

4.3 现状输水情况

有压箱涵最高正常运行工况下，个别建筑物安全超高小，近零或为负，事故高水位时或现短暂出溢。小流量运行时，最低压力线满足箱涵进口淹没深度；静水时保水堰保水达标。工程实际水位低于最高正常水位，无漫溢和明满流交替现象。

5 沉降对工程结构的影响

工程主要建筑物为浅埋、分段10-15米的钢筋混凝土箱涵，变形缝宽30mm，用中埋式遇水膨胀橡胶止水带止水。大范围沉降使箱涵内水压增大、缝宽变，威胁结构与止水，故以沉降对结构荷载及变形缝影响为分析重点。按现状沉降

折算水压，对超设计0.2m以上箱涵，用结构力学法复核，选16个典型断面分工况计算，工况及荷载组合见表1、表2。

箱涵各荷载组合计算工况需按承载能力极限状态设计进行强度计算^[2]，确定新工况配筋面积。单工况下箱涵受力对称，中墙轴上受力、弯矩可忽略，不进行配筋计算。按正常使用极限状态验算规定，荷载基本组合工况需用荷载效应标准值验算裂缝宽度，且采用实际配筋。

计算显示，受沉降影响的J断面箱涵边墙外层实际延米配筋面积1608mm²，计算配筋面积1659mm²，达承载极限且裂缝宽度略超允许值，其他断面沉降后配筋面积均小于实际值。正常使用极限状态复核表明，现状配筋满足要求，暂不需工程措施，见表3。

表1 需复核断面统计表

运行工况	典型断面															
正常运行工况	E1	G	J	J1	A	B	C	E3	E33	F1	H	I33	L4	L5	H2	K3
单孔检修工况						B	C		E33		H	I33	L4	L5	H2	K3
事故工况											H				H2	

表2 复核断面计算工况及荷载组合表

荷载组合	计算工况	荷载							备注
		结构自重	土压力	外水压力	内水压力	浮托力	活荷载	地震荷载	
基本组合	1、正常运行	√	√	√	√	√	×	×	三孔输水，有压，计入地下水作用
	2、单孔检修	√	√	√	√	√	√	×	一边孔检修，其余两孔输水
偶然组合	3、事故工况	√	√	√	√	√	×	×	三孔输水，有压，计入地下水作用

表3 J断面验算成果表

断面	项目		实际配筋面积 (mm ²)	复核计算配筋面积 (mm ²)	复核计算裂缝宽度 (mm)	复核计算裂缝控制值 (mm)	承载力判别 (配筋面积)	裂缝判别 (复核)
J	顶板	顶板上层	2036	1459	0.192	0.25	满足	满足
		顶板下层	2513	2284	0.259	0.30	满足	满足
	底板	底板上层	2513	2100	0.240	0.30	满足	满足
		底板下层	2036	1241	0.160	0.25	满足	满足
	边墙	边墙外层	2036	1917	0.255	0.25	满足	不满足
		边墙内层	1608	1659	0.251	0.30	不满足	满足

6 结论及处理措施

过大沉降会造成三方面影响^[3]：箱涵内水压力增高致强度或裂缝超设计标准；大流量时水位超安全超高导致地面建筑物溢水；小流量时箱涵淹没深度不足使保水堰功能减弱。

应对措施包括：在两处大范围沉降区设置动态调整的沉降警戒值，其他区段暂不设；通过调度控制箱涵运行水位，设定最高水位防止外溢和结构破坏、最低水位保障淹没深度，因全线已安装水位计，优先采用调度方案，调度无效时再采取工程措施；针对建筑物超高不足问题，可加高建筑

物并验算相关段箱涵承载力，对不满足要求的箱涵进行加固处理^[4]。

参考文献

- [1] 吕本聪.长距离输水箱涵过流能力及堰井段水力特性研究[D].华北水利水电大学,2024.
- [2] 单丽.基于BIM技术的输水箱涵安全监测管理系统应用[J].东北水利水电,2019,37(06):68-70.
- [3] 杨浩,杨树海.水利工程沿线地下水超采区地面不均匀沉降监测技术[J].水利科技与经济,2022,28(09):50-55.
- [4] 梁培林.水利堤防运行中沉降分析与加固监测提升管理[J].云南水力发电,2024,40(11):49-52.

Exploration on the application of slope excavation and support technology in water conservancy and hydropower construction

Chao Gao

China Water Resources and Hydropower Twelfth Engineering Bureau Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310030, China

Abstract

Slope excavation and support construction is a common engineering construction task. While excavating the slope, strengthening the support is aimed at ensuring the stability of the slope excavation process, avoiding geological disasters such as landslides and collapses caused by slope instability, and effectively ensuring the quality and safety of engineering construction. To improve the quality and safety of water conservancy and hydropower engineering construction, it is necessary to pay attention to the development of slope excavation and support construction work, and implement effective slope excavation and support construction techniques. On the basis of analyzing the value and significance of slope excavation and support construction in water conservancy and hydropower projects, this article further proposes the specific application points of slope excavation and support technology in water conservancy and hydropower construction, aiming to improve the quality and efficiency level of slope excavation and support construction in water conservancy and hydropower projects, and ensure the reliability and safety of the project during its operation.

Keywords

Slope excavation and support construction; Water conservancy and hydropower engineering; Value significance; Application points

水利水电施工中边坡开挖支护技术应用探究

高潮

中国水利水电第十二工程局有限公司, 中国·浙江 杭州 310030

摘要

边坡开挖支护施工是常见的工程施工内容,在边坡开挖的同时,加强支护,其目的是保证边坡开挖过程中的稳定性,使边坡失稳所致的滑坡、坍塌等地质灾害避免发生,进而使工程施工质量及安全性得到有效保障。为提升水利水电工程施工的质量及安全,需重视边坡开挖支护施工工作的开展,落实有效的边坡开挖支护施工技术。本文在分析水利水电边坡开挖支护施工的价值意义的基础上,进一步提出边坡开挖支护技术在水利水电施工中的具体应用要点,旨在提升水利水电工程边坡开挖支护施工质量效益水平,并确保工程投入使用过程的可靠性及安全性。

关键词

边坡开挖支护施工; 水利水电工程; 价值意义; 应用要点

1 引言

边坡开挖支护施工,是水利水电工程施工的重要环节之一,做好此环节施工工作,可以保证工程稳定、安全、高效运行。在实际施工过程中,加强施工现场勘察,制定边坡开挖支护施工计划方案,规范边坡开挖及支护,并加强边坡监测及数据反馈,这样有助于施工效率及质量的提升。当然,在实际施工过程中,施工技术要点的把控至关重要,包括开挖控制技术、支护施工技术、排水技术等要点^[1]。鉴于此,为发挥边坡开挖支护施工技术的作用,提升水利水电工程施工

质量及安全性,本文围绕“水利水电施工中边坡开挖支护技术应用”进行分析探究价值意义深远。

2 水利水电边坡开挖支护施工的价值意义

2.1 防止边坡失稳及灾害

水利水电边坡开挖支护施工作业较为系统,且地质条件通常较为复杂,若采取的开挖支护施工技术方法不够科学合理,则容易引发边坡失稳状况,继而发生滑坡、崩塌等风险事故。做好边坡开挖支护施工作业的基础上,可以使边坡的稳定性增强,并使施工工作人员、施工机械设备具备安全可靠的作业环境。比如,针对水利水电工程施工常见的高陡边坡及断层、软弱夹层等复杂地质条件,采取锚固、排水、坡面防护等开挖支护施工技术措施,能够使岩土体变形得到

【作者简介】高潮(1985-),男,中国河南开封人,本科,工程师,从事水利水电研究。

有效控制,进而使滑坡及崩塌等灾害避免发生。

2.2 保护工程主体结构

在确保边坡具备高稳定性的基础上,才能够保证大坝、溢洪道等主体结构的安全性。在做好水利水电边坡开挖支护施工工作的基础上,确保边坡位移及沉降得到有效控制,可以使主体结构的附加应力减轻,进而使工程寿命得以延长^[2]。尤其是水利水电工程的大坝、水闸以及电站厂房等主体结构,需确保边坡的稳定性,做好边坡开挖支护施工作业,有助于边坡地质条件的改善,使边坡的稳定性提升,进而使主体结构具备强有力的基础保障支持。此外,做好边坡开挖支护施工作业,还可以使边坡的抗滑能力提升,使滑坡体及崩塌体的产生减少,进一步保护主体结构避免受到外力破坏,保障水利水电工程长期稳定、安全运行。

2.3 减少生态破坏及水土流失

在水利水电施工过程中,落实有效的边坡开挖支护技术,规范支护施工,合理采取植被恢复措施、排水系统措施,能够使开挖对周边生态环境产生的负面影响减少。比如,在喷射混凝土坡面规范覆盖植被毯,能够确保边坡的稳定性,又能够使施工区域生态环境得到有效恢复。与此同时,水土流失容易致使大量的泥沙进入河道,并使河床抬高,进一步使河道的行洪能力减弱。规范边坡开挖支护施工,结合水利水电工程项目实际情况,实施截水、排水、挡土等施工措施,能够使水土流失减少发生,并使河道的生态环境得到有效保护、行洪能力得到有效提高。

3 水利水电施工中边坡开挖支护技术应用要点

3.1 开挖控制技术要点

在水利水电工程施工过程中,采取边坡开挖支护施工技术,需在开挖环节落实有效的控制技术要点,确保边坡开挖的质量得到有效保障^[3]。

一方面,基于施工前期,做好地质勘察作业。由专业的地质勘察工作技术人员,详细勘察边坡区域地质情况,涵盖岩土类型、地质构造、地下水分布等情况。比如,国内某地区大型水利水电工程项目,基于边坡开挖作业开展之前,勘察技术人员利用钻探、物探等技术方法,查明边坡有若干条断层及节理裂隙发育带,结合此情况,使后续开挖方案的制定具备准确可靠的地质依据支持。然后结合地质勘察结果,制定合理科学的开挖方案。期间,需对开挖顺序、分层厚度及坡比等参数加以明确。以某山区水电站工程项目为例,在边坡开挖施工作业开展期间,采取自上而下分层开挖模式,将每层开挖厚度控制在3~5米,坡比结合岩土性质确定为1:0.75-1:1.25,以此确保边坡开挖施工质量效果的提升。

另一方面,在分层开挖过程中,需遵循分层原则,对分层开挖深度进行严格控制。即开挖期间,规范应用测量仪器,对开挖高程进行实时监测,避免超挖情况的发生。以某

水库边坡开挖为例,在完成一层开挖的基础上,及时展开测量复核作业,如果发现出现超挖现象,第一时间使用和原岩土性质相近的材料,展开回填夯实处理。为了使开挖顺序得到有效控制,遵循“自上而下、先周边后中间”开挖顺序,预防开挖期间对周边岩土体产生较大程度的扰动。以某水电站溢洪道边坡开挖作业为例,首先对上部边坡进行开挖,使稳定的临空面有效形成之后,然后逐步朝下开挖,与此同时先开挖周边区域,确保中间部分开挖具备安全保障支持。

此外,在开挖技术方法方面,若采取土方开挖技术方法,针对土质边坡,开挖过程需合理利用挖掘机及推土机等机械设备。结合土质实际情况,选用适宜的开挖方式。若为松散土体,则需采取分层分段开挖技术方法,将各层开挖深度控制在适宜范围内,并结合边坡稳定情况对各段开挖长度加以明确。以某平原地区水电站土质边坡开挖为例,各层开挖深度适宜控制在2~3米,各段开挖长度控制在 ≤ 20 米,开挖之后及时做好支护处理。在石方开挖方面,若为岩质边坡,需结合岩石硬度、完整性等相关因素,选用适宜的开挖技术方法,常用的包括浅孔爆破方法、深孔爆破方法、预裂爆破方法等。基于爆破施工前期,需优化爆破设计,对爆破参数合理控制,使周边岩土体遭受的破坏减少。以某花岗岩边坡开挖为例,可采取预裂爆破和光面爆破相结合的方式,首先通过预裂爆破,使预裂缝有效形成,进一步基于预裂缝保护条件下开展主体爆破作业,使边坡的平整度及稳定性得到有效控制。当然,在各层开挖作业完成之后,需对边坡开展修正处理措施。将坡面浮石危石以及松动岩土体清除干净,确保边坡坡面的平整性及顺直性得到有效保证。以某水电站边坡开挖为例,利用人工配合机械方式开展边坡修整作业,针对比较大的危石,利用静态破碎或者控制爆破方式进行处理,以此使边坡修整的质量效果符合标准。

3.2 支护施工技术要点

在水利水电工程边坡开挖支护施工过程中,主要支护施工技术包括锚杆(索)施工技术、喷射混凝土施工技术、格构梁施工技术等^[4]。为提升整体边坡开挖支护施工质量,需把控好各项支护施工技术要点。

在锚杆(索)施工过程中,需做到精准定位及钻孔。结合设计要求,采取专业测量仪器,对锚杆(索)位置加以明确,保证定位的精准性。钻孔过程中,对钻孔直径、深度以及倾角等逐一控制好。比如,相关水电站边坡工程,钻孔直径与锚杆索直径相比长15~20毫米,钻孔深度与设计要求相符,倾角需与水平面呈20-30°,以此确保锚杆(索)可以有效地在稳定岩层当中锚固。同时,合理选择材料,并做好防腐处理。在锚杆(索)材料方面,优选高强度及耐腐蚀性钢材料,常用的包括二级普通螺纹钢,或者钢绞线。并做好锚索防腐处理,将防锈漆涂刷好,合理使用环氧树脂涂层等,以此使支护材料使用寿命延长。此外,规范注浆和张拉锁定操作。通常选用水泥砂浆或者水泥浆作为注浆材