**项目公示信息（科技进步奖）**

一、项目名称：腐蚀环境既有钢结构诊治关键技术及应用

二、提名者及提名意见

提名者：**陕西省教育厅**

提名意见：

长期服役于腐蚀环境下的既有钢结构工程常因耐久性问题而发生性能退化甚至工程事故。该项目在国家重点研发计划、国家自然科学基金等5项国家级项目和3项省部级项目支持下，聚焦腐蚀环境下既有钢结构耐久性检测与评价、静动力性能退化机理与评估、服役性能提升等关键问题，取得一系列研究成果，对提升既有钢结构服役性能、延长其使用寿命具有重要的理论意义和工程价值。

项目发表论文112篇；授权国家专利19项；主编国家标准3部、行业标准2部、地方标准1部，参编国家标准2部、协会标准1部，完善了我国既有钢结构耐久性领域的标准体系。成果已广泛应用于腐蚀环境下既有钢结构耐久性诊治工程，经济社会效益显著。项目主要技术指标达到国际领先水平，获得2020年度陕西高等学校科学技术进步奖壹等奖。

提名材料齐全、规范，经完成单位公示，无知识产权纠纷，人员排序无争议，符合陕西省科学技术奖提名条件。

提名该项目为陕西省科学技术进步奖贰等奖。

三、项目简介

随着国民经济的快速发展，我国钢结构工程的数量和规模逐年增加，2021年钢结构用钢量已超过9000万吨，既有钢结构建筑面积达到30亿平方米。我国区域环境复杂，拥有1.8万多公里的大陆海岸线，酸雨面积占国土面积40%，工业企业众多，许多长期服役于大气、海洋、工业等腐蚀环境下的既有钢结构工程往往难以通过防护和构造措施避免锈蚀。2014年我国腐蚀总成本约为2.1万亿元，占国内GDP的3.34%，其中钢结构腐蚀损失占腐蚀总成本的5%以上。长期以来，人们更多关注钢结构的安全性与适用性，忽视了其耐久性问题，导致其服役性能降低，进而引发了许多灾难性事故，造成巨大的经济损失和社会影响。研发既有钢结构耐久性检测技术，科学评估与提升既有钢结构服役性能，是钢结构安全评定与持久运营的迫切需要，也是我国可持续发展的重大需求。

项目组自2007年开始，在国家重点研发计划课题、国家自然科学基金等5项国家级项目与3项省部级项目的支持下，系统开展了“腐蚀环境既有钢结构诊治关键技术”研究。聚焦腐蚀环境下既有钢结构耐久性检测与评价、静动力性能退化机理与评估、服役性能提升等关键问题，综合采用理论分析、模拟实验、数值分析、实际工程验证等方法，系统研究了既有钢结构涂层失效机理与锈蚀表面特征演变规律、材料劣化机理与构件性能退化规律、服役性能提升技术，提出了既有钢结构耐久性检测评价方法、承载性能评估与加固设计方法，创建了腐蚀环境下既有钢结构性能“检测−评估−提升”理论与技术体系。取得了以下创新成果：

（1）研发了腐蚀环境下既有钢结构耐久性检测新技术，提出了防腐涂层寿命终结标准与预测模型，建立了以形貌参数为基础的钢结构腐蚀程度表征方法，构建了既有钢结构耐久性评价指标体系与综合评价方法，解决了腐蚀环境下既有钢结构耐久性检测与评价的技术难题。

（2）揭示了锈蚀损伤对钢材静/动力本构关系及疲劳寿命的影响，阐明了锈损钢构件在静力、地震、疲劳作用下的破坏机理与性能退化规律，提出了锈损钢构件静力承载性能计算方法与地震恢复力模型，建立了锈蚀钢结构疲劳寿命评估方法，解决了腐蚀环境下既有钢结构服役性能评估的技术难题。

（3）提出了CFRP加固锈损钢结构性能提升新技术，研究了锈蚀程度、工艺参数等对CFRP−锈蚀钢板粘结性能的影响，阐明了CFRP加固锈损钢构件承载性能提升机制，建立了CFRP加固锈损钢结构静力与疲劳性能设计方法，满足了锈损钢结构服役性能提升的需求，有效延长了结构使用寿命。

项目共发表论文112篇，其中SCI检索46篇，EI检索27篇，ESI高被引论文3篇，总引用1000余次；授权国家专利19项，主编国家标准3部、行业标准2部、地方标准1部，参编国家标准2部、协会标准1部。完善了现有钢结构结构耐久性领域的规范体系，满足了当前既有钢结构耐久性检测与评定的急需，推动了我国土木工程相关领域的技术进步。

研究成果已推广应用于冶金、机械、有色、电力等工业建筑以及民用建筑、高铁、桥梁、体育设施、博物馆、军事设施等领域的150余项耐久性诊治工程，显著提升了结构的服役性能与安全服役寿命。成果应用面积达到260万m2，近十年为应用单位新增产值/销售额2.07亿元，累计节省维护费用2.53亿元，社会经济效益显著。

四、客观评价

2019年4月，由陕西省土木建筑学会组织，以岳清瑞院士和欧进萍院士为组长的评审委员会对西安建筑科技大学完成的腐蚀环境既有钢结构诊治关键技术及应用项目成果进行了鉴定，鉴定结论为：研究成果总体达到国际先进水平，其中钢结构腐蚀形貌表征、耐久性评价指标体系与评价方法等主要技术成果达到国际领先水平。

2019年7月，由中国冶金建设协会组织，以周绪红院士和肖绪文院士为主任的专家委员会对本项目完成的“十三五”重点研发计划课题进行成果鉴定，鉴定结论为：课题成果整体达到国际先进水平，工业建筑锈损钢结构表面三维形貌检测评价技术等主要技术成果达到国际领先水平。

2022年6月，由陕西省科学技术情报研究院对腐蚀环境既有钢结构诊治关键技术及应用项目成果进行了科技查新，查新结果为国内外均未见与该查新项目技术特点完全相符的文献报道。

五、应用情况

成果主要应用单位与项目情况表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **单位名称** | **应用技术** | **应用对象** | **时间** | **联系人** |
| 1 | 中冶建筑研究总院有限公司 | 整体应用 | 宝钢二炼钢转炉跨及精整跨厂房等40余项钢结构工程 | 2017-2019 | 徐吉民/13426025848 |
| 2 | 陕西有色建设有限公司 | 既有钢结构耐久性综合评价方法 | 陕西有色榆林铝镁合金项目电解车间 | 2011-2013 | 鲁璐/17792312727 |
| 3 | 宝武装备智能科技有限公司 | 整体应用 | 宝钢二炼4#炉炉前工艺钢结构平台等30余项钢结构工程 | 2016-2019 | 庄继勇/13331968011 |
| 3 | 山东钢铁集团 | 整体应用 | 莱芜分公司特钢事业部50t电炉主厂房等25项既有钢结构工程 | 2016-2019 | 薛鹏/13696343683 |
| 整体应用 | 银山型钢主厂房等6项钢结构工程 | 2017-2019 |
| 锈蚀钢结构承载性能评定与提升技术 | 泰东实业连铸主厂房 | 2017-2019 |
| 5 | 西安建筑科大工程技术有限公司 | 整体应用 | 三钢炼钢厂房等20余项钢结构工程 | 2017-2019 | 董振平/13891810852 |
| 锈蚀检测评价技术、锈蚀钢结构疲劳性能评定技术 | 陕钢汉中钢铁公司炼钢主厂房 | 2015-2018 |
| 耐久性综合评价方法、承载性能评定技术 | 神华神东店塔电厂空冷岛 | 2016-2018 |
| 耐久性综合评价方法、承载性能评定技术 | 秦始皇陵博物院兵马俑展厅 | 2019 |
| 6 | 陕西省建筑工程质量检测中心 | 耐久性综合评价方法、承载性能评定技术 | 西宝客运专线宝鸡南站 | 2016-2018 | 张宣关/13990957039 |
| 锈蚀检测技术、涂层失效模型、耐久性综合评价方法 | 陕西省游泳运动管理中心游泳训练馆 | 2016-2018 |
| 7 | 四川省建筑科学研究院 | 锈蚀钢结构抗震性能评定方法 | 西华大学体育馆 | 2016-2019 |  |
| 8 | 三钢集团建筑工程公司 | 锈蚀钢结构服役性能提升技术 | 三钢集团矿山公司二工段废钢厂房等10余项钢结构工程 | 2017-2019 | 戴嘉川/13806968786 |
| 9 | 中船重工集团国际工程公司 | 耐久性综合评价方法，涂层失效模型 | 中船重工750所试验场导航塔 | 2019 | 秦广冲/17610361906 |

六、主要知识产权和标准规范等目录（限10条）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 知识产权类别 | 知识产权具体名称 | 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） |
| 1 | 标准 | 房屋安全检测与鉴定技术规程 | 中国 | DB6101/3058-2019 | 2019年12月10日 | 西安市市场监督管理局 | 西安建筑科技大学 | 董振平,孟海, 周宏, 李晓渊, 王应生, 李芸 |
| 2 | 论文 | Experimental study on fatigue behavior of corroded steel | 中国 | 2013,584:163-169 | 2013年11月 | Materials Science and Engineering: A | Xi'an University of Architecture and Technology | Shanhua Xu, Bin Qiu |
| 3 | 论文 | Predicting the residual strength and deformability of corroded steel plate based on the corrosion morphology | 中国 | 2017, 152: 777-793 | 2017年10月 | Construction and Building Materials | Xi'an University of Architecture and Technology | Youde Wang, Shanhua Xu, Hao Wang, Anbang Li. |
| 4 | 论文 | Effects of corrosion on surface characterization and mechanical properties of butt-welded joints | 中国 | 2016, 126: 50-62 | 2016年11月 | Journal of Constructional Steel Research | Xi'an University of Architecture and Technology | Shanhua Xu, Hao Wang, Anbang Li, Youde Wang, Lei Su |
| 5 | 论文 | Bond behaviour between CFRP plates and corroded steel plates | 中国 | 2019, 220:221-235 | 2019年03月 | Composite Structures | Xi'an University of Architecture and Technology | Anbang Li, Shanhua Xu, Hao Wang, Huifeng Zhang, Yan Wang |
| 6 | 论文 | Study on the seismic performance of corroded H-shaped steel columns | 中国 | 2019, 191, 39-61 | 2019年04月 | Engineering Structures | Xi'an University of Architecture and Technology | Shanhua Xu, Zongxing Zhang, Guangchong Qin |
| 7 | 论文 | 中性盐雾环境锈蚀H型钢柱抗震性能试验研究 | 中国 | 2019,40(1): 49-57 | 2019年01月 | 建筑结构学报 | 西安建筑科技大学 | 徐善华, 张宗星, 苏超, 秦广冲 |
| 8 | 论文 | 循环荷载作用下锈蚀钢材滞回性能与本构模型 | 中国 | 2021,42(12):162-172 | 2021年12月 | 建筑结构学报 | 西安建筑科技大学 | 王友德, 李超, 史涛, 徐善华 |
| 9 | 论文 | 模拟近海大气环境下结构钢锈蚀表面特征随机模型 | 中国 | 2021,57(6):811-821. | 2021年06月 | 金属学报 | 西安建筑科技大学 | 王友德, 周晓东, 马蕊, 徐善华 |
| 10 | 论文 | 外贴CFRP板加固锈蚀钢板疲劳性能试验研究 | 中国 | 2021,54(7):62-72 | 2021年07月 | 土木工程学报 | 西安建筑科技大学 | 李安邦, 徐善华, 吴成, 聂彪 |

七、主要完成人情况

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓名 | 排名 | 行政职务 | 技术职称 | 工作单位 | 完成单位 | 对本项目贡献 |
| 徐善华 | 1 |  | 教授 | 西安建筑科技大学 | 西安建筑科技大学 | 项目总负责，对项目的策划、组织到实施全面负责，对创新点1、2、3做出了重要贡献，具体贡献如下：（1）提出腐蚀环境下既有钢结构耐久性检测、服役性能评估与提升的总体思路；（2）提出了基于形貌的既有钢结构锈蚀检测新技术、CFRP加固锈蚀钢结构性能提升新技术；（3）创建了腐蚀环境既有钢结构“检测-评估-提升”理论与技术体系；（4）组织完成了项目成果在山东钢铁集团30余项既有钢结构诊治工程中的应用。 |
| 王友德 | 2 |  | 副教授 | 西安建筑科技大学 | 西安建筑科技大学 | 完成人对创新点1、2做出了重要贡献，具体贡献如下：（1）提出了基于形貌的结构钢腐蚀特征智能识别提取方法与腐蚀程度评定参数体系，建立了腐蚀表面随机模型；（2）开展了腐蚀环境下既有钢结构抗震性能研究，揭示了锈蚀钢材、构件、节点抗震性能退化规律，提出了锈蚀钢材滞回性能本构模型与锈蚀钢结构抗震性能评估方法；（3）组织完成了项目成果在三钢集团建筑工程公司负责的10余项既有钢结构诊治工程中的应用。 |
| 李安邦 | 3 |  | 博士后 | 西安建筑科技大学 | 西安建筑科技大学 | 完成人对创新点3做出了重要贡献，具体贡献如下：（1）开展了CFRP加固锈蚀钢板粘结性能研究，提出了CFRP加固锈蚀钢板粘结-滑移模型；（2）完成了CFRP加固锈蚀钢板疲劳性能试验，提出了锈蚀钢结构CFRP疲劳加固设计方法。（3）组织完成了项目成果在陕西省建筑工程质量检测中心负责的西宝客运专线宝鸡南站项目中的应用。 |
| 郑云 | 4 |  | 教授 | 中冶建筑研究总院有限公司 | 中冶建筑研究总院有限公司 | 完成人对创新点3做出了重要贡献，具体贡献如下：（1）开展了工业环境下吊车梁的疲劳性能研究，提出了吊车梁疲劳性能S-N曲线；（2）揭示了CFRP加固吊车梁疲劳性能提升机理，建立了CFRP加固损伤吊车梁疲劳性能设计方法。（3）作为合作单位的负责人，组织完成了项目成果在中冶建筑研究总院有限公司负责的40余项既有钢结构诊治工程中的应用。 |
| 杜辉 | 5 | 总工 | 高级工程师 | 陕西有色建设有限公司 | 陕西有色建设有限公司 | 完成人对项目成果推广应用做出了重要贡献，具体贡献如下：（1）作为合作单位的负责人，协调完成了项目成果在陕西有色榆林铝镁合金项目电解一车间中的应用；（2）合作完成了有色铝镁电解车间的环境特征和钢结构厂房腐蚀状态检测与监测、涂层寿命预测，根据现场实测结果对耐久性综合评价模型进行修正与完善；（3）负责项目成果在有色行业的应用推广。 |
| 董振平 | 6 | 总经理 | 教授级高工 | 西安建筑科大工程技术有限公司 | 西安建筑科大工程技术有限公司 | 完成人对创新点1作出了重要贡献，具体贡献如下：（1）开展了腐蚀环境下既有钢结构锈蚀检测技术的研发，提出了既有钢结构耐久性综合评价方法；（2）对项目成果推广应用做出了重要贡献，作为合作单位的负责人，协调完成了项目成果在西安建筑科大工程技术有限公司负责的20余项既有钢结构诊治工程中的应用。 |
| 王皓 | 7 |  | 博士后 | 中冶建筑研究总院有限公司 | 中冶建筑研究总院有限公司 | 完成人对创新点2做出了重要贡献，具体贡献如下：（1）开展了钢结构焊缝连接腐蚀特征研究，揭示了焊接连接各区域腐蚀特征演变规律；（2）开展了锈蚀钢结构焊接连接、梁柱焊接节点力学性能试验，揭示了其强度和变形性能劣化机理，提出了锈蚀焊接节点承载性能评估方法与地震恢复力模型；（3）完成了项目成果在中冶建筑研究总院有限公司负责的40余项既有钢结构诊治工程中的应用。 |
| 张宗星 | 8 |  | 博士后 | 中国矿业大学 | 西安建筑科技大学 | 完成人对创新点2做出了重要贡献，具体贡献如下：（1）开展了腐蚀环境下钢结构梁、柱等基本受力构件受弯、受压承载性能试验，提出了锈蚀钢结构承载性能评估模型；（2）完成了项目成果在中船重工集团国际工程公司负责的中船重工750所试验场导航塔项目中的应用。（3）负责项目成果在桥梁行业的应用推广。 |
| 聂彪 | 9 |  | 讲师 | 华东交通大学 | 西安建筑科技大学 | 完成人对创新点2做出了重要贡献，具体贡献如下：（1）完成了腐蚀环境下钢结构基本构件受压稳定性能试验，提出了锈蚀钢结构受压稳定性能评估模型；（2）完成了项目成果在四川省建筑科学研究院负责的西华大学体育馆中的应用；（3）负责项目成果在大跨度网架结构中的应用推广。 |

八、主要完成单位及创新推广贡献

主要完成单位：**西安建筑科技大学**

作为“腐蚀环境既有钢结构诊治关键技术及应用”项目的主要完成单位，西安建筑科技大学在国家重点研发计划、国家自然科学基金等的资助下，开展了较为系统深入的研究，负责制定项目总体方案、技术路线、研究内容和目标，负责为项目研究创造良好的环境、提供设备、试验条件、保证科研资金投入等，对项目的创新和应用做出了如下贡献：

1、组织项目的实施研究、开发和应用工作；

2、创建了腐蚀环境既有钢结构性能“检测-评估-提升”理论与方法体系，满足了当前既有钢结构诊治的急需；

3、组织领域内技术宣传和技术推广工作，多次组织全国学术交流会，培养大批高层次科研与技术人才；

4、组织技术应用和工程实践，完成工程应用，创造了巨大的经济和社会效益；

对创新点1、2、3有贡献。

主要完成单位：**中冶建筑研究总院有限公司**

作为“腐蚀环境既有钢结构诊治关键技术及应用”项目的主要完成单位，中冶建筑研究总院有限公司主要负责性能评估与提升技术的完善与修正、科研成果的推广与应用，对本项目的主要贡献有：

1、对项目提出的既有钢结构性能提升新技术进行了可行性验证；

2、组织科研成果的应用和实施工作；

3、主编2部国家标准、1部行业标准；

4、组织腐蚀环境既有钢结构性能提升技术宣传、推广工作，组织全国既有结构检测加固行业的学术交流会；

对创新点3有贡献。

主要完成单位：**陕西有色建设有限公司**

作为“腐蚀环境既有钢结构诊治关键技术及应用”项目的主要完成单位，陕西有色建设有限公司主要负责耐久性综合评价方法的完善与修正，科研成果的推广与应用，对本项目的主要贡献有：

1、联系实际工程项目，推广科研成果；

2、协助完成实际工程项目环境参数的测定、结构腐蚀状态的检测与监测、以及涂层寿命预测，根据现场实测结果对已建立的耐久性综合评价方法进行修正与完善；

3、组织全国有色行业关于既有钢结构性能诊治的交流会；

对创新点1有贡献。

主要完成单位：**西安建筑科大工程技术有限公司**

作为“腐蚀环境既有钢结构诊治关键技术及应用”项目的主要完成单位，西安建筑科大工程技术有限公司主要负责锈蚀检测技术的完善与修正、科研成果的推广与应用，对本项目的主要贡献有：

1、联系实际工程项目，推广科研成果；

2、参与了基于形貌的锈蚀检测新技术的研发与可行性验证；

3、主编了地方标准规范1部；

4、组织腐蚀环境既有钢结构性能评定技术宣传、推广工作，组织全国既有结构检测加固行业的学术交流会；

对创新点1有贡献。

九、完成人合作关系说明

第二完成人王友德，副教授，钢结构耐久性团队核心成员，现于西安建筑科技大学土木工程学院工作，从2011年9月至2021年12月参与此项目。主要从事腐蚀环境下既有钢结构腐蚀评价方法与抗震性能评估方法研究，提出了基于形貌的钢结构腐蚀特征智能识别提取方法与腐蚀程度评定参数体系，建立了腐蚀表面随机模型；开展了腐蚀环境下既有钢结构抗震性能研究，提出了锈蚀钢材滞回性能本构模型与锈蚀钢结构抗震性能评估方法。与第一完成人合作完成共同立项、论文合著及共同获奖等，合作国家重点研发计划课题“既有工业建筑锈损钢结构安全评定与加固技术研究（2016YFC0701305）”，合著多篇代表性论文，共同获陕西高等学校科学技术奖。

第三完成人李安邦，博士后，钢结构耐久性团队核心成员，现于西安建筑科技大学土木工程学院工作，从2011年9月至2021年12月参与此项目。先后开展了CFRP加固锈蚀钢板粘结性能研究，提出了CFRP加固锈蚀钢板粘结-滑移模型；完成了CFRP加固锈蚀钢板疲劳性能试验，提出了锈蚀钢结构CFRP疲劳加固设计方法。与第一完成人合作完成了项目立项、论文合著、共同获奖等，合作国家基金面上项目“CFRP加固锈蚀钢结构疲劳性能提升机制及耐久性研究（51678477）”，合著多篇代表性论文，共同获陕西高等学校科学技术奖等。

第四完成人郑云，教授，现于中冶建筑研究总院有限公司工作，从2007年1月至2021年12月参与此项目。先后开展了工业腐蚀环境下吊车梁的疲劳性能研究，揭示了CFRP加固吊车梁疲劳性能提升机理，建立了CFRP加固损伤吊车梁疲劳性能设计方法。与第一完成人合作完成了共同立项、成果推广等，共同编制《工业建筑可靠性鉴定标准》（GB 50144-2019），合作国家基金面上项目“CFRP加固钢吊车梁疲劳性能机理及S-N曲线研究（51578559）”。积极将此课题研究成果在中冶建筑研究总院有限公司承担的40余项既有钢结构检测鉴定与加固项目中进行了推广与应用。

第五完成人杜辉，高级工程师，现于陕西有色建设有限公司工作，从2010年1月至2014年1月参与了此项目。作为陕西有色建设有限公司承建的“陕西有色榆林铝镁合金项目电解一车间”项目总工，在建设期间与本项目主要完成团队开展了紧密的合作。对厂房区域的温度、湿度、腐蚀性气体、雨水pH值等环境参数进行了长期监测，对厂房钢结构构件和设施可能出现的耐久性问题给出了预测和重点防护措施，并且积极将该项目成果在陕西有色建设有限公司承建的其他工程中推广应用。

第六完成人董振平，教授级高工，现于西安建筑科大工程技术有限公司工作，从2007年1月至2021年12月参与此项目。开展了腐蚀环境下既有钢结构锈蚀检测技术的研发，提出了既有钢结构耐久性综合评价方法。与第一完成人合作完成了共同立项、共同获奖、成果推广等，共同编制《工业建筑可靠性鉴定标准》（GB 50144-2019），合作国家重点研发计划课题“既有工业建筑锈损钢结构安全评定与加固技术研究（2016YFC0701305）”。积极将此课题研究成果在西安建筑科大工程技术有限公司承担的20余项既有钢结构检测鉴定与加固项目中进行了推广与应用。

第七完成人王皓，是本人的博士研究生，现为中冶建筑研究总院有限公司与西安建筑科技大学钢结构耐久性团队联合培养博士后，从2012年9月至2019年12月参与此项目。开展了钢结构焊缝连接腐蚀特征研究，揭示了焊接连接各区域腐蚀特征演变规律；开展了锈蚀钢结构焊接连接、梁柱焊接节点力学性能试验，揭示了其强度和变形性能劣化机理，提出了锈蚀焊接节点承载性能评估方法与地震恢复力模型。与第一完成人合作完成了共同立项、论文合著及共同获奖等，合作国家基金面上项目“锈蚀钢结构地震损伤行为与抗震性能评定方法（51378417）”，合著多篇代表性论文，共同获陕西高等学校科学技术奖。

第八完成人张宗星，是本人的博士研究生，现于中国矿业大学工作，从2014年9月至2020年12月参与此项目。在西安建筑科技大学钢结构耐久性团队攻读博士学位期间，完成了腐蚀环境下钢结构梁、柱等基本受力构件受弯、受压承载性能试验，提出了锈蚀钢结构承载性能评估模型。与第一完成人合作完成了论文合著、共同获奖等，合著多篇代表性论文，共同获陕西高等学校科学技术奖等。

第九完成人聂彪，是本人的博士研究生，现于华东交通大学工作，从2015年9月至2021年12月参与此项目。在西安建筑科技大学钢结构耐久性团队攻读博士学位期间，完成了腐蚀环境下钢结构基本构件受压稳定性能试验，提出了锈蚀钢结构受压稳定性能评估模型。与第一完成人合作完成了论文合著、共同获奖等，合著多篇代表性论文，共同获陕西高等学校科学技术奖。