

城市三轴搅拌桩施工对周边环境的影响及控制措施

王晓东

中交隧道工程局有限公司

摘要：随着经济的发展，我国经济发达、人口密集省市的地铁工程建设项目越来越多，在推动经济、便捷交通的同时，地铁项目在施工过程中对施工区域周边的环境也造成了一定影响，本文依托佛山市城市轨道交通三号线地铁区间加固工程项目的施工经验，浅析地铁施工过程中软土地基三轴搅拌桩加固施工过程中对周边环境所造成的影响及相应的预防及控制措施。

关键词：三轴搅拌桩；环境影响；控制措施

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.15.057

一、工程概况

佛山市城市轨道交通三号线创意园站~驹荣北路站区间为盾构区间，区间从创意园站出发，沿西北方向敷设，下穿河流，侧穿桂畔海桥梁工程后拐向西沿东乐路敷设，下穿东乐路2号桥、海山路高压隧道，侧穿多个居民小区，到达驹荣北路站。

区间软土地基采用三轴搅拌桩进行全断面加固，桩径为850mm，间距600mm。每台三轴搅拌桩纵向分为弱加固区及强加固区，弱加固区始于地面至隧道顶结构边线以上5.0m，强加固区始于隧道顶结构边线以上5.0m至加固体底部，桩长24m至49m。

二、概述三轴搅拌桩施工对环境的影响

三轴搅拌桩施工简单来讲就是由三轴转孔桩通过钻杆将搅拌好的水泥浆液搅拌灌注在设计位置及深度的自然土体内，待水泥浆与自然土体搅拌混合凝固后达到一定承载强度，进而为盾构机等施工项目提供稳固的土体基础保障。施工过程中因转孔施工噪音及水泥浆压入土体等工序容易对周边环境带来安全及环境污染等方面的负面影响，除了常规施工安全环保影响外，以下针对三轴施工特点从安全及环保两方面浅析所造成的不利影响。

（一）安全影响

（1）既有管线破坏的影响

施工区域内既有的电力、通讯、自来水、燃气、有线电视等既有管线或深或浅埋于地下，尤其近些年城市发展速度迅猛，各类管网升级频繁，业主及权属单位提

供的管线位置图达不到完全精准，施工过程中极易发生管线管道破坏情况。一方面给施工生产和周边人民群众带来极大的生命财产安全隐患，另一方面修复恢复也给施工单位带来极大的经济损失和恶劣社会影响，如大范围的停水停电通讯中断等引发的大范围群众投诉，各类主管道主管线直接维修及间接停断时间带来的几十万甚至数百万巨额费用及处罚，尤其是燃气管道、高压和超高压电力线缆及主供水管的破坏，后果十分严重。

（2）道路地表隆起塌陷的影响

因水泥浆注入土体压力影响，一定程度的破坏了原有土层压力，尤其富水层或土体间隙大的局部因为水泥浆液的注入，引发施工区周边道路、居民小区等地面容易出现地表隆起塌陷情况，尤其交通道路的隆起和塌陷，隆起外涌的大量水泥浆污染周边环境的同时，也给行车安全带来极大隐患；由于地下水流失等原因引起的地表局部区域塌陷或空洞更加危险，尤其夜晚光线昏暗条件下，行人车辆极度危险。同时因地表的塌陷或隆起，对施工区域外的既有管线、管道、建、构筑物所造成的拉伸、挤压破坏从而引发连锁破坏影响。

（3）施工区域周边安全影响

因施工可能造成的既有管道管线临时迁改要做好保护措施，避免施工过程中开挖、行车等因素造成再次破坏。施工过程中要考虑水泥罐车、渣土运输车进出工地的安全通道及错车、停车位置，避免发生交通事故。另外三轴施工水泥罐设置位置要充分考虑倾倒安全半径影响，水泥灰输送入罐体过程中发生爆罐的危险。三轴机械垂直高度约为30-50m，除了要考虑因素导致机械倾倒风险采取必要措施外，还要考虑周边如楼盘建设塔吊等悬臂发生碰撞的可能。另外特殊天气，如台风造成的水泥罐、三轴机械倾倒危险、暴雨积水导致的高压电缆泡水触电事故、雷暴天气水泥罐、三轴机械等设备设施发生雷击事故。

（二）环保影响

（1）水质污染影响

跨越河流或施工区域附近有内河等水域时，水泥浆液容易通过土体间隙渗透至河水内，污染水域环境，大

量水泥浆逐渐在河床硬化板结，后期清理恢复也十分困难，极易引发居民投诉、行政处罚等后果，尤其涉及引用水源或养殖水域，影响后果恶劣，且经济损失巨大。

(2) 雨污水及电力管廊堵塞影响

施工区域内或周边有雨污水管道或通讯、电力管道管廊时，地下水泥浆的渗入凝结影响严重，如电力井因水泥浆凝固后电缆被水泥浆高强度包裹，清理十分困难，还存在较大的安全隐患；雨污水等市政管道管径基本较小，很容易发生水泥浆延坡度蔓延流淌，逐渐凝固堵塞，影响区域随坡度可延长较远，地下雨污水管道堵塞严重且水泥浆已经硬化，只能考虑重新开挖埋设管道，这一点在三轴施工过程中极易被忽视，往往惯性思维只考虑施工区域周边的影响，忽视的如雨污水管道延伸影响，也是三轴施工过程中容易给后期恢复埋下巨大隐患的影响因素，在城市成熟市政配套设施区域内重新开挖埋设雨污水管道涉及的问题太多，无异于重新承接一个新的工程项目，所带来的损失无从估量。

(3) 噪声及扬尘影响

三轴施工的噪声主要来自机械转孔施工噪音、水泥浆拌制后台运转噪音、水泥罐输送水泥灰噪音以及渣土车、水泥罐车进出噪音。扬尘影响主要是车辆行走扬尘、水泥罐输送水泥过程扬尘以及土方作业扬尘等。城市施工多临近居民区，噪音及扬尘无疑影响居民的正常生活，尤其突发巨响之类的惊吓影响，这方面也是施工过程中受到投诉和行政处罚最为频繁的因素，施工过程中应采取适合的措施严格控制。

三、预防及控制措施

针对三轴搅拌桩施工所带来的种种不利影响，这就要求施工前做好充分的调查准备工作，一方面收集完整相关市政图纸资料充分进行现场踏勘，另一方面也要结合具体施工环境提前谋划相应的预防措施，进而才能在整个施工过程中达到预防、控制的施工效果。

(一) 安全方面预防及控制措施

(1) 既有管线保护措施

施工前除了接合业主下发的管线综合图进行现场踏勘外，还应主动联系各管线单位进行现场确认，近些年因为城市建设的快速发展，电力、通讯、自来水、燃气等单位存档的管线图存在一定程度的更新问题，这就导致经常出现图上标画的管线现场找不到，图中没有管线位置偏偏挖出了相关管线，除了管线权属单位，还应考虑临近小区、单位的调查走访，这些相关单位自行拉设

的线缆管道也时常未更新在管综图上。为确保施工过程中安全万无一失，此项工作必须在施工前充分调查，重新修正施工区域管线图纸，下发到施工现场人员手中，这样施工过程中才能做到有的放矢。

现场管线踏勘的具体方法可结合具体管线类型分别进行，如地面有权属单位井盖的电力、通讯、雨污水等管道，可结合图纸以及现场实际情况来确认整条线路的完整走向；其他浅埋无井管线可联系相关管线探测单位采用准用金属探测仪进行探测，探测后地面做好标记，并及时修正图纸；对于深埋有井管线可采取穿线探测法，这种探测方法对比无井探测法的优点是探测精度高，对于管线的埋深、位置基本误差可控制在0.2m左右；其他浅埋或未知区域盲探可采取人工开挖横纵探沟的方法探测，对标图纸直到找出全部管线。地面井盖、消防栓等标志性位置做好标记，防止施工过程中堆土等因素造成误碰破坏。最后综合完整更新管线图，对现场施工的管理人员及作业人员进行充分交底，尤其白晚班交接班时管理人员要重点确认临近管线位置，施工过程中做好监督提醒，有不明管线被破坏的迹象及时联系权属单位确认，避免损失扩大。

(2) 道路地表隆起塌陷预防及控制措施

施工过程中施工队伍中的工长和指挥要协调好前台搅拌桩机和后台供浆系统的配合，调节好注浆泵的注浆速度，避免造成注浆压力过大，同时白晚班施工过程中要安排专人巡视，巡视范围不仅包括施工围挡内的施工区域，围挡外的相关建筑、道路等范围也要加大巡视频率，同时与周边社区、单位建立通常的沟通渠道，发现问题及时处理。尤其要重点关注塌陷隐患，如一些较大的电力井周边或地表小塌陷，往往这种小塌陷的外表地下有可能已经出现空洞，肉眼无法判断时可采取人工水钻取芯法来判断塌陷程度，避免突然大空洞事故发生。

(3) 施工区域周边安全预防及控制措施

施工围挡结合实际交通情况至少设置两个进出通道，并设置好临时交通标识标牌，尤其水泥罐车、渣土车等施工车辆规划好停车等候区域，避免施工高峰期周边街道停候大量车辆造成交通拥堵。涉及过路的临时电缆线路做好标识及保护措施，可采用上垫钢板避免车辆长时间行走碾压破坏。

三轴机械及后台水泥罐基础要平整压实合格，避免发生倾倒事故，并设置缆风绳等防风措施，以应对突发极端天气。水泥罐顶等设施要做好防雷措施，雷暴天气

严禁施工。地势低洼排水不畅要提前规划积水池，根据地区降雨量等实际情况设置适合扬程的抽水泵及时排水，同时施工电缆悬挂高度要高于最大积水高，积水较大时及时断电停工，防止触电事故。突发停电时要启用备用发电机，将施工机械调整到安全位置后再行暂停施工。

水泥罐及三轴机械要充分考虑倾倒半径影响范围内的安全措施，尤其临近其他施工机械的交叉影响，如塔吊、起重机械等，提前就作业时间及相互影响范围做好沟通，签署安全协议，安排专人统一协调，避免发生机械碰撞等安全事故。同时三轴施工严格执行移机令制度，每次移机前现场管理人员、现场负责人、驻地监理对待移机平台进行验收，场地平整坚实验收合格后方可移机，同时加强移机过程中的旁站，移机过程以及移机平台是否安全稳定是三轴搅拌桩施工过程中最为重要的安全隐患，尤其要加强作业人员的安全教育及施工过程控制。施工过程中要阶段性修正机械倾斜等仪表精度，施工过程中机身倾斜角度过大及时调整，必要时移机至平稳区域重新平整作业平台，软土地基可采用换填、下垫钢板等措施保证机械作业平台稳定平整。

（二）环保预防及控制措施

（1）跨河施工控制措施

施工前可采用止水钢板桩分段施工或整体截断河水施工，钢板桩施工过程中采取相应的防水措施阻断河水渗入，同时也有效防止施工水泥浆外泄河道，施工过程中要加强巡视周边水域水质变化情况，跨河施工区段要求适当减小水泥注浆压力缓慢施工，以防止注浆压力过大水泥浆外涌，必要时可采取跳桩施工法，布置距离河道远近桩位交错施工顺序，越是临近河道或周边水域出现涌浆现象时越要控制注浆压力。必要时可扩大钢板桩围护范围，将渗浆区域控制在施工范围以内，待施工完毕统一恢复河道。

（2）雨污水及电力管道预防及控制措施

关于施工区域周边的雨污水管道以及高压电力管廊等市政管道，施工前要做好管道埋深、走向调查，提前选取适当的段落进行有效封堵，以防止水泥浆蔓延渗透外流，尤其处于标高下游管道，至少封堵两个井位，施工过程中每天应加强相关井盖开井检查水泥浆渗透情况，施工区域一百米范围内均应巡视，因个别管道拼接缝处可能存在破损，也有可能造成临近施工围挡处的管

道内没有水泥浆渗入，而稍远的位置发生渗入，尤其施工初期加密巡视频率。涉及既有高压电力井等较大管井，发现水泥浆渗入及时清理，避免水泥浆凝结硬化后包裹高压电缆造成相应的危险事故，同时及时联系权属单位对相关井位进行封堵保护，及时调整施工注浆压力。

（3）噪声及扬尘预防及控制措施

三轴搅拌桩施工时机械转孔噪音可通过调整转进速度适当控制，施工围挡设置连续喷淋系统进行全方位降尘，局部土方开挖转运等扬尘严重作业可增设雾炮局部降尘。三轴搅拌桩后台拌浆管可采取彩钢板全封闭罩隔音降尘，尤其夜间施工要减小运转速度，避免噪音影响周边居民正常作息。水泥罐噪音主要由水泥运输车注入散装水泥灰引起，尽量在白天调整适当的压力进行打灰，尤其每罐水泥灰临近清空时，司机为了尽快清空罐体往往选择加大压力快速清罐，此时的噪音以及外泄水泥灰最为严重，必要时可加强打灰旁站，严格管理司机打灰过程的压力控制。最后关于水泥罐的扬尘控制，罐体较低时可采用彩钢板全封闭罩来隔断噪音粉尘外泄，罐体较高时也可参考安装除尘器进行控制，市场上除尘器的种类价格多样，有罐顶安装或地面安装等类型，针对高罐体水泥罐，除尘器也是一种经济有效的除尘降噪选择。

结语

综上，城市轨道交通施工过程中，难免会对施工区域周边环境造成一定影响，随着人民群众生活质量逐步提高，对于美好生活的期许也逐步提高，这就要求工程施工建设过程中，我们不仅要考虑工程建设未来投入运营对经济发展的推动作用，更要考虑工程项目施工过程中对周边人民群众幸福生活所带来的不便与影响，这就需要做好施工前充分的调查和施工准备工作，同时也能最大限度的避免环境破坏所带来的恶劣社会影响以及企业自身经济损失。本文浅析了三轴搅拌桩城市施工过程中容易发生的一些影响及预防、控制措施，希望能给同类型施工提供些许借鉴参考意义。

参考文献

- [1] 韩佳彤. 城市轨道交通建设工程环境风险管理指南. 北京理工大学出版社. 2020-06
- [2] 杨嗣信. 建筑工程与环境保护. 中国建筑工业出版社. 2005. 07