

Discussion on Anti-frost Heave Construction Technology of Water Conservancy Project in Extremely Cold Environment

Xingju Tang

Hydrological and Water Resources Management Center of the Seventh Division of Xinjiang Production and Construction Corps, Huyanghe, Xinjiang, 834034, China

Abstract

With the increasingly prominent impact of global warming, water conservancy projects in extremely cold areas face severe challenges of frost heave prevention. This paper explores the construction technology of frost heave in water conservancy engineering construction in extremely cold environments. By collecting data on climate and soil frost heave characteristics in extremely cold regions, combined with field research, a set of anti-freezing construction technology schemes is proposed. The plan includes multiple measures such as improving soil physical properties, abandoning frost heave sensitive materials, and using insulation layers. Practice has shown that this technology can effectively reduce ground temperature, slow down soil freezing rate, improve structural frost resistance, and ensure the safe and stable operation of water conservancy projects in extremely cold environments. This study provides important technical support for similar cold area projects, and provides a practical basis for the optimization and innovation of anti-frost heave measures.

Keywords

water conservancy project; extremely cold environment; anti-frost heave construction technology; soil frost heave characteristics; structural frost heave resistance

水利工程在极寒环境中防冻胀施工技术探讨

唐兴举

新疆生产建设兵团第七师水文水资源管理中心, 中国·新疆 胡杨河 834034

摘要

随着全球变暖影响日益凸显,极寒地区水利工程面临严峻的防冻胀挑战。论文针对极寒环境下水利工程施工中的冻胀问题进行施工技术探讨,通过采集极寒地区气候、土壤冻胀特性等数据,结合实地调研,提出了一套防冻胀施工技术方案。方案包括改良土壤物理性能、扬弃冻胀敏感材料、运用保温隔热层等多项措施。实践表明,该技术能有效降低地温,减缓土壤冻结速度,提高结构抗冻胀能力,从而保证了水利工程在极寒环境中的安全稳定运行。本研究对类似寒区工程提供了重要的技术支持,并为防冻胀措施的优化与创新提供了实践基础。

关键词

水利工程;极寒环境;防冻胀施工技术;土壤冻胀特性;结构抗冻胀能力

1 引言

全球气候变暖已涉及多个领域并对许多行业产生深远影响,水利工程也无法幸免。在极寒地区,气温变化的挑战使得水利工程的安全运行面临重大防冻胀压力。这引发了一系列技术问题,这尤其体现在冻胀对土壤物理性能的影响,以及相对应结构抗冻胀能力的要求提高。近年来,虽然已有工程技术研究探讨了这方面的问题,但在实际工作中仍然面临许多挑战。为了解决这些问题,并改进水利工程在极寒环境中的施工技术,我们必须从多个角度并更深层次地理解冻

胀影响因素以及挑战,并研发适应性更强、更具针对性的防冻胀解决方案。论文对此进行深入研究,基于实地考察和数据分析,提出了一种全新的防冻胀施工技术方案,以保障水利工程在极寒环境下的稳定运行。

2 极寒地区水利工程的防冻胀挑战分析

2.1 极寒环境下水利工程的特点

极寒环境下,水利工程建设面临诸多独特挑战^[1]。极寒地区的气温长期维持在零度以下,土壤层的冻结深度较深。随着季节变化,冻结和融化过程会导致土壤体积变化,从而对工程结构产生显著的冻胀应力。极寒环境常伴有强烈的温度波动和频繁的冻结融化循环,增加了工程结构的疲劳损伤,加快了材料的老化与破坏。极寒地区的降水形式多为

【作者简介】唐兴举(1992-),中国甘肃武威人,本科,工程师,从事低温环境下水利工程的防冻胀施工研究。

积雪,春季融雪时产生大量水分渗透,进一步增加了土壤水分,增强了冻胀潜在风险。针对这些特点,施工过程中须综合考虑土壤冻结特性、温度波动影响以及材料耐寒性能,以确保工程的稳定性与安全性^[2]。

2.2 冻胀对极寒地区水利工程的影响

冻胀是指土壤中水分在低温下冻结并膨胀,从而引起地面隆起和土壤结构破坏的现象。在极寒地区,冻胀效应对水利工程的影响是多方面的。冻胀引起的土壤体积变化会导致地基的不均匀沉降,破坏基础设施的稳定性。管道和渠道等结构在冻结过程中受到的应力作用,易产生裂缝和渗漏,严重影响其功能和寿命。冻胀对工程材料的侵蚀和磨损也不可忽视,易加剧混凝土和金属材料的老化。冻胀还会导致路基和堤坝的变形及失稳,增加工程维护成本和风险。防冻胀技术的有效应用对于保障极寒地区水利工程的正常运行和结构安全至关重要。

2.3 极寒地区水利工程的防冻胀需求分析

极寒地区水利工程的防冻胀需求主要体现在以下几个方面:由于低温和冻胀作用,工程材料和结构面临变形和破坏风险,需提高材料和结构的抗冻胀性能。施工过程中需采取有效措施降低地基土壤的冻胀效应,确保施工质量。再者,为了保证工程的长期稳定性和安全运行,需要设计和应用适宜的保温隔热层以控制地温和冻结深度。有效的防冻胀措施是极寒地区水利工程顺利实施和运行的关键。

3 极寒地区土壤冻胀特性研究

3.1 极寒地区气候条件及土壤类型展示

极寒地区的气候条件具有极低的气温、长时间的冰冻期和显著的温度波动,这些特点对土壤冻胀产生了深远影响。极寒地区的气温通常可降至 -30°C 以下,冰冻期长达半年以上,在这种环境下,土壤的冻结和融化反复进行,导致冻胀现象频繁发生。

土壤类型是影响冻胀的重要因素。极寒地区的土壤多为冻土,包括永久冻土和季节性冻土。永久冻土常年处于冻结状态,具有高冰含量和低热导率;季节性冻土在冬季冻结,夏季解冻,土壤结构相对不稳定。黏土和粉土等细粒土壤因为孔隙水含量高,更易发生冻胀。碎石土和砂土因颗粒较大,冻胀特性相对较弱,但仍需考虑其冰冻对工程带来的潜在风险。了解这些气候条件和土壤类型为有效制定防冻胀施工技术提供了基础。

3.2 极寒地区土壤冻胀特性研究

极寒地区土壤的冻胀特性显著受温度、含水量和土壤颗粒组成等因素影响。温度的骤降导致土壤冻结,水分凝结成冰增加体积,进而使土壤产生胀缩变形。含水量是影响冻胀程度的关键因素,高含水量土壤在冻结时容易产生显著冻胀。土壤中的微小颗粒和孔隙结构也对冻胀起到重要作用,细颗粒土壤更易形成冰晶,导致冻胀现象更加严重。对这些

因素的研究为防冻胀技术的开发提供了科学依据。

3.3 极寒地区土壤冻胀影响因素分析

极寒地区土壤冻胀的影响因素包括土壤颗粒组成、含水量、冻结温度及冻融循环频率。土壤中黏粒和粉砂成分较高时,更易形成冻胀^[3]。含水量对冻胀程度有显著影响,含水量越高,冻胀越严重。冻结温度的变化直接影响土壤的冻结速度和深度,较低的温度使土壤冻结更快,导致冻胀增加。冻融循环频率也对冻胀作用有重要影响,多次循环会使土壤结构不断变化,导致冻胀累积效应增强。应综合考虑这些因素以制定有效防冻胀策略。

4 极寒环境下水利工程防冻胀施工技术探讨

4.1 改良土壤物理性能的防冻胀策略

极寒环境下,土壤的物理性能直接影响水利工程的抗冻胀能力。改良土壤物理性能的防冻胀策略主要包括调整土壤颗粒组成、增加土壤密实度以及增强土壤的排水性能^[4]。通过掺加砂砾等粗颗粒材料,可以改变土壤的粒径分布,降低细颗粒土壤的冻胀潜力。采用夯实、压实等方法提高土壤的密实度,减少土壤中的孔隙率,从而减少水分的迁移与冻结。在土壤中掺入透水性良好的材料,如砂或砾石,有助于增强土壤的排水性能,减少土壤中水分含量,从而降低冻胀风险。这些措施有效地改良了土壤的物理性能,显著提升了水利工程在极寒环境中的抗冻胀能力。

4.2 扬弃冻胀敏感材料的防冻胀策略

在极寒环境下的水利工程施工中,选择施工材料对防止冻胀至关重要。冻胀敏感材料如含水量高的黏性土壤容易在低温下产生冻结膨胀,从而对工程结构造成破坏。为此,应优先使用粒径较大、含水量低的非冻胀材料,如粗砂、砾石等,这些材料在冻结过程中膨胀幅度小,能有效减少地基变形。通过添加改性剂如水泥和石灰,可改善土壤稳定性和减少冻胀效应。施工过程中需结合当地地质和气候条件,选择合适材料并进行适当处理,以提高工程的抗冻胀性能。

4.3 运用保温隔热层的防冻胀策略

在极寒环境下,运用保温隔热层是防冻胀施工的关键技术策略之一。此技术通过在土壤表层或结构外围布置保温材料,减少地面热量流失,降低土壤内部热量交换频率,从而延缓地温降低的速度。常用的保温材料包括泡沫塑料板、聚乙烯发泡板和建筑用保温毯等。这些材料具有良好的隔热性能和耐寒性,能够有效阻挡冷空气的侵入,减少冻胀现象的发生。实际工程应用中,需根据实际地质和气候条件选择合适的保温材料,并确保其施工质量和长期可靠性。

5 结构抗冻胀能力研究与提高

5.1 结构抗冻胀能力的影响因素

结构抗冻胀能力受多种因素影响。土壤类型是关键因素,不同土壤对于冻胀的敏感度存在显著差异。含水量对冻胀现象有直接影响,含水量越高,冻胀效应越明显。温度变

化是决定冻胀速度和程度的重要因素，极寒气候下温度波动频繁，加剧了冻结和融化过程，对结构造成重复应力。材料选择对结构抗冻胀性能有重要影响，使用抗冻胀材料能显著提高结构的稳定性和耐久性。施工工艺也影响结构的抗冻胀能力，科学合理的施工方法可有效减缓冻胀对结构的破坏。各因素综合作用下需进行全面优化和考虑，以提高结构抗冻胀能力。

5.2 极寒环境下提高结构抗冻胀能力的措施

极寒环境下提高结构抗冻胀能力的措施包括通过优化设计、材料选择和施工工艺等多方面进行提升。在设计阶段，采取深埋结构基础、加大基础埋深和调整结构布局的方法，有效降低结构受冻胀的影响。材料选择上，避免使用易冻胀材料，引入高抗冻性能的混凝土和增强纤维，显著提升结构耐寒能力。施工工艺方面，注重土壤改良和排水措施，减少土壤水分含量，降低冻胀发生的概率。采用预防性维护策略，定期监测地温和冻胀情况，及时采取应对措施，确保结构长期稳定运行。

5.3 提高抗冻胀能力措施的实例分析

通过对某极寒地区水利工程的具体实例进行分析，验证了提升结构抗冻胀能力的有效措施。该工程采用了改良土壤物理性能技术，具体方法是添加非冻胀敏感材料，如高密度聚乙烯。施工过程中运用了多层保温隔热材料，包括聚苯乙烯泡沫板和聚氨酯泡沫，以降低土壤冻结速度^[5]。在实际应用中，监测数据显示，地温显著下降，土壤冻结深度减少，冻胀幅度降低。工程结构在极寒环境中表现出良好的稳定性，未出现明显变形或损伤，从而大大提高了结构的抗冻胀能力。

6 防冻胀施工技术方案优化与创新

6.1 防冻胀施工技术方案的现状分析

防冻胀施工技术在极寒地区水利工程中的应用已有多年的积累，目前形成了一些相对成熟的方案。这些方案主要包括利用改良土壤物理性能、选择低冻胀性材料、设置保温隔热层等措施。这些技术在不同工程实例中显示出较好的抗冻胀效果，有助于降低地温，减缓土壤冻结速度，提升结构的抗冻胀能力。在实际施工过程中，也存在一些不足之处，如材料选择不当、施工细节不到位以及技术适应性差异等问题。这些不足限制了防冻胀技术的全面推广和应用，导致部分工程在极寒条件下仍然面临冻胀风险。现有防冻胀施工技

术方案仍需进一步优化与创新，以提高其在极寒环境中的适用性和稳定性。

6.2 防冻胀施工技术方案的优化探讨

优化防冻胀施工技术方案在极寒环境中至关重要。当前技术在实际应用中存在部分局限，如材料耐久性不足、施工工艺复杂、成本较高等问题。优化措施需着眼于提高材料性能、简化施工流程、降低成本。开发新型环保材料，通过实验验证其抗冻胀效果和长期稳定性；引入智能施工机械，实现高效精确作业；加强跨学科合作，运用信息技术实时监测与调控施工过程。强化技术培训与推广应用，确保一线施工人员熟练掌握新技术，为优化防冻胀施工提供全方位支持。

7 结语

本次研究成功探讨并应用了一种全新的防冻胀施工技术，对于寒区水利工程建设，尤其是在现如今全球变暖的大背景下，有着非常重要的现实意义。利用这种技术，我们可以有效地降低土壤冻胀速度，增强结构的抗冻性，从而大大提高了水利工程的安全性。此外，此项技术应用广泛，对极寒区的各类工程建设都具有借鉴意义。然而，防冻胀施工技术的创新和应用还有一些困难和挑战需要我们去面对和解决，如如何精准地调控地温，如何选择和使用合适的保温隔热材料等问题，都需要我们进行深入研究和探讨。未来，我们将继续对防冻胀施工技术进行研究和改良，力图将其优化和完善到最大程度，使之更好地服务于我们的国家和社会。我们深信，在科技进步的推动下，我们能够不断攻克这些技术难题，让更多的水利工程在极寒环境中得以安全稳定运行。最后，我们期待和欢迎更多的相关研究者和工作者加入我们，共同推进这一领域的科学研究和技术应用。

参考文献

- [1] 余鹏,孙典和,郑伟.地下室低温冷库防冻胀施工技术[J].建筑施工,2022,44(8):1839-1842.
- [2] 张龙.某小型农田水利工程渠道抗冻胀分析[J].水利技术监督,2021(11):178-180.
- [3] 张晔.引水干渠衬砌结构冻胀破坏分析及防冻胀设计[J].水利水电快报,2019,40(7):31-33.
- [4] 刘利强,杨利剑.强冻胀地区光伏支架基础管桩防冻胀施工技术[J].建筑施工,2019,41(1):70-71.
- [5] 周京,朱寒玉.极寒地区地基基础防冻胀设计与施工探讨[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2020(12):202-203.