**2023年度推荐北京市科学技术奖**

**候选项目公示**

**项目名称**：极端严酷环境下钢筋混凝土结构延寿关键技术创新

与重大工程应用

**候选单位**：中国铁道科学研究院集团有限公司、北京科技大

学、北京化工大学、北京东方雨虹防水技术股份有限公司、

南京臻致新材料科技有限公司、首钢京唐钢铁联合有限责任公

司、河北华虹工程材料有限公司、芜湖新兴铸管有限责任公司

**候 选 人**：王涛、骆鸿、贾恒琼、杜存山、祝和权、邵丕彦、

魏曌、吴韶亮、左小坦、梁江涛、马菱薇、刘演新、邱兆斌、

韩海军、王晓康

**项目简介：**

严酷环境下的铁路混凝土桥梁长期处于高寒、大温差、强紫外、大风干燥、列车荷载等耦合作用，混凝土表面极易产生裂缝，加速钢筋锈蚀，而且随时间延长裂缝逐步扩展，甚至个别混凝土桥梁还未投入运营就急需维修。为解决铁路建设和运营中钢筋砼结构腐蚀问题，适应恶劣施工环境，项目组通过防护体系设计、材料和工艺工法创新，攻克了跨尺度设计、新材料研制和材料质量保障技术难题，研发了低合金耐蚀钢筋、超浸润封闭漆、高强度底漆和长寿命面漆，建立了近红外法谱图库和材料品质判读工艺。主要创新点如下：

（1）防护体系创新

混凝土表面防护涂层提供了混凝土皮肤式的保护，耐蚀钢筋增强了混凝土结构的骨架稳定性，实现了混凝土结构的内外兼治。

（2）材料创新

混凝土防护涂层由超支化环氧封闭漆、高强度底漆和长寿命面漆三部分组成。超支化环氧封闭漆其分子结构含有高活性脂肪多元胺、数量众多的酚基、羟基和醚键等特征官能团，赋予高浸润界面润湿能力、高反应活性和高封闭性能，能实现潮湿界面和高原负温固化，起到粘结和加固砼表面、防止返碱和阻止裂缝发展。

高强度底漆主要成分为氟改性环氧-聚氨酯，采用自制氟化聚氨酯树脂，以环氧多元醇为固化剂，实现底涂在封闭漆和氟化面漆之间提供高强度界面粘结。长寿命面漆主要成分为氟脂肪族聚氨酯，相较于底漆，氟化程度更高，分子结构更稳定，涂层抗高原紫外线、霜雨侵蚀能力强，实现钢筋混凝土表面长寿命防护。

低合金耐蚀钢筋通过Cr、Cu、P和RE等微量元素进行夹杂物软化、微纳米组织调控和微合金元素调控技术，研制出了系列化具有不同耐蚀性能的高性能低合金耐蚀钢筋，打破了常规工业大气中钢筋的Cu、P调控和海洋环境下钢筋的Cr、Ni调控方法，填补了国内空白。

（3）工艺工法创新

近红外法谱图库建立及材料品质判读。高原铁路建设环境严苛，检测条件受到限制。建立了涂料“指纹图谱库”。采用现场近红外检测工艺和用专有算法，形成了涂料入场质量保证方法，实现了原料、涂层制品无损检测。

2005年至今，本项目成果应用于北京冬奥设施，青藏、川藏拉林段、和田至若羌、乌鲁木齐至将军庙铁路、沪昆、京福高铁、包兰和海南环线铁路等工程，桥梁应用累计超3000km，最长服役17年后效果良好。防冰涂料在丰满水电站、丰宁抽水蓄能电站和辽宁清原抽水蓄能电站的堆石面板坝防表面使用超过 5000 ㎡。 耐蚀钢筋已在电网行业等民用投入使用，腐蚀问题得以大大降低，使得钢材的寿命延长，很大程度上保障了电网及其他行业用钢筋的使用安全。本项目成果近三年经济效益为：新增收入超173亿元。发布行/团标准10项以上，获得授权发明专利20项以上，发表论文100篇以上。

**提名意见：**

为解决高寒、大温差、强紫外、大风干燥、列车动荷载等严酷环境下铁路桥梁建设和运营中钢筋混凝土结构腐蚀问题，项目组通过防护体系设计、材料和工艺工法创新，攻克了跨尺度设计、新材料研制和材料质量保障技术难题，研发出了超浸润封闭漆、高强度底漆、长寿命面漆以及低合金耐蚀钢筋，并建立了近红外法指纹库和材料品质判读工艺。

“皮肤式”外防护涂层与“筋骨式”内延蚀钢筋共同作用，为提高高原等极端严酷环境铁路建设质量、降低后期维护成本、保证线路运营安全提供了有效的材料保障。

该项目成果应用于北京冬奥设施，川藏铁路拉林段、和田至若羌铁路、沪昆高铁、京福高铁、包兰和海南环线铁路等工程，桥梁应用累计超3000km，新增收入超173亿元，发布行/团标准10项以上，获得授权发明专利20项以上，发表论文100篇以上。经济效益和社会效益显著。

同意推荐2023年度北京市科学技术奖科学技术进步奖。

**主要支撑材料目录：**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **知识产权类别** | **名称** | **国家** | **授权号（标准编号）** | **授权公告日** | **发明人** | **权利人** |
| 1 | 发明专利 | 一种铁路结构混凝土防护涂层及其制备方法和使用方法 | 中国 | ZL201710851947.7 | 2020.6.30 | 杜存山、王涛、祝和权、南阳、 | 中国铁道科学研究院金属及化学研究所、 |
| 2 | 发明专利 | 一种有砟轨道混凝土桥面的复合防水层及其施工方法 | 中国 | ZL201811638006.6 | 2021.7.20 | 王涛、祝和权、杜存山、南阳、张喆 | 中国铁道科学研究院集团有限公司金属及化学研究所 |
| 3 | 发明专利 | 涂料及其制造方法及应用 | 中国 | ZL201610342139.3 | 2020.11.27 | 刘演新、祝和权、王涛、杜存山、毛昆朋 | 南京臻致新材料科技有限公司、中国铁道科学研究院金属及化学研究所 |
| 4 | 发明专利 | 一种改性聚氨酯防水表面漆及其制备方法 | 中国 | ZL201510354329.2 | 2017.7.28 | 杜存山、祝和权、张恒 | 中国铁道科学研究院金属及化学研究所 |
| 5 | 发明专利 | 薄涂型聚氨酯防水漆及其使用方法 | 中国 | ZL201310452577.1 | 2016.1.20 | 杜存山、祝和权、张恒 | 中国铁道科学研究院金属及化学研究所 |
| 6 | 发明专利 | 一种用于铁路有砟轨道混凝土桥面的复合防水层及其施工方法 | 中国 | ZL201811638124.7 | 2021.7.20 | 王涛、祝和权、杜存山、南阳、 | 中国铁道科学研究院集团有限公司金属及化学研究所 |
| 7 | 发明专利 | 一种高强耐腐蚀耐火钢板、其制备方法及其应用 | 中国 | ZL202020518908.7 | 2020.9.21 | 潘辉、刘琨、郭慧敏、王海全、梁江涛、张旭、李飞、田志红 | 首钢集团有限公司 |
| 8 | 发明专利 | 一种400MPa级微合金化耐腐蚀钢筋及其生产方法 | 中国 | ZL202111520716.0 | 2021.12.13 | 刘涛、朱利斌、陈永峰、焦魁明、杨伟勇、左小坦、张洪彪、宋红伟、赵立、黄雁、张亚兵 | 芜湖新兴铸管有限责任公司 |
| 1 | 标准规范 | 铁路混凝土结构耐久性修补及防护 | 中国 | Q/CR410-2020 | 2020.6.14 | 祝和权、杜存山、马慧君、贾恒琼、王涛、牛斌、苏永华、李耀雄、孙法林、南阳、魏曌 | 中国铁道科学研究院集团有限公司金属及化学研究所 |
| 2 | 标准规范 | 高速铁路混凝土桥面薄涂型改性聚氨酯防水层技术条件 | 中国 | Q/CR568-2017 |  | 杜存山、祝和权、苏伟、陈海涛、王文利、孙大斌、王涛、丁任盛、陈海、贾恒琼 | 中国铁道科学研究院集团有限公司金属及化学研究所 |
| 1 | 代表作 | A strong and ductile medium-entropy alloy resists  hydrogen embrittlement and corrosion | 中国 | NATURE COMMUNICATIONS | 2020 | 骆鸿，Seok Su Sohn，文君逯，李琳琳，李晓刚Chandrahaasan K Soundararajan，Waldemar Krieger ，李志明 ，Dierk Raabe | 北京科技大学 |
| 2 | 代表作 | Tea polyphenol radical scavenger loaded UV absorber for corrosion  resistant and weathering resistant epoxy coating fabrication | 中国 | Progress in Organic Coatings | 2023 | 王金科，马菱薇，丁小伦，徐浩文，王悦，赵淼，任晨浩，张达威 | 北京科技大学 |
| 3 | 代表作 | Thermal, crystallization and mechanical properties of branched Poly (butylene succinate) copolymers with 1,2-decanediol being the comonomer | 中国 | polymer | 2020 | 孙志鹏，姜志国，邱兆斌 | 北京化工大学 |
| 4 | 代表作 | 柔性氟碳面漆的研制及性能研究 | 中国 | 现代涂料与涂装 | 2021 | 贾恒琼、王涛、杜存山、祝和权、李晓刚、程学群 | 中国铁道科学研究院集团有限公司金属及化学研究所、北京科技大学 |
| 5 | 代表作 | 环保型水固化聚氨酯防水涂料的制备及性能研究 | 中国 | 新型建筑材料 | 2015 | 韩海军，段鹏飞，李红英 | 北京东方雨虹防水技术股份有限公司 |