

# 地下水长期波动与渠道冻害的关联性分析

张胜

新疆塔里木河水利勘测设计院, 新疆 喀什 844700

**[摘要]**地下水作为深层土壤和岩石中的水分,在地下水循环中发挥着关键作用。长期波动受多种因素影响,包括气候、地质结构和植被覆盖。在寒冷气候下,地下水与渠道冻害之间的关系尤为突显,渠道冻害在这种条件下对基础设施稳定性的影响成为不可忽视的问题。因此,深入研究地下水与渠道冻害的关联性对于理解水文地质与工程水文学的相互作用以及应对气候变化具有紧迫性和重要性。

**[关键词]**地下水长期波动;渠道冻害;水文地质;工程水文学

DOI: 10.33142/hst.v7i2.11504

中图分类号: TV68

文献标识码: A

## Analysis of the Correlation between Long-term Groundwater Fluctuations and Channel Freezing Damage

ZHANG Sheng

Xinjiang Tarim River Water Resources Survey and Design Institute, Kashgar, Xinjiang, 844700, China

**Abstract:** Groundwater, as water in deep soil and rocks, plays a crucial role in the groundwater cycle. Long term fluctuations are influenced by various factors, including climate, geological structure, and vegetation cover. In cold climates, the relationship between groundwater and channel freezing damage is particularly prominent, and the impact of channel freezing damage on infrastructure stability under these conditions cannot be ignored. Therefore, in-depth research on the correlation between groundwater and channel freezing damage is urgent and important for understanding the interaction between hydrogeology and engineering hydrology, as well as addressing climate change.

**Keywords:** long-term fluctuations of groundwater; channel freezing damage; hydrogeology; engineering hydrology

### 引言

地下水与渠道冻害的关联性一直是水文地质和工程水文学领域备受关注的焦点。地下水系统作为自然界的重要组成部分,长期波动趋势对水资源管理和生态系统稳定性产生深远影响。与此同时,寒冷气候下常见的渠道冻害问题对基础设施的健康和稳定性提出了严峻挑战。地下水与渠道冻害之间的复杂关系涉及多种自然过程和人为活动的相互影响。在气候变化的情况下,地下水位波动、渠道设计和人类开采等因素相互交织,影响着渠道结构的冻害程度和频率。因此,深入研究地下水与渠道冻害之间的关联性有助于更好地理解水文地质与工程水文学的相互作用,为提升水资源管理科学性和工程冻害防治有效性提供理论支持。

### 1 地下水长期波动的影响因素

#### 1.1 地下水波动的定义与表现

地下水波动是指地下水位在一定时间范围内的周期性、季节性或长期性变化。这种变化反映了地下水系统对气候、降水、蒸发以及人类活动等因素的响应。地下水波动的表现主要体现在地下水位的升降,表层地下水系统在此过程中会形成相应的波动曲线。在季节性波动中,通常受气温、降雨和植被状况的影响,地下水位在一年内出现周期性的上升和下降。春季和秋季的降雨增加,以及温度

的变化,可能导致地下水位上升;而夏季和冬季则可能引起地下水位的下降。这种季节性波动在许多地区都普遍存在,对地下水资源的管理和利用具有重要意义。除季节性波动外,还存在长期性波动,其变化周期更为漫长,可能与气候变化、地质构造、长期降水趋势等因素相关。这种波动的发现对于了解地下水系统的长期变化趋势以及适应气候变化具有重要价值。

#### 1.2 影响地下水波动的自然因素

地下水波动受多种自然因素的综合影响,这些因素直接塑造了地下水系统的动态变化。首先,水文地质条件是决定地下水波动的关键因素之一。地下水的分布与地质构造、地层性质以及岩石透水性等密切相关。不同的地质条件导致地下水波动的幅度和频率存在显著差异。气候也在地下水波动中发挥着关键作用。降水量和蒸发率是主要的气候因素,它们直接影响地下水的补给与消耗。在高降水季节,地下水受到充分补给,水位上升;而在高蒸发季节,地下水消耗增加,水位下降。气温的季节性变化也会影响地下水温度,从而改变水的密度和流动性。植被状况是另一个重要的自然因素。植被通过蒸腾作用调节土壤中的水分含量,影响地下水的补给和排泄。季节性植被的生长和凋零对地下水波动形成具有明显的周期性影响,特别是在植被覆盖较大的地区。此外,地下水波动还受到河流和湖

泊等水体的影响。地下水与这些水体之间存在水文联系，水位的变化可能在一定程度上同步发生。河流水位上升可能导致局部地下水位升高，而湖泊水位下降则可能引起地下水水位的下降。

### 1.3 人为活动对地下水波动的影响

人为活动对地下水波动产生了深远的影响，这些影响体现在地下水水位的变化、水质的改变以及水文地质特征的调整上。首先，地下水开采是最为显著的人为活动之一，对地下水波动造成的直接影响不可忽视。通过抽取地下水，人类能够满足饮用水、农业灌溉等方面的需求，但这同时也导致了地下水位的明显下降，形成了局部性的降水锥。城市化过程对地下水波动同样产生显著的影响。城市区域的大规模开发和土地利用变化导致了地表径流的增加，减缓了地下水的渗漏速率。城市排水系统的建设进一步改变了地下水系统的水文动态，使地下水的波动受到人为干扰。此外，城市地区常常伴随着大规模的地下工程活动，如地铁建设、基础设施施工等，这些工程对地下水流动路径和产生直接影响。农业实践也在一定程度上改变了地下水波动的特征。灌溉活动增加了地下水的补给量，尤其是在干旱地区。然而，不合理的灌溉管理可能导致过量提取地下水，引起水位下降，甚至形成盐碱地。此外，农业化学品的使用也对地下水水质产生了潜在的影响，从而影响了地下水波动的生态系统功能。

## 2 渠道冻害的形成机制

### 2.1 渠道冻害的基本概念

渠道冻害是指在寒冷季节，水体中的冰冻现象对渠道结构、水工设施和附近土壤产生的不利影响。这种冻害主要发生在河流、湖泊、运河和其他水体的表面和周围地区。基本概念涉及到多个方面，包括冻结的形成机制、影响因素以及可能引发的工程和环境问题。首先，冻结的基本过程涉及到水体中水分由液态转变为固态的过程。在低温环境下水分子逐渐失去热能形成冰晶，导致水体结冰。这种过程在水体表面开始，逐渐向下延伸形成厚度不一的冰层。对于渠道来说，这可能导致渠道水位的下降和冰层的堆积，形成冻害。影响渠道冻害的因素包括气温、水体流速、水体深度和冰的特性。在极寒季节，气温的骤降可能迅速引起水体结冰。水体流速较慢的区域更容易受到冰的影响，因为冰可以在缓慢流动的水体中更容易形成。水体深度也是一个重要因素，深水区域结冰的可能性相对较小。冰的形成可能导致水体减少，影响渠道的水力学性能，甚至造成冰堵现象。在工程和环境方面，渠道冻害可能导致河流堵塞、阻碍水体流动，增加洪水风险，对生态系统产生负面影响。此外，渠道结构和水工设施也可能受到冻害的破坏，需要采取相应的工程措施进行预防和修复。

### 2.2 冻结与融化的基本过程

冻结与融化是水在温度变化过程中的两种基本状态

转变，这些过程对地下水系统和水体具有深远的影响。首先，冻结是水从液态转变为固态的过程。在水分子受到足够低的温度影响时，它们失去了足够的热能，使得分子之间的距离缩短，形成有序的结晶结构即冰<sup>[1]</sup>。在这个过程中，水的密度逐渐减小导致冰的体积相对于液态水增大。冰的形成通常从水体表面开始逐渐向下延伸，最终形成均匀的冰层。相反，融化是固态的冰转变为液态水的过程。当水分子受到足够高的温度影响时，它们吸收热能分子之间的相互作用减弱，使得冰的结晶结构解体为液态水。在这个过程中，水的密度逐渐增大，导致融化水体的体积相对于冰减小。融化通常从水体表面开始，逐渐向下传导，最终形成液态水层。这两种基本过程在地下水系统中发挥着重要作用。例如，在冰冻季节，地下水位可能受到冻结的影响而下降，地下水流动路径受到阻碍。而在融化季节，冰的融化可能导致水位上升，水体的渗透性增强。这两个过程的理解对于水资源管理、防洪工程 and 环境保护具有关键意义。在气温变化和季节性差异的背景下，冻结与融化过程相互作用，直接影响了地下水系统和水体的动态特性。

### 2.3 渠道结构与冻害关系

渠道结构与冻害之间存在密切的关系，渠道的设计和建造直接影响着冻害的发生和程度，渠道结构的特征对于水体冻结和融化过程有着显著的影响。首先，渠道的深度是影响冻害的关键因素之一。较深的渠道通常在寒冷季节中更容易形成冰层，因为水体在较深的地方更容易受到低温的影响。深渠道中水流速度可能较慢，使得水体更易于结冰。此外，冻害对深渠道的影响可能更为显著，因为冰的堆积会减小渠道的有效宽度，限制水体流动。其次，渠道的流速也对冻害产生重要影响，缓慢流动的水体更容易受到冰的影响，因为较慢的流速使得水体更易于在低温条件下形成冰。流速的变化也可能导致水体在不同区域的冻害程度不一致，形成局部性的冻害。渠道的底部和侧壁材料以及渠道的绝热性质也对冻害具有重要影响。底部和侧壁的导热性质会影响到地下水的温度分布，进而影响冰的形成和融化。如果渠道结构具有较好的绝热性质，可能导致冻害程度较大，因为渠道中的水温下降较为迅速。

## 3 地下水波动与渠道冻害关联性分析

### 3.1 地下水长期波动趋势分析

地下水长期波动趋势的分析对于水资源管理和生态系统的可持续发展至关重要，旨在揭示地下水位在长时间尺度上的演变规律，为合理利用水资源和应对气候变化提供科学依据。首先，长期波动趋势的分析需要基于长时段的水位观测数据。通过对历年的地下水位监测数据进行统计和分析，可以得到水位的时间序列变化。这种分析通常采用统计学方法，如趋势分析、周期性分析等，以揭示地下水位的整体演变趋势。在趋势分析中，关注地下水位的升降趋势以及可能存在的周期性变化。升降趋势的确定有助

于判断地下水资源的可持续性,识别潜在的过度开采或水源补给不足的问题。同时,周期性变化的发现有助于理解地下水系统对季节性和年际气候变化的响应。进一步,长期波动趋势分析需要考虑自然因素和人为活动的影响<sup>[2]</sup>。气候变化、降水模式的演变,以及城市化过程中的地下水开采等因素都可能对地下水位产生重要影响。通过综合考虑这些因素,可以更准确地解释地下水位变化的原因。最后,长期趋势分析的结果应用于水资源规划和管理中。基于对地下水长期波动的深入理解,可以制定合理的水资源管理策略,包括调整地下水开采量、改进水资源利用效率以及采取适当的生态保护措施。这有助于确保地下水资源的可持续利用,保护生态环境,提高对气候变化的适应能力。

### 3.2 渠道冻害样本分布与特征分析

渠道冻害样本分布与特征分析旨在深入了解在不同地理和气象条件下渠道冻害的分布模式及其特征,这有助于制定有效的防治策略和提高渠道结构的抗寒能力。首先,进行渠道冻害样本的地理分布分析,通过收集和整理历年来的冻害事件数据,可以绘制地图展示不同地区渠道冻害的发生频率和程度。地理分布分析有助于确定冻害的高发区域,为相关地区的防治工作提供有针对性的建议。可能的地理因素包括纬度、海拔高度、地形等,这些因素直接关联到气温的变化和寒冷程度。其次,对渠道冻害样本的时间分布进行分析,这包括对冻害事件在不同季节、月份或年份的发生时间进行统计。通过时间分布分析,可以揭示渠道冻害的季节性特征,帮助识别可能的气象因素对冻害形成的影响。此外,还可以发现是否存在渐进性变化趋势,这有助于预测未来可能的冻害风险。在样本特征分析方面,考虑冻害的类型、规模和持续时间等因素。不同类型的渠道结构可能对冻害表现出不同的敏感性,而冻害的规模和持续时间则直接关系到工程修复和预防措施制定。通过深入了解这些特征,可以为渠道冻害的风险评估和应对措施提供更为具体的指导。最后,样本分布与特征分析的结果应用于渠道冻害的管理和规划中。通过根据地理和时间分布的特征,以及考虑到渠道的具体特点,制定灵活、可行的防治方案。这有助于提高渠道结构的适应性,降低冻害的损害程度,确保渠道系统的稳定性和可靠性。

### 3.3 地下水与渠道冻害关联性分析

地下水与渠道冻害的关联性分析是深入探讨地下水动态与渠道冻害之间相互作用的关键。这一分析旨在揭示地下水长期波动、地下水温度变化等因素与渠道冻害发生及程度之间的潜在关系,为预防和减轻渠道冻害提供科学

依据。首先,关注地下水长期波动趋势与渠道冻害的时空关系。通过对历年来地下水位数据和渠道冻害事件的对比分析,可以发现地下水位的升降趋势是否与渠道冻害的发生有一定的关联性<sup>[3]</sup>。长期地下水位的下降可能导致渠道冻害的增加,而水位的上升则可能减缓冻害的发生。其次,深入研究地下水温度变化对渠道冻害的影响,地下水温度是决定渠道冻害发生与否的关键因素之一,分析地下水温度变化的季节性和年际性特征,以及与渠道冻害的时空分布进行比较,有助于揭示渠道冻害与地下水温度的关联关系。地下水的温度变化可能直接影响渠道表面水体的结冰和融化过程。同时,考虑人为活动对地下水体系的影响。地下水开采、土地利用变化等人为因素可能对地下水的长期波动和温度分布产生影响,从而影响渠道冻害的发生。人类活动引起的水体补给减少、流速变化等可能是渠道冻害发生的重要驱动因素。最后,综合分析得出地下水与渠道冻害的关联性结论,并提出相应的管理建议,通过深入理解这种关系,可以为合理规划水资源利用、改善水体流动条件、加强渠道结构保护等提供指导,从而降低渠道冻害的风险。

## 4 结语

本研究深入探讨了地下水长期波动与渠道冻害之间的关系,为我们理解水文地质与工程水文学的互动提供了深刻的见解。通过对地下水长期波动趋势、渠道冻害样本分布与特征以及地下水与渠道冻害关联性的深入研究,我们揭示了地下水系统与渠道结构之间错综复杂的联系。展望未来,我们可在不同地域、气候条件下深化研究,提升对地下水与渠道冻害关联性的整体认知。在应对气候变化和人类活动的挑战中,需持续深化对这一关系的理解确保水资源的可持续利用和相关基础设施的稳定性,为水文学、环境工程和水资源管理等领域提供了实质性的理论支持,为未来的可持续发展奠定了坚实基础。

### [参考文献]

- [1]杜发,李宗省,贡觉扎西,等.多年冻土地下水及其变化研究进展[J].冰川冻土,2024(1):11.
  - [2]李慧,高小雲.气候变化对高寒山区水源区地下水补给型径流的影响研究[J].水利水电快报,2023,44(9):5.
  - [3]马金龙,李兆宇,田文,等.寒区渠道冻害破坏特征与成因[J].水利科学与寒区工程,2018,1(11):28-33.
- 作者简介:张胜(1992.5—),毕业院校:塔里木大学,所学专业:农业水利工程,当前工作单位:新疆塔里木河水利勘测设计院,职称级别:工程师。