

探究水利工程施工中边坡开挖支护技术

张博涛

河北省水利工程局集团有限公司，河北石家庄，050000；

摘要：水利工程施工中边坡开挖是保障建设安全与质量的重要环节。本文针对边坡开挖过程中常见的稳定性问题，系统分析了当前边坡支护技术的研究现状与应用实践，结合多种工程案例，探讨了支护技术的选型及优化措施。采用数值模拟与现场试验相结合的方法，研究了不同支护技术对边坡稳定性及抗变形能力的影响。结果表明，锚杆支护技术与喷浆加固技术能显著提升边坡结构的稳定性，减少滑坡和坍塌的风险。此外，提出了基于地质条件与施工环境的施工技术优化策略。研究成果为水利工程边坡支护施工提供了技术参考，也为保障工程安全与可持续发展奠定了坚实基础。

关键词：水利工程；边坡开挖；支护技术；锚杆支护；喷浆加固

DOI：10.69979/3060-8767.25.06.029

1 概述水利工程边坡开挖的重要性与挑战

1.1 边坡开挖在水利工程中的作用

边坡开挖是水利工程施工中非常重要的一个步骤，重要性体现在诸多方面。边坡开挖作业直接关系到工程的稳定性和安全状况，是确保施工顺利进行的关键因素。通过合理地开展边坡开挖工作，可以更好地调整施工场地的空间安排，为后面的结构搭建和设备安置提供必要的操作空间。针对边坡开挖，深入理解并加固地质环境至关重要，这有助于揭示那些不易察觉的地质问题，为后续支撑保护措施合理规划提供坚实的参考依据。在防洪和水库建设这样的工程项目中，边坡的安全状况会直接影响到水土流失的控制、库岸的稳固程度以及周围生态环境的整体平衡状态。水利工程从开始到结束的整个过程中，边坡开挖会直接改变施工时候的工作效率和安全保障，同时也会决定运行阶段的设备性能是否稳定以及生态隐患是否得到有效管理。通过深入研究边坡开挖的具体影响，可以为挑选合适的工艺和改进方案提供非常重要的理论支持。

1.2 边坡开挖中遇到的主要问题

水利工程施工期间，边坡开挖会遇到很多困难，影响到整个工程的安全和质量。地质条件极为复杂，边坡的稳定性难以准确判断，因此滑坡和坍塌的风险持续增加。降雨和地下水渗入会导致土壤变得松软，边坡抵抗剪切的力量会减弱，稳定性面临很大危害，特别容易发生意外事故。人工开挖过程中，机械设备带来的冲击会让边坡不稳固的状态持续恶化，出现裂缝和滑动的可能性会逐渐增大。工程周围环境经常发生变化，例如施工

设备运行时产生的振动，会对附近的天然边坡造成不良破坏，打破原有的结构平衡。针对这些困难，必须深入了解边坡开挖中出现的各种问题，采取切实可行的办法来保证施工安全和工程的长期稳定性，同时要加强现场的监控工作，认真发现隐藏的风险点，设计出科学合理的解决方案，确保整个工程能够安全推进，尽量减少损失和可能出现的风险。

1.3 保障边坡开挖安全的必要性

保证边坡开挖安全是水利工程顺畅执行的核心。边坡开挖进行中，受到地质条件繁琐性、外力作用以及水力冲刷等因素作用，边坡稳定性容易遭到危害，引发滑坡、坍塌等事故。为保证施工安全与工程质量，合理规划支护方案，强化技术手段，提高边坡稳定性防范水平，高效降低安全隐患，保证工程的急速推动与持久可信运作。

2 边坡支护技术的种类与功能

2.1 当前主流边坡支护技术概览

现在水利工程边坡开挖工作进行时，支护技术种类众多，每种技术都有独特适应范围和作用效果。锚杆支护技术利用长锚杆牢牢插入边坡岩石层，构建一个相互配合受力结构，可以显著提升边坡稳定性，常用于险峻边坡以及岩石疏松脆弱地段。喷浆加固技术是将特制浆料平整喷涂边坡表面，形成一层严密保护包裹，增强边坡表面拉伸强度并阻止水渗透影响，适用于斜坡表面加固处理以及容易发生滑坡地段进行防范。挂网喷锚技术是将钢筋网与喷浆工艺结合，显著提升边坡支撑重量能力，适合用于受到动态负载影响较大施工场所。

2.2 锚杆支护技术的原理与应用

锚杆支护技术是保证边坡牢固性的重要方法，核心原理是利用锚杆将边坡表面的岩石与深层稳固的岩石紧密连接，提高岩石整体的抗剪能力以及结构稳固性。锚杆依靠预应力和机械力量，将边坡局部可能滑动的力量转移至稳固的区域，使得边坡变得更加牢固可靠。锚杆支护技术的应用范围相当广泛，能够适用多种地质环境下的边坡保护工程项目。具体的操作步骤包含钻孔、安装锚杆和进行注浆加固处理，可以有效管理坡体的移动和变形情况。工程案例清楚表明，锚杆支护技术明显减少了滑坡和坍塌发生的可能性，保证水利工程施工安全得到可靠维护，在管理施工成本和工期方面表现出很大的优势，确认工程项目可以顺利进展，缩减不必要的损失和延误风险。

2.3 喷浆加固技术的原理与应用

喷浆加固技术是一种通过将混凝土材料以高压喷射至边坡表面实现加固的方法。其原理在于增加边坡表面的整体强度，提高抗剪切性能，从而增强边坡的稳定性。该技术在面对软弱岩土边坡时，能够有效抑制地表风化与侵蚀，并减缓滑动倾向，适用于各种复杂地质条件。喷射混凝土材料可灵活调整配比，结合锚杆等支护手段，进一步强化结构整体性，满足长期工程安全需求。广泛应用于基岩露天开挖、地基处理等场景，以提升施工可靠性。

3 边坡稳定性的数值模拟与现场测试

3.1 数值模拟技术在边坡稳定性评估中的应用

数值模拟技术在应用于边坡稳定性评估时，展现了其独特的重要性和价值。这种技术完全依赖岩土力学理论来搭建基础支持，结合水利工程所在地的地质环境条件，认真搭建数学模型和物理模型，以便完成对边坡的模拟研究和详细分析。有限元法是一种常用且有效的模拟方法，可以深入研究边坡的应力分布情况、变形规律特点以及失稳的详细机制和原因，方便为支护设计提供可信且有用的数据支持。数值模拟能够很好地模仿各种地质条件下边坡的机械性能特点，改善相关参数的调节方式，顺利完成对边坡施工过程中可能存在的风险预测和有效控制。

3.2 现场测试在技术验证中的角色

现场测试在边坡支护技术验证过程中起到了关键作用，是评估支护效果与工程稳定性的重要手段。通过在真实工况下采集边坡地表位移、内部应力及变形量等

数据，可直接反映支护技术的实际性能。与数值模拟相比，现场测试能够更直观地揭示复杂地质条件下的支护效果，尤其是在无法完全模拟实际地质特性的情况下发挥重要补充作用。基于现场测试结果，能够及时发现施工过程中的潜在问题，并对支护方案进行适当调整，从而提高边坡稳定性和施工安全性。现场测试也是评估支护技术长期适用性和可靠性的有效方法，为边坡施工提供了科学依据与实践支持。

3.3 数值模拟与现场测试结果的对比分析

将数值模拟的结果与现场测试的数据进行深入的对比和分析，便能揭示出其中的差异。数值模拟这种方式可以很精确地判断边坡加固支护后稳固程度的各种变化趋势，尤其是在使用锚杆支护和喷浆加固这些技术时，模拟计算得出的数据和实际测量的数据基本吻合。现场测试的数据也再次证明了数值模拟方式的可信度，同时还暴露了在一些复杂地质环境里可能会出现误差或者偏差。把数值模拟和现场测试两种方法结合起来，能大大提高对边坡稳固程度判断的精确度，为设计和改进支护方案提供了坚实的科学依据和支持。

4 支护技术的选型与优化策略

4.1 根据地质条件选择支护技术

鉴于地质条件的多样性，选择恰当的边坡支护技术至关重要，以确保边坡的稳定性及施工过程的安全性，这是整个工程中极为关键的一步。不同地质环境下的边坡，岩土特性、结构形式和水文环境存在明显区别，因此对支护技术的要求也不一样。遇到岩质边坡的时候，锚杆支护技术能够提升岩体抵挡断裂的能力，非常适合节理裂隙多、岩石较硬的地质环境。遇到软土边坡的时候，喷浆加固技术可以高效增强坡面强度和整体牢固性，尤其适合雨水冲刷强烈的区域，效果相当不错。碰到风化程度严重或者水文条件特殊的地貌环境，综合支护技术依靠多种方法相互协作，能够实现满意的支护效果。地质条件的千变万化要求一定要整合现场勘测的数据和力学分析的结果，设计出科学合理的支护方案，保证边坡长久稳固，确保施工过程安全。

4.2 根据施工环境调整支护方案

施工环境直接影响边坡支护技术的挑选与执行，在复杂环境条件下必须全面思考地形地质特征、气候条件以及周边工程的协同关系。针对多雨地区，能首先使用喷浆强化技术，用削减雨水对边坡的侵蚀作用，联合排水系统改进规划，减少土体含水率。对于高温或寒冷环

境,应当挑选耐候性较强的支护材料,用保证支护结构在极端气候条件下维持稳定性。施工区域若靠近建筑或其他敏感设施,应当增强支护的抗振性能,令边坡施工对周边环境的作用减至最少。借助因时制宜调节支护方案,可以高效提高施工安全性与技术适用性,为边坡结构的长效稳定提供保障。

4.3 支护技术的综合优化方法

支护技术的整体改进方法需要把地质条件、工程规模还有施工环境这些不同的复杂因素融合在一起,确保设计出来的技术方案既合理又实用,达到最好的效果。依靠一套多维度的评价指标体系,对各种支护技术进行多方面的详细对比,选出既稳固又节省成本的最佳技术组合。在改进的时候要特别关注支护材料的选择以及施工工艺是否匹配,尽力提高技术执行的效果和水平。把数据驱动的分析方法和动态调整机制结合起来,就能在施工的时候及时改进支护方案,尽量让边坡更稳固,同时保证工程的可持续性。

5 优化后的支护技术对工程安全与可持续发展的影响

5.1 支护技术对边坡稳定性的提升效果

优化后的支护技术能够很好地提升边坡的稳定性效果明显。锚杆支护技术通过实施操作,依靠锚固力量来抑制边坡的位移情况,成功构建出统一且坚固的岩体结构,加强边坡抵抗切割的能力。喷浆加固技术选择高强度的喷射混凝土材料,很快形成一层保护覆盖,提高坡面抵抗剥离的性能,降低由于地质松散所导致的滑塌危险。数值模拟与现场测试数据相结合的结果显示,通过综合运用多种支护技术构建的复合结构体系,能够有效地分散应力集中区域,改善边坡的应力分布状况,增强边坡的抗变形能力,并提升整体稳定性。研究结果清楚地表明,工程实践当中使用优化后的支护技术,有效降低滑坡和坍塌的发生概率,为复杂地质环境下的水利工程施工项目奠定了坚实而稳固的保障基础。

5.2 减少的风险与成本效益分析

改进后的边坡支护技术减少了施工过程中的安全风险,并在工程建设中展现了较强的成本效益。借助即时监测和优化设计措施,滑坡、坍塌等重大事故的发生概率获得了有力遏制,施工安全性得到增强。锚杆支护和喷浆加固等技术的应用缩减了边坡失稳引发的后续修复费用,规避了因险情引发的工程进度延误,间接地减少了经济损失。改进后的支护技术不但缩减了材料与

施工资源的浪费,提升了资源利用率,增强了工程的施工效率,因此在全面地显著节约了项目开支。风险减少与成本效益的同时增强证实了优化措施对工程安全和投资回报率的正面影响。

5.3 对水利工程可持续发展的贡献

优化后的边坡支护技术推动了水利工程的长远发展方向。引入全新技术之后,工程的安全性能得到了全面提升,滑坡的风险以及施工中发生事故的可能性都明显降低。优化技术通过减少资源浪费现象和降低施工成本支出,让工程的经济效益和生态保护效果都有了很大提升。这样的创新和改进确保了水利工程能够长期稳定地运行下去,适应各种环境变化带来的挑战,维护生态平衡的状态,保障人类发展与自然环境的协调统一。

6 结束语

本文凭借水利工程施工之内边坡开挖支护技术作为研究对象,关注稳定性问题,探讨了技术现状与工程应用特点。借助数值模拟与现场试验,考察了锚杆支护和喷浆加固技术在增强边坡稳定性以及抗变形能力方面的效果,阐明其在降低滑坡和坍塌风险中的关键作用,并且证实了技术可靠性与适应性。研究给出了面向各异地地质条件与施工环境的优化策略,为边坡支护技术选型与增强给予新视角,对复杂施工现场的稳定性管理具备关键参考意义。然而局限性在于尚无全面探究异常工况下支护稳定性及持久演变规律,而且地质条件适用性研究必须扩展。未来可结合高精度数值模拟与人工智能,优化复杂地质条件下支护性能,强化长期监测与评估体系,研发绿色环保材料与技术,推动边坡支护技术的可持续发展,为水利工程建设与管理提供全面指导。

参考文献

- [1]刘世江.探究水利工程施工中边坡开挖支护技术[J].产城:上半月,2021,(12):0097-0098.
- [2]郭文龙.水利工程施工中边坡开挖支护技术探究[J].中国科技期刊数据库 工业A,2020,(05).
- [3]崔雷.水利工程施工中边坡开挖支护技术[J].居舍,2020,0(01):48-48.
- [4]陈虹桥.水利工程边坡开挖支护施工技术探究[J].写真地理,2020,(24):0067-0067.
- [5]张博.水利工程施工中边坡开挖支护技术应用探究[J].中国科技期刊数据库 工业A,2022,(02):0130-0133.