

预制斜桩撑体系在深基坑工程中的应用效果评估

潘春锋

上海市浦东新区建设（集团）有限公司 上海 200137

【摘要】：传统基坑支撑体系存在工期偏长、造价较高、空间有限、变形控制薄弱的问题，文章以 DPS 预制斜桩撑体系为研究主体，梳理体系结构组成、受力机制及核心设计内容，分析该体系相较于传统水平支撑结构的应用优势。研究整合该体系标准化施工工序、专用设备参数及现场质量安全管控要点，结合浦东新区川沙新市镇 D05C-13 地块深基坑工程，核验该支撑体系的实际应用效果。工程数据表明，该支护体系适配流水化作业，省去换撑、拆撑施工环节，有效约束基坑形变，在施工安全、作业效率、工程造价及绿色施工方面具备突出优势，可为多层地下室深基坑工业化支护施工提供可靠技术参考。

【关键词】：预制斜桩撑；基坑支护；施工工艺；变形控制；绿色施工

DOI:10.12417/3083-5526.26.02.003

引言

深基坑支护属于地下工程施工的核心环节，影响基坑施工的安全状态、建设周期与经济收益。钢筋混凝土水平支撑与钢支撑等主流传统支护工艺，普遍存在养护耗时久、拆撑流程繁杂、场地适配度低、基坑作业空间不足等问题，无法适配现代基坑快速、绿色、安全的施工诉求。DPS 预制斜桩撑新型一体化支护体系逐步应用于工程领域，打破了传统支护技术的应用局限。文章依托浦东新区川沙新市镇 D05C-13 地块项目现场实测数据，探究这套支护体系的运行原理与施工关键技术，从安全、工效、经济、环保多个层面评判其应用价值，助力新型工业化基坑支护技术的落地普及，给同类基坑工程施工提供技术借鉴。

1 预制斜桩撑体系核心技术与工作原理

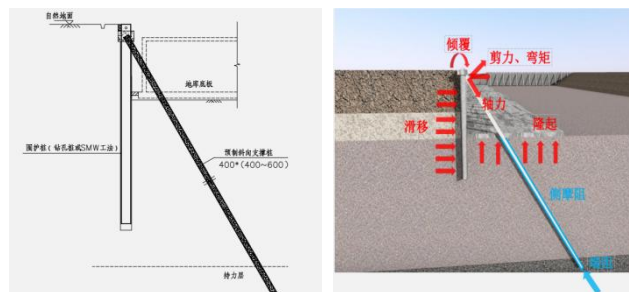
1.1 预制斜桩撑体系组成结构

DPS 预制斜桩撑体系可适配多层地下室基坑工程的一体化支护结构，整体由围护桩、预制斜向支撑桩、顶圈梁三类核心构件构成，各构件相互配合承载作用力，可实现分段流水施工^[1]。项目基坑围护结构采用三轴水泥搅拌桩搭配局部 PIS 斜撑的组合支护形式，施工现场依据设计参数布设三轴搅拌围护桩，构件截面尺寸为 400mm×550mm。预制斜撑为工厂统一浇筑成型的矩形混凝土结构，截面尺寸设定为 350mm×450mm，借助可调节角度的静压桩机以 0~40° 角度斜向压入地基持力层，整体浇筑的顶圈梁可衔接固定围护结构与斜撑构件，省去基坑内部常规水平支撑结构，能够契合大型地下车库场地、多楼栋同步开挖的现场施工条件。

1.2 预制斜桩撑受力机制与设计要点

DPS 预制斜桩撑依托斜向轴力完成应力传递，侧向水土压力可转化为桩体轴向压力，约束围护结构倾覆位移、土体滑移变形与坑底隆起现象。项目场地拥有固定地质条件，自然标高区间维持 3.90-4.20m，场地浅层潜水埋藏深度处于 0.2-1.4m 范围，⑦层承压水埋藏深度为 3.0~12.0m。车库普通区域开挖深

度为 5.35m，集水井深坑区域开挖深度可达 11.25m。场地土层特性与开挖深度可作为依据，完成斜桩抗压、抗拔、抗剪、抗弯性能验算工作，主楼区域与纯地库区域分别适配 22m、25m 规格桩体，斜撑结构标准布设间距为 3.6m，斜桩穿越底板的关键位置预埋止水钢板，结构施工全程无需开展换撑、拆撑作业。



1.3 预制斜桩撑与传统支撑体系对比

传统现浇混凝土支撑养护周期久，拆除破碎会产生较高费用，钢支撑结构刚度有限，施工过程需布设施工便道与临时栈桥^[2]。项目红线内部施工场地狭窄，东侧紧邻凌空路市政管线集群，沿线分布国防光缆、燃气、电信管线，无法布设临时施工栈桥。DPS 预制斜撑为工厂预制构件，现场采用静压工艺施工，无需现场浇筑养护及搭设场内栈桥，基坑内部无支撑结构，有效拓展土方开挖与 PC 构件堆放空间，适配本工程狭小的施工场地条件。

2 预制斜桩撑体系施工工艺与关键控制

2.1 预制斜桩撑标准化施工流程

DPS 预制斜桩撑体系拥有标准化、流水化的成熟施工工序，各施工环节衔接紧密，能够规避传统支护分步作业带来的工期浪费，提升基坑施工整体效率。场地平整、桩位测放、围护排桩施工、斜桩静压作业、顶圈梁浇筑养护、分区土方开挖及地下室主体施工构成完整施工流程（见图 1）。项目大面积地下室结合后浇带划分要求，整体划分为两大施工区域与十六个独立施工段，实行分段穿插的流水作业模式。围护桩与预制斜桩可同步交叉施工，单段顶圈梁混凝土强度达标后即可开展

对应区块土方开挖，贴合项目既定的分区开挖部署^[3]。这套施工模式消除了传统支护换撑、拆撑的工序间隔时长，缩减基坑支护与土方施工总工期，让现场各施工环节保持有序高效的推进状态



图1 项目场地地图

2.2 专用施工设备与技术参数

本项目 DPS 斜桩撑施工配备专用智能化静压斜桩机，设备具备完备的工业化与智能化工况属性，设备运行状态与作业水平优于常规基坑支护设备，可适应狭小场地与临近管线的复杂施工环境。设备整体外形尺寸为 11.505m×10.5m×7.233m，设备输出压桩力区间处于 2000~2500kN，斜桩作业倾角可在 0~40° 区间无级调控，适配各类基坑支护设计角度。设备具备良好场地适配能力，20° 施工工况最小作业边距为 2.25m，40° 施工工况最小作业边距为 3.13m，边桩施工最小间距控制至 1.75m。地块东侧凌空路管线排布密集，现场施工安全管控标准严苛，设备小边距作业特性可用于布设边缘桩体，降低大型机械作业对周边管线与土体产生的扰动影响。项目配套起重设备作业高度覆盖 12.3~19.9m，起重荷载区间为 8.7~35.9t，可完成现场各类预制斜桩的吊装、对位与压桩作业，设备搭载的防侧滑结构与可调承重支腿，能够提升现场作业的整体稳定性

2.3 施工质量与安全控制要点

本项目 DPS 预制斜桩撑施工质量与安全管控，贯穿构件生产、进场验收、现场施工及后期监测全流程，依托关键施工节点排查整治施工隐患。项目落实预制斜桩进场验收工作，核对构件外形尺寸、配筋规格、混凝土强度及预制质量，杜绝不合格构件进场施工。现场作业把控桩位放线、压桩倾角、桩身垂直度与入土深度，保证桩端有效嵌入持力层，满足结构承载需求，做好斜桩穿底板位置的止水钢板预埋与节点密封工作，规避基坑渗漏问题^[4]。施工场地临近居民区与市政主干道，现场执行严苛的文明与安全施工标准。项目搭建动态基坑监测体

系，持续采集围护侧移、地表沉降、斜桩轴力等数据，依据监测结果调整施工参数。施工现场管控扬尘与夜间噪音，契合上海绿色、文明施工规范，降低施工对管线及周边环境的扰动，规避各类安全风险。

3 预制斜桩撑体系工程应用实例分析

3.1 典型深基坑项目概况

本研究以浦东新区川沙新市镇 D05C-13 地块住宅及配套项目为实例（见图 2），项目总建筑面积 134533.58 m²，地上建筑面积 93271.74 m²，地下建筑面积 41261.84 m²。建筑主体涵盖 15 栋 13~17 层装配式剪力墙高层住宅、配套公建与单层大底盘整体式地下车库。项目基坑占地面积约 39864 m²，围护结构总长 842m，场地原始地面标高保持 3.90~4.20m。基坑施工工况存在差异，地下车库常规开挖深度 5.35m，电梯集水井深坑最大开挖深度 11.25m，开挖落差大，施工难度较高。场地并存浅层潜水与深层承压水，潜水埋深 0.2~1.4m，承压水埋深 3.0~12.0m，土体含水率高，结构稳定性偏弱。基坑东侧紧邻凌空路市政道路，地下排布国防、燃气、通信等关键管线，施工场地狭小，周边环境复杂。该基坑安全等级为三级，整体施工条件严苛，工程选用 DPS 预制斜桩撑支护体系开展现场施工。



图2 现场施工照片

3.2 支护方案设计与实施情况

结合本项目基坑规模、地质条件与周边环境约束，工程采用三轴水泥土搅拌桩止水帷幕搭配局部 PIS 斜撑加固、DPS 预制斜桩撑的组合支护形式，满足基坑止水、土体加固与变形控制的多重施工需求。场内预制斜撑统一采用 350mm×450mm 规格混凝土构件，基坑不同区域开挖深度与受力荷载存在区别，桩体参数做差异化配置，主楼高荷载区域布设 25m 斜桩，纯地库低荷载区域布设 22m 斜桩，全场斜桩布设间距统一为 3.6m，保障支护体系受力均匀、工作性能稳定。基坑依据分区施工规划划分为两大区域与 16 个独立施工段，专用静压桩机同步完成围护桩施工与预制斜桩压设作业，各施工段顶圈梁成型且强度达标后，随即开展对应区域土方开挖作业。整套施工体系不设置换撑结构，全程剔除拆撑工序，各施工环节衔接紧凑，适配项目大面积分区流水施工模式，提升基坑整体施工效能。

3.3 现场监测数据与变形控制效果

为核验 DPS 预制斜桩撑体系实际支护效果,本项目于基坑施工全程布设监测点位,持续收集围护变形、土体沉降、斜桩轴力等核心数据,构建完整的现场监测体系。长期监测数据表明,项目预制斜桩整体受力状态平稳,大部分区域斜桩实测轴力处于 1100~1250kN 区间,基坑边缘、管线周边等薄弱地段轴力保持 400~650kN,数值未出现突变与超限问题,整体结构受力状态平稳。基坑围护侧向变形整体均匀平缓,未出现局部凸起与偏移等异常,深坑区域土体沉降及结构变形均符合设计标准与行业规范^[5]。凌空路管线等高敏感区域的变形沉降指标,满足管线专项保护要求,基坑施工全程未出现渗水、土体滑移、坑底隆起等病害问题。对比项目前期备选的传统重力坝支护方案,DPS 预制斜桩撑体系在变形控制与整体稳定性能方面具备突出优势。

4 预制斜桩撑体系综合应用效果评价

4.1 支护稳定性与安全性评估

DPS 预制斜桩撑依托一体化构件协同受力形式,拥有良好的整体稳定性与安全储备,可适配本项目各类复杂施工工况。预制斜桩嵌入地基持力层,能够提供充足的竖向承载能力与侧向抵抗外力,顶部圈梁整体固结围护结构与斜桩构件,形成闭环空间受力体系,抵御基坑施工阶段土体倾覆、滑移、隆起等隐患,可应对施工小幅超挖、土体轻微扰动等现场突发状况。传统支护体系存在多次换撑、拆撑工序,该施工工艺规避此类作业内容,杜绝工序交替阶段基坑应力调整、结构失稳、变形超标的的核心问题。基坑内部不存在支撑立柱与水平遮挡构造,土方开挖、PC 墙板吊装、叠合板铺设及材料转运作业拥有充足空间,降低人机交叉作业带来的安全隐患。本项目基坑施工全程,支护结构运行状态平稳,周边市政管线、居民区沉降位移均处于可控范围,现场未出现基坑安全事故,整体施工安全防护成效良好。

4.2 施工工期与工效对比分析

DPS 预制斜桩撑体系可从施工工序、工艺设备、作业模式多角度优化现场流程,有效压缩工期、提升作业效率,契合项

目紧张的节点建设要求。体系核心构件均依托工厂标准化预制成型,现场仅开展吊装、静压、固结作业,省去现场浇筑与长期养护工序,规避传统混凝土支撑 28 天养护周期带来的工期滞留问题。项目应用该支护体系后,单延米支护结构施工耗时仅 4~5 小时,相较传统钢筋混凝土支撑 6~7 小时的单延米施工时长,作业效率得到明显提升。顶圈梁养护周期缩减至 14 天即可开展土方开挖作业,养护用时实现减半。分段流水的作业模式助力项目在开工 253 天完成基础正负零结构关键节点,基坑支护、土方开挖及基础施工整体工期较传统方案缩短 18%左右,缓解季节性施工与多工序交叉作业带来的进度压力,保障项目整体建设进度平稳落地。

4.3 工程造价与绿色低碳效益

工程造价角度分析,DPS 预制斜桩撑体系预制构件单延米材料造价高于常规支护材料,整体综合造价却具备可观优势。传统支护工艺需要搭设施工栈桥与临时作业平台,施工后期依托大量人力机械完成支撑破碎、渣土清运、换撑加固等工序,产生较高的措施成本。DPS 体系摒弃栈桥搭设工作,减免换撑、拆撑对应的人工、机械、渣土清运及结构修复支出,缩减现场施工措施投入,抵消预制构件的材料差价,实现工程整体造价的合理控制。绿色施工层面,体系以工厂预制模式替代现场湿作业,减少现场混凝土浇筑与渣土施工体量,提升各类施工资源利用效率。现场核算数据表明,DPS 预制斜桩撑体系单延米建材碳排放为 3850kg CO₂ e,传统支护工艺单延米碳排放可达 10000kg CO₂ e,碳排放下降幅度突破 60%。施工扬尘、建筑垃圾及作业噪音均得到有效管控,符合上海市绿色工地与文明施工验收规范,体系应用可同时创造经济收益与生态价值。

结语

本文依托浦东新区川沙新市镇 D05C-13 地块深基坑工程,结合场地地质、建筑布局与现场施工条件,探究 DPS 预制斜桩撑的构造机理、施工工艺及管控重点。这套支护体系适配狭小施工场地、临近市政管线、大面积装配式地库的施工场景,在施工安全、建设工期、工程成本、绿色建造方面具备良好应用价值,可推广至上海浦东同类住宅深基坑工程项目中使用。

参考文献:

- [1] 冉翠玲.探究深基坑支护施工技术在土建施工中的应用[J].中国设备工程,2025,(24):18-20.
- [2] 王源.基坑支护施工变形控制技术研究[J].建筑技术开发,2025,52(11):159-161.
- [3] 盈小龙.深基坑支护结构在桥梁基础施工中的应用[C]//河南省豫商经济文化交流协会.2025 中国建筑经济研讨会论文集(下册).[出版者不详],2025:22-23.
- [4] 于成伟.建筑工程深基坑支护施工技术研究[J].新城建科技,2025,34(7):117-119.
- [5] 汪爱梅,杜长春.高层住宅建筑深基坑支护施工技术研究[J].新城建科技,2025,34(7):159-161.