

深基坑支护技术与施工安全管理研究

文 / 郭翔 济南市章丘区建设投资有限公司

王化伟 济南市章丘区建设投资有限公司

摘要：随着城市化进程的加速，深基坑工程在城市建设中的应用日益广泛，但其施工难度大、风险高，事故后果严重。因此，深入研究深基坑支护技术与施工安全管理对保障工程安全和促进城市发展至关重要。本文首先介绍了深基坑工程的定义、特点、分类及常见风险，系统分析了放坡开挖、土钉墙、排桩支护等常用支护技术的原理、适用范围及设计要点，并探讨了预应力锚杆支护、可回收锚杆支护等新型技术的发展趋势。其次，从安全管理体系、风险识别与评估、控制措施及应急预案等方面，对施工安全管理进行了深入探讨。最后，结合工程案例，分析了支护技术与安全管理的实际应用，并展望了未来发展趋势。研究表明，科学选择支护技术和严格安全管理是保障深基坑工程安全的关键。未来应加强绿色环保、智能化支护技术及信息化、精细化安全管理的研究，推动深基坑工程安全水平的提升。

关键词：深基坑；支护技术；施工安全；风险管理

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.10.106

引言

随着城市化进程的加速推进，高层建筑、地下空间开发等工程项目日益增多，深基坑工程作为这些项目的重要基础环节，其规模、深度和复杂性也在不断增加。深基坑工程是指在建筑物地下部分施工过程中，为满足结构稳定和施工安全需要而进行的临时性或永久性支护工程。由于其施工环境复杂、地质条件多变，深基坑工程面临着诸多挑战，如土体稳定性、地下水控制、周边环境保护等问题。近年来，尽管深基坑支护技术和施工安全管理水平有了显著提升，但工程事故仍时有发生，造成了严重的人员伤亡和经济损失。因此，深入研究深基坑支护技术与施工安全管理，不仅是工程实践的需求，也是学术研究的重要方向。

一、深基坑工程概述

（一）深基坑工程特点

深基坑工程是指为建造地下结构或设施而开挖的深度较大（通常超过5米）的临时性或永久性基坑工程。其核心目的是为地下空间的开发提供安全、稳定的施工环境。深基坑工程具有以下显著特点：首先，开挖深度大，导致土体应力释放显著，容易引发边坡失稳、地表沉降等问题；其次，施工环境复杂，常涉及地下水、软弱土层、周边建筑物等多种影响因素，增加了施工难度；再次，支护结构形式多样，需根据地质条件、工程需求等因素选择合适的支护方式；最后，施工周期较长，且对周边环境影响较大，需采取有效的监测和控制措施。深基坑工程不仅是地下空间开发的关键环节，也是城市建设中技术难度高、风险大的工程类型之一。

（二）深基坑工程分类

深基坑工程可根据不同的分类标准进行划分。按开挖深度可分为浅基坑（5-10米）、中深基坑（10-20米）和超深基坑（超过20米）；按支护结构形式可分为放坡开挖、土钉墙支护、排桩支护、地下连续墙支护、内支撑体系支护等；按使用功能可分为建筑基坑、地铁基



图1 深基坑支护

坑、桥梁基坑、水利基坑等。此外，根据地质条件的不同，深基坑工程还可分为软土基坑、岩土基坑、混合地层基坑等。不同类型的深基坑工程在设计 and 施工中面临的技术难点和安全风险各不相同，因此需要根据具体工程特点制定针对性的技术方案和管理措施。

（三）深基坑工程常见风险

深基坑工程在施工过程中面临多种风险，主要包括以下几类：一是边坡失稳风险，由于开挖深度大、土体应力释放，可能导致边坡坍塌或滑移，严重威胁施工安全；二是地下水风险，地下水位变化或降水措施不当可能引发涌水、流砂等问题，影响基坑稳定；三是支护结构失效风险，如支护桩变形、支撑体系失稳等，可能导致基坑整体失稳；四是周边环境风险，深基坑开挖可能引起周边建筑物沉降、道路开裂、管线损坏等，对城市基础设施造成破坏；五是施工管理风险，如施工组织不当、监测不到位、应急预案不完善等，可能加剧事故发生的可能性。这些风险相互交织，增加了深基坑工程的复杂性和不确定性，因此需要在设计、施工和管理的各

个环节采取科学有效的措施，以最大限度地降低风险，确保工程安全。

二、深基坑支护技术

(一) 支护结构类型及适用范围

深基坑支护技术是确保基坑稳定和施工安全的关键，其核心在于选择合适的支护结构类型。常见的支护结构包括放坡开挖、土钉墙、排桩支护、地下连续墙、内支撑体系和锚杆支护等。放坡开挖适用于地质条件较好、开挖深度较浅且周边环境允许的工程，其优点是施工简单、成本低，但对场地空间要求较高。土钉墙通过土钉与土体的相互作用形成复合结构，适用于中等深度的基坑，具有施工速度快、适应性强的特点。排桩支护采用桩体与冠梁或内支撑结合的方式，适用于较深基坑和复杂地质条件，能够有效控制变形。地下连续墙通过连续浇筑混凝土形成刚性墙体，适用于超深基坑和对周边环境要求高的工程，但其施工成本较高。内支撑体系通过在基坑内部设置水平支撑或斜撑来平衡土压力，适用于狭窄场地和深基坑工程。锚杆支护通过锚杆与土体的锚固作用提供支护力，适用于边坡稳定和深基坑支护，但其施工工艺较为复杂。每种支护结构都有其特定的适用范围，需根据工程地质条件、开挖深度、周边环境等因素进行合理选择。

(二) 支护结构设计要点

深基坑支护结构设计是确保工程安全的重要环节，其设计要点主要包括以下几个方面：首先，设计需遵循安全可靠、经济合理的原则，综合考虑地质条件、开挖深度、周边环境等因素，确保支护结构能够有效抵抗土

压力、水压力等外部荷载。其次，荷载计算是设计的基础，需准确计算土压力、水压力、地面超载等荷载，并结合基坑形状、支护形式进行合理分布。再次，稳定性分析是设计的核心，需对支护结构的整体稳定性、局部稳定性以及抗倾覆、抗滑移能力进行详细验算，确保其在施工和使用过程中的安全性。此外，支护结构的变形控制也是设计的重要目标，需通过合理的结构设计和施工措施，将基坑变形控制在允许范围内，以减少对周边环境的影响。最后，设计还需考虑施工可行性和经济性，选择适合的施工工艺和材料，在保证安全的前提下降低工程成本。

(三) 新型支护技术及应用

随着工程技术的不断发展，深基坑支护技术也在不断创新，涌现出一批新型支护技术。预应力锚杆支护技术通过在锚杆中施加预应力，提高了支护结构的整体刚度和稳定性，适用于对变形控制要求高的工程。可回收锚杆支护技术采用可拆卸的锚杆结构，在完成支护功能后可将锚杆回收再利用，具有环保和经济双重优势。装配式支护技术通过预制构件在现场快速组装，提高了施工效率，减少了现场作业风险，适用于工期紧张和场地受限的工程。此外，智能化支护技术结合传感器、物联网和大数据分析，实现了对支护结构受力状态和变形情况的实时监测和预警，为深基坑工程的安全管理提供了有力支持。这些新型支护技术的应用，不仅提高了深基坑工程的安全性和经济性，也为复杂地质条件和特殊环境下的基坑支护提供了新的解决方案，推动了深基坑工程技术的进步和发展。

表 1 深基坑工程常用材料性能对比

材料类型	抗压强度 (MPa)	抗拉强度 (MPa)	耐久性	适用场景
钢筋混凝土	30-50	2-4	高	支护桩、地下连续墙
钢材	200-400	200-400	高	内支撑、锚杆
土工合成材料	10-20	5-10	中等	土钉墙、边坡加固
预制混凝土构件	40-60	3-5	高	装配式支护
复合材料	50-100	10-20	高	新型支护结构

三、深基坑施工安全管理

(一) 安全管理体系构建

深基坑施工安全管理体系的构建是确保工程安全的基础，其核心在于建立科学、系统的管理框架。首先，需明确安全管理目标，即以预防为主、综合治理为原则，最大限度地减少安全事故的发生。其次，应建立健全安全管理组织机构，明确各级管理人员和施工人员的职责，形成从项目经理到一线工人的全员安全管理网络。再次，制定完善的安全管理制度，包括安全生产责任制、安全教育培训制度、安全检查制度、事故报告与处理制度等，确保各项安全管理工作有章可循。此外，还需加强安全文化建设，通过宣传教育、案例分析等方式，提高全员

的安全意识和风险防范能力。安全管理体系的构建不仅为深基坑施工提供了制度保障，也为实现工程安全目标奠定了坚实基础。

(二) 安全风险识别与评估

安全风险识别与评估是深基坑施工安全管理的重要环节，其目的是全面识别施工过程中可能存在的风险，并对其进行科学评估。风险识别通常采用专家咨询、现场调查、历史数据分析等方法，重点关注边坡失稳、支护结构失效、地下水涌出、周边环境破坏等潜在风险。风险评估则通过定性或定量的方法，对识别出的风险进行分析和排序，确定其发生的可能性和后果严重程度。常用的风险评估方法包括风险矩阵法、故障树分析法、

模糊综合评价法等。通过风险识别与评估，可以为制定针对性的安全控制措施提供依据，从而有效降低施工风险。

（三）安全控制措施

安全控制措施是深基坑施工安全管理的核心内容，其目的是通过技术和管理手段，将施工风险控制在可接受范围内。在施工准备阶段，需进行详细的地质勘察和周边环境调查，制定科学合理的施工方案和安全技术措施。在土方开挖阶段，应严格按照设计要求分层开挖，并及时进行支护施工，避免边坡失稳。在支护结构施工阶段，需确保支护结构的质量和稳定性，加强对支撑体系、锚杆等关键部位的检查和监测。在降水排水方面，应根据地下水位情况采取有效的降水措施，防止涌水、流砂等问题的发生。此外，还需加强施工现场的安全管理，如设置安全警示标志、规范施工人员行为、定期开展安全检查等，确保各项安全措施落实到位。

（四）应急预案与事故处理

应急预案与事故处理是深基坑施工安全管理的关键环节，也是保障工程安全的最后一道防线。其核心目标是在事故发生时能够快速响应、有效处置，最大限度地减少人员伤亡、财产损失以及对周边环境的影响。应急预案的制定需要紧密结合工程特点、地质条件、施工工艺及潜在风险，确保预案的针对性和可操作性。预案内容应包括应急组织机构的设置、职责分工的明确、应急流程的细化以及应急资源的配置等。同时，还需定期组织应急演练，通过模拟事故场景，检验预案的可行性和有效性，提高施工人员的应急响应能力和协同配合水平。

事故处理是安全管理的重要组成部分，必须遵循“四不放过”原则，即事故原因未查清不放过、责任人员未处理不放过、整改措施未落实不放过、相关人员未受教育不放过。在事故发生后，应立即启动应急预案，采取有效措施控制事态发展，并对事故原因进行深入调查和分析。通过技术鉴定、现场勘查、人员访谈等手段，找出事故的根本原因，明确责任主体，并制定切实可行的整改措施。此外，还需对相关人员进行安全教育和培训，强化安全意识，防止类似事故再次发生。

通过科学制定应急预案和严格执行事故处理程序，不仅可以提高深基坑施工的安全管理水平，还能为工程的顺利推进提供有力保障。未来，应进一步加强应急预案的动态化管理，结合信息化技术实现事故预警和实时监控，同时推动事故处理经验的总结与共享，全面提升深基坑工程的安全防控能力。

四、深基坑支护技术与施工安全管理发展趋势

（一）支护技术发展趋势

随着工程技术的不断进步和城市化进程的加快，深基坑支护技术正朝着绿色环保、智能化和高效化的方向发展。首先，绿色环保支护技术成为未来发展的重点，其核心在于减少施工对环境的影响。例如，可回收锚杆技术通过回收利用支护材料，降低了资源浪费；生态护

坡技术结合植被恢复，既实现了边坡稳定，又改善了周边环境。其次，智能化支护技术逐渐崭露头角，通过引入传感器、物联网和大数据分析，实现了对支护结构受力状态和变形情况的实时监测与预警。例如，智能锚杆系统能够实时监测锚杆的受力变化，为工程安全提供数据支持。此外，装配式支护技术通过预制构件在现场快速组装，显著提高了施工效率，减少了现场作业风险。未来，随着新材料、新工艺的不断涌现，深基坑支护技术将更加注重安全性、经济性和可持续性，为复杂地质条件和特殊环境下的基坑工程提供更加可靠的解决方案。

（二）施工安全管理发展趋势

深基坑施工安全管理正朝着信息化、精细化和标准化的方向发展，以应对日益复杂的工程环境和更高的安全要求。首先，信息化安全管理成为主流趋势，通过构建安全管理信息平台，实现施工数据的实时采集、传输和分析。例如，利用无人机、智能监控设备和移动终端，可以对施工现场进行全方位、多角度的监控，及时发现和处置安全隐患。其次，精细化安全管理逐渐受到重视，其核心在于将安全管理贯穿于施工的每个环节和细节。例如，通过引入BIM（建筑信息模型）技术，可以在施工前模拟基坑开挖和支护过程，优化施工方案，降低安全风险。

结语

深基坑支护技术与施工安全管理是保障深基坑工程安全的核心内容，其研究与实践对于推动城市建设和地下空间开发具有重要意义。本文通过对深基坑支护技术的系统分析，总结了放坡开挖、土钉墙、排桩支护、地下连续墙、内支撑体系、锚杆支护等常用技术的原理、适用范围及设计要点，并探讨了预应力锚杆支护、可回收锚杆支护、装配式支护等新型技术的发展趋势。在施工安全管理方面，本文从安全管理体系构建、安全风险识别与评估、安全控制措施、应急预案与事故处理等角度，提出了科学系统的管理方法和技术措施。研究表明，深基坑工程的安全性与支护技术的合理选择、施工安全管理的严格实施密不可分。未来，随着绿色环保支护技术、智能化支护技术、信息化安全管理、精细化安全管理的不断发展，深基坑工程的安全水平将进一步提升。本文的研究成果为深基坑工程的设计、施工和管理提供了理论依据和实践指导，同时也为相关领域的研究提供了参考和借鉴。

参考文献

- [1] 颜进. 深基坑支护施工技术及管理分析[J]. 砖瓦, 2024, (10): 121-123+127.
- [2] 王喆. 市政工程中深基坑支护技术及其施工安全管理探讨[J]. 中国住宅设施, 2023, (05): 166-168.

作者简介：郭翔（1989.02--）；男，汉，山东省济南市章丘区，本科；现有职称：中级工程师；研究方向：建筑施工。