

Research Progress on Anti-freezing Protection Measures for Water Conservancy Projects in Winter

Decai Zhang

Jinchuan Water Conservancy Management Office, Yongchang County, Jinchang City, Gansu Province, Jinchang, Gansu, 737202, China

Abstract

The anti-freeze protection measures of water conservancy engineering are an important field of water conservancy science research in winter, especially in the severe cold area. In recent years, with the rapid development of new material technology, construction technology and frozen soil mechanics, the research on anti-freezing protection measures of water conservancy projects in winter has also made a qualitative leap. This paper summarizes the research progress of anti-freezing protection of water conservancy projects in winter from the aspects of application of new insulation materials, structural design optimization and temperature control. The application potential of new thermal insulation materials in anti-freezing protection, such as hollow brick wall, thermal insulation sand, etc. is emphasized, and the heat loss of the project is reduced by optimizing the structural design. In addition, the important role of temperature control technology in anti-freezing protection is discussed, especially the comprehensive application of ground source heat pump and solar heating. Finally, through the optimization of the engineering structure and construction technology, the green and sustainable development of the project is realized.

Keywords

water conservancy project in winter; antifreeze protection; new insulation materials; structural design optimization; temperature control technology

冬季水利工程抗冻保护措施研究进展

张德才

甘肃省金昌市永昌县金川水利管理处, 中国·甘肃 金昌 737202

摘要

水利工程的抗冻保护措施是中国冬季水利科学研究的重要领域, 尤其对于严寒地区的工程建设有着关键的影响。近年来, 随着新型材料技术、建筑技术和冻土力学研究的快速发展, 冬季水利工程的抗冻保护措施研究也取得了质的飞跃。论文主要从新型保温材料应用、结构设计优化和温度调控等方面, 总结了冬季水利工程抗冻保护的研究进展。强调了新型保温材料在抗冻保护中的应用潜力, 如空心砖墙、保温砂土等, 通过优化结构设计, 减少工程的热损失。另外, 探讨了温度调控技术在抗冻保护中的重要角色, 尤其是地源热泵和太阳能供暖的综合应用。最后, 通过对工程结构和施工工艺的优化, 实现工程的绿色可持续发展。

关键词

冬季水利工程; 抗冻保护; 新型保温材料; 结构设计优化; 温度调控技术

1 引言

在中国, 冬季的低温条件对水利工程的建设和运行总是带来诸多挑战, 特别是在那些严寒的地区, 如何针对冰冻条件下的特殊环境因素, 提高工程质量和工作效率, 始终是科研人员和工程技术人员关注的重点。在这个背景下, 探讨和研究水利工程的抗冻保护措施显得尤为重要。水利工程用于调节和控制水源, 对于人类社会的发展有着重要的意义。然而, 在冬季, 受到低温环境的影响, 水利工程设施如何能

持续、稳定、安全地工作, 就需要我们对结构设计、建材选用、施工技术等多方面进行细致考虑和科学配合。近年来, 随着科技的不断进步与发展, 特别是新型材料技术、建筑技术和冻土力学研究的飞速前进, 对冬季水利工程的抗冻保护措施的研究有了质的提升。论文主要从新型保温材料应用、结构设计优化和温度调控等方面, 总结和探讨了这些相关研究进展。

2 冬季水利工程的抗冻保护需求

2.1 冬季水利工程的冻害机理分析

冬季水利工程在严寒环境中容易受到冻害的影响, 冻害机理分析对于了解和防治这些现象具有重要作用^[1]。冻害

【作者简介】张德才(1973-), 男, 中国甘肃金昌人, 本科, 高级工程师, 从事水利工程施工与管理研究。

主要源自水在冻结过程中体积膨胀,导致工程结构承受异常的应力和变形^[2]。水在冰冻时,体积会膨胀约9%,这种膨胀力会对混凝土、石材和土壤造成巨大的破坏力,使工程材料产生裂缝或内部结构破坏。

在寒冷地区,渗透到工程结构中的水在气温下降至冰点以下时会冻结成冰,水的冻结产生的膨胀应力可以破坏混凝土的黏结力,促使裂缝的扩大,并进一步导致结构强度下降。冻结融解循环频繁的地区,其工程结构表面和内部材料会因反复冻融作用而遭受疲劳破坏,导致材料逐渐剥落、风化甚至崩落。

冻害在土壤中的作用机制也相当复杂。当土壤中的孔隙水冻结时,形成冰晶,使土壤体积增大,产生冻胀现象;一旦春季气温回升,冻融作用使土壤结构松散,降低其承载能力,容易引发地基失稳等问题。地下水的动冻作用可以影响地基土体内部的水压变化,进一步加剧冻害的影响。

为了有效应对和预防冬季水利工程的冻害问题,需要深入理解冻害的机理,并结合实际工程情况,采取针对性的抗冻保护措施,保障工程的结构稳定性和使用寿命。这也为后续的材料开发和技术应用提供理论依据。

2.2 严寒地区水利工程的特殊性

严寒地区的水利工程面临着独特的挑战,主要源于极端低温环境对工程结构和功能的影响。这些地区冬季气温极低,冻土层深厚且冻结时间长,导致结构材料和基础设施容易受冻害破坏。冻胀现象在严寒地区尤为严重,冻土上下循环反复冻结—融化过程会导致地基的体积变化,直接影响到水利工程的稳定性和安全性。例如,河堤坝体和水闸的基础可能遭受冻胀引起的变形,长时间的冻融循环则会严重侵蚀建筑材料,降低建筑物的耐久性。

不仅如此,严寒地区的水利工程还需承受冰压的巨大压力。在冬季,河流和水库表面覆盖的冰层随着气温变化不断扩展和收缩,产生的冰压力对坝体、闸门等结构施加额外的应力,增加了破裂和损坏的风险。低温环境还影响了施工过程和工艺选择,高效的施工技术在严寒条件下往往难以施展,使工程进度受到限制^[3]。对于严寒地区的水利工程,采取科学有效的抗冻保护措施具有特殊的重要性,需求迫切,关乎工程的可持续发展和安全运行。

2.3 抗冻保护的重要性

在冬季寒冷的气候条件下,水利工程的抗冻保护显得极为重要。这不仅关系到工程的稳定性和寿命,还涉及当地生态环境的保护和居民生活的正常运行。冻害可能导致结构材料的破裂、渗漏以及基础的不稳定,从而影响到整个工程的安全性。严寒地区的水利工程由于更频繁的冻融循环,对抗冻保护的要求更高,缺乏有效的抗冻措施会导致巨大的经济损失和潜在的安全隐患。加强对冬季水利工程抗冻保护的研究,不仅是提升工程质量的需要,也是保障地区安全和生态可持续发展的关键。

3 抗冻保护的新型材料和结构设计优化

3.1 新型保温材料的研究进展及应用

新型保温材料在冬季水利工程抗冻保护中的应用主要体现在空心砖墙和保温砂土等材料的研究和推广。空心砖墙因其良好的保温隔热性能,成为水利工程抗冻保护的常用选择,其结构设计通过减少热桥效应,有效降低冻害风险。保温砂土作为另一类新型材料,利用其低导热性和高耐久性,在工程基底和结构填充中广泛应用,显著提高了抗冻性能。新型保温材料的应用不仅有效应对冬季严寒环境,也对工程的可持续性发展具有重要意义。

3.1.1 空心砖墙

空心砖墙在冬季水利工程抗冻保护中具有显著优势。其独特的结构设计使得墙体内部形成多个隔热层,有效减少热量传导,从而提高抗冻性能。应用空心砖墙不仅能够降低施工成本,还能够显著提升保温效果,这对于严寒地区的水利工程尤为重要。近年来,新型空心砖墙材料不断涌现,如采用复合材料和纳米技术的空心砖,进一步增强了其抗冻保温能力。这些新型材料的引入,使得空心砖墙在水利工程中的应用前景更加广阔。

3.1.2 保温砂土

保温砂土作为新型保温材料之一,在冬季水利工程抗冻保护中展示出重要应用潜力。保温砂土通过在普通砂土中掺入绝热材料,如聚苯乙烯颗粒或膨胀珍珠岩,显著提升其隔热性能。这些材料具有优异的热稳定性和低导热率,能够有效降低地基热损失,使工程结构在低温环境下保持稳定。保温砂土还具备较高的压缩强度,能满足水利工程对地基承载力的要求,减少冻融循环对地基的破坏,延长工程寿命。

3.2 结构设计优化在冬季水利工程抗冻保护中的作用

在冬季水利工程的抗冻保护中,结构设计优化起到了至关重要的作用。严寒气候条件下,水利工程的冻害常常导致基础设施损坏、功能失效,甚至危及人们的生命财产安全。针对结构设计的优化,不仅能有效改善工程的抗冻性能,还能提高工程的整体耐久性和稳定性。

结构设计优化的首要原则是尽可能减少热损失。冬季水利工程面临的主要挑战之一是如何有效地保持热量,避免工程结构冻融循环带来的损害。传统的水利工程设计一般关注的是工程的强度和稳定性,而忽视了热力学特性的研究。随着科学研究的深入,热传导、热对流和热辐射等热力学现象在水利工程抗冻保护中的影响逐渐得到重视。优化结构设计,通过选用低导热率材料、增加保温层厚度、设计合理的构造形式等手段,可以显著减少热量的流失,保持内部温度的相对稳定。

地埋式结构设计在冬季水利工程抗冻保护中有着重要的应用。地埋式设计将部分结构设置在地面以下,可以利用地温的相对稳定性避免温度骤降对工程带来的不利影响。地埋式结构不仅可以减少地表温度变化对工程的影响,还能有

效防止地表冷空气对工程的直接侵袭,大幅度提高工程的抗冻性能。例如,通过适当增加底层厚度或设置地下洞室,可以有效减轻冻胀力对工程基础结构的破坏,延长工程的使用寿命。

结构设计优化还涉及对温度应力的有效管理。温度应力是由于温度变化导致材料内部应力,对于严寒地区的水利工程,温度应力可能引发裂纹,甚至结构失稳。设计中引入温度应力分析,通过材料选择和结构调整,可以有效减少温度应力的积累。例如,使用高弹性模量材料或多孔结构设计,可以吸收部分温度应力,防止应力集中。采用复合材料或分层设计,如在承重结构中加入柔性层或缓冲层,也有助于释放温度应力,提高整体抗冻能力。

冻土力学原理在抗冻设计中的应用同样关键。冻土的冻胀和融沉是严寒地区的常见问题,对水利工程基础结构施加额外的静、动力荷载。结构设计优化注重对冻土力学性质的研究,通过设计基础层次、调整地下水位、选用合适的基础形式,降低冻土对结构的破坏力。例如,采用桩基作为基础结构,可以通过将荷载传递至冻土以下深度,避免上层冻胀力的直接作用。再者,设置排水系统以控制地下水位,防止冻土层饱和和状态下产生的冻胀破坏。

4 温度调控技术在冬季水利工程抗冻保护中的应用及展望

4.1 地源热泵和太阳能供暖的综合应用

地源热泵和太阳能供暖作为两种先进的温度调控技术,在冬季水利工程的抗冻保护中展现了显著的应用前景。地源热泵利用地下恒温原理,通过循环流体介质,使地下热量传递至地表,以此维持水利工程的温度在安全范围内,防止冻害的发生。地源热泵的能效比高,运行稳定,可有效减少传统供暖方法带来的能源消耗和环境污染问题。

太阳能供暖通过集热器将太阳能转化为热能,并将其输送到工程结构中,保持工程部位的温度,提高抗冻性能。太阳能供暖使用可再生能源,具有可持续性和环保性特点。结合当地源热泵和太阳能供暖的综合应用,可以在更大程度上优化温度调控效果,利用两者的互补性,实现能源的高效利用。

在实际应用中,地源热泵和太阳能供暖的综合技术方案通过智能控制系统对温度进行实时监测和调控,确保工程温度的稳定性。适宜的系统设计和优化布局可以提高系统的

整体效率,降低运行成本。这种综合应用不仅在寒冷条件下提高了水利工程的保温性能,还达到了节能减排的目标,为工程的绿色可持续发展提供了坚实保障。

4.2 未来冬季水利工程抗冻保护的研究趋势

温度调控技术在冬季水利工程中的抗冻保护作用已逐渐显现,未来研究将继续深入探索这一领域的潜在优势和新技术的应用。预期研究趋势之一是智能控制系统的发展,通过实时监控和自动调节,精确控制工程结构的温度,从而更有效地抵抗低温环境下的冻害。地源热泵技术的进步也将使其在更多严寒地区得以应用,进一步提高供热效率和节能效果。

另外,纳米材料在温度调控领域的研究成果有望应用于水利工程,通过添加纳米材料提升保温材料的性能,从而进一步减少热损失。太阳能技术的集成应用也呈现出广阔的发展前景,尤其是与其他能源形式的结合使用,将显著提升冬季水利工程的抗冻保护效果。

5 结语

本研究以冬季水利工程抗冻保护措施为研究对象,结合新型材料技术、建筑技术和冻土力学研究的最新进展,从新型保温材料应用、结构设计优化和温度调控等三个方面总结了目前中国冬季水利工程建设所面临的问题和取得的进展。我们了解到新型保温材料及其在抗冻保护中的应用前景,如空心砖墙、保温砂土等,以及结构设计优化、温度调控技术对于工程抗冻保护的重要性。然而,这篇综述也揭示出,在冬季水利工程抗冻保护工作中,还存在很多不完善和待提升的地方。尤其是在新型保温材料的研发应用、抗冻保护工艺的优化以及在环保和可持续发展方面,我们还需要进行更深入的研究和探讨。对于未来冬季水利工程抗冻保护措施的发展,我们认为新型保温材料的更广泛应用,结构设计的进一步优化,温度调控技术的持续创新,以及环保和可持续发展理念的深入人心将是主要的发展趋势。我们期待通过深化研究,不断推进冬季水利工程抗冻保护措施的发展,促进中国冬季水利工程的更健康、更绿色、更久远的发展。

参考文献

- [1] 高会林.探究水利工程大坝结构设计[J].休闲,2021(6).
- [2] 陈凯.水利工程项目环境保护措施[J].河南水利与南水北调,2022,51(12).
- [3] 王希娟.水利工程大坝结构设计要点[J].百科论坛电子杂志,2020(14).