

临近既有线 MJS 施工质量控制

徐勇斌

杭州市建设工程质量安全监督总站, 浙江 杭州 310000

[摘要] 在软土中进行土体加固工程时, 由于软土通常具有较差的强度和较大的压缩性, 这可能导致挤压、沉降等问题; 可能发生既有结构发生不均匀沉降, 影响既有线路安全运营等问题。以杭州市城市轨道交通 12 号线某车站临近既有线施工为例, 提出 MJS 桩施作槽壁加固和止水帷幕的加固措施。通过沉降监测验证加固效果, 为类似下穿工程提供借鉴。

[关键词] 软土; MJS 加固; 地表沉降监测

DOI: 10.33142/aem.v7i1.15221

中图分类号: U445.46

文献标识码: A

Quality Control of MJS Construction near Existing Lines

XU Yongbin

Hangzhou Construction Engineering Quality and Safety Supervision Station, Hangzhou, Zhejiang, 310000, China

Abstract: When carrying out soil reinforcement engineering in soft soil, due to the poor strength and high compressibility of soft soil, it may lead to problems such as compression and settlement; Uneven settlement of existing structures may occur, affecting the safe operation of existing lines. Taking the construction of a station near the existing line of Hangzhou Urban Rail Transit Line 12 as an example, this paper proposes the reinforcement measures of using MJS piles to reinforce the groove wall and waterproof curtain. Verify the reinforcement effect through settlement monitoring and provide reference for similar underpass projects.

Keywords: soft soil; MJS reinforcement; surface subsidence monitoring

Metro Jet System (MJS 工法) 是一种全方位高压喷射工法, 在传统高压喷射注浆工艺的基础上进行了改良, 主要目的是解决水平旋喷施工过程中的排浆和环境影响问题。通过采用特殊的多孔管和前端强制吸浆装置, MJS 工法实现了孔内强制排浆和地内压力监测, 通过调整排浆量来控制地内压力, 从而大幅度减少对环境的影响, 并保证成桩的直径和施工质量。

在建设阶段, 通过调控钻孔内的压强和抽取水的力量大小, 可以有效地操控土壤内部的压力并降低对周围环境的影响程度。这有助于防止因挤土现象导致的地面变化、房屋破损或构造物的移动等问题的产生。

在软土中进行土体加固工程时, 由于软土通常具有较差的强度和较大的压缩性, 这可能导致挤压、沉降等问题; 可能发生既有结构发生不均匀沉降, 影响既有线路安全运营等问题。以杭州市城市轨道交通 12 号线某车站临近既有线施工为例, 提出 MJS 桩施作槽壁加固和止水帷幕的加固措施。通过沉降监测验证加固效果, 为类似下穿工程提供借鉴。

1 工程概况及地质情况

1.1 工程概况

杭州的地铁线路十二号线上的某车站坐落于余杭区的教育和科技大道与余杭塘路交汇处以南的位置, 其路线方向呈东西走向, 并沿着教育和科技大道延伸。该站点西部是永福商务综合体(包括维也纳国际酒店二号楼), 东部则预留了未来的商贸及金融用途土地(现阶段仍处于未开发状态), 而北部则是已经投入使用的五号线的某车站

点。车站为地下三层岛式车站, 长 166.2m, 宽 23.7m, 标准段深 27.15m, 端头井深 28.61~28.94m。本站与 5 号线某车站站厅换乘, 建筑面积 17660.33 m²。

安装了两个进出口和两组风亭, 并且使用明挖顺的方式来保证安全。

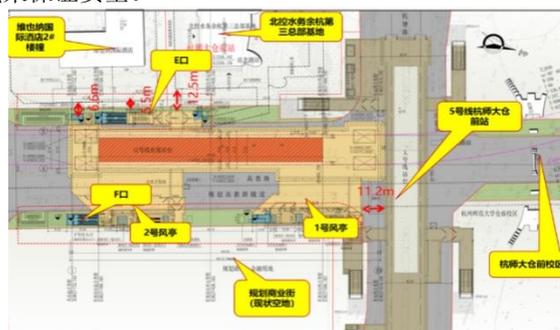


图 1 某车站周边环境示意图

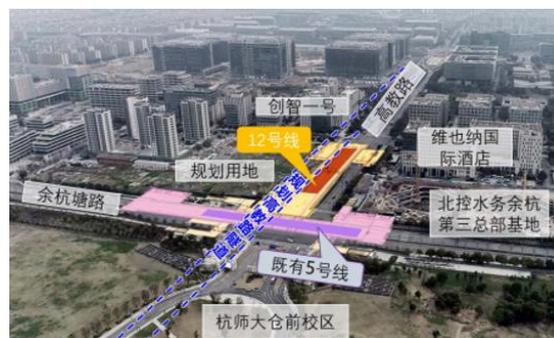


图 2 某车站周边环境航拍图

已运营开通的既有车站，距离 12 号线车站主体基坑最近约 2.2m，围护结构净距仅为 1m。依据杭州的城市地铁建设管理规定及轨道设施的防护标准，所有位于地下的建筑物如站台与通道等地段其周边五百公分范围内被划定为了特殊保卫区域。基坑范围土层主要为 1-1 杂填土、3-2 砂质粉土、4-1 淤泥质黏土、6-1 淤泥质粉质黏土、7-1 粉质黏土、9-1 粉质黏土、10-1 粉质黏土、12-1 粉细砂。底板主要位于 9-1 粉质黏土层、10-1 粉质黏土、12-1 粉细砂。

为降低 12 号线车站施工期间对既有线造成的影响，拟在 12 号线围护结构施工前对临近既有线范围采取 MJS 槽壁加固措施。

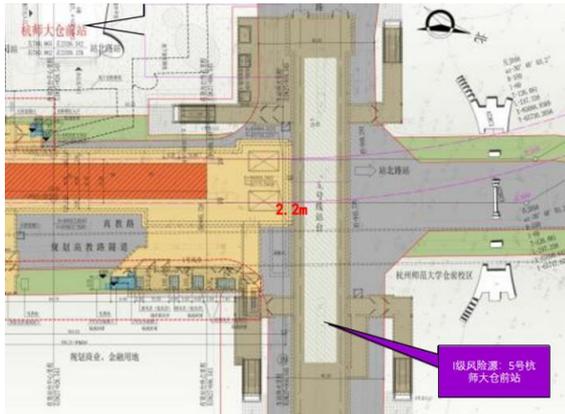


图 3 展示了新建车站与现有车站的位置关联

1.2 工程地质及水文地质

根据浙江省的《工程建设岩土工程勘察规范》(DB 33/1065-2019) 以及国家标准《建筑地基基础设计规范》(GB 50007-2011)，结合车站的相关地质勘察报告，确认了主要土层包括淤泥性黏土、淤泥性粉质黏土和粉质黏土。

依据现场勘查和区域水文地质信息，地保区域内的地下水主要包括潜水、压力水以及基岩裂缝水。

1.3 工程难点

(1) 软土通常具有较差的强度和较大的压缩性，在软土中进行施工，可能导致挤压、沉降等问题。

(2) 加固施工会对施工范围周边造成较大影响，但既有线与施工位置距离过近，施工时需对加固位置、加固压力等参数进行精准控制。

(3) 工期紧张，临近既有线施工未能快速安全落地将严重制约施工工期，影响 12 号线整体工筹。

1.4 施工方法

MJS 工法，也被称为全向高压喷射灌浆技术，是基于使用高压水、高压空气与高压水泥浆这三个媒介来实现对周边土壤的破碎和侵蚀。该方法采用特定的多孔管道和前部设备设计，形成高压射流以达到切割并损坏土壤的目的。同时，它还包括了把硬化物质泥浆施压输入、喷射、切割土地、混合、排放泥浆、收集泥浆、运输泥浆等多个

步骤，这些都成为了其监测的关键部分。因此，这种方式可以用于全面的地基强化工程中，无论是水平方向还是垂直或倾斜角度，甚至能够完成 360 度的全方位工作。

通过全面考虑软土地基的地质特征、物理特性，以及施工引起的沉降变形特征，确定车站主体北端土地墙 N-05~N-11 外侧槽壁加固采用 $\varnothing 2400@1700$ MJS 进行施工。加固范围为-28.5m~4.5m。车站主体北端头地墙 N-05~N-11 外侧止水帷幕采用 $\varnothing 2400@1700$ MJS 进行施工，需二次引孔喷射。加固范围：全圆为-28.5m~-26.5m，半圆为-28.5m~-39m。槽壁和止水帷幕的加固都选用了 P. O. 42.5 级的普通硅酸盐水泥，每立方米用水泥 700kg，水泥与水的比例为 1:1，水泥掺量不低于 40%，桩体 28 天抗压强度标准值不低于 1.2Mpa。

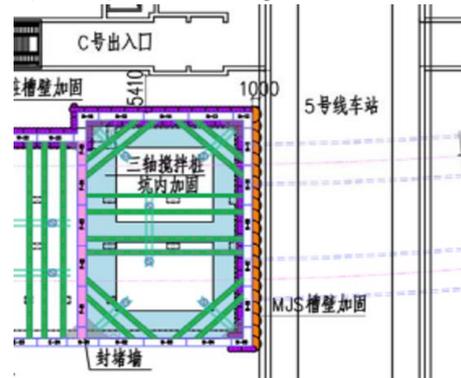


图 4 某车站地保区 MJS 加固平面图

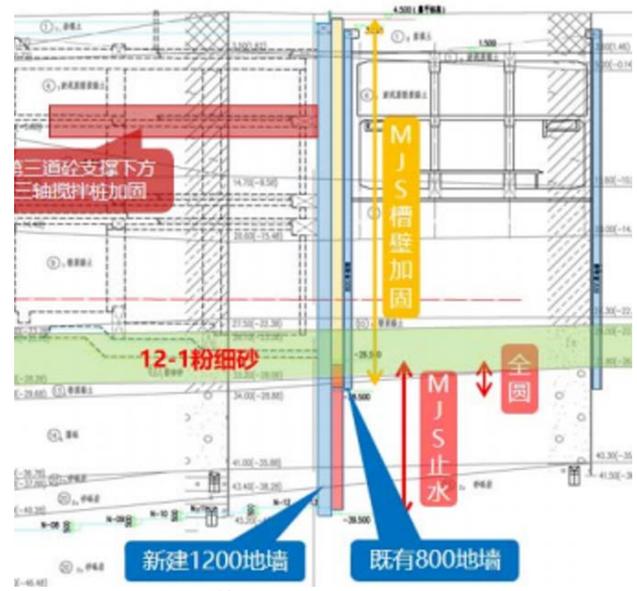


图 5 某车站地保区 MJS 加固剖面图

2 施工质量控制要点

2.1 MJS 加固施工质量控制标准

- (1) 钻孔位置： ≤ 50 mm；
- (2) 钻孔垂直度： $\leq 1\%$ ；
- (3) 孔深： ± 200 mm；

- (4) 桩体搭接: $>500\text{mm}$;
- (5) 桩体直径: $\leq 50\text{mm}$;
- (6) 桩身中心允许偏差: $\leq 0.2\text{Dmm}$ 。

2.2 MJS 加固施工流程

(1) 测量放线

根据设计排桩要求及基准控制网测出加固范围,定位好各桩位置点,可利用临时控制桩作为复核点位以免点位破坏的影响,施工范围内遇地下管线时桩中心应离开管线 $300\sim 700\text{mm}$ 。

(2) 开挖沟槽

为确保 MJS 旋喷桩下钻的顺利进行,破除原路面至原状土层,开挖沟槽以便引流储存回返浆液,防止下钻困难及泥浆外溢。

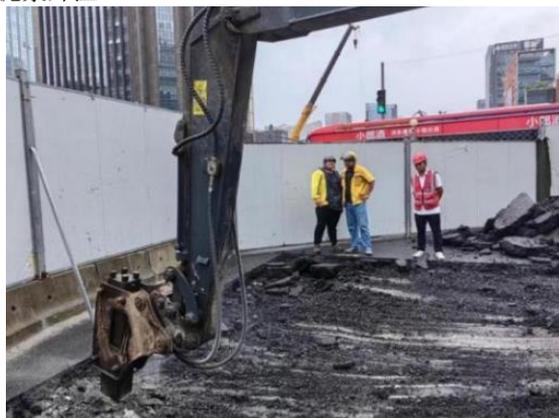


图 6 加固区沟槽开挖

(3) 桩机就位

按照设计的平面位置和施工角度,钻机已经定位好,并被安装在预设的孔位上。根据技术专家提供的角度进行调整。



图 7 水平尺(垂直加固)



图 8 角度尺(斜向加固)

(4) 引孔

当钻机到位时,需要对其进行水平和平面的调节,以达到其准确的垂直状态,同时要保持钻杆的位置与预设桩点相符。在开始钻探之前,需检查泥浆泵的工作性能是否良好。此外,还需要验证钻杆的长度,并在钻塔附近使用红色油漆标识出深度刻度,以便确认孔底的高度符合设计的深度要求。对于导入孔而言,我们应该利用专用的引导工具按照确定好位置和方向来进行深入到设计深度的引导工作,这个过程可能稍微超过设计深度约 100cm (例如:如果设计喷浆深度为 20m ,那么引导深度可以是 21m)。



图 9 钻机引孔

(5) 制备水泥浆液

水泥浆生产中,全自动拌浆系统按照设计比例 $1:1$ 进行制备,通过后台泥浆称重装置设定好比例后,系统将自动开始拌制。



图 10 后台泥浆称重装置

水泥浆属于一种悬浮液,为防止沉淀,在储存过程中需不断缓慢搅拌。在泵送前,必须通过筛网过滤拌制好的浆液,以免堵塞喷嘴,浆液的比重通常通过泥浆比重计进行测量。



图 11 泥浆比重测量

目前 MJS 加固施工一般均采用自动化称重拌料系统,通过设置水灰比既可实现自动拌浆,一般情况下不会存在

偷水泥的情况。

(6) MJS 施工过程

①将电源、数据线、各种管道、钻头以及地下压力监测显示器进行连接,确保在钻头没有负载的情况下进行清零操作。同时,确保管道连接处的密封性,使得管内不存在空气。

②检查设备的运行状态,包括主机、高压泵、空压机、泥浆搅拌系统、管理装置等,确认它们都处于正常工作状态后,将主机就位并确保机架稳定后再进行校零。

③即在引孔内将钻杆放置至预定深度,若在放置过程中遇到困难,则需要启动削孔水进行正常的削孔操作。

④在连接钻杆和钻头时,务必仔细检查密封圈和螺栓的情况,查看是否有缺失或损坏,并确保地下的压力显示正常。

⑤重复执行三个步骤和四个步骤,直到钻头达到预设深度并且钻杆准确安装。

⑥当钻头达到预期深度时,我们需要对它进行归零操作,确保电动机“0”标记、喷射口和钻杆上的白色线条保持一致的方向,接着设置各种加工条件,如摆动角度、拉出速率、旋转次数等。一旦这些都确定下来,就可以进入优化阶段了。

⑦设定好喷射点位,启动反向抽水及反向气流的流动,待确信排放浆料一切正常之后,再启用排水闸门,并同时激活高强度水泥泵与主要空气压缩机。起初以水柱的形式向上喷射至高度达 50 厘米,施加的水压达到 10 兆帕,随后转变为水泥浆状物体,当钻杆再次下降到正确位置以后,便可继续实施对地层的改造作业。

⑧启动高压水泥泵时,压力不应过大,应逐步提升,直至达到预设的压力。只有在达到预设压力并确认地面压力正常后,才可以开始增压。当水转变为水泥浆时,压力将自动上升,只有在压力发生突然变化时才能调整压力。

⑨在施工过程中,必须严密监控地下压力,如果压力异常,就需要立即调整排浆阀的大小以确保地下压力在安全区间内。

拆下一根钻杆之前,需将水泥浆更换为清水并关闭泵,当泵压力下降表示水已经到达位置,然后关闭水泥浆泵止和排空操作。

请在拆卸钻杆时,仔细检查密封圈和数据线的状况,确保无损坏,地下压力显示正常,如有异常情况需立即解决后才能进行喷浆作业。拆卸完成后,必须及时清洗和保养钻杆。

3 施工安全性分析

为验证在临近既有线 MJS 施工方法的稳定性,在既有线站台层、站厅层、隧道内布置监测点。经过分析优化后,分析可得:监测数据总体情况良好,沉降量均在允许范围之内,未对既有线结构造成影响,数据趋势正常。

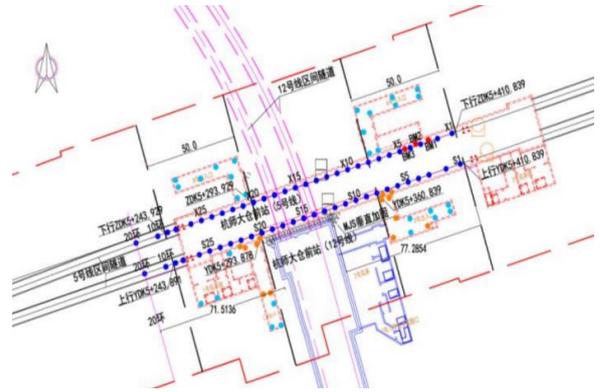


图 11 地保监测布置图

项 目	本次最大变化量/mm		累计最大变化量/mm		主体基坑施工	总体	备 注
	监测点号	变化量	监测点号	变化量			
道床沉降	SCJS00	0.6	SCJ08	-0.9	44.0	45.0	上行线
水平位移	SSP05	0.8	SSP12	-1.7	44.0	45.0	
水平收敛	SSLSD0	0.1	SSLSD5	0.4	44.0	45.0	
轨向高差	SCYS00	-0.4	SCY08	0.9	44.0	45.0	下行线
道床沉降	KCJS015	0.8	KCJ05	1.2	44.0	45.0	
水平位移	XSP08	0.8	XSP24	0.9	44.0	45.0	
水平收敛	XSLSD1	0.5	XSLSD5	0.8	44.0	45.0	C出入口
轨向高差	KCY01	0.7	KCY020	0.9	44.0	45.0	
附属结构竖向位移	C7	0.14	C8	-1.0	46.0	410.0	
附属结构竖向位移	D5	0.13	D5	-0.5	46.0	410.0	
附属结构差异沉降	C2	0.03	C1	-0.3	46.0	410.0	D出入口
附属结构差异沉降	D1	0.00	D1	0.0	46.0	410.0	

图 12 各点监测数据统计图

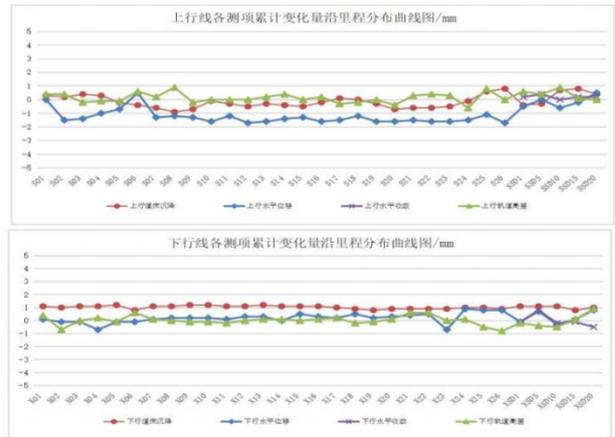


图 13 隧道、车站各测项变化图

4 结语

施工期间通过控制泥浆比重、喷浆流量、提升速度和提升时间来控制水泥用量。水泥浆液喷射流压力、喷射流量、钻杆步进提升或回抽参数又是保证成桩直径的关键参数。水泥用量和保证成桩直径的关键参数两者均达到要求才能满足加固体质量要求。水泥浆液的喷射流压力与流量反映其动力特性,而钻杆推进或者回收速度则体现了喷射流的作用时长。这三项指标共同构成了喷射流的总能值。一次旋转钻杆数量决定了喷射频率及每次喷射的时间长度,同时也是控制灌注桩直径的重要因

素之一。此外，同轴的高压空气被用于减少在泥浆中的喷射流能量损失，这些都对确保灌注桩的直径有着重要意义。

对于特定土层中所使用的施工参数、桩体直径和加固质量的判断，具有很高的经验性。因此，我们提供的研究数据可以作为软土地层 mjs 施工控制的重要依据。

[参考文献]

- [1]杨迅.公路设计中的软土路基处治方案优选研究[J].交通世界,2024,11(7):43-46.
[2]刘羽,王科,胡威,等.深厚软土地区深大基坑分坑开挖设计与分析[J].建筑结构,2023,53(2):2473-2479.
[3]张建毅.深基坑下穿高架桥变形影响及控制研究[J].

工程技术研究,2023,8(12):20-22.

[4]陈光辉,李永胜,赵建勋,等.MJS 加固桩在砂层地质施工技术研究[J].建筑结构,2023,53(2):2043-2045.

[5]陈树杰,易路行.MJS 工法在城市轨道交通车站施工中的应用[J].铁道勘察,2023,49(5):143-148.

[6]Peck R. B. Deep Excavation and Tunneling in Soft Ground[Z].Proceedings of the 7th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering. Mexico,1969: 225-290.

作者简介：徐勇斌（1985.4—），毕业院校：浙江工业大学，所学专业：机械工程，当前就任单位：杭州市建设工程质量监督总站，职务：科员，职称级别：工程师。