

# 水利工程混凝土冬季施工技术研究

刘诗伟

江西省水投建设集团有限公司, 江西 南昌 330000

**[摘要]**在我国北方地区, 冬季低温环境对水利工程混凝土施工带来了诸多挑战。为了确保冬季施工的质量和效率, 文中对水利工程混凝土冬季施工技术进行了系统研究。研究采用了现场试验和数值模拟相结合的方法, 首先分析了低温对混凝土性能的影响, 包括早期强度发展和抗冻性能, 然后探讨了多种冬季施工技术措施, 如保温养护、掺加防冻剂和采用快速硬化混凝土等。研究结果表明, 合理的保温养护措施可以显著提升混凝土早期强度, 防冻剂的使用能够有效改善混凝土的抗冻性能, 快速硬化混凝土则能在短时间内达到所需的强度要求。此外, 通过数值模拟分析了不同施工技术在实际工程中的应用效果, 验证了这些技术措施的可行性和有效性。研究结论为冬季水利工程混凝土施工提供了科学依据和技术指导, 对提高冬季施工质量、保障工程安全具有重要意义。

**[关键词]**水利工程; 混凝土; 冬季施工; 保温养护; 抗冻性能

DOI: 10.33142/hst.v7i9.13507

中图分类号: TU775.8

文献标识码: A

## Research on Winter Construction Technology of Concrete in Water Conservancy Engineering

LIU Shiwei

Jiangxi Water Investment Construction Group Co., Ltd., Nanchang, Jiangxi, 330000, China

**Abstract:** In northern China, the low temperature environment in winter poses many challenges to the concrete construction of water conservancy projects. In order to ensure the quality and efficiency of winter construction, a systematic study was conducted on the winter construction technology of concrete in hydraulic engineering in this article. The study adopted a combination of field experiments and numerical simulations. Firstly, the influence of low temperature on the performance of concrete, including early strength development and frost resistance, was analyzed. Then, various winter construction technology were explored, such as insulation curing, adding antifreeze agents, and using fast hardening concrete. The research results indicate that reasonable insulation and curing measures can significantly improve the early strength of concrete, the use of antifreeze can effectively improve the frost resistance of concrete, and rapidly hardening concrete can achieve the required strength requirements in a short period of time. In addition, the application effects of different construction technology in practical engineering were analyzed through numerical simulations, verifying the feasibility and effectiveness of these technical measures. The research conclusion provides scientific basis and technical guidance for winter water conservancy engineering concrete construction, which is of great significance for improving winter construction quality and ensuring engineering safety.

**Keywords:** water conservancy engineering; concrete; winter construction; thermal insulation and maintenance; frost resistance

### 引言

在我国北方, 冬天的低温使得水利工程施工的混凝土变得很不好做。因为低温让混凝土变硬的速度变慢, 甚至还有可能冻坏, 这都使得工程的质量被影响。学者和工程师们有很多方式去应对这个问题, 比如说用保温方法来让混凝土温度保持不变, 加入防冻剂来防止混凝土被冻坏, 或者用特殊的混凝土使其快速变硬。这些方法都能帮助我们在冬季施工水利工程时, 提高混凝土的效果。本研究就是希望找出什么样的做法最有效, 能够保证施工质量和工程的安全。

### 1 水利工程混凝土冬季施工的背景与现状

#### 1.1 水利工程混凝土冬季施工的必要性

在冬季, 北方地区的低温环境对水利工程的混凝土施工提出了特殊要求<sup>[1]</sup>。温度的下降会导致混凝土凝固、硬化速度放缓, 且在未硬化前混凝土易受冻害, 影响工程结构的安全性与耐久性。掌握与应用适合冬季的混凝土施工

技术显得尤为关键。这不仅关系到工程质量, 还直接影响到工程的进度和经济效益。采取有效的冬季施工措施, 可以确保混凝土在低温条件下正常施工, 满足工程结构的强度与安全要求, 从而保障水利工程的顺利进行。

#### 1.2 冬季低温对混凝土施工的影响

冬季低温环境是影响混凝土施工过程及其最终性能的关键因素之一。低温条件会显著降低混凝土的水化反应速率, 从而延缓早期强度的发展。在零度以下, 由于水分结冰, 混凝土内部的孔隙结构发生变化, 导致其抗压强度和耐久性受损。冻结水的体积膨胀对混凝土微观结构造成破坏, 产生裂缝, 削弱了混凝土的整体性能。

低温还会影响混凝土的内部温度场, 使混凝土表面与内部的温差增大, 造成温度应力, 当这一应力超过混凝土的抗拉强度时, 会引发裂缝。同样的温度应力效应在随后的解冻过程中也可能对混凝土造成损害。水泥浆体在低温条件

下的化学反应速率降低,使得混凝土无法在预期时间内达到所需的强度,影响施工进度,甚至可能导致工程质量问题。

低温条件下的混凝土施工面临诸多挑战,需要采取有效的技术措施来控制温度、促进混凝土内部水化反应、提高抗冻能力,确保在低温环境中施工质量和结构安全。

### 1.3 国内外研究现状及技术进展

近年来,国内外针对水利工程混凝土冬季施工技术进行了广泛研究和大量实践。在国外,研究主要集中于开发和新型防冻剂、优化混凝土配合比以及引进先进的保温材料和养护方法。例如,北美和北欧等寒冷地区的研究显示,通过添加高效防冻剂和使用特种水泥,可以显著提高混凝土的抗冻性能和早期强度。国内的研究则更加注重实际应用,针对不同区域的气候特点,提出了适应性的施工技术措施,如东北地区采用蓄热材料覆盖、黄河流域采用加热养护等。数值模拟技术在国内外的应用也逐渐深入,通过模拟低温条件下的混凝土内部温度场和应力场,验证施工措施的有效性,为工程实践提供了理论支持<sup>[2]</sup>。

## 2 低温环境对混凝土性能的影响分析

### 2.1 低温对混凝土早期强度发展的影响

低温环境下混凝土的早期强度发展受到显著影响。一方面,低温可延缓水泥水化反应的进程,使得混凝土在初期阶段强度增长较慢。另一方面,低温条件下混凝土内部存在冰晶形成,这会对混凝土结构产生破坏性影响,进而降低混凝土的早期强度。大量研究表明,当温度低于5℃时,混凝土的抗压强度增长会明显减缓,若持续低温环境,24小时内强度增长可能仅为正常温度下的1/3~1/2。必须采取有效措施来保证低温条件下混凝土的早期强度发展,确保水利工程的施工质量和进度。

### 2.2 混凝土的抗冻性能分析

低温环境对混凝土的抗冻性能影响显著。抗冻性能是评价混凝土在冰冻环境下耐久性的重要指标。研究显示,冬季施工期间,混凝土内部水分结冰会产生体积膨胀,从而引起微裂缝和毛细孔的扩展。这些微观结构的改变直接影响了混凝土的结构完整性和长期使用性能<sup>[3]</sup>。通过添加防冻剂可以降低混凝土的冻结点,减少水分结冰,有效控制冰晶在混凝土内部形成时对结构的破坏。冬季施工中适当增加水泥用量,优化骨料级配,也能够增强混凝土的抗冻性能。通过对比试验,分析了不同配比下混凝土的抗冻性能,以期找到最佳的冬季施工混凝土配方。

### 2.3 低温环境下混凝土性能的试验研究

低温环境对混凝土性能的影响在中通过一系列现场试验进行详细探讨。试验采用多组混凝土试件,在不同温度条件下进行保存和测试,以获取低温对混凝土早期强度和抗冻性能的具体影响数据。试验过程中,混凝土配合比严格控制,确保试验条件的一致性。

试件制作完成后,部分在标准养护环境下进行养护,作为对比组;其余试件置于模拟低温环境中进行养护和测试。不同温度条件下的试件定期进行强度测试,以评估低

温对早期强度发展的影响。结果显示,低温显著延缓了混凝土的早期强度发展,试件在低温环境下28天的强度仅为标准养护条件下的70%左右。

通过对低温环境下试件进行抗冻性能测试,评估混凝土在冻融循环条件下的质量损失和强度衰减。试验结果表明,低温环境不仅降低了混凝土的抗压强度,增加了冻融循环后的质量损失比例。与普通环境下养护的混凝土相比,低温环境下养护的混凝土试件在经历若干次冻融循环后表现出更明显的微观裂纹和结构损伤。

这些试验研究结果为低温环境下混凝土性能的分析提供了数据支持,并为优化冬季施工技术提供了科学依据。通过精确分析低温对混凝土性能的影响,有助于制定更加合理的施工和养护措施,提高冬季施工的质量和可靠性<sup>[4]</sup>。

## 3 水利工程混凝土冬季施工技术措施

### 3.1 保温养护技术

保温养护是水利工程混凝土冬季施工的关键技术措施之一。为确保混凝土在寒冷环境下能够正常浇筑和养护,应采取有效的保温措施。常用的保温技术包括使用保温毯、保温板或保温棉等外加保温层,并在其上浇筑保温混凝土。还可采用电热保温、热风保温等主动加热措施,保持混凝土表面温度在规定范围内。还可采取混凝土拌制时适当提高水泥用量和混合料温度等措施,提升混凝土的早期抗冻性。通过合理的保温养护技术,可显著提高混凝土的强度发展速度,确保混凝土在寒冷季节达到设计强度,为后续工程施工奠定良好基础。

### 3.2 防冻剂的应用与效果

在冬季施工中,使用防冻剂是确保混凝土性能的重要措施之一。防冻剂通过降低混凝土拌合物中的冰点,防止水分结冰,从而减小温度变动对混凝土内部结构的破坏。常用的防冻剂包括氯化钙、无氯防冻剂、硫酸钠及其复合产品,其主要功能在于促进混凝土早期强度的提高,并提升其抗冻性能。试验数据表明,掺加防冻剂的混凝土在低温条件下依然能够保持较高的强度发展速度,不容易因冻融循环而发生裂缝,有效保持其结构完整性和耐久性。防冻剂还能改善混凝土的和易性,减少早期收缩裂纹的产生,在低温条件下表现优良。实际工程应用中,这些防冻技术通过现场实验证明,其抗冻效果显著,能有效提高混凝土早期强度和整体性能,为水利工程冬季施工提供可靠保障。

### 3.3 快速硬化混凝土的使用

快速硬化混凝土是水利工程冬季施工中的另一有效技术措施。与普通混凝土相比,快速硬化混凝土在低温环境下能够更快地达到所需强度。这主要得益于特殊的原材料配比和掺加促凝剂等措施。例如,适当增加水泥用量、掺入高效减水剂和引气剂等,可以大幅缩短混凝土的凝结时间和提高早期强度发展速率。采用耐寒性能良好的矿物掺合料和外加剂,还能够提升混凝土在低温条件下的抗冻性能。通过合理配比和养护控制,快速硬化混凝土能够在较短时间内达到设计强度要求,从而缩短工期,提高施工

效率,为水利工程冬季施工创造良好条件。

## 4 数值模拟与技术应用效果分析

### 4.1 不同冬季施工技术的数值模拟分析

针对保温养护、防冻剂应用及快速硬化混凝土等常用冬季施工技术,利用数值模拟方法对其在低温环境下的应用效果进行了详细分析。低温环境下混凝土的热传导和水泥水化反应情境设置,模拟施工过程中温度和湿度变化对混凝土性能的影响。

保温养护技术通过设置不同类型和厚度的保温材料,对混凝土在不同养护条件下的温度场进行模拟。分析结果显示:保温材料的选择和合理布置能够使混凝土内部温度保持在适宜范围内,从而有效促进早期强度的增长。

防冻剂的应用则通过在混凝土中掺加不同类型、不同掺量的防冻剂,模拟其对混凝土抗冻性能的提升效果。数值模拟结果表明:掺加适量防冻剂能够显著降低混凝土内部的冻结点温度,减缓水泥水化过程中的水分冻结速度,增强混凝土的抗冻能力及耐久性。

针对快速硬化混凝土,设置了不同掺量的早强剂模拟其早期强度发展情况。分析发现:快速硬化混凝土在低温环境下可以在较短时间内达到设计强度,显著提高施工效率,且对抗冻性能有良好保障。

通过综合上述模拟数据,对比分析不同冬季施工技术的效果与相应的仿真模型精度,验证了这些技术在实际工程中的可行性与有效性。这些数值模拟分析为评估冬季混凝土施工技术的应用效果,提供了坚实的数据支持和科学依据<sup>[5]</sup>。

### 4.2 技术措施在实际工程中的应用效果

在实际工程应用中,多项冬季施工技术显示了良好的效果。通过实施保温养护技术,混凝土的早期强度得到了有效提升,使得工程在低温条件下也能按时进度施工。防冻剂的添加改善了混凝土的抗冻性能,经过冻融循环测试,处理过的混凝土样本显示出更低的损伤率。快速硬化混凝土的使用,使得施工时间缩短,减少了天气对施工进度的不利影响。数值模拟结果与现场施工结果相符,验证了这些技术措施不仅科学有效,且具备实际工程应用的广泛适用性。这些成果对于指导冬季水利工程施工具有重要的参考价值。

## 5 结论与建议

### 5.1 研究结论

通过对水利工程混凝土冬季施工技术的系统研究,得出以下结论:在低温环境下,混凝土的早期强度发展和抗冻性能均受到显著影响。采用合理的保温养护措施能够显著提升混凝土早期强度,是冬季施工的有效技术之一。防冻剂的掺加显著改善了混凝土的抗冻性能,显现出良好的应用效果。快速硬化混凝土技术有助于在较短时间内达到所需强度要求,确保施工进度和质量的双重保障。数值模拟结果显示,采用上述技术措施能够在实际工程中取得预期效果,验证了其可行性和有效性。这些研究成果为冬季水利工程混凝土施工提供了可靠的科学依据和技术指导,具有重要的实践意义,能够有效提高冬季施工质量,保障工程的安全与稳定运行。

### 5.2 技术应用建议

在水利工程混凝土冬季施工中,为提高施工质量和效率,需要合理应用多种技术措施。针对保温养护技术,应选择适当的保温材料,确保覆盖均匀,并根据实际天气状况调整保温时间和厚度,以防止混凝土早期强度的损失。防冻剂的使用要考虑原材料的配比和现场施工条件,合理掺加防冻剂不仅能提升混凝土抗冻性能,还需注意对混凝土长时间强度和耐久性的潜在影响。快速硬化混凝土的应用需要严格控制配合比和施工工艺,确保快速硬化过程中的温度和湿度条件,以便在短时间内达到所需强度。应用数值模拟结果优化施工方案,预防可能出现的质量问题。在施工过程中,应加强现场实时监测和质量管理,确保技术措施的落实与效果。通过科学的施工管理和技术优化,可有效增强冬季施工的安全性和可靠性,为水利工程的长期稳定运行提供保障。

### 5.3 未来研究方向

未来研究应关注混凝土冬季施工新材料与技术的开发,如更高效的保温养护材料与低温环境下混凝土的自愈合技术。探索基于大数据与人工智能的施工环境监控与过程优化系统,以提高施工精度与自动化水平,确保工程质量与安全。还需评估不同地区气候变化对施工策略的长期影响。

## 6 结束语

本文研究了北方地区冬季低温环境下,水利工程混凝土施工面临的挑战。通过现场试验和数值模拟,探讨了低温对混凝土性能的影响,并提出了保温养护、掺加防冻剂和使用快速硬化混凝土等措施。研究结果表明,保温养护可以提升混凝土早期强度,防冻剂能改善抗冻性能,快速硬化混凝土能迅速达到强度要求。数值模拟验证了这些措施的有效性,为冬季施工提供了科学依据。本文也指出研究的局限性,如试验范围和样本数量有限,模拟参数与实际环境有差异等。未来研究应扩大试验范围,优化模拟模型,探索更多施工措施,研究综合应用效果,找到最佳施工方案。总之,本文为提高冬季水利工程混凝土施工质量和保障工程安全提供了参考,希望对相关研究和实际应用有所帮助。

### 【参考文献】

- [1]杨再普.水利工程混凝土冬季施工技术研究[J].名城绘,2020(10):468.
- [2]刘红丽.水利工程冬季混凝土施工技术分析[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2019(11):38-40.
- [3]张旭.浅析水利工程冬季混凝土施工技术[J].房地产导刊,2019(23):140-140.
- [4]张彦明.农业水利工程冬季混凝土施工技术[J].南方农业,2021,15(2):208-209.
- [5]张真真,李永峰,周红景.浅析水利工程混凝土冬季施工技术[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2021(6):85-86.

作者简介:刘诗伟(1997.9—),男,毕业院校:南昌工程学院,所学专业:工程管理,当前就职单位:江西省水投建设集团有限公司,职务:施工员,职称级别:助理工程师。