

# 复杂环境下深基坑施工关键技术与安全管控研究

## ——以莘朱路（华泾港～兴南路）道路积水改善工程为例

赵 倩

上海景观实业发展有限公司 上海 徐汇 200035

**【摘 要】**：针对城市老旧片区深基坑施工面临的软土地质、敏感周边环境等复杂工况，以莘朱路（华泾港～兴南路）道路积水改善工程为研究对象，系统分析了项目在地质水文、周边环境、基坑结构等方面的复杂特征与施工难点。重点描述了适配复杂环境的围护结构、分级支撑体系的安拆、精准降水、分层分块开挖技术以及信息化监测关键技术。实践表明，“技术适配+动态管控”方案实现了安全零事故、质量一次验收合格，周边建构筑物及管线变形均满足《基坑工程技术标准》（DG/TJ08-61-2018）要求。该研究成果可为同类复杂环境下深基坑工程的施工提供可参考的技术路线与管理模式。

**【关键词】**：复杂环境；深基坑；围护结构；信息化监测

DOI:10.12417/2705-0998.25.22.066

### 1 引言

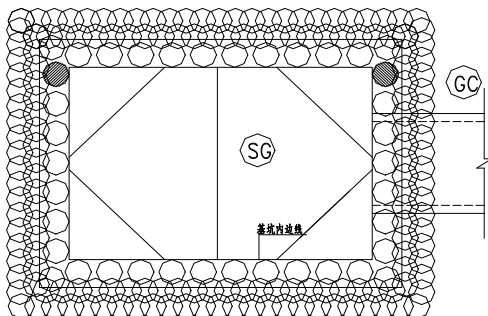
随着城市基础设施改造提升力度加大，老旧片区道路积水问题日益突出，积水改善工程也随之增多，但这些区域的深基坑工程常面临“地质条件恶劣、周边环境复杂”的挑战<sup>[1]</sup>。上海属典型滨海平原软土区域，浅层土体含水量高、压缩性强、强度偏低、流变性突出<sup>[2]</sup>，且老旧片区建构筑物密集、市政管线交错、防汛设施邻近，进一步加剧施工风险与难度<sup>[1]</sup>。

莘朱路（华泾港～兴南路）道路积水改善工程的核心任务为新建 DN2700 雨水顶管及配套井体等多类型深基坑，基坑周边紧邻居委会房屋、华泾港防汛墙及多规格市政管线，部分区域环境保护等级为一级<sup>[3]</sup>。本文依托该工程，系统剖析复杂环境下深基坑施工的关键技术与全流程管控要点，结合相关规范要求，为类似工程项目提供技术参考和实践指导。

## 2 工程概况与复杂环境特征

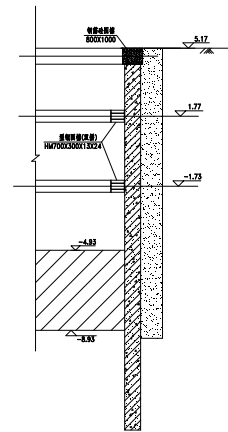
### 2.1 工程基本信息

本工程的核心建设内容为新建 DN2700 雨水顶管，同步设置 1 座顶管工作井。深基坑开挖尺寸 9.2x6.2m，开挖深度 10.1m，安全等级二级，环境保护一级，围护形式φ800@950 钻孔灌注桩+双排高压旋喷桩止水。



图例：SG 表示疏干降水井，共 1 口，深度为 11.5m；  
GC 表示坑外观测井，共 1 口，深度为 11.5m；

基坑围护结构平面布置图



基坑围护结构剖面布置图

### 2.2 复杂环境核心特征

#### 2.2.1 地质水文条件复杂

项目所在地为滨海平原，30m 勘察深度内地层主要由杂填土、淤泥质粉质粘土及淤泥质粘土构成，其中第③层、第④层淤泥质土（均饱和、流塑）为高压压缩性软土，土体自立性差、易坍塌<sup>[3]</sup>。地下水含潜水与承压水，潜水稳定水位埋深 1.23~1.81m，与华泾港地表水联系紧密；第⑤<sub>2</sub>层、第⑦层为承压含水层，虽无突涌风险，但需严控潜水位<sup>[1]</sup>。场地表层分布 1.7~2.4m 厚杂填土，含大量碎石、砖块，地下管线密集、障碍物较多，影响围护结构施工<sup>[3]</sup>。

#### 2.2.2 周边环境高度敏感

顶管工作井北侧 8.5m 为五层框架结构居委会房屋（桩基承台基础），西侧 15.0m 为华泾港防汛墙（C30 钢筋混凝土 L 型挡墙，桩底标高 -5.10m）。依据《基坑工程技术标准》（DG/TJ08-61-2018）<sup>[3]</sup>的相关规定，由于基坑 1 倍开挖深度范围内存在敏感建构筑物及市政管线，因此需对变形进行严格管控，变形预警值设定为累计变形≤19mm、日变形≤3mm。

### 2.3 核心施工难点

施工核心难点：一是开挖范围内存在大范围③层淤泥质粘性土，含水量高、渗透性能差，围护结构成桩质量难控，易出现孔斜、塌孔、渗漏<sup>[1]</sup>；二是复杂环境下基坑变形控制要求高，需平衡施工进度与周边安全<sup>[3]</sup>。

## 3 复杂环境下深基坑关键施工技术

### 3.1 适配新旧结构的围护体系施工技术

针对软土地质及新旧结构衔接的需求，本工程采用钻孔灌注桩与高压旋喷桩组合的复合围护体系，按照《建筑桩基技术规范》（JGJ94-2008）<sup>[4]</sup>的要求，确保挡土与止水效果达到设计要求。

#### 3.1.1 钻孔灌注桩施工

采用 GPS-10 型钻机正循环钻进工艺，泥浆比重控制在 1.03~1.10，终孔后进行一次清孔，确保沉渣厚度 $\leq 200\text{mm}$ <sup>[1]</sup>；钢筋笼主筋采用直螺纹连接，保护层厚度 50mm，设置定位垫块（纵向间距 4m），下放时轻提缓放避免碰撞孔壁；水下混凝土灌注时，初灌量确保导管埋深 $\geq 1.2\text{m}$ ，导管埋深全程控制在 2~6m，桩顶泛浆高度 $\geq 500\text{mm}$ <sup>[1]</sup>。对于与既有结构衔接的围护桩，在既有高压旋喷桩施工完成 7 天后进行，避免因旋喷桩强度过高影响成孔质量<sup>[3]</sup>。成桩后采用低应变动测法检测桩身完整性，要求检测的比例不低于 20%，确保符合《建筑桩基检测技术规范》（JGJ106-2014）<sup>[6]</sup>的要求。

#### 3.1.2 高压旋喷桩止水与加固

本工程高压旋喷桩采用三重管法，针对第④层淤泥质粘土的高压缩性，调整提升速度至 15cm/min，水泥掺量 25%、水灰比 1:1，注浆压力 $\geq 25\text{MPa}$ <sup>[3]</sup>。新老检查井交界处采用  $\phi 800@500$  高压旋喷桩形成封堵坝体，坝体内套打钻孔灌注桩；顶管洞口采用高压旋喷桩加固（桩长 8.5m），确保顶管施工时洞口土体稳定性<sup>[3]</sup>。施工过程中采用“跳跃式施工法”，相邻桩体的施工间隔不小于 48h，以此防止孔间出现串浆现象<sup>[2]</sup>。在成桩 28 天后采用钻孔取芯法检测桩基强度，检测数量不低于总桩数的 1%且不少于 5 点，要求无侧限抗压强度不低于 1.0MPa<sup>[2]</sup>。

### 3.2 分级支撑体系安拆技术

结合基坑深度及变形控制要求，本工程采用“1 道钢筋混凝土支撑+2 道钢支撑”的分级体系，支撑在安装和拆除的过程中严格遵循“先撑后挖、先换撑后拆撑”原则<sup>[3]</sup>。

#### 3.2.1 支撑体系施工

混凝土支撑强度等级为 C35，主筋采用直螺纹连接，施工前凿除桩顶浮浆，确保围檩与围护桩接触密实<sup>[1]</sup>；钢支撑选用  $\phi 609 \times 16$  钢管，围檩为双拼 HN700 $\times$ 300 型钢，安装时整根吊装并施加预应力，支撑端部与围檩焊接牢固<sup>[3]</sup>。支撑完成后，

在支撑两侧填土夯实，填土应高出支撑面 300mm 并铺设走道板，防止机械碾压损伤支撑，栈桥上的堆载控制在 30KN/m<sup>2</sup> 以内<sup>[3]</sup>。

#### 3.2.2 支撑拆除技术

采用金刚砂绳锯切割拆除方式，避免采用传统拆除方法产生的振动与扬尘影响<sup>[3]</sup>。拆除前确认底板传力带强度达标，切割时按“联系梁→斜撑→主对撑→围檩”顺序进行，分块重量控制在 10t 以内，切割后采用 100t 的汽车吊吊运出场<sup>[3]</sup>。拆除过程中加强监测，确保基坑变形符合规范<sup>[7]</sup>的要求。

### 3.3 精准化基坑降水技术

针对软土区潜水与承压水协同影响，采用“坑内疏干井+坑外观测井”的降水体系。

#### 3.3.1 降水井布置与成井

在坑内布设疏干井，根据本工程软土的具体特性，并参照《建筑与市政工程地下水控制技术规范》（JGJ111-2016）<sup>[8]</sup>的要求，确定单井有效疏干面积为 200m<sup>2</sup>，井深 11m，成井采用 GPS-10 钻机正循环钻进，井管选用  $\Phi 273$  钢管，滤管外包 40~60 目尼龙网，填砾材料为中粗砂<sup>[3]</sup>。坑外设置水位观测井，监测围护结构止水效果，若发现水位异常下降，及时采取注浆堵漏等应急措施<sup>[3]</sup>。

#### 3.3.2 生产性抽水试验与运行

正式降水前开展为期 3 天的生产性抽水试验，验证降水效果与排水系统的承载能力<sup>[3]</sup>。降水运行采用“真空负压+潜水泵”联合系统，确保坑内水位低于开挖面 1.0m，配备双电源保障降水连续性<sup>[3]</sup>。降水过程中动态调整抽水量，做到“按需抽水”，减少对周边土体沉降的影响<sup>[8]</sup>。

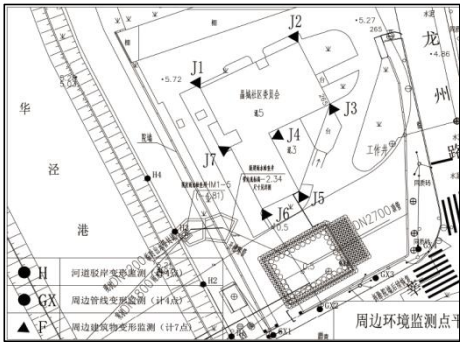
### 3.4 分层分块土方开挖技术

土方开挖过程中遵循“开槽支撑、先撑后挖、分层分块、限时开挖”的原则，控制每层开挖深度不超过 3.5m，为避免对基底土体造成扰动<sup>[1]</sup>，机械开挖至基底 300mm 处时改为人工挖土。开挖时采用 1:1.5 的放坡形式，随挖随浇垫层，垫层暴露时间控制在 24h 以内<sup>[3]</sup>。基坑边的地面超载控制在 20kPa 以内，机械穿过支撑时铺设路基箱架空，严禁碰撞围护桩与支撑体系<sup>[7]</sup>。

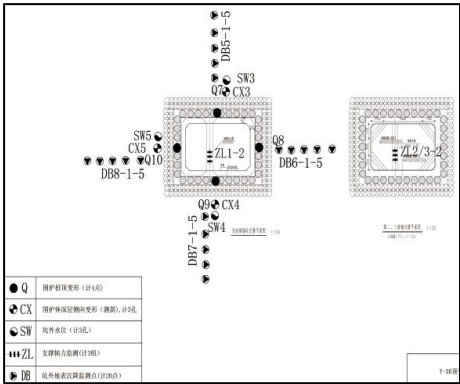
### 3.5 信息化监测技术

构建“围护结构-周边环境-支撑体系”全维度监测体系，监测内容涵盖围护结构测斜、顶部位移、支撑轴力、坑外水位、周边建构筑物及管线沉降等<sup>[3]</sup>，监测频率按照《建筑基坑工程监测技术标准》（GB50497-2019）<sup>[9]</sup>执行：土方开挖阶段每天监测 1 次，结构回筑阶段每 3 天监测 1 次，支撑拆除期间每天监测 1 次<sup>[3]</sup>。设定分级预警值，若监测数据达到报警值，立即停止施工，分析原因并采取加强支撑、卸载、注浆等措施，实

现施工过程动态管控<sup>[9]</sup>。



周边环境监测点布置图



顶管工作井监测点布置图

4 施工成果

基坑监测第 62 次日报

参考文献:

[1] 中华人民共和国住房和城乡建设部.建筑地基基础工程施工质量验收标准:GB50202-2018[S].北京:中国建筑工业出版社,2018.

[2] 中华人民共和国住房和城乡建设部.建筑基坑支护技术规程:JGJ120-2012[S].北京:中国建筑工业出版社,2012.

[3] 上海市住房和城乡建设管理委员会.基坑工程技术标准:DG/TJ08-61-2018[S].上海:同济大学出版社,2018.

[4] 中华人民共和国住房和城乡建设部.建筑桩基技术规范:JGJ94-2008[S].北京:中国建筑工业出版社,2008.

[5] 刘国彬,王卫东.基坑工程手册[M].3 版.北京:中国建筑工业出版社,2015.

[6] 中华人民共和国住房和城乡建设部.建筑桩基检测技术规范:JGJ106-2014[S].北京:中国建筑工业出版社,2014.

[7] 中华人民共和国住房和城乡建设部.建筑深基坑工程施工安全技术规范:JGJ311-2013[S].北京:中国建筑工业出版社,2013.

[8] 中华人民共和国住房和城乡建设部.建筑与市政工程地下水控制技术规范:JGJ111-2016[S].北京:中国建筑工业出版社,2016.

[9] 中华人民共和国住房和城乡建设部.建筑基坑工程监测技术标准:GB50497-2019[S].北京:中国建筑工业出版社,2019.

测量人员: 陈永华 检查: 李永华 日期: 2025/4/17

| 项 目        | 本次最大变化量 |       | 累计最大变化量 |       | 说 明                 | 备 注 |
|------------|---------|-------|---------|-------|---------------------|-----|
|            | 数值 (mm) | 点位    | 数值 (mm) | 点位    |                     |     |
| 建筑物垂直位移监测  | 0.38    | F2    | -3.02   | F6    | "+"上升,<br>"- "下降.   |     |
| 河道驳岸垂直位移监测 | 0.33    | H4    | -1.76   | H1    | "+"上升,<br>"- "下降.   |     |
| 周边管线垂直位移监测 | -0.35   | GX4   | -2.45   | GX3   | "+"上升,<br>"- "下降.   |     |
| 地表剖面垂直位移监测 | -0.42   | DB5-4 | -13.19  | DB5-3 | "+"上升,<br>"- "下降.   |     |
| 围护顶部垂直位移监测 | 0.39    | Q13   | -1.16   | Q16   | "+"上升,<br>"- "下降.   |     |
| 围护顶部水平位移监测 | 0       | Q1    | 0       | Q1    | "+"向坑内,<br>"- "向坑外. |     |
| 围护深层位移监测   | 1.0     | CX8   | 11.6    | CX5   | "+"向坑内,<br>"- "向坑外. |     |
| 第一道支撑轴力监测  |         |       |         |       | "+"增大,<br>"- "减小.   | 已拆除 |
| 第二道支撑轴力监测  |         |       |         |       | "+"增大,<br>"- "减小.   | 已拆除 |
| 第三道支撑轴力监测  |         |       |         |       | "+"增大,<br>"- "减小.   | 已拆除 |
| 坑外潜水水位监测   | 0       | SW3   | -480    | SW5   | "+"上升,<br>"- "下降.   |     |
| 工 况        | 基坑已回填   |       |         |       |                     |     |

5 结论

莘朱路(华泾港~兴南路)道路积水改善工程深基坑施工,通过围护体系优化、分级支撑安拆、精准降水、分层分块开挖及信息化监测技术,结合全流程质量安全管控与针对性应急预案,成功克服软土地质、敏感周边环境、多类型基坑协同施工难题。实践表明,复杂环境下深基坑施工需坚持“技术适配性、管控动态性、应急兜底性”原则<sup>[5]</sup>,通过工艺优化、实时监测与应急联动,实现施工与周边环境双重安全保障。

本工程的技术方案与管理经验,符合《基坑工程手册》<sup>[5]</sup>提出的“信息化施工、风险预控”理念,可为城市老旧片区同类深基坑工程提供有力借鉴,对提升复杂环境下深基坑施工的技术水平与安全保障能力具有积极意义。