

深基坑支护工程施工技术与安全控制措施研究

刘 源

中铁隧道集团二处有限公司 河北 三河 266045

摘 要：本文聚焦于深基坑支护工程施工技术与安全控制措施，剖析了深基坑支护工程的特点。详细阐述了常见的深基坑支护施工技术，包括排桩支护、地下连续墙支护、土钉墙支护等，并对其适用范围、施工要点及优缺点进行了分析。同时，探讨了影响深基坑支护工程安全的因素，如地质条件、周边环境、施工管理等。在此基础上，提出了针对性的安全控制措施，涵盖施工前的准备、施工过程中的监测以及应急预案的制定等方面。通过实际案例分析，验证了科学合理的施工技术和有效的安全控制措施对保障深基坑支护工程质量与安全的重要性，旨在为深基坑支护工程的实践提供有益的参考。

关键词：深基坑支护工程；施工技术；安全控制措施；施工监测

1 引言

随着城市化进程的加速，高层建筑、地下工程等建设项目日益增多，深基坑工程作为这些项目的重要组成部分，其施工技术和安全控制问题愈发受到关注。深基坑支护工程是为了确保地下结构施工及基坑周边环境的安全，对基坑侧壁及周边环境采用的支挡、加固与保护措施。由于深基坑工程具有深度大、地质条件复杂、周边环境影响大等特点，施工难度较大，一旦发生安全事故，将造成严重的人员伤亡和财产损失，同时还会对周边环境产生不良影响。因此，深入研究深基坑支护工程施工技术与安全控制措施具有重要的现实意义。

2 深基坑支护工程的特点

深基坑支护工程具有显著特点：现代建筑地下空间开发使基坑深度不断增大，部分大型工程达数十米，对支护结构设计 with 施工要求更高；不同地区地质条件差异大，施工可能遇软土、砂土、岩石等，不确定性增加难度与风险；其多位于城市建筑密集区，周边有建筑物、管线、道路等，施工产生的沉降、位移等易破坏周边环境，影响使用安全；工程涉及支护结构施工、降水、土方开挖等多个环节，周期长且环节相互影响，需精心组织协调；因复杂性与不确定性，施工易出现坍塌、涌水涌砂等安全事故，风险性高。

3 常见深基坑支护施工技术分析

3.1 排桩支护

排桩支护适用于基坑侧壁安全等级为一、二、三级的基坑，尤其适用于软土地、地下水位较高地区的基坑工程。排桩支护一般采用钻孔灌注桩、人工挖孔桩等桩型。施工时，应先进行桩位放线，然后采用合适的成孔设备进行成孔，成孔过程中要控制好孔径、孔深和

垂直度等参数。成孔后进行钢筋笼的制作和安装，最后浇筑混凝土形成桩体。排桩之间可通过冠梁连接形成整体，增强支护结构的稳定性。排桩支护的优点是施工工艺成熟，支护刚度较大，变形控制较好；缺点是施工周期较长，造价相对较高，且在软土地区可能会出现桩间土流失等问题。

3.2 地下连续墙支护

地下连续墙支护适用于深度较大、地质条件复杂、周边环境要求高的基坑工程，如地铁车站、大型地下商场等。地下连续墙施工主要包括导墙施工、泥浆制备与处理、成槽施工、钢筋笼制作与吊放、混凝土浇筑等环节。导墙是地下连续墙施工的导向和存储泥浆的结构，应保证其强度和稳定性。成槽是关键工序，可采用抓斗式、冲击式等成槽设备，成槽过程中要控制好槽壁的垂直度和稳定性^[1]。钢筋笼制作要符合设计要求，吊放时要防止变形。混凝土浇筑应采用导管法，确保混凝土的质量和连续性。地下连续墙支护的优点是刚度大、整体性好、防水性能强，对周边环境影响小；缺点是施工设备复杂，技术要求高，造价昂贵，且施工产生的泥浆需要妥善处理，否则会对环境造成污染。

3.3 土钉墙支护

土钉墙支护适用于地下水位以上或经降水后的人工填土、黏性土和弱胶结砂土等场地，基坑侧壁安全等级为二、三级的非软土基坑。土钉墙支护施工主要包括开挖工作面、修整边坡、喷射第一层混凝土、钻孔、安设土钉、注浆、绑扎钢筋网、喷射第二层混凝土等步骤。开挖工作面应分层分段进行，每层开挖深度不宜过大，以保证边坡的稳定性。土钉的安设角度和间距应根据设计要求确定，注浆材料一般采用水泥砂浆，注浆时要保

证注浆饱满。钢筋网的绑扎要牢固,与土钉连接良好。土钉墙支护的优点是施工设备简单、施工速度快、造价较低;缺点是支护深度有限,对土质条件要求较高,在软土地区和地下水位较高的地区应用受到一定限制。

3.4 锚杆支护

锚杆支护可与排桩、地下连续墙等其他支护结构结合使用,适用于各种地质条件和基坑深度较大的工程。锚杆支护施工主要包括钻孔、安设锚杆、注浆、张拉锁定等环节。钻孔要保证孔径、孔深和角度符合设计要求,锚杆的安设要顺直,注浆材料和注浆工艺要根据地质条件进行选择,以确保锚杆与周围土体之间的粘结力。张拉锁定要在注浆体强度达到设计要求后进行,张拉过程中要控制好张拉力和位移^[2]。锚杆支护的优点是能够提供较大的支护阻力,有效控制基坑变形,且施工灵活;缺点是锚杆施工可能会对周边环境产生一定影响,如地下管线、周边建筑物的基础等,且锚杆的耐久性受环境因素影响较大。

4 影响深基坑支护工程安全的因素

4.1 地质条件

地质条件是影响深基坑支护工程安全的重要因素之一。不同地质条件下的土体物理力学性质差异很大,如土的密度、内摩擦角、粘聚力等参数会影响土压力的计算和支护结构的设计。软土地区土体强度低、压缩性高,深基坑施工时容易出现较大的沉降和位移;而岩石地区土体强度高,但可能存在节理裂隙等不良地质现象,也会对支护结构的稳定性产生影响。

4.2 周边环境

深基坑周边的建筑物、地下管线、道路等设施对基坑施工的安全有重要影响。周边建筑物的荷载会增加基坑侧壁的土压力,地下管线的存在可能会限制基坑的开挖和支护施工,道路的交通荷载也可能对基坑稳定性产生不利影响。此外,周边环境的振动、地下水变化等因素也可能引发基坑安全事故。

4.3 施工管理

施工管理水平的高低直接影响深基坑支护工程的安全。不合理的施工顺序、不规范的施工操作、缺乏有效的质量检测和监控等都可能导致支护结构出现质量问题,引发安全事故。例如,土方开挖过快、超挖,支护结构未及时施工,会导致基坑暴露时间过长,增加基坑变形的风险;注浆不饱满、混凝土强度不足等质量问题会降低支护结构的承载能力。

4.4 设计因素

支护结构的设计是否合理是保障深基坑安全的关键。

设计时若对地质条件、周边环境等因素考虑不充分,土压力计算不准确,支护结构选型不当,可能会导致支护结构强度不足或变形过大,无法满足基坑安全的要求。此外,设计时未充分考虑施工过程中的各种工况和不确定性因素,也会给基坑安全带来隐患。

5 深基坑支护工程安全控制措施

5.1 施工前的准备工作

(1)地质勘察与环境调查:在施工前,应进行详细的地质勘察和环境调查,了解基坑周边的地质条件、地下水位、周边建筑物的结构类型、基础形式、地下管线的分布等情况,为支护结构的设计和施工提供准确的基础资料。(2)支护结构设计优化:根据地质勘察和环境调查结果,结合工程实际情况,选择合理的支护结构形式,并进行详细的设计计算。设计过程中应充分考虑施工过程中的各种工况和不确定性因素,确保支护结构具有足够的安全储备。同时,应组织专家对设计方案进行论证和优化,提高设计方案的合理性和可靠性。(3)施工组织设计编制:编制科学合理的施工组织设计,明确施工顺序、施工方法、施工进度计划、质量保证措施、安全控制措施等内容。施工组织设计应具有针对性和可操作性,能够指导施工全过程^[3]。(4)施工人员培训与交底:对施工人员进行技术培训和安全教育,使其熟悉施工工艺、质量标准和安全注意事项。特别是对于特殊工种作业人员,应要求其持证上岗,确保施工操作规范、安全。

5.2 施工过程中的安全控制

(1)土方开挖控制:土方开挖应遵循“分层、分段、对称、平衡、限时”的原则,严格控制开挖顺序和开挖速度。每层开挖深度不宜过大,一般不超过3m,每段开挖长度应根据支护结构的类型和设计要求确定。开挖过程中应及时支护,减少基坑暴露时间,避免基坑变形过大。(2)支护结构施工质量控制:加强对支护结构施工过程的质量控制,严格按照设计要求和施工规范进行施工。对于排桩支护,应控制好桩径、桩长、桩间距、混凝土强度等参数;对于地下连续墙支护,要保证槽壁的垂直度和稳定性,控制好钢筋笼的制作和安装质量以及混凝土的浇筑质量;对于土钉墙支护,要注意土钉的安设角度、间距、注浆质量以及钢筋网的绑扎质量等。(3)降水与排水控制:根据地质勘察结果和设计要求,合理选择降水方案,确保基坑内的地下水位降低到设计要求以下。降水过程中要加强对周边环境的监测,防止因降水导致周边建筑物沉降、地下管线变形等问题。同时,要做好基坑内的排水工作,及时排除坑内的

积水,避免坑底土体被浸泡软化,影响基坑稳定。(4) 施工监测:建立完善的施工监测体系,对基坑及周边环境进行实时监测^[4]。监测内容包括基坑支护结构的变形、位移、应力,周边建筑物的沉降、倾斜,地下管线的变形,地下水位变化等。监测数据应及时进行分析和处理,当监测数据超过预警值时,应立即停止施工,分析原因,采取相应的加固措施,确保基坑安全。

5.3 应急预案的制定与实施

(1) 应急预案制定:针对深基坑施工过程中可能出现的坍塌、涌水、涌砂等安全事故,制定详细的应急预案。应急预案应包括应急组织机构、应急救援物资和设备、应急响应程序、应急处置措施等内容。应急预案应具有针对性和可操作性,并定期组织演练,提高应急救援能力。(2) 应急物资储备:储备必要的应急救援物资和设备,如抢险救援车辆、起重设备、排水设备、支护材料、急救药品等,并定期进行检查和维护,确保物资和设备处于良好的备用状态。(3) 应急响应与处置:一旦发生安全事故,应立即启动应急预案,迅速组织应急救援队伍赶赴现场进行救援。在救援过程中,要遵循“先救人、后救物”的原则,采取有效的措施控制事故发展,减少事故损失。同时,要及时向上级主管部门报告事故情况,配合有关部门进行事故调查和处理。

6 案例分析

6.1 工程概况

某高层建筑基坑工程,基坑深度为12m,基坑周长约为300m。场地地质条件复杂,上层为杂填土,厚度约为2-3m,下层为软土层,厚度约为8-10m,软土层下为砂层。基坑周边存在多栋建筑物和地下管线,环境条件较为复杂。

6.2 支护结构设计与施工

根据工程地质条件和周边环境情况,采用排桩支护与锚杆支护相结合的支护方案。排桩采用钻孔灌注桩,桩径为1m,桩间距为1.5m,桩长为18m。锚杆采用预应

力锚杆,锚杆间距为1.5m,长度为15-20m。施工过程中,严格按照设计要求和施工规范进行施工。土方开挖采用分层分段开挖的方式,每层开挖深度不超过2m,每段开挖长度不超过20m。开挖过程中及时进行支护施工,确保基坑稳定。同时,加强对基坑及周边环境的监测,监测数据显示基坑支护结构的变形和周边建筑物的沉降均在允许范围内。

6.3 安全控制效果

通过科学合理的支护结构设计和有效的施工安全控制措施,该基坑工程顺利完成施工,未发生任何安全事故。基坑支护结构的变形和周边建筑物的沉降均得到有效控制,保障了工程施工安全和周边环境的安全,取得了良好的经济效益和社会效益。

结语

深基坑支护工程施工技术与安全控制,关乎基坑工程质量与安全。本文分析了常见施工技术,探讨了安全影响因素并提出控制措施。实际案例显示,科学施工与有效安全控制可保障工程及周边安全。实际中应依地质、环境及设计选支护形式与方法,强化施工管理与监测,完善应急预案,提升技术与安全水平,支持城市建设。同时,要紧跟科技步伐,加强新技术、新工艺研究应用,推动该领域技术创新发展。

参考文献

- [1]王卫朝.建筑工程施工中的深基坑支护施工技术[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(16):129-131.
- [2]田冲.建筑工程施工中深基坑支护施工技术管理探讨[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(17):99-101.
- [3]王珏.土木工程深基坑支护施工技术与安全管理策略[C]//重庆市大数据和人工智能产业协会,重庆建筑编辑部,重庆市建筑协会.智慧建筑与智能经济建设学术研讨会论文集(一).江西昌铭建设工程有限公司,2025:1172-1174.
- [4]吴兰香.建筑工程深基坑支护施工质量与安全控制[J].砖瓦,2024,(03):131-133.