

水利工程土方开挖施工与边坡稳定处理研究

史志强

河南水投小浪底北岸灌区工程有限公司 河南 郑州 450000

摘要: 本文针对水利工程土方开挖施工与边坡稳定处理问题,系统阐述了施工准备、分层分段开挖、土方运输堆放等核心工艺与技术要点,深入分析了地质条件、水文环境及施工操作等因素对边坡稳定性的影响机理。研究表明,地质因素中土体类型与地质构造是边坡失稳的内在根源,水文因素中地下水位上升与雨水冲刷是外部主要诱因,施工因素中开挖方式不当与防护滞后是重要人为推动因素。在此基础上,提出了边坡修整、植被防护、喷锚防护及挡土墙防护等技术措施,并从变形监测、排水系统、施工节奏控制及人员培训等方面构建了边坡稳定综合防控体系,为多雨地区水利工程边坡稳定控制提供技术支撑。

关键词: 水利工程;土方开挖;施工工艺;边坡稳定;处理技术

引言:水利工程是国家基础设施建设的重要组成部分,其施工质量直接关系到防洪安全、水资源调配及区域经济发展。土方开挖作为水利工程建设中工程量最大、施工周期最长的基础性工序,其施工工艺的合理性与过程管控的精细化程度,直接影响工程进度、造价及安全。同时,开挖形成的边坡在降雨、地下水位变化及施工扰动等多因素作用下,极易发生冲刷、沉陷、滑坡等失稳病害,严重威胁工程结构安全与施工人员生命安全。因此,深入研究土方开挖施工工艺与边坡稳定处理技术,对于提升水利工程建设水平具有重要的理论意义与工程应用价值。本文围绕水利工程土方开挖施工的工艺流程、技术要点及边坡稳定影响因素展开系统分析,并提出相应的整治措施与防控方案。

1 水利工程土方开挖施工概述

水利工程土方开挖施工是指依据设计图纸与施工方案,通过人工、机械或人机协作等方式,对工程建设区域内的土方、岩石及软弱夹层等物料进行系统性开挖、运输与有序堆放的施工工序,是水利工程建设中工程量最大、工期最长的基础性施工环节之一。其核心目标是在严格保障施工安全与周边环境稳定的前提下,按照设计要求精确控制开挖坡度、深度、断面尺寸及几何精度,最大限度减少施工对周边土体的扰动范围与强度,确保开挖区域及相邻边坡的整体稳定性^[1]。

土方开挖施工具有工程量大、施工周期长、受地质水文条件影响显著、季节性强等特点。施工过程中需综合考虑地层岩性、地下水位、降雨条件及边坡稳定性等多重因素,合理选择开挖方式、机械配置与支护时机。不同类型的水利工程,如水库大坝、输水渠道、水闸闸室及堤防工程等,其土方开挖的规模、深度、地质条件

与技术要求存在显著差异,但整体施工流程,包括测量放线、表层清理、分层开挖、边坡修整与质量检测等核心管控要点具有高度共性。科学合理的开挖方案与精细化的过程管控,是保障工程质量与施工安全的关键基础。

2 水利工程土方开挖施工工艺与技术要点

2.1 施工准备工作

土方开挖施工前的准备工作是保障施工顺利推进的基础,主要包括现场勘察、施工方案编制、设备与材料准备及现场清理四个方面。(1)现场勘察需系统查明施工区域的地质条件与水文状况,明确土体的类型、承载力、压缩模量、天然含水量及地下水位埋深等关键参数,同时排查地下管线、构筑物等既有设施的分布情况,为后续施工方案编制提供完整的基础数据支撑。

(2)施工方案需结合勘察成果与设计文件要求,科学确定开挖范围、深度、坡率、分层厚度及开挖顺序,合理规划土方运输路线与临时堆土场地,明确各工序的施工参数、质量控制标准及安全防护措施。(3)设备与材料准备需依据施工方案的技术要求,选配合适型号的挖掘机、推土机、装载机等开挖机械及自卸运输车辆,同时备足排水泵组、降水井管及边坡防护材料,确保设备性能良好、材料质量满足规范要求。(4)现场清理需彻底清除施工区域内的植被、表层腐殖土、建筑垃圾及障碍物,平整场地,修建临时截排水沟渠与集水坑,必要时实施井点降水,有效降低地下水位,为正式开挖施工创造良好的作业条件^[2]。

2.2 土方开挖施工工艺

水利工程土方开挖施工工艺需结合施工规模、地质条件与设备配置,采用分层开挖、分段开挖相结合的方式,避免一次性开挖过深、过宽,减少土体扰动,防止

边坡坍塌。(1)开挖顺序通常遵循“从上到下、分层分段、先支后挖”的原则,先开挖表层土方,再逐步向下开挖,每开挖一层后及时进行边坡修整与防护,待该层防护完成后再进行下一层开挖。对于坡度较陡、地质条件较差的区域,需采用分段开挖的方式,缩短开挖长度,加快施工进度,减少边坡暴露时间。(2)开挖过程中,需根据土体类型选择合适的开挖机械,对于松软土体,可采用挖掘机配合装载机进行开挖,挖掘机负责土方开挖,装载机负责土方转运;对于坚硬岩石或密实土体,需先进行松动处理(如爆破、机械破碎等),再进行开挖作业。同时,需控制开挖坡度与开挖深度,严格按照设计要求施工,避免超挖、欠挖,若出现超挖,需及时采用符合要求的土体进行回填夯实,确保开挖面平整、坡度达标。

2.3 土方运输与堆放

土方运输是土方开挖施工的重要衔接环节,需结合开挖总量、运输距离及道路通行条件,合理选择自卸汽车、皮带输送机等运输设备,确保开挖土方及时、高效运出施工区域,避免在开挖现场大量堆积影响后续施工。(1)运输路线应提前规划,避开施工区域内的关键结构部位、临时设施及边坡坡脚区域,减少运输车辆对施工场地的碾压破坏与土体的二次扰动。运输过程中,应对运输车辆采取覆盖篷布、控制装载高度等防尘与防遗撒措施,避免土方散落流失与扬尘污染。(2)土方堆放需选择远离开挖区域与边坡坡脚的专用堆放场地,避免堆载荷载对边坡产生附加应力导致失稳。堆放高度需严格依据场地地基承载力及边坡稳定性要求进行控制,严禁超高堆放引发土体坍塌。同时,应对堆放土方进行分层摊铺与碾压夯实处理,提高堆放体的密实度与稳定性,减少后期沉降量,并在堆放场周边设置临时截排水设施,防止雨水冲刷造成土方流失,保障周边施工环境安全^[3]。

3 水利工程边坡稳定的影响因素分析

3.1 地质因素

地质条件是影响边坡稳定的核心因素,主要包括土体类型、岩层性质、地质构造等。不同类型的土体,其抗剪强度、含水量、承载力存在显著差异,松软土体(如淤泥、粉质黏土)的抗剪强度较低,含水量较高,易发生滑坡、坍塌;坚硬岩石(如花岗岩、玄武岩)的抗剪强度较高,稳定性较好,但若岩石存在裂隙、节理等地质构造,会降低岩石的整体性,导致边坡易发生坍塌。此外,地质构造中的断层、褶皱等,会破坏土体与岩石的完整性,形成软弱夹层,降低边坡的稳定性,增

加边坡失稳的风险。

3.2 水文因素

水文条件对边坡稳定的影响主要体现在地下水位、雨水冲刷两个方面。地下水位过高会增加土体的含水量,降低土体的抗剪强度与承载力,导致土体软化、蠕变,进而引发边坡失稳;若地下水位变化剧烈,会产生动水压力,对边坡土体产生冲刷与侵蚀,破坏边坡结构的完整性。雨水冲刷是边坡失稳的重要诱因,暴雨天气下,雨水会冲刷边坡表面,带走表层土体,导致边坡坡度变陡,同时雨水渗入土体内部,增加土体含水量,降低土体稳定性,易引发边坡坍塌。

3.3 施工因素

施工过程中的不当操作是导致边坡失稳的重要人为因素,主要包括开挖方式不当、开挖速度过快、边坡修整不及时、防护措施不到位等。若开挖过程中未遵循“分层分段、先支后挖”的原则,一次性开挖过深、过宽,会导致边坡土体受力失衡,扰动土体结构,降低边坡稳定性;开挖速度过快,会缩短边坡暴露时间不足,无法及时进行修整与防护,导致边坡土体在自重与外力作用下发生失稳;边坡修整不及时或修整精度不达标,会导致边坡坡度不符合设计要求,增加边坡失稳的风险;防护措施不到位,无法有效抵御雨水冲刷、土体蠕变等因素的影响,易引发边坡坍塌^[4]。

4 水利工程边坡稳定处理技术与防控措施

4.1 边坡修整技术

边坡修整是保障水利工程开挖边坡稳定的基础性技术措施,需在土方开挖施工过程中同步实施,严格遵循“开挖一层、修整一层、验收一层”的原则,确保每级边坡的坡率、平整度及几何尺寸均满足设计要求。修整作业应在上层开挖完成并经检验合格后立即开展,避免边坡长时间暴露导致风化、雨水冲刷及应力释放等不利影响。修整过程中,应首先采用人工配合机械的方式,彻底清除边坡表面的松动土体、浮石、破碎岩块及植被根系等松散物料,消除潜在的坠落隐患,防止松散体在自重或外力作用下滑落。对于坡度较陡、地形复杂或机械难以到达的部位,应采用人工精细修整,确保坡面线形顺直、表面平整;对于大面积缓坡地段,可采用推土机、平地机等机械进行高效修整,提高施工精度与作业效率。修整完成后,应对边坡表层土体进行碾压或夯实处理,提升表层土体的干密度与密实度,增强其抗冲刷能力与整体稳定性,为后续防护措施的实施奠定良好基础。

4.2 边坡防护技术

依据边坡的地质条件、坡度、高度及稳定性要求,

科学选择并合理组合边坡防护技术,是提升边坡抗滑移能力、防止边坡失稳的关键措施。工程实践中,常用的边坡防护技术主要包括植被防护、喷锚防护及挡土墙防护三种类型,各有其适用条件与技术优势。(1)植被防护适用于坡度较缓、地质条件较好、地下水位较低的边坡。通过在边坡表面种植根系发达的草本植物、灌木或乔灌混交植被,利用植物根系的锚固作用与加筋效应增强表层土体的抗剪强度,同时植被覆盖层可有效截留降雨、降低坡面径流流速,减少雨水对坡面的直接冲刷,在提升边坡稳定性的同时改善周边生态环境。(2)喷锚防护适用于坡度较陡、岩土体完整性较差、存在局部破碎带的边坡。通过向边坡表面喷射一定厚度的混凝土形成封闭防护层,并结合系统锚杆深入稳定岩土层进行锚固,将表层松散土体与深部稳定岩体连为整体,显著增强边坡土体的整体性与抗剪强度,有效防止边坡局部坍塌与整体滑移。(3)挡土墙防护适用于边坡高度较大、土体自稳能力差、侧向土压力显著的区域。通过修建重力式、悬臂式或加筋土挡土墙等结构,承受并传递边坡土体产生的侧向主动土压力,限制土体的侧向蠕动与变形,从根本上保障边坡的整体稳定性^[5]。

4.3 边坡稳定防控措施

边坡稳定防控需贯穿土方开挖与边坡处理的全过程,采取系统化、针对性的防控措施,有效降低边坡失稳风险,保障施工安全与工程质量。(1)加强施工过程中的变形监测。在边坡关键部位布设位移监测点、沉降观测点及裂缝计等监测设备,实时采集边坡水平位移、竖向沉降、深层滑移及表面裂缝发展等数据,建立完整的监测台账与预警机制。当监测数据接近或超过预警值时,应立即停止施工作业,组织技术人员研判险情,采取卸载、回填或支护加固等应急处理措施,防止险情扩大。(2)做好边坡排水工作。依据边坡汇水面积与地下水位条件,在边坡顶部设置截水沟、中部设置纵向排水沟、底部设置排水盲沟及集水井,形成完整的排水体系,及时排出坡面雨水与地下渗水,有效降低地下水位,减少雨水冲刷与土体软化对边坡整体稳定性的不利影响。(3)严格控制施工节奏。合理安排开挖顺序与分层厚度,避免大面积同时开挖或单层开挖过深,确保每

层开挖完成后边坡修整与防护措施能够及时跟进,防止边坡长时间裸露导致稳定性下降。(4)加强施工人员培训。定期组织施工人员开展边坡稳定安全教育与技术培训,提高其安全意识与专业操作水平,严格规范机械作业与人工修整操作流程,避免因人为操作不当引发边坡失稳事故。

结束语

水利工程土方开挖施工与边坡稳定处理是一项系统性工程,涉及地质勘察、开挖工艺、运输堆放、边坡修整与防护等多个技术环节。本文系统阐述了土方开挖施工的工艺要点与技术要求,深入分析了地质条件、水文环境及施工操作等因素对边坡稳定性的影响机理,并从边坡修整、喷锚防护、挡土墙防护及综合防控措施等方面提出了针对性的处理方案。研究表明,科学合理的开挖方案与精细化的过程管控是保障边坡稳定的核心基础,完善的排水体系与及时的防护措施是防止边坡失稳的关键手段。在实际工程中,应坚持"动态设计、信息施工"原则,将开挖工艺优化、边坡防护与全过程监测有机结合,构建覆盖施工全周期的边坡稳定控制体系,切实保障水利工程建设质量与施工安全。

参考文献

- [1]李仕强.水利工程土方开挖施工与边坡稳定处理研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025(11):041-044.
- [2]张雪,李欢,陈俊晖,万兆洋,李猛.水利工程深基坑开挖施工中的边坡稳定性控制技术研究[J].漫科学(下旬刊),2025(11):76-78.
- [3]豆子冲.水利工程施工中的边坡开挖支护技术研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025(1):129-132.
- [4]郭际.边坡开挖支护技术在水利工程施工中的运用研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025(11):110-113.
- [5]靳祥.水利工程施工中边坡开挖支护技术的应用[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2025(3):140-143.