

# 水利工程渠道衬砌施工中的抗冻胀措施研究

夏兆轩

新疆水利水电科学研究院 新疆 乌鲁木齐 830049

**摘要:** 本文深入探讨了水利工程渠道衬砌施工中抗冻胀措施的重要性及其技术细节。通过对渠道衬砌冻胀机理的分析,结合当前抗冻胀技术的发展趋势,提出了一系列切实可行的抗冻胀措施,旨在为水利工程建设提供理论支持和实践指导。

**关键词:** 水利工程;渠道衬砌;抗冻胀措施;冻胀机理

## 引言

水利工程中的渠道衬砌是保障渠道正常运行、提高水资源利用效率的关键环节。然而,在寒冷地区,渠道衬砌常受到冻胀作用的影响,导致衬砌结构破坏、渗漏等问题,严重影响工程的安全性和稳定性。因此,研究并采取有效的抗冻胀措施至关重要。

## 1 渠道衬砌冻胀机理分析

### 1.1 冻胀成因

渠道衬砌的冻胀问题,其根源在于土壤中水分的相变行为。当环境温度骤降至冰点以下时,土壤孔隙中的液态水逐渐转化为固态冰。在这一过程中,水分子的排列方式发生显著变化,由较为松散的液态结构转变为紧密有序的固态结构,导致体积急剧膨胀。这种膨胀产生的巨大冻胀力直接作用于渠道衬砌结构,使其承受巨大的压力。随着时间的推移,冻胀力的持续作用会导致衬砌结构产生裂缝、隆起甚至整体位移等破坏现象<sup>[1]</sup>。这些变形和破坏不仅影响渠道的正常输水功能,还可能对周边土壤和生态环境造成进一步的损害。因此,深入研究冻胀成因,对于预防和治理渠道衬砌的冻害问题具有重要意义。

### 1.2 影响因素

冻胀作用的大小并非孤立存在,而是受到多种环境因素的共同影响。其中,土壤含水量和土壤类型扮演着至关重要的角色。当土壤含水量较高时,意味着土壤中水分子的数量众多,一旦温度降至冰点以下,这些水分子便迅速转化为固态冰,导致体积急剧膨胀,从而产生巨大的冻胀力。此外,土壤类型的不同也会对冻胀作用产生显著影响。一般来说,土壤颗粒越细,其比表面积越大,能够吸附和保持更多的水分,因此冻胀作用也更为强烈。除了这两个主要因素外,地下水位的高低、气温变化的速率等因素也会对冻胀作用产生一定的影响。因此,在预防和治理渠道衬砌的冻胀问题时,需要综合考虑各

种环境因素的作用,制定科学合理的抗冻胀措施。

## 2 抗冻胀措施研究

### 2.1 换填法

换填法,作为一种历史悠久且广泛应用的抗冻胀措施,在水利工程渠道衬砌施工中发挥着重要作用。其核心思想在于,通过彻底挖除渠道底部易受冻胀影响的土壤,代之以非冻胀性或冻胀性极小的材料,如砂砾石、碎石等,从而从根本上改变土壤的性质,达到降低冻胀力的目的。在实际操作中,换填法的实施步骤相对简单明了。首先,根据工程所在地的气候、土壤条件以及渠道的使用需求,确定需要挖除的冻胀性土壤的范围和深度。然后,选择合适的非冻胀性材料进行换填,确保换填材料的质量和数量满足工程要求。最后,对换填后的渠道底部进行压实和整平,为后续的衬砌施工创造良好的基础条件。然而,换填法并非适用于所有情况。一般来说,它更适用于冻深较小、冻胀作用不太强烈的地区。在冻深较大或冻胀作用非常强烈的地区,单纯依靠换填法可能难以完全消除冻胀问题。此外,换填材料的选取和厚度设置也是影响换填法效果的关键因素。不同的材料具有不同的导热性、透水性和强度特性,因此需要根据具体情况进行合理选择和设计。同时,换填材料的厚度也需要根据冻胀力的大小和渠道的使用需求进行确定,既要确保足够的抗冻胀能力,又要避免浪费。

### 2.2 保温法

保温法,作为水利工程渠道衬砌施工中一种重要的抗冻胀措施,其核心原理在于通过增设保温层来减少外部环境对衬砌结构的直接影响。在实际操作中,保温层通常被设置在渠道衬砌结构的外部,以形成一道有效的热阻隔屏障。常用的保温材料包括聚苯乙烯泡沫板、岩棉板等,这些材料具有良好的保温性能和较低的导热系数,能够有效地减缓渠道内部温度的降低速率。当外界温度骤降时,保温层能够阻挡大部分冷量侵入渠道内

部,从而保持衬砌结构及其周围土壤的温度相对稳定。这样一来,土壤中的水分就不容易结冰膨胀,进而减轻了对衬砌结构的冻胀作用。然而,在实施保温法时,需要考虑多种因素以确保其效果。首先,保温材料的性能至关重要。除了要求具有良好的保温性能外,还需要考虑其耐久性、防火性能以及环保性等方面。其次,保温层的厚度设置也是一个关键因素。厚度过薄可能无法达到预期的保温效果,而厚度过大则可能增加工程成本和施工难度。因此,需要根据工程所在地的气候条件、土壤状况以及渠道的使用需求等因素进行综合分析和计算,以确定最佳的保温层厚度<sup>[2]</sup>。此外,施工工艺也是影响保温法效果的重要因素之一。在施工过程中,需要确保保温层与衬砌结构紧密贴合,避免出现缝隙或空洞等缺陷,以保证保温层的连续性和完整性。同时,还需要注意保温层的保护和维护工作,防止其在使用过程中受到损坏或老化等问题。

### 2.3 排水法

排水法,作为抗冻胀的经典手段之一,在水利工程渠道衬砌中发挥着不可或缺的作用。其核心原理在于通过设置完善的排水系统,有效地降低渠道周围土壤中的含水量,进而从源头上减轻冻胀作用对渠道的威胁。在实际工程中,排水系统可以灵活采用多种形式,如明沟、暗管等,具体选择和设计需紧密结合工程所在地的地形、地貌、气候条件以及土壤特性等因素进行综合考虑。例如,在地势平坦、排水条件较好的地区,可以采用明沟排水;而在地势低洼、排水困难的地区,则可能需要借助暗管等更为高效的排水设施。然而,想要确保排水法在实际应用中发挥出最佳效果,关键在于确保排水系统的畅通与有效性。一方面,需要定期对排水系统进行巡查和维护,及时清理堵塞物,保持其良好的排水能力;另一方面,在设计和施工过程中,还需要充分考虑排水系统的布局、坡度、管径等关键参数,以确保其能够满足工程实际需求。此外,为了确保排水法的长期效果,还需要与其他抗冻胀措施相结合,形成多层次的防护体系。例如,可以将排水法与保温法相结合,通过在排水系统外部增设保温层,进一步减缓渠道周围土壤的温度变化速率,从而降低冻胀发生的可能性。

### 2.4 结构优化法

结构优化法,在水利工程渠道衬砌的抗冻胀措施中,占据着举足轻重的地位。其核心思想在于通过改进渠道衬砌的结构形式,以及选用更为优质的材料,从而显著提高结构抵抗冻胀作用的能力。在实际应用中,结构优化法可以采取多种具体措施。例如,采用柔性结

构,这种结构形式能够允许衬砌在一定范围内发生变形,从而有效地吸收和分散冻胀力,避免其直接对结构造成破坏。此外,设置伸缩缝也是一种常见的结构优化措施。伸缩缝能够在渠道衬砌受到冻胀作用时,为其提供一定的伸缩空间,从而减轻冻胀力对结构的挤压和拉伸作用。除了改进结构形式外,选用高强度、高韧性的材料制作衬砌结构也是提高抗冻胀能力的有效途径。这些优质材料不仅具有更高的强度和韧性,能够更好地抵抗冻胀力的作用,而且往往具有更好的耐久性和稳定性,能够在长期使用过程中保持良好的性能。然而,需要注意的是,结构优化法并不是一种孤立的抗冻胀措施<sup>[3]</sup>。在实际工程中,它往往需要与其他方法相结合,共同构成一个完整的抗冻胀体系。例如,可以将结构优化法与保温法、排水法等方法相结合,通过多方面的措施共同降低冻胀作用对渠道衬砌的影响。结构优化法作为一种重要的抗冻胀措施,在水利工程渠道衬砌中具有广泛的应用前景。通过改进结构形式、选用优质材料等措施,可以显著提高渠道衬砌的抵抗冻胀作用的能力。

### 2.5 化学处理法

化学处理法是一种相对独特的抗冻胀手段,它通过向土壤中引入特定的化学添加剂,来改变土壤的水分迁移和冰冻特性,从而减轻冻胀对渠道衬砌的损害。在实际操作中,常用的化学添加剂主要有两类。一类是盐类物质,如氯化钠、氯化钙等。这些盐类物质能够有效降低水的冰点,使得在较低的温度下,土壤中的水分仍能保持液态,从而减少因水结冰引起的体积膨胀,进而减轻冻胀作用。另一类是土壤稳定剂,这类物质能够改善土壤的粒径分布,增强土壤颗粒间的结合力,提高土壤的水分保持能力。通过使用土壤稳定剂,可以降低土壤对水分的敏感性,减少水分迁移,从而减轻冻胀作用。然而,虽然化学处理法在理论上具有显著的效果,但在实际应用中却需要谨慎考虑。首先,化学物质的长期环境影响是一个不可忽视的问题。盐类物质可能会导致土壤盐碱化,对周边的生态环境产生负面影响;而土壤稳定剂也可能改变土壤的自然属性,影响土壤的生物活性和肥力。其次,成本效益也是决定化学处理法是否可行的重要因素。化学添加剂的购买、储存和使用都需要一定的成本投入,而且其效果往往受到多种因素的影响,如添加剂的种类、用量、使用方法等<sup>[4]</sup>。在考虑使用化学处理法作为抗冻胀措施时,需要综合考虑其环境影响、成本效益以及实际效果等因素。同时,还需要结合工程所在地的具体情况,如气候条件、土壤特性、水文地质条件等,进行全面分析和评估。只有在确保化学处

理法既有效又可行的情况下，才能将其作为一种可靠的抗冻胀措施加以应用。

## 2.6 电热法

电热法是一种高效但成本较高的抗冻胀技术，特别适用于对冻胀控制要求极高的水利工程。该方法通过在渠道衬砌中精心埋设电热元件，如电热缆线或电热垫，利用电能转化为热能，直接对衬砌结构进行加热，从而确保渠道内部及其周围土壤的温度始终保持在冰点以上，有效防止水分结冰引起的冻胀现象。电热法的优势在于其加热效果直接且显著，能够迅速提升衬砌结构的温度，有效抵御严寒天气的侵袭。同时，由于加热过程可精确控制，因此可以根据实际需要调整加热强度和时长，既保证了抗冻胀效果，又避免了不必要的能源浪费。然而，电热法的实施也面临一些挑战和限制。首先，电热元件的埋设需要精细的施工技术和严格的质量控制，以确保加热均匀且安全可靠。其次，电热法的运行成本相对较高，主要是由于持续的电力消耗和维护费用。此外，电热法还需要可靠的电力供应和精确的温度控制系统来支持其运行，这在一定程度上增加了工程的复杂性和成本。在考虑采用电热法作为抗冻胀措施时，需要综合评估工程的实际需求、经济条件以及技术可行性。对于那些对冻胀控制要求极高且经济条件允许的水利工程来说，电热法无疑是一种值得考虑的高效解决方案。但对于一般工程而言，可能需要结合其他成本较低、效果稳定的抗冻胀措施来共同应对冻胀问题。

## 2.7 生物工程技术

生物工程技术，作为一种新兴的抗冻胀手段，在水利工程渠道衬砌中展现出独特的优势。这种方法主要利用植物根系或微生物活动来改善土壤结构，进而增强土壤的排水性和稳定性，从源头上减轻冻胀作用。具体来说，通过在渠道两侧精心种植深根植物，如特定的草本植物或灌木，这些植物的根系能够深入土壤，有效地固定土壤颗粒。这样一来，土壤的结构得到显著改善，其抗风化和抗冲刷能力也大幅提升。同时，植物根系的存

在还能有效减少水分在土壤中的迁移，从而降低冻胀发生的可能性。除了植物根系，微生物活动也是生物工程技术中的重要一环。通过引入特定的微生物种群，可以促进土壤中的有机物质分解和养分循环，进一步改善土壤环境。这些微生物能够分泌黏性物质，将土壤颗粒粘结在一起，形成更为稳定的土壤结构。同时，它们还能促进土壤中的水分蒸发和渗透，有助于维持土壤的水分平衡，从而减轻冻胀作用<sup>[5]</sup>。值得一提的是，生物工程技术不仅具有显著的环保优势，还具备可持续性的特点。通过利用自然界的生物力量，我们可以在不破坏生态环境的前提下，有效解决渠道衬砌的冻胀问题。然而，这种方法也需要较长时间地实施和观察，以确保其效果稳定且持久。生物工程技术为水利工程渠道衬砌的抗冻胀设计提供了新的思路 and 选择。通过将生物技术与传统工程措施相结合，我们可以更为全面、有效地应对冻胀问题，为水利工程的长期稳定运行提供有力保障。

## 结语

本文详细分析了水利工程渠道衬砌施工中的抗冻胀措施及其机理，并提出了多种切实可行的抗冻胀方法。这些方法在实际工程中应根据具体情况进行选择和组合使用，以达到最佳的抗冻胀效果。未来研究方向可以围绕新型抗冻胀材料的研发、智能监测与预警系统的构建等方面进行深入探索和实践。

## 参考文献

- [1]马志新.寒冷地区灌区渠道衬砌防冻胀工程技术[J].黑龙江科技信息,2020,000(014):116-117.
- [2]韩晓光.浅析水利工程渠道衬砌混凝土板裂缝成因及处理方法[J].精品,2020(2):1.
- [3]刘景青,刘真.灌区U形混凝土衬砌渠道冻胀分析及结构优化[J].中国水能及电气化,2021(11):5.
- [4]石欣.U形混凝土衬砌抗冻胀特征数值分析[J].东北水利水电,2019,37(2):39-41.
- [5]徐政华.渠道衬砌pp纤维混凝土防冻胀措施探讨[J].吉林水利,2018,No.428(1):17-18.