

# 水利水电工程中高边坡的加固和治理研究

李志鹏

甘肃中铁建设工程有限公司 甘肃兰州 730000

**摘要:**我国水利水电工程随着经济的发展呈现日益扩大的趋势。在这些工程中,高边坡的施工质量和技术应用愈发引起广泛关注。在整个水利水电工程的施工过程中,确保高边坡的施工质量成为关键,这对于保障工程施工的整体质量和安全运行至关重要。由于高边坡的地质构造较为复杂,滑坡问题受多种因素影响。因此,在高边坡的施工过程中,需要从全局角度综合分析加固施工及后续治理问题。处理高边坡问题时,我们应该从整个工程施工的角度进行综合分析,采用多种治理措施才能够达到技术效果和经济效益的最大化。只有这种整体性的施策方法才能提高了工程的稳定性,为水利水电工程的可持续发展奠定坚实的基础。

**关键词:**水利水电工程;施工;高边坡加固;治理措施

## 引言

高边坡是指高度超过30m的岩质边坡或者高度超过20m的土质边坡<sup>[1]</sup>。在水利水电工程中,高边坡的问题涉及到治理和加固,其稳定性不仅直接影响着水利水电工程建设和运行,还对工程的进度和成败产生重要影响,例如在三峡水电站和龙羊峡水电站等工程中,高边坡治理问题不仅耗费大量资金,还延误了工期。我国水利水电工程建设者通过借鉴国外先进的理念和技术,并在多年的实践过程中汲取经验教训,总结出一整套系统的水利水电工程高边坡加固措施。高边坡的治理和加固措施多种多样,采用的技术和工艺各异,但主要目的都是为了防止高边坡的滑动,稳定整体结构。设计者在水利水电工程的高边坡进行整体勘测和分析时,需要采用新技术和新工艺,以确保高边坡治理的安全性。这些高边坡问题对水利水电工程的质量和安全产生深远影响。有效处理高边坡问题不仅可以在很大程度上减少工程的施工成本和施工时间,提高工程的施工进度,还能最大化水利水电工程的经济效益和社会效益。

## 一、高边坡失稳的原因

由于受到自然因素与人为活动的影响,导致高边坡容易出现不同程度的质量问题,这不仅会严重影响水利水电工程运行中的稳定性,同时也导致其在运行管理过程中存在一定的安全隐患,严重的可能造成人身伤亡和不可挽回的经济损失。

## 1.自然因素

高边坡滑坡失稳是一种复杂而危险的地质灾害,通常受多种自然因素的影响。首先,地质因素是高边坡滑坡失稳的主要根源之一,地层的结构、岩性和土质的特性直接影响着高边坡的稳定性。另外,岩石或土壤的层理结构、断裂带的存在以及地层的不均匀性都可能引起边坡的失稳,比如在地层中存在的易侵蚀松散层或者水平分层结构,容易导致水分渗透和土体的松散,增加了滑坡的风险。其次,气候因素也是高边坡滑坡失稳的重要外部因素之一,降雨是引发滑坡的常见气候事件。大雨引起的水分渗透和土壤饱和可能削弱边坡的内部结构,减少土壤的抗剪强度,从而增加了滑坡的可能性,特别是在陡峭的高边坡上,雨水容易形成沟道并加速水流,增加了侵蚀和滑坡的危险性。而且地震引起的震动和地壳位移可能导致边坡的破坏和移动,不仅会导致岩体的裂缝扩展,还可能触发滑坡的发生,尤其是在地震多发区域的高边坡上,地震因素应引起特别的重视。这些因素相互作用,共同导致高边坡在一定条件下失去稳定性,引发滑坡。

## 2.人为活动

人为活动对高边坡滑坡失稳产生深远影响,其原因涉及设计、施工、管理等多个方面。在设计阶段,设计者在规划高边坡时未充分考虑地质条件、水文气象等因素,或者设计中存在缺陷,如坡度过大或不合理的排水系统,将直接增加高边坡发生滑坡的风险。由于缺乏全面的地质勘测和设计分析,可能导致不稳定因素的被忽

视, 最终影响工程的长期稳定性, 而施工过程设计者为了加快工程进度, 一些地方可能采用过度的爆破、加载和挖掘手段, 以及不规范的施工操作, 导致高边坡的破坏和滑坡风险的增加。特别是在采矿、建设、基础设施开发等领域, 过度的土地开发和资源利用也容易引发高边坡的不稳定, 从而导致滑坡的发生。在一些工程中, 管理者由于缺乏科学的施工管理和监督机制, 可能为了缩短工期和降低成本, 忽略了法律法规和工程标准, 采用不合格的原材料或者降低施工质量标准, 从而为高边坡的失稳问题埋下了隐患。值得注意的是, 人为因素造成的高边坡滑坡失稳问题是可以由一系列有效的预防和治理手段来降低的。在施工前, 充分的地质勘测和设计分析应成为不可或缺的环节。合理的施工计划和管理措施, 严格遵循法规和标准, 采用科学的施工技术, 都是确保高边坡稳定性的重要步骤。在管理方面, 引入新的管理观念和方法, 强化监督机制, 做到预防为主、防治结合, 对降低高边坡滑坡失稳风险至关重要<sup>[2]</sup>。

## 二、水利水电工程中高边坡的加固措施与方法

### 1. 混凝土抗滑结构的应用

#### (1) 混凝土抗滑桩

抗滑桩技术在滑坡面较缓的情况下, 优势以及施工效果会更好。因此在加固高边坡的施工过程中, 抗滑桩技术已经成为了优先的选择技术。混凝土抗滑桩技术是一种广泛应用于高边坡加固的有效方法。通过详细的地质勘测和工程设计, 确定抗滑桩的深度、数量、尺寸等参数, 并设计其结构形式和连接方式, 以确保与边坡的良好适应性。在施工过程中, 使用适当的机械设备将混凝土桩深入地下, 保证桩体的垂直度和均匀分布。通过采用增强材料、锚杆等方式确保抗滑桩与边坡之间的牢固连接, 提高整体结构的稳定性, 抵抗外部滑动和剪切力, 从而有效提升边坡的整体稳定性和抗滑性。完成加固后, 对边坡进行修复和维护工作, 包括坡面修复和植被的重新植入。这种加固方法适用于各种高度和类型的高边坡, 为高边坡提供了可靠的支撑, 确保其长期稳定。

#### (2) 混凝土沉井

混凝土沉井技术是一种常用于高边坡加固的有效手段。该方法通过在高边坡内部沉井混凝土桩, 形成坚固的支撑结构, 以提高边坡的整体稳定性和抗滑性。通过全面了解边坡的地质特征、土质状况和受力情况, 确定沉井的埋设深度、数量、尺寸等参数, 以及设计沉井混凝土桩的结构形式和强度要求。这一步骤是确保加固效

果的关键, 需要全面考虑地质条件和工程要求。施工过程中, 使用适当的机械设备将混凝土桩沉井到预定深度, 确保桩体在高边坡内形成坚实的支撑结构。施工中需要注意桩与桩之间的连接, 确保整体支护结构的牢固性。然后, 考虑沉井混凝土桩与边坡之间的连接。可以采用增强材料、锚杆等方式, 将桩体与边坡紧密连接, 提高整体的稳定性。这一步骤有助于防止沉井混凝土桩与边坡之间的位移和剪切, 增强了支撑结构的抗滑性。最后, 进行边坡的修复和维护。完成挡墙的加固后, 对边坡进行必要的修复工作, 包括坡面修复和植被的重新植入。定期进行巡视和维护, 确保挡墙结构的长期有效性。混凝土挡墙技术通过建造坚固的支护结构, 有效提高了高边坡的整体稳定性和抗滑性。

#### (3) 混凝土挡墙

混凝土挡墙技术通过建造混凝土挡墙, 形成坚固的支撑结构, 提高高边坡的整体稳定性和抗滑性。首先, 进行详细的地质勘测和工程设计。通过了解边坡的地质特征、土质状况和受力情况, 确定挡墙的高度、宽度、坡度等参数, 以及设计挡墙的结构形式和强度要求。这一步骤是确保加固效果的关键, 需要全面考虑地质条件和工程要求。其次, 进行挡墙的施工。施工过程中, 按照设计要求使用适当的模板和混凝土浇筑技术, 逐段建造挡墙结构。施工中需要确保挡墙的每一部分都紧密相连, 形成坚实的整体支护结构。然后, 考虑挡墙与边坡之间的连接。可以采用增强材料、锚杆等方式, 将挡墙与边坡牢固连接, 提高整体的稳定性。这一步骤有助于防止挡墙与边坡之间的位移和剪切, 增强了挡墙的抗滑性。最后, 进行边坡的修复和维护。完成挡墙的加固后, 对边坡进行必要的修复工作, 包括坡面修复和植被的重新植入。定期进行巡视和维护, 确保挡墙结构的长期有效性。这种加固方法在实际应用中具有施工简便、效果显著等优点, 适用于不同类型和高度的高边坡<sup>[3]</sup>。

### 2. 锚固技术的应用

锚固技术是在不改变岩体和地貌的基础上, 将受拉杆件一端固定起来, 另一端与建筑物连接承受推力, 利用锚固力来保证高边坡的稳定。锚固技术周期短, 施工灵活多变, 主动受力, 受力稳定可靠。按照不同的结构形式锚固技术可以分为三种: 预应力锚杆技术、喷混凝土护坡及地锚技术。

#### (1) 预应力锚杆技术

预应力锚固是一种先进的高边坡加固技术, 通过在

边坡内埋设锚索，将力传递给混凝土框架，从而对滑体施加预应力。这种加固方式能够显著提升高边坡的整体稳定性，有效限制不稳定因素的发展。预应力加固的关键步骤主要包括锚孔钻造、锚索（杆）制作以及锚孔注浆。在锚孔钻造的过程中，应以桩子的大小为标准，准确确定锚孔的位置，保证钻孔过程的精确性和细致性，并进行详细记录。完成钻孔后，选用强度高、松弛度低的钢绞线作为锚索（杆），以确保锚索具有足够的承载能力。最后，按照严格的配料比例进行注浆材料的准备，确保混凝土在注浆后能够充分凝固，形成牢固的支护结构。这个过程不仅有助于提高边坡整体结构的强度和稳定性，还能有效防止边坡滑动和塌方。预应力锚固技术在高边坡工程中得到了广泛应用，其先进性和可靠性为高边坡的安全性和稳定性提供了有力的保障。

### （2）喷混凝土护坡

喷混凝土护坡是一种先进而可靠的高边坡加固技术，其原理类似于预应力锚固，利用一定的喷射力将混凝土喷射到高边坡，形成混凝土保护层，从而做到维护高边坡稳定的效果。通过喷射混凝土的方式，将混凝土均匀喷洒在边坡表面，形成一个具有一定强度和抗滑性的保护层。喷混凝土的配方应根据地质特征和工程需求进行精确设计，以确保其具有足够的强度和粘附性。在喷混凝土的同时，可以在边坡内部设置增强材料，如钢筋网或纤维增强材料，以提高整体结构的抗拉和抗剪性能。这一步骤有助于形成一个更为坚固的高边坡保护体系。完成喷混凝土护坡后，进行修复和维护工作。包括对混凝土表面进行修整，保持坡面的平整度，并在混凝土层表面进行植被的重新植入，以提高整体生态效益。喷混凝土护坡技术不仅能使高边坡强度更强，更经济，而且通过使用锚杆还能节约水泥。喷混凝土护坡加固方式结构轻便，施工简单，而且排水方便，适用范围广。

### （3）地锚技术

地锚技术是锚固技术中的一种重要形式，广泛应用于高边坡的稳定性加固<sup>[4]</sup>。这一技术的主要原理是通过在边坡底部或边坡内埋设锚索，将其连接到深部的稳定土层或岩体中，形成一种坚固的支护结构，以提高整体边坡的稳定性和抗滑性。在进行地锚技术时，需要进行

详细的地质勘测和工程设计。根据地质特征和工程要求，确定锚索的埋设深度、数量和尺寸等参数，以确保锚索能够有效地传递和承受地表和边坡的受力。进行锚孔的钻造工作。在这个过程中，需要准确地定位锚孔的位置，并确保钻孔的精确性和准确性。这一步骤的关键是为后续锚索的埋设提供坚实和可靠的基础。选用合适的锚索进行埋设。锚索通常是由高强度的金属材料制成，其目的是在连接地表和深层稳定层时提供足够的抗拉强度，以增强整体结构的稳定性。进行注浆作业。通过在锚孔中注入高强度的浆液材料，确保锚索与岩土体之间形成良好的连接，提高抗滑效果。注浆材料的配比和注浆工艺的控制至关重要，以确保锚固效果的稳定性和可靠性。地锚技术的应用能够有效地提高高边坡的整体稳定性，适用于不同类型和高度的边坡工程。其灵活性和可靠性使其成为边坡加固领域中备受青睐的技术手段。

### 结束语

水利水电工程中，高边坡加固治理在实际工程中发挥着关键作用。这不仅有助于延长水利水电工程的使用寿命，更能够为人民的生命财产安全提供可靠保障。随着科学技术的不断进步，新的工艺和技术层出不穷，设计者可以采用更科学的加固技术，以确保水利水电工程的高边坡更加稳定可靠。这种不断创新的趋势为高边坡加固治理提供了更加先进和有效的手段，推动着整个水利水电工程领域的不断发展。

### 参考文献

- [1] 黄伶, 饶建辉, 高端, 等. 刍议水利工程施工中的环境保护和水土保持[J]. 江西水利科技, 2013(3): 231-232, 237.
- [2] 李满媛. 水利水电工程高边坡的加固与治理[J]. 民营科技. 2013(10).
- [3] 江剑霞. 浅析水利水电工程设计中存在的问题及其解决对策[J]. 青年与社会, 2014(10): 327-328.
- [4] 王洪庆, 严绎强, 辛建芳, 杨智. 浅谈土钉墙锚杆联合支护技术在三峡库区某高切坡防护工程中的应用[J]. 资源环境与工程, 2011(05): 4.