

城市密集建筑群及复杂条件下深基坑支护的研究

党长江

中交二公局第五工程有限公司 陕西 西安 710100

摘要: 本文依托海口市坡博坡巷棚改回迁房项目，项目位于海南省海口市中心区域，主要研究基坑支护形式的选择及施工工艺，本项目基坑深度8.55m~10.35m。工程难点为：施工场地狭小，基坑支护结构被周边临近建筑“包围”，且建筑最近距离基坑不足0.5米。周边大部分原有建筑群，地基形式为浅筏板基础，在基坑支护施工中，原有建筑的沉降风险加大，场地有市政燃气工程以及电缆等市政管网错综复杂、地质条件砂层厚、地下水位高等条件限制。受场地限制，土方外运等难度增加。项目针对不同的周边环境，设计不同支护设计形式。通过设计方案比选和现场实施，总结出基坑支护设计思路和施工要点，为今后类似工程提供借鉴。

关键词: 城市建筑密集群；深基坑；内支撑；支护施工设计

引言

随着城市发展，近年出现一些城中村改造工程，因为土地的紧缺，对地下空间的开发利用是高层建筑的重要附属工程，由于地下空间施工的支护，因受周边建筑密集群影响，基坑支护结构施工成了一大难题，需要在设计思路和施工工艺上不断创新改进，合理的选用基坑支护形式，对基坑本身安全和使用安全是基本保障。

1 工程概况

海口市坡博坡巷棚改回迁房项目位于海南省海口市中心区域，项目总占地面积约5.66万平方米，总建筑面积约33.5万平方米，其中地上建筑约25.9万平方米，地下建筑约7.6万平方米。项目由三个地块组成，是海口市棚改回迁民生重点工程，合计18栋单体组成，其中11栋高层，7栋为多层。

2 支护形式比选

2.1 基坑支护形式选择研究

表1 基坑支护形式比选

支护形式	优点	缺点	应用情况
内支撑 (内支撑+灌注桩+高压旋喷桩桩间止水)	支护结构稳定性较好、安全系数高	1.成本高、拆除难度大、影响进度； 2.内支撑可能与主体结构冲突，影响主体施工； 3.土方开挖难度大；	项目应用原则： 1.支护区域场地狭窄 2.受周边建筑距离限制，无法施工锚索； 3.基坑周边建筑荷载大；
拉锚支护式 (灌注桩+预应力锚索+高压旋喷桩止水)	1.成本较内支撑低； 2.不影响主体结构施工；	1.施工工序多； 2.含试验检测、锁定等待龄期时间较长；	项目应用原则： 1.基坑周边荷载较小 2.可用于不规则单边支护

表2 锚索类型比选

锚索类型	优点	缺点	应用情况
普通预应力锚索	1.施工成本低；	锁定拉力值较小，适合周边较小荷载的支护；	项目应用部位：邻近市政道路及周边荷载较小区域。
旋喷扩大头预应力锚索	1.钢绞线长度较短； 2.内力标准值大于普通锚索； 3.成孔后高压注浆，可用于周边较大荷载支护；	施工注浆压力大，容易窜孔，成本价格高；	项目应用部位：邻近既有建筑且为浅筏板基础，且地下无其它结构影响。

2.2 基坑支护重、难点

2.2.1 高水位、厚砂层地质条件下止水措施研究

本项目勘察实测地下潜水初见水位埋深0.50~2.90m，标高8.20~15.3m；结合场地周边环境及支护方式的特点，基坑周边采用全长段止水帷幕桩咬合搭接止水，止水帷

幕桩采用双管高压旋喷桩，桩径600mm，在部分区段距离建筑密集群近、荷载较大的区段，地质层起伏较大，不可控地质因素较多。若发生漏水、涌砂，会造成不可挽回的严重后果，项目为保证较好止水效果，采用多轴搅拌桩止水+桩间止水双重止水帷幕；

2.2.2 基坑支护在周边建筑密集群研究

本项目施工场地狭长、周边既有建筑密集群距离基坑不足0.5米，且既有建筑均为浅筏板基础，因锚索施工会对既有建筑地基造成扰动，为了保证既有建筑安全，采用支护桩+双层内支撑结构+高压旋喷桩止水+三轴搅拌桩止水。

2.2.3 拉锚支护式基坑支护研究

在基坑边荷载较小、且地下无其他需要保护的设施，通过比选项目采用灌注桩+高压旋喷桩桩间止水+预应力锚索（拉锚支护式）支护，此支护形式相比内支撑支护，没有后续拆撑需要的时间，且对高层建筑地下室结构施工无其他影响，在现场条件允许情况下优先考虑该支护形式。

2.2.4 降水井、回灌井研究

根据本工程地质条件第③层和第⑥层粉质粘土层，为隔水层，且起伏较大，对降水井周边的地下水流动造成了较大影响，为了减少降水井淤泥沉积，在降水井滤网外侧采用滤料形状用圆形、亚圆形碎石填充，不得使用棱角状石渣料和风化料，并保证不均匀系数小于2。

3 施工要点

3.1 基坑施工前准备

基坑支护开始施工前，组织业主及政府相关单位，对施工范围内及地下预埋情况进行核实、确认；对存在地下管网和电缆等进行实际定位复核，并事先做好留证、标识及相应的预防保护措施，施工中合理避让，对有影响的施工管线及时与设计方协商，以免基坑施工对周边环境造成影响。

3.2 支护桩施工要点

在地质条件砂层厚、高水位影响，为了避免塌孔，项目在支护排桩施工，采取隔桩施工，间隔时间需大于24小时。施工灌注桩选用机械方面，考虑在施工作业面，满足设备需要工作要求情况下，采用螺旋钻（需要考虑吊车、挖机等机械配合，需要最小工作面约400m²）施工支护排桩，施工工效200米/天。受施工场地限制，大型设备无法周转，项目采用循环回旋钻机，施工工效30米/天，为保证施工工期，增加多台钻机施工。施工完成后采用低应变动测法检测桩身完整性，检测数量为总桩数的20%

3.3 高压旋喷桩施工要点

选择MLG-150机型施工高压旋喷桩止水，工效约240米/天。高压旋喷桩隔桩施工，相邻孔喷射注浆的间隔时间不小于24h，高压喷射注浆完毕，应迅速拔出喷射管，防止浆液凝固收缩影响桩顶高程。

3.4 三轴搅拌桩止水帷幕施工要点

三轴搅拌桩施工工效280米/天，施工时如因故停浆，应在恢复压浆前将深层搅拌机下沉0.5m后再注浆搅拌施工，以保证搅拌桩的连续性；

3.5 锚索施工要点

本项目受到复杂的地质条件影响，锚索施工实际锚固力，对设计值将有重要的参考价值，所以锚索施工前，应进行工艺性试锚，根据地勘报告，选择最不利地质区域施工试验锚索，数量为3根，确定各项工艺指标后再进行大范围施工。施工中严格控制水泥浆比重。第一次注浆压力应为0.3~0.8MPa，一次注浆初凝后进行二次注浆，二次注浆压力为2.0~2.5Mpa²。强度达到15Mpa可以进行锁定，锚索锁定前，按1.3-1.4倍的轴向拉力标准值进行锚索预张拉试验检测；锚索锁定时的拉力取设计锚定值得1.1倍~1.15倍；

3.6 基坑排水施工

为确保在雨季、台风季基坑降水期间排水顺畅，要求在地面设置砖砌截水沟拦截地表水，防止地表水流入坑内，截水沟尺寸为300mm×300mm，在局部受场地限制，无法设置排水沟，采用基坑顶设置的φ300mmPVC排水管道中，所有的排水均通过间隔设置的沉砂池沉淀后排到附近市政管网。

4 基坑监测

(1) 基坑工程委托具备专业资质的第三方单位对基坑工程实施现场监测，监测单位编制了专项监测方案，监测方案需经建设方、设计方、监理方审核通过后实施。

(2) 施工前，周边房屋建筑经建设单位委托了第三方单位对周边房屋进行鉴定，对房屋的原有破损部位进行拍照建档。

(3) 基坑监测数据，项目专人每天及时跟踪监督第三方监测单位对数据收集及分析，并定期进行复测。

(4) 基坑监测频率

表3 基坑检测频率及开挖要求

施工进程		监测频率	备注
开挖深度 (m)	≤ H/3	1次/3d	邻建筑物段1次/2d
	H/3~2H/3	1次/2d	邻建筑物段1次/d
	2H/3~H	1次/d	邻建筑物段2次/d
底板浇筑后 时间(d)	≤ 7	1次/1d	邻建筑物段2次/d
	7~14	1次/3d	邻建筑物段1次/2d
	14~28	1次/5d	邻建筑物段1次/3d
	> 28	1次/7d	邻建筑物段1次/5d

备注：在内支撑换撑阶段，项目对基坑结构及周边建筑，增加监测频率，按1天/2次监测。

5 基坑支护不足与改进

5.1 轻型井点降水

土方施工阶段正值雨季降水量多，项目对降水量判断不足，同时土方开挖时对降水井保护措施不到位，降水井沉积淤泥较多导致部分降水井失效，项目通过增加降水井，同时在电梯井基坑增加轻型井点降水，保证降水效果。

5.2 基坑土方外运栈桥板施工

C-7-7地块6#楼基坑支护，施工场地被周边建筑“包围”，车辆无法出入，为解决出土问题，项目在内支撑梁增加设计栈桥，该区域钢筋混凝土栈桥平台板厚度300mm，混凝土强度等级C40，钢筋保护层厚度35mm，栈桥板面、板底配筋为双向 $\phi 18@150$ 双层双向配筋（通

向）。栈桥使用荷载要求：栈桥使用荷载 $\leq 45kPa$ ，非栈桥区域严禁任何形式的施工荷载。

5.3 基坑支护腰梁变更

在施工中考虑施工工期，经设计单位验算，在保证满足设计要求的情况下，我部降原设计混凝土腰梁尺寸为 $400 \times 400mm$ ，混凝土强度等级为C35。变更为钢腰梁，采用18#工字钢，工字钢之间预留70mm间隙，使用20mm厚的垫块钢板中间开孔锁定锚索，相比混凝土腰梁，无需等待龄期强度后锁定。通过变更腰梁，节约了施工成本，缩短了施工工期；

表4 混凝土腰梁变更钢腰梁对比分析

结构名称	规格型号	单价	工程量	总价格	工期	备注
混凝土腰梁	400*400混凝土	472元	3500	102万元	48	节约成本63万 缩短工期18天
钢腰梁	18#工字钢	292元	3500	165万元	30	

6 结语

本文依托海口市坡博坡巷棚改回迁房项目，重点研究项目在周边建筑群密集距离基坑最小不足0.5米、地下管网错综复杂以及地质砂层厚、水位高等特点，综合考虑工期、施工质量、经济性、安全性等方面，针对周边不同的周边环境设计不同的支护形式，通过深化设计，确保基坑使用安全，对今后类似施工项目有参考价值。

参考文献

- [1]孟帅.复杂环境下深基坑支护施工技术研究[J].居舍,2019,(03):89.
- [2]廖予.建筑工程施工中深基坑支护的施工技术管理[J].河南科技,2019,(05):103-105.
- [3]夏建长.建筑工程中的深基坑支护施工关键技术分析[J].建筑技术,2019,46(04):93-94.