

寒区水利泵站施工技术与质量控制研究

李国成, 蔡怀德, 于 洋, 杜治民

中交路桥北方工程有限公司, 北京

收稿日期: 2025年7月15日; 录用日期: 2025年8月5日; 发布日期: 2025年8月19日

摘 要

寒区水利泵站施工面临低温和特殊地质条件的挑战。本文讨论了土方防渗、混凝土防裂及设备安装质量控制。土方施工中, 需要应对地下水位高和冻胀问题, 通过降水和支护技术保证施工安全。混凝土施工时, 低温可能导致冻害和初凝过快, 因此需选用适合低温的水泥, 分层浇筑并采取保温措施。设备安装时需特别注意低温对设备的影响, 合理选择设备并采取防冻措施, 确保设备正常运行。文章提出了寒区施工技术优化方向, 为泵站建设提供技术支持。

关键词

寒区, 水利泵站, 施工技术, 安装质量

Research on Construction Technology and Quality Control of Hydraulic Pump Stations in Cold Regions

Guocheng Li, Huaide Cai, Yang Yu, Zhimin Du

CCCC Road and Bridge Northern Engineering Co., Ltd., Beijing

Received: Jul. 15th, 2025; accepted: Aug. 5th, 2025; published: Aug. 19th, 2025

Abstract

Construction of water pump stations in cold regions faces challenges from low temperatures and special geological conditions. This article discusses quality control measures for earthwork seepage prevention, concrete crack resistance, and equipment installation. During earthwork construction, high groundwater levels and frost heave issues must be addressed through dewatering and support techniques to ensure construction safety. In concrete construction, low temperatures may cause frost damage and excessively rapid initial setting, necessitating the use of low-temperature-resistant

cement, layered pouring, and insulation measures. Special attention must be paid to the impact of low temperatures on equipment during installation, requiring appropriate equipment selection and anti-freezing measures to ensure normal operation. The article proposes optimization directions for construction techniques in cold regions, providing technical support for pump station construction.

Keywords

Cold Regions, Hydraulic Pump Stations, Construction Technology, Installation Quality

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 寒区水利泵站施工重点难点

寒区水利泵站施工由于其特殊的气候条件和地理环境,面临一系列施工技术的挑战。包括:(1) 施工环境与材料选择。寒区施工的最大难点之一是低温环境对施工材料的影响,特别是混凝土的施工和强度问题。在冬季施工中,混凝土极易受冻,因此需要采用低温适应性强的水泥和掺加早强剂或防冻剂[1]。混凝土的浇筑必须在温度较高的白天进行,或采取保温措施以防止冻害。此外,混凝土配比、骨料筛洗及运输过程中也需特别注意防止冷冻[2]。(2) 基坑降水与支护。寒区水利泵站的基坑开挖和降水是施工中的另一大难点。寒冷环境下,地下水位较高,且土壤常含有大量水分,这使得基坑的降排水工作变得异常复杂。在基坑降水的同时,必须保证降水深度足够,避免高水位造成基坑塌陷[2][3]。基坑支护的设计也要考虑到寒冷气候的影响,钢板桩常用于支护[3]。(3) 施工安全与防冻。在寒区,施工安全是另一个重点考虑的方面。由于低温可能导致施工人员冻伤或设备损坏,因此施工人员需要穿着适当的防寒服装,施工区域应设置临时保温棚,保证施工顺利进行[3][4]。此外,围堰施工和土方开挖中,还需考虑围堰的抗冻性和稳定性[3]。(4) 水泵设备和电气设计。寒冷环境中的水泵设备容易受到温度影响,因此在设计水泵时需要选用高扬程、多级泵等设备,以适应较高的扬程要求。同时,电气设备需要具备防冻和适应低温的性能,特别是在冬季供电的可靠性上要有保障[4][5]。(5) 混凝土浇筑与振捣。混凝土浇筑过程中,寒冷天气要求施工单位采取分层浇筑和适当的振捣方式,避免混凝土发生离析或初凝[6][7]。振捣器的使用需特别小心,避免过度震动或忽略分层要求。且在浇筑过程中,混凝土应尽量从低处开始,避免出现气泡或结构空洞[6]。(6) 施工技术优化与经验积累。寒区泵站施工技术需不断优化,尤其是在复杂地质条件下,如回填土块、冻土和软弱地基处理等方面。为了提升施工效率和安全,研究人员提到应采用逆作井技术和其他创新施工方法,以应对复杂地质条件[8]。

2. 寒区水利泵站施工技术

2.1. 土方工程

寒区水利泵站施工中的土方工程面临着低温环境、地下水位高和地质条件复杂等多重挑战,这些因素使得土方开挖、降水、支护和回填等施工环节的技术要求变得尤为严格。首先,寒冷气候下的土壤常含有较高水分,地下水位也较高,这为基坑开挖带来了极大的难度。为确保施工安全,常用的降水方法包括深井降水和明沟排水法[2]。通过有效的降水,可以防止基坑渗水和塌方,保障施工顺利进行。基坑的支护技术在寒区施工中也尤为重要。由于低温可能导致土壤冻胀现象,必须采用抗冻性能良好的支护

材料,如钢板桩或混凝土支撑结构[3]。支护结构的设计必须能够承受由冻结土壤带来的额外压力,确保基坑稳定。土方回填是另一项关键工程,在寒区施工中需要特别注意回填土的选择和施工方法。由于土壤容易冻结和膨胀,回填土必须确保与原土层的密实度一致,以防止因冻胀造成的结构变形[2]。此外,压实工作需要使用专用的压实设备,确保回填土的密实度达到设计要求,避免出现土方沉降或不均匀压实的问题[8]。总之,寒区水利泵站施工中的土方工程需要特别关注降水、支护、回填等环节的技术要求,尤其是在低温环境下,必须采取相应的防冻和加热措施,确保施工质量和结构安全。

2.2. 模板工程

寒区水利泵站施工中的模板工程是确保泵站结构质量和施工进度关键环节,尤其在低温环境下,模板的选择和施工方法需特别重视。首先,由于寒冷气候对传统模板材料(如木模板和钢模板)的影响,选择合适的模板材料至关重要。寒冷环境可能导致木材开裂或钢材变脆,因此常采用耐低温的钢模板或塑料模板,这些材料具有较好的抗冻性,能够在低温下保持稳定[1][5]。此外,模板的安装过程需要特别注意精度和稳定性,模板尺寸的校对和表面光滑处理是施工质量的基本要求[9]。

在模板施工过程中,寒区施工还需要考虑到混凝土的冷却速度和冻害问题。在低温下,混凝土容易出现初凝过快或冻结现象,这会影响混凝土的强度和耐久性。因此,模板施工时需要采取保温措施,如在模板表面覆盖保温材料,或在混凝土浇筑后及时进行覆盖,确保混凝土在硬化过程中能够保持适宜的温度[4][6]。模板的分层浇筑也是寒区施工中的常见做法,分层浇筑有助于控制混凝土的凝结和强度增长,避免因冻胀造成的裂缝和结构损坏[7]。

此外,寒区水利泵站模板工程中的支撑系统也需要特别关注。模板支撑架必须设计得足够稳固,以应对低温可能带来的材料收缩和压力变化[3]。因此,在寒冷环境中,施工人员必须时刻关注模板安装和拆除的时机,避免在寒流来袭时拆模,确保结构不受损[3][5]。

2.3. 钢筋工程

寒区水利泵站施工中的钢筋工程面临低温对施工质量的影响,因此,钢筋的选材、加工、安装及其与混凝土的结合都必须特别关注。寒冷环境下,钢筋材料的选择至关重要。为保证施工质量和结构安全,通常选用抗冻性好的高强度钢筋,以防止钢筋在低温下出现脆性断裂[2]。在钢筋的加工过程中,焊接和绑扎需要在低温条件下进行,焊接接头的强度必须通过试验确认,确保不会因温度变化而影响其稳定性[5][9]。在钢筋的绑扎过程中,为了保证钢筋的保护层厚度,通常使用混凝土垫块,且要求垫块强度与混凝土一致,确保钢筋在施工过程中不受损伤[9][10]。特别是在寒区,钢筋表面可能因寒冷结冰,影响与混凝土的结合。为避免这种情况,钢筋必须在安装前清除表面冰霜,并保持适当的温度[6]。在混凝土浇筑时,低温可能导致混凝土凝固过程变慢,因此钢筋的布置和混凝土的浇筑要密切配合,避免过早拆模,防止由于温度变化引起的裂缝和结构损害[4][7]。

2.4. 混凝土工程

寒区水利泵站施工中的混凝土工程面临低温对施工质量的影响,因此,混凝土的选择、施工方法及保温措施都需要特别注意。首先,寒冷环境下使用的混凝土应选择适合低温条件的水泥,常采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥,且水泥标号不宜过低[1]。此外,为提高混凝土的强度和抗冻性,混凝土中常加入早强剂或防冻剂,以确保其在低温下能够快速凝固并达到所需强度[2]。在混凝土的浇筑过程中,低温可能导致混凝土的初凝过快或冻害,因此应采取分层浇筑的方式,每一层的厚度不宜过大,且需要充分振捣以确保混凝土密实[6]。同时,浇筑完成后,应采取保温措施,如覆盖保温材料或使用加热设备,防

止混凝土在养护过程中受到温度波动的影响[5][9]。在寒区施工时,还需特别注意混凝土的运输与浇筑时间控制,避免混凝土因长时间暴露在低温中而发生初凝[1]。此外,为防止混凝土在硬化过程中出现裂缝,施工时应注意防止过快的温度变化,尤其是在拆模之前,应确保混凝土表面温度均匀且强度符合要求[4][7]。

3. 寒区水利泵站施工要点及质量控制

寒区水利泵站施工因受低温、冰冻、雪融等因素的影响,施工难度较大。要确保泵站施工质量,必须在土方防渗施工、混凝土结构防裂、设备安装质量等方面采取有效的技术措施。

3.1. 土方防渗施工

寒区水利泵站的土方施工面临地下水位高、土层松软、冻胀等多重挑战。首先,土方开挖和基坑防渗施工是寒区泵站施工的基础。在寒冷环境中,基坑开挖后,土方容易因水分冻结而变得坚硬,导致开挖困难。为了应对这一问题,需要提前采取降水措施,常见的方法有深井降水、明沟排水等,通过有效降水来确保基坑干燥,为后续施工提供良好的基础[2]。防渗措施是土方施工中的关键部分,尤其是在水位较高或土层渗透性强的地区。文献中提到,采用钢板桩和防渗膜来加固基坑和控制水土流失,防止地下水进入施工区域,这对确保结构稳定性至关重要[3]。特别是在寒区,施工时需考虑冻胀的影响,使用具有抗冻性能的土工膜和复合材料,确保基坑的防渗效果达到设计要求[1]。

3.2. 混凝土结构防裂

混凝土结构防裂是寒区水利泵站施工中的一个重点问题。寒冷环境下,混凝土的水化热和强度增长较慢,容易导致结构裂缝。为了防止混凝土出现冻裂、干裂等问题,首先要选用适合低温环境的水泥,如低温适应性好的硅酸盐水泥或掺有早强剂的水泥材料[2][9]。早强剂的添加能够加速水泥水化,确保混凝土在低温下快速固化,提高抗冻能力[5]。其次,混凝土浇筑过程中,寒冷天气可能导致混凝土初凝过快或冻害,尤其是在夜间或低温时段。因此,浇筑时需要采用分层浇筑法,避免一次性浇筑过厚,减少表面温差,防止温差引起的裂缝[4][6]。为了确保混凝土的质量,文献指出在浇筑过程中应使用适当的振捣器,以确保混凝土的密实度,避免气泡或孔隙的形成[9]。此外,混凝土浇筑完成后,还需采取保温措施,如覆盖保温材料或加热设备,确保混凝土在养护过程中保持适宜的温度[7]。这对于寒区施工尤为重要,因为低温可能导致混凝土的强度无法达到设计要求,从而影响结构的稳定性和耐久性。

3.3. 设备安装质量

设备安装是水利泵站施工中的另一项重要工作,尤其是在寒区,低温对设备的安装精度和运行性能有较大影响。首先,设备的选型和安装过程中必须考虑到寒冷环境对设备的负荷和运行条件。寒区水利泵站通常需要选择抗冻性强的设备,特别是水泵、管道和电气设备等。在安装过程中,应确保设备部件的精度和连接质量,避免因低温导致的材料膨胀或收缩,进而影响设备的安装精度[2]。

设备的安装前,必须进行详细的检查,确保所有设备符合设计要求,安装位置正确,并检查设备连接处是否有漏水、漏气等问题。文献中指出,在低温环境下,设备安装应避免在寒冷天气条件下进行长时间的安装工作,以减少设备暴露在外部环境中导致的损坏[5]。特别是水泵和管道的安装,需要特别注意防冻措施。为防止管道冻裂或水泵受损,安装时需要确保设备的绝缘和保温层完整,并且对管道进行加热[3]。在设备安装过程中,还需特别重视电气设备的防护。由于寒冷天气可能导致电气系统出现故障,安装时应采取合适的防冻和防潮措施,如在设备外部加装防护罩或使用适合低温的电气元件[4][6]。

4. 结论与展望

在寒区水利泵站施工中,针对低温环境的施工技术挑战,已采取了一系列有效的应对措施。土方防渗施工、混凝土结构防裂以及设备安装质量控制等方面的技术研究,为寒区施工提供了可靠的技术保障。然而,由于寒区施工环境的复杂性,仍存在一些技术难题,如极端低温对混凝土硬化过程的影响、设备长期运行的抗冻能力等问题,亟待进一步研究解决。未来,随着技术的不断进步,寒区水利泵站施工技术将在材料选择、施工方法和设备优化等方面不断创新。尤其是结合智能化监控技术和大数据分析,能够实时监测施工环境的变化,从而实现更高效、更安全的施工过程。此外,在设备安装和施工过程中,加强抗冻技术的应用,提升施工效率和质量,将为寒区水利泵站的建设提供更加坚实的技术支持。

参考文献

- [1] 汪银, 方小花. 泵站工程冬季施工技术[J]. 技术与市场, 2011, 18(12): 122.
- [2] 董少正, 周瑞泽. 多类型地质条件大型泵站施工技术研究与应用[J]. 红水河, 2024, 43(3): 57-61.
- [3] 朱翔宇, 蔡婷. 水利泵站的施工技术与安全运行探析[J]. 科技风, 2018(29): 108.
- [4] 李超, 解银全. 试议水利泵站的施工技术与试运行[J]. 居舍, 2018(15): 164.
- [5] 李中校, 蒋有能. 高寒地区多级泵泵站设计与施工技术[J]. 水利规划与设计, 2012(2): 28-30.
- [6] 张宪忠, 何殿波. 浅谈水利泵站的施工技术与试运行[J]. 科技与企业, 2014(11): 200.
- [7] 张勇, 张羽. 浅析水利工程中泵站施工技术[J]. 四川水泥, 2018(10): 151.
- [8] 吕立群. 中小型泵站工程施工注意事项及施工技术[J]. 中国住宅设施, 2021(12): 115-116.
- [9] 许飞. 浅谈泵站工程施工技术及质量控制[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2017(35): 140.
- [10] 梁修坤. 水利工程输水泵站施工技术研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2022(33): 157-159.