

# 水利水电工程边坡地质稳定性及支护工艺分析

程涛

中国水电基础局有限公司

DOI:10.12238/hwr.v7i10.5024

**[摘要]** 边坡地质稳定性对于水利水电工程的安全实施具有十分重要的影响,这就需要采取切合实际的支护施工工艺。本文旨在探讨如何有效地评估边坡地质稳定性以及选择合适的支护方法,以降低工程风险并保障工程的顺利进行。首先,对水利水电工程边坡的地质稳定性进行了比较深入的分析,其次,结合水利水电工程的特点,探讨了边坡的支护工艺,进而为保障边坡稳定提供一定的参考。

**[关键词]** 水利水电; 边坡; 稳定性; 支护

**中图分类号:** U416.1+4 **文献标识码:** A

## Analysis on Geological Stability and Supporting Process of Slope in Water Conservancy and Hydropower Projects

Tao Cheng

Sinohydro Foundation Engineering Co., Ltd

**[Abstract]** The geological stability of slope has a very important impact on the safety implementation of water conservancy and hydropower projects, so it is necessary to adopt practical support construction technology. The purpose of this paper is to discuss how to evaluate the geological stability of slope effectively and select the appropriate support method to reduce the project risk and ensure the smooth progress of the project. Firstly, the geological stability of the slope of water conservancy and hydropower engineering is analyzed deeply. Secondly, the supporting process of the slope is explored according to the characteristics of water conservancy and hydropower engineering, so as to provide some reference for ensuring the stability of the slope.

**[Key words]** water conservancy and hydropower; slope; stability; supporting

### 前言

水利水电工程中的边坡稳定性问题一直是工程设计与施工中需要高度关注的重要方面。边坡的稳定性直接关系到水利水电工程的安全性和持续运营的可行性。随着水利水电工程规模的不断扩大和复杂性的增加,对于边坡地质稳定性及其支护施工工艺的分析与研究显得尤为重要。

### 1 边坡地质稳定性分析

#### 1.1 地质调查与数据收集

##### 1.1.1 地质调查方法

在进行地质调查时,需要采用多种方法来获取详尽的地质信息。首先,地质工程师会进行现场地质地貌观察,以了解地表地貌特征、岩石和土壤的分布情况,以及可能存在的地质构造。其次,取样分析也是重要的一步,通过采集岩石和土壤样本,并进行实验室测试,以确定它们的物理和力学特性。地下水位的监测也是必要的,因为地下水的涌出可能会对边坡稳定性产生重要影响。地质雷达和地震勘探技术可以用来探测地下构造和岩层,这些信息对于地质模型的建立至关重要。同时,遥感和地理

信息系统(GIS)技术可以提供卫星图像和地理数据,帮助分析工程地点的地形和地貌特征。最后,历史记录和文献研究也有助于了解工程地点的过去地质事件和相关信息,从而更好地评估地质稳定性风险。

#### 1.1.2 数据采集与分析

数据采集与分析是地质调查的重要组成部分,用于获取和处理与工程边坡地质稳定性相关的数据。一旦地质样本和地下水位数据等收集完毕,接下来的关键步骤是数据的分析。

首先,通过实验室测试,可以确定地质材料的物理和力学性质,例如密度、强度、压缩性等。这些性质的数据对于后续的数值模拟和稳定性分析至关重要。同时,通过地下水位的监测和分析,可以了解地下水位的变化趋势和对边坡稳定性的潜在影响。地质雷达和地震勘探数据的分析有助于识别地下岩层和构造,从而更好地理解地质情况。其次,数据采集与分析还包括地质模型的构建。地质工程师使用采集到的数据来建立地质模型,描述工程地点的地质条件。这些模型可以采用地理信息系统(GIS)等工具进行绘制,以显示不同地层和构造的分布。最后,数值模

拟也是数据分析的一部分,通过数值模型对边坡的稳定性进行评估和预测。这种模拟可以考虑各种荷载情况、地质条件和水文条件,以确定潜在的地质稳定性问题<sup>[1]</sup>。

### 1.2 边坡稳定性评估

#### 1.2.1 断层分析

断层分析的目标是确定断层的位置、性质和对边坡稳定性的潜在影响。这通常需要采用地质勘探和测量方法,包括地质剖面的观察和测量、断层面的特征分析以及相关地质材料的采样和测试。通过这些数据,地质工程师可以确定断层的走向、位移量、活动性质以及与断层相关的岩层性质。基于断层分析的结果,工程师可以进一步评估断层对边坡稳定性的潜在威胁。如果断层位于边坡附近且具有较大的位移潜力,那么可能需要采取支护措施来减轻断层对边坡的影响。

#### 1.2.2 岩土材料特性

岩土材料的物理和力学特性对边坡的稳定性具有重要影响,因此需要对这些特性进行详尽的研究和分析。

首先,岩土材料的物理特性包括密度、孔隙度、水分含量等因素。这些特性直接影响材料的质量和稳定性,因此需要进行详细的实验和测量。其次,岩土材料的力学特性也需要进行深入研究。这包括材料的抗剪强度、抗拉强度、抗压强度等力学性质。这些特性对于模拟边坡在外部荷载下的行为以及抵抗内部和外部力量的能力都具有重要作用。工程师需要通过实验室测试和现场取样来确定岩土材料的力学特性,并将这些数据用于稳定性分析的数值模拟中。

#### 1.2.3 边坡坡度与地形分析

首先,边坡的坡度是一个关键因素。不同坡度的边坡会受到不同的稳定性挑战。较陡峭的坡度可能更容易发生滑坡或坍塌,而较缓的坡度可能更加稳定。因此,工程师需要测量和记录边坡的坡度,并与合适的坡度标准进行比较,以确定其是否达到安全稳定的标准。其次,地形分析涉及对边坡所处地区的地形特征的研究。这包括了解地表的高程、地势的起伏、水体的分布等因素。地形对于水流的方向、水分渗透和排水系统的设计都具有重要影响。工程师需要考虑这些地形因素,以确定它们是否会对边坡的稳定性产生不利影响。最后,地质和土壤的类型也会受到地形的影响。在不同地形区域,地质和土壤的特性可能会有所不同,从而影响边坡的稳定性。因此,地形分析需要与地质和土壤调查相结合,以获取全面的信息<sup>[2]</sup>。

### 1.3 稳定性分析方法

#### 1.3.1 极限平衡法

在极限平衡法中,需要定义边坡的几何形状和地质参数,包括坡角、土壤类型、摩擦角等。再将外部荷载考虑进来,如地震力、雨水入渗等,以确定作用在边坡上的力和力矩。通过考虑边坡内部土壤的抗剪强度,计算出抵抗外部作用力的抵抗力。如果在考虑外部作用力的情况下,抵抗力大于外部作用力,那么边坡被认为是稳定的。相反,如果外部作用力超过了抵抗力,边坡可能会发生破坏。通过调整边坡的几何形状或增加支护措施,可以

提高边坡的稳定性。极限平衡法的优点在于其简单性和直观性,容易用于快速初步评估边坡的稳定性。然而,它通常是一种保守的方法,因为它假设边坡处于临界稳定状态。

#### 1.3.2 数值模拟方法

数值模拟方法通常基于有限元法(Finite Element Method, FEM)或有限差分法(Finite Difference Method, FDM)。首先,工程师需要收集有关边坡地质、土壤和水文条件的数据,以构建数值模型。这些数据包括地质特性、土壤参数、水位变化等。然后,工程师将这些数据输入到计算机程序中,并使用适当的方程描述边坡的应力、应变和位移等行为。通过数值模拟,工程师可以模拟不同情况下边坡的响应,包括外部负荷(如雨水入渗或地震)对边坡稳定性的影响。通过对模拟结果进行分析,工程师可以识别潜在的稳定性问题,并评估不同支护措施的效果<sup>[3]</sup>。

## 2 边坡支护工艺分析

### 2.1 支护结构设计

#### 2.1.1 技术要求与标准

支护结构设计在水利水电工程边坡稳定性方面起着关键作用,因此需要遵循一定的技术要求与标准以确保设计的有效性和可靠性。

首先,支护结构设计应基于详尽的地质调查数据和岩土力学参数,以充分了解施工现场的地质情况和边坡稳定性问题。这些数据是支护结构设计的基础,包括土壤和岩石的性质、地下水位、地下构造物等信息。同时,设计应考虑地震、降雨等外部自然因素对边坡稳定性的影响。

其次,支护结构设计需要遵循相关的国家或地区标准和规范。这些标准通常包括关于支护结构类型、尺寸、材料强度、施工工艺等方面的具体要求。设计师应仔细研究并理解这些标准,以确保支护结构的设计符合法律法规和工程质量要求。此外,设计中还需要考虑环境保护、生态恢复等方面的标准,以最大程度地减少对周围自然环境的影响。

最后,支护结构设计应充分考虑工程的可维护性和可操作性。设计师需要与施工人员密切合作,以确保设计的实施是可行的,并且能够在实际施工中得到有效执行。这包括考虑支护结构的施工顺序、施工材料的可获得性、施工设备的适用性等因素。通过综合考虑这些技术要求与标准,支护结构设计可以更好地满足工程的安全性、可靠性和可维护性的要求,确保边坡稳定性得以有效维护和保障。

#### 2.1.2 常见支护结构类型

支护结构在水利水电工程中采用多种类型,每种类型都具有适用于不同地质条件和工程要求的优势。

首先是钢筋混凝土挡墙,这是一种常见的支护结构,特点是坚固耐用,适用于需要抵御大规模土体压力的场合。它们通常用于大坝、堤坝和坡面支护,能够有效地防止土壤侵蚀和水土冲刷。其次是岩锚与索网支护,这种支护结构主要用于岩石边坡的稳定,通过埋设锚杆或索网来增加边坡的抗拉强度,防止岩石块体的脱落和滑坡。再次是土工格栅与植被支护,土工格栅是由土

工合成材料制成的网状结构,用于控制土壤侵蚀和稳定坡面。植被支护是通过种植植物来增加坡面的稳定性,植物的根系可以牢固地绑定土壤,防止其被冲刷。最后是深层土钉墙,这种结构将长钢钉或钢筋深埋在土壤中,通过锚固作用来支撑和稳定坡面。它适用于土壤松散、易于滑坡的情况<sup>[4]</sup>。

## 2.2 支护材料与施工方法

### 2.2.1 岩锚与索网支护

岩锚与索网支护特别适用于岩体或岩石边坡的稳定性加固。这种支护方法依赖于在岩体内部或表面固定锚杆和钢索,并覆盖岩坡表面的网格结构,以增强岩体的稳定性。

首先,岩锚是一种长而坚固的钢杆,通常由高强度的钢制成。这些锚杆会在边坡内部的岩石中钻孔安装,然后通过拉伸的方式施加预应力力量。这有助于防止岩石的滑坡或崩塌,提高了边坡的稳定性。锚杆的数量、深度和位置通常会根据岩体的性质和边坡的要求进行精确设计。其次,钢索是另一种重要的支护元素,通常由多股钢丝编织而成,具有出色的抗拉强度。这些钢索与岩锚结合使用,通过连接到岩锚来增加边坡的稳定性。它们会被张紧以产生合适的预应力,从而有效地抵抗岩石的位移和下滑。这种支护方法还可以在边坡上形成一种网格结构,以进一步稳定岩体。

施工过程包括预先钻孔、安装岩锚和钢索、张紧钢索,以及设置网格结构。这些步骤需要精确的工程设计和计算,以确保支护系统的可靠性。此外,岩锚与索网支护通常用于要求高度技术要求的岩体边坡,因此需要受过专业培训的工程师和施工人员来执行。

### 2.2.2 土工格栅与植被支护

首先,土工格栅是一种由高强度聚合物或金属材料制成的网格结构,类似于网状的毯子。在施工中,土工格栅被铺设在边坡表面,通常埋在土壤中。这种网格结构能够增加土壤的抗剪强度,提供便于植物根系生长的结构支持,并减少水土流失。其次,植被是土工格栅与植被支护的关键组成部分。在土工格栅上,可以种植各种植物,如草本植物、灌木或树木。这些植物的根系将渗透土工格栅并扎根于土壤中,进一步稳定边坡,减少侵蚀,提高生态环境。植被还有助于吸收水分,减少降雨对边坡的侵蚀作用。

施工方法包括清理边坡表面、铺设土工格栅、种植植被、灌溉和养护等步骤。在清理阶段,需要清除杂草、碎石和杂物,确保土工格栅与植被能够顺利铺设。然后,土工格栅被铺设在边

坡上,通常以钉子或其他固定设备固定在地面上。接下来,植被种植在土工格栅上,需要充分浇水以促进生长。定期的养护和监测对于支护系统的长期稳定性至关重要。

### 2.2.3 预应力锚索支护

预应力锚索支护是一种在土体或岩体中预埋锚索并施加预应力力量以增强边坡稳定性的工程技术。这种支护方法通常用于对边坡进行较大规模的支护,特别是在面临复杂地质条件或大规模边坡稳定性问题时。

首先,预应力锚索通常由高强度的钢材制成,具有出色的抗拉强度。在施工过程中,工程师会在边坡内部或底部的岩土体中埋设这些锚索。一旦锚索被安装,预应力力量将通过张紧锚索的过程施加在土体或岩体上。这种预应力力量有助于增加边坡的抗拉强度,提高其稳定性。其次,预应力锚索的施工过程需要进行精确的工程设计和计算。工程师必须考虑边坡的地质条件、土壤或岩石的性质、坡度和高度等因素,以确定正确的锚索类型、数量和预应力力量。通常,这些锚索会被均匀地布置在边坡内部,并通过机械或液压系统来张紧。

施工中的关键步骤包括预钻孔、安装锚索、张紧锚索、封填孔洞等。一旦预应力锚索被正确安装和张紧,它们将有效地抵抗边坡土体或岩体的位移和下滑,提供额外的稳定性<sup>[5]</sup>。

## 3 结语

综上所述,水利水电工程中的边坡地质稳定性分析是一项综合性的系统问题,直接关系到工程的安全性。通过充分的地质调查与数据分析、合适的稳定性评估方法、以及科学的支护结构设计与施工工艺,可以有效降低边坡风险,确保水利水电工程施工的安全进行。

### [参考文献]

- [1]万克诚.基于ICMP的水利水电工程边坡稳定性分析[J].工程技术研究,2021,6(20):33-34.
- [2]罗正全.水利水电工程边坡地质稳定性分析及支护施工工艺[J].工程建设与设计,2021,(19):158-160.
- [3]程雪.水利水电工程岩质边坡稳定性的评价方法探析[J].水利技术监督,2020,(02):118-121+179.
- [4]王任飞.基于水利水电工程岩质边坡抗滑稳定性分析[J].黑龙江水利科技,2020,48(01):95-97.
- [5]王志军.水利水电工程的建设枢纽边坡稳定性分析[J].黑龙江水利科技,2017,45(11):15-17+38.