

水利工程边坡支护施工技术研究

韩超宇

河南省水利第二工程局集团有限公司 河南郑州 450000

DOI:10.32629/ems.v8i3.18674

[摘要] 水利工程边坡是工程结构重要组成部分,广泛存在于水库大坝等项目中,其稳定性决定工程施工安全、运营寿命及周边生态安全。边坡多处于复杂地质与水文环境,受水流冲刷等因素影响,易发生滑坡等灾害,导致工程停工、投资增加,甚至引发安全事故。本文结合边坡支护核心需求,梳理常用支护施工技术类型、适用场景及要点,分析质量控制难点与常见问题,提出技术优化与管控对策,为提升边坡支护质量、强化稳定性提供技术参考,助力水利工程高质量建设。

[关键词] 水利工程; 边坡支护; 施工技术; 质量控制; 稳定性

一、引言

边坡开挖及支护是水利工程中的重要组成部分,边坡稳定关系到整个工程的安全以及长远发展。水利工程边坡具有地质环境复杂、受水文气象因素的影响较大、易受到人为扰动、支护难度较大等特点,在某些方面比一般的土建工程边坡还要多承担一定的荷载量,对边坡的支护也提出了更高的要求。近年来,随着我国水利工程逐渐向更深的方向发展,复杂边坡场景增多,边坡支护施工技术匹配性和质量是影响工程安全的重要因素。因此,深入研究边坡支护施工技术,掌握应用要点,强化质量管控,破解支护难题,对保障边坡稳定、防范灾害、提升工程运营安全有重要意义。

二、水利工程边坡支护施工技术分类及应用要点

(一) 锚杆支护技术

锚杆支护技术是水利工程边坡常用主动支护方式,将锚杆深入边坡岩土体,借粘结力和摩擦力传递应力,约束变形,提升稳定性。该技术施工便捷、成本低、适应性强,适用于多种地层,尤其高陡、临时及基坑边坡。主要施工步骤为:

(1) 施工前根据勘察成果确定锚杆长度、直径及布置方式,并在施工过程中进行调整,一般情况下,根据边坡高度和岩性确定锚杆长度,其嵌入岩体不小于1.5m,间距取1.0~2.0m,倾角可取 15° ~ 30° 。(2) 锚杆成孔采用相应的成孔机械并严格保证孔位偏差及成孔直径,在施工中注意排除孔内残渣积水,在遇到破碎带或者含水量较大的地层应采用跟管成孔工艺,成孔完毕后将孔口清理干净并对孔壁质量进行检查。(3) 安装锚杆、注浆是本次工程中的重要工序,锚杆除锈除油,压力0.3~0.5MPa注浆,确保浆液密实粘结,注浆后养护至设计强度再施加依边坡应力计算确定的预应力。

(二) 喷射混凝土支护技术

喷混凝土支护是以高压设备把混凝土混合料喷到边坡上形成支护层的一种被动支护技术,能够对岩土体进行封闭处理,防止其受到风化剥落作用,并与其共同受力,提高边坡局部稳定性。这种技术具有施工速度快、支护及时、密封性强的特点,通常会配合锚杆、钢筋网支护使用,广泛用于不同类型的岩土边坡中,尤其是在一些破碎、风化的岩石以及临时性的边坡当中应用较多。喷射混凝土施工应控制材料配比、喷射工艺、养护质量。采用强度不低于C25水泥拌合级配良好的砂、碎石,并掺入一定数量的速凝剂、减水剂等,其中速凝剂根据气温进行调节;拌制混合料时间不少于2min,运输过程中防止离析、受潮;喷射时应控制好喷射距离为1.5~2.0m、垂直于坡面的角度以及均匀、连续喷射的速度,喷射厚度按2层进行分层喷射。每层厚50~70mm,间隔不小于2h;喷后及时养护不少于7d,表面保持湿润。对破碎严重的边坡可喷前铺设间距为150~200mm的钢筋网并同锚杆连接以提高整体性。

(三) 挡土墙支护技术

挡土墙支护是沿边坡坡脚或坡面设置刚性挡土结构物,以抵抗土压力、防止坍塌失稳的一种支护形式,适用于坡度较缓、岩土体自身稳定性较差以及需长久防护的水利水电工程边坡,例如河岸、库岸、渠岸边坡等,常见类型包括重力式、悬臂式、扶壁式等。重力式依靠自身重量维持稳定,一般用于中、小型边坡;悬臂式以及扶壁式都是钢筋混凝土构筑物,主要针对高层以及软土地基边坡使用。挡土墙应按照设计要求施工,控制基础处理、墙体浇筑及排水构造。基底应开挖至设计持力层,并在遇到软土或承载力不足时采取加

固措施, 分层浇筑、振捣密实并养生。重力式墙身宜用浆砌石或者采用混凝土浇筑而成; 钢筋混凝土挡土墙应控制好钢筋绑扎、模板安装和混凝土浇筑的质量并及时养护。同时, 应设置排水设施, 在墙上设置间距为2~3m的泄水孔, 并高出地下水位或者水面, 墙后填反滤层。

(四) 锚索支护技术

锚索支护技术是在锚杆支护基础上发展而来的, 利用高强度钢绞线锚索钻入到边坡稳定地层中施加预应力, 从而达到对边坡岩土体进行约束、限制变形的目的, 适用于稳定性要求较高的边坡, 例如水电站厂房及水库大坝边坡等; 具有承载能力高、效果好、适应性强等特点, 但其施工工艺复杂, 应严格把控施工质量。首先, 锚索设计应根据边坡应力计算来确定设计参数, 锚固段深入稳定地层不小于3m, 并根据边坡荷载确定预应力值; 钻孔采用高精度设备进行作业, 严格控制钻孔的垂直度及孔径大小, 采用清水或者泥浆护壁, 在富水的地层或是破碎的岩石中使用套管跟进施工。成孔完成后制作并安装锚索以保证其处于钻孔的中间位置。对于锚索的注浆采取高压的方式, 压力0.5~1.0 MPa。养护到设计强度后分级张拉, 每一级张拉稳定时间5~10 min, 张拉完成后及时封孔。

(五) 格构式支护技术

格构式支护是指采用混凝土或浆砌石格构加锚杆(锚索)或植物对边坡进行支挡加固的方法。其特点是在边坡上设格构后, 可起到支挡、防护作用, 并有利于绿化, 适合用于工程地质条件较差, 但坡面较平缓, 岩土体稳定程度一般, 同时又有环境保护需求的河堤、库坝岸坡。在施工中应处理好格构结构同辅助支护之间的关系。先确定格构形状, 在依据边坡坡度以及岩土体特性来设计, 常用的有矩形、菱形、拱形等等, 格构梁宽度为200~400mm、高度为300~500mm; 再开挖格构槽, 并对槽底加以夯实, 如果岩土体比较松散, 则应在底部设置垫层; 之后进行格构梁浇筑或者砌筑工作, 保证其施工质量, 若采用混凝土格构则应对其钢筋绑扎等工作予以重视。浆砌石格构采用合格石料。格构做好后, 再配合锚杆、锚索加固成为整体。同时可以在格构中种植适应性强的草本、灌木, 植物根据当地气候与土壤选择。^[1]

三、水利工程边坡支护施工质量控制难点及常见问题

(一) 地质勘察精度不足, 技术适配性差

边坡支护技术选择与设计方案的地质情况确定。部分

水利工程施工前地质勘探不足, 对边坡岩土体了解不够, 选择了不适合的支护技术, 导致支护与地质环境不符, 影响边坡稳定性。如软岩石边坡用锚杆支护效果不佳, 富水边坡未选防水支护方式, 增加岩土体受水影响程度。另外, 部分施工方不优化方案, 套用老办法, 削弱支护功效, 增大质量安全风险。

(二) 施工工艺不规范, 支护质量隐患多

边坡支护施工工序多, 一些施工单位为加快进度、节约成本简化程序, 导致支护质量问题频发。锚杆、锚索施工中, 钻孔和注浆问题使粘结力不足或荷载传递不充分; 喷射混凝土施工中, 材料和喷射问题无法有效封闭岩土体; 挡土墙施工中, 基础、砌筑、排水等问题导致病害。此外, 施工中对边坡变形缺乏监测手段, 质量问题积累易引发安全事故。

(三) 材料质量管控不严, 影响支护耐久性

支护材料质量直接影响边坡支护体系性能。部分施工单位材料管控意识弱, 不合格材料混入现场。如钢绞线、钢筋、原材料、外加剂、石料等质量问题, 会使支护结构强度与抗腐蚀能力差, 在多种作用下易老化破损, 降低支护体系耐久性, 甚至导致支护失效、边坡失稳。

(四) 监测与运维体系不完善, 后期风险管控薄弱

边坡支护需要长期监测及运维, 一些水利项目在这方面不够完善, 管控不力。一是监测仪器以及监测点少, 没有覆盖到重要的部位, 不能对各项指标进行有效掌控; 二是监测次数过少、分析不及时, 很难在事前预警; 三是维护管理工作做的不好, 没有经常性的检查等等, 导致侵害了支护系统。三是缺预案, 异常时损失大。^[2]

四、水利工程边坡支护施工技术优化及管控对策

(一) 强化地质勘察, 优化技术选型

准确的地质勘察是边坡支护技术适应性和施工保证性的基础条件, 应提升其科学化程度及完整性水平。一是开工前聘请专门的勘察机构, 加大、加深勘察力度, 运用不同方法, 充分了解边坡情况, 形成详细报告, 作为支护类型和方案确定的基础资料; 二是根据勘察成果选择支护技术, 针对不同类型的边坡分别采取措施: 对软质岩体边坡采用锚索+喷混植生进行联合加固; 对于含水量较大的边坡采用具有排水性能的支护方式, 并提高其防水性能; 对于生态边坡尽量采用格构梁+植草防护进行联合防护, 在保护环境的同时完成必要的防护工作。最后, 施工中若实际地质与勘察报告不符, 及时

组织多方论证, 优化调整支护方案, 确保技术适配性。

(二) 规范施工工艺, 强化过程管控

严格规范施工工艺, 加强施工全过程质量管控, 确保支护施工质量。一是制定专项施工方案, 针对不同支护技术明确施工流程、要点、标准及安全措施, 经技术与监理人员审核论证确保可行, 施工前做好技术交底, 通过现场演示等方式让作业人员掌握要求。二是强化各环节施工管控, 锚杆、锚索施工严格控制钻孔参数, 做好清理与注浆, 分级张拉并记录; 喷射混凝土施工优化配合比, 控制施工参数, 做好养护; 挡土墙施工加强基础处理, 规范砌筑或浇筑工艺, 完善排水。三是加强交叉作业管控, 合理规划顺序, 土方开挖与边坡支护同步进行, 交叉作业采取防护措施, 防止损坏支护结构, 建立沟通协调机制确保工序衔接顺畅。

(三) 严格材料管控, 提升支护耐久性

实施全过程材料控制, 确保材料源头可控, 增强支护体系寿命。一是强化材料进场验收程序, 对于锚杆、锚索等原材料和构配件, 认真查验合格证明文件、检测资料, 并按规范取样抽检, 不合格材料予以退场处理, 严禁投入使用; 二是抓好材料贮存和应用环节, 水泥等材料放在通风干燥库房内, 防止受潮变质; 钢筋等金属材料做好除锈防腐, 防止锈蚀; 材料使用严格按照配合比进行计量, 控制好喷射混凝土、砂浆的外加剂掺量。三是选用抗腐蚀、耐久性强的材料, 水利工程边坡受水流、雨水侵蚀严重, 优先选用耐腐蚀钢绞线等材料, 同时对支护结构表面进行防腐、防渗处理。

(四) 完善监测运维体系, 强化后期管控

健全监测及维护机制, 保障边坡支护可持续管理。一方面合理制定监测措施, 在边坡顶部、坡脚以及中间位置设置监测点, 并安装位移计等仪器, 对边坡的变形等参数进行动态监控, 根据施工进度及边坡状态确定监测频次, 施工期间增加检测次数, 运营期间开展周期性观测; 另一方面重视信息处理, 建监测数据管理平台, 及时整理分析数据, 识别风险信号并预警, 发现问题及时处置。三是健全运维制度, 施工完成后定期检查、维护支护结构, 重点查锚杆等锚固情况、喷射混凝土破损等, 修复破损老化部位, 清理泄水孔等确保排水通畅。四是制定应急预案, 针对滑坡等突发情况, 明确应急组织、流程、物资及救援措施, 定期组织演练提升应急

能力。^[3]

(五) 强化多方协同, 健全管控机制

强化建管、施工、监理、设计等多方面力量联动, 完善质量管理机制, 形成合力。一是压实各方责任, 建设单位负主导责, 加强统筹, 督促各方落实质量责任; 施工单位负主体责, 按方案施工, 管控过程; 监理单位负监督责, 监督施工全程, 制止违规并督促整改隐患; 一是设计单位负技术责, 做好交底, 及时优化方案; 二是建立定期沟通制度, 召开多方会议, 解决施工技术、质量及工序衔接问题, 保证信息畅通; 三是健全考核奖惩机制, 把支护质量作为一项工作纳入到绩效考核中来, 做得好的明显者奖, 做得差不合格者罚, 并让奖罚成为一种风气。

结论

在水利工程中, 应用边坡支护施工技术对工程质量、寿命及周边环境安全至关重要。锚杆、喷射混凝土等常规支护方法各有优缺点, 需据实际条件选择, 以保证支护效果并降低成本。此外, 存在施工质量问题, 如对地层情况了解不足, 会带来安全隐患、导致支护效果不佳。针对提高质量和边坡稳定性的需求, 今后应加强地质勘察和技术选型, 规范施工技术与过程控制, 严控原材料质量, 加强监测运营和后续管理, 完善协作机制, 建立质量全过程管理体系; 还应重视支护技术创新结合, 推进生态高效支护技术应用, 将工程与生态保护结合。总之, 要避免边坡失稳事故、保证工程长远运行、促进水利工程发展, 必须提高施工技术水平并加强质量管理。

[参考文献]

[1] 李海林, 赵远帅. 水利工程施工中的边坡开挖支护技术分析[J]. 智能城市应用, 2024, 7(4): 25-27. DOI: 10.33142/sca.v7i4.11986.

[2] 臧永芬. 边坡开挖支护技术在水利工程施工中的应用探讨[J]. 中文科技期刊数据库(引文版)工程技术, 2024(003): 000.

[3] 张庆伟. 边坡开挖支护技术在水利施工工程中的应用分析[J]. 安家, 2024(9): 0199-0201.

作者简介: 韩超宇 1992年2月5日, 男, 汉族, 河南长葛人, 助理工程师, 大学专科, 水利工程边坡支护施工技术研究。