

# 深基坑前撑式注浆钢管支撑施工技术

刘成

上海西郊庄园企业(集团)有限公司

**摘要:**前撑式注浆钢管支撑,与传统混凝土支撑工艺相比具有施工方便、缩短工期、节约成本等优势。本文通过上海市嘉定区金地西郊·悦章项目工程实例,重点从基坑围护体系设计、前撑式注浆钢管支撑技术特点、施工工艺等进行阐述,工程使用效果显示前撑式注浆钢管支撑大大节约了施工成本和工期,基坑变形控制较好,本项目的成功经验,希望为相关深基坑施工提供借鉴。

**关键词:**深基坑;前撑式注浆钢管支撑;节约成本和工期

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.11.021

## 引言

前撑式注浆钢管支护体系使用钢管支撑代替传统钢筋混凝土支撑,实现无支撑直立开挖,在确保基坑与周边环境安全的同时,可有效节省工程成本和缩短工期,该项技术在上海及周边地区深基坑中得到广泛应用。

### 一、工程实例

#### (一)工程概况

金地西郊·悦章项目位于上海市嘉定区马陆镇,9幢住宅+附属用房,地下一层局部地下二层,地上18层,总建筑面积93871m<sup>2</sup>,其中地下28678m<sup>2</sup>(地下一层22243m<sup>2</sup>,坑中坑地下二层6435m<sup>2</sup>),地上65193m<sup>2</sup>,超低能耗建筑。本项目采用装配整体式剪力墙结构,单体预制率≥40%,抗震等级为三级。

#### (二)工程地质条件

本工程地段勘察深度范围内揭遇的地基土属第四纪松散沉积物。详细勘察所完成技术孔的最大深度为76.00m,对此深度范围内揭遇的地基土,按其结构特征、地层成因、土性不同和物理力学性质上的差异可划分为九层,其中③层、⑧层和⑨层据其土性及其岩土特征不同又可分成不同的亚层,土层物理力学指标详见下表。

土层物理力学指标

层序	土层名称	比贯入阻力 Ps(MPa)	重度 γ(kN/m <sup>3</sup> )	直剪固快峰值强度		地基承载力特 征值fak(kPa)
				C(kPa)	Φ(°)	
②	粉质粘土	0.57	18.5	18	15.0	65
③	淤泥质粉质粘土	0.43	17.9	12	14.0	55
③夹	粘质粉土	1.44	18.6	12	22.5	85
④1	粘土	0.61	17.3	13	12.5	65

#### (三)水文地质条件

根据勘察结果,本工程场地地下水按其埋藏分布特征可分为潜水与承压水两类。

(1)本拟建场地浅部土层中的地下水属于潜水类型。实测各取土孔内的地下水稳定水位埋深在1.13~1.68m之间,相应标高为3.12~2.20m。本工程基坑开挖,潜水对其影响较大,开挖时应做好降排水工作。

(2)勘察揭示的地层资料,本场地赋存于第⑦层、⑧2层、⑨层中的地下水为承压水。场地内的第⑦层、⑧2层(第⑧2-1层砂质粉土、⑧2-2层黏质粉土与粉质黏土互层及⑧2-3层砂质粉土呈连通状态)及第⑨层中的承压水与本工程基坑围护有关。

#### (四)周边环境

本工程场地东侧及南侧均为规划道路(现为空地),西侧及西北侧为现状大泾河,西侧河道堤岸距离拟建基坑边线约23.0m,西北侧河道堤岸距离拟建基坑边线约18.0m,河道堤岸均为土质边坡,处自然稳定状态;北侧为轨道交通11号线高架区间,距离拟建基坑边线约34.0m,北侧紧邻红线外分布有电力管线,周边环境相对复杂。

## 二、基坑围护体系设计

### (一)支护设计

(1)地下一层基坑西侧和北侧采用双轴搅拌桩+前撑式注浆钢管围护形式,挖深5.25m,基坑采用双排φ700双轴水泥搅拌桩,内插H488\*300\*11\*18型钢,型钢长度12m,间距1.0m,顶部采用1200\*700砼冠梁,搅拌桩长度11.30m,水泥搅拌桩桩水泥掺量13%,坑内设置前撑注浆钢管,注浆钢管采用φ325\*8,钢管长度为22m,水平倾角为45°,单根注浆量不少于5.0吨。具体剖面详见下图。

(2)地下一层基坑东侧、南侧和坑中坑地下二层采用搅拌桩重力坝围护形式,挖深分别为5.25m和3.9m,采用φ700双轴水泥土搅拌桩重力坝围护,坝体宽3.4m,搭接200,搅拌桩桩长为10.50m,水泥搅拌桩水泥掺量13%,内排搅拌桩桩内插22b槽钢,槽钢长度为9.0m,间距为2.0m。

### (二)坑底加固设计

坑底四周被动区土体加固:采用双轴搅拌桩2φ700@1000墩式加固,水泥掺量13%,电梯井和集水井等深坑采用双轴搅拌桩加固结合压密注浆封底。

### (三)基坑降水设计

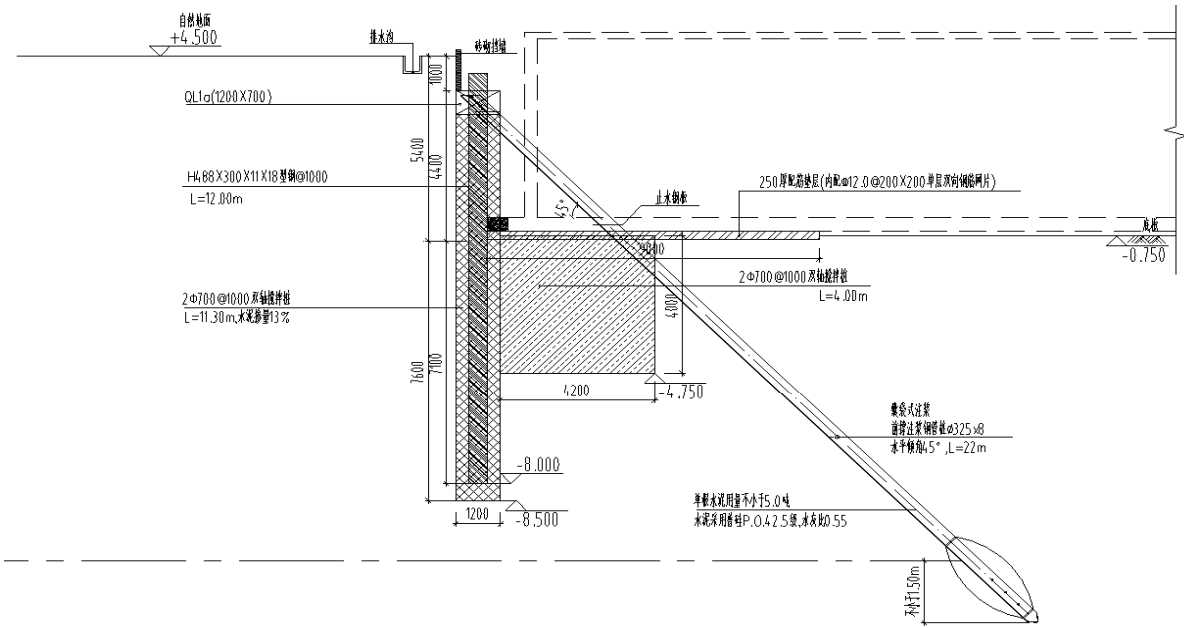
基坑降水采用真空深井井点降水,真空深井数量为110个,降水深度在基坑开挖面1m以下。

### (四)基坑土方开挖设计

根据项目开发进度计划,基坑分为A区(地下一层)与B区(地下二层),其中A区基坑开挖深度5.25m(场地标高按+4.500m考虑),基坑开挖面积约22402m<sup>2</sup>,基坑周长633m;B区位于A区内部,B区落深为3.90m,开挖面积为6612m<sup>2</sup>,基坑周长475m。先开挖A区,待A区浇筑底板后再继续开挖B区。

### (五)基坑监测设计

在地下室施工期间,对围护结构和周边环境进行监测,做到信息化施工,监测内容包括:围护墙顶垂直及水平位移监测;围护体侧向水平位移(测斜)监测;支



3a-3a

前撑式注浆钢管支护体系设计剖面图

撑轴力监测；坑外地下水位监测；河堤竖向位移监测；周边地表沉降监测；管线竖向位移监测。

### 三、前撑式注浆钢管支撑技术特点

(1) 前撑式注浆钢管支撑，可以与两轴搅拌桩重力坝同步施工，不占用绝对工期，节约工期30天-40天。

(2) 前撑式注浆钢管与坑底配筋垫层组合，可抵抗坑底土体隆起，提高支护结构的整体稳定性。

(3) 与传统混凝土支撑相比，不需要混凝土支撑施工及拆除，节约成本15%-25%。

(4) 土方开挖可以实现直立式开挖，可分块同时开挖，加快挖土速度。

(5) 钢管可以回收，重复使用，节约资源。

### 四、前撑式注浆钢管支撑施工工艺

#### (一) 工艺流程

主要工艺流程：工程桩和围护搅拌桩施工完成→场地平整→沟槽开挖→桩位测放→钢管加工→钢管打设→碎石回填→钢管注浆→围护压顶梁钢筋绑扎及混凝土浇筑→分层分块开挖基坑土方→浇筑配筋混凝土垫层→焊接止水钢板→混凝土底板及传力带换撑施工→人工割除钢管支撑（待底板及传力带换撑混凝土强度达到设计强度80%）。

#### (二) 技术参数

钢管规格型号： $\varnothing 325 \times 8$ mm；倾斜角度： $45^\circ$ ；水泥标号：P.O 42.5。

#### (三) 技术要求

(1) 本项目采用囊袋式前撑式注浆钢管。

(2) 前撑式抗压注浆钢管桩施工前应通过试成桩和拉压基本试验确定注浆钢管桩设计参数。

(3) 注浆钢管桩应清除油污、锈斑，严格按设计尺寸下料，每根钢管的下料长度误差不应大于50mm。

(4) 两节钢管采用套管连接，套管一般长度为400mm。

(5) 注浆采用P.O 42.5普通硅酸盐水泥，浆液水灰比0.5-0.6，宜取0.55。

(6) 钢管端部设置注浆段，钢管底端封闭，布置出浆孔，孔径8-10mm。

(7) 注浆钢管成孔采用振入式，根据场地土层情况确定是否引孔，或者直接采用机械手振入至设计桩长；单节长度结合场地条件。

(8) 钢管杆体沉放到位后贯入石子封孔后跟进注浆，采用分段注浆，注浆流量控制在20-40L/min；注浆最终完成以单根 $\varnothing 325$ 桩水泥用量不少于5吨，最终注浆压力不小于1.5-2MPa为标准。

(9) 钢管桩施工精度要求：定位误差应小于50mm，倾角误差应小于 $\pm 5^\circ$ ，标高误差应小于50mm，长度误差应小于100mm。

#### (四) 施工准备

1. 对于施工顺序的要求

(1) 工程桩和围护桩施工完成。

(2) 降水井（影响区域）未施工，未影响区域降水井禁止运行。

2. 对于加工场地的要求

场地尺寸要求15m\*20m。

3. 对于技术的要求

(1) 熟悉基坑的围护形式、地勘报告。

(2) 要求熟悉施钢管的材质、以及注浆段的构造要求。

(3) 要求熟悉注浆量、注浆水灰比、注浆压力以及注浆停止标准等。

#### 4. 对于施工设备的要求

(1) 机械手(600型), 适用于引孔以钢管打设。

(2) 挖机(200型), 适用于现场钢管运输、挖槽等。

(3) 吊车(30T), 适用于钢管安放以及设备运输。

#### 5. 对于材料的要求

(1) 对于材料采购, 尽量选用长度满足最少接头长度, 保证钢管整体强度。

(2) 对于材料的验收必须有质保书、合格证书等。

(3) 材料的堆放, 尽量整齐、有序, 避免现场的二次伤害造成钢管的垂直度不能满足施工要求。

#### (五) 关键工序的施工方法及质量控制措施

##### 1. 沟槽开挖

(1) 双轴搅拌桩完成后, 应及时进行桩头清理, 采用挖机(200型)进行圈梁的挖槽及清槽工作。

(2) 工作面上方必须满足插拔机行走, 无高压线等线路, 满足插拔机械起吊钢管的空间要求。

(3) 地坪必须平整坚实, 保证作业机械施工时平稳。

##### 2. 打设钢管

(1) 钢管及管件原材料应符合有关产品标准和设计要求; 管材及管件的外观质量除应符合其产品标准的规定。

(2) 钢管焊接的满焊的程度(不低于99%), 例如外观质量(无焊渣、气泡)、焊接层数、焊接采用的形式、焊丝的选材等。

(3) 钢管起吊应在1/3处设置两个吊点, 保证安全可靠。

(4) 采用机械手(600型)振入钢管至设计桩长, 倾斜角度为45°, 钢管在安放过程中, 可以采取人工辅助, 轻微晃动安放。

(5) 钢管打设施工中应校核定位点、平直度、角度。

(6) 做好桩与桩施工顺序的工作, 可以采取跳打施工, 减少相邻桩之间的相互影响。

##### 3. 碎石回填

石子选取粒径须满足设计要求, 且不夹有机物质和泥土为宜。

##### 4. 浆液的拌制与储存

(1) 水泥原材料品种、强度等级应符合设计要求, 进场水泥应进行外观检查。水泥抽样送检, 检测水泥的安定性和强度是否满足设计和规范要求。

(2) 拌制浆液的原材料必须经过严格的计量后才能投入拌和机中。

(3) 拌制浆液, 若出现浆液稠度不足或离析严重, 可适当调整水灰比, 减少用水量。

(4) 浆液储存集料斗时, 应设置水平筛网对浆液进行过滤。

##### 5. 浆液的泵送

(1) 采用灰浆泵输送浆液, 灰浆泵的压力表应经年检标定合格, 并对相关配件和电器设备性能进行检查。

(2) 浆液稠度应控制在8~12s范围内, 浆液泵送前进行检查确认浆液稠度。

##### 6. 钢管注浆

(1) 注浆顺序采取跳一隔一施工, 采取由上向下分段注浆。

(2) 注浆工艺应针对性实施注浆作业, 钢管杆体沉放到位后贯入石子封孔后跟进注浆, 注浆流量控制在20-40L/min; 注浆最终完成以单根 $\varnothing$ 325桩水泥用量不少于5吨, 最终注浆压力不小于1.5-2MPa为标准。

#### (六) 前撑式注浆钢管支撑施工安全保证措施

(1) 施工前应对施工人员安全技术交底和安全教育。

(2) 应在作业区设置护栏和警戒线, 非专业施工人员不得进入。

(3) 用电及机械设备必须检查合格, 并严格按照安全操作规程进行操作。

(4) 施工人员必须戴安全帽, 搅浆人员戴好护尘面罩, 穿防护服装。

(5) 文明施工, 控制扬尘, 工完料清。

#### 五、前撑式注浆钢管支撑承载力检测及基坑监测

##### (一) 承载力检测

本工程87根前撑钢管, 根据设计要求, 随机抽取3根做静载荷试验, 由加载数据得知, 卸载后注浆钢管出现回弹现象, 最大回弹量为4.35mm。由Q-s曲线及s-lgt曲线得知, 最大沉降量为35.19mm, 单桩承载力均达到690KN, 符合设计要求。

##### (二) 基坑监测

本工程布设围护墙顶部沉降及水平位移监测点52个, 围护体测斜监测点23个, 坑外地下水位(潜水)观测孔14个, 在大泾河护岸上布设监测点10个, 道路地表竖向位移监测点15个, 电力管线监测点7个, 前撑式注浆钢管轴力监测点9个, 在基坑开挖及地下室施工期间, 每日监测一次, 日最大变化量和累计最大变化量均未超过报警值。

##### 结束语

目前, 本工程地下结构已经施工完成, 基坑周边道路、河道、地铁高架、管道均未受基坑施工影响, 前撑式注浆钢管支撑在本工程应用取得非常成功, 不仅完成了预期目标, 也赢得了良好的社会效益与经济效益。

##### 参考文献

[1] 郑先元, 张志. 前撑式注浆钢管斜撑体系在基坑工程中的应用分析[J]. 工程质量, 2019, 37(1): 69-72, 86.

[2] 张荣文. 前撑式注浆钢管支撑在基坑支护的应用[J]. 建筑科技, 2019(3): 128-130.

[3] 惠彬永. 前撑式注浆钢管支撑在基坑围护中的应用与研究[J]. 建筑施工, 2018(11): 1868-1870.