
2022 年度中国公路学会科学技术奖公示信息

一、项目名称

季冻区运营普通公路隧道养护及病害整治关键性技术研究

二、项目简介

本项目属于工程建设技术领域。

我国季节性冻土分布广泛，有相当数量隧道位于季冻区，随着温度变化而出现冻胀、变形、渗漏水等病害，给隧道结构和行车安全带来严重的安全隐患。相较于高速公路隧道而言，普通公路隧道大多运营时间较早，建设期各方面条件相对落后，隧道存在的病害问题尤为复杂、多样。以往对于季冻区隧道冻害的研究主要是针对新建隧道，以“防”为主，但其防冻施工工艺等与运营隧道冻害处治工艺存在本质上的区别，导致以往研究成果对运营隧道的冻害处治适用性不强，存在很大的局限性。

项目面向季冻区普通公路隧道运营需要，依托区域内病害严重的普通公路隧道，通过广泛调研、现场调查、自动监测、室内试验和理论分析相结合的技术手段，对春融期地下水聚集情况、衬砌及围岩温度变化情况、隧道冻害分级及整治措施等进行系统研究，取得以下创新性成果：

1) 研究了春融期地下水聚集情况和围岩内部温度变化情况，并通过信息化监测对冻害成因进行了分析；对季冻区隧道冻害发展规律进行了研究，揭示了冻融循环作用对隧道径向温度场分布规律和混凝土导热系数的影响。提出了利用探地雷达对隧道衬砌背后积水结冰情况进行检测，提升了衬砌背后积水结冰的检测水平。

2) 探究了基于冻害风险等级对隧道冻害和结构病害进行处治的新思路，首次在考虑温度条件、水文条件、围岩条件、衬砌质量和工程措施的基础上，采用模糊层次分析法建立评判模型，得到了隧道病害影响因素权重值；首次基于隧道保温、排水两方面考虑，确定了冻害风险等级与冻害处治措施的对应关系，实现了“冻害原因分析、指标权重计算、冻害风险分级、冻害处治”的全过程分析决策，为季冻区运营隧道病害处治加固方案制定提供了理论和技术支撑。最后结合依托工程应用情况，总结季冻区隧道病害处治加固主要内容，进而形成《季冻区

普通公路运营隧道病害整治技术指南》，用于季冻区运营隧道病害整治指导。

3) 建立了一套适用于季冻区隧道的智能化冻害监测体系，能够对隧道温度、湿度和中心水沟水位、流速等进行实时监测，该体系基于 4G 移动通信技术，构建了隧道冻害监测数据传输系统，实现了服务器与现场监控之间的远程数据传输，为隧道冻害异常的发现及预警提供了一个自动监测平台。通过对冻害监测数据的分析，判断出隧道冻害发生可能性，确定隧道冻害处治时机，指导隧道运营管理，有效降低隧道冻害对结构的危害。项目研究成果已在吉林省白山市公路管理处、宁夏交投高速公路管理有限公司、陕西交控运营管理分公司等多家单位所辖隧道加固维修工程中得到顺利应用，通过确定隧道冻害风险等级避免了实际工程中出现“重病用轻药、小病用猛药”的情况，防止由于采取过于保守的对策，造成很大的浪费，又或者由于采取过于冒险的对策，影响病害整治而造成安全问题，已累计产生直接经济效益约两千万元。项目申请知识产权、授权专利 7 项，完成行业规范 1 部，编制加固实例集和项目指南各 1 部，发表论文 13 篇（SCI 检索 6 篇），研究成果达到国际先进水平。

三、主要完成人名单

主要完成人	姓名（职称、工作单位、主要贡献）
	1.张炳涛（研究员、吉林省公路管理局、主要贡献：对创新点 1、2 有突出贡献。）
	2.宫成兵（教授级高工、中交第一公路勘测设计研究院有限公司、主要贡献：对创新点 2 有突出贡献。）
	3.杨润超（研究员、吉林省公路管理局、主要贡献：对创新点 2 有突出贡献。）
	4.叶飞（教授、长安大学、主要贡献：对创新点 3 有突出贡献。）
	5.秦洲（教授级高工、中交瑞通路桥养护科技有限公司、主要贡献：对创新点 1、2 有突出贡献。）
	6.张静晓（教授、长安大学、主要贡献：对创新点 3 有突出贡献。）
	7.迟军德（高级工程师、白山市公路管理处、主要贡献：对创新点 1 有突出贡献。）
	8.顾博渊（教授级高工、中交瑞通路桥养护科技有限公司、主要贡献：对

	创新点 1、2 有突出贡献。)
	9.刘燕鹏（高级工程师、中交瑞通路桥养护科技有限公司、主要贡献：对创新点 1、2 有突出贡献。)
	10.田正（高级工程师、中交瑞通路桥养护科技有限公司、主要贡献：对创新点 1、2 有突出贡献。)

四、主要完成单位顺序

序号	完成单位名称	邮政编码	详细通信地址	隶属省部
1	吉林省公路管理局	130021	吉林省长春市朝阳区 解放大路 2518 号	吉林省
2	中交瑞通路桥养护科技有限公司	710075	西安市高新区高新六 路中交一公院科技产 业园主楼二层	陕西省
3	长安大学	710061	陕西省西安市南二环 路中段	陕西省
4	白山市公路管理局	134300	白山市浑江区浑江大 街 40 号	吉林省

五、主要知识产权目录

(1) 代表性论文专著目录

序号	论文	作者	期刊	发表 时间
1	Temperature field spatio-temporal law and frozen depth calculation of a tunnel in a seasonally frozen region	Xiaoming Liang,Fei Ye,Haolan Feng,Xingbo Han,Siyu Wang, etc	Cold Regions Science and Technology	2022
2	Analyses of the defects in highway tunnels in China	Fei Ye,Nan Qin,Xing Liang, Aohui Ouyang,Zhou Qin,etc	Tunnelling and Underground Space Technology	2021

3	Investigating the Role of Emissions Trading Policy to Reduce Emissions and Improve the Efficiency of Industrial Green Innovation	Jingxiao Zhang,Xinran Sun, Hui Li, Simon Patrick Philbin, Pablo Ballesteros-Perez, etc	Journal of Management Science and Engineering	2021
4	Factors influencing environmental performance: a bibliometric review and future research agenda	Jingxiao Zhang,Zhiyue Zhang, Pablo Ballesteros-Perez,Martin Skitmore,Guoliang Yang,etc	International Journal of Urban Sciences	2021
5	A critical review of the current research mainstreams and the influencing factors of green total factor productivity	Jingxiao Zhang,Guanyang Lu, Martin Skitmore,Pablo Ballesteros-Perez	Environmental Science and Pollution Research	2021
6	Time-variant probabilistic random degradation model on flexural capacity of road tunnel linings	Xingbo Han, Kang Gao,Fei Ye, Xin Han	Structure and Infrastructure Engineering	2020
7	季冻区运营公路隧道冻害分析及对策研究	崔国军、李伟、魏凡钦，叶飞，梁晓明	公路	2021
8	季冻区隧道冻害风险等级划分及处治对策研究	张炳涛、张东淼、李伟、叶飞、王思宇	施工技术	2021
9	冻融循环对季冻区隧道衬砌混凝土导热系数影响研究	李伟、张东淼、叶飞、王思宇、梁晓明	隧道建设	2020
10	基于动态模型的季冻区隧道冻害形收及发展过程分析	李伟、张东淼	公路交通科技	2020
11	季冻区公路隧道衬砌结构无损检测及质量评价分析探讨	秦洲、魏凡钦、李瑞涛、翟芳菲	公路交通科技	2020
12	季冻区隧道冻害发生机理及	张炳涛、张东淼、李月姝、	公路交通科技	2020

	防治	郭琢		
13	季冻区隧道冻害机理及整治 研究分析	张炳涛、崔国军、申建、 兰学生	公路交通科技	2020

(2) 代表性知识产权

序号	名称	专利号	专利权人	完成人
1	一种利用 CO ₂ 调节侵蚀水 pH 值并模拟围岩水水压的装置	ZL201920 982072.9	长安大学	叶飞, 赵猛, 田崇明, 欧阳奥辉, 王坚
2	一种用于富水隧道中混凝土溶出性侵蚀的试验装置	ZL201920 982084.1	长安大学	叶飞, 田崇明, 何彪, 赵猛, 王坚
3	用于清除隧道排水管堵塞体的疏通装置	ZL202022 456300.4	长安大学, 云南腊满高速公路有限公司	叶飞, 张兴冰, 冯浩岚, 茶增云, 王庆龙, 梁艳峰, 武东阳, 田崇明, 赵猛, 王坚
4	一种可用于寒区隧道中心排水沟冻害监测的装置	ZL202022 826504.2	吉林省公路管理局, 中交瑞通路桥养护科技有限公司	张炳涛, 秦洲, 田正, 蔺虎平, 刘燕鹏
5	一种具有防护机构的公路沿线环境监测仪	ZL202121 422990.X	中国路桥工程有限责任公司	侯敏, 程晓来, 杨清源, 张静晓
6	一种公路隧道衬砌渗漏水处治用的电伴热防冻引排结构	ZL202121 677229.0	中交第一公路勘察设计院有限公司, 中交瑞通路桥养护科技有限公司	田正, 秦洲, 顾博渊, 蔺虎平, 刘燕鹏, 张彦晓, 刘宝华
7	一种用于公路隧道衬砌加固的套拱结构	ZL202122 069977.7	中交第一公路勘察设计院有限公司, 中交瑞通路桥养护科技有限公司	田正, 秦洲, 顾博渊, 蔺虎平, 刘宝华, 刘燕鹏, 李祥, 姜博