

# 复杂地质条件下深基坑支护结构稳定性施工技术研究

李西红

中国电建集团山东电力建设有限公司 山东 济南 250101

**摘要：**复杂地质条件下深基坑支护结构的稳定性施工技术是一项系统工程。本文对复杂地质条件进行了识别与评估，并分析了其对深基坑支护结构稳定性的影响。探讨了地下连续墙、土钉墙、搅拌桩、柱列式灌注桩及钢板桩等多种支护施工技术。最后从优化设计策略、加强施工管理、采用先进技术三个方面提出了支护结构稳定性提升的措施。本研究为复杂地质条件下深基坑支护结构的施工提供了理论支持和技术指导，对于保障工程安全具有重要意义。

**关键词：**复杂地质条件；深基坑支护结构稳定性施工技术；措施

**引言：**随着城市化进程的加速，深基坑工程在各类建筑项目中日益增多，而复杂地质条件给深基坑支护结构的施工带来了诸多挑战。为确保施工安全和支护结构稳定性，本文将对复杂地质条件下深基坑支护结构的稳定性施工技术进行全面研究。通过分析地质条件、支护施工技术及稳定性提升措施，旨在为工程实践提供科学依据和技术支持。

## 1 复杂地质条件识别与评估

在工程建设领域，特别是在涉及深基坑、隧道、矿山等地下工程时，复杂地质条件的识别与评估是至关重要的环节。复杂地质条件通常包括断层、褶皱、岩浆活动、岩溶、软弱土层、地下水丰富等多种地质现象，这些现象增加了工程建设的难度，还可能对工程安全构成严重威胁。复杂地质条件的识别，首先依赖于详细的地质勘察。通过地质钻探、物探、化探等多种手段，可以获取地下岩层的分布、性质、厚度以及地下水等关键信息。结合区域地质背景和已有的地质资料，可以对复杂地质条件进行初步判断。评估内容主要包括地质构造的稳定性、岩层的物理力学性质、地下水的动态变化等。这些评估结果将直接影响到工程设计的合理性、施工方法的选择以及工程安全的保障。评估过程中，可以通过数值模拟对地质构造的稳定性进行定量分析，预测潜在的地质灾害风险。同时还要进行现场监测，实时掌握地质条件的变化情况，为施工过程中的决策提供依据<sup>[1]</sup>。复杂地质条件的识别与评估是一个动态的过程。随着工程建设的推进，新的地质信息可能不断被发现，原有的评估结果也可能需要修正。在工程建设的全过程中，都需要保持对地质条件的密切关注和动态评估。

## 2 复杂地质条件下深基坑支护结构稳定性分析

在复杂地质条件下进行深基坑开挖时，支护结构的稳定性是确保施工安全的关键。复杂地质条件，如断

层、软弱土层、地下水丰富等，对支护结构的稳定性构成了严峻挑战。以下对支护结构在复杂地质条件下的稳定性进行深入分析，对于保障施工安全具有重要意义。

(1) 需要明确支护结构在复杂地质条件下所承受的荷载类型。这些荷载包括土压力、水压力、温度变化引起的荷载以及施工过程中的动态荷载等。在复杂地质条件下，这些荷载的大小和方向可能更加复杂多变，需要准确计算和分析。(2) 支护结构的稳定性分析应综合考虑其材料性能、几何尺寸以及边界条件等因素。支护结构的材料性能，如强度、刚度等，直接影响其抵抗荷载的能力。几何尺寸和边界条件则决定了支护结构的整体稳定性和变形特性。(3) 在分析方法上，可以采用数值模拟、有限元分析等手段对支护结构的稳定性进行定量评估。这些分析方法能够模拟支护结构在复杂地质条件下的受力状态，预测其变形和破坏模式，为施工过程中的决策提供科学依据。(4) 要考虑支护结构与周围地质环境的相互作用。支护结构在承受荷载时可能会对周围土体产生挤压作用，导致土体变形和位移<sup>[2]</sup>。这种相互作用可能进一步影响支护结构的稳定性。

## 3 复杂地质条件下深基坑支护施工技术

### 3.1 地下连续墙施工技术

地下连续墙是一种具有刚度大、强度高、抗渗性好等优点的支护结构，特别适用于狭窄场地和具有地下水的深基坑施工。其施工技术要点如下：(1) 导墙施工。导墙是地下连续墙施工的重要辅助结构，起到定位、挡土、储浆等作用。导墙施工应确保其垂直度、平面位置和标高满足设计要求，同时做好防渗处理。(2) 钢筋笼制作与吊装。钢筋笼是地下连续墙的主要受力构件，其制作应严格按照设计图纸进行，确保钢筋的规格、数量、间距等满足要求。吊装过程中，采取措施防止钢筋笼变形或损坏。(3) 泥浆制备与护壁。泥浆在地下连续

墙施工中起到护壁、携渣、冷却等作用。泥浆的制备应严格控制其配比、性能指标等,确保泥浆的护壁效果。同时定期检测泥浆的性能,及时调整泥浆配比。(4)成槽与清槽。成槽是地下连续墙施工的关键环节,其质量直接影响到墙体的垂直度、平整度等。成槽过程中,严格控制成槽机械的掘进速度、切削力等参数,确保成槽质量。清槽则是为了清除槽底的淤泥、杂物等,保证墙体的施工质量。(5)混凝土浇筑。混凝土浇筑是地下连续墙施工的最后一步,其质量直接影响到墙体的强度和耐久性。混凝土浇筑严格控制混凝土的配比、浇筑速度、振捣方式等参数,确保混凝土的均匀性和密实度。

### 3.2 土钉墙支护施工技术

土钉墙支护技术主要适用于地下水位较低、土质较好的场地。其施工技术要点如下:(1)土钉成孔。土钉成孔是土钉墙支护施工的第一步,其质量直接影响到土钉的受力性能和支护效果。成孔过程中,严格控制孔径、孔深、孔斜等参数,确保土钉能够顺利插入并达到设计要求的深度。(2)土钉安装与注浆。土钉安装前,检查其规格、数量、长度等是否满足设计要求。安装过程中,采取措施防止土钉弯曲或损坏。注浆则是为了将土钉与土体紧密结合,提高土钉的受力性能。注浆材料应选用流动性好、强度高、水泥浆或水泥砂浆,注浆压力应控制在合理范围内。(3)喷射砼面板施工。喷射砼面板是土钉墙支护的重要组成部分,其质量直接影响到支护结构的整体稳定性和耐久性。喷射砼面板施工前,检查其原材料的质量、配比等是否满足要求。施工过程中,严格控制喷射厚度、喷射速度、振捣方式等参数,确保喷射砼面板的均匀性和密实度。

### 3.3 排桩支护施工技术

排桩支护通常由围护墙、支撑(或土层锚杆)及防渗帷幕等组成,适用于不同深度的基坑支护。其施工技术要点如下:(1)围护墙施工。围护墙是排桩支护的主要受力构件,其施工应严格控制桩位偏差、桩身垂直度、桩身质量等参数。围护墙的施工方法可根据实际情况选择钻孔灌注桩、人工挖孔桩等。(2)支撑与土层锚杆施工。支撑和土层锚杆是排桩支护的重要辅助结构,起到支撑围护墙、限制土体变形的作用。支撑的施工应严格控制其位置、标高、尺寸等参数,确保支撑的稳定性和受力性能。土层锚杆的施工则应严格控制其锚入深度、注浆质量等参数,确保锚杆的锚固效果。(3)防渗帷幕施工。防渗帷幕是排桩支护中防止地下水渗漏的重要措施。其施工方法可根据实际情况选择高压喷射注浆法、深层搅拌法等。防渗帷幕的施工应严格控制其注浆

压力、注浆量、注浆速度等参数,确保防渗帷幕的密实度和防渗效果。

### 3.4 搅拌桩支护施工技术

搅拌桩支护技术既能挡土又能挡水,适用于基坑侧壁安全等级为二、三级且地基土承载力不宜大于150kPa、基坑深度不宜大于6m的场地。其施工技术要点如下:(1)搅拌桩成桩。搅拌桩成桩是搅拌桩支护施工的关键环节。成桩过程中,严格控制搅拌机的转速、提升速度、搅拌次数等参数,确保桩体的搅拌均匀度和密实度。同时定期检查搅拌机的性能和工作状态,确保其正常运行。(2)水泥浆制备与注入。水泥浆其质量直接影响到桩体的强度和耐久性。水泥浆的制备严格控制其配比、性能指标等,确保水泥浆的质量。注入过程中,严格控制注浆压力、注浆量等参数,确保水泥浆能够均匀注入桩体中。(3)桩顶处理与养护。桩顶处理是搅拌桩支护施工的最后一步。其质量直接影响到支护结构的整体稳定性和耐久性。桩顶处理严格控制其标高、平整度等参数,确保桩顶与基坑底部紧密贴合<sup>[1]</sup>。同时做好桩体的养护工作,防止桩体出现裂缝、剥落等现象。

### 3.5 柱列式灌注桩支护施工技术

柱列式灌注桩是一种常用的深基坑支护结构,适用于基坑深度较大的情况。其施工技术要点如下:(1)桩位定位与成孔。桩位定位其准确性直接影响到支护结构的整体稳定性和受力性能。成孔过程中,严格控制孔径、孔深、孔斜等参数,确保桩孔的质量。(2)钢筋笼制作与吊装。钢筋笼是柱列式灌注桩的主要受力构件。其制作严格按照设计图纸进行,确保钢筋的规格、数量、间距等满足要求。吊装过程中,应采取措施防止钢筋笼变形或损坏。(3)混凝土浇筑与养护。混凝土浇筑其质量直接影响到桩体的强度和耐久性。混凝土浇筑严格控制混凝土的配比、浇筑速度、振捣方式等参数,确保混凝土的均匀性和密实度。浇筑完成后,做好桩体的养护工作,防止桩体出现裂缝、剥落等现象。

### 3.6 钢板桩支护施工技术

钢板桩支护适用于基坑深度较小、工程要求不高的场地。其施工技术要点如下:(1)钢板桩选型与检验。钢板桩的选型根据基坑的深度、土质条件等因素综合考虑。同时检查钢板桩的规格、尺寸、质量等是否满足要求。(2)钢板桩打入与拔除。钢板桩的打入是钢板桩支护施工的关键环节。其质量直接影响到支护结构的整体稳定性和受力性能。打入过程中,严格控制打入深度、倾斜度等参数,确保钢板桩能够垂直、稳定地插入土体中。拔除时,则应采取措施防止土体坍塌或钢板桩损

坏。(3)围檩与支撑施工。围檩和支撑是钢板桩支护的重要辅助结构。其施工应严格控制其位置、标高、尺寸等参数,确保围檩和支撑的稳定性和受力性能。同时定期检查围檩和支撑的工作状态,及时发现并处理潜在的安全隐患。

#### 4 支护结构稳定性提升措施

##### 4.1 优化设计策略

为确保支护结构的稳定性,优化设计策略是首要考虑的因素。以下三个方面是提升支护结构稳定性的核心措施:(1)精确的地质勘察与评估。在施工前,必须深入施工区域进行详尽的地质勘察,以准确掌握地质构造、土层分布、地下水位等关键信息。这些信息对于选择支护结构类型和设计支护参数至关重要。对土体的物理和力学性质进行全面评估,包括抗剪强度、承载力和渗透性等,以便在设计支护结构时能够充分考虑这些因素,从而确保支护结构的稳定性和安全性。(2)合理选择支护结构类型。根据地质勘察结果和基坑的深度、形状、周边环境等因素,科学选择支护结构类型。在地下水位较高的区域,优先选择具有止水功能的支护结构,如地下连续墙或搅拌桩支护;而在土质较好的区域,则可以选择土钉墙支护或排桩支护等。(3)设计合理的支撑系统。支撑系统作为支护结构的重要组成部分,其设计充分考虑基坑开挖过程中的变形和受力情况。通过有限元分析等先进手段,可以模拟基坑开挖过程中支护结构的受力状态,从而设计出更加合理、稳定的支撑系统。支撑系统的布置应均匀、合理,避免局部受力过大导致支护结构失稳。

##### 4.2 加强施工管理

在支护结构施工过程中,加强施工管理是确保稳定性的关键。需采取以下三方面措施:(1)严格施工质量控制。从钢筋笼的制作到混凝土浇筑,每一环节均需严格遵循设计要求。钢筋笼制作时,细致检查钢筋规格、数量及间距,确保与设计图纸无误。混凝土浇筑时,要严格控制配比、浇筑速度及振捣方式,以保证混凝土的均匀性和密实度。(2)实施分阶段施工策略。基坑开

挖过程中,通过合理划分施工阶段,控制开挖深度和速度,可有效减轻支护结构的荷载。分阶段施工有助于减小瞬时受力,还为支护结构的变形和受力提供了缓冲时间,有助于保持其整体稳定性。(3)加强土体处理。施工前对土体进行注浆、加固等预处理,可显著提高土体的承载力和抗剪强度。在降雨季节,采取有效排水措施,降低地下水位,减少土体水分含量,防止土体软化。

##### 4.3 采用先进技术

在支护结构施工中,采用先进技术是提升稳定性的重要途径。以下三方面措施体现了先进技术的应用:

(1)高性能材料的使用。随着材料科学的不断进步,高强度钢筋、高性能混凝土等新型材料在支护结构中得到了广泛应用。(2)智能化监测技术的引入。通过安装传感器、建立远程监控系统,可以实时监测支护结构的变形、应力等关键参数,及时发现潜在风险并采取应对措施<sup>[4]</sup>。(3)先进施工工艺的应用。旋挖钻机成孔技术提高了成孔质量和效率;二次注浆工艺增强了锚杆的锚固效果;预制构件安装技术则缩短了施工周期并提高了施工质量。

结束语:本文在识别与评估复杂地质条件的基础上,详细探讨了多种支护施工技术,并提出了支护结构稳定性提升的措施。这些研究成果对于指导工程实践、保障施工安全具有重要意义。随着技术的不断进步,深基坑支护结构的施工技术将更加完善,为城市建设贡献力量。

#### 参考文献

- [1]周桂林.复杂环境条件下深基坑支护技术[J].石材,2024(7):78-80.
- [2]朱婷婷.复杂地质条件下深基坑支护结构稳定性施工技术研究[J].安徽建筑,2025,32(1):135-137.
- [3]易理辉.研究复杂地质条件下深基坑支护技术[J].国际援助,2020(25):131-132.
- [4]黄顺勇.复杂地质条件下深基坑支护技术研究[J].城市周刊,2022(40):91-93.