

水利工程施工中边坡开挖支护技术的应用

张进

摘要: 作为我国基础设施中的重要组成部分,为保障水利工程安全、高效建设,需要在施工中科学实验边坡开挖支护技术。通过土质边坡、石质边坡开挖技术,之后研究锚杆支护、深层支护、混凝土喷涂支护技术在水利工程施工中的应用要点,并对其特征与适用条件进行分析,希望进一步提高边坡开挖支护技术在水利工程施工中的应用效果。

关键词: 水利工程; 施工中; 边坡开挖; 支护技术

前言

在水利工程建设施工过程中,边坡开挖支护技术可保障枢纽布置科学、加快渠道修建效率、确保坝肩得到高效处理。但经过人工开挖处理后,原本的边坡应力平衡状态被打破,致使岩土体力学性能劣化,容易发生失稳风险,对水利工程建设质量与安全性产生不良影响。通过使用边坡开挖支护技术,可有效应对潜在风险,从根本上提高水利工程全生命周期建设安全性。可以看出,对边坡开挖支护技术在水利工程中的应用进行研究具有重要意义。

一、水利工程施工中边坡开挖支护技术的应用价值

(一) 增加边坡稳定性

在水利工程中使用边坡开挖支护技术,可有效改善开挖后的边坡力学性能,从根本上提高整体结构稳定性,保障项目长期稳定运行。在开挖过程中,由于会形成临空面,所以会造成坡体内部应力重分布,使潜在滑移面被激活并产生局部应力集中。通过科学使用边坡开挖支护技术,比如可施加预应力锚杆、安装抗滑桩等方式,可为岩土体提供反向作用力,抵消下滑力,增加边坡抗滑安全系数。同时,边坡开挖支护技术还可使支护体系与坡面防护措施互相结合,帮助水利工程长期抵御自然侵蚀,比如使用喷射混凝土技术、格构梁等方式,可避免坡面岩土体因风化、雨淋等因素出现剥落问题,进而

保障内部加固结构不被腐蚀,进一步延长支护效力^[1]。

(二) 防止出现安全问题

在水利工程中科学使用边坡开挖支护技术将,可对安全风险形成超前控制,保障水利工程施工期间、应用期间更为安全,保障人民生命财产安全。在水利工程施工过程中,施工单位很容易面临深大边坡的开挖作业,这种作业风险较高,若未能及时应用边坡开挖支护技术,将会产生巨大破坏力,对施工现场人员、机械设备安全形成严重危险。通过使用边坡开挖支护技术,可为作业面提供更加稳定的空间与环境,保障后续施工工序安全开展,有效避免因边坡失稳而产生安全事故。

(三) 提高施工效率

在水利工程施工过程中,施工单位在开挖边坡时,需要使用极缓坡率并设置宽大马道,这种施工方式会增加开挖方量、回填方量、工程占地范围,不仅会延长施工周期,还会大幅提高成本。通过使用边坡开挖支护技术,可在满足工程要求的前提下,设计更陡的边坡,从而减少土石方工程量,提高施工效率,节约土地资源。另外,边坡开挖支护技术的应用还可紧凑安排多道施工工序,实现平行作业。通过工序之间的紧密衔接,可缩短水利工程施工周期,从根源上避免出现工期延误风险,进一步提高水利工程建设质量与施工效率^[2]。

二、水利工程施工中边坡技术的应用策略

(一) 土质边坡

对于水利工程中的土质边坡来说,其包含多种土体,影响其稳定性的因素包含土体抗剪强度、地下水、坡体形态等多重因素,主要特性为蠕变性、容易受到水体软化。在水利工程施工过程中,土石坝坝坡、渠道边坡经常会遇到土质边坡。为高效应用边坡开挖施工技术,施

作者简介: 张进(1983.04-),水利工程师,毕业于四川工程职业技术学院工程造价专业,现就职于新疆阿拉尔上游水利水电工程有限责任公司,担任工程管理科副科长。

工单位应秉持综合治理理念,即排水为先、加固为基础、防护结合。施工单位应明确影响土质边坡稳定的关键因素便是水,需要构建完善排水系统,可在坡体内部设置盲沟、铺设排水垫层,达到疏干地下水的应用效果。

施工单位还要依据稳定性计算结果采用更具针对性的边坡开挖加固措施,对于坡度平缓、高度较低的边坡来说,施工单位可利用生态防护策略,如植被护坡等,其会发挥植物根系加筋优势,对水利工程形成防护。如果边坡稳定性较弱,便可使用工程加固手段,如抗滑桩、微型群桩,对中深层的滑坡形成有效治理,桩体会在应用过程中将下滑力传递至较为稳定的地层。施工单位如果要使用土钉墙、加筋土挡墙,需要边开挖、边支护,利用土钉与土体之间形成相互作用,使边坡土体整体性获得提升^[3]。对于松散的填方边坡开挖施工方面,施工单位可利用分层碾压、土工格栅加筋措施,从而有效保障土质边坡稳定性。

(二) 岩质边坡

在水利工程施工中如果遇到岩质边坡,其稳定性会受到岩体结构面产状、密度、贯通性等方面影响,如果出现破坏情况,会呈现出较为明显的结构控制特点,比如平面滑动、楔形体滑动等。为在水利工程施工中做好岩质边坡开挖控制,施工单位应精准识别其稳定性变化情况,并做好主动加固。在该过程中,施工单位要提前进行全面工程地质勘察工作,仔细测绘岩体结构面,可利用实体比例投影、持平投影等多重方法,精准识别岩质边坡可能构成滑移边界的关键结构面与组合形式,正确判断其失稳模式。之后要基于失稳模式,施工单位要制定差异化加固策略。如果岩质边坡主要构成为单一软弱结构面造成的平面滑动,或是包含两组结构面交线控制的楔形体滑动,便可采用预应力锚索支护加固方式。在应用该技术过程中,需要在稳定岩层内设置锚固段,并逐渐向滑体部位施加预应力,从而提高结构面中的反向应力,从根本上提高岩质边坡的抗滑性。一般来说,施工单位可将锚索与钢筋混凝土格构梁、地梁互相结合使用,保证锚固力被均匀传递至岩质边坡表面,形成具有完整性的支护框架^[4]。

对于水利工程施工中碎裂散体结构的岩质边坡来说,其性质与土质边坡类似,可利用系统锚杆与挂网喷射混凝土相结合的方式完成表层加固,形成具有适宜柔性的承载结构。对于高大、陡峭的岩质边坡方面,其极易发生危岩体或崩塌问题,为做好开挖处理,施工单位可

使用柔性钢丝绳网、拦石网起到良好防护效果,对落实形成拦截,确保下部结构安全稳定。如果条件允许,施工单位还可使用灌浆加固技术,在岩体裂隙内注入水泥浆、化学浆液,使岩质边坡的整体强度、完整性获得有效提高。

(三) 测量放线

测量放线施工技术会贯穿于边坡勘察、设计、施工全部过程,为增强边坡开挖施工技术在水利工程中的应用效果,施工单位应对其实施动态管理。在实际施工开始前,施工单位要将高精度控制网作为基础,结合全站仪、实时动态差分GPS技术,首次放样内容包含岩质边坡开口线、各级马道线、坡脚线等关键轮廓线,确定边坡空间格局。伴随开挖作业持续进行,施工单位还要进行边坡坡面放样施工,可设置坡比架、布撒石灰线等方式,并严格管控坡率与台阶高程。另外,施工单位应发挥测量技术的安全监控职责,施工单位可利用三维激光扫描技术获取岩质边坡开挖后的实景模型,并将模型数据与设计模型互相对比,分析超欠挖情况,全面检查坡面平整度。

三、水利工程施工中支护技术的应用策略

(一) 锚杆支护

锚杆支护技术在应用过程中,会将受拉锚杆一端固定在稳定岩土层内,另一端与水利工程结构物互相连接,发挥地层自身强度特性、锚固力保障岩土体稳定,属于主动支护技术。在水利工程中,可在高边坡加固、保证隧洞围岩稳定方面科学使用锚杆支护技术。在应用该技术前,施工单位应提前做好全方位地质勘察、岩土力学参数分析,合理选择锚杆类型,包括砂浆锚杆、预应力锚杆等,同时还要科学设置锚固长度、间距、布置方式^[5]。如果在水利工程中遇到节理裂隙发育的岩质边坡,施工单位可使用系统锚杆完成整体加固。若边坡不稳定且含有滑裂面,施工单位可应用预应力锚索对重点部位进行加固,使整体结构获得较强约束。在成孔、注浆施工中,施工单位要依据实际地层条件选取合适成孔方法,包括潜孔锤、跟管钻进等措施,并对孔深、孔径、孔向精度进行严格控制。在注浆施工过程中,应科学配比浆液,保障注浆压力、流量适宜,使杆体与孔壁之间被紧密包裹。尤其对于永久性锚杆施工来说,施工单位可使用二次高压注浆技术提高锚固段与周边岩土的粘结力。为保障锚杆支护技术在水利工程中的应用效果,施工单位应在施工环节进行全过程监控与效果评估,并严格遵循相

关标准与规范完成锚杆拉拔力试验，确保其承载能力满足设计要求。

（二）深层支护

深层支护技术主要是会对深层岩土体形成控制，从而为水利工程结构提供强大支挡加固作用。一般来说，水利工程中的深层支护技术主要表现为地下连续墙、深埋抗滑桩等形式，可有效提高地基处理效果。深层支护技术可被应用于深厚软基处理、陈基坑开挖支护、治理深层滑坡等地质问题中。在水利工程中应用深层支护技术过程中，施工单位应遵循综合性、协同性原则。比如在大型水利枢纽深基坑工程项目建设过程中，若要科学使用地下连续墙技术，施工单位应重点考虑防渗、承重、支护功能。在设计施工方案过程中，施工单位可利用三维地质建模、数值模拟方式，对墙体在复杂水土压力作用下的内力、变形数据进行精准计算，明确嵌入深度、墙体厚度、混凝土强度等级。实际施工过程中，施工单位还要结合先进液压抓斗、铣槽机设备，使槽段垂直度、接头质量得到保障，并使用质量优秀的膨润土泥浆护壁进行填充，防止槽壁坍塌，从而保障混凝土浇筑施工具有更好的密实性。

如果在水库库岸、渠道沿线含有深层滑坡体，施工单位在应用抗滑桩技术进行治理过程中，应利用地质勘探精准判断滑面位置与形态，确保桩体深度被设置于潜在滑面内的足够深度稳定地层中，构成阻滑键。在布置桩位时，施工单位可结合坡体推力计算数值完成优化，比如可使用单排桩、多排桩，如果满足施工需求，还要将其与预应力锚索共同结合复合支护体系，从根本上提高抗滑能力。此外，在应用该技术的过程中，施工单位应依据不同桩型执行专项施工技术方案，从根源上防止涌水、塌孔等风险发生。另外，对于高压旋喷桩等具有柔性特点的深层支护技术，可将其应用于止水帷幕、加固基坑底部软土的施工过程中，施工单位要依据土质条件对喷射压力、旋转提升速度、浆液配方进行灵活调整，从而使加固体更为连续、均匀。

（三）混凝土喷涂支护

水利工程中的混凝土喷涂支护技术主要指喷射混凝土技术，主要会借助压缩空气动力是混凝土拌和料高速喷射到岩土表面，其会迅速凝结为加固层。在水利工程中，可在隧洞、导流洞、边坡防护等施工中应用此种支护技术，该技术可即刻封闭岩面，避免风化剥落，

还可与围岩之间形成紧密结合，提供更多径向支护力，可将其与锚杆、钢筋网等联合使用。在应用混凝土喷涂支护技术过程中，施工单位应在完成开挖施工后在围岩自稳时间范围内尽快作业，达到有效控制围岩变形的效果。依据工艺类型不同，可将其划分成干喷与湿喷。其中湿喷技术在作业过程中不会生成较多粉尘，回弹率较低，混凝土质量与均匀性、强度较高，属于主流技术发展方向。在实际施工过程中，施工单位可优先使用湿喷工艺，之后对速凝剂掺量、混凝土工作性能进行优化，确保早期强度、后期耐久性之间达到平衡。此外，水利工程施工中的复合支护体系中，喷射混凝土属于关键构成部分。比如在锚喷网联合支护技术应用过程中，施工单位可首先进行初喷混凝土施工，使岩面得到封闭，之后安装锚杆并挂设钢筋网，最后复喷混凝土直至满足设计厚度要求。

结语

经过分析可以看出，水利工程施工中边坡开挖支护技术属于具有整体性、科学性的系统，在边坡开挖中应做好地质评价、稳定性分析、工程加固、过程监测。针对土质边坡需要将排水作为核心，制定综合防护策略。针对岩质边坡，则要精准识别结构面，以预应力锚固技术为主完成加固。另外，在支护施工技术应用过程中，施工单位应正确选择锚杆支护、深层支护、混凝土喷涂支护技术，依据水利工程实际地质水文条件、施工需求对其进行合理设计，或是组合应用，才可加强开挖支护施工技术在这水利工程中的应用效果，进而保障水利工程建设质量与安全性。

参考文献

- [1] 陈文进. 边坡开挖支护技术在水利工程施工中的应用[J]. 工程建设与设计, 2025(20): 215-217.
- [2] 杨庆红. 水利水电工程施工中边坡开挖支护技术的应用[J]. 价值工程, 2025, 44(22): 134-137.
- [3] 吴若冰, 张腾. 水利工程施工中边坡开挖支护技术的应用[J]. 治淮, 2025(03): 47-48.
- [4] 梁玉冰. 边坡开挖支护技术在水利工程施工中的应用[J]. 工程建设与设计, 2025(05): 193-195.
- [5] 张全荣. 水利水电工程施工中边坡开挖支护技术的应用分析[J]. 水上安全, 2024(11): 178-180.