

# 电厂建筑施工深基坑支护技术应用研究

张远飞

中国能源建设集团浙江火电建设有限公司 浙江 杭州 310000

**摘要:** 电厂建筑深基坑施工因地质条件多变、周边设施密集及设备荷载大,对支护技术要求严苛。本文以实际工程为背景,系统研究排桩-内支撑、SMW工法桩等支护形式的适用性,结合降水控制、动态监测等关键技术,通过数值模拟验证支护结构稳定性。研究提出装配式支护构件与物联网监测系统创新方案,为电厂深基坑工程安全高效施工提供技术支持。

**关键词:** 电厂建筑施工;深基坑支护;技术应用

**引言:** 随着我国电力行业的蓬勃发展,电厂建设规模持续扩大,深基坑工程作为其关键环节,施工难度与安全风险与日俱增。电厂深基坑不仅面临地质条件复杂、周边环境敏感等普遍问题,还需应对设备荷载大、地下管线密集等特殊挑战。传统支护技术存在成本高、工期长、环保性不足等局限,难以满足绿色施工与高效建设需求。因此,深入研究适用于电厂的深基坑支护技术具有重要的现实意义。

## 1 深基坑支护技术概述

### 1.1 深基坑工程特点

(1) 地质条件复杂性: 不同区域地质差异显著,常见填土、粉质黏土、砂土、岩层等多种地层组合,部分区域还存在地下水富集、软土流变、岩溶裂隙等特殊地质条件,增加了支护设计与施工的难度,需针对性制定技术方案。(2) 施工环境限制性: 深基坑工程多位于城市核心区域,周边密集分布既有建筑物、地下管线、轨道交通等设施,施工空间狭窄,且需严格控制施工振动、沉降等对周边环境的影响,施工组织难度大。(3) 安全风险高发性: 深基坑施工涉及土方开挖、支护结构架设、地下水控制等多个环节,任一环节出现问题都可能引发基坑坍塌、周边建筑物沉降开裂等安全事故,风险管控要求极高。

### 1.2 常见支护技术类型

(1) 排桩支护: 包含钻孔灌注桩、人工挖孔桩等形式,通过在基坑周边布设连续桩体阻挡土体滑移,结构刚度较大,适用性广,可适配多种地质条件,是城市深基坑中常用的支护形式之一。(2) 地下连续墙支护: 采用专用设备在地下浇筑连续钢筋混凝土墙体,具有防渗性强、刚度大、对周边环境小等优势,适用于深度大、周边环境复杂的深基坑工程,但施工成本较高。(3) 土钉墙与复合土钉墙支护: 通过土钉加固边坡土

体,结合喷射混凝土面层形成支护体系,复合土钉墙还可增设微型桩、锚索等构件提升支护能力,具有施工简便、成本较低的特点,适用于黏性土、粉土等地质的中浅基坑<sup>[1]</sup>。(4) 内支撑与锚杆支护体系: 内支撑通过基坑内部设置的钢支撑、混凝土支撑承受侧向土压力,刚度高、安全性高;锚杆支护通过向基坑外围土层植入锚杆传递拉力,节省施工空间,二者常搭配使用于大型深基坑工程。(5) SMW工法桩: 由型钢与水泥土搅拌墙组合而成,水泥土搅拌墙起到防渗作用,型钢提供抗侧刚度,具有施工速度快、环保性好、可回收利用等优势,适用于软土地区的深基坑支护。

### 1.3 支护技术选型原则

(1) 地质条件适应性: 选型需优先匹配场地地质与水文条件,如软土地区优先选用SMW工法桩、地下连续墙等刚度大的支护形式,砂土地区需强化防渗措施,确保支护体系能有效应对地质风险。(2) 经济性与施工效率: 在满足安全要求的前提下,综合对比不同支护技术的施工成本、工期及设备投入,优先选择施工简便、工期短、成本可控的方案,实现技术与经济的平衡<sup>[2]</sup>。(3) 环保与可持续性要求: 选型需符合环保规范,减少施工过程中泥浆排放、噪声污染等环境影响,优先选用可回收材料(如SMW工法桩型钢),降低资源消耗,践行绿色施工理念。

## 2 电厂建筑施工深基坑工程特点与挑战

### 2.1 电厂建筑深基坑的特殊性

(1) 结构荷载大: 电厂核心设备如锅炉、汽轮机、发电机等基础均坐落于基坑区域,此类设备体型庞大、重量极大,对基础承载力和沉降控制提出极高要求,需确保基坑支护及基础结构具备足够刚度与稳定性,以承受长期重载作用,避免因结构变形影响设备正常运行。(2) 地下管线复杂: 电厂厂区内地下管网密集,涵盖高

压电缆、蒸汽管道、循环水管道、燃油燃气管道等多种管线，这些管线功能关键、布设交错，深基坑施工需精准避让既有管线，同时保障施工过程中管线安全，极大增加了施工勘察与组织难度。（3）施工空间受限：电厂设备布局密集，主厂房、辅助车间、烟囱等建构筑物间距较小，深基坑施工区域周边可用空间有限，大型施工设备进场、作业及土方转运均受制约，需优化施工流程与场地规划，避免各工序相互干扰<sup>[3]</sup>。

## 2.2 典型工程问题

（1）基坑变形控制要求高：电厂建构筑物对沉降和位移极为敏感，若基坑施工过程中出现过大大变形，可能导致设备基础偏移、结构开裂，甚至影响后续设备安装精度。因此，需严格控制基坑边坡位移及周边地面沉降，变形控制指标通常严于普通建筑基坑。（2）地下水处理难度大：电厂多临近水源或厂区内存在丰富地下水，且部分区域地下水位较高、土层渗透性强。地下水不仅会增加基坑开挖难度，还可能引发管涌、流砂等地质灾害，同时需防范地下水对基坑支护结构的侵蚀，地下水处理的安全性及彻底性直接影响工程成败。（3）周边环境敏感：电厂深基坑施工过程中的土方开挖、重型设备作业产生的振动，以及基坑降水、支护变形引发的周边地面沉降，可能影响相邻建构筑物、精密设备基础及地下管线的安全。此外，施工噪声、泥浆排放等还需符合电厂厂区环保要求，环境管控压力较大。

## 3 电厂建筑施工深基坑支护技术应用案例分析

### 3.1 工程概况

（1）项目背景：本案例为某2×660MW燃煤电厂扩建工程，位于华北地区工业集中区，主要建设内容包括新增主厂房、锅炉基础及配套辅助设施。因扩建区域紧邻既有厂区，需在密集建筑群间开挖深基坑，施工需严格控制对既有设备基础、地下管网的影响，保障电厂正常运营与施工安全并行。（2）基坑规模与地质条件：基坑开挖面积约8200m<sup>2</sup>，开挖深度15.6m，基坑周长980m。地质勘察显示，场地土层自上而下依次为杂填土（厚1.2-2.5m）、粉质黏土（厚3.5-5.0m）、粉砂层（厚4.8-6.2m）、细砂层（厚3.0-4.5m），下部为中风化砂岩；地下水位埋深2.8m，属潜水类型，水量较丰富，土层渗透性中等，易引发管涌风险。

### 3.2 支护方案设计

（1）支护结构选型：结合地质条件、基坑深度及周边环境，采用“排桩+内支撑”支护体系。排桩选用Φ1200mm钻孔灌注桩，桩间距1.5m，桩长28m，嵌入中风化砂岩不少于3m；内支撑设置3道，第一道为钢筋混

凝土支撑（截面800×1000mm），第二、三道为钢支撑（Φ609×16mm），形成立体支护框架抵御侧向土压力。

（2）降水与排水措施：采用管井降水结合盲沟排水的综合方案。在基坑周边布设32口降水井，井深25m，井径600mm，采用真空泵持续抽水，将地下水位降至基坑底以下1.5m；基坑内部沿坡脚设置盲沟及集水井，盲沟填充碎石，及时排出基坑内渗水，防止积水影响施工。

（3）监测系统布置：围绕基坑稳定性及周边环境安全，布设全方位监测系统。在排桩顶部、基坑周边地面及既有建筑物设置68个位移与沉降监测点；在支撑构件及桩身布设42个应力监测点；同步监测地下水位变化，监测频率为施工期每6小时1次，稳定期每24小时1次。

### 3.3 施工过程控制

（1）关键工序：重点把控钻孔灌注桩成孔、钢筋笼安装、混凝土浇筑及内支撑安装工序。成孔采用泥浆护壁工艺，控制泥浆比重1.2-1.4，防止孔壁坍塌；钢筋笼分节制作吊装，接头采用焊接连接，确保垂直度偏差≤1%；混凝土采用C35水下混凝土，导管理深控制在2-6m，保障桩身质量；钢支撑安装前进行预张拉，确保支撑与排桩紧密贴合。（2）质量控制要点：严格控制桩身垂直度，采用测斜仪实时监测，偏差不得超过5‰；内支撑安装精度控制在轴线偏差≤50mm、标高偏差≤30mm；降水过程中实时监测水位变化，避免水位骤降引发地面沉降；对桩身混凝土进行无损检测，确保检测合格率100%。

### 3.4 数值模拟与稳定性分析

（1）有限元模型建立：采用PLAXIS3D软件建立基坑支护三维有限元模型，模型范围取基坑外3倍开挖深度，土体采用Mohr-Coulomb本构模型，支护结构采用弹性单元模拟，输入勘察获取的土层物理力学参数，模拟基坑开挖与支护施工全过程。（2）支护结构变形与应力分布规律：模拟结果显示，排桩最大水平位移出现在基坑中部，数值为18.2mm；内支撑最大应力为125MPa，均小于设计限值；基坑周边地面最大沉降量为9.5mm，处于安全控制范围内，变形与应力分布呈对称分布，符合工程力学规律。（3）参数敏感性分析：针对土体黏聚力、内摩擦角及支护桩刚度开展敏感性分析，结果表明，粉砂层内摩擦角减小10%时，排桩位移增大15.3%；支护桩刚度增大20%时，位移减小8.7%，因此施工中需重点保障粉砂层开挖稳定性及桩身施工质量。

### 3.5 监测数据与结果对比

（1）实际监测数据：基坑施工全过程监测数据显示，排桩最大水平位移实测值为16.8mm，周边地面最大

沉降量为8.2mm,均未超过设计预警值(位移25mm、沉降15mm);地下水位稳定控制在基坑底以下1.8m,无管涌、流砂等地质灾害发生,监测曲线后期趋于平缓,表明基坑处于稳定状态。(2)数值模拟与实测结果验证:将实测数据与数值模拟结果对比,排桩位移、地面沉降的模拟值与实测值误差均小于10%,说明有限元模型参数选取合理、模拟结果可靠,可为后续类似工程支护方案设计提供有效参考;同时验证了本次“排桩+内支撑”支护体系及降水方案的适用性与安全性。

#### 4 电厂建筑施工深基坑支护技术优化与创新

##### 4.1 传统技术局限性分析

(1)成本高:传统支护结构如现浇排桩、地下连续墙,需大量钢筋、混凝土等材料,且施工设备投入大,同时因电厂基坑规模大、地质复杂,往往需额外投入地下水处理及周边防护措施,进一步推高施工成本。(2)工期长:传统支护施工工序繁琐,如现浇混凝土支护需经历支模、浇筑、养护等环节,养护周期长达14-28天,且各工序衔接难度大,难以实现平行作业,针对电厂扩建工程“边运营、边施工”的紧张工期要求适配性不足<sup>[4]</sup>。(3)环保性不足:施工过程中产生大量泥浆、建筑垃圾,泥浆排放易污染土壤及地下水;现浇作业产生的噪声、粉尘污染周边环境,与当前绿色施工理念及电厂厂区环保管控要求存在差距。

##### 4.2 新型支护技术探索

(1)装配式支护结构应用:推广装配式钢排桩、预制混凝土支护桩等结构,通过工厂标准化生产、现场拼装施工,大幅缩短施工周期,且构件可回收重复利用。在电厂基坑施工中,装配式钢支撑可实现快速安装与拆除,适配多道支撑的架设需求,降低对施工进度的影响。(2)绿色支护材料应用:采用再生混凝土制备支护构件,利用建筑固废再生骨料替代部分天然骨料,减少资源消耗;选用高强度耐候钢材,提升支护结构耐久性,降低后期维护成本,同时减少钢材锈蚀产生的环境影响,契合电厂工程绿色低碳建设要求。(3)智能化监测与预警系统:构建基于物联网的智能化监测平台,整合位移、沉降、应力、地下水位等多维度监测数据,通

过5G技术实时传输至控制中心;搭载AI算法实现数据异常识别与风险预判,当监测值接近预警阈值时自动发出警报,提升电厂基坑安全管控的智能化水平<sup>[5]</sup>。

##### 4.3 施工工艺改进

(1)逆作法施工技术应用:针对电厂设备基础密集、施工空间受限的特点,采用逆作法施工,先施工基坑周边支护结构及地下结构顶板,再自上而下分层开挖与施工地下结构。该工艺可利用顶板作为施工平台,减少临时支撑投入,同时有效控制基坑变形,降低对周边既有设备基础的影响。(2)信息化施工管理:将BIM技术集成于基坑施工全流程,建立三维地质模型与支护结构模型,实现支护方案可视化设计;施工阶段通过BIM模型模拟施工流程,优化工序衔接;同步整合施工进度、质量、安全等数据,实现信息化协同管理,提升电厂基坑施工的精细化程度与管理效率。

##### 结束语

电厂建筑施工中,深基坑支护技术是保障工程安全与质量的关键。通过本次研究,我们深入探讨了多种支护技术的适用性及优化策略,有效提升了施工效率,降低了安全风险。实践表明,科学选型、精准设计、严格施工监控与动态调整是确保支护效果的核心要素。未来,应持续推动技术创新,融合智能化监测与绿色施工理念,为电厂深基坑工程提供更高效、环保、安全的解决方案。

##### 参考文献

- [1]焦永胜.建筑施工中深基坑支护技术进展[J].石河子科技,2025,(03):54-56.
- [2]段会臣.建筑工程施工中深基坑支护施工管理对策[J].陶瓷,2025,(05):208-209.
- [3]郭亮.建筑施工中深基坑支护技术的实践应用[J].建材发展导向,2025,23(07):88-90.
- [4]张赞.建筑深基坑支护工程施工的关键技术分析[J].居业,2022(12):31-33.
- [5]张文龙,王诗华.建筑基础工程深基坑支护施工技术分析[J].居业,2022(12):46-48.