

水利工程施工中边坡开挖支护技术的应用

孙彩娜 兰波 孟丹

内蒙古通旺玮建筑有限公司 内蒙古呼和浩特 010010

摘要：水利工程施工中边坡开挖支护技术是确保工程安全、稳定性的关键技术之一。在水坝、渠道、水库及水利隧道等工程建设中，合理应用边坡开挖与支护技术能有效控制和预防地质灾害，保障施工及使用阶段的安全。本文围绕边坡开挖支护技术在水利工程中的应用，探讨了复杂地质条件下的支护难题和环境保护与生态平衡的挑战，分析了预应力锚固技术和土钉墙技术等现代支护方法的实际应用效果，并提出了相应的优化建议，以期为水利工程施工提供参考。

关键词：水利工程；边坡开挖；支护技术；应用

随着经济的发展和技术的进步，水利工程项目日益增多，其施工过程中的边坡稳定问题也日益突出。边坡开挖支护技术作为确保边坡稳定的重要措施，对于提高工程质量、减少安全事故具有重要意义。传统的边坡支护方法如混凝土喷层、挡土墙等虽然在一定程度上能够提供边坡稳定，但在面对复杂地质条件或恶劣环境因素时往往显得力不从心。因此，研究和应用新型边坡开挖支护技术成为当前水利工程领域的重点。

1. 水利工程边坡开挖支护的定义

水利工程中的边坡开挖支护是指在水域环境或临近水域环境中，为了防止边坡土体失稳、滑移、塌陷等现象，采取的一系列工程措施和技术手段。这些措施包括但不限于地下连续墙的施工，其目的在于维持边坡稳定，保障施工安全以及后续工程结构的正常运行。在实施边坡开挖支护时，工程师会根据工程地质条件、水文地质条件和边坡的设计要求，选择最合适的支护结构形式^[1]。

2. 边坡开挖支护技术面临的挑战

2.1 复杂地质条件下的支护难题

在边坡开挖支护技术的实施过程中，复杂地质条件常常是技术人员面临的一大挑战。复杂地质条件可能包括多变的地质结构、不稳定的岩石类型、地下水位的高低变化以及地质断层等因素。这些条件使得边坡的稳定性难以预测和控制，增加了施工的风险和不确定性。例如，软硬不均的地质可能导致支护结构受力不均，而地下水的渗透则可能引发水土流失，降低边坡稳定性。此外，复杂的地质条件还要求采用更为精细和专业的勘查、设计及施工技术，这对工程团队的专业水平和经验提出

了更高的要求。

2.2 环境保护与生态平衡的挑战

随着社会对环境保护意识的提高，边坡开挖支护技术在实施过程中必须考虑其对环境的影响，以维护生态平衡。边坡工程往往会破坏原有的植被覆盖，影响土壤结构和水文条件，从而对周边生态系统产生负面影响。特别是在生物多样性丰富的区域，边坡开挖可能导致栖息地丧失，威胁野生动植物的生存。此外，施工过程中的噪音、扬尘和废弃物处理等问题，也需要妥善解决以减少环境污染。

3. 边坡开挖支护技术的施工方法

3.1 土钉墙

土钉墙是一种用于边坡稳定和支护的地工合成技术，它通过在土体中置入细长的金属杆件（即土钉）来增强土体的抗剪强度，提高其稳定性。在施工过程中，首先按照设计要求进行边坡的开挖，形成稳定的工作面。随着开挖的进行，需要及时在土体中钻孔并置入土钉。这些土钉通常带有螺纹，可以与现场灌注的混凝土或注浆材料紧密结合，以提供足够的抗拉和抗剪能力。土钉的布置方式和密度取决于边坡的具体情况和设计要求，它们可以是垂直的、倾斜的或者呈网格状分布。土钉的长度和直径也会根据受力需求而变化。为了进一步提高土钉墙支护效果，常在土钉之间设置横向连接件或施加预应力，以增强整体结构的稳定性。在土钉安装完成后，接下来通常是进行面层的施工。面层可以由钢筋网和喷射混凝土构成的薄层，也可以是预制的混凝土板或其他类型的衬砌结构。面层的作用是保护土钉免受腐蚀，

同时将土体的侧压力传递到土钉上，并通过土钉将力传递到更稳定的土体或岩石中。施工时还应注意排水措施的实施，因为水的渗透会严重影响边坡的稳定性。因此，在设计时应考虑合理的排水系统，如设置排水管道、沟槽等，以确保雨水或地下水能够顺利排出^[2]。

3.2 地下连续墙

首先，进行地质勘察和设计。根据地质条件和边坡的深度、倾斜度等因素制定地下连续墙的设计图纸，确定墙体的厚度、长度、深度和位置。设计时还需考虑地下水位、土壤性质等变量，以确保墙体的稳定性和防水性。然后，进行导墙开挖。导墙是地下连续墙施工的起始阶段，它为墙体的定位提供基准，并保证施工过程中的土体稳定。导墙通常采用挖掘机等机械设备挖掘，并且需要定期检查导墙的位置和垂直度。接下来，进行泥浆制备。在开挖过程中，需在导墙内灌入适量的泥浆，以保护墙体结构，防止坍塌，同时起到润滑和冷却的作用。泥浆的材料和配比应根据地质条件和环境要求精心选择。随后，进行钢筋笼制作与安装。根据设计要求，制作符合规格的钢筋笼，并将其下沉到预定位置，作为地下连续墙的加固材料，提高墙体的整体强度和抗弯能力。继而，进行混凝土浇筑。使用混凝土泵车将混凝土通过导管注入已安装好的钢筋笼中，注意浇筑速度和连续性，以防止混凝土出现离析现象，确保墙体的均匀性和密实度。最后，进行质量检验与养护。混凝土凝固后，需要对地下连续墙进行质量检验，包括墙体的垂直度、宽度、厚度和强度等指标。同时，实施适当的养护措施，例如覆盖湿布或喷水保持湿润，以防止混凝土干裂，并确保其性能达到设计标准。

3.3 预应力锚固技术

预应力锚固系统的施工通常包括几个关键步骤。首先，根据设计要求进行钻孔，这些孔洞需要有精确的位置和倾斜角度，以确保锚固系统能够有效地发挥作用。随后，将经过防腐处理的预应力锚杆（索）放入孔中，并在孔内灌入水泥砂浆或化学浆液以固定锚杆。在砂浆或浆液硬化后，使用张拉设备对锚杆施加预应力，从而在土体中产生反向的压力，提高边坡的稳定性。预应力

的大小根据设计要求和现场条件进行调整，以确保达到必要的稳定效果。预应力锚固技术的关键之处在于其能够主动地改善边坡的受力状态。通过对锚杆施加预应力，可以有效地控制地层变形，减少裂缝开展，提高边坡的抗滑移能力。此外，预应力的作用还能使土体之间的摩擦阻力得到充分发挥，进一步增强边坡的整体稳定性。在实施预应力锚固技术时，还需要考虑与其他支护结构如挡土墙、梁板等的结合使用，形成一个复合的支护体系。这样的组合结构可以发挥各自的优势，实现更优的支护效果。同时，为了确保长期稳定性，还必须考虑锚固系统的耐久性，包括选用耐腐蚀材料、做好防水排水措施以及定期进行维护检查。在整个施工过程中，监测工作同样重要。需要实时监控预应力的变化情况，评估锚固效果，并对可能的时间依赖性变化（如预应力损失或地层变形）保持警觉。此外，由于预应力锚固技术的施工相对复杂，还需要专业的施工团队进行操作，确保每个环节都符合设计标准和安全规范^[3]。

结束语

综上所述，边坡开挖支护技术在水利工程施工中扮演着至关重要的角色。面对复杂多变的地质条件和环境保护的双重挑战，施工单位必须采取科学、合理的支护方案，以确保边坡的稳定性和工程的安全性。通过不断探索和实践，结合先进的设计理念和施工技术，我们有理由相信，未来的水利工程将能够更好地实现安全、环保、高效的目标。同时，持续的研究和技术创新将为解决更多复杂的工程问题提供强有力的支持。

参考文献

- [1] 王悍, 王曦, 张佳伟, 等. 水利工程施工中边坡开挖支护技术的应用[J]. 中国住宅设施, 2024, (02): 187-189.
- [2] 杨正平. 边坡开挖支护技术在水利工程施工中的应用[J]. 石材, 2023, (12): 90-92.
- [3] 付桂生, 张弦. 水利水电工程施工中边坡开挖支护技术的应用分析[J]. 四川水利, 2023, 44(05): 116-118.