

名度和美誉度；三是积极参与行业标准制定，主动承担社会责任，如参与《建设工程造价咨询规范》等行业标准的研讨与编制工作，推动行业规范化发展，同时积极投身公益事业，如为贫困地区教育设施建设提供免费造价咨询服务，树立行业标杆形象，增强企业的市场影响力和社会责任感。

## 5 新计价规范下工程造价咨询企业转型成效与趋势分析

为直观呈现转型带来的价值提升，本文结合行业调研数据，制作以下两个图表，量化转型成效与发展趋势。

表 1 工程造价咨询企业转型前后核心指标对比表

评价指标	转型前	转型后	提升幅度	核心驱动因素
业务收入结构	传统业务占比 90% 以上	全过程 + 增值业务占比超 60%	50% 以上	业务多元化拓展
计价效率	人工核算为主，人均日处理 1 - 2 个项目	数字化平台计价，人均日处理 5 - 8 个项目	400% 以上	信息化技术赋能
客户满意度	75% 左右	92% 以上	17%	全流程精准服务
市场占有率	区域化分散竞争	全国性市场布局，头部企业占比提升	20% - 30%	品牌与技术优势

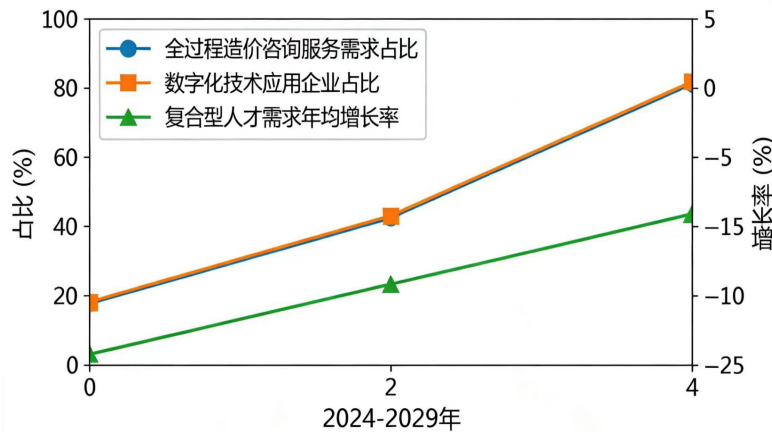


图 1 新计价规范下工程造价咨询行业发展趋势图

(注：本图以折线图呈现 2024-2029 年行业发展趋势，横轴为年份，纵轴为占比 / 增长率)

## 6 结语

新计价规范的出台，为工程造价咨询行业带来了深刻变革，推动行业从传统的造价审核、结算等单一业务模式向多元化、全过程化方向加速转型。在这一背景下，全过程造价管理成为工程造价咨询业务转型的核心方向，它要求咨询机构从项目投资决策阶段开始，贯穿设计、招标、施工、竣工等各个阶段，提供包括投资估算、设计概算、施工图预算、招投标控制价编制与审核、合同价款管理、工程计量与支付、变更签证处理、竣工结算审核等在内的全方位造价咨询服务，实现对工程项目造价的动态控制和精细化管理。数字化赋能则为这一转型提供了强大的技术支撑，通过引入 BIM (建筑信息模型) 技术、大数据分析、云计算平台及人工智能算法，工程造价咨询企业能够实现造价数据的实时采集与共享、造价指标的智能分析与预测、工程量自动计算与核对等功能，大幅提升工作效率和准确性，同时为全过程造价管理中的风险预警、成本优化提供数据支持，助力咨询机构提升服务质量，拓展业务边界，在激烈的市场竞争中实现可持

续发展。

未来，随着新计价规范的深入落地与数字化技术的持续渗透，工程造价咨询行业将迎来更加广阔的发展空间。只有那些能够精准把握政策导向、突破发展瓶颈、构建核心竞争力的企业，才能在行业洗牌中站稳脚跟，实现高质量发展，为中国工程建设行业的提质增效与可持续发展贡献更大力量。

### 参考文献

- [1] 郑颖冰,张杰辉.基于DEMATEL-ISM的全过程工程咨询服务质量关键影响因素研究[J].福建建材,2024,(05):98-104.
- [2] 秦峰.共享经济背景下造价咨询企业转型研究[J].投资与合作,2023,(05):127-129.
- [3] 胡博瑞.工程咨询企业数字化转型影响因素及提升策略研究[D].北京建筑大学,2024.
- [4] 祁媪.工程总承包模式下建筑工程全过程造价控制与管理[J].中国住宅设施,2024,(12):80-82.
- [5] 王梦林.基于全过程管理理念的工程造价管理实践分析[J].城市建筑,2024,21(24):227-229.

# Research on Prevention and Control Technology of Frost Heave and Settlement of High-speed Railway Foundation in Cold Region

Xuesen Bao

China Railway 12th Bureau Group Fourth Engineering Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710024, China

## Abstract

In extreme cold regions, high-speed railway subgrades are subjected to prolonged low-temperature conditions and frequent freeze-thaw cycles, with frost heave and settlement posing critical challenges. These issues have become major factors affecting structural stability, track smoothness, and operational safety. Characterized by strong concealment, prolonged evolution cycles, and high remediation difficulty, improper control of frost heave and settlement can lead to uneven subgrade deformation, track structural damage, and significantly increased maintenance costs. Drawing from practical engineering experience in cold regions, this study systematically analyzes the formation mechanisms of frost heave and settlement. It conducts in-depth research on prevention technologies through subgrade design optimization, foundation treatment, material selection, and construction-operation control. By evaluating the mechanisms and synergistic effects of multiple control measures, the paper proposes comprehensive prevention strategies for high-speed railway subgrades in cold climates, providing technical references for ensuring safe, stable, and durable operations in high-altitude railway systems.

## Keywords

cold regions; high-speed railway; subgrade engineering; frost heave and settlement; prevention and control technology

## 严寒地区高铁路基冻胀融沉防控技术研究

包学森

中铁十二局集团第四工程有限公司, 中国·陕西 西安 710024

## 摘要

严寒地区高铁路基长期处于低温、冻融循环频繁的自然环境中, 冻胀与融沉问题尤为突出, 已成为影响高速铁路结构稳定性、轨道平顺性及行车安全的重要因素。冻胀融沉具有隐蔽性强、演化周期长和治理难度大的特点, 一旦控制不当, 易引发路基不均匀变形、轨道结构病害及运营维护成本显著增加。本文结合严寒地区高铁工程实践, 在系统分析路基冻胀融沉形成机理的基础上, 从路基结构设计、地基处理、材料选择及施工与运营控制等方面, 对冻胀融沉防控技术进行深入研究。通过对多种防控措施作用机理及协同效果的分析, 提出适用于严寒地区高铁路基的综合防控思路, 为高寒环境下高速铁路安全、稳定与耐久运行提供技术参考。

## 关键词

严寒地区; 高速铁路; 路基工程; 冻胀融沉; 防控技术

## 1 引言

中国高速铁路线路逐步向东北、西北及高原高寒地区延伸, 这些区域气候条件严酷, 冬季气温低、冻结期长, 冻土及季节冻土分布广泛。高铁路基在服役过程中反复经历冻结与融化作用, 易产生冻胀与融沉变形, 导致轨道几何状态恶化, 严重时会影响列车运行安全。相较普通铁路, 高速铁路对路基变形控制标准更为严格, 微小的不均匀沉降也可能引发显著的动力响应。因此, 系统研究严寒地区高铁路基冻

胀融沉的形成机制, 并在此基础上构建科学、可行的防控技术体系, 对于保障高铁长期安全运营具有重要的工程意义和现实价值。

## 2 严寒地区高铁路基冻胀融沉的工程特性与影响

### 2.1 冻胀融沉的基本表现形式

在严寒地区, 路基土体在低温条件下会发生水分冻结, 冰体的膨胀导致路基上拱, 这一过程被称为冻胀。随着春季气温回升或温度逐渐回暖, 冻结的水分融化, 冰体解冻后, 土体的结构发生破坏, 承载能力下降, 进而引发融沉现象。冻胀和融沉的交替发生使路基处于长期不稳定的状态, 且其

【作者简介】包学森(1995-), 男, 中国辽宁盖州人, 本科, 助理工程师, 从事道路桥梁研究。

变形具有累积性和差异性特征。在每个冻胀与融沉周期内，路基的变形和损伤会逐步累积，导致路基结构逐渐劣化。此外，不同区域的土体因其物理性质和水文条件的差异，冻胀和融沉的表现和程度也有所不同。部分区域可能因温度回升较慢或水分补给较少而表现出较小的冻胀量，而其他区域则可能因温度波动大或水源充足而产生较大程度的冻胀。这种时空差异为冻胀融沉的防治带来了挑战，需要根据实际情况进行针对性防控。

## 2.2 冻胀融沉对高速铁路路基结构的影响

冻胀融沉会对高速铁路路基结构产生显著影响，尤其是导致路基顶面不均匀变形。当冻胀发生时，路基表面会出现局部上拱，形成不均匀的表面，这种不平衡的变形直接影响轨道的平顺性。轨道结构的受力会发生重分布，导致列车运行时出现不稳定的振动和冲击，增加轨道系统的磨损。在长期冻胀与融沉作用下，轨道板、道床及附属结构易出现裂缝、沉降及其他形式的损伤，严重影响路基和轨道的使用寿命，同时增加了维护频率和成本。路基的形变还可能加剧列车动荷载效应，放大列车运行时对路基的冲击和应力集中，形成恶性循环，进一步降低路基结构的稳定性和耐久性。因此，冻胀融沉问题不仅对高速铁路的物理状态造成直接威胁，也影响了铁路的运行安全性和长期运营效益。

## 2.3 冻胀融沉问题的工程复杂性

冻胀融沉的发生是由气温、水分、土质、结构形式等多种因素共同作用的结果，其发展过程具有明显的时空差异。在不同地区，由于地基条件、路基填筑材料及水文条件的差异，冻胀程度和融沉量表现出显著的不均匀性。例如，某些地区的路基可能由于水分较多或土质疏松而出现更严重的冻胀现象，而其他地区可能因水源较少或填筑材料特性不同，冻胀程度较小。这样的差异性使得冻胀融沉问题的防控措施变得更加复杂，需要根据各地区的实际情况进行量体裁衣的技术应用。单一的技术手段无法全面解决冻胀融沉问题，因此，必须结合不同区域的具体地质、水文和气候条件，采取综合防控策略，如通过优化路基设计、选择适当的防冻材料、加强排水系统建设等手段来减轻冻胀融沉的影响。这种复杂性要求在工程实施过程中高度重视多学科合作和多方案整合，以确保道路的长期稳定性和安全性。

## 3 严寒地区高速铁路路基冻胀融沉形成机理分析

### 3.1 温度场变化对路基变形的影响

在严寒地区，路基的温度场变化具有显著的季节性波动，随着气温的下降，路基内部的冻结深度不断变化。冻结过程中，温度梯度促使水分向冻结前沿迁移，形成冰晶体并不断生长，冰体的膨胀是冻胀的重要原因。当温度回升时，冰体融化，水分进入土体的孔隙，造成土体结构的破坏，强度降低，进而引发融沉现象。冻结与融化的反复变化，不仅导致土体孔隙结构的破坏，还加剧了土体的密度和强度的波动，尤其在温度变化较大的季节交替时，这种现象尤为显著。

随着冰体的反复冻融，路基逐渐积累变形，最终导致沉降、裂缝等病害，严重影响路基的稳定性。因此，温度场的变化和冻融交替是影响严寒地区高速铁路路基变形的关键因素，需特别关注温度变化对路基结构的动态影响。

### 3.2 水分迁移与土体性质的作用机制

土体含水量和渗透性对冻胀融沉过程有着决定性的影响。细粒土因其较强的毛细作用，易发生水分迁移，且在冻结过程中水分迅速凝结成冰，导致体积膨胀，从而引发冻胀现象。如果地下水位较高，或路基排水条件不良，水分的补给将持续存在，进一步加剧冻胀幅度，并在融化期形成较大的沉降量。此时，过多的水分积聚不仅导致冻胀现象的加剧，而且当冰体融化时，水分迅速渗入土体，导致土体结构松散，强度下降，进一步引发沉降现象。特别是在冬季降雪融化期，积水的快速渗透会加剧融沉速度，对路基的影响更加显著。因此，了解土体的水分迁移特性及渗透性是防治冻胀融沉的关键，科学的水分控制和有效的排水措施是减少冻胀融沉对路基影响的重要手段。

## 4 严寒地区高速铁路路基冻胀融沉防控设计技术

### 4.1 路基结构形式的优化设计

在路基设计阶段，应根据冻土分布特征合理选择结构形式，以减少冻胀对路基的影响。针对冻土地区，设计时可以通过加大路基高度或设置防冻层等措施，降低冻结深度对路基主体结构的影响。防冻层作为一种有效的隔热措施，可以有效阻止地下水的冻结，并减少地基受冻胀变形的风险。同时，合理的路基结构设计不仅有助于提升路基的抗冻性能，还能增强整体路基的稳定性，防止冻胀造成的沉降或裂缝影响路基的长期使用。通过在设计阶段引入冻胀分析，可以针对不同地质环境进行精细化设计，确保路基结构在各种工况下都能保持良好的稳定性和可靠性。因此，优化设计是冻胀融沉防控体系的重要基础，直接关系到道路的安全性和可持续性。

### 4.2 地基处理与防冻技术措施

对于软弱地基或高含水土层，应采取有效的地基处理措施，以提高地基承载力和稳定性。地基处理方法包括换填非冻胀性材料、设置隔水层或隔热层等，这些措施可以有效切断水分的迁移通道，减少冻胀条件的产生。通过换填冻胀性小的土壤，能够降低地基中水分的积聚，从而减少冻胀的可能性。设置隔水层或隔热层可以有效隔绝地下水与低温环境的接触，减少水分冻结的深度。防冻技术的合理配置不仅能有效减缓冻胀现象的发生，还能提高地基的长期稳定性，降低因冻胀引起的地基沉降或损坏风险。通过合理的地基处理技术，能够从源头控制冻胀融沉问题，为路基提供更加稳定和坚固的基础，确保道路的安全与耐久性。

### 4.3 路基填筑材料的合理选择

路基填筑材料的选择对路基的抗冻性能具有直接影响。选择级配良好、含水量低、冻胀性小的材料，有助于显著降