

全护筒长螺旋钻机灌注桩在水利护岸工程中技术应用

陈海涛

上海园林(集团)有限公司, 上海, 200335;

摘要: 本文深入探讨在上海水源保护缓冲区水利行业护岸施工中采用全护筒螺旋钻机技术施工工艺的创新应用与实践价值。针对上海水源保护缓冲区软土地基较深、环保要求严格、施工空间受限等特点, 系统分析了该技术的工艺原理、关键施工环节及适应性的优势。结合黄浦江中上游堤防防洪能力提升二期项目, 验证了全护筒长螺旋钻机在控制塌孔、减少沉降、避免泥浆污染、经济效益等方面的显著效果。

关键词: 全护筒; 长螺旋钻机; 水利护岸; 上海软土; 绿色施工

DOI: 10.69979/3060-8767.26.03.040

引言

随着城市化进程加快, 水利护岸工程在软土地区面临环保与技术的双重挑战。上海水源保护区及缓冲区的地质条件复杂, 传统灌注桩施工易产生泥浆污染与塌孔风险。全护筒长螺旋钻机工艺具有无泥浆、成孔质量高、施工效率高等特点, 可为类似工程提供环保高效的解决方案。本文结合黄浦江护岸工程实例, 阐述该技术的工艺原理、实施要点与应用效果。

1 工程概况

黄浦江中上游堤防防洪能力提升工程(二期)7标段, 工程涉及干流桩号范围为: 黄浦江桩号(43+434~52+597)。工程位于闵行区浦锦街道和浦东新区三林镇, 黄浦江右岸徐浦大桥~沈杜公路段。项目沿黄浦江右岸线形分布, 施工主要内容为对原防汛墙加高加固改造处理, 消除安全隐患, 提升黄浦江中上游防洪能力, 全长约9.2km, 利用现有沿线防汛通道(宽度5.0m)作为场地内施工便道。

本项目 $\phi 600\text{mm} \times 15\text{m}$ 长钻孔灌注桩设计单桩竖向抗压承载力为310.53KN。

2 工程地质条件

钻孔灌注桩穿越地层主要有: 杂填土、素填土、黏

质粉土夹粉质黏土(江滩土)、粉质黏土、淤泥质粉质黏土、黏质粉土、淤泥质黏土、黏土等地层, 最终桩基持力层在干强度高及韧性高的淤泥质黏土层或黏土层。各层土质特性分布如下:

①1-1 杂填土层: 由碎石、瓦片等组成, 土质松散不均匀。

②1-2 素填土层: 厚土为0.4~0.7m, 以黏性土为主, 含碎石, 夹杂少量植物根茎, 土质不均匀。

③粉质黏土层: 含氧化镁及铁锰质结核, 局部夹多量粉性土, 土质自上而下渐变软, 干强度及韧性中等。

④淤泥质粉质黏土层: 厚土约1.1~2.1m, 含云母, 有机质, 土质不均匀, 干强度及韧性中等。

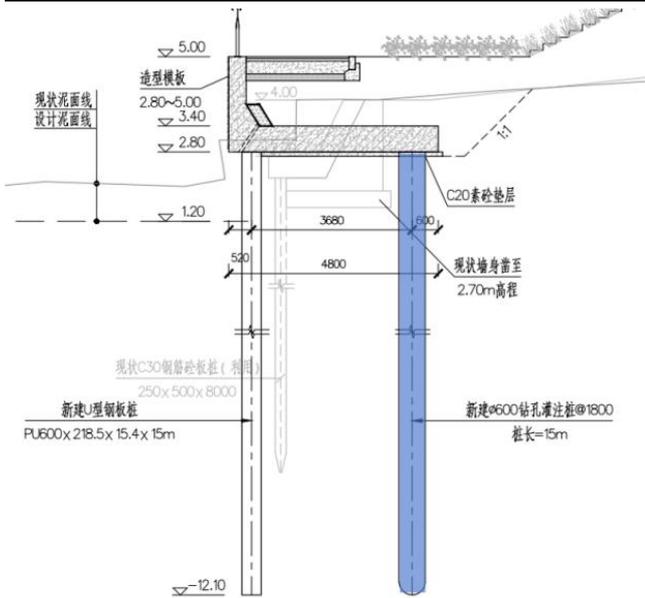
⑤j 黏质粉土层: 厚土约0.6~1.2m, 含云母, 贝壳, 夹杂层黏性土, 土质不均匀。摇振反应无, 无光泽, 干强度及韧性低。

⑥1 淤泥质黏土层: 厚土约6.8~9.1m, 含云母, 有机质, 夹杂少量薄层粉砂, 土质较均匀。摇振反应无, 有光泽, 干强度高, 韧性高等。

⑦1-1 黏土层: 厚土约2.1~4.4m, 含云母, 有机质, 夹泥, 钙质结核, 土质尚均匀, 摇振反应无, 有光泽, 干强度及韧性高等。

3 钻孔灌注桩参数及附图

序号	数量(根)	桩径(m)	桩长(m)	钻孔深度(m)	桩底标高(m)	桩顶标高(m)	备注
1	980	0.6	15	16.5	-12.2	2.8	护岸桩基础



图一：施工断面图

4 全护筒+螺旋钻机施工工艺的优缺点

4.1 优点

(1) 适用场景广：全护筒+螺旋钻机工艺适用于各类土层，特别是淤泥质土、杂填土，沉桩质量好。施工过程中，使用履带式液压打拔机一次性将全护筒（护筒长 16.5m）打入土体，钻杆在护筒保护下钻进，保障了孔壁稳定，避免塌孔，保证了成孔质量。同时，干作业条件下灌注桩孔内不会产生沉渣，无需清孔，既提高了施工效率又提高钻孔灌注桩的施工质量。

(2) 施工质量高：混凝土在浇筑完成后拔出护筒，使混凝土一直在护筒保护的前提下浇筑成型，保证了桩身断面尺寸一致及桩身的质量。有效避免了灌注桩施工中常见的塌孔、扩径、缩径、沉渣厚、清孔难度大甚至断桩等质量通病。



图二：现场全护筒打桩实景图

(3) 环境保护优：本项目位于黄浦江中上游水源保护缓冲区，对水资源保护要求高。采用干作业、无泥浆施工工艺，避免了泥浆从孔壁缝隙渗入地下或在地面溢出流入黄浦江的风险，从源头杜绝了泥浆配制、循环、泄漏、处置等环节对水源保护区的污染。

(4) 施工效率高：螺旋钻杆钻进与排渣连续同步进行，大扭矩动力头高效的旋转切削方式以及其良好机动性，使直径 600mm、长 15m 的钻孔灌注桩成孔时间仅需约 30~40 分钟，每台设备每天可顺利完成 8~10 根桩。

(5) 施工成本低：采用长护筒工艺进行无泥浆作业，节约了膨润土及泥浆制作、干化处理等费用。同时全护筒一次性投入可重复利用。根据黄浦江中上游堤防防洪能力提升二期项目环保交底文件要求，施工现场泥浆需脱水干化处理（费用约 1800 元/m³）。结合本项目钻孔灌注桩数量，采用长螺旋钻+全护筒的施工工艺，扣除增加机械费用等，综合评估可节约人民币约 80 万元。

4.2 缺点

(1) 地基承载力高：本项目采用的斗山 DX600PD-9C 液压打拔机自重约 70t（含 10t 配重），护筒长度 16.5m（重约 5t）及护筒打拔荷载，总荷载超过 120t。对施工场地地基承载力要求较高，对于承载力较差的场地需进行换填、碾压等处理以满足设备作业要求。

(2) 场地空间要求高：施工时，螺旋钻机、液压打拔机、挖掘机等多台设备需协同作业，设备间需留有足够安全距离，所以对场地空间要求较高，在狭窄区域使用存在一定困难。同时，履带式液压打拔机产生的较大震动，容易造成附近建（构）筑物开裂、沉降、倾斜等风险。本项目临近五户居民楼及部分经营性岸段（最近距离约 13m）的钻孔桩因此无法实施。

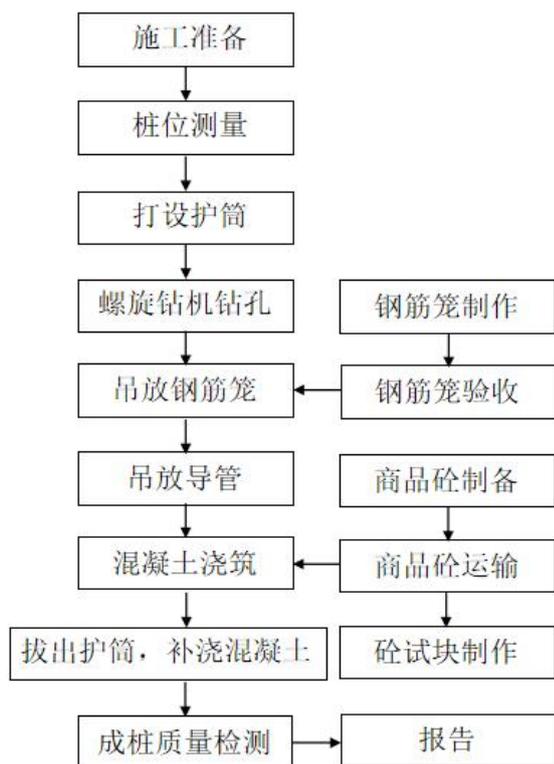
(3) 使用范围受限：根据斗山 DX600PD-9C 液压打拔机使用手册要求，其最大夹桩长度为 19.6m，考虑施工安全冗余，本工程中钻孔深度为 19.5m 及 22.5m 的两种规格灌注桩无法采用此工艺施工。同时，对于大桩径或较厚淤泥质土（摩擦力较大）的情况，需验算护筒与土体间的摩阻力是否不大于拔桩机的最大拔力。

(4) 混凝土充盈系数较大：由于护筒在混凝土全部浇筑完成后方可拔出，导致混凝土顶面标高随着护筒

往上拔的同时而下降，需要额外补充护筒侧壁所占空隙及护筒与四周土体间空隙的混凝土；同时，混凝土在自重作用下压缩土体也会消耗一定量混凝土；为确保桩基质量，及根据设计图纸要求，灌注桩顶标高需高于设计标高 1~1.5m，综上所述，导致混凝土充盈系数较大。

5 施工工艺流程图

全护筒施工流程与传统泥浆护壁工艺流程基本一致，主要区别在于钻孔设备及护壁方式不同。



图三：全护筒钻孔桩施工工艺流程图

6 全护筒制作

全护筒采用厚度 10mm 的 Q235B 优质钢板，在工厂定制加工完成，单节长度为 16.5m，外径为 600mm。为了增强钢护筒结构稳定性，防止其上口在液压打拔机咬合时发生变形，同时避免下口在振动埋设过程中产生变形，制作过程中在护筒上下端口各 50cm 范围内采取了包边加强措施。包边材料选用与护筒壁厚相同的钢板，沿钢护筒周围满焊连接，以有效增强端口刚度。

7 施工工序

7.1 施工准备

(1) 全体施工人员首先熟悉图纸及相关施工规范，由项目总工向施工人员进行施工方案交底，形成书面交

底资料等。

(2) 合理布置、搭建现场桩基施工涉及的钢筋加工场等临时辅助设施。

(3) 组织液压打拔机、25t 汽车吊、螺旋钻机进场检测、验收。

7.2 桩位测量

护岸桩基放样内容包括桩位平面测量和桩顶高程测量。测量放样根据设计桩位坐标，采用坐标法测放桩位。测量完成后及时报测量监理工程师复核，复核无误后方可进行护筒打设。

7.3 护筒打设

液压打拔机就位后，首先使用振动锤低频档缓慢贯入护筒。随护筒入土深度增加，土体与护筒间摩阻力增大，可提高振动锤震动频率，利用高频振动扰动土质，破坏护筒周围土的粘聚力以克服沉桩阻力。护筒下设过程中，每间隔 4~5m 复测一次护筒垂直度及水平坐标，确保桩垂直度及桩位偏差符合要求。

7.4 钻孔

护筒埋设经监理工程师验收（中心位置偏差符合要求）后，钻杆钻进过程中保持匀速转动，直至达到设计标高（钻孔深度使用水准仪配合测绳测定）。钻出的泥土采用挖掘机配合自卸汽车清理出施工区域。

7.5 钢筋笼制作

(1) 钢筋笼在施工现场设置的钢筋加工场内分两段（9m/6m）制作完成。

(2) 进场钢筋除了核对规格、型号、质量保证书以及取样送检外，钢筋笼制作前还应清除钢筋表面污垢、锈渍等，钢筋下料长度经计算得出。

(3) 钢筋笼主筋与加强筋点焊紧固，同时确保主筋不受损伤。

7.6 吊放钢筋笼

(1) 钢筋笼焊接前应先把两钢筋搭接端部先折向一侧，使焊接的两根主筋轴线保持一致。

(2) 钢筋笼吊放采用焊接吊筋和混凝土保护块的技术措施（混凝土保护块采用混凝土桩同等强度的砂浆制作）。混凝土保护垫块每隔 2m 左右设置一道，每道不少于 4 块，确保钢筋笼保护层厚度满足相关要求。

7.7 吊放导管

钢筋笼吊放结束后,立即安放导管。导管选用 Φ 250/219mm丝口管,要求内壁平整、笔直。每节导管孔口连接时,在丝扣处涂抹润滑油,便于拧卸。禁止使用铁锤或其他重物敲击导管,以防导管变形。

7.8 浇筑混凝土

由于是干作业,混凝土浇筑过程中无需将导管埋入混凝土内,只需控制导管底口与混凝土浇筑面的距离在1m以内,防止因混凝土自由落差过大造成离析现象。

7.9 全护筒拔除

液压打拔机通过振动破坏全护筒与周围土体间的粘结力,并依靠起吊力克服拔桩过程中的土体摩阻力将护筒拔出。护筒在混凝土浇筑完成后应立即拔除,以免混凝土初(终)凝后与护筒产生巨大的粘结力和摩阻力,同时避免拔桩机高频振动可能造成对初凝混凝土桩产生裂缝。护筒拔出后,应及时补浇护筒占用部分的混凝土体积,防止造成桩顶标高回落至超灌标高或设计标高以下,混凝土超灌高度不得小于1m。

8 实施效果

通过液压打拔机将16.5m长全护筒一次性打入土

体,创造了干地作业条件,确保了长螺旋灌注桩的顺利实施。该工艺从经济、技术、环保三方面有效解决了上海水源保护缓冲区因泥浆污染水资源的关键难题,保障了本项目钻孔桩的顺利完成。

9 结论

在上海黄浦江中上游堤防防洪能力提升工程二期项目护岸施工中,全护筒长螺旋钻机沉孔技术优势明显:有效解决了在水源保护缓冲区实现泥浆零排放的环保、经济效益、施工效率提升等多重目标。然而,在施工过程中仍要不断总结施工经验,进一步优化施工工艺和管理措施,来适应水利护岸工程的特点和要求。希望本文的研究能为类似工程提供有价值的参考和推动水利护岸工程建设技术的持续发展。

参考文献

- [1] 罗伟,武岗松,宋承禹等.灌注桩长螺旋钻机全护筒成孔施工技术[J].中国港湾建设,2016(9):45-48.
- [2] 刘虎,谢滔,张瑞娜,等.软土地层中超前钢护筒护壁长螺旋钻孔灌注桩成桩关键技术研究[J].工程建设与发展,2024,3(10):75-82.