

岩土工程施工中的边坡支护技术的研究

许坤阳

浙江创越建设工程有限公司 浙江 杭州 310052

摘要：在岩土工程领域，边坡稳定性关乎整个工程的安全与效益。本文聚焦于岩土工程施工中的边坡支护技术。首先明确了边坡支护技术的基本概念与原理，阐述其定义、作用功能及相关原理。接着详细介绍了基坑支撑系统、挡水系统、挡土系统等边坡支护技术类型。深入剖析现阶段该技术存在的挑战，包括深基坑边坡施工不规范、土层挖掘与边坡支护差异以及支护结构受力误差等问题。并针对性地提出强化设计与创新、完善施工规范标准、强化理论计算研究与实践应用等提高边坡支护技术的措施，旨在为岩土工程边坡支护技术的发展与应用提供全面的理论与实践参考，以提升工程的安全性及稳定性。

关键词：岩土工程；施工中的；边坡支护；技术研究

引言：在岩土工程领域，边坡支护技术占据着举足轻重的地位。随着各类工程建设项目的不断推进，如高层建筑、交通基础设施等的兴建，边坡问题日益凸显。不稳定的边坡可能引发滑坡、坍塌等灾害，严重威胁工程安全、周边环境及人员生命财产。边坡支护技术旨在通过一系列工程措施，增强边坡的稳定性，防止土体或岩体的变形与破坏。其涵盖了从理论基础到实际施工的多个环节，涉及多种技术手段的综合运用。对岩土工程施工中的边坡支护技术进行深入研究，有助于解决当前工程实践中面临的诸多难题，提高工程质量与效益，推动岩土工程领域的可持续发展。

1 边坡支护技术的基本概念与原理

1.1 边坡支护的定义

边坡支护是指为保证岩土边坡的稳定性，对存在潜在滑动或坍塌风险的边坡采取的一系列工程技术措施。它是岩土工程的重要组成部分，旨在通过构建特定的结构体系或采用特定的加固方法，抵御边坡土体或岩体所受的重力、侧向压力、地震力以及地下水等因素产生的不利影响。例如在建筑基坑周边、道路路堑或路堤两侧等边坡处设置支护结构，使边坡能够在预定的使用期限内保持安全稳定的状态，防止边坡土体的滑移、垮塌等破坏现象发生，从而保障工程建设的顺利进行以及周边环境的安全。

1.2 边坡支护的作用与功能

边坡支护具有多方面关键作用与功能。第一，保障工程结构安全，防止边坡失稳引发的土体或岩体崩塌、滑移对邻近建筑物、道路、桥梁等工程设施造成破坏，确保其正常使用和承载能力不受影响。例如在高层建筑基坑边坡支护中，避免因基坑壁坍塌导致基础受损。第

二，保护周边生态环境，阻止因边坡破坏产生的水土流失、泥石流等灾害对植被、河流等自然环境要素的损害，维持生态平衡。第三，提供施工安全作业条件，在岩土工程施工过程中，稳定的边坡有利于施工人员和设备的安全操作，减少事故风险，保障施工进度按计划推进，降低工程成本的不确定性^[1]。

1.3 边坡支护技术的基本原理

边坡支护技术基本原理主要基于力学平衡和土体加固原理。从力学平衡角度看，通过设置支护结构如挡土墙、锚杆、锚索等，承受边坡土体或岩体的侧向压力，将不稳定的力传递到稳定地层中，从而达到力的平衡状态，防止边坡发生滑移或倾覆。例如挡土墙依靠自身重力或结构强度抵抗土压力。从土体加固原理出发，采用土钉墙、加筋土等技术，增强土体内部的摩擦力和粘结力，提高土体的抗剪强度。如土钉墙通过土钉与土体的相互作用，形成复合土体，使土体的整体性和稳定性得到提升，同时利用植被防护技术，借助植物根系对土体的锚固和茎叶对雨水的截留作用，减少雨水冲刷和土体侵蚀，共同维持边坡的稳定。

2 岩土工程施工中边坡支护的技术

2.1 基坑支撑系统的支护技术

基坑支撑系统支护技术主要用于深基坑工程，以确保基坑开挖过程中坑壁的稳定性。常见的有内支撑和锚杆支护两种形式。内支撑结构包括钢支撑和混凝土支撑。钢支撑具有安装便捷、可重复利用等优点，能快速为基坑提供侧向支撑力，其通过在基坑内部搭建纵横交错的钢梁框架，将坑壁传来的土压力分散传递。混凝土支撑则刚度较大、变形小，适用于较深基坑或对变形控制要求高的工程，它通过浇筑钢筋混凝土梁、板等构件

形成稳固的支撑体系。锚杆支护是将锚杆一端固定在稳定土层或岩层中,另一端与基坑壁连接,利用锚杆的抗拉能力限制坑壁位移,它可以与内支撑结合使用,也能单独发挥作用,尤其在场地开阔、周边环境允许的情况下,能有效减少对基坑内部施工空间的占用,提高施工效率并降低成本。

2.2 挡水系统支护技术

挡水系统支护技术主要目的是防止地下水或地表水对边坡及基坑的不利影响。常见的有截水沟、止水帷幕等。截水沟设置在边坡或基坑顶部及周边,通过引导地表水径流,使其远离边坡和基坑,避免雨水下渗增加土体重量和孔隙水压力,从而减少边坡失稳风险。例如在山区道路边坡工程中,截水沟能有效拦截坡面雨水,保护道路路基稳定。止水帷幕则是在基坑周边地下一定深度处设置的不透水结构,常用高压旋喷桩、深层搅拌桩等工艺形成连续的墙体。它可以阻断地下水的侧向流动,降低基坑内的地下水位,防止因地下水渗流导致的坑壁土体流失和管涌等现象,为基坑开挖和基础施工创造干燥的作业环境,保障工程安全顺利进行。

2.3 挡土系统支护技术

挡土系统支护技术旨在抵抗土体的侧向压力,维持边坡或基坑的土体稳定。挡土墙是一种典型的挡土结构,重力式挡土墙依靠自身较大的重量来维持平衡,一般采用块石或混凝土砌筑,适用于高度较低、地基条件较好的边坡,其结构简单、施工方便。悬臂式挡土墙则利用墙体的悬臂结构特性,由立壁、墙趾板和墙踵板组成,能承受一定高度的土压力,对地基承载力要求相对较高,常用于市政工程中的基坑支护。扶壁式挡土墙在悬臂式基础上增设扶壁,增强了墙体的抗弯能力,可用于更高更陡的边坡或基坑支护。此外,土钉墙也是常用的挡土技术,它通过在土体中钻孔插入土钉并灌注水泥砂浆,使土钉与土体形成复合土体,借助土钉的摩擦力和抗拉强度以及土体自身的强度来抵抗土压力,适用于地下水位以上或经降水处理后的粘性土、粉土等土质边坡,具有成本低、施工快等优点^[2]。

3 现阶段岩土工程边坡支护技术存在的挑战

3.1 深基坑边坡施工不合规的问题

在深基坑边坡施工中,不合规的现象屡见不鲜。部分施工单位为赶工期或降低成本,未严格按照设计方案进行施工。例如,在基坑开挖过程中,没有遵循分层分段开挖的原则,一次性开挖深度过大,导致边坡土体暴露时间过长,增加了土体坍塌的风险。在边坡支护结构的安装环节,如锚杆的钻孔深度、角度以及锚索的张

拉锁定力等参数未达到设计要求,严重影响支护结构的有效性。此外,施工过程中的质量控制环节薄弱,对钢筋、混凝土等材料的质量把控不严,使用不符合规格的材料,使得支护结构的强度和耐久性难以保障。还有一些施工现场的安全管理不到位,未设置完善的排水系统,在降雨天气时,基坑内积水无法及时排出,造成边坡土体浸泡,降低土体抗剪强度,进而引发边坡失稳事故。

3.2 土层挖掘与边坡支护之间的差异

土层挖掘与边坡支护在实际施工中往往难以实现理想的协同配合。一方面,挖掘作业的进度安排可能未充分考虑支护施工的需求。挖掘速度过快时,支护工作跟不上,使得边坡长时间处于无有效支护状态,增加了边坡失稳的可能性。例如在大型建筑基坑施工中,土方开挖队伍与支护施工队伍之间缺乏有效沟通协调,土方开挖迅速推进,而支护施工滞后,导致边坡土体出现局部滑移。另一方面,挖掘方式对支护结构的稳定性也有影响。不合理的挖掘方法,如在靠近支护结构处采用大型机械强力挖掘,可能会扰动支护结构周围的土体,破坏土体与支护结构之间的相互作用关系,削弱支护效果。而且,不同土层的特性差异也会加剧这种矛盾,在软土层挖掘时,若未及时调整支护参数,支护结构可能无法适应软土的大变形特性,导致支护失效。

3.3 支护结构与实际受力之间的误差

支护结构与实际受力之间存在多方面的误差。首先,在设计阶段对边坡土体受力的计算往往是基于一定的假设和简化模型,实际工程中边坡土体的地质条件复杂多变,如存在未探明的断层、软弱夹层等,这些因素会使土体的实际受力情况与设计计算结果产生较大偏差。其次,施工过程中的一些因素也会导致受力误差。例如,在地下水位变化较大的区域,由于降水措施不当或突发暴雨等情况,地下水对土体的浮力和渗透力发生改变,而支护结构设计未充分考虑这种动态变化,使得支护结构承受的实际荷载超出预期。此外,随着工程建设的推进,周边环境的改变也会对边坡受力产生影响,如相邻工程的施工振动、新的建筑物加载等,都会使边坡土体的应力状态发生变化,而现有的支护结构难以适应这些变化,从而引发支护结构受力不合理,影响边坡的稳定性。

4 提高岩土工程边坡支护技术的相关措施

4.1 强化设计与技术创新

在岩土工程边坡支护中,强化设计与技术创新具有关键意义。

设计过程中,应充分融合多学科知识与前沿技术。

运用地理信息系统（GIS）技术对边坡区域的地形地貌、地质构造等进行全面可视化分析，精准确定潜在风险区域，以便针对性地设计支护方案。借助人工智能算法对大量边坡工程案例进行深度学习，能够依据不同的地质参数和工程要求快速生成初步设计方案，并通过不断优化调整得到最佳方案。例如，基于深度学习的神经网络可以预测不同支护结构在特定边坡条件下的长期稳定性表现。

在技术创新领域，一方面积极研发新型支护材料。如高强度、耐腐蚀且具有自修复功能的纳米复合材料锚杆，其特殊的纳米结构使其在受力时能自动弥合微小裂缝，极大地提高了锚杆的耐久性和可靠性。另一方面，探索创新的施工工艺与设备。例如，开发基于机器人技术的自动化边坡支护施工系统，该系统可在复杂地形和恶劣环境下精准作业，实现钻孔、锚固、喷射混凝土等工序的高效自动化操作，不仅提高施工效率，还能减少施工误差，保障边坡支护工程的质量与安全性，为岩土工程边坡支护技术的发展注入强劲动力。

4.2 完善施工规范与标准

完善施工规范与标准对于岩土工程边坡支护的质量与安全起着根本性的保障作用。（1）相关部门应组织专业团队对现行施工规范进行全面梳理与深度修订。详细规定各类边坡支护技术的施工流程，如在土钉墙施工中，明确土钉的钻孔直径、深度、间距的精准标准，以及土钉置入的角度偏差范围；对于锚索支护，规范锚索的制作、安装、张拉程序，包括锚索材料的质量检验标准、张拉设备的校验要求等。同时，制定严格的质量验收标准，明确规定喷射混凝土的强度等级、厚度测量方法与允许偏差，以及支护结构整体稳定性检测的指标与频率。（2）建立健全施工规范的监督与执行机制。设立专门的监督机构，加强对施工现场的巡查力度，采用现代化的监测手段，如远程视频监控、传感器实时监测等，确保施工过程严格遵循规范要求。对违规施工行为制定严厉的处罚措施，提高违法成本，形成强大的威慑力。此外，定期开展施工规范与标准的培训与宣贯活动，提高施工人员的规范意识与专业素养，使其深入理解并熟练掌握施工规范的各项要求，从根本上保障岩土工程边坡支护施工的规范性与标准化。

4.3 强化理论计算研究与实践应用

强化理论计算研究与实践应用对岩土工程边坡支护技术的发展至关重要。第一，在理论计算研究方面，要深入探究岩土体的复杂力学特性。建立考虑多因素耦合作用的数值模型，例如将地下水渗流、地震动力响应以及岩土体的流变特性等纳入统一的计算框架。运用先进的计算方法，如多尺度分析方法，能够在微观和宏观层面上准确描述岩土体的力学行为，提高对边坡稳定性分析的精度。同时，通过大数据分析和机器学习技术，对海量的边坡工程数据进行挖掘，构建更具预测性的边坡失稳模型，提前预估不同工况下边坡的潜在风险。第二，在实践应用环节，加强高校、科研机构与施工企业的紧密合作。将理论研究成果及时转化为实际工程中的应用技术和施工工艺。例如，基于理论计算得到的边坡最优支护时机与参数，在施工现场进行精准实施，并通过实时监测数据反馈，对理论模型进行验证和修正。施工企业为理论研究提供丰富的工程案例和实践经验，促使理论研究更贴合实际需求。通过不断地循环优化，使理论计算研究更好地指导实践，实践经验又反哺理论研究，推动岩土工程边坡支护技术在理论与实践的协同发展中不断进步^[3]。

结束语

随着基础设施建设的持续推进，岩土工程边坡支护技术的重要性愈发凸显。本文对其深入研究，虽取得一定成果，但该领域仍面临诸多挑战与机遇。未来，需进一步加强技术创新与理论研究，提高设计的精准性与施工的规范性。通过不断优化支护方案，结合先进监测手段，实现边坡支护工程的智能化与可持续发展。相信在各方努力下，岩土工程边坡支护技术将不断完善，为保障工程安全、推动行业进步奠定更为坚实的基础，创造更大的经济效益与社会效益。

参考文献

- [1]叶建华.对岩土工程中边坡支护技术的研究[J].西部资源,2019(02):67-68.
- [2]刘伟.岩土工程中边坡支护技术的探讨[J].城市建设理论研究(电子版),2019(10):189-190.
- [3]刘伟.岩土工程中边坡支护技术的探讨[J].城市建设理论研究(电子版),2019(10):189-190.