

2022 年度陕西省科学技术奖提名公示

一、项目名称

复杂气候环境下混凝土侵蚀损伤机理与耐久性提升技术

二、提名者及提名意见

提名者：陕西省公路学会

提名意见：复杂气候环境地区交通基础设施的建设对于国防安全和国民经济健康发展具有重要战略意义。随着“一带一路”倡议和“交通强国”战略的持续推进，我国西部复杂气候环境地区已成为交通基础设施建设的主战场。已有研究表明，腐蚀介质与交变应力的耦合作用是影响承受动载混凝土结构耐久性的主要原因之一。近年来，人们不仅关心交通基础设施混凝土结构的使用寿命，更关心其在周围环境因素影响下性能的衰减规律。大量工程调查表明，腐蚀介质的存在会加速混凝土疲劳损伤的积累，而交变应力也会促进混凝土腐蚀损伤的进一步发展，腐蚀损伤和疲劳损伤相互促进并导致混凝土结构物过早破坏，严重降低其耐久性能。因此，复杂气候环境下同时作用于混凝土工程的各种因素是相互联系、相互影响、相互促进或抑制，具有一定的交互作用。本项目通过对复杂气候环境下混凝土侵蚀损伤与耐久性提升技术的攻关研究，获得了在理论、材料、设备、方法及工艺上的关键性突破，进行了单项技术的集成和系统配套，为重大混凝土工程提供关键材料与核心技术。

经审查，成果材料齐全、规范，无知识产权纠纷，人员排序无争议，符合陕西省科学技术奖励推荐条件。特提名为陕西省科学技术进步奖二等奖及以上。

三、项目简介

针对现有水泥混凝土技术难以满足干燥、严寒、大温差等严酷环境下交通基础设施工程质量和使用寿命的要求等关键问题，通过探讨复杂气候环境与荷载多因素作用对混凝土损伤劣化的作用机理，并对混凝土关键材料进行功能与结构优化设计，研究解决在干燥、大温差、严寒等严酷气候环境与水文地质条件下的高强混凝土开裂、耐蚀性差，湿喷喷射混凝土渗漏、开裂等病害，以及混凝土表面防护等问题；开发具有自主知识产权、达到国际先进水平的新型外加剂和长效环保型混凝土双层水性防腐涂装等材料，并在实体工程中应用；攻克了严酷工作环境下交通基础设施混凝土的耐久性关键技术。具体内容包括：针对交通荷载与盐

腐蚀耦合复杂环境，开发交变荷载、干湿循环、盐腐蚀作用下水泥混凝土劣化试验装置，提出了复杂环境作用下混凝土损伤评价方法，建立了复杂环境下混凝土盐侵蚀扩散反应模型，提出复杂环境作用下混凝土的本构关系，形成复杂环境下混凝土寿命预估方法；针对干燥、严寒、大温差环境，利用自主研发新型功能外加剂，提出高抗裂混凝土和高性能湿喷混凝土制备方法；针对干燥、严寒、大温差环境下混凝土防护需求，基于深度分子交联聚合网络结构和空间位阻效应，开发出水性环保型混凝土专用乳液和混凝土双层防腐涂层，实现了混凝土的长效防腐，并提出了该体系在此环境下的关键施工控制点。

项目成果经评价总体达到国际先进水平，其中多因素作用下混凝土侵蚀损伤理论达到国际领先水平。共发表高水平科技论文 60 篇，其中 SCI/EI 检索 18 篇，中文核心 42 篇；获授权专利 18 项，其中发明专利 13 项，实用新型专利 5 项，成果先后纳入标准 2 部。

四、客观评价

2021 年 9 月陕西省公路学会在西安主持召开了“复杂气候环境下混凝土侵蚀损伤机理与耐久性提升技术”项目成果评价会。评价委员会一致认为，项目组提供的资料齐全、内容完整，符合科技成果评价要求；项目成果创新性明显，社会效益显著，推广应用前景广阔，总体达到国际先进水平，其中多因素作用下混凝土侵蚀损伤理论达到国际领先水平。

根据教育部科技查新工作站（Z08）查新结论，本项目在以下方面具有创新性：针对交通荷载与盐腐蚀耦合复杂环境，开发交变荷载、干湿循环、盐腐蚀作用下水泥混凝土劣化试验装置，形成复杂环境下混凝土寿命预估方法；利用自主研发的功能型外加剂，提出高抗裂混凝土和高性能湿喷混凝土制备方法；基于深度分子交联聚合网络结构和空间位阻效应，开发出水性环保型混凝土专用乳液和混凝土双层防腐涂层，实现了混凝土的长效防腐。

五、应用情况

本项目成果于 2013~2021 年间在青海、甘肃、贵州、陕西等地的公路隧道和桥梁等重点工程中得以成功应用，各项技术累计应用超过 400km，经长期跟踪观测，使用效果良好，大幅减小了初期建设投资和后期养护维修费用。

六、主要知识产权目录

序号	知识产	具体名称	授权号/期卷号	证书编号/期刊名
----	-----	------	---------	----------

	权类别			称
1	发明专利	一种实验室用测量水泥基复合材料试件产生变形的装置	ZL201610850555.4	3538590
2	发明专利	一种抗冻抗开裂混凝土的制备方法	ZL201710062741.6	3305463
3	发明专利	一种耐磨抗干缩混凝土材料的制备方法	ZL201710050240.6	3319111
4	发明专利	一种复合型液体防冻泵送剂及其制备方法	ZL201810828496.X	4334053
5	论文	Developing a Model for Chloride Ions Transport in Cement Concrete under Dynamic Flexural Loading and Dry-Wet Cycles	2017, 2017(5760512)	Mathematical Problems in Engineering
6	论文	Mechanical properties, drying shrinkage, microstructure of modified cement mortar based on poly(acrylamide-co-methacrylic acid) microgel	2021,274(17)	Construction and Building Materials
	论文	交变荷载作用下损伤混凝土中氯离子传输行为	2018, 21(02)	建筑材料学报
7	论文	腐蚀疲劳作用下道路混凝土性能影响因素分析及预测	2014,36(09)	武汉理工大学学报
8	论文	疲劳荷载与硫酸盐腐蚀耦合作用下水泥混凝土应力分析	2013,35(07)	武汉理工大学学报
9	论文	水性氟碳涂料的制备及其用于混凝土防腐研究	2019,47(10)	化工新型材料
10	论文	混凝土用水性氟碳涂料的制备及耐腐蚀性能评价	2019,31(06)	化学研究与应用

七、主要完成人情况

序号	姓名	性别	出生年月	职称	工作单位	对成果创造性贡献
1	陈华鑫	男	1973.08	教授	长安大学	项目总体负责，创新点的提出与推广
2	何锐	男	1984.05	教授	长安大学	抗裂损伤理论分析与试验研究
3	关博文	男	1985.01	副教授	长安大学	腐蚀疲劳理论分析与试验研究
4	薛成	男	1970.08	教授级高工	中交第二公路工程局有限公司	施工控制技术，现场协调
5	王振军	男	1978.12	教授	长安大学	新型外加剂的研制与推广应用
6	徐鹏	男	1984.02	高级工	长安大学	防腐涂料开发与技

				程师		术推广
7	党崇民	男	1968.09	高级工程师	中交二公局萌兴工程有限公司	工程应用与技术推广
8	吴永畅	男	1991.02	讲师	长安大学	理论分析与试验研究
9	童丰华	男	1983.05	高级工程师	中交二公局萌兴工程有限公司	工程应用与技术推广
10	田耀刚	男	1978.06	教授	长安大学	理论分析与试验研究
11	宋莉芳	女	1980.12	副教授	长安大学	防腐涂料开发与耐久性研究

八、主要完成单位情况

第一完成单位：长安大学。本项目的牵头单位，总体负责项目的组织管理、研究大纲制定、示范性工程的实施与监测、研究报告的撰写、项目的鉴定验收等工作。

第二完成单位：中交二公局萌兴工程有限公司。中交二公局萌兴工程有限公司参与了项目研究大纲的制定，负责桥梁和隧道混凝土示范性工程的建设，以及相关技术成果的推广应用。

第三完成单位：西安公路研究院有限公司。西安公路研究院有限公司参与了项目研究大纲的制定，负责双层水性防腐涂装体系技术研究，以及相关技术成果的推广应用。

第四完成单位：中交第二工程局有限公司。中交第二工程局有限公司参与了项目研究大纲的制定，负责高性能湿喷喷射混凝土施工控制技术与示范性工程建设的总体规划、协调示范性工程的铺筑及服役性能观察。

九、完成人合作关系说明

本项目成果主要完成人陈华鑫、何锐、关博文、王振军、吴永畅、田耀刚、宋莉芳为长安大学“特殊地区公路建设与养护材料”创新团队的负责人和骨干成员，其中负责人陈华鑫是吴永畅的博士研究生导师；中交第二公路工程局有限公司的薛成为负责人陈华鑫在成果应用推广实际工程项目的长期合作伙伴；西安公路研究院有限公司的徐鹏是陈华鑫的博士研究生，也是其在成果应用推广实际工程项目的长期合作伙伴；中交二公局萌兴工程有限公司的党崇明、童丰华长期与负责人陈华鑫进行高性能混凝土相关科研项目合作。