

➤ 申报奖种

2017 年高等学校科学研究优秀成果奖——技术发明奖（一等奖）

➤ 项目名称

正交异性轻型组合桥面新体系

➤ 推荐单位

湖南大学

➤ 项目简介

正交异性钢桥面具有自重轻、施工对环境冲击小等优点，在钢桥（尤其是大跨钢桥）中应用广泛，但钢桥面的两大病害难题长期得不到解决：1）钢桥面板在行车重载作用下，易疲劳开裂，如虎门大桥运营十年便出现了大量钢结构疲劳裂纹；2）沥青铺装层因重载车作用、材料的热塑性、雨水侵蚀等原因而极易破损，如在网上引起热议的武汉长江三桥 10 年 24 修等。上述顽疾属世界性难题，危及桥梁主体安全，影响钢桥面的耐久性和行车舒适性，致使维护成本飙升。常规应对方法如加大钢面板厚度、优化构造细节、改进铺装材料等均不能治本。本项目针对上述问题，以国际上最先进的高性能材料-超高性能混凝土 UHPC（Ultra High Performance Concrete）为基础，经过 20 余年科技攻关，研发了原创性的正交异性轻型组合桥面新体系，取得了以下主要技术发明：

1、基于对超高性能混凝土 UHPC 的长期研究积累，首次将 UHPC 用于强化钢桥面，发明了钢-超高韧性混凝土轻型组合桥面结构，大幅度提高了钢桥面的局部刚度，解决了钢桥面疲劳开裂和铺装层频繁破损两大病害难题。

2、由于是薄层组合，钢桥面上混凝土层的拉应力高达 10~15MPa，通过强化 UHPC 的抗拉能力和减小收缩，发明了钢桥面专用的超高韧性混凝土 STC (Super Toughness Concrete)，其抗弯拉强度达 42.7MPa，后期收缩仅为 30-60 $\mu\epsilon$ ，满足了钢桥面高拉应力的受力要求。

3、发明了矮剪力键，提出了计算方法，解决了常规剪力键在薄层 STC 中难以适用的问题；发明了多种 STC 强化接缝技术；发明了适用于 STC 局部破损的拆除工艺和修补强化接缝技术。

与常规沥青铺装+钢桥面体系相比，轻型组合桥面结构的局部刚度显著提高。在 12mm 厚的钢桥面板上增设 50mm 的 STC 层，其局部刚度可提高 40 倍，车载作用下钢桥面中的疲劳应力降低 30-80%，基本消除了钢桥面疲劳开裂的风险，且今后钢桥面铺装的难题不复存在。通过艰苦攻关，项目组掌握了轻型组合桥面结构的静动力性能，编制了技术标准，并已将成果转化应用。2011 年底，本技术首次应用于广东马房大桥第 11 跨，该桥还同时实施了其它 4 种铺装方案。经过 5 年半的运营后，在其他各跨铺装方案均严重破损的情况下，STC 未见任何开裂破损现象，应用效果突出。目前已推广应用于 14 座实桥，涵盖了梁桥、拱桥、斜拉桥和悬索桥等各类桥型，累计应用面积超过五万平米。另有主跨 1480m 的洞庭湖二大桥等重大工程已采用本技术，应用前景广阔。

本技术作为对传统钢桥面沥青铺装的替换，两者初期投入基本持平，主要功效是大幅提高了桥面钢结构疲劳寿命，并显著延长了铺装的寿命。因而经济效益体现在全寿命成本上：今后不再需要频繁更换昂贵的钢桥面沥青铺装；桥面钢结构疲劳开裂修补费用也可基本免除。

本项目形成了一批原创性成果，获授权国家发明专利 9 项，出版技术规程 2 部、专著 1 部，发表高水平期刊论文 47 篇，其中 SCI/EI 收录 30 篇。经同行专家鉴定，本技术达到国际领先水平。研究成果有望彻底解决钢桥面疲劳开裂与铺装层易损难题，突破钢桥建设与维护的技术瓶颈。

### ➤ 推广应用情况

本项目技术已应用到我国六个省市 14 座实桥中，涵盖了梁桥、拱桥、斜拉桥和悬索桥等基本桥型，最大跨径 518 米（广东汕头礮石大桥），累计铺装面积超过 5 万平米，全寿命成本节约达 7.8 亿元。应用的实桥中既有旧桥铺装翻修，也有新建钢桥铺装。全部实桥应用效果均良好，其中首次应用为广东马房大桥第 11 跨，已运营 5 年半，经第三方权威检测单位的三轮实桥检测，桥面系未出现任何病害问题。此外，本项目 STC 技术还于 2016 年应用于 1 座大跨径混凝土斜拉桥主梁加固中。

主要应用单位情况表

序号	应用单位名称	应用技术	应用的起止时间	应用单位联系人/电话	经济效益
1	广东虎门大桥有限公司	发明点 1、2、3	2011.10-今	熊锋 13903009837	广东肇庆马房大桥第 11 跨，经过 5 年半的运营，STC 表面未见开裂或破损现象

序号	应用单位名称	应用技术	应用的起止时间	应用单位联系人/电话	经济效益
2	佛山市路桥建设有限公司	发明点 1、2、3	2014.11-今	李积泉 18028173316	广东佛山佛陈新桥,铺装面积 2585 平米,全寿命成本节约 4275 万元
3	湖南湘江新区市政建设投资有限公司	发明点 1、2、3	2015.5-今	王琛 13975101240	湖南长沙河西交通枢纽配套工程桥,铺装面积 503 平米,全寿命成本节约 816 万元
4	北京市市政工程设计研究总院有限公司	发明点 1、2、3	2015.5-今	孙宏涛 13661217707	北京通州通惠河大桥,铺装面积 3600 平米,全寿命成本节约 5954 万元
5	天津滨海新区基础设施养管有限公司	发明点 1、2、3	2015.7-今	李志伟 15022543501	天津滨海新区海河大桥,铺装面积 5282 平米
6	北京市市政工程设计研究总院有限公司	发明点 1、2、3	2016.5-今	孙宏涛 13661217707	北京通州北运河大桥,铺装面积 7300 平米,全寿命成本节约 12074 万元
7	株洲湘江投资有限公司	发明点 1、2、3	2016.6-今	李树文 156733900981	湖南株洲枫溪大桥,铺装面积 6780 平米,全寿命成本节约 11213 万元
8	广东省交通规划设计研究院股份有限公司	发明点 1、2、3	2016.8-今	盛捷 18620568141	广东汕头礮石大桥,铺装面积 16837 平米,全寿命成本节约 27848 万元
9	广东省交通规划设计研究院股份有限公司	发明点 1、2、3	2016.9-今	盛捷 18620568141	广东东莞黎川大桥,铺装面积 2725 平米,全寿命成本节约 4507 万元
10	嘉兴市南湖区公路管理段(区段政管理大队)	发明点 1、2、3	2016.11-今	姚霞霞 18258348626	浙江嘉兴焦山门大桥(右),铺装面积 512 平米,全寿命成本节约 847 万元
11	中国市政工程西南设计研究总院有限公司	发明点 1、2、3	2016.11-今	林锋 18275299654	贵州贵阳歆民路大桥,铺装面积 3375 平米,全寿命成本节约 5582 万元
12	广中江高速公路项目管理处	发明点 1、2、3	2016.11-今	朱旭华 13822282500	广东江门广中江高速龙溪互通 A 匝道桥,铺装面积 1007 平米,全寿命成本节约 1374 万元
13	嘉兴市中路交通设计有	发明点 1、2、3	2016.12-今	沈军 13957388386	浙江嘉兴海盐沈荡大桥,铺装面积 1471

序号	应用单位名称	应用技术	应用的起止时间	应用单位联系人/电话	经济效益
	限公司				平米，全寿命成本节约 2433 万元
14	104 国道湖州五一大桥改建工程指挥部	发明点 1、2、3	2017.2 -今	蔡如松 13867271095	浙江湖州五一大桥，铺装面积 875 平米，全寿命成本节约 1477 万元

此外，经专家评审通过，还有临岳高速洞庭湖大桥主桥（主跨 1480m 钢桁架悬索桥）等重大工程确定采用本技术。

因此，本项目具有十分广阔的应用前景。

### ➤ 曾获科技奖励情况

获奖项目名称	获奖时间	奖项名称	奖励等级	授奖部门（单位）
超高性能轻型组合桥面结构技术	2015-12-18	2015 年度“中国公路学会科学技术奖”	二等奖	中国公路学会

### ➤ 主要知识产权证明目录（9 个）

序号	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
1	授权发明专利	含抗剪构造的钢-超高性能混凝土组合桥面结构及其施工方法	中国	ZL201210521668.1	2015-04-01	1617490	湖南大学	邵旭东, 曹君辉, 李嘉, 周环宇, 张哲, 黄政宇	有效专利
2	授权发明专利	一种超高韧性混凝土及其制备方法	中国	ZL201510026894.6	2016-02-17	1956348	广东冠生土木工程技术有限公司	黄政宇, 肖礼经, 周志敏, 杨亚兵, 陈刚	有效专利
3	授权发明专利	带强化接头的钢-纤维混凝土组合桥面结构及其施工方法	中国	ZL201210197621.4	2014-09-10	1477638	湖南大学	邵旭东, 陈斌, 张喜刚, 曹君辉	有效专利

序号	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
4	授权发明专利	装配式纤维混凝土组合桥面结构及其施工方法	中国	ZL201110384487.4	2014-07-30	1451416	湖南大学	邵旭东, 李嘉, 黄政宇, 辜杰凯, 王文前	有效专利
5	授权发明专利	一种钢—纤维混凝土组合板分次浇筑连接接头及施工方法	中国	ZL201410276349.8	2016-02-24	1958226	湖南大学	邵旭东, 陈斌, 黄细军	有效专利
6	授权发明专利	钢-混凝土组合结构修补接缝的强化构造及其方法	中国	ZL201410474441.5	2016-01-13	1917656	湖南大学	邵旭东, 熊满华, 李嘉, 李召辉	有效专利
7	授权发明专利	钢-超高性能纤维混凝土轻型组合梁的接缝结构及应用	中国	ZL201410478456.9	2016-01-20	1926771	湖南大学	邵旭东, 潘仁胜, 李召辉	有效专利
8	授权发明专利	一种超高韧性混凝土板-钢梁轻型组合桥梁结构	中国	ZL201310749788.1	2016-04-13	2027446	湖南大学	邵旭东, 张哲, 黄政宇	有效专利
9	授权发明专利	一种混凝土的糙化方法	中国	ZL201510214459.6	2017-01-11	2344197	广东冠生土木工程技术有限公司	肖礼经, 周志敏	有效专利

➤ 完成人情况表

姓名	邵旭东
排名	1
技术职称	教授
工作单位	湖南大学
完成单位	湖南大学
对本项目技术创造性贡献	项目负责人，主持项目的研究开发工作，提出总体思路和技术路线、试验方案，参与核心理论和关键技术研究，并对项目的研究质量全面把关。对技术发明点 1-3 均做出创造性贡献，是本项目中 7 个授权发明的第一发明人
曾获科技奖励情况	多塔斜拉桥新技术研究，2004 年国家科技进步二等奖，排名第七，编号：2003-J-221-2-03-R07 斜塔竖琴式斜拉桥的设计与施工，2007 年湖南省科技进步一等奖，排名第一，编号：2007580336-1-01 超高性能轻型组合桥面结构技术，2015 年中国公路学会科学技术二等奖，排名第一，编号：B15-2-029-003

姓名	曹君辉
排名	2
技术职称	博士后
工作单位	湖南大学
完成单位	湖南大学
对本项目技术创造性贡献	对技术发明点 1 和 3 均做出了创造性贡献。作为核心成员，参与正交异性轻型组合桥面新体系静力和疲劳特性、设计方法的研究，参与本项目技术的实桥应用研究，参与编制技术规程，并发表相关期刊论文
曾获科技奖励情况	超高性能轻型组合桥面结构技术，2015 年中国公路学会科学技术二等奖，排名第三，编号：B15-2-029-003

姓名	黄政宇
排名	3
技术职称	教授
工作单位	湖南大学
完成单位	湖南大学
对本项目技术创造性贡献	对技术发明点 2 和 3 均做出了创造性贡献。1993 年起着手研究超高性能混凝土，积累了宝贵的经验。以此为基础，在本项目中研发了满足钢桥面受力需求的超高韧性混凝土 STC，参与编制技术规程，并发表相关期刊论文
曾获科技奖励情况	新型装配整体式楼盖体系的关键技术及其应用，2008 年国家科技进步二等奖，排名第三，编号：2008-J-221-2-07-R03 超高性能轻型组合桥面结构技术，2015 年中国公路学会科学技术二等奖，排名第五，编号：B15-2-029-003

姓名	肖礼经
排名	4
技术职称	高级工程师
工作单位	广东冠生土木工程技术有限公司
完成单位	广东冠生土木工程技术有限公司
对本项目技术创造性贡献	参与正交异性轻型组合桥面新体系施工方法的研究及成套施工设备的研发，参与编制技术规程，并负责本项目技术在 11 座实桥中的施工
曾获科技奖励情况	超高性能轻型组合桥面结构技术，2015 年中国公路学会科学技术二等奖，排名第二，编号：B15-2-029-003

姓名	邓露
排名	5
技术职称	教授
工作单位	湖南大学
完成单位	湖南大学
对本项目技术创造性贡献	参与正交异性轻型组合桥面新体系中短栓钉剪力键及钢桥面板疲劳性能研究，参与疲劳设计方法研究，参与实桥应用方案设计与优化研究，并发表相关期刊论文
曾获科技奖励情况	无

姓名	毛志坚
排名	6
技术职称	教授级高工
工作单位	湖南中路华程桥梁科技股份有限公司
完成单位	湖南中路华程桥梁科技股份有限公司
对本项目技术创造性贡献	参与正交异性轻型组合桥面新体系施工方法的研究及成套施工设备的研发，参与编制技术规程，并负责本项目技术在 3 座实桥中的施工
曾获科技奖励情况	崖门大桥建设成套技术，广东省科学技术奖励，一等奖，排名 14，编号 2005-建-1-001-D03