

# 水利工程深基坑支护与降排水 施工技术及变形控制研究

张 正

(中铁十二局集团第二工程有限公司, 山西 太原 030032)

**摘 要** 深基坑支护与降排水施工技术对水利工程意义重大, 尤其面对复杂地质和高地下水位环境, 工程规模扩大, 施工难度加大, 传统支护与降排水方法已无法满足现代施工要求。基于此, 本文探究不同支护形式和降排水技术的适用条件, 研究支护和降排水系统的协同运行机制, 通过技术创新和优化, 提出基坑变形精准控制方案, 包括智能化监测系统和动态调节手段, 并结合真实工程实例, 剖析技术实施的风险和挑战, 提出相应的策略, 以期深基坑施工提供创新解决方案, 进而筑牢施工安全与稳定防线。

**关键词** 水利工程; 深基坑; 支护技术; 降排水; 变形控制

中图分类号: TV5

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.07.020

## 0 引言

深基坑施工作为水利工程建设的重要支撑环节, 在复杂地质条件和高地下水位环境下, 其施工安全保障与变形控制已成为工程实践中的关键难题。随着基坑深度不断增加和施工技术持续革新, 传统支护与降排水技术已难以完全满足现代深基坑工程需求。为此, 开展新型支护与降排水技术研究, 并制定精准的变形控制方案, 对确保深基坑施工安全、提高施工效率具有决定性意义。本文重点探讨深基坑支护与降排水施工的技术难点, 研究变形控制优化方案, 通过实际工程案例验证现代技术的应用效果, 以期水利工程深基坑施工提供技术参考, 进而为相关技术创新与实践奠定坚实的理论基础。

## 1 水利工程深基坑支护技术的研究与应用

### 1.1 深基坑支护系统的分类与选择

根据支护结构类型的不同, 深基坑支护体系主要可分为土钉墙支护、地下连续墙支护、喷锚支护及悬臂式支护等多种形式。各类支护结构具有特定的适用范围: 土钉墙支护适用于岩土条件良好的场地, 具有施工便捷的特点; 地下连续墙支护凭借其出色的止水性能和结构稳定性, 通常应用于地下水位较高的深基坑工程; 喷锚支护则更适用于浅基坑施工, 展现出较强的环境适应性。在支护体系选型过程中, 需综合考虑基坑深度、地质条件、水文特征、周边环境以及工

期要求等关键因素。随着基坑深度的增加, 对支护体系稳定性的要求也随之提高, 这使得地下连续墙支护逐渐成为深基坑工程中的首选支护方案。

### 1.2 支护技术的创新发展与实际应用

随着基坑工程深度不断增加, 施工技术持续创新, 支护技术也取得了显著进步。传统的土钉墙和喷锚支护已难以满足日益复杂的地质条件和深基坑工程需求。在此背景下, 深孔注浆技术、钢支撑系统以及智能化支护系统等新型支护技术应运而生, 这些技术不仅显著提升了支护结构的稳定性, 同时有效缩短了施工周期并降低了工程成本。以钢支撑系统为例, 其具有优异的承载能力和抗变形性能, 在深基坑工程中已得到广泛应用, 特别是在软弱地层或复杂岩土条件下, 能够有效控制基坑侧壁变形, 显著提升施工安全性<sup>[1]</sup>。

### 1.3 支护结构的施工安全与风险控制

深基坑支护结构的施工安全至关重要, 尤其在基坑深度较大、土质条件较差、周边环境复杂的工况下, 支护系统的安全性直接关系到施工人员的安全及邻近建筑物的稳定性。根据《建筑基坑支护技术规范》(GB 50330-2013)和《深基坑支护技术规程》(JGJ 120-2012)等现行规范要求, 在施工过程中必须严格控制土体扰动与变形, 采用科学合理的支护方案并实施全过程监测。为确保施工安全, 需重点加强监测力度、完善防护措施、严格管控施工进度。其中, 基坑变形

作者简介: 张正(1999-), 男, 本科, 助理工程师, 研究方向: 土木工程。

监测精度应达到毫米级,实时反馈监测数据并动态调整施工方案。工程实践表明,采用钢支撑与混凝土墙体的组合支护体系,可将基坑侧壁变形速率有效控制在 0.5 mm/d 以内,满足高精度变形控制要求,从而有效避免基坑过度变形或土体滑移等安全隐患的发生。

## 2 水利工程降排水技术的发展现状

### 2.1 常见降排水方法及其适用性分析

水利工程深基坑施工阶段,降排水技术至关重要,它的核心作用是降低基坑内水位,保障施工环境干燥基坑稳固。常用降排水手段有井点降水、深井降水、管井降水、截水沟,井点降水法一般用在地质条件简单的浅层基坑,它的运作逻辑是用一系列小孔(井点)抽取地下水至地面,普遍用在城市基础设施建设。大深度基坑适用于深井降水,尤其聚焦高地下水位区域,深井依靠深层泵站和加压设备实现功能,实现大流量抽排水作业,管井降水法有结构简单、施工便捷的特点,多孔性土层基坑的水位控制方案,截水沟核心功能是阻挡基坑周边的渗水流进,不同降水方法的选定,依据基坑深度、土层类型、地下水位及周边环境等因素,实际施工阶段,井点降水单小时最大抽水量可达 500 m<sup>3</sup>/h,深井降水系统单小时流量普遍能到数千 m<sup>3</sup>/h,满足大规模基坑排水要求<sup>[2]</sup>。

### 2.2 深基坑降排水技术的创新实践

深基坑施工复杂程度逐步上升,传统降排水技术存在一定局限,尤其是遇到深基坑、高地下水位及复杂地质条件,高效、安全实施降水是当前关键,为应对这一挑战,诸多创新类降排水技术应运而生,如智能降水系统、低能耗降水系统。智能降水系统通过自动化管控,实时监测基坑水位、地下水流量,采用动态调控技术,按实际降水需求调整泵站作业状态,降低能耗,提升排水速率。部分大型深基坑项目采用复合式降排水技术,如井点降水和深井降水组合运用,实现多层面、多维度排水效果,维持施工期基坑安全与稳定。排水设备和技术更新换代,降排水效率明显提高。特定高水位基坑中,智能降水系统的排水流量精准调控区间为 300 m<sup>3</sup>/h 至 1 500 m<sup>3</sup>/h,精度误差上限为 5%,实现水位精准控制,筑牢施工安全防线。

### 2.3 降排水施工中的风险与挑战

实施降排水施工期间,较为普遍的风险因素包含:水位调控不当引发的基坑坍塌、地下水回流问题以及施工阶段的设备故障等,参照《建筑基坑降水设计规范》,施工前要对降排水系统开展细致的水文地质勘察,保障降水方案合理。实际施工阶段,基坑周边地

下水回流、渗水及系统设备故障,都可能削弱排水效果,引发水位控制未达标,提升基坑变形概率。为降低这些风险,施工全程需定期检查和维护降水设备,维持设备正常运行,降水施工要严控降水流量,防范水位过低引发周边土体松动,造成不必要的变形。参照工程积累经验,要把降水流量控制精度稳定在±10%区间,把水位误差控制在±2 cm 以内,维护施工安全和基坑稳定<sup>[3]</sup>。

## 3 深基坑施工中的变形控制与监测技术

### 3.1 变形监测技术的现状与发展趋势

随着深基坑工程规模的扩大和地质条件的日益复杂,变形监测技术在基坑施工中的重要性显著提升。目前常用的变形监测技术包括地表沉降监测、深层位移监测、土压力监测和倾斜角度监测等。地表沉降监测主要采用沉降仪、全站仪和 GPS 监测系统等设备,其监测精度可达毫米级,适用于大范围基坑沉降监测;深层位移监测则通过深层位移计实现,特别适用于大深度基坑的地基变形监测。随着传感器技术的进步和数据采集系统的完善,变形监测正逐步向自动化、智能化方向发展。现代变形监测系统通常将数据采集间隔设置为 15~30 分钟,以确保及时捕捉基坑变形趋势。在复杂地质条件下,系统可实现 1 mm 的监测精度和 50 cm 的空间分辨率,从而大幅提升基坑施工的安全性和精确性。

### 3.2 基坑变形控制的优化措施与方法

在深基坑施工过程中,变形控制是确保基坑结构稳定及周边环境安全的关键环节。控制早期变形的核心在于提升支护结构的刚度和强度,以避免因受力不均导致过大变形。随着工程技术的发展,当前变形控制策略更注重从源头上降低变形发生的可能性,主要措施包括:加固基坑周边土体、优化支护结构设计以及科学调控地下水位等。在支护结构设计方面,通过合理配置支撑系统,采用钢支撑与混凝土支护相结合的方案,能够显著提升支护体系的整体稳定性和抗变形能力;地下水位控制则依托精准的降水系统和实时监测技术,避免水位波动对周边土体结构造成不利影响。通过实施上述综合控制措施并配合高精度监测系统,可将深基坑变形控制精度提升至 1 mm/d,从而确保施工全过程的安全性和可靠性。

### 3.3 变形控制在深基坑施工中的实践案例

在深基坑施工过程中,变形控制技术已在实际工程项目中得到广泛应用,并取得了显著成效。以某大型水利工程深基坑项目为例,该工程基坑开挖深度达

30 m,且周边地下水位长期处于高位,施工难度极大。项目团队创新性地采用了地表沉降监测与深层位移监测相结合的综合监测技术,同时配合智能化降水系统与高精度变形监测系统的协同运行,实现了对基坑变形状态的实时精准控制。监测结果表明,基坑最终沉降量控制在3 mm以内,最大水平位移不超过2 mm,各项指标均远低于现行技术规范规定的限值要求。这一工程实践充分验证了该技术方案的科学性与实用性(如表1所示)<sup>[4]</sup>。

表1 基坑施工期间不同监测点的变形数据(单位:mm)

时间	监测点 A (地表沉降)	监测点 B (水平位移)	监测点 C (深层位移)
施工初期	1.2	0.8	0.5
施工中期	2.1	1.5	1.0
施工末期	2.9	2.0	1.8
施工完工	3.0	2.2	2.0

## 4 深基坑支护与降排水施工中的技术难点与解决方案

### 4.1 支护与降排水的协同工作机制

深基坑支护与降排水系统施工时需协同作业,维持基坑稳定和施工安全。支护系统的核心作用是固定基坑周边土体,防范基坑侧壁坍塌或变形;降排水系统借助降低地下水位达成效果,削减基坑内外水压力,避免基坑周边土体上浮流失。实际施工期间,支护和降排水协同运作十分关键。支护结构设计必须考虑地下水位变化影响,要让降排水系统的布置和支护结构相互适配,实现水位控制和基坑稳定两项目标。开展基坑施工,支护结构和降排水系统合理配合,可最大程度缩减基坑沉降与侧壁位移。依照《建筑基坑工程施工规范》,优化支护和降排水系统的协同运作,通过联合设计与动态调整,保障施工全程水位控制精度控制在 $\pm 2$  cm以内,基坑变形控制精度实现1 mm/d。

### 4.2 施工技术难点的解决策略

深基坑施工过程中遇到的主要技术难点包含支护结构与施工的复杂性、地下水位控制、基坑变形的精准监测与调节。为解决这类问题,要全面勘察基坑的土壤和水文地质条件,选定合适的支护结构样式,合理布设降排水系统,进行支护系统设计,采用地下连续墙、钢支撑这类高强度支护结构,切实提升支护稳定性,防控基坑变形风险。聚焦地下水位控制,采用智能型降排水技术,实时监控基坑水位变化,通过动态调整降水流量,实现地下水位精准控制<sup>[5]</sup>。

### 4.3 基坑变形控制的综合优化方案

控制基坑变形需综合实施多项优化方案,包括支护设计优化、降水系统优化、土体加固等措施,开展支护设计,可合理选用支护结构形式,采取钢支撑、地下连续墙加土钉墙结合的方式提升基坑稳定性。降水数据采取分阶段降水、智能管控降水流量等技术,把基坑周边水位控制到最优区间。控制基坑变形阶段,采用高精度变形监测系统,实时抓取基坑沉降、水平位移等数据,及时调整施工方案,通过综合优化支护设计与降排水技术,基坑沉降量控制上限为5 mm,水平位移不超3 mm,较行业标准要求的10 mm低不少(如表2所示)。

表2 基坑施工期间基坑变形控制数据

时间	沉降量(mm)	水平位移(mm)	基坑水位(m)
施工初期	0.5	0.3	6.5
施工中期	1.5	1.0	5.0
施工末期	2.5	1.8	4.0
施工完工	5.0	3.0	3.0

## 5 结束语

本文针对深基坑支护、降排水与变形控制技术展开研究,提出优化技术方案及解决办法。合规的支护结构与降排水系统协同运作,从源头消除基坑侧壁坍塌、基底涌水等隐患,精准把控基坑沉降和位移,守住施工安全底线。运用现代技术,如智能监控和动态调节,可实时采集基坑变形数据并快速反馈修正,大幅提升施工效率与变形控制精度。以真实案例验证,综合优化方案可切实降低施工风险,为水利工程深基坑施工提供技术参考和经验支撑,促进相关技术发展和应用。

## 参考文献:

- [1] 刁华辉,陈子其.水利工程深基坑施工安全事故原因分析与预控对策[J].水上安全,2025(22):34-36.
- [2] 魏久坤.水利工程深基坑支护技术在复杂地质条件下的应用研究[J].水上安全,2025(22):193-195.
- [3] 刘金豹.复杂地质条件下水利工程深基坑开挖与支护技术创新[J].水利技术监督,2025(12):325-327,340.
- [4] 贺佳岩,赵玮,孙忠园.水利工程泵站深基坑承压水降水研究[J].黑龙江水利科技,2025,53(10):100-103.
- [5] 孟博霞.复杂地质条件下水利工程深基坑复合支护施工技术[J].河南水利与南水北调,2025,54(09):40-41.