

2018 年高等学校科学研究优秀成果奖（科学技术）

推荐项目公示材料（进步奖）

【项目名称】大跨度钢桥抗疲劳性能提升与安全运营关键技术及应用

【推荐单位】河海大学

【项目简介】

我国大跨钢桥的存量和建设规模已居世界之首。近年来国家加大了对钢桥的推广，其数量将进一步大幅增长。作为交通线路的关键节点，大跨钢桥长期助推着国家和地方的经济发展；随着服役时间增长，在复杂环境和交通荷载的耦合作用下，大跨钢桥的疲劳问题日益凸显。由于疲劳裂纹的萌生和发展具隐蔽性，且由其引发的破坏具突发性，因此疲劳问题严重威胁着钢桥的安全。然而，由于我国钢桥建设起步晚，运营环境差异大，重载多，在大跨钢桥疲劳方面长期存在着“寿命预测不准”、“检测效率不高”和“维护效果不佳”等瓶颈问题。针对我国桥梁可持续发展需求，项目组通过多年的研究和实践，在基础理论、关键技术和核心装备三大方面取得突破，主要创新如下：

1、建立了多荷载/环境场耦合作用下钢桥疲劳评估理论与方法

基于长期监测，提出了适用于中国大跨及特大跨钢桥疲劳评估的车辆荷载模型，建立了风、温度和锈蚀环境的区间分布模型测定方法及数值复现技术。创建了多场/多相一致加载及耦合疲劳损伤的多尺度正演理论与方法，突破了多场/多相一致加载的困难，刻画了复合型裂纹尖端渐进场及其在随机因素下的演化。

2、研发了钢桥疲劳特征高效试验系统及复杂隐性裂纹检测技术

基于偏心振动原理和模块化设计思路，发明了高效、可组装的疲劳试验及控制系统，大幅节约试验成本，摆脱了对液压伺服系统的长期依赖。研发了基于超声的隐性裂纹三维尺寸定量识别技术，实现了裂纹特征的三维复现；提出了分级检测技术，并构建了大跨钢桥养护信息化管理体系，实现了大桥智能化管养的顶层设计。

3、研发了钢桥疲劳预防性养护及损伤修复系列技术与专用设备

提出了精细化打孔技术，完善打孔技术理论，提升止裂效果；研发了气动冲击维修新技术和设备，实现大面积快速维修，提升维修效率，降低维修成本。提出大跨钢桥疲劳预防性养护理念，构建了包含时机判定、养护技术及工艺参数的成套体系，并将打磨、锤击、角撑技术应用于大跨钢桥预防性养护，大幅降低疲劳损伤累积。

已发表学术论文 97 篇，其中 SCI 36 篇，获授权发明专利 33 项，其中国际 PCT 专利 2 项（日本、美国）。出版专著和教材各 1 部，编写标准 2 部。成果在江阴大桥、泰州大桥等工程中应用，社会效益和经济效益显著。

【主要完成单位及创新推广贡献】

河海大学：主持本项目的研究，对创新点 1、2、3 均有突出贡献，推动了钢桥疲劳全寿命周期的养护技术在一批国内重点工程中的应用和行业的技术进步。

东南大学：本项目的主要参与单位，对创新点 1 有主要贡献，对创新点 2、3 有贡献，推动了疲劳评估技术的应用，参与编制了行业标准。

江苏扬子大桥股份有限公司：本项目的主要合作参与单位，对创新点 1、2、3 有贡献，推动了大跨度钢桥检测和维修新技术在江阴大桥上的应用。

江苏省交通运输厅工程质量监督局：本项目的主要合作参与单位，对创新点 2、3 有贡献，推动了大跨度钢桥养护技术的规范化和标准化进程，主持编制了江苏省地方标准。

江苏泰州大桥有限公司：项目的参与单位，对创新点 3 有贡献，发展了大跨钢桥疲劳损伤主动养护理念，推动了预防性养护技术在大跨钢桥中的应用。

【推广应用情况】

本项目技术成果在江苏扬子大桥股份有限公司、江苏泰州大桥有限公司、江苏高速公路工程养护技术有限公司、中铁大桥（南京）桥隧诊治有限公司等多家单位得到成功应用，覆盖省内外大跨钢桥等国家重点工程，涉及悬索桥、斜拉桥、桁架桥等多种桥型。典型案例包括江阴大桥、泰州大桥、润扬大桥、乌江特大桥等重点工程。相关技术研究成果被纳入正在编制的国家行业标准，所建立的大跨钢桥全寿命周期疲劳维护技术体系被纳入江苏省地方标准并得到广泛应用。

综上所述，项目技术创新成果在大跨度钢桥抗疲劳性能提升与安全运营方面发挥了重大作用，有效提升了大跨钢桥抗疲劳性能，延长桥梁疲劳寿命，节约了大桥运营养护成本，同时也推动了技术的进步和行业的发展。

【曾获科技奖励情况】

无

【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	发明人
授权发明专利	电磁式多轴疲劳试验机	日本 美国 中国	6343098 US10018544 201510379770.6	2018.6.14 2018.7.10 2017.7.18	吉伯海, 谢发祥, 陈林, 傅中秋
授权发明专利	一种超声波探头检测移动装置	中国	201410129430.3	2016.8.17	吉伯海, 袁周致远, 傅中秋, 程苗
授权发明专利	一种钢桥疲劳裂纹锤击闭合修复方法	中国	201410147070.X	2016.8.24	吉伯海, 袁周致远, 傅中秋, 李坤坤, 杨沐野
授权发明专利	一种钢桥疲劳裂纹锤击闭合技术应用方法	中国	201410147059.3	2016.6.08	吉伯海, 袁周致远, 傅中秋, 程苗
授权发明专利	基于概率有限元法的钢桥疲劳可靠度评估方法	中国	201110232789.X	2014.1.22	郭彤, 陈宇文
授权发明专利	一种钢桥细节疲劳裂纹扩展评估方法	中国	201610369649.X	2018.2.6	郭彤, 刘中祥
授权发明专利	多轴疲劳试验机	中国	201410355547.3	2017.1.11	傅中秋, 朱伟, 吉伯海, 袁周致远
授权发明专利	一种传动转臂疲劳试验机	中国	201510601142.8	2017.9.26	傅中秋, 吉伯海, 谢曙辉, 王益逊, 袁周致远
授权发明专利	实桥焊缝扫描仪及其扫描方法	中国	201610412408.9	2018.4.20	傅中秋, 吉伯海, 王秋东, 袁周致远
授权发明专利	一种便携式磁粉探伤机探头装置	中国	201510134878.9	2017.4.12	袁周致远, 吉伯海, 谢曙辉, 傅中秋
计算机软件著作权	随机车辆荷载生成系统软件	中国	2016SR137399	2016.1.28	郭彤, 刘中祥, 刘杰, 柴舜
计算机软件著作权	钢桥疲劳裂纹扩展与寿命评估软件	中国	2016SR391185	2016.10.28	郭彤, 刘中祥, 吉伯海, 丁幼亮, 刘杰

【主要完成人情况表】

姓名：吉伯海

排名：1

技术职称：正高级

工作单位：河海大学

完成单位：河海大学

对本项目技术创造性贡献：主持创新点 1、2、3 的研究工作。建立了大跨钢桥疲劳荷载模型；研发了高效、模块化疲劳试验及控制系统，以及隐性裂纹三维特征超声识别技术；研发了精细化钻孔止裂技术及其主要工艺参数和装置，发展了气动冲击维修新技术体系，并构建了疲劳预防性养护体系，为大跨钢桥维护提供重要技术手段。

曾获科技奖励情况：2014 年度高等学校优秀成果技术发明奖（二等奖），排名 1

姓名：郭彤

排名：2

技术职称：正高级

工作单位：东南大学

完成单位：东南大学

对本项目技术创造性贡献：负责创新点 1，参与创新点 2、3 的研究工作。开发了多场耦合损伤评估技术及软件，实现了耦合疲劳损伤的多尺度演化，建立了伸缩缝、短吊索疲劳损伤灾害理论；研究了分级检测技术及预防性养护理论及体系，实现了大跨钢桥疲劳累积损伤程度的准确预测和临界阈值的确定。

曾获科技奖励情况：2013 年度国家科技进步奖（二等奖），排名 2

姓名：傅中秋

排名：3

技术职称：副高级

工作单位：河海大学

完成单位：河海大学

对本项目技术创造性贡献：参与了创新点 1、2、3 的主要研究工作。参与研究了大跨度钢桥疲劳荷载模型的数据统计、概率模型建立等相关研究工作，参与设计了疲劳试验及控制系

统；参与了大跨钢桥疲劳损伤分级检测技术以及信息化管理体系的开发、应用和优化工作；参与研究了钻孔止裂技术的优化和改进工作以及损伤预防性养护技术的研发工作。

曾获科技奖励情况：2014 年度高等学校优秀成果技术发明奖（二等奖），排名 2

姓名：袁周致远

排名：4

技术职称：其他

工作单位：河海大学

完成单位：河海大学

对本项目技术创造性贡献：参与了创新点 2、3 的主要研究工作。参与设计了疲劳试验的加载装置及其相关辅助控制器，参与了疲劳特征三维尺寸超声定量识别技术的研发和电阻法检测技术开发；参与了气动冲击维修技术的研发工作，对技术理论和技术参数的制定开展了大量的分析。

曾获科技奖励情况：2017 年度中国公路学会科学技术奖（二等奖），排名 10

姓名：姜竹生

排名：5

技术职称：正高级

工作单位：江苏省交通运输厅工程质量监督局

完成单位：江苏省交通运输厅工程质量监督局

对本项目技术创造性贡献：参与了创新点 2、3 的主要研究工作。参与了疲劳特征三维尺寸超声定量识别技术的研发，以及信息化管理体系的研究；参与了钻孔止裂流程和钻孔止裂关键参数方面的研究工作；主持编制了江苏省地方标准，推动了标准化养护体系的应用。

曾获科技奖励情况：2017 年度中国公路学会科学技术奖（二等奖），排名 3

姓名：饶建辉

排名：6

技术职称：正高级

工作单位：江苏扬子大桥股份有限公司

完成单位：江苏扬子大桥股份有限公司

对本项目技术创造性贡献：参与了创新点 1、2、3 的研究工作。为大跨度钢桥疲劳荷载分析

和模型制定提供了大量的数据资料，并参与了模型的研究工作；参与了大跨钢桥分级检测技术以及信息化管理体系的研究，以及钻孔止裂技术研究和优化工作，并为技术的现场应用提供了重要的技术条件和平台支撑。

曾获科技奖励情况：2017 年度中国公路学会科学技术奖（二等奖），排名 2

姓名：史国刚

排名：7

技术职称：正高级

工作单位：江苏省交通运输厅公路局

完成单位：江苏省交通运输厅工程质量监督局

对本项目技术创造性贡献：参与了创新点 2、3 的主要研究工作。参与了大跨钢桥疲劳损伤分级检测技术的研发，以及钻孔止裂优化和改进工作；作为主要参与者编制了江苏省地方标准，推动了标准化养护体系在钢桥中的应用。

曾获科技奖励情况：2013 年度中国公路学会科学技术奖（二等奖），排名 1

姓名：刘荣

排名：8

技术职称：副高级

工作单位：河海大学

完成单位：河海大学

对本项目技术创造性贡献：参与了创新点 1、2 的研究工作。参加了疲劳荷载模型的分类和制定，以及疲劳损伤的评估方法研究；参与了基于电阻法检测技术研发，提出了疲劳损伤位置相关测点的排列和布置方式，建立了裂纹特征的计算模型。

曾获科技奖励情况：无

姓名：刘中祥

排名：9

技术职称：其他

工作单位：东南大学

完成单位：东南大学

对本项目技术创造性贡献：参与了创新点 1、3 的研究工作。参与了耦合疲劳损伤评估技术

研究，开发了随机车辆荷载生成软件和疲劳裂纹扩展模拟和评估技术软件；参与了大跨钢桥疲劳损伤预防性养护技术中基于时变疲劳可靠度的理论计算分析。

曾获科技奖励情况：无

姓名：谢发祥

排名：10

技术职称：副高级

工作单位：河海大学

完成单位：河海大学

对本项目技术创造性贡献：参与了创新点 1、2 的研究工作。参与了短吊索疲劳断丝机理的分析和研究，以及疲劳裂纹三维特征超声定量识别技术的研究，并通过检测方法改进和参数的调整进一步提高了检测精度。

曾获科技奖励情况：2014 年度高等学校优秀成果技术发明奖（二等奖），排名 3

姓名：蒋波

排名：11

技术职称：正高级

工作单位：江苏泰州大桥有限公司

完成单位：江苏泰州大桥有限公司

对本项目技术创造性贡献：参与了创新点 3 的研究工作。参与了大跨钢桥疲劳损伤预防性养护体系及相关技术的研究工作，为大桥养护制定合理的养护部位和养护周期提供了科学参考，并推动了疲劳损伤预防性养护技术在泰州大桥中的示范应用。

曾获科技奖励情况：2012 年度江苏省科技进步奖（二等奖），排名 7

姓名：叶枝

排名：12

技术职称：其他

工作单位：河海大学

完成单位：河海大学

对本项目技术创造性贡献：参与了创新点 3 的研究工作。参与了基于时变可靠度理论的疲劳损伤预防性养护时机判断的计算分析，以及大跨钢桥动静力响应分析以及现场的应力监测试

验；参与了焊趾磨削、锤击等预防性技术的试验研究。

曾获科技奖励情况：无

姓名：王秋东

排名：13

技术职称：其他

工作单位：河海大学

完成单位：河海大学

对本项目技术创造性贡献：参与了创新点 2、3 的研究工作。参与了裂纹信息采集设备的研发和应用；参与了磨削、锤击等抗疲劳性能提升技术的试验研究工作，以及气动冲击维修新技术试验研究。

曾获科技奖励情况：无