

水闸泵站基坑施工技术分析

徐 锐

江苏江淮水利集团有限公司 江苏 宿迁 223600

摘 要：水闸泵站工程多布置在临水滨水区域，基坑施工受地下水、河道水位波动和软土地质条件的综合影响，施工难度和安全风险远高于普通土建基坑。本文梳理了水利基坑的工程特点与场地水文地质特性，总结施工现场常见的质量隐患与安全风险。针对土方开挖、边坡修整支护、降水止水、抗浮防冲刷等核心施工工序，详细阐述对应的施工技术要点与管控方法，结合水利工程临水作业的特殊工况，明确了基坑施工全过程的技术控制重点。

关键词：水闸泵站；基坑；施工；技术

引言：相较于常规建筑基坑，水闸泵站基坑所处场地土质含水率高，土层结构软弱，地下水与外部水系相互连通，水位动态变化频繁，施工环境更为复杂。基坑作为水工结构的承载基础，其施工精度、边坡稳定性和防渗性能会直接影响工程建成后的运行安全。如果施工工艺把控不到位，容易出现边坡滑塌、基底扰动、基坑渗漏、土体冲刷和基础上浮等质量问题，不仅会增加现场施工隐患，还会对后续主体结构施工及长期运行带来不利影响。现阶段常规基坑施工技术难以完全适配临水水利基坑的特殊工况，针对水闸泵站基坑专项施工工艺的系统性梳理仍然较为欠缺。

1 水闸泵站基坑工程施工基础概述

1.1 水闸泵站基坑工程特点

（1）水位波动是影响水闸泵站基坑施工的核心因素，也是区别于普通基坑工程的主要特征。自然水系的水位会随着季节降水、汛期径流以及日常调水作业产生动态升降变化，无法长期保持稳定。水位的持续变动会不断冲刷和浸润基坑边坡土体，持续降低土层抗剪强度，容易引发土体软化松散的问题。水位上涨阶段还会增大基坑内外水压差值，进一步加剧基坑侧壁受力负担，大幅提升边坡滑移和局部坍塌的安全隐患。（2）防渗抗渗是水闸泵站基坑施工的核心控制重点，也是工程设计与施工的关键难点^[1]。水利基坑土层透水分层分布较为普遍，土体孔隙含水量大，水体渗透路径多且分散。如果防渗处理不够严密，水体极易通过土层缝隙持续渗入基坑内部，不仅会造成基坑大面积积水，干扰正常土方开挖和结构施工，还会逐步带走土体细颗粒，造成基底土体掏空、局部沉降等隐蔽隐患。（3）水闸泵站基坑后期需要承担水利构筑物的承载与防渗功能，基坑成型质量直接决定后续水闸、泵站主体结构的运行稳定性。相较于普通基坑，水利基坑不仅要满足施工阶段的临时稳

定要求，还要兼顾工程长期运行的防渗止水标准。整体工程兼具施工临时性与结构永久性的双重属性，施工标准更为严格，技术管控要点也更加复杂。

1.2 场地工程地质与水文条件特性

（1）场地中层多分布黏性土与粉土交互层，土层厚度分布并不均匀，土质力学性质存在明显差异。黏性土整体密封性较好，具备一定的隔水效果，但遇水浸泡之后容易发生软化变形，土体整体强度会出现大幅下降。粉土颗粒均匀性较差，孔隙占比较高，透水性相对更强，在水体渗透作用下容易出现颗粒流失的现象，会直接影响基坑基底的整体稳定性。深部土层整体密实度更高，力学性能相对稳定，能够作为工程基础受力的主要持力层。（2）区域水文条件对基坑施工的影响贯穿工程建设的全过程，场地地下水主要包含上层滞水和浅层潜水两种类型。地下水主要依托大气降水和周边水系径流完成补给，水体储量会随季节变化产生明显波动。水系连通性较强的场地，地下水与外部河道水体存在互补流的关系，水位变化具备极强的不确定性。（3）持续的地下水渗透作用会不断改变原有土体的力学状态，大幅提升基坑施工的管控难度。地下水的长期浸润会弱化土层结构强度，增大基坑渗漏和管涌的发生概率。同时动态变化的水土压力，会持续作用于基坑边坡与基底位置，对支护结构的受力平衡造成持续影响。充分掌握场地地质与水文的综合特性，能够为后续基坑开挖 止水防渗以及支护施工提供可靠的基础依据。

1.3 基坑施工常见风险与质量隐患分析

（1）土体失稳是基坑施工阶段最为普遍的风险类型。场地土层长期处于饱和含水状态，土体整体强度偏低，抗滑移能力较弱。在土方开挖破除原有地层平衡后，边坡土体失去原有支撑约束，容易出现表层脱落和局部滑塌的问题。尤其在水体持续浸润的作用下，土层

软化问题会持续加重,边坡稳定性持续下降,若支护防护作业跟进不及时,会逐步发展为大面积边坡失稳事故。(2)基坑渗漏与管涌隐患是水利基坑特有的核心质量问题。场地地下水水系连通性较强,渗透路径错综复杂^[2]。施工过程中如果止水结构施工密实度不足,或者土层扰动产生细微裂缝,地下水就会持续渗入基坑内部。长期的渗流作用会带走土体细小颗粒,造成基底土层空洞和土体流失,逐步引发基底沉降、支护结构偏移等连锁质量缺陷,严重影响基坑整体成型质量。(3)施工工序衔接不当和现场管控不到位,也会衍生各类质量隐患。土方开挖节奏把控不合理,超挖欠挖等不规范施工行为,会破坏地层原有受力结构。降水作业不均衡,会造成基坑内外水土压力失衡,引发不均匀沉降问题。各类隐蔽隐患具备累积性特征,前期微小的施工缺陷,会随着施工推进不断放大,不仅会降低基坑施工质量,还会直接威胁后续水闸泵站主体结构的施工安全与长期运行稳定性。

2 水闸泵站基坑关键施工技术

2.1 基坑土方分层开挖施工技术要点

(1)正式开展土方开挖作业前,需要完成全面的前期准备工作。施工人员需要结合场地地质条件和基坑设计参数,细化制定分层开挖的厚度标准和施工顺序。同时清理基坑作业范围内的杂物与软弱表层土体,做好场地平整处理。施工设备需要提前调试校准,保证开挖作业的平稳推进。技术人员还要完成现场技术交底工作,明确开挖控制标准,把控施工细节,从源头规避不规范施工行为带来的质量隐患。(2)土方分层开挖作业需要遵循自上而下、分层循序的核心施工原则,严格控制每一层的开挖深度^[3]。每层开挖作业均以浅层开挖为主,避免开挖深度过大造成侧壁土体应力集中的问题。开挖过程中保持作业面平整均匀,杜绝超挖和欠挖等违规施工情况。超挖会破坏基底原状土层,降低地基承载力,还会增大后续回填施工的工程量。欠挖则会导致基坑成型尺寸不符合设计标准,影响后续主体结构施工精度。(3)开挖施工过程中需要同步配合支护与降水作业,做到开挖和防护工序同步衔接。完成单层土方开挖后,需要及时开展边坡修整和支护施工,缩短裸坡暴露的时间,避免含水土体长期裸露出现松散坍塌的问题。根据现场水位变化情况,持续调控降水设备运行状态,保持作业面土体干燥稳定,为开挖施工提供良好的作业条件。整体开挖施工要坚持稳步推进的节奏,杜绝盲目赶工。通过标准化、精细化的分层开挖施工方式,能够有效控制基坑土体变形,规避边坡失稳和基底扰动等问

题,全面保障水闸泵站基坑土方施工的整体质量与施工安全。

2.2 基坑边坡修整与支护施工技术

(1)边坡修整作业需要紧跟分层开挖的施工节奏同步开展,不得出现大面积边坡长期裸露的情况。修整施工以人工精细化修整为主,机械辅助修边为辅,最大程度规避大型设备作业对边坡原状土体的二次扰动。施工过程中需要对坡面多余浮土和松散土体进行彻底清理,修整坡面整体坡度,保证坡面平整顺滑。同时及时处理坡面局部凸起和凹陷位置,消除应力集中区域,让边坡整体坡度完全契合设计标准,为后续支护施工提供规整的作业基面。(2)在边坡修整完成后,需要快速推进支护施工工序,依托适配的支护工艺提升边坡整体稳定性。结合水利基坑临水、高含水的施工特性,坡面支护以整体加固和防渗防护为核心目标,通过贴合坡面的加固结构约束土体位移。支护施工前需要对坡面隐患位置进行重点排查,清理坡面松动土体,避免支护结构底部存在悬空缝隙,保障支护体系与原状土体紧密结合^[4]。

(3)支护施工全过程需要严格把控施工工艺细节,遵守逐层支护、随挖随护的施工准则。各道支护工序紧密衔接,有效缩短边坡裸漏时长,从根本上降低土体受水浸泡和风化破坏的概率。针对边坡浅层薄弱土体,通过加固防护手段提升土体整体性,避免表层土体脱落松散。

2.3 基坑降水、排水与止水防渗施工技术

(1)基坑排水施工主要针对作业面地表水和浅层积水开展治理工作。土方开挖作业过程中,坡面渗水和降雨积水会持续汇集在基坑底部,长期堆积会软化基底土体,降低土层承载能力。现场施工需要提前规划通畅的排水路径,及时疏导基坑内部零散积水。施工人员需要常态化清理排水通道内的淤泥和杂物,保证水流可以顺利排出基坑范围,避免积水滞留浸泡边坡和基底土层,持续维持基坑作业面的干燥状态。(2)基坑降水作业主要用于降低场地浅层地下水水位,改善深层土体的力学性能。通过科学布设降水设施,可以逐步疏干土层内部的自由水体,让饱和土体慢慢固结密实。土体脱水之后,整体抗剪强度和结构稳定性能够得到明显提升,边坡滑移和基底隆起的风险会大幅降低。降水施工需要保持匀速平稳的作业节奏,严格控制水位下降速度,避免水位骤降引发地层不均匀扰动,防止周边土体出现异常沉降变形。(3)止水防渗施工是水利基坑区别于普通基坑的核心施工环节,主要用于阻断外部水体向内渗透的通道。依托连续性的止水结构,可以在基坑外围形成封闭的隔水屏障,有效隔绝外部地下水和河道水体的渗透

路径,最大程度减少水体渗入基坑内部。施工过程中需要重点把控结构搭接位置的施工质量,杜绝缝隙渗漏的问题,保证止水体系具备良好的整体性和密闭性。(4)在实际施工过程中,降水排水与止水防渗技术需要相互配合协同作业。止水体系负责外部水体阻隔,降水排水系统负责内部水体疏导,双向管控能够有效平衡基坑内外水土压力。整套控水施工工艺可以持续优化基坑土体施工环境,规避管涌、渗漏、基底扰动等常见隐患,全面保障水闸泵站基坑施工阶段的整体稳定性与施工质量。

2.4 临水基坑抗浮、防冲刷施工技术措施

(1)临水基坑抗浮施工主要针对基底浮力作用开展防控处理。基坑开挖完成后,原有地层应力平衡和土压力体系被彻底打破,地下水会持续对基底结构产生向上的顶托作用力。若抗浮措施落实不到位,基底土层会出现隆起变形,整体基坑结构会产生位移偏差,严重时还会破坏基坑支护体系的整体稳定性。施工过程中需要结合场地水位变化规律,持续调控降水体系运行状态,稳定基底水压环境,减少浮力积累带来的结构损伤^[5]。同时依托结构性抗浮布置,均衡基底受力状态,抵消地下水产生的上抬力,保障基坑基底形态保持稳定。(2)防冲刷施工是适配临水基坑外部水流影响的关键防护手段。自然水体的流动和水位涨跌会持续冲刷基坑临水面土体,逐步带走坡面浅层细颗粒土体,造成坡面剥蚀、土层松散和结构破损。长期冲刷作用会不断削弱边坡整体稳定性,形成隐蔽性的安全隐患。施工阶段需要对基坑临水面边坡进行整体性防护处理,通过表层加固方式隔绝水体与原状土体的直接接触,削弱水流冲刷带来的剪切破坏作用,避免坡面出现逐层脱落和掏空问题。

(3)抗浮控制与防冲刷防护需要同步落实、相互配合。技术管控需要贯穿基坑开挖、支护成型以及后续结构施工的全过程,根据水位涨跌动态调整防护力度。在水体活动较为活跃的施工阶段,进一步强化基底水压监测和坡面防护检查,及时排查冲刷破损和浮力异常引发的隐患。通过系统化的抗浮与防冲刷技术措施,可以有效规避临水基坑特有的施工风险,保障基坑整体结构完整稳定,为后续水闸泵站主体结构施工提供安全可靠的作业基础。

结语

综上所述,水闸泵站基坑施工的核心在于水土环境的综合治理与施工过程的精细化管控。只有结合场地水文地质条件动态调整施工工艺,统筹开挖、支护、降水和防护各项工作,才能保障基坑施工的整体质量与安全。未来可结合不同场地的土层与水文差异,进一步优化临水基坑施工工艺,提升水利基坑工程施工的标准化与精细化水平。

参考文献

- [1]肖征建.水闸泵站基坑施工技术分析[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025,(2):058-061.
- [2]张永昌,孟利利.水闸泵站基坑施工技术分析[J].科技资讯,2024,22(20):185-187.
- [3]王龙.基于管井井点降水的水闸泵站基坑施工技术研究[J].东北水利水电,2023,41(3):12-14+71.
- [4]揭帮,万钊,仇冬冬,等.水利建设中泵站水闸的施工质量管理与技术运用[J].当代农机,2026,(6):59-60.
- [5]涂图,胡赛潇,刘智.深厚软土区泵站深基坑复合支护设计与施工控制技术分析[J].吉林水利,2026,(7):39-43.