

水利水电工程高边坡的加固与治理研究

游成龙¹ 朱源广²

1. 井冈山市碧溪镇人民政府 江西吉安 343604

2. 万安县枳头镇人民政府 江西吉安 343800

【摘要】在新时期水利水电工程不断发展背景下，高边坡的稳定性问题成为当前重点关注内容，需对高边坡的加固与治理进行关注。对水利水电工程的高边坡实施加固与治理措施，可促进工程稳定性、安全性提升，也能够显示出较强的可持续发展水平。为此，本文先对水利水电工程高边坡的特点进行分析，然后对其加固、治理措施进行分析，以此促进可持续发展能力提升，旨在为相关工作人员提供参考。

【关键词】水利水电工程；高边坡；加固；治理

引言

国内基础设施建设力度正在不断增强，水利水电项目的数量也在随之提升，其质量与安全性成为当前施工关注重点。高边坡即水利水电工程中因地形、地质等原因形成的陡峭坡体，其稳定性会对工程安全产生直接影响，一旦发现问题容易引发严重灾害并造成损失，带来较大的安全风险。因此，需对高边坡滑坡风险进行关注，与当地施工条件相结合，选取合适的高边坡加固技术，做好防范与治理工作，促进水利水电工程发展。

1 水利水电工程高边坡的特点

1.1 工程规模大

高边坡一般是指高度较大的边坡，通常会超出50m，同时高边坡通常具有陡峭坡度。另外，水利水电工程高边坡面积较大，因此需要大量土石方工程对其进行支撑与保护，也需更多监测与维护工作促进其稳定性提升^[1]。

1.2 地质条件复杂

国内水利水电工程通常以地形复杂的山区或峡谷等为主要建设地区，其边坡具有较大高度，且山坡内的物质成分、结构均呈现出复杂化和多样化特点，容易受到外界因素影响，给工程建设带来较大难度。因此，需要针对地质、水文情况进行综合考虑，采取有效的工程措施让坡体稳定性和抗风化性能得到有效提升。

1.3 生态环境保护要求高

高边坡地区通常具有较为脆弱的生态环境，需在水利水电工程的设计、施工中关注到生态环境保护的重要性，针对生态修复、植被恢复等因素做出综合考虑，最大程度降低高边坡对周围生态环境的影响，促进生态平衡恢复。

2 水利水电工程高边坡的加固与治理措施

2.1 生物防护措施

2.1.1 边坡清理

在对水利水电工程高边坡进行加固、治理前，需对周围的障碍物进行处理，为后续施工的顺利性提供保证。首先，要对边坡上的杂草进行清除处理，避免其深入土壤，引发土壤松动等问题。同时，杂草也会对边坡的排水和透气性产生影响，使得边坡受到滑坡等灾害影响，需及时清除杂草。其次，要对边坡上的垃圾和残渣做出及时清理，避免对边坡稳定性造成较大影响，让边坡整洁性得到有效保证。另外，还要对边坡上的植被进行定期修剪，让植被整齐美观度得到保证，避免植被过密对土壤透气透水性产生影响，引发边坡不稳定的。若边坡开挖堆积的大量岩石块，需对其做出适当处理、重复利用。若施工地区存在电力线路，需以实际施工需求为例，在对居民正常用电不产生影响的前提下制定出有效的加固、治理方案，让施工风险得到有效预防^[2]。

2.1.2 植被防护

在开展水利水电工程高边坡加固施工时，需以根系发达、容易存活的植物为主要选择，通过植被防护的方式实现土壤的固定，让水土流失问题得以减少，促进边坡稳定性提升。首先，在对树种进行选择时，需结合区域气候条件选择与气候相适应的种类，比如灌木、草本植物等，让其在恶劣环境下获得良好存活能力。将植被覆盖于高边坡形成植被覆盖层，可以让降雨冲刷和地表径流速度得以减缓，减少土壤腐蚀问题。其次，在对植被栽种和养护的过程中，需结合边坡土壤情况做好种植密度的有效控制，并且要借助定期养护的手段促进植被生长效果提升。同时，要对已有植被展开检查，一旦发现枯死或凋谢植被，需做好及时补植处理，让植被覆盖率得到有效保证。最后，要将植被防护措施与其他工程措施结合在一起，比如护坡结

构、挡土墙等，促进边坡稳定性和防护效果提升。

2.2 混凝土抗滑加固措施

2.2.1 混凝土沉井

混凝土沉井（图1）是水利水电工程中常见的一种结构，其主要功能是降低高边坡对下部水工建筑物的冲击力，让坝基和坝体的稳定性得到维护。通常来说，混凝土沉井以圆形、矩形或多边形为主，其尺寸需结合工程条件、冲击力大小来做出确定，总体需对现场施工情况进行综合考虑，对周围地质情况展开严格检查，避免出现塌陷等问题，让沉井的抗冲击性能得以提升。首先要对施工现场杂物做出及时清理，让地面平整性得到保证。并且，要对沉井模型进行利用，以此为据制作沉井，在此过程中需做好混凝土质量的严格把握，让沉井边缘的摩擦力控制在最小水平。混凝土沉井的强度和耐久性会对工程安全性产生直接影响，因此需对混凝土的配合比进行关注，让沉井的抗冲击性能和长期稳定性的得到保证^[3]。另外，还可在混凝土沉井内部设置钢筋加固结构，以此促进其承载能力提升。在施工过程中，要对混凝土重量、沉井的下沉深度以及沉井外部表面处理情况进行重点关注，需以操作要求为据严格做好沉井作业，并让下沉角度处于垂直状态，让沉井外部表面处于平滑状态，促进施工质量和安全性提升。



图1 混凝土沉井

2.2.2 混凝土挡墙

混凝土挡墙在水利水电高边坡加固中扮演重要角色，主要是借助挡土和承受边坡土体的自重来稳定边坡，减少边坡滑坡风险。在开展施工前，需结合工程实际，对边坡稳定性展开分析，让挡墙的高度、长度、倾斜角度等参数进行明确，选择合适的挡墙。一般来说，水平墙适用于高度较低的边坡，具有体积小、施工简单、成本低的特点。斜坡墙适用于高度较大的边坡，显示出较好的稳定性特征。框架墙适用于各种高度的边坡，但其结构体系存在

一定复杂性。施工时，要对区域做好清理工作，并且要做好测量标高和布置控制点等准备工作。接着，要对基础开挖、施工基础浇筑和基础处理进行关注，严格按照施工规范操作，为挡墙结构稳定性打下良好基础。在开展挡墙施工时，需要以边坡高度、宽度为依据，对挡墙的高度、宽度做出合理调整，让其有效支撑高边坡的土壤、岩石和荷载，避免受到滑坡等安全风险影响。同时，要与施工区域的土壤类型、水文地质条件和治理要求结合在一起，选取合适的后填料，并对其压实度进行保证，让后填料的排水性能和支撑能力得到有效保证，发挥出良好的防滑效果，减少挡土墙变形问题。对于沪宁图挡墙来说，它不是治理边坡不稳定的单一措施，需将其与排水系统、植被覆盖、防护网等辅助措施结合在一起，共同提升治理体系稳定性，从而达到预期的边坡加固效果。

2.2.3 混凝土抗滑桩

混凝土抗滑桩的主要目的即对边坡滑坡、坍塌等问题进行预防，属于柱形支撑结构通常由混凝土、钢筋混凝土结构构成，发挥出增加边坡的稳定性、抗滑性能的作用。混凝土抗滑桩通常与混凝土沉井配合使用，具有较强的结构稳定性，能够对不同的土壤条件和高度需求进行满足，让边坡稳定性得到进一步提升。在开展施工前，需对边坡的土质进行勘察，包括土体的性质、坡度、水平荷载等参数，将其作为抗滑措施的重要依据。接着，要在施工中重点关注桩的数量、分布、间距、深度和形状等因素，制定出科学的施工方案，为施工的顺利开展打下良好基础。通常来说，混凝土抗滑桩通常会使用特殊连接件对桩杆与地基进行有效连接，促进其抗滑效果提升。同时，要对桩杆材料的强度、耐久性进行关注，结合工程荷载针对抗滑桩的设计承载力进行计算，让抗滑桩的稳定性得到保证。在对抗滑桩进行设定时，需保证桩体间的边坡滑土无法滑出，让其加固作用得以充分发挥。还要结合边坡滑坡情况选用合适的打桩方法，包括整体间隔、独立间隔，顶部连接、底部连接，让混凝土抗滑桩的应用优势得到有效凸显。

2.3 锚固技术

2.3.1 锚固洞

锚固洞作为一种常见锚固技术，主要是利用钻孔或爆破等方式于岩体中开设洞穴，借助钢筋、锚杆等材料，让洞穴与岩体固定在一起，以此实现边坡的稳定性提升。在开展施工之前，需以设计图纸作为依据，针对锚固洞的位置和深度进行有效明确，利用钻机开展钻孔操作。在钻孔过程中，需结合工程实际做好锚杆长度、孔深的合理调整，并在钻孔完成后对孔壁碎石、泥土等杂物进行清除处理，让孔道处于通畅状态。接着，将严格配合比混合的混

合材料注入到钻孔当中，并在此过程中做好压力、速度的有效控制，让其灌浆填充处于均匀分布的状态。待灌浆完成之后，将预先经过加工的钢筋混凝土锚杆插入到孔道当中，并对其进行稍微旋转，让其处于紧密贴合灌浆材料的状态，并在锚杆末端增加套管，实现摩擦力的有效提升。最后，要对安装完成的锚杆展开相应养护处理，并在灌浆材料凝固后开展后续治理工作，做好验收工作。

2.3.2 喷混凝土护坡

将喷混凝土护坡应用在水利水电工程的高边坡加固施工中，可形成较为坚固的支护结构，让边坡的稳定性和安全性得到有效提升。此种加固方式是借助专业机械喷射混凝土，以此形成坚固的保护层，成为边坡的临时支护结构，相比木质支护和钢支护具有更高的支护强度，并且可以节约原材料成本。在开展喷混凝土护坡施工时，需对混凝土原材料做出合理选择，要与设计要求相符，具有良好的抗压强度、抗渗性能。同时，要求操作人员选取合适的机械工具，并对其使用方法进行熟练，让施工质量与效率得到保证。施工过程中，需对混凝土的喷射厚度与坡面的平整度进行控制，让工程质量得到保证。完成混凝土喷涂后，需对采取浇水、防晒布遮盖等方式展开养护处理，避免混凝土表面处于过度干燥状态。将喷混凝土护坡与锚杆技术结合应用在水利水电工程的高边坡加固施工中，能够减少模板部分和拱架施工的步骤，让洞内空间得到更好地利用，实现施工劳动量、混凝土材料的有效节省，显示出非常强的施工效率。

2.3.3 预应力锚固

预应力锚固（图2）在加固高边坡、岩体以及水利水电工程中具有重要意义，主要是通过施加预应力的方式实现岩体内部压力的强化，促进边坡抗滑性能提升。在开展预应力锚固前，需对锚索参数的测试进行关注，利用锚具钻于混凝土构件中预先钻孔，然后将预应力锚具塞入锚孔中，借助注浆管将浆液注入锚孔，待充填完毕后等待其凝固和硬化。接着，将预应力钢束穿过锚定前的预应力锚具，利用预应力固定于锚具当中，以此实现预应力锚固。此种锚固技术具有较强的灵活性，并且不会对岩体结构产生破坏影响，让水利工程高边坡稳定性得以提升。

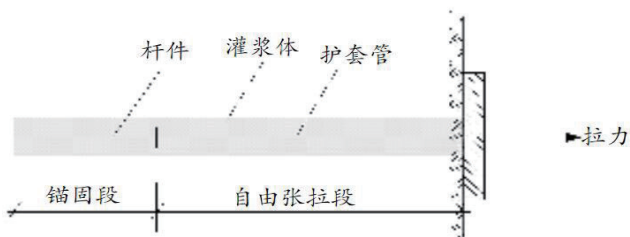


图2 预应力锚固结构

2.4 排水减载技术

2.4.1 排水施工

水利水电工程中的排水施工可减少地下水、降雨对边坡稳定性的影响，让边坡加固工程的安全性得到保证。一般来说，可通过增设截水沟、盲沟和集水井等设施，让地下水得到有效排除，减少地下水对边坡的影响，促使排水效果提升。另外，要对地表水的清除进行关注，一方面可利用施工现场的地形地势选择合适的拦水设施，比如网状排水系统，避免地表水进入边坡变形区域。还可通过修建拦水沟和排水沟等设施，让地表水得到有效拦截与清除，降低岩土结构中的水压和含水量，促进高边坡稳定性提升。

2.4.2 减载反压施工

将减载反压施工应用在水利水电工程当中，可利用反压措施对高边坡的下滑力进行有效控制，利于提升工程施工质量。在施工中，需对边坡顶部的土层进行挖掘，以此实现边坡自重荷载的减少，让施工的安全性、质量得到有效提升。同时，也需将钢梁、钢柱等支撑结构加装在边坡上，以此实现边坡的有效支撑，让边坡受力得以减少，让其中的不稳定性因素得到有效降低。在加固的同时还需对边坡排水设计进行关注，让边坡表面和内部的排水系统处于畅通状态，以免影响到边坡稳定性。总体来说，减载反压施工可在加固高边坡的同时减小边坡荷载，让边坡的稳定性和安全性得到有效提升。

结语

综上所述，水利水电工程施工中的高边坡风险与地质结构、水文情况、天气情况存在密切联系，需对各类因素进行关注，让边坡失稳风险进行有效降低，让水利水电工程的经济损失得以降低。在加固与治理过程中，施工单位需结合具体实际选用合适技术手段，并对相关政策、监管机制进行完善，让项目的可持续性得到保证，推进水利水电工程的稳定发展。

参考文献：

- [1] 林君. 水利水电工程高边坡的加固与治理[J]. 科技创新与生产力, 2022 (11): 55-57.
- [2] 孙友良. 水利水电工程高边坡的加固与治理策略研究[J]. 产业与科技论坛, 2020 (7): 54-55.
- [3] 陶春燕. 水利水电工程高边坡的加固与治理[J]. 华东科技(综合), 2020 (12): 0362-0362.

作者简介：

游成龙 (1997.06-), 男, 汉, 江西吉安, 本科, 助理工程师, 研究方向: 水利。