

复杂地质条件下超高层深基坑支护风险评估与防控技术研究

杨非凡

中国水电建设集团十五工程局有限公司 陕西 西安 710100

【摘要】：在复杂地质条件下，超高层深基坑的支护工程面临着极高的安全风险，尤其是在软弱土层、断层带及地下水丰富的环境中。对这些风险进行有效评估与防控，不仅能降低工程事故发生率，还能提升施工过程的安全性与稳定性。文章通过对典型案例的分析，提出了适应复杂地质条件的支护风险评估模型，并针对不同地质类型设计了相应的防控措施。通过多因素的风险分析与模拟实验，制定了全面的支护设计策略，确保了基坑施工的顺利进行。研究为深基坑支护技术提供了理论依据和技术支持，具有较高的实际应用价值。

【关键词】：复杂地质；超高层深基坑；风险评估；支护技术；防控措施

DOI:10.12417/2705-0998.26.07.038

引言

超高层建筑的快速发展促使深基坑支护技术不断进步。在复杂地质条件下，基坑支护工程所面临的安全挑战日益严峻，尤其是土质松软、地下水丰富以及断层复杂的地区，支护结构的稳定性容易受到影响。面对这些风险，传统的支护技术和评估手段往往无法满足高安全要求的需求。深入研究复杂地质条件下的支护风险评估与防控技术，成为当前工程建设中的一项迫切任务。通过科学的风险评估模型和针对性强的防控措施，不仅能提高支护设计的安全性，还能为超高层建筑的顺利施工提供保障。

1 复杂地质条件对基坑支护的影响分析

1.1 软弱土层的稳定性问题

软弱土层的存在使得基坑支护的稳定性受到严重影响。在软土层中，土体的承载力较低，容易发生沉降、滑移等不良现象，导致基坑周边土体的扰动甚至坍塌。施工过程中，支护结构需要承受更大的地面荷载与地下水渗透带来的压力，使得软土层的加固成为关键^[1]。为了确保基坑的安全性，必须通过地质勘察准确识别软弱土层的分布情况，并根据实际情况选取适当的支护方式，如深层搅拌桩、土钉墙等，以提高支护结构的稳定性，避免因土层问题而引发灾难性后果。

1.2 地下水对支护结构的影响

地下水是影响深基坑支护结构稳定性的重要因素。在复杂地质条件下，地下水位的变化可能导致基坑周边土体的湿润和软化，从而使土层的承载力大幅降低，增加了支护结构的压力。水流的渗透还可能引发基坑内的积水，影响支护结构的整体稳定性，甚至引发支护结构的变形或破坏。在基坑施工前，必须进行详细的水文地质勘察，预测地下水的变化趋势，并采取有效的排水与降水措施，如设置临时排水管道、降低水位等，以防止地下水对支护结构的侵蚀与影响。

1.3 断层及地质构造对基坑施工的挑战

在复杂的地质条件下，断层和不规则的地质构造往往成为

基坑施工的巨大挑战。断层带的存在通常伴随着地质不均匀性，可能导致土体的裂缝、位移，影响支护结构的稳定性。而不规则的岩层分布和断层带的走向，使得支护设计复杂化，需要对不同的地质单元进行详细分析和预测。特别是在施工过程中，断层区可能引发突发的地质灾害，如滑坡、塌方等，严重威胁施工安全。面对这些挑战，必须结合精确的地质勘察数据，采用更加灵活和坚固的支护设计方法，如采用钢支撑、深基坑加固技术等，以确保基坑施工的安全稳定。

2 深基坑支护风险的评估方法

2.1 风险识别与分类

深基坑支护工程中，风险识别与分类是确保安全施工的基础步骤。识别阶段，工程师需通过现场勘察和地质勘探，准确识别可能影响支护结构稳定的各类风险因素。这些风险包括地质条件的不稳定性、施工过程中的人为失误、材料的质量问题等。分类方面，将风险分为地质风险、结构风险、施工风险和环境影响四大类，每一类下又根据具体情况进一步细分^[2]。地质风险中包括软弱土层、地下水位变化等问题；施工风险中则涉及施工设备故障、操作失误等。通过系统的风险分类，能够帮助项目团队更清晰地识别出影响支护结构安全的关键因素，为后续的风险评估和防控提供有效依据。

2.2 多因素风险评估模型构建

多因素风险评估模型的构建，旨在全面评估深基坑支护工程中的各类风险因素及其相互作用。基于现有的工程实践和理论分析，通过收集现场数据、地质资料和施工信息，模型能够模拟和预测不同因素的影响。该模型不仅考虑单一风险因素，还综合分析不同因素的联动效应，如地下水位的变化、土壤结构的差异、施工方法的适应性等。通过对各类风险因素赋予权重，模型能够量化风险评估结果，进而为支护设计、施工方案优化提供依据。多因素模型的应用，可以有效识别潜在的风险，优化支护设计，提升工程的安全性和经济性。

2.3 风险评估中的数据与技术应用

在风险评估过程中，数据与技术的应用为精确评估提供了有力支持。通过现场采集的地质勘探数据、施工监测数据以及历史事故数据，能够为风险分析提供详实的基础信息。随着信息技术的发展，地理信息系统（GIS）、遥感技术、三维建模等先进技术被广泛应用于深基坑支护的风险评估中。这些技术手段不仅提高了数据采集和分析的效率，还能够直观地呈现地质条件和基坑状况，为风险评估提供了精准的空间数据支持。通过智能化监测系统实时跟踪施工进度和支护结构的变化，能够及时发现潜在的风险，做出预警并采取应急措施，有效减少施工过程中的不确定性。

3 复杂地质条件下的支护技术优化

3.1 支护结构设计的适应性调整

在复杂地质条件下，支护结构设计必须根据实际地质环境进行灵活调整。软弱土层、断层带以及地下水等因素都可能影响支护结构的稳定性，传统的支护设计方法往往无法完全适应这些特殊环境。需要根据不同地质条件进行结构设计的适应性优化。在软土层中，可通过增设深层桩基或土钉墙等措施提高地基承载力；而在遇到地下水丰富的地区，则可以通过设置排水系统来降低水位，减轻水对支护结构的压力^[3]。每种地质条件下，支护结构的设计都应依据详细的勘察数据进行精细化调整，以保证施工安全和后期的结构稳定性。此类设计不仅能够有效应对复杂地质带来的风险，还能提升工程的经济效益和长期使用安全。

3.2 基坑施工中的地质勘察技术

基坑施工中的地质勘察技术为支护设计提供了必要的基础数据，是保障工程安全的关键环节。传统的勘察方法往往只能依赖于现场的取样和孔探，难以全面了解地下土层的变化和复杂性。随着科技的发展，现代地质勘察技术如遥感技术、地质雷达、地下声波探测等技术的应用，为基坑施工提供了更为精准的地质信息。这些先进技术能够对地下的土层、岩层分布以及地下水等因素进行全面评估，为支护设计提供实时、准确的数据支持。通过计算机建模技术，可以实现对不同地质条件的模拟分析，进一步优化支护设计方案。这些勘察技术的应用，能够有效提高基坑施工中的地质风险识别精度，避免因地质不明造成的安全隐患。

3.3 施工过程中的实时监测与调整

在复杂地质条件下，施工过程中实时监测与调整是保障支护结构安全的重要手段。施工现场的地质情况常常会因施工进度变化而发生变化，可能导致原有的支护设计出现偏差或不适应新的地质环境。因此，施工过程中必须进行实时监测，密切关注支护结构的变形、沉降、倾斜等情况。现代监测技术如自动化监测系统、传感器、激光扫描等，可以实时获取基坑的

动态变化数据，并通过数据传输系统将信息传送到指挥中心。通过对监测数据的及时分析，施工团队可以在第一时间发现潜在的风险，并采取针对性的调整措施，如增设支撑、调整支护结构等，从而有效防止事故的发生。这一动态监控和调整机制，能够确保基坑施工过程中的支护安全性与稳定性，减少外界环境变化对施工的影响。

4 支护风险防控措施的实施路径

4.1 基于评估结果的技术防控措施

支护风险的防控措施应当紧密依赖于风险评估结果，以确保防控措施的针对性和有效性。通过对地质条件、地下水位、土层结构等各项因素的详细评估，能够识别出潜在的风险源，并制定相应的技术措施。在评估过程中，如果发现基坑周围存在软弱土层或高水位，可以通过加固支护结构，使用深层搅拌桩或土钉墙来提升土体的承载力和稳定性^[4]。针对可能出现的基坑沉降、裂缝或侧向位移等问题，可以提前部署变形监测设备，实时跟踪基坑状态，确保及时采取加固措施。基于评估结果的防控措施不仅能有效降低风险，还能提高施工过程中的灵活应对能力，保证施工安全。

4.2 不同地质类型的防控策略

不同地质类型的风险防控策略应依据具体的地质特点进行量身定制。在软土地区，支护结构设计需要注重提高抗浮力和抗侧压力，通过设立深基础或加强桩基的承载能力来稳定基坑。在砂土或粘土层中，由于地下水的渗透性较强，应当设置有效的排水系统，降低水对基坑稳定性的影响。而在断层带附近，由于地质构造复杂，支护结构需要特别加强，以应对断层活动的可能性。在岩石层或硬土层中，支护设计则应关注如何防止土体破裂和基坑开裂，可能需要采用高强度支撑结构和特殊的加固技术。这些防控策略的有效实施，能够针对性地消除不同地质条件下的潜在风险，从而确保基坑施工的顺利进行。

4.3 防控措施的有效性验证与反馈

防控措施的有效性验证是确保支护工程安全的重要步骤。通过建立一套完善的监测和反馈机制，可以实时跟踪防控措施的实施效果。在防控措施实施后，应通过传感器、激光扫描等现代监测手段，定期收集基坑的各项数据，包括支护结构的变形、地基沉降、周围环境的变化等。将这些数据与预设的标准进行对比，验证防控措施的实际效果。如果监测结果表明防控措施未能达到预期效果，应立即采取补充或调整措施，如加强支撑、修改排水系统等。通过不断调整优化，形成动态的风险管理体系。

5 支护风险管理的实际应用与成效

5.1 典型项目的支护风险防控案例

在多个典型基坑支护项目中，应用的风险防控措施显示出

显著的效果。例如,在某超高层建筑项目中,基坑周围的地质条件复杂,软弱土层和高水位给支护设计带来了较大挑战。通过引入基于风险评估的动态监测系统,实时跟踪基坑的变形情况,并结合深基础和土钉墙加固支护方案,成功避免了由于水土流失及沉降问题引发的安全事故^[5]。在另一个项目中,针对断层带区域的特殊地质条件,通过加大支护结构的强度,增加了抗滑移设计,确保了施工过程中的结构稳定性。这些典型案例证明了,精确的风险识别与科学的防控措施不仅能够提高施工安全性,还能有效减少地质风险带来的潜在威胁。

5.2 风险防控措施的实施效果分析

风险防控措施的实施效果,直接关系到深基坑工程的安全性和稳定性。在某些项目中,针对复杂地质条件下的支护设计优化,通过加强支撑和增设监测系统,使得基坑在施工过程中得到了有效的控制,避免了地质灾害的发生。防控措施的实施效果通过现场监测数据和长期跟踪结果加以验证。基坑的沉降和周围环境的位移保持在可接受范围内,且施工期间未发生重大安全事故。这些成果表明,风险防控措施的及时落实能够有效降低基坑工程中的潜在风险。通过持续的风险监控和措施调整,不仅保障了工程的顺利推进,还减少了施工过程中因不稳定因素造成的时间和成本浪费。

参考文献:

- [1] 杨博,孙任杰,郭争飞.复杂地质条件下地下金属矿山巷道施工及顶板安全技术优化[J].山西冶金,2025,48(12):144-146.
- [2] 赵荣亮.复杂地质条件下深基坑支护结构优化设计与稳定性分析[J].黑龙江科学,2025,16(24):152-154.
- [3] 关人杰.复杂地质条件下水工建筑物地基稳定性勘察方法研究[J].水上安全,2025,(24):133-135.
- [4] 张正舞.超高层建筑深基坑支护结构变形光纤光栅实时监测研究[J].工程技术研究,2025,10(16):33-35.
- [5] 张腾,王春龙,王柏涵.超高层深基坑支护设计及智能监测技术的应用研究[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(19):152-154.

5.3 支护技术与风险管理的协同发展

支护技术和风险管理的协同发展,体现了现代工程建设中对复杂地质条件应对能力的提高。在深基坑支护工程中,支护技术的进步与风险管理方法的不断优化相辅相成,共同促进了工程的安全性和可持续性。现代支护技术如智能监测、三维建模和自动化支撑系统的应用,使得基坑支护结构能够在施工过程中根据实时数据进行动态调整,进一步增强了支护系统的稳定性。风险管理方法的完善使得项目团队能在施工前、施工中及施工后对各类潜在风险进行预警与管理,确保了整体施工过程的安全性。这种技术与管理的协同发展,不仅提高了基坑工程的安全标准,还为工程项目的顺利实施奠定了坚实的基础。

6 结语

深基坑支护技术在复杂地质条件下的应用,强调了精准的风险评估与防控措施的重要性。针对不同地质环境,灵活调整支护设计、优化防控策略、强化施工过程中的实时监测和反馈机制,能够有效保障基坑工程的安全性与稳定性。随着技术的进步,支护结构的设计越来越适应复杂的地质条件,风险管理也日益精细化。在未来的工程实践中,支护技术与风险管理的深度融合将进一步提升工程施工的安全保障能力,为超高层建筑等项目的顺利完成提供有力支持。风险防控的不断创新和完善,不仅为工程项目的成功奠定基础,也为行业的发展提供了宝贵经验。