2024年度天津市科学技术奖参与项目公示（盐渍土地区输变电工程混凝土结构耐久性控制关键技术及应用）

根据《天津市科学技术奖励办法》及其实施细则、《天津市深化科技奖励制度改革方案》以及《科学技术活动违规定行为处理暂行规定》等有关规定，现将浙江大学作为参与单位完成的成果“盐渍土地区输变电工程混凝土结构耐久性控制关键技术及应用”相关内容予以公示。

公示时间：2024年9月23日-9月30日。

对公示的成果、候选人持有异议的，在公示期内，应当以真实身份书面向科研院提出。个人提出异议的，应当在异议材料上签署真实姓名和联系电话、地址；以单位名义提出异议的，应当加盖本单位公章。为方便核实、查证，保证实事求是、公正处理，匿名异议不予受理。我校将按规定对异议者身份予以保护。

联系人：田娟

联系电话：0571-88981070

E-mail：tianjuan@zju.edu.cn

**项目名称：**盐渍土地区输变电工程混凝土结构耐久性控制关键技术及应用

**提名奖种及等级：**科学技术进步奖二等奖

**主要完成单位：**国网天津市电力公司电力科学研究院、浙江大学、国网浙江省电力有限公司电力科学研究院、天津送变电工程有限公司、天津市电力科技发展有限公司

**主要完成人：**赵鹏、夏晋、胡家元、于金山、王斌、郝春艳、武爽、马伯杨

**提名者：**国网天津市电力公司

**项目简介：**

混凝土结构广泛应用于沿海电力工程水泥杆塔、塔脚基础和变电站支撑件等关键受力部件，其质量可靠性、服役耐久性直接关系电网的安全稳定运行。由于气-土-水环境中氯盐、硫酸盐等有害物质的严酷作用，腐蚀老化成为结构耐久性劣化最主要的“顽疾”，国网公司每年因此投入设备折旧和维护费用近800亿，因此沿海电力工程混凝土结构的耐久性提升已迫在眉睫，亟需攻克以下难题：①环境定级不清。沿海典型环境作用存在时空不确定性，监测数据失去比对意义，暴露区域的腐蚀评级缺少准确划分方法；②检测精度不高。常规腐蚀检测技术难以穿透混凝土检测内部缺陷，缺少混凝土内部钢筋腐蚀的定量检测方法；③延寿技术缺失。破损修复或更换构件成本高、效率低，并缺少评估预测维修后结构的剩余寿命和服役性能的量化方法。

该项目历经七年潜心研究，在国家自然基金等项目支撑下，形成了系列自主知识产权、标准规范和耐久性控制的成套技术与装置。主要技术发明如下：

（1）沿海输变电工程结构暴露区域腐蚀定量划分方法。发明了一种盐渍土侵蚀混凝土侵蚀深度的检测方法，提出了混凝土结构暴露区域腐蚀的定量划分方法；建立了考虑区域划分的碳化深度及氯离子侵蚀深度预测模型，首次绘制形成了电网混凝土结构暴露区域腐蚀分级图，填补了电力工程混凝土结构设计及防护分区的空白，分类准确度高于90%。

（2）沿海输变电工程结构耐久性监检测技术。提出了混凝土内部钢筋宏电流和大气-混凝土界面异型钢材腐蚀速率的检测方法，发明了一种基于磁通密度峰值的混凝土内部钢筋状态无损检测技术，研制了μA级混凝土腐蚀电流现场监测设备，突破了电力工程混凝土结构钢材状态的无损检测技术瓶颈，对密集配筋条件下水泥杆的检测误差小于2mm。

（3）沿海输变电工程结构电化学修复技术。揭示了电场作用下混凝土内部多种侵蚀离子耦合传输规律，开发了适用于一般/氯盐环境下电力工程混凝土结构耐久性评定系统，发明了盐渍土环境下混凝土结构电化学无损修复方法并研制了现场应用装置，单次维护运行15天氯离子去除率达80%，攻克了在役电力工程混凝土结构耐久性快速评估与提升的难题，结构使用寿命可提升近20年。

项目获授权发明专利8项，开发软件著作权1项；立项ISO国际标准1项、发布团体标准6项；发表论文11篇；出版著作1部。经专家组鉴定一致认为“整体技术达国际领先水平”；其中混凝土结构暴露区域腐蚀划分成果在人民日报、学习强国等多家主流媒体报道；混凝土检测技术入选国网公司《电网工程土建监督典型案例》。项目成果在天津上刘庄110kV变电站、220kV滨米二线，浙江220kV湖瓶线等输变电工程整体应用，对20余座变电站设备基础和100多条输电线路基础进行缺陷与损伤的检测，推广至全国电网，直接经济效益1.21亿元。延伸应用至港口、石油等行业，推动混凝土结构腐蚀防护工作高质量发展，有力保证我国基础设施建设。

**主要技术支撑材料**

代表性论文（专著）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **附件编号** | **论文（专著）名称/刊名/作者** | **影响因子** | **年卷页码** | **发表时间** | **通讯作者** | **第一作者** | **国内作者** | **他引次数** | **检索数据库** | **署名是否含国外单位** |
| 1 | 氯离子浓度空间分布下的混凝土内部钢筋非均匀腐蚀规律/工业建筑/赵鹏、张锡喆、沈建、陈洁静、于奔、金伟良、夏晋 | 1.068 | 2023（53）：201-207 | 2023.02.24 | 陈洁静 | 赵鹏 | 赵鹏、张锡喆、沈建、陈洁静、于奔、金伟良、夏晋 | 6 | 中文核心 | 否 |
| 2 | 修复混凝土内部钢筋纵向腐蚀行为研究/西安建筑科技大学学报（自然科学版）/王斌、于金山、李天、陈洁静、郝春艳、金伟良、夏晋 | 1.307 | 2023（55）：520-527 | 2023.08.28 | 陈洁静 | 王斌 | 王斌、于金山、李天、陈洁静、郝春艳、金伟良、夏晋 | 0 | 中文核心 | 否 |
| 3 | 输变电系统中钢筋混凝土结构的劣化及其危害/腐蚀与防护/王斌、于金山、吴东、贺春、赵鹏、张俊喜 | 1.019 | 2022（43）：60-67,100 | 2022.11.15 | 张俊喜 | 王斌 | 王斌、于金山、吴东、贺春、赵鹏、张俊喜 | 4 | 中文核心 | 否 |
| 4 | 输电铁塔塔脚防护用无溶剂环氧涂料的研制及其防腐性能研究/中国材料进展/胡家元、李延伟、刘栓、陈科锋、孙立三、戚浩金、方云辉、周开河、张鸿 | 1.849 | 2019（38）：705-709 | 2019.07 | 刘栓 | 胡家元 | 胡家元、李延伟、刘栓、陈科锋、孙立三、戚浩金、方云辉、周开河、张鸿 | 8 | 中文核心 | 否 |
| 5 | 塔脚腐蚀对输电铁塔安全性能的影响/腐蚀与防护/单旷怡、李天、严传标、胡家元、夏晋 | 1.019 | 2021（42）：28-33,63 | 2021.03 | 夏晋 | 单旷怡 | 单旷怡、李天、严传标、胡家元、夏晋 | 10 | 中文核心 | 否 |
| 6 | Influence of stochastic chlorine environment on the spatiotemporal deterioration of marine RC structures/Journal of Building Engineering/Ren-jie Wu、Jin Xia et al. | 7.144 | / | 2023.06.15 | 夏晋 | 吴仁杰 | 吴仁杰、夏晋、毛江鸿、陈柯宇、陈洁静、金伟良 | / | SCI | 否 |
| 7 | Effect of environmental temperature on efficiency of electrochemical chloride removal from concrete/Construction and Building Materials/Jin Xia et al. | 4.046 | / | 2018.10.29 | 夏晋 | 夏晋 | 夏晋、刘清风、毛江鸿、钱洲亥、金世杰、胡家元、金伟良 | / | SCI | 否 |
| 8 | 电网工程土建监督典型案例 |  | 2021第142178号 | 2022.03 | 金焱 | 金炜 | 金炜、毛光辉、郝玉国、吕军、郭贤珊、徐玲玲、金焱、刘树维、钱滨、吴东、张兴辉、周亚楠、刘勇、崔洪波、方琼、丁连荣、郑渠岸、满玉岩、邵进、杨柳、李惠玉、杜宇、张媛、丁雪健、王琪、孙艳鹤、张锡喆、谢颂诗、王浩、刘喆、窦长亮、于金山、马骁兵、夏凯、杨迪珊、许颖、李旭、黄典祖、张建峰、侍成、李成鑫、郑肖春、王汀、张吉、高楠楠、郭正位、尹青华、刘少新、张可、柴光旭、苑子涛、胡宏宇、靳有军 |  | 中国电力出版社 | 否 |

知识产权和标准规范

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **附件编号** | **知识产权（标准）类别** | **知识产权（标准）**  **具体名称** | **国家**  **（地区）** | **授权号**  **（标准编号）** | **授权（标准发布）日期** | **证书编号（标准批准发布部门）** | **权利人**  **（标准起草单位）** | **发明人**  **（标准起草人）** | **有效状态** |
| 9 | 发明专利 | 一种盐渍土环境混凝土结构埋置土壤层部位的电化学除氯装置和方法 | 中国 | ZL202111427421.9 | 2022.02.22 | 第4950280号 | 国网天津市电力公司电力科学研究院；国网天津市电力公司；国家电网有限公司 | 赵鹏、于金山、于奔、郝春艳、王斌、吴东、刘创华、夏晋、陈洁静、张锡喆、叶芳、傅思伟、黄磊、武爽、曹正、皮涛 | 有效 |
| 10 | 发明专利 | 一种混凝土硫酸盐侵蚀深度的检测方法 | 中国 | ZL202110503543.5 | 2023.03.14 | 第5783253号 | 国网天津市电力公司电力科学研究院；国网天津市电力公司；国家电网有限公司 | 于奔、于金山、赵鹏、王斌、吴东、刘创华、张俊喜、高燕、郝春艳、张锡喆、黄磊、武爽、曹正、叶芳、傅思伟、皮涛 | 有效 |
| 11 | 发明专利 | 一种混凝土内部抗裂钢丝网施工质量评定的无损检测方法 | 中国 | ZL202110838566.1 | 2023.07.28 | 第6186548号 | 国网天津市电力公司电力科学研究院；国网天津市电力公司；国家电网有限公司 | 叶芳、赵鹏、于金山、王斌、周连升、于奔、郑中原、贺春、管森森、夏晋、吴仁杰、甘智勇、傅思伟、齐文艳、苏展 | 有效 |
| 12 | 发明专利 | 一种电缆水泥保护盖板质量的无损检测方法 | 中国 | ZL202110837027.6 | 2021.12.08 | 第6548213号 | 国网天津市电力公司电力科学研究院；国网天津市电力公司；国家电网有限公司 | 于金山、李田、赵鹏、郑中原、叶芳、周连升、贺春、管森森、于奔、甘智勇、夏晋、吴仁杰、郝春艳、苏展、傅思伟 | 有效 |
| 13 | 发明专利 | 一种测试混凝土内部钢筋腐蚀宏电流的装置及方法 | 中国 | ZL201910345185.2 | 2021.05.07 | 第4410224号 | 浙江大学；杭州都市高速公路有限公司；国网浙江省电力有限公司电力科学研究院 | 夏晋、沈健、谢洪波、胡家元、金伟良 | 有效 |
| 14 | 发明专利 | 测试角钢在大气-混凝土界面腐蚀速率的装置及方法 | 中国 | ZL201810326562.3 | 2023.07.07 | 第6123731号 | 国网浙江省电力有限公司电力科学研究院；国家电网公司；浙江大学；杭州意能电力技术有限公司 | 胡家元、周海飞、夏晋、赵峥、李天、周宇通、李延伟、冯礼奎、钱洲亥、金伟良 | 有效 |
| 15 | 发明专利 | 测试钢筋预埋件在混凝土浅层区腐蚀速率的装置及方法 | 中国 | ZL201810327174.7 | 2023.10.17 | 第6401427号 | 国网浙江省电力有限公司电力科学研究院；国家电网公司；浙江大学；杭州意能电力技术有限公司 | 胡家元、钱洲亥、祝郦伟、夏晋、何毅帆、李天、俞培祥、沈晓明、明菊兰、金伟良 | 有效 |
| 16 | 计算机软件著作权 | 盐渍土环境钢筋混凝土结构耐久性评定专家系统1.0 | 中国 | 2022SR1383107 | 2022.09.29 | 软著登字第10337306号 | 国网天津市电力公司电力科学研究院 |  | 有效 |
| 17 | 团体标准 | 输电线路铁塔混凝土保护帽技术规范 | 中国 | T CSEE 0235-2021 | 2021.03.11 | 中国电机工程学会 | 国网浙江省电力有限公司电力科学研究院、中国电力科学研究院有限公司、浙江大学、国网浙江省 电力有限公司、杭州意能电力技术有限公司、国网天津市电力公司电力科学研究院、国网江西省电力有限公司电力科学研究院、国网山东省电力有限公司电力科学研究院、中国能源建设集团浙江省电力设计院有限公司、全球能源互联网研究院有限公司、国网湖南省电力有限公司电力科学研究院、国网陕西省电力公司电力科学研究院、国网浙江平湖市供电有限公司、中铁大桥科学研究院有限公司、广东电网有限责任公司电力科学研究院、国网四川省电力有限公司电力科学研究院、浙江省电力锅炉压力容器检验所有限公司 | 胡家元、胡建根、夏晋、钱洲亥、张琰、周自强、祝郦伟、熊建国、于金山、侯力、李天、许飞、赵峥、陈军君、邓化凌、陈超、郝文魁、王会英、刘欣、田旭、范圣平、丁德、金朝晖、王志高、田浩、赵洲峰、方玉群、吴迪、潘建乔、何毅帆、柳森、杜宝帅、周海飞、周宇通、李延伟 | 有效 |
| 18 | 团体标准 | 输电杆塔地脚螺栓混凝土保护帽耐久性评价技术规范 | 中国 | T／CEC 566-2021 | 2021.12.06 | 中国电力企业联合会 | 华东交通大学、国网江西省电力有限公司电力科学研究院、国网浙江省电力有限公司电力科学研究院、广州地铁设计研究院股份有限公司、国网天津市电力公司电力科学研究院、国网陕西省电力有限公司电力科学研究院、国网冀北电力有限公司电力科学研究院、国网江西省电力有限公司赣州供电分公司、国网新疆电力有限公司电力科学研究院、贵州电网有限责任公司电力科学研究院 | 程宏波、田旭、曾晗、胡家元、伦利、贾蕗路、刘欣、刘仕兵、徐碧川、龙国华、邓辰星、林珊、曾祥、柳森、于金山、丁德、王熙俊、杨智强、张亮、胡全 | 有效 |