

或者各类感应器,对施工机械工作状态、工人出勤率、原材料到场量等情况进行全天候监测并上传进度相关数据;再者制定统一格式进度报告表单,让各班组、各标段每天都上报当天进度,每周上交进度周报,保证进度准确无误。利用多种方式获取的数据综合分析判断施工进度是否滞后^[5]。

5.2 强化进度偏差分析,制定精准纠偏措施

建立有效的进度偏差分析及纠偏程序。首先应有合理偏差警戒线,在实际进度落后计划进度达到一定量时,系统会发出警报信号,提醒相关人员进行偏差分析;其次要查明产生偏差的原因,是由于人为因素造成的(比如施工组织不合理、材料供应不到位等)还是由于外界环境影响所致(比如自然灾害、政府命令改变等),确定责任人;最后提出相应的补救方案,如果是由于人为造成的偏差,就需要改进施工方案,增加投入人力物力,提高工作效率;如果是由于外界环境影响造成的,则需重新规划施工时间,改进施工方法,减少不利因素的影响。如遇雨季造成基坑开挖滞后,可以先做室内的工作,等到天气转好就全力加快基坑开挖速度,以保证整个工程按时完成。

5.3 优化资源动态配置,保障供需平衡

建立资源配置动态调整机制,在施工过程中根据施工进度及需要,及时进行资源配置。一是资金动态保障,积极与业主方进行沟通对接,保证工程款及时足额到位,同时做好资金安排,优先满足重要分项以及急需部分资金需求;二是劳动力动态调配,建立施工人员台账,了解每支队伍人数、工种和技术状况等信息,在施工中按需调遣工人,增加重要部位施工人员,将剩余人员合理安排;三是机械设备与物资动态供应,依据施工方案编制机械设备租赁和物资采购计划,并预留应急预案,以保证机械设备和物资能够及时到位;四是采用数字资源管理系统,使资源需求与供给随时得到衔接并灵活调度,从而提升资源利用率^[6]。

5.4 完善风险防控机制,降低进度影响

建立全流程的风险防控机制,提高应对风险的能力。一是编制风险清单,对自然条件、法律法规、生产工艺、市场竞争等情况进行分析,确定各种风险程度和影响范围;二是做好风险跟踪监测工作,通过天气预报、政策关注、市场调查等方式掌握风险的变化情况,做到早发现、早预警;三是准备相应的风险防范措施,在不同类别的风险面前采取不

同的策略和方法,例如雨季施工预案、汛期停工预案、原材料价格上涨处理预案等。

5.5 构建协同管理平台,强化参建各方联动

建设一个综合性的数字化协同管理系统,促进各方信息互通、相互协作。首先设置信息共享模块,把进度计划、施工资料、设计变更、监理意见等内容进行汇总,让参与各方能够及时了解所需信息,消除信息孤岛现象;其次开设沟通协调模块,提供在线沟通方式,便于各方能够快速解决问题、提出建议,同时定期开展线上或线下相结合的进度协调会,汇报进度进展,处理分歧;然后设置职责划分模块,在系统上明确各方在各个施工阶段应承担的任务和责任,防止互相推卸责任的情况发生;最后设立进度考评模块,把进度完成程度纳入到绩效考评范围之内,促使各方主动承担责任,保证进度计划有效实施。

6 结语

水务工程建设进度计划优化及实施对保证工程如期保质完成以及提高投资效益至关重要,但也是十分繁琐的过程。目前,在此过程中存在进度计划安排不当、资源配置不合理、预测风险不足、监控力度不够、缺乏有效的沟通协作等问题,影响了工程正常开展。加强前期调查研究工作、明确进度计划、利用现代化手段改进进度计划制定方法、实行全过程监控、及时发现问题并加以纠正、合理调配资源、预防潜在的风险发生、加强各部门之间的协调配合等措施可以有效解决上述问题,使进度控制更具针对性和有效性。

参考文献

- [1] 段嗣彪.水利工程项目进度管理的关键因素分析[J].城市建设,2026,(05):53-55.
- [2] 白慧玲.水利工程质量安全管理与施工进度控制[J].水上安全,2025,(04):121-123.
- [3] 王昱坤.基于关键链法的生态水利项目施工进度优化[D].长春工程学院,2024.
- [4] 程宗群.探究水务工程施工管理过程中存在的问题与对策[J].居舍,2022,(18):143-145.
- [5] 彭煌华.建设单位在水务工程项目管理中的控制要点[J].工程建设与设计,2020,(20):162-163.
- [6] 王昱坤.基于关键链法的生态水利项目施工进度优化[D].长春工程学院,2024.

Winter Construction Measures of Water Conservancy Project Pump Station

Huiqi Cheng¹ Yuanhua Dong² Jing Yang³ Hao Zhu⁴ Di Xu³

1. Yangzhou Jiangdu District Rural Environment Improvement Guidance Center, Yangzhou, Jiangsu, 225100, China

2. Changshu City Water Conservancy Project Quality Supervision Station, Changshu, Jiangsu, 215500, China

3. Yangzhou Survey and Design Research Institute Co., Ltd., Yangzhou, Jiangsu, 225100, China

4. Jiangsu Hanwen Ecological Technology Co., Ltd., Yangzhou, Jiangsu, 225100, China

Abstract

As the core component of water resource allocation systems for water transfer, drainage, and irrigation, the construction quality and operational efficiency of pumping stations in hydraulic engineering projects are directly linked to regional water security and agricultural development. Winter construction significantly impacts the quality and efficiency of these facilities, as low temperatures accelerate concrete deterioration, increase earthwork complexity, and raise equipment failure rates, posing major challenges to construction safety and progress. This paper examines the unique aspects of winter construction for hydraulic engineering pumping stations, analyzes the overall deployment and preparatory requirements, and proposes practical winter construction measures from multiple perspectives based on relevant practical experience, aiming to provide valuable references for the construction of hydraulic engineering pumping stations.

Keywords

hydraulic engineering; pumping station construction; winter construction; technical measures

水利工程泵站施工的冬季施工措施

程会旗¹ 董元华² 杨靖³ 朱浩⁴ 徐狄³

1. 扬州市江都区农村环境整治指导中心, 中国·江苏 扬州 225100

2. 常熟市水利工程质量监督站, 中国·江苏 常熟 215500

3. 扬州市勘测设计研究院有限公司, 中国·江苏 扬州 225100

4. 江苏汉汶生态科技有限公司, 中国·江苏 扬州 225100

摘要

水利工程泵站作为调水、排水、灌溉等水资源调配系统的核心节点, 其建设质量与运行效率直接关系到区域水安全与农业发展。冬季施工对水利工程泵站建设质量与运行效率影响显著, 低温环境易使混凝土性能劣化、土方工程难度增加及设备故障率上升, 成为制约施工安全与进度的显著挑战。本文围绕水利工程泵站冬季施工的特殊性, 分析了施工的总体规划与准备工作要求, 并结合相关实践经验, 分别从多个方面提出了具体可行的冬季施工措施, 以为水利工程泵站施工提供借鉴与参考。

关键词

水利工程; 泵站施工; 冬季施工; 技术措施

1 引言

水利工程泵站的传统常温施工工艺与管理模式难以适应冬季特殊环境, 若处置不当, 极易引发混凝土冻胀、结构开裂、地基失稳等质量问题。因此, 探讨并建立一套科学、严谨且高效的泵站冬季施工技术与管理措施, 对于突破季节限制、保障工程质量、推动水利事业高质量发展具有至关重要

现实意义。

2 水利工程泵站冬季施工特点

泵站作为水工建筑物, 其进水流道、泵室、墩墙等主体结构通常为大体积或薄壁混凝土, 其质量优劣直接关系到整个工程的安全与耐久性。在冬季, 新浇筑的混凝土其强度和耐久性的形成过程会因低温而显著减缓甚至停滞。若混凝土在达到抗冻临界强度之前受冻, 其内部自由水会结冰膨胀, 产生高达 9% 的体积胀率, 该种冰晶压力会永久性地破坏水泥石内部刚刚形成的凝胶结构, 形成不可逆的微裂纹,

【作者简介】程会旗(1989-), 女, 中国山东济宁人, 硕士, 工程师, 从事农田水利研究。

构成永久性的质量缺陷和安全隐患^[1]。不仅如此，与常温施工依赖自然条件不同，冬季施工是一个动态对抗自然环境的过程，具有显著的环境依赖性，施工效率、资源消耗和成本投入等均应充分考量保温加热措施，任何环节的保温失效或温度失控，均有可能导致工程施工前功尽弃。

3 低温环境对施工的直接影响

3.1 混凝土性能劣化

冬季低温对混凝土性能的破坏具有显著的系统性特征。水的反膨胀特性与低温环境下的物理化学变化密切相关，当环境温度降至4℃以下时，水密度开始增大，0℃时液态水凝固为冰，体积膨胀约9%，进而容易在混凝土内部引发冻胀应力，形成结构细部破坏。实验表明，当孔隙水完全冻结时，产生的冻胀应力可达20-30MPa，远超普通混凝土的抗拉强度（约2-3MPa）^[2]。同时，水泥水化反应是混凝土强度增长的关键所在，但低温会显著抑制其活性，降低其反应速率，改变水化产物形态，对早强剂的依赖性增强。

3.2 土方工程难度增加

冻结的土壤其强度和硬度成倍增加，普通的挖掘机铲斗难以切入，往往需要采用爆破法或先用松土机、重型裂土机进行破碎预处理。同时，当土壤中的水分冻结时，可对正在施工的基坑构成严重安全隐患，尤其是基坑边坡在冻胀力的作用下会失稳滑塌，且已开挖至设计标高的基坑底板，若未及时采取保温或封底措施，会因基底土冻胀而隆起变形，破坏地基平整度和承载力。此外，冻结的土块在回填中无法被有效压实，容易形成空洞和软弱夹层，若将冻土直接回填，待其融化后会产生显著沉降。

3.3 设备故障率上升

低温环境同样对施工机械、车辆和仪器设备的可靠性提出了严峻考验。一方面，机械设备的工作流体和金属材料性能在低温下更趋恶化，液压系统的油液粘度增加，流动性变差，使传动效率降低、动作迟缓，甚至堵塞滤油器和管路，引发系统压力异常和部件损坏。另一方面，钢筋等金属材料在低温下会表现出“冷脆性”，其韧性和塑性降低，在受到冲击或荷载时，易发生脆性断裂，对起重吊装、钢筋加工等作业构成了严重安全隐患，需要在施工过程中予以重点控制。

4 水利泵站冬季施工总体部署与准备工作

4.1 施工组织设计

施工组织设计作为指导整个冬季施工阶段的重要依据，关键在于将低温环境带来的不利影响转化为具体可行的行动预案。对此，应在入冬前，组织技术、施工、安全、物资等部门成立冬季施工专项小组，对既定总体施工进度计划进行系统性复审与优化，细化大体积混凝土浇筑等对低温极为敏感的分部分项工程的技术要求。对于无法规避的关键性混凝土工程，则必须在资源上予以绝对倾斜，在时间上预留足

够的养护周期。编制《冬季施工专项方案》，基于当地气象台站的十年极端低温数据与预报，确定施工期间的可能最低温度、大风及降雪频率，并据此划分不同的温度工况，分别进行精确的热工计算。

4.2 技术准备

对于项目技术人员，应组织深度学习《建筑工程冬期施工规程》等规范，重点剖析水泥水化动力学在低温下的变化规律、防冻剂的化学机理及其与水泥的适应性，以及各类热工计算模型的原理与应用。对于施工班组，则需开展沉浸式的实操培训，模拟低温环境下如何正确覆盖保温材料、如何规范使用测温仪器、以及如何在暖棚内安全作业等。基于热工计算与结构特征，明确划定采用综合蓄热法、暖棚法或电加热法的构件范围及转换临界条件。规定详细的《测温作业指导书》，明确测温点的布置原则、监测频率以及记录格式等，且所有测温数据必须实时录入电子表格，自动生成温度曲线，并与同条件养护试块的强度发展曲线进行比对。

4.3 物资与设施准备

对外加剂等关键材料进行科学选型与性能验证，严禁直接套用常温施工的外加剂。根据预期最低气温，选择具有明确质检报告和合格证的防冻剂，其性能指标除规定的凝结时间差、抗压强度比外，还应重点关注其对混凝土耐久性的影响，并需在进场前，使用相应的水泥和骨料进行适应性复试，验证其在实际配合比下的效果。保温材料的准备应基于热工计算确定的总散热量，计算所需的传热系数K值，进而选定保温材料的种类、厚度及层数。编制详尽的《冬季施工物资需求计划表》，将每一项物资的规格、数量、到场时间、验收标准责任到人。对于保温材料等易耗品，现场库存量应不少于三日正常施工消耗量。

5 泵站冬季施工关键技术措施

5.1 混凝土工程抗冻技术

5.1.1 原材料选择与配比优化

根据水利工程泵站施工条件，优先选用低热水泥并控制其碱含量在0.6%以内，以减少低温下水化产物结晶缺陷。实验表明，当水泥比表面积 $\geq 350\text{m}^2/\text{kg}$ 时，其7d水化热较普通水泥提高18%，可有效补偿低温环境下的反应速率衰减。采用5-25mm连续级配碎石，控制含泥量，避免细颗粒过多导致冻胀应力集中。防冻剂选用硝酸钙与亚硝酸钠复合型，控制其掺量比例，使混凝土在低温环境下仍保持正温养护条件。基于热工计算建立温度、配合比动态模型。当环境温度 $\leq 5^\circ\text{C}$ 时，将粉煤灰掺量从20%降至10%，同时提高水泥用量5%-8%，确保混凝土入模温度 $\geq 10^\circ\text{C}$ ^[3]。基于热工计算建立温度、配合比动态模型，辅助提高混凝土抗压强度，满足抗冻等级要求。

5.1.2 搅拌与运输控制

采用蒸汽加热与电伴热复合系统，将搅拌用水温度控