

公示内容

推荐奖种：高等学校科学研究优秀成果奖（科学技术进步奖）

项目名称：长寿命高性能钢桥结构体系与设计理论

推荐单位：长安大学

主要完成单位：

长安大学、同济大学、上海交通大学、中交第一公路勘察设计研究院有限公司、西藏天路股份有限公司、兰州市城市建设设计院

主要完成人：主要完成人情况表见表 2 所列。

项目简介：

针对跨海跨江、高寒、高海拔、不良地质、多灾害耦合等复杂建设环境，以及高速重载、综合交通、效能释放等使用要求，在安全性、耐久性、适用性、经济性、使用寿命和绿色低碳前提下，研发长寿命高性能钢桥结构体系与设计理论是交通强国建设的必然要求。本项目在国家自然科学基金、教育部人才基金、交通运输部科技项目等项目支持下，历时十余年产、学、研相结合的自主创新与实践，对长寿命高性能钢桥从材料研发与选材准则、构造与连接创新、构件与结构体系改进、可靠性设计理论革新 4 个方面进行了系统研究，攻克了系列技术难题，取得创新成果如下：

（1）提出了桥梁用高性能钢材的断裂韧性及耐候性设计指标，研发了桥梁用超高性能纤维混凝土（UHPFRC）及其制备技术，确定了玻璃纤维增强复合材料（GFRP）的导热系数、层间抗剪模量等设计指标，进而提出了高性能钢桥的选材依据与材料性能设计指标，建立了高性能钢桥的抗疲劳断裂设计准则；明确了质量等级、腐蚀级别、应力比对高强度钢丝疲劳性能的影响规律，揭示了高强度钢丝腐蚀疲劳特性和破坏机理，提出了高强钢丝抗疲劳设计准则，填补了现行规范的技术空白，也为在役桥梁的评估提供了重要依据。从材料层面有效提升了钢桥抗疲劳、防断裂设计水平，延长了桥梁安全使用寿命。

（2）研发了基于冷连接设计理念的粘贴波折连接件、FRP-钢粘贴节点等桥面板新型连接构造，揭示了湿热环境下新型连接构造的受力机理与界面传力行为；建立了新型焊接整体节点及钢管节点的设计与计算方法，提出了钢塔墩与组合塔墩的合理构造型式与设计方法，研究成果纳入了国家行业标准。

（3）建立了高性能、高强钢梁的抗弯、抗剪性能计算分析模型和简化计算公式，构建了长寿命高性能混合钢梁设计准则，确定了耐候钢腹板间隙面外变形细节的疲劳强度等级，提出了耐候钢桥的设计准则；研发了受力性能优越、施工稳定性好的管翼缘组合梁，提出了管翼缘组合梁抗弯、抗剪、抗扭计算分析模型和简化计算公式，建立了高性能管翼缘组合梁设计方法；研发了钢-UHPFRC

组合桥面板、FRP 组合钢桥面板，并提出了基于冷连接设计理念的高性能组合桥面板设计方法，支撑了长寿命高性能钢桥结构体系与设计理论的建立与完善。

(4) 系统研究了恒载效应、车辆荷载效应、温度效应在典型钢桥中的传递机制，为多场作用下的钢桥系统可靠性分析奠定了基础；改进了体系可靠度分析的钢桥材料模型、建立钢主梁、索塔、主缆、拉（吊）索的抗力概率模型，建立了连接件-构件-整体多层次串并联判别模型，获得多失效模式下结构体系可靠度的高效计算方法；归纳出钢桥主要失效形式，并确定了钢桥构件设计目标可靠指标；提出了以桥梁的设计参数作为目标函数的结构体系可靠性优化方法，获得了失效树网络拓扑结构的钢桥体系优化模型；编制了专用计算程序，建立了一套多因素作用下长寿命高性能钢桥体系可靠性分析方法与设计理论。

研究成果发表学术论文 70 余篇，其中 SCI 与 EI 收录 50 余篇；出版英文专著 1 部；授权专利 15 项；培养研究生 40 余名，应邀参加了 20 余场累计 3000 余人的专题培训讲座与学术交流会；研究成果被纳入国家行业标准《公路钢结构桥梁设计规范》(JTG D64-2015)。

推广应用情况：

项目研究成果成功应用于厦漳跨海大桥、贵黄高速阳宝山特大桥、川藏公路整治改建工程迫龙沟特大桥与通麦特大桥、陕西眉县常兴 2 号桥、陕西眉县霸王河桥和干沟河桥、台州内环路互通立交工程等，经济社会效益显著，推广应用前景广阔。

曾获科技奖励情况：无。

主要知识产权证明目录：主要知识产权证明目录见表 3 所列。

表 1 主要完成单位创新推广贡献

单位名称	排序	主要贡献
长安大学	1	负责项目的总体实施，对创新点 1 至 4 有重要贡献，主要贡献为：1. 提出了桥梁用高性能钢材的断裂韧性、耐候性设计指标，研发了桥梁用超高性能纤维混凝土，揭示了缆索高强钢丝的疲劳与腐蚀疲劳机理，提出了高性能钢桥的选材依据；2. 研发了基于冷连接设计理念的桥面板粘贴波折连接件，提出了钢塔墩与组合塔墩的合理构造型式与设计方法；3. 建立了高性能钢梁、耐候钢梁的受力性能计算分析模型和简化计算公式，建立了管翼缘组合梁设计方法，提出了基于冷连接设计理念的钢-UHPFRC 组合桥面板设计方法；4. 提出了典型钢桥结构体系中连接件-构件-整体多层次串并联判别模型与目标可靠指标评判准则，建立了基于失效树网络拓扑结构的钢桥体系优化模型；5. 指导了首批高性能钢桥的设计与应用。
同济大学	2	参与项目实施，对创新点 1 至 4 有贡献，主要贡献为：1. 确定了 GFRP 的设计指标；2 研发了 FRP-钢粘贴节点等新型连接构造，揭示了湿热环境下新型连接构造的受力机理与界面传力行为；3. 提出了 FRP 组合桥面板设计方法，研究了高性能管翼缘组合梁受力行为。4. 研发了桥梁检测数据智能融合软件。
上海交通大学	3	参与项目实施，对创新点 2 有贡献，主要贡献为：建立了新型整体焊接节点及钢管结构节点的设计与计算方法，提出了钢塔墩开孔的合理构造型式。
中交第一公路勘察设计研究院有限公司	4	参与项目实施，对创新点 3 有贡献，主要贡献为：1. 管翼缘组合梁的合理构造与设计准则研究，高性能管翼缘组合梁桥的工程应用；2. 提出了高性能钢梁的装配化设计方法，完成了首批高性能钢桥、耐候钢桥的设计。
西藏天路股份有限公司	5	参与项目实施，对创新点 3 有贡献，主要贡献为：免涂装耐候钢桥的推广应用。
兰州市城市建设设计院	6	参与项目实施，对创新点 3 有贡献，主要贡献为：参与管翼缘组合梁桥与免涂装耐候钢桥的推广应用。

表2 主要完成人情况表

排名	姓名	行政职务	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目主要学术和技术创造性贡献
1	王春生	无	教授	长安大学	长安大学	项目总负责人，对创新点 1 至 4 有重要贡献，发表论文 27 篇，其中 SCI 收录 2 篇、EI 收录 17 篇，获专利 4 项，参编著作 1 部，规范编制，工程推广应用
2	段兰	无	讲师	长安大学	长安大学	主要参加人员，对创新点 1 至 3 有贡献，发表论文 13 篇，其中 SCI 收录 2 篇、EI 收录 9 篇，获专利 4 项，参编著作 1 部
3	程斌	副系主任	副研究员	上海交通大学	上海交通大学	主要参加人员，对创新点 2 有贡献，发表论文 25 篇，其中 SCI 收录 16 篇、EI 收录 6 篇，获发明专利 6 项
4	翟晓亮	无	高级工程师	中交第一公路勘察设计院有限公司	中交第一公路勘察设计院有限公司	主要参加人员，对创新点 3 有贡献，发表论文 7 篇，其中 EI 收录 6 篇，获专利 2 项，参编著作 1 部，完成了我国首批高性能钢桥的设计
5	姜旭	无	副教授	同济大学	同济大学	主要参加人员，对创新点 1、3 有贡献，发表 SCI 收录论文 13 篇，英文专著 1 部
6	王茜	无	讲师	长安大学	长安大学	主要参加人员，对创新点 2、4 有贡献，发表论文 4 篇，其中 EI 论文 2 篇，获专利 4 项，参与规范编制
7	张培杰	无	博士研究生	长安大学	长安大学	主要参加人员，对创新点 3 有贡献，获专利 2 项
8	夏烨	无	副研究员	同济大学	同济大学	主要参加人员，对创新点 3、4 有贡献，发表 SCI 收录论文 5 篇，专利 1 项
9	朱经纬	无	讲师	山东建筑大学	中交第一公路勘察设计院有限公司	主要参加人员，对创新点 3 有贡献，发表 EI 收录论文 4 篇，专利 3 项

10	冯云成	无	教授级高工	中交第一公路勘察设计院有限公司	中交第一公路勘察设计院有限公司	主要参加人员，对创新点 3 有贡献，发表论文 3 篇，对高性能钢桥的合理构造与设计准则研究有贡献，完成了首批高性能钢桥的设计
11	邹存俊	无	讲师	长安大学	长安大学	主要参加人员，对创新点 1 有贡献，参与了高性能钢丝的疲劳与腐蚀疲劳机理研究
12	周勇超	无	副教授	长安大学	长安大学	主要参加人员，对创新点 3 有贡献，参与了高性能钢桥的构件性能研究
13	罗晓瑜	无	副教授	长安大学	长安大学	主要参加人员，对创新点 4 有贡献，参与了钢桥结构体系可靠性研究
14	王世超	无	讲师	长安大学	长安大学	主要参加人员，对创新点 3 有贡献，发表论文 3 篇，其中 SCI 论文 1 篇、EI 论文 2 篇
15	马海英	无	副研究员	同济大学	同济大学	主要参加人员，对创新点 3 有贡献，发表论文 3 篇，其中 SCI 论文 3 篇
16	姚晓飞	智能建造所主任	高级工程师	中交第一公路勘察设计院有限公司	中交第一公路勘察设计院有限公司	主要参加人员，对创新点 3 有贡献，发表 EI 收录论文 1 篇，获专利 3 项，对装配化波形钢腹板组合梁桥设计有贡献
17	达瓦扎西	部门经理	工程师	西藏天路股份有限公司	西藏天路股份有限公司	主要参加人员，对创新点 3 有贡献，参与免涂装耐候钢桥的推广应用
18	刘涛	无	教授级高工	兰州市城市建设设计院	兰州市城市建设设计院	主要参加人员，对创新点 3 有贡献，参与管翼缘组合梁与免涂装耐候钢桥的推广应用
19	王雨竹	无	博士研究生	长安大学	长安大学	主要参加人员，对创新点 3 有贡献，参与了高性能钢梁的面外变形疲劳性能与抗疲劳设计方法研究，发表 SCI 收录论文 1 篇

表3 主要知识产权证明目录

知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人	发明专利有效状态
授权发明专利	带混凝土翼板的钢管混凝土翼缘组合梁	中国	ZL20101024457 6.4	2012-11-14	1078568	长安大学	王春生 翟晓亮 徐岳 王茜 王建华 任更锋 王继明 王晓平 冯林军 朱经纬 段兰 严新江 李干	有权
授权发明专利	钢桁架领结式整体节点的施工方法	中国	ZL20121025197 1.4	2015-05-20	1672993	上海交通大学	程斌 钱沁	有权
授权发明专利	斜拉桥钢箱桥塔过索孔的贴板补强方法	中国	ZL20161039670 6.3	2018-10-23	3118156	上海交通大学	程斌 娄煜 王健磊 李纯	有权
授权发明专利	钢箱桥塔长圆形检修孔的围板补强方法	中国	ZL20161039827 6.9	2018-10-23	3118901	上海交通大学	程斌 娄煜 王健磊 李纯	有权
授权发明专利	钢箱桥塔内部开设通行孔的贴板补强方法	中国	ZL20161039830 9.X	2018-10-23	3118902	上海交通大学	程斌 娄煜 王健磊 李纯	有权
授权发明专利	一种开有连续椭圆孔受压钢板的补强方法	中国	ZL20161039826 6.5	2018-10-23	3120940	上海交通大学	程斌 娄煜 王健磊 李纯	有权
授权发明专利	单轴受压开长圆形孔钢板的孔边加劲补强方法	中国	ZL20161039670 9.7	2018-10-23	3117612	上海交通大学	程斌 娄煜 王健磊 李纯	有权
授权实用新型专利	一种内-外加劲的空管翼缘组合梁	中国	ZL20172092249 5.2	2018-05-29	7411789	长安大学	王春生 段兰 王茜 张文婷 王晓平 刘浩 李熙同 崔冰 朱经纬 崔志强	有权
授权实用新型专利	一种钢-混凝土组合梁的连接构造	中国	ZL20172092482 4.7	2018-02-23	7010675	长安大学	王春生 段兰 王茜 朱经纬 崔志强 翟晓亮 常全禄 张培杰 张文婷 罗乔	有权

授权实用新型专利	多肢空心组合塔墩	中国	ZL20172091875 1.0	2018-05-29	7404955	长安大学	王茜 王春生 段兰 张培杰 张文婷 罗乔 姚博 崔冰 胡洁亮	有权
授权实用新型专利	一种带有预应力的波折型腹板组合梁	中国	ZL20182039001 5.7	2018-09-07	7810790	中交高新科技产业发展有限公司	李刚 姚晓飞 杨敏 来猛刚 刘浩 林丹 苏梦春	有权
授权实用新型专利	一种装配式组合折腹梁桥	中国	ZL20182024304 8.9	2018-09-07	7819609	中交高新科技产业发展有限公司	来猛刚 姚晓飞 翟敏刚 杨敏 李刚 刘浩	有权
授权实用新型专利	一种最大装配化的波形钢腹板工字组合梁桥	中国	ZL20182035910 4.5	2018-09-11	7831646	中交高新科技产业发展有限公司	姚晓飞 刘浩 来猛刚 李刚 翟敏刚 李斌 李超	有权
授权实用新型专利	一种预制拼装桥墩连接装置	中国	ZL20172125718 4.5	2018-04-27	7267685	中交第一公路勘察设计研究院有限公司	姚晓飞 梁智涛 李刚 杨敏 来猛刚 刘浩 朱谊彪	有权
软件著作权	桥梁检测数据智能融合软件 V1.0	中国	2018SR659814	2018-08-17	2988909	同济大学	王鹏 夏烨	有权