

基于 FEM-CFD 耦合方法的寒区隧道抗冻设防需求长度 概率分析

Probabilistic analysis of the thermal insulation length demand of tunnels in cold regions via
the FEM-CFD coupled method

李琼林¹ 彭磊¹ 穆彦虎^{2,*} 冀彦智¹ 李当先¹

Qionglin Li¹, Lei Peng¹, Yanhu Mu^{2,*}, Yanzhi Ji¹, Dangxian Li¹

(1. 西南交通大学 土木工程学院, 四川成都 610031; 2. 中国科学院西北生态环境资源研究院, 甘肃兰州 730000)

(1 School of Civil Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China; 2 State Key Laboratory of Frozen Soil Engineering, Northwest
Institute of Eco-Environment and Resources, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China)

摘要: 在冬季, 冷空气流入隧道后会与围岩和衬砌发生热量交换, 抗冻设防成为一项值得关注的重要问题。本文提出了一种将 FEM-CFD 耦合方法与概率分析相结合的方法, 用于确定寒区隧道抗冻设防长度需求, 其中考虑了气温和风速的不确定性。研究结果表明, 在施加最冷月份通风条件后, 隧道纵向温度逐渐升高, 在入口附近温度变化明显。基于蒙特卡罗方法生成的 100 个气温和风速样本的数值模拟结果显示, 隧道抗冻设防需求长度范围为 1000~1500 m, 呈正态分布特征。此外, 建立了相应的代理模型, 并提出了保温失效概率模型来分析气象参数的敏感性, 结果表明气温是影响抗冻设防需求长度的主要因素。该研究结果为工程界在寒冷地区设计有弹性和可持续性的隧道、减轻与冰冻事件相关的潜在风险以及确保安全高效的交通基础设施提供了新的见解。

关键词: 寒区隧道; 抗冻设防; 数值模拟; 概率分析