

# Application of front support grouting steel pipe support system in foundation pit engineering

Kai Wu

Shanghai Depu Construction Management Co., Ltd., Shanghai, 201802, China

## Abstract

The pre-support grouted steel pipe support system is a new type of foundation pit support technology that has gradually developed and been applied in recent years. This technology is widely used in foundation pit support systems up to 12m deep, offering significant advantages in construction convenience, economy, and construction duration. As urban development expands and land plots become increasingly irregular, the demand for basement areas grows, along with higher environmental protection requirements. In response to these practical needs, the application of this technology has received full market recognition and experienced rapid development. This paper combines engineering examples to briefly describe the construction techniques of pre-support grouted steel pipes and analyzes the issues and control points during the basement construction period. Ultimately, the project demonstrates excellent structural integrity and deformation resistance, while also saving on the basement construction schedule.

## Keywords

foundation pit support; front-supported grouting steel pipe; basement construction

# 前撑式注浆钢管桩支撑体系在基坑工程中的应用

吴凯

上海德普建设管理股份有限公司，中国·上海 201802

## 摘要

前撑式注浆钢管桩支撑体系是近几年逐渐发展应用起来的一种新型基坑支护技术，该技术广泛应用于12m以内的基坑支护系统，在施工便利性、经济性、施工工期等方面都有显著优势。随着城市开发范围越来越大，出让地块形状越来越不规整，地下室面积需求越来越大，对周边环境保护要求越来越高等实际需求，该技术的应用得到了市场的充分肯定，并得到了迅猛的发展。本文结合工程实例，简要阐述前撑式注浆钢管桩施工工艺，并对前撑系统在地下室施工期间存在的问题及控制要点进行分析。最终工程呈现出良好的结构整体性和抗变形能力，并节省了地下室施工工期。

## 关键词

基坑支护；前撑式注浆钢管；地下室施工

## 1 引言

前撑式注浆钢管支撑体系在基坑工程中的应用主要体现在注浆钢管桩作为斜向内抛支撑不出用地红线，对周边环境影响较小；具有独特的支护效果和方便后期结构施工的优势<sup>[1]</sup>。该支撑体系通过钢管斜支撑结合注入土体的浆液形成加固区，从而提高土体的承载力和稳定性，能够有效支撑基坑侧壁，防止土体坍塌并确保基坑环境的稳定性和安全性。注浆钢管桩本身较混凝土支撑相比施工成本更低，且必要时可考虑二次回收，同时钢管桩采用机械臂振动插入，施工时间更快，节约了工期，进一步降低了总体成本。

## 2 项目概况

### 2.1 项目建设内容

使用该支撑体系的项目位于上海市青浦区金泽镇西岑社区，东至规划培漾路，西至车长圩江河道陆域控制线，北至绿化带，南至规划港悦路。该项目由 25-02（北地块）、25-05（南地块）两个地块组成，中间为现状河道，总占地面积 64433.9m<sup>2</sup>，总建筑面积 245650.56m<sup>2</sup>。主要建设内容为：1~18 号楼为 17 层住宅，19 号楼为 2 层物业、居委、老人日间照料中心等配套用房，20 号楼为 2 层邻里中心、21 号楼为 2 层配套商业用房，22~27 号楼为 1 层供电 K、P 站，28、31 号楼为 1 层垃圾房、29、30 号楼为 1 层门卫室；北地块均为 1 层地下室；南地块地下室 2 层，局部 1 层；其中前撑式注浆钢管桩支撑体系主要用于南地块东侧的 2 层地下室区域。南地块东侧、南侧均为拟建道路，北侧及西侧为河流，常水位为 2.5 米，水深为 2 米左右，西侧为 1 层地

【作者简介】吴凯（1982-），男，中国上海嘉定人，本科，工程师，从事建设工程施工管理研究。

下室区域, 东侧为2层地下室部分, 1层地下室与2层地下室区域采用钻孔灌注桩进行分隔; 二层地下室部分采用钻孔灌注桩+三轴止水帷幕+角部双轴加固+前撑式注浆钢管桩系统+角部支撑形成的围护系统。基坑周长约为742m, 基坑总面积约为2.9万 $\text{m}^2$ , 其中地下一层区域基坑开挖深度4.15m; 地下两层基坑开挖深度8.75m; 基坑安全等级: 地下一层区域为三级, 地下二层区域为二级, 基坑环境保护等级: 基坑临近河道和桥梁区域为二级, 其余为三级。

## 2.2 工程地质条件

根据勘察报告, 拟建场地在勘察深度(最大深度为70.0m)范围内揭露的地基土为第四纪全新世 $Q_4^3$ ~晚更新世 $Q_3^2$ 的沉积层, 主要由填土、粘性土、粉性土、砂土组成。根据勘察报告, 本工程涉及的不良地质条件主要有: 厚填土、泥炭质土、地下障碍物、软土等。工程地质条件总体稳定, 无暗浜、溶洞等不良地质条件。

## 3 基坑围护体系及工艺流程

### 3.1 基坑围护方案

结合工程地质条件, 南地块地下一层区域采用三轴搅拌桩+型钢形成的重力坝作为围护结构及止水帷幕; 地下二层区域采用钻孔灌注桩+三轴搅拌桩+前撑式注浆钢管桩形成的围护体系; 地下一层与二层分界区域采用钻孔灌注桩分隔。

### 3.2 前撑式注浆钢管桩施工工艺

按照项目进度安排, 在完成部分工程桩基及围护钻孔灌注桩后就开始进行前撑式注浆钢管桩的施工。前撑式注浆钢管桩的施工是基于围护的钻孔灌注桩完成后即可跟随进行, 故在钻孔灌注桩施工期间需可进行前撑式钢管桩构件的准备<sup>[2]</sup>。前撑式钢管桩的构件是构成前撑式钢管桩的重要组成部分, 在前撑式注浆钢管支护系统中发挥着重要作用, 前撑式注浆钢管桩主要由钢管、接头套管、桩尖、囊带、高压胶管组成。

设计阶段需结合项目地质条件、基坑开挖深度等实际条件来确定钢管的长度、壁厚等技术参数。本项目选用Q235-B的 $\Phi 377 \times 10$ 钢管。为了方便施工, 现场选用长度在10米以内的钢管, 在施工现场以焊接的形式接长。选用的钢管到场后应清除油污、锈斑, 核对钢号、壁厚等设计参数后下料, 下料误差不应大于50mm。同时, 还应在前撑钢管预注浆位置按照设计要求钻出浆孔, 长度与囊带保持一致, 并将囊袋绑扎牢固。在施工现场, 往往需要将前撑式注浆钢管桩接长, 为确保接长后的钢管刚度, 需要在接头位置设置接长套管。接头套管的内径略大于前撑钢管外径, 长度为400mm。接头套管的一端提前焊接在前撑钢管的一端, 另一端经起吊后套结在已施打的前撑钢管露出端, 待套结到位、角度调整正确后, 进行焊接, 焊接需采用满焊的形式进行。在前撑式注浆钢管桩的施工中, 钢管需要斜向下振动压

入持力层, 为方便钢管顺利进入持力层和避免在压入过程中土体进入钢管腔体, 阻止后期级配碎石和水泥浆的灌浆填入, 削弱注浆钢管承载力, 需要在施打第一节钢管前在钢管端部焊接桩尖。桩尖可参照PHC管桩桩尖类型选用, 也可参照地质条件和设计参数选择。为提高前撑式钢管的支撑承载力, 需要在端部设置囊带, 当水泥浆液灌注的时候, 浆液注入囊袋, 挤压周边泥土并与土体形成扩大头的效果, 使前撑式钢管桩更好地与持力层形成握裹力, 有效的抵制后期开挖过程中边坡的土体侧压力, 维护边坡稳定, 减小基坑变形。在前撑式钢管注浆时, 需在前撑式钢管较深位置设置高压胶管封堵措施, 以保证注浆位置精确, 合理减少材料浪费<sup>[1]</sup>。

前撑式钢管桩的主要工艺流程: 场地平整→沟槽开挖→桩位测放→钢管管体加工→引孔施工(结合现场施工具体情况而定)→钢管打设→钢管注浆碎石填充→补浆→钢管与圈梁连接处锚节点焊接→后续圈梁施工、配筋垫层施工等。

在沟槽开挖阶段, 应及时清除灌注桩桩头的浮浆, 以便钢管插入及后期圈梁的施工, 同时应在机械行走范围内无架空线路或其他障碍物, 保证有足够的施工空间; 引孔直径需大于钢管桩直径40~60mm, 并达到一定的深度, 引孔完成后需立即施工, 避免塌孔导致钢管桩插入不顺利; 钢管插入时振动臂需与机身保持设计角度, 并实时调整; 钢管桩完成后注浆液的拌制及泵送, 以及石料的填充需同步跟进, 为后续钢管桩尽快达到设计强度提供条件。

## 4 前撑式注浆钢管桩施工难点及控制措施

在前撑式注浆钢管桩施工过程中, 钢管桩与工程桩的碰撞, 振动插入阶段角度的控制以及注浆时浆液的控制需重点关注, 否则将影响钢管桩的顺利插入、后期结构施工的连续型以及钢管桩支撑的强度。

### 4.1 碰撞处理

前撑式注浆钢管桩施工的前提条件为工程桩、围护钻孔灌注桩施工完成后, 压顶圈梁未施工之前, 故在前撑式注浆钢管桩施工期间钢管桩可能与已施工的工程桩、围护桩发生碰撞, 造成前撑式钢管桩难以插入到设计标高或造成工程桩倾斜或断裂, 留下质量隐患。由于前撑式注浆钢管长度达到28~34m, 需在工程桩空隙之间穿过, 钢管桩安全施工到位于有较大难度。所以前撑式钢管桩在施工前必须进行桩基、地下室结构图纸进行叠图查看是否有重叠位置或采用BIM技术进行碰撞查验, 在平面上或生成的剖面图中直观高效地确定是否有碰撞或确定碰撞位置, 以便发现钢管桩与工程桩、结构梁柱、剪力墙等影响施工的碰撞情况, 寻找合理的钢管桩穿插空间及路径。发现碰撞位置后要及时与基坑围护设计单位、主体设计单位一起重新进行钢管桩定位或寻求其他解决办法, 避免在前撑式钢管桩施工期间与工程桩造成碰撞, 也更好地避免在后期地下室结构施工期间钢管桩穿过结构梁柱、剪力墙等位置, 造成梁柱或剪力墙无法一次性浇

筑成型,影响主体承重体系质量和地下室防水质量。

## 4.2 角度控制

基于避免与工程桩碰撞和穿行结构梁柱、剪力墙的需要,同时满足钢管支撑布置的间距及围护体系的受力要求,在整个围护支撑体系设计完成后,往往留给前撑式注浆钢管桩的施工位置就变得很狭小了,需要在“夹缝中”求生存。因此,前撑式注浆钢管桩的施工定位及角度控制就变得非常重要,稍有偏差将影响已施工的工程桩基或后期的梁柱浇筑整体性。需要在平面定位和竖向角度控制上做好相关管控工作。在平面定位上,需要仔细查阅桩基施工记录,核对工程桩的定位坐标,根据核对后的施工定位重新进行前撑式钢管桩施工定位,对于间距特别小的前撑式钢管穿越工程桩位置时,施工时要注意机器抖动或贯入速度,发生异常情况要及时停机并查明原因,不得加大振动频率强行贯入,避免前撑式钢管桩或钢管桩碰撞的障碍物对工程桩造成挤压或位移<sup>[4]</sup>。在竖向方向,前撑式钢管桩与围护的竖向角度是45度。因机械臂在施工期间,随着钢管桩的贯入,会有一定角度的上扬。需要根据钢管桩贯入的长度进行机械的前进或后退来控制角度。在前进或后退过程中,速度的快慢或路基的稳固就会直接影响竖向角度的控制。这就要求在施工过程中不断地检查竖向角度,保证钢管桩贯入角度的正确。以往经验一般通过经纬仪、水准仪来实时进行角度监控。在本项目的施工过程中,创新性地运用45度指教三角形原理来指导现场角度控制。经过研究,为避免多次调整设备和振动影响设备水平,现场采用细木工板做了一个标准的45度等腰直角三角形。现场开始施工时,在三角形的一个直角边用木枋固定,木枋上设置一个线锤,用来控制竖向垂直度,当线锤和直角边平行时。直角三角形的斜边就是钢管桩的竖向贯入角度。当观察需要时,不需要架设仪器,工人举起三角板,调整线锤和三角板直角边平行,观察斜边是否和钢管桩平行即可,简单明了。交底完成后,不会操作仪器的工人都可以随时检测钢管桩贯入角度,管理人员随时可以通过三角形支架观察钢管桩贯入角度,保证了钢管桩的角度准确性。

## 4.3 注浆控制

注浆过程需重点关注浆料的拌制质量以及注浆质量,浆液与注浆的质量将直接影响后期开挖时钢管桩的承载力。拌制浆液的水泥需采用PO42.5级以上的普通硅酸盐水泥,

水灰比0.5-0.6,宜控制在0.55,可通过泥浆比重仪测定。浆液放入集料池后应采用搅拌机继续连续低速搅拌,防止水泥浆液离析沉淀<sup>[5]</sup>。浆液压送前应对浆液的稠度进行最后确认,最佳稠度应控制在8~12s范围内。

在进行浆液压送时,为保证钢管桩承载力,注浆采取分点分段注浆。注浆流量控制在20~40L/min,注浆最终完成标准以单桩水泥用量和最终压力控制,根据设计说明:34~36m单根桩注浆用量约7吨,28m单桩注浆用量约5吨,最终注浆压力控制在1.5~2MPa。注浆过程中需使用高压胶管配合囊袋进行,最终完成的标准以单根桩水泥用量控制。注浆完成后应立即满填碎石,采用20~40mm级配碎石,不夹杂有机物质和泥土为宜。并用纯水泥浆液灌满,灌浆以溢出为标准。

## 5 结论

综上所述,前撑式注浆钢管桩在围护灌注桩完成后可立即进行跟随施工,基本不占用绝对工期;当垫层形成后,前撑式钢管桩与垫层形成统一体,有效传递基坑荷载,有利于控制基坑土体隆起及保持周边环境的稳定,有效控制基坑变形;由于没有水平支撑的设置,实现了直立式开挖,缩短了进行水平内支撑施工的工期,有效地控制了施工时间,提高了土方开挖效率。但在具体使用前撑式注浆钢管桩时,需要特别注意相关的安装和质量管理要求,在施工机械材料、角度控制、灌浆比重、速率及注浆用量等方面进行严格管控,以确保工程的安全性和稳定性。随着该技术的不断完善,前撑式注浆钢管及其组合体系在基坑支护中发挥的作用越来越明显,有着广阔的应用前景。

## 参考文献

- [1] 陈学成.前撑式注浆钢管桩支护体系在基坑工程中的应用[J].广东土木与建筑,2021,28(05):62-64+111.
- [2] 梁鸿斌.软土地区深基坑自稳式基坑支护组合技术应用研究[J].四川水泥,2024,(11):136-138.
- [3] 李郁瀑.前撑式注浆钢管支撑体系在大型基坑工程中的应用[J].上海建设科技,2024,(03):65-67.
- [4] 霍红伟,潘昌盛,蓬金高,等.基于前撑式注浆钢管桩支撑体系的基坑施工效率提升研究[J].建筑施工,2023,45(11):2157-2159.
- [5] 张进联.灌注桩+前撑式注浆钢管基坑支护技术研究[J].建筑科技,2021,5(05):70-72.