

# 水利水电施工过程中边坡开挖支护技术施工技术

张红艳

东南大学 江苏南京 210096

**【摘要】**随着水利水电工程规模的不断扩大,边坡开挖支护技术在施工中的重要性日益突出。当前,施工中面临着地质条件复杂、施工环境多变等一系列问题,尤其是如何有效保障边坡稳定性和施工安全。基于此,文章针对水利水电工程中的边坡开挖支护技术进行分析,探讨了常见支护方法的适用性与施工中的关键技术,旨在为工程实践提供技术支持与解决方案,以提高施工效率和安全性。

**【关键词】**水利水电工程; 边坡开挖; 支护技术

## 1 引言

在水利水电工程的施工过程中,边坡开挖支护技术是确保施工安全与工程质量的关键环节。随着工程规模和施工难度的不断提升,边坡开挖过程中面临的地质复杂性、水文条件变化以及外部荷载等因素,使得支护技术的选型与实施变得尤为重要。边坡的稳定性直接关系到施工人员的安全、设备的正常运转及施工进度的保障,科学合理的支护技术成为保障工程顺利推进的核心要素。当前,随着新型支护材料与施工方法的不断涌现,边坡支护技术得到了显著发展,并在具体应用中不断完善。然而,由于不同施工环境与地质条件的差异,边坡开挖支护技术仍面临诸多技术难点和挑战,需要通过不断的研究与实践积累,优化支护方案,提升施工安全性与效率。

## 2 边坡开挖支护技术概述

### 2.1 边坡开挖与支护的基本概念

边坡开挖是指在水利水电施工过程中,通过机械设备或人工手段对天然或人工边坡进行土石方的开挖作业,通常用于为基础设施建设提供合适的空间。边坡的稳定性在开挖过程中会受到地质条件、气候因素、水文环境等多方面影响,必须对边坡进行支护设计,确保开挖过程中施工安全。边坡支护是指为了保持边坡稳定,防止边坡发生滑坡、崩塌等地质灾害,对开挖面或周围区域采取的加固措施。这些支护措施包括使用钢筋网、喷射混凝土、锚索等技术手段,以保证开挖过程中的边坡不会失稳,并确保施工人员的安全。

### 2.2 支护设计的关键考虑因素

在边坡开挖支护设计中,多个因素需要综合考虑。地

质条件是设计的基础,必须对开挖区域的土壤类型、岩层结构、地下水位等进行详细调查与分析,以判断边坡的稳定性。水文条件对支护设计具有重要影响,尤其是在水利水电工程中,地下水渗流、降水及水流对边坡的冲刷作用,可能加剧边坡的变形与滑移,因此设计时需充分考虑这些因素。施工过程中可能遭遇的外部荷载(如机械设备重量、施工压力等)也需在支护设计中有所预见。支护系统的选择则取决于边坡开挖的深度、规模以及施工进度要求,不同的支护方式如喷射混凝土、钢筋网、锚索支护等,需根据具体的地质与施工环境来合理配置。施工安全与成本控制是支护设计的重要考量因素,设计不仅要确保支护结构的稳定性和施工的安全性,还需考虑施工方案的经济性与可操作性,以提高工程的整体效益。

## 3 常见边坡支护技术及其应用

### 3.1 钢筋网支护法

钢筋网支护法是一种常见的边坡支护技术,广泛应用于水利水电施工中的边坡开挖阶段。该方法通过将钢筋网与喷射混凝土相结合,形成具有增强强度的支护层,从而有效提高边坡的稳定性,防止因开挖作业而导致的边坡滑坡或坍塌。钢筋网在此过程中发挥了至关重要的作用,主要体现在增强混凝土的抗拉强度和抗裂性能。其作用不仅是加强支护结构的整体承载力,还可以有效抑制边坡表面因应力不均而产生的裂缝,从而防止水土流失及进一步的边坡破坏。

这种支护方法特别适用于开挖较浅且土壤力学性质较为良好的边坡,通常能够在较短的时间内形成稳定的保护层,且施工工艺简便、材料易于获取,具备较强的经济性

和适应性。在施工过程中，首先需要在边坡表面布置并固定钢筋网，确保钢筋网在混凝土喷射过程中不会移位。然后，通过喷射混凝土将钢筋网包裹其中，形成均匀、坚固的保护层，进而提升边坡的整体承载能力与稳定性。

然而，钢筋网支护法也有其局限性，尤其在一些特殊地质条件下可能无法完全满足支护要求。比如，在极端湿润或酸性环境中，钢筋网的耐腐蚀性和抗老化性能可能会受到影响，导致其长期使用中的强度下降或支护效果减弱。在实际应用时，需要结合施工现场的具体环境和边坡的地质特征，合理选择钢筋网支护法与其他支护技术的结合方式，以确保支护效果的持久性和安全性。施工过程中还需要考虑钢筋网与混凝土的连接方式、喷射混凝土的厚度与密度等因素，确保支护结构的均匀性与可靠性，以最大程度地提升边坡的稳定性和施工安全性。

### 3.2 喷射混凝土支护法

喷射混凝土支护法是一种利用高速喷射技术将混凝土喷涂到边坡表面，从而增强边坡稳定性并防止塌方的施工技术。这种方法特别适用于高强度要求的岩土边坡，尤其是在软弱、松散或不稳定的地层中，能够迅速有效地形成坚固的支护层，防止边坡在开挖过程中发生塌陷或滑坡等灾害。与传统的支护方法相比，喷射混凝土支护法在施工过程中具备更高的灵活性与适应性，尤其是在地形复杂、施工环境严苛的条件下，能够满足快速、高效的施工要求。

喷射混凝土的一个显著优势在于其强大的抗压能力和快速成型特性。施工过程中，混凝土通过喷射设备以高速喷射到边坡表面，不仅能迅速覆盖并形成支护层，还能紧密结合岩土层，增强整体结构的稳定性。这种施工方式可以有效减少支护施工的周期，提高工程效率，混凝土喷射的厚度和密度可以根据施工现场的具体条件进行灵活调整，以适应不同类型的边坡和土壤特性，进一步提升支护效果。

然而，喷射混凝土支护法也存在一定的挑战和局限性。在施工过程中，喷射混凝土的表面容易产生裂纹，尤其在干燥或温差较大的环境中，混凝土的收缩可能导致裂缝的形成。虽然这些裂缝一般不影响支护层的整体稳定性，但会影响其防水性和耐久性，从而对长期使用产生不利影响。喷射混凝土的设计和施工过程中，必须对裂缝控制和表面处理给予足够的重视，以确保支护结构在长期使用中的安全性与稳定性。混凝土的抗渗性能和耐候性也是需要特别关注的因素，尤其是在水文条件复杂或气候变化较大的地区，必须考

虑到这些环境因素对混凝土耐久性的影响。

### 3.3 锚索支护法

锚索支护法是一种利用锚索或锚杆对边坡进行加固的技术，广泛应用于岩石边坡或复杂地质条件下的支护作业，尤其适用于土体松散且易受水流侵蚀的边坡。锚索通常由高强度钢丝绳或钢筋构成，通过精确钻孔将其固定在边坡内部或外部，形成一个稳定的力学体系。该体系通过锚索的拉力有效地对边坡施加内力，增强边坡的整体稳定性，抵抗外力作用，防止边坡发生滑坡、坍塌等灾害。锚索支护法在大规模、深度较大的边坡开挖中展现出了独特的优势，尤其适用于那些地质条件复杂、边坡稳定性难以直接预测的施工环境。

该技术的最大优势在于其较强的适应性和高效性。与传统支护方法相比，锚索支护能够在较深的开挖过程中提供稳定的支撑，避免边坡土体因开挖而发生剧烈变形。锚索支护法还能够有效减小对周围环境的影响，尤其在地质条件恶劣或有地下水的地方，锚索的作用尤为突出。通过合理布置锚索，可以形成更为均匀的力学分布，进一步提高边坡的整体抗滑稳定性。

然而，锚索支护法的施工过程较为复杂，需要精确的设计与施工工艺。在实施过程中，必须确保锚索的布置合理，以确保支护效果的最大化。钻孔位置、深度、锚索的张力等都需经过科学计算和现场验证，以避免支护效果不足或过度设计。更为重要的是，锚索的耐久性问题不容忽视，尤其是在潮湿或有腐蚀性环境中，锚索的长期稳定性可能受到钢材腐蚀的影响。锚索材料的选择、施工过程中的保护措施及后期的维护成为确保该技术长期有效应用的关键因素。施工中的安全控制也需要严格把关，确保钻孔、张拉等环节的操作符合规范，以防止施工事故的发生。

## 4 边坡开挖支护施工过程中的关键技术

### 4.1 支护系统选择的依据

在边坡开挖支护施工中，选择合适的支护系统是确保施工安全和工程质量的基础。支护系统的选择主要依据边坡的地质条件、土体性质、开挖深度以及施工环境等因素。地质条件是首要考虑因素，软弱土层和不稳定的岩层通常需要更强的支护系统，如锚索支护法或喷射混凝土支护法，而稳固的土层可以采用较为简单的钢筋网支护或土钉墙支护。水文条件也是影响支护系统选择的重要因素，水流或地下水位的变化会导致边坡的强度下降，防水措施需

要与支护系统结合考虑。施工环境的复杂性，如高温、低温或恶劣气候，也要求支护系统具有较强的适应性。合理的支护系统选择不仅是技术决策的结果，也是对施工过程中可能出现的各种问题的有效预见。

#### 4.2 施工过程中的风险评估与控制措施

边坡开挖支护施工过程中，风险评估与控制措施至关重要。施工前应对施工现场的地质条件进行详尽的调查与分析，识别潜在的滑坡、坍塌等风险因素。基于此，合理设计开挖方案，制定相应的支护方案，以应对可能出现的地质变化。在施工过程中，需要持续进行地质监测，实时跟踪边坡的稳定性，尤其是在开挖初期和支护施作阶段，定期检查支护结构的变形、位移等指标。如果发现异常，应立即采取加固措施，如增加支护桩、加密锚索或调整支护层厚度等。除了地质因素，施工过程中还需关注外部荷载的影响，如施工机械的重压、交通车辆的振动等。为了控制这些风险，施工单位应制定完善的应急预案，确保发生突发事件时能够迅速采取有效措施，保障施工安全和人员生命安全。施工团队的安全培训和技术操作规范化也是防范风险的重要手段。通过全方位的风险评估与管控措施，可以最大限度地降低施工过程中的各类安全隐患。

#### 5 边坡开挖支护技术的施工难点与解决方案

##### 5.1 地质与水文条件的影响

地质与水文条件是边坡开挖支护施工中的主要难点之一。在实际施工中，边坡的地质构成复杂且不均匀，岩土层的强度、结构及变形特性可能存在较大差异，导致边坡稳定性难以预测。尤其是在软弱土层或断层带附近，边坡容易发生坍塌或滑坡现象。水文条件对边坡的稳定性也有显著影响，地下水位的升高或水流的存在可能导致土体松动、岩层崩塌等不稳定现象。在施工前，必须通过地质勘察和水文调查，了解边坡的土质类型、岩层分布、地下水状况等关键因素，从而为支护设计提供科学依据。针对这些不利条件，可以通过加强支护系统的抗水性（如采用防水型喷射混凝土）、调整开挖方案（如分阶段开挖，减少单次开挖量），以及采取适当的排水措施来降低水文因素对施工的影响，从而有效提高边坡稳定性。

##### 5.2 施工过程中的安全控制

边坡开挖支护施工中的安全控制是保障施工人员和设备安全重中之重。施工过程中，边坡的稳定性、支护系

统的受力状态以及外界环境的变化都会对施工安全产生影响。施工初期，由于边坡开挖面较大，支护措施尚未完全就位，容易引发局部塌方或滑坡。在施工的不同阶段，边坡的荷载情况、支护体系的施工进度与施工人员的操作规范直接关联，任何环节的疏漏都可能导致严重的安全事故。为确保施工安全，必须在每个阶段严格监控支护系统的变形、位移情况，进行实时的监测和评估。应制定详细的安全操作规程，包括作业人员的防护措施、施工设备的安全使用规定以及应急预案等。加强施工现场的人员培训，提高施工人员的安全意识，并利用现代化的监测技术（如电子监控系统、传感器等）对支护效果进行实时评估，确保施工全过程的安全性。

#### 6 总结

边坡开挖支护技术在水利水电施工过程中具有重要的技术性和安全性意义。通过合理选择支护系统、精确设计施工方案以及严格执行施工过程中的安全控制，可以有效应对边坡开挖中的地质复杂性和水文变化带来的挑战。随着新材料和新技术的不断发展，边坡支护技术在施工效率与安全性方面取得了显著进展。然而，施工中仍面临诸多技术难点，特别是在特殊地质和恶劣环境下的适应性问题。未来需要进一步加强技术创新与现场管理，推动边坡开挖支护技术的优化升级，确保水利水电工程的顺利实施与长期稳定运行。

#### 参考文献：

- [1] 杨正. 水利水电施工过程中边坡开挖支护技术施工技术[J]. 大众标准化, 2023, (21): 35-37.
- [2] 赖华巨. 水利水电施工过程中边坡开挖支护技术的运用[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023, (29): 91-93.
- [3] 亚莫云, 凡琼梅, 唐毅. 水利水电施工过程中边坡开挖支护技术分析[C]//《施工技术(中英文)》杂志社, 亚太建设科技信息研究院有限公司. 2023年全国工程建设行业施工技术交流会论文集(中册). 云南建投第一水利水电建设有限公司; , 2023: 3.
- [4] 王鹏. 水利水电施工过程中边坡开挖支护技术施工技术[J]. 建材发展导向, 2022, 20(12): 133-135.
- [5] 李青常. 水利水电施工过程中边坡开挖支护技术[J]. 科学技术创新, 2021, (10): 130-131.