

上海森兰岛项目基坑围护设计方案选型探讨

彭建军

上海外高桥集团股份有限公司, 上海 201208

[摘要] 森兰岛项目由 A6-3、A6-6、A6-8、A7-5、A8-1、A8-2、A9-5、A9-6、A9-7 共九个地块组成, 总占地面积 225876.00 m², 总建筑面积 276767.70 m²; 基坑开挖深度 5.1m、7.35m、8.75m, 基坑总开挖面积 159950.00 m², 属于超大型深基坑。文中通过对森兰岛项目围护设计方案选型、施工整体筹划、围护结构选型等, 论述了基坑围护设计按照分区实施的必要性。

[关键词] 超大型深基坑; 选型; 整体开发与分区实施分析

DOI: 10.33142/ect.v2i2.11362

中图分类号: TU753.1

文献标识码: A

Discussion on Selection of Foundation Pit Support Design Scheme for Shanghai Senlan Island Project

PENG Jianjun

Shanghai Waigaoqiao Group Co., Ltd., Shanghai, 201208, China

Abstract: The Senlan Island project consists of nine plots, including A6-3, A6-6, A6-8, A7-5, A8-1, A8-2, A9-5, A9-6, and A9-7, with a total area of 225,876.00 m² and a total construction area of 276,767.70 m². The excavation depth of the foundation pit is 5.1m, 7.35m, and 8.75m, with a total excavation area of 159,950.00 m². It belongs to a super large deep foundation pit. This article discusses the necessity of implementing the foundation pit enclosure design according to zoning through the selection of the enclosure design scheme, overall construction planning, and enclosure structure selection for the Senlan Island project.

Keywords: ultra large deep foundation pits; selection; analysis of overall development and partition implementation

1 项目概况

森兰岛项目位于上海市浦东新区高行镇, 东至高南河, 西至规划四河, 南至韵元路和芦九沟, 北至规划四河。本项目由 A6-3、A6-6、A6-8、A7-5、A8-1、A8-2、A9-5、A9-6、A9-7 共九个地块组成, 总占地面积 225876.00 m², 总建筑面积 276767.70 m², 其中地上建筑面积 116817.70 m², 地下建筑面积 159950.00 m²; 主要拟建物为 1-3F 低密度住宅、1-2 层地下室及 1-3F 配套建筑。

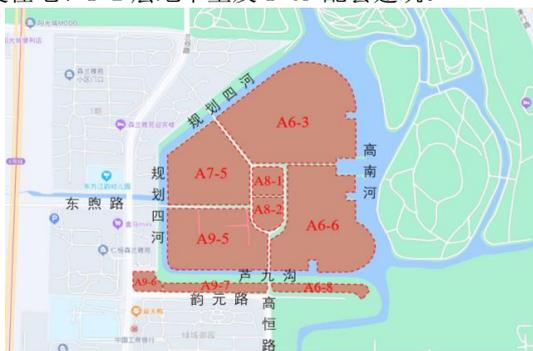


图1 基坑周边环境卫星图

2 围护设计方案选型

2.1 本基坑工程的特点、难点

- (1) 超大基坑、基坑形状不规则。
- (2) 整体地下一层, 局部地下二层。
- (3) 地块多, 基坑多。
- (4) 施工组织复杂: 本工程包括九个地块, 北侧大

地块四周河道环绕, 场地与外界仅通过三条道路连通, 且南侧高恒路需在样板区施工完成后, 仅作为样板区的进出通道, 如何合理规划施工组织是难点。

2.2 基坑设计施工整体筹划

2.2.1 北侧整体开发与分区实施分析

本项目开发筹划方式有两种, 一是除样板区先施工外, 北侧地块其余区域地下室整体施工开发, 二是地块分区实施。

结合建筑总平面分布特点、项目进度要求、施工组织及基坑周边环境保护要求, 不建议本工程采用北侧整体开发方案, 建议采用分区实施方案, 原因如下:

(1) 基坑周边河道环绕, 如北侧整体开发受到制约因素较多, 基坑及地下室施工组织受限。

(2) 场地与外侧仅通过三条道路连通, 且南侧高恒路需在样板区施工完成后, 仅作为样板区的进出通道, 基坑及地下室施工通道仅两条, 施工组织困难。

(3) 基坑面积超大, 整体开挖一次性土方量巨大, 不利于基坑安全和环境保护, 存在较大风险。

(4) 整体开挖时, 内部道路均需废弃挖除, 后期地基需重新回筑, 新近回填土需加固处理。

(5) 选择分块实施, 项目统筹和组织更为灵活, 可以结合业主开发进度分区域开挖施工。

(6) 选择分区实施, 未实施的地块可作为临时堆土点, 加快土方外运效率, 节省造价。

(7) 基坑以地下一层为主, 分区实施分隔桩增加量不大(内部分区采用放坡+止水形式), 且更利于控制基坑

变形，确保安全。

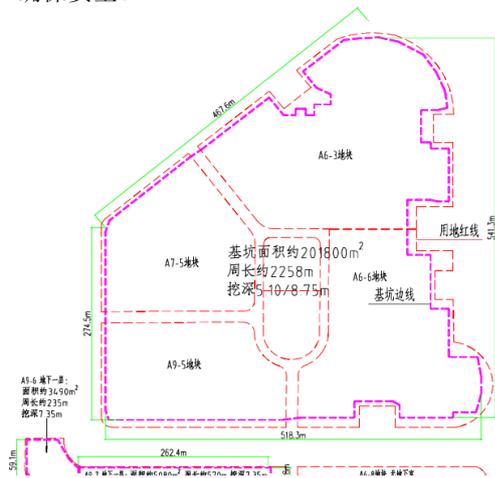


图2 北侧整体开发示意图

2.2.2 分区实施方案

根据项目特点、项目进度要求、造价经济性和基坑周边环境要求，项目各地块分区实施思路如下：

(1) 根据项目进度要求，需要优先施工 A6-6、A9-5 样板区和 A9-7 地块售楼处。

(2) A8-1 地块地下二层、A8-2 地块地下一层，基坑挖深区别较大，按基坑先深后浅的原则，先施工 A8-1 地块，在 A8-1 地块回填后再施工 A8-2 地块。A8-1、A8-2 地块处于场地内部，先行开挖可以方便后续地块开发，利于基坑整体组织和安全控制。

(3) 因为 A7-5、A9-5 地块相邻，基坑挖深相同，且同步开发，考虑 A7-5、A9-5 地块合并为一个基坑开挖，可有效减小基坑边长，节省工程造价。

(4) A9-6、A9-7 地块设置整体地下室，但 A9-7 地块东侧为售楼处，需先行施工，且 A9-6 和 A9-7 地块形状差异大，故 A9-6 地块和 A9-7 地块分区实施，分区后两个地块形状较为规则，支撑类型可选择钢支撑，节省造价加快施工进度。

(5) A6-3、A6-6 地块设置整体一层地下室，地块面积大，进度要求靠后，故最后整体实施 A6-3、A6-6 地块。

结合本项目的开发进度要求，分区实施方案基坑施工流程如下：

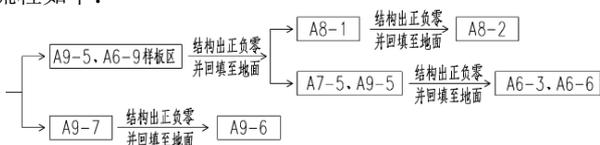


图3 分区实施开发示意图

第一阶段：施工样板区和售楼处（A9-7 地块）

基坑工况：根据项目进度要求，先施工 A6-6、A9-5 地块样板区和售楼处（A9-7 地块）。样板区与后施工地下室之间采取放坡围护形式，以节省造价。

施工道路：样板区围护桩（重力坝）出红线，占用高恒路宽度约 0.5m，不影响车辆通行。场地内三条临时道路均可作为施工道路使用。

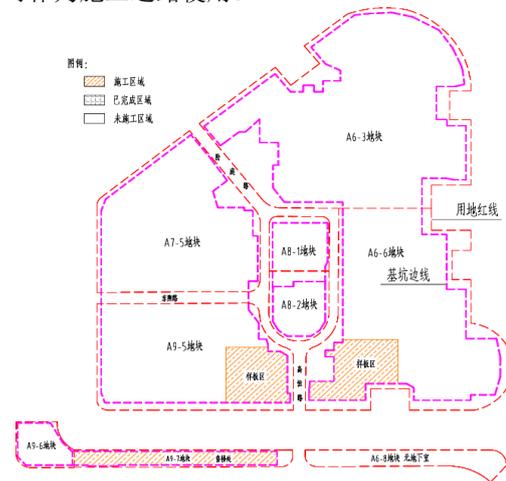


图4 第一阶段分区实施示意图

第二阶段：实施 A8-1、A8-2 地块，同步实施 A7-5、A9-5 地块，A9-6 地块

基坑工况：A6-6、A9-5 地块样板区施工完成后，施工 A8-1 地块（地下二层）。

A8-1 地块施工时，可同步实施 A7-5、A9-5 地块。

A8-1 地块结构出正负零，基坑回填后，实施 A8-2 地块。

A9-7 地块结构出正负零，基坑回填后，可根据进度需要，实施 A9-6 地块。

施工道路：样板区实施完成后，南侧高恒路作为销售参观道路，不再作为施工通道。西侧东煦路卸土至标高 +2.90m（卸土高度约 1.3m），保留道路宽度不小于 13m，开挖期间可通行轻型车辆。阶庭路作为车辆主要通行道路，道路两侧采用钢板桩围护，不占用道路空间。

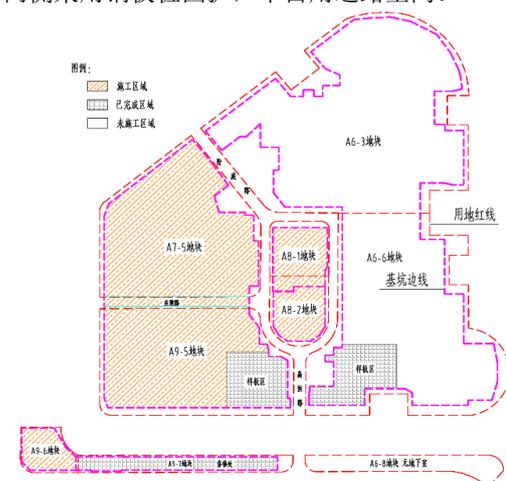


图5 第二阶段分区实施示意图

第三阶段：实施 A6-3、A6-6 地块

基坑工况：A8-1、A8-2、A7-5、A9-5 地块结构出正

负零，基坑回填后，可施工 A6-3、A6-6 地块。A6-3、A6-6 地块内部无地下室区域留土放坡，减少土方挖填量的同时，尽量节省造价。

施工道路：西北侧阶庭路两侧采用钢板桩围护，不占用道路空间；A7-5、A9-5 地块基坑回填后，可恢复西侧东煦路。西北侧阶庭路和恢复后的西侧东煦路作为车辆通行道路。

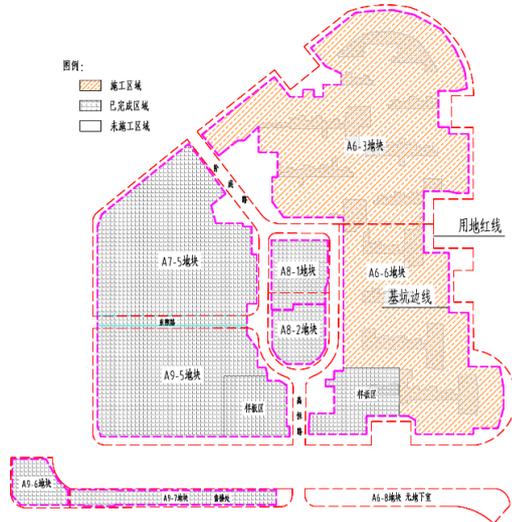


图 6 第三阶段分区实施示意图

3 围护结构选型

3.1 A7-5、A9-5、A6-3、A6-6 地块基坑

本工程 A7-5、A9-5、A6-3、A6-6 地块基坑开挖深度 5.1m，开挖面积 66790~99950 平方米。上海地区适合此类开挖深度的围护结构主要有放坡开挖、水泥土重力式围护墙、钢板（管）桩、型钢水泥土搅拌墙（SMW 工法桩）四种形式。

（1）放坡开挖

对于场地较为开阔、周边环境无保护要求，且开挖深度不深的基坑（一般不超过 7m），可以采用放坡开挖的方式。基坑开挖深度超过 4m 时，应采用多级放坡的开挖形式，坡间平台宽度不宜小于 3m。（且红线和地下室之间有足够的施工空间（一般为基坑开挖深度的 0.8~1.0 倍）时）放坡开挖的基坑应采取降水等固结边坡土体的措施。单级放坡基坑的降水井宜设置在坡顶，多级放坡基坑的降水井宜设置在坡顶、放坡平台。降水对周边环境有影响时，应设置隔水帷幕。结合坑内降水需要，常常需要在坡顶或坡间平台设置封闭式止水帷幕。

放坡开挖的优点：

①除护坡措施、必要时设置止水帷幕外，无其他支护结构，最为经济。

②一般无需养护，直接放坡开挖，施工速度快。

③无支撑结构，挖土及地下室结构施工较为方便。

放坡开挖的缺点：

①开挖、外运和回填地的土方量较大。

②放坡占用场地较大，不利于施工道路的安排和临设的搭建。

③土体变形大，对周边环境的影响较大。

经上述分析：A7-5、A6-3、A6-6 地块局部区域施工空间充足，可满足放坡需要，可采用放坡开挖。

（2）水泥土重力式围护墙

对于周边环境相对宽松，开挖深度不深的基坑（一般不超过 7m），且红线和地下室之间有足够的施工空间（一般为基坑开挖深度的 0.8~1.0 倍）时，可以选用水泥土重力式围护墙作为围护结构。

水泥土重力式围护墙的优点：

①水泥土搅拌桩造价较为经济，基坑面积越大，其经济性越显著。

②施工速度快，围护体成型并达到养护强度后即可开挖；

③挖土方便，由于无支撑，敞开式挖土；

水泥土重力式围护墙的缺点：

①水泥搅拌桩施工时产生的挤土隆起效应，对周边环境有一定的影响。必须采取相应措施，如控制施工速度、合理安排施工顺序等相关措施；

②水泥土重力式围护墙围护占用空间较大，应用具有一定的局限性。

③水泥土重力式围护墙围护的变形相对板式支护较大；

经上述分析：A7-5、A9-5、A6-3、A6-6 地块基坑开挖深度适合，开挖面积大，采用水泥土重力式围护墙围护形式经济合理，为 A7-5、A9-5、A6-3、A6-6 地块主要采用的围护形式。

（3）钢板（管）桩

钢板（管）桩在基坑支护结构中应用较广，尤其适用于基坑面积较小、深度不深（一般不超过 7m）、环境相对宽松的基坑。若将无缝钢管与拉森钢板桩组合使用（又称 PC 工法桩），可有效地提高截面刚度。

钢板（管）桩的优点：

①钢板（管）桩可回收利用，绿色环保，造价经济；

②钢板（管）桩围护占用空间小，尤其适用于狭窄场地；

③施工速度快，钢板（管）桩施工完成即可挖土，无需养护；

④一般需设置钢支撑，基坑变形较小；

钢板（管）桩的缺点：

①一般需设置钢支撑，挖土相对较为不便；

②一般适用于规模较小且基坑形状较为规则的基坑，应用具有一定的局限性。

③钢板（管）桩回收带来二次变形，环境保护高时不宜回收。

经上述分析：A7-5、A9-5、A6-3、A6-6 地块基坑挖深约 5.1m，临时道路两侧区域可采用拉森钢板桩+拉锚形式。

结合本工程基坑规模、环境条件、安全、工期、造价等实际情况，建议 A7-5、A9-5，

A6-3、A6-6 地块基坑围护结构采用水泥土重力式围护墙的围护形式，局部采用放坡或钢板桩+拉锚的围护形式。主要基于以下因素：

①A7-5、A9-5、A6-3、A6-6 地块基坑开挖深度约 5m，适用水泥土重力坝的围护形式；

②基坑面积巨大，周边环境宽松，采用无支撑的围护可加快施工进度。

③根据情况，局部采用放坡或钢板桩+拉锚的围护形式，可进一步节省工程造价。

3.2 A9-6、A9-7 地块和 A8-1 地块基坑

本工程 A9-6、A9-7 基坑开挖深度 7.35m，开挖面积约 3490/5080m²；A8-1 基坑开挖深度 8.75m，开挖面积约 6000m²。上海地区适合此类开挖深度的围护结构主要有型钢水泥土搅拌墙（SMW 工法桩）、钻孔灌注桩+止水帷幕两种形式。

（1）型钢水泥土搅拌墙（SMW 工法）。型钢水泥土搅拌桩是在水泥土搅拌桩中插入型钢形成的既挡土又止水的围护结构，一般适用于面积适中、开挖深度 11m 以内，且环境保护要求一般的基坑工程。在围护结构变形较小的前提下，型钢水泥土搅拌墙结构抗渗性较好。

SMW 工法的优点：

①同时具有承力和防渗两种功能，搅拌桩采用连续套接施工，止水可靠。

②造价低，基坑规模不太大时（一般型钢租赁期在半年之内）比钻孔灌注桩便宜约 20%，但当租赁期超过 9 个月时，则造价高于钻孔灌注桩；

③施工速度快，SMW 工法施工周期一般比钻孔灌注桩支护可缩短 20% 左右；

④水泥土搅拌桩占用场地小，施工简单，施工过程对周边建筑物及地下管线影响小；

⑤对环境污染小，无废弃泥浆，型钢回收后残留的地下障碍物较少。

SMW 工法的缺点：

①SMW 工法型钢租赁费与工期有关，工期长，则围护造价提高，当工期超过 9 个月，造价往往高于钻孔灌注桩；当型钢无法回收时，则造价远高于钻孔灌注桩；

②型钢拔除回收时对周边环境产生二次变形影响，在环境保护要求较高时较少采用。

③搅拌桩桩身范围内大部分为砂（粉）性土等透水性较强的土层时，若型钢水泥土搅拌墙变形较大，搅拌桩桩身易产生裂缝，造成渗漏，后果较为严重。

（2）钻孔灌注桩排桩+止水帷幕。钻孔灌注桩排桩+止水帷幕是传统的基坑围护结构形式，应用广泛，其施工工艺简单，质量易于控制，施工时对周边环境影响小。止水帷幕可根据工程环境特点、基坑开挖深度等要求采用双

轴水泥搅拌桩、三轴水泥搅拌桩或旋喷桩。

钻孔灌注桩的优点：

①钻孔灌注桩受力性能可靠、工艺成熟，且桩径可根据挖深灵活调整；可通过增加桩径来提高抗弯刚度，使其满足围护挡土要求；

②造价相对固定，尤其适用于规模较大的基坑；

③灌注桩施工对周边环境影响小。

钻孔灌注桩的缺点：

①当工期不超过 9 个月，钻孔灌注桩造价往往高于 SMW 工法；

②施工工艺多、工期长，钻孔灌注桩支护施工周期一般比 SMW 工法超出 20% 左右；

③施工产生的废弃泥浆需按相关规定采取现场干化处理。

结合本工程基坑规模、环境条件、安全、工期、造价等实际情况，建议 A9-6、A9-7 地块和 A8-1 地块基坑围护结构采用型钢水泥土搅拌墙（SMW 工法）围护形式。主要原因如下：

①主体地下室基坑深度为 7.35/8.75m，SMW 工法桩适用，施工速度快；

②主体地下室基坑面积适中，地下室施工周期合适，SMW 工法桩经济性较好。

③浅部有较厚③2 层黏质粉土夹淤泥质粉质粘土，为保证围护的止水性能，建议采用 $\phi 850@600$ 三轴水泥土搅拌桩工法桩。

3.3 A8-2 地块基坑

本工程 A8-2 地块地下一层，基坑开挖深度 5.10m，开挖面积约 4700m²。上海地区适合此类情况的围护结构主要有放坡开挖、水泥土重力式围护墙、钢板（管）桩、型钢水泥土搅拌墙（SMW 工法桩）四种形式。

结合本工程基坑规模、环境条件、安全、工期、造价等实际情况，建议 A8-2 地块采用水泥土重力式围护墙的围护形式。主要原因如下：

①A8-2 地块周边为临时道路，放坡空间不足；

②基坑开挖深度约 5m，适用水泥土重力式围护墙的围护形式，周边环境宽松，采用无支撑的围护可加快施工进度；

③采用无支撑的围护，便于后期与 A8-1 地块地下室连通。

4 基坑围护设计选型结论与建议

通过前文比选分析，基于安全、经济、便于施工的前提，基坑施工筹划及支护结构选型汇总如下：

（1）本工程基坑开挖面积超大，地块多，主要为地下一层，局部地下二层。

（2）本工程包括九个地块，地块多，四周河道环绕，场地与外界仅通过三条道路连通，施工组织复杂。

(3) 本工程建议采用分区实施方案, 各基坑设计施工顺序为:

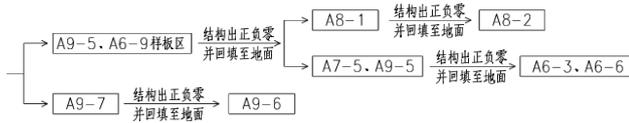


图 7 各基坑设计施工顺序

(4) 各基坑围护支撑形式如下表:

表 1 各基坑围护支撑形式如下表

区域	基坑挖深	围护支撑形式
A7-5、A9-5 地块基坑	5.10m	水泥土重力坝+局部放坡/钢板桩
A6-3、A6-6 地块基坑	5.10m	水泥土重力坝+局部放坡/钢板桩
A9-6、A9-7 地块基坑	7.35m	型钢水泥土搅拌墙 (SMW 工法) + 一道钢支撑
A8-1 地块基坑	8.75m	型钢水泥土搅拌墙 (SMW 工法) + 一道砼支撑
A8-2 地块基坑	5.10m	水泥土重力坝

[参考文献]

[1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 行业标准《预应力混凝土管桩技术标准》: JGJ/T 406-2017[S]. 北京: 中华人民共和国行业标准, 2017: 2-3.

[2] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 国家标准《建筑基坑支护技术规程》: JGJ 120-2012[S]. 北京: 中华人民共和国行业标准, 2012: 1-2.

[3] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 国家标准《建筑基坑工程监测技术规范》: GB50497-2019[S]. 北京: 中华人民共和国行业标准, 2019: 1-2.

作者简介: 彭建军 (1985.8—), 毕业院校: 湖南理工学院, 所学专业: 土木工程, 当前就职单位: 上海外高桥集团股份有限公司, 岗位: 项目经理, 职称级别: 工程师。