2021-11-19)