

# 水利水电施工过程中边坡开挖支护施工质量控制分析

杨洁

新疆鸿源润泽建设工程有限公司, 新疆 伊犁 835200

**[摘要]**在水利水电工程中,边坡开挖支护施工是处理山地、丘陵等复杂地形条件的关键基础工作。随着工程规模的扩大以及施工技术的不断进步,边坡开挖支护面临的挑战变得更加复杂。开挖作业直接影响边坡的土体结构和稳定性,若处理不当可能引发边坡变形、滑坡等问题,这不仅危及施工人员的安全,还可能导致工程质量隐患及经济损失。尽管以往积累了不少技术和管理经验,实际操作中仍会遇到土体不均匀、支护结构设计缺陷、排水系统失效等问题,这促使工程人员不断探索和改进施工方法,提高安全性和工程质量,同时减少成本和时间消耗。现代科技的进步为边坡开挖支护施工提供了新的解决方案,包括先进的监测技术、数据分析方法和施工工艺,如何将这些新技术有效应用于实际工程,并结合具体的地质与环境条件进行优化是亟待解决的问题。

**[关键词]**水利水电;边坡开挖支护;施工质量;质量控制

DOI: 10.33142/hst.v7i10.13899

中图分类号: TU7

文献标识码: A

## Quality Control Analysis of Slope Excavation and Support Construction in Water Conservancy and Hydropower Construction Process

YANG Jie

Xinjiang Hongyuan Runze Construction Engineering Co., Ltd., Yili, Xinjiang, 835200, China

**Abstract:** In water conservancy and hydropower engineering, slope excavation and support construction is a key foundation work for dealing with complex terrain conditions such as mountains and hills. With the expansion of engineering scale and the continuous progress of construction technology, the challenges faced by slope excavation and support have become more complex. Excavation operations directly affect the soil structure and stability of slopes. If not handled properly, it may cause slope deformation, landslides, and other problems, which not only endanger the safety of construction personnel, but also may lead to engineering quality hazards and economic losses. Despite accumulating a lot of technical and management experience in the past, practical operations still encounter problems such as uneven soil, design defects in support structures, and failure of drainage systems. This prompts engineering personnel to continuously explore and improve construction methods, enhance safety and engineering quality, while reducing costs and time consumption. The advancement of modern technology has provided new solutions for slope excavation and support construction, including advanced monitoring techniques, data analysis methods, and construction processes. How to effectively apply these new technologies to practical engineering and optimize them based on specific geological and environmental conditions is an urgent problem to be solved.

**Keywords:** water conservancy and hydropower; slope excavation support; construction quality; quality control

### 引言

随着水利水电项目规模的扩大以及工程复杂性的增加,边坡稳定性问题引起了越来越多的关注。边坡开挖支护不仅关乎工程安全,还直接影响施工进度及成本控制,如何在施工阶段有效地管理边坡开挖支护质量,确保边坡的稳定性和施工安全,成为水利水电工程领域亟需解决的核心问题。本文将深入探讨边坡开挖支护施工中的质量控制要求,分析关键技术并提出相应的解决对策,期望为实际工程提供科学依据及技术支持。

#### 1 水利水电施工过程中边坡开挖支护的基本原则

在水利水电施工过程中,确保边坡开挖支护的安全性和稳定性至关重要。设计边坡支护系统时,首先必须基于详尽的地质勘查和现场数据,包括对边坡的地质条件、土壤类型及其稳定性进行全面的分析,确定最适合的支护方

法和技术参数。设计过程中,需考虑土体的抗剪强度、地下水位变化以及施工工艺对边坡的影响,支护结构的选择应依据具体的工程需求和现场条件进行。常见的支护方法包括土钉墙、锚杆支护和钢板桩,每种方法有特定的适用场景及优缺点,应根据实际情况进行合理选择<sup>[1]</sup>。施工阶段需要严格遵守设计方案,防止由于施工误差影响支护效果,同时必须对支护结构进行持续的监测,关注其变形和应力状态,确保其稳定性。在施工完成后,定期检查和维护支护结构也是必不可少的,这一过程有助于及时发现并解决潜在问题,从而确保边坡的长期稳定性。

#### 2 边坡开挖支护施工的质量控制要求

##### 2.1 施工前的质量控制

施工前进行全面的地质勘查和工程现场调查是确保边坡开挖支护质量的首要步骤,这一过程涵盖对边坡地质

结构、土壤类型、地下水位及其变化的详细评估,通过钻探取样和试验分析等方法获取精准的地质数据,为支护设计提供可靠依据,地质勘察报告应详细描述土体的力学性质及稳定性,为工程师选择适当的支护方案提供依据。设计过程中必须综合考虑边坡的具体条件,例如坡度、土壤强度及可能的水文变化等,这些因素对支护结构的稳定性和可靠性至关重要。设计方案确定后,还需进行技术审查和专家评估验证其合理性与可行性。支护结构所用的钢材、混凝土、锚杆等材料必须符合相关标准及技术要求,通过材料检验确认强度、耐久性等性能指标满足设计要求,避免因材料质量问题影响支护效果,对于特殊材料或新型支护技术应进行预制件或样板试验,以验证其实际性能。施工前需要制定详尽的施工组织设计,涵盖施工流程、工艺安排、设备选型及人员配置等内容,施工方案应明确每个施工阶段的方法与技术要求,并设立应急预案以应对可能的突发情况,施工组织设计必须经过专业人员的审查与批准确保科学性与实用性。

## 2.2 施工中的质量控制

在边坡开挖支护工程中,施工阶段的质量控制必须严格遵循设计方案和技术规范。施工团队需全面理解设计要求并依据图纸执行各项操作,确保所有支护结构的施工环节,包括土体处理和支护结构安装都符合规定的工艺和技术参数,这一过程有助于避免因操作不当而引发的质量问题。开挖与支护作业时应设置实时监测系统来跟踪边坡变形、位移及支护结构的受力状态,通过部署变形监测仪、位移计及应力传感器等仪器,能够实时获取施工区域的动态数据,并定期记录和分析这些数据,这种监测有助于及早发现潜在问题,如边坡的过度位移或支护结构的应力异常,从而可以及时调整施工方法或加强支护防止事故发生。所有使用的材料,如混凝土、钢筋和锚杆,必须符合设计标准及技术要求。例如,混凝土的强度、钢筋规格及锚杆的安装质量都需在施工中进行检验和记录<sup>[2]</sup>。混凝土浇筑应分层进行并确保充分振捣达到密实度要求;支护结构的连接部位需焊接牢固且无缺陷。对施工人员的技术培训及操作规范的监督也至关重要,这有助于确保施工质量达到标准,施工现场的管理与协调需要保持良好的环境,减少外部因素对施工质量的影响。项目经理和质量控制人员应定期巡查现场,确保施工活动符合质量标准并及时处理问题。记录每个施工阶段的情况、监测数据以及问题处理过程,为后续质量评估和问题追踪提供了可靠依据。

## 2.3 施工后的质量控制

施工完成后必须进行全面的检验,包括评估支护结构的整体稳定性、材料性能及施工工艺的执行情况。需对支护结构的连接点、锚固件及支撑系统进行详细检查,确保这些部分符合设计要求与技术规范,使用高精度的检测仪器,如全站仪和激光扫描仪,能够准确测量边坡的变形、位移及应力状态,确认支护结构在施工后的初期及其

长期使用中的稳定性。施工后的维护与管理应制定并执行详细的维护计划,对支护结构进行定期检查,这包括监测支护结构的外观、结构变形及其周围环境。特别是支护结构的防护措施,如排水系统和土体加固措施也需要定期检查和维修,防止由于环境因素或设备老化引起的结构问题。维护工作涉及清理排水系统、检查防护设施的完好性,并及时修复发现的裂缝和变形。在施工后的使用过程中,需关注可能出现的变化,边坡在自然环境中会经历一段沉降和稳定期,此期间需要持续监测并记录数据变化,评估支护结构的实际表现。如果发现异常情况,例如沉降过快或位移增大应立即采取措施,例如加固支护结构、调整排水系统或增加支撑装置保障工程的长期安全性。所有检测报告、维护记录、变更记录及监测数据应系统整理并妥善保存,这些档案将为后续的工程管理及问题追踪提供重要参考,有助于评估工程质量并为未来类似工程的施工与管理提供经验借鉴。

## 3 边坡开挖支护施工质量控制的关键技术

### 3.1 土体稳定性分析

在边坡开挖支护施工中,土体稳定性分析主要用于确保支护结构在各种施工条件下的安全性与稳定性。进行稳定性分析的首要任务是评估土体在开挖及支护过程中可能出现的变形、滑移等不稳定现象,这一过程必须依赖准确的地质勘察数据。要开展有效的稳定性分析,必须首先收集详细的地质信息,包括土体的抗剪强度、内摩擦角以及凝聚力等关键参数。抗剪强度可由以下公式表示:

$$\tau = c + \sigma \cdot \tan(\phi) \quad (1)$$

在这里,  $\tau$  代表抗剪强度,  $c$  为土体的凝聚力,  $\sigma$  表示有效应力, 而  $\phi$  是内摩擦角。通过对这些参数的测定,能够为进一步分析提供必要的基础数据。在具体的稳定性分析过程中,常用的方法包括有限元法(FEM)和极限平衡法(LEM)。有限元法通过对边坡进行离散化处理,考虑土体的非均匀性及施工过程中的动态变化,从而实现详细的力学分析。如果土体的变形遵循线性弹性模型,其关系可由以下公式描述:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \quad (2)$$

其中,  $\sigma$  是应力,  $E$  为弹性模量,  $\varepsilon$  为应变。这一模型有助于评估在不同荷载条件下边坡的响应情况。极限平衡法则主要通过滑移面的稳定性来进行评估,摩尔-库仑破坏准则经常被用来确定滑移面的稳定性,其计算公式如下:

$$\frac{c-L+\sigma \cdot L \cdot \tan(\phi)}{W} \geq 1 \quad (3)$$

在公式中,  $L$  代表滑移面的长度,  $W$  为滑坡体的重量。此公式用于判断支护设计是否能够满足稳定性要求。进行土体稳定性分析时,环境因素的影响也需加以考虑。例如,地下水位的变化可能降低土体的强度增加滑坡风险,必须模拟不同水文条件下的土体行为,并评估排水系统的有效性,施工过程中引入的外部荷载,如机械设备的重压也需纳入分析范围确保土体的稳定性。稳定性分析的结果为支护设计提

供了科学依据。根据这些结果,工程师可以设计出符合要求的支护结构,选择合适的材料,并制定合理的施工工艺。

### 3.2 支护结构设计选择

支护结构设计选择在边坡开挖支护工程中占据核心地位,其质量直接关系到工程的整体稳定性与安全性,设计与选择过程中需综合考量土体性质、施工条件、支护需求以及经济因素等多个方面。支护结构设计需紧密结合土体的具体特性,根据地质勘查和稳定性分析的结果,工程师应选择最合适的支护方案。例如,土钉墙适用于软土及中等强度的土体,可有效防止塌方并增强土体稳定;锚杆支护则适用于较大规模的边坡,为边坡提供强有力的支撑;钢板桩适合高水位或软弱土体,具有显著的抗拔力和承载能力<sup>[3]</sup>。设计师还需计算支护结构所承受的荷载,包括土体自重、施工设备重量及其他外部荷载,同时应预测支护结构在不同荷载条件下的变形情况,确保其在施工及长期使用过程中保持稳定。在选择支护结构时,应考虑施工场地的空间限制、施工设备可用性以及环境影响。例如,在狭小的施工区域内,可能需要采用结构紧凑且施工简便的支护方案;在高水位地区,则应选择具有良好防水性能的支护结构,经济性也是设计选择的关键因素之一,工程师应在保证安全和功能的基础上,选择经济合理的支护方案降低工程成本。设计时应预留维护通道,方便定期检查和维修支护结构,支护结构应具有一定的灵活性,以适应施工过程中可能出现的变更和调整需求。

### 3.3 施工工艺与方法

施工工艺的选定应建立在对边坡土体性质及支护设计要求的全面理解之上,常见的施工方法包括分层开挖、支护结构的安装及土体加固。分层开挖能有效控制开挖深度减少土体扰动,从而提高施工的安全性,每开挖一层后必须立即安装支护结构以防止塌方发生,支护结构的安装必须严格按照设计要求执行,确保位置、角度及固定方式符合规范标准。支护结构的施工方法则需根据具体支护类型进行调整。以土钉墙为例,施工步骤包括在边坡上钻孔、插入土钉及灌浆加固。钻孔深度和土钉布置必须符合设计要求且灌浆过程应充分避免产生空洞。对于锚杆支护,施工步骤涵盖钻孔、插入锚杆、灌注锚固剂以及锚杆张拉等,每一步骤均需严格控制确保锚杆的锚固强度及支撑效果,钢板桩支护则需先打入或压入桩体再进行桩间连接,形成一个连续的支护系统。施工工艺的优化还涉及到施工现场的管理与协调,现场应合理布置施工设备和材料确保施工的顺利进行。施工队伍应接受专业培训,掌握正确的操作方法及安全措施,在施工过程中需密切监测土体稳定性和支护结构的状态,并对突发问题进行及时调整。特别是在雨季或其他极端天气条件下应采取适当的防护措施,防水分增加对土体稳定性的影响。在施工过程中,应该尽量减少对环境的影响,例如采取喷淋降尘措施,减少施工噪音,

同时加强安全管理,确保工人佩戴适当的防护装备,并严格遵守安全操作规程防止施工事故的发生。

### 4 边坡开挖支护施工中的常见问题与解决对策

支护结构的施工质量问题也是频繁出现的,主要由材料不符合标准或施工工艺不当造成,解决这一问题需要严格执行质量控制措施,包括在施工前对所有材料进行质量检测,并对施工过程中的关键环节实施严格监督,确保施工操作严格按照规范进行。排水系统失效在降雨或地下水位高的环境中尤为常见,设计和施工阶段必须确保排水系统能够有效地排除多余水分,防止土体软化或支护结构受到冲刷。设计时应考虑全面的排水方案,并在施工过程中定期检查和维修排水系统,以确保其畅通无阻。环境因素如降雨、地震等也会对施工产生影响,导致土体状态的变化或支护结构的损坏,应对这些挑战的策略包括制定应急预案并进行实时监测,根据环境变化及时调整施工计划和支护措施。施工人员的操作不当同样是一个重要问题,可能导致支护结构安装不规范或施工工艺出现错误<sup>[4]</sup>。为此应加强对施工人员的培训和现场操作监督,确保他们掌握必要的技术和安全规范,并及时纠正不规范操作,从而降低潜在的安全隐患。

### 5 结语

在水利水电施工领域边坡开挖支护工程的复杂性及挑战性要求我们在每个阶段都严格关注质量控制与技术应用,深入探讨边坡开挖支护施工的原则、质量控制要求及关键技术,使我们认识到科学设计和精细管理的关键作用。施工中可能出现的各种问题必须迅速识别并有效解决,这不仅需要先进的技术手段,也依赖于施工团队的专业技能与严谨态度,通过实施有效的监测和评估手段,可以确保施工过程中的各个环节都在预期范围内,及时发现并解决问题,从而保障工程的整体质量和安全。不断优化施工工艺与完善质量控制措施,将帮助边坡开挖支护工程更好地应对挑战,确保项目的成功实施。展望未来,我们应继续总结经验、吸取教训推动技术创新,致力于提高施工安全和工程质量,为水利水电项目的顺利推进及可持续发展奠定坚实的基础。

#### [参考文献]

- [1]郝泽维. 水利水电工程边坡开挖支护施工要点[J]. 中国电力企业管理, 2024(3): 94.
  - [2]王泰辉. 高边坡开挖与支护施工技术应用[J]. 四川水力发电, 2023, 42(4): 128-130.
  - [3]李敏. 水利水电工程边坡开挖与支护施工技术研究[J]. 四川水泥, 2023(8): 143-145.
  - [4]肖敏,关晓琦. 水利水电工程边坡开挖支护施工技术优化策略[J]. 陕西水利, 2022(2): 136-137.
- 作者简介: 杨洁(1994.3—), 毕业院校: 新疆农业大学科学技术学院, 所学专业: 水利水电工程, 当前就职单位: 新疆鸿源润泽建设工程有限公司, 造价员, 水利中级工程师、二级水利建造师。