

2018 年国家技术发明奖提名项目公示

一、项目名称

斜拉桥同向回转拉索体系

二、提名者及提名意见

提名者：中国公路学会

提名意见：我单位认真审阅了“斜拉桥同向回转拉索体系”项目推荐书及附件材料，确认全部材料真实有效。

斜拉桥同向回转拉索体系研究在国内外首次提出以同向回转的方式将拉索和鞍座锚索结构应用于常规斜拉桥，是我国交通领域为数不多的原始创新之一。项目研究依托安徽省徐明高速公路五河淮河大桥、芜湖长江二桥等工程，在结构体系、构件、关键连接构造的设计、科研、试验、应用上取得了系列成果。

研究创新性地提出了同向回转拉索体系，延拓了斜拉桥结构的适用范围，创造性地提出了同向回转拉索体系，解决了常规斜拉桥中由于不平衡索力而无法采用鞍座锚索方式的问题。研发了新型夹持型大转角鞍座、自防护拉索和挤压式锚拉板。鞍座内首次采用异型不锈钢分丝管，以无灌浆模式锚固索股。显著提高了锚固的可靠性，简化了装索、换索的工序。首次完成了小半径大转角鞍座系统疲劳试验，检验了钢绞线在小半径大转角鞍座系统中的疲劳性能，填补了国内鞍座系统疲劳试验的空白。提出了挤压摩擦式锚拉板连接技术，利用横向预应力实现了锚拉板与混凝土主梁的可靠连接。

进行了系统的工艺、工法试验，编制了系列的技术应用标准，并已获得多项发明专利、实用新型专利及软件著作权。

创新技术已成功应用于徐明高速五河淮河大桥（主跨 246m 独塔斜拉桥）、京台高速芜湖长江二桥主桥（主跨 806m 双塔斜拉桥），相关技术广泛应用于多座矮塔斜拉桥。应用技术优势突出，社会经济效益显著。

项目研究成果总体上达到国际领先水平，推动了斜拉桥的基础理论研究和实用技术进步。

鉴于以上所述，郑重提名“斜拉桥同向回转拉索体系”为 2018 年度国家技术发明奖贰等奖。

三、项目简介

本项目属于“交通运输工程”科学技术领域。

斜拉桥是大跨径桥梁采用的主要桥型之一。相比其跨径的不断突破，支撑技术发展相对滞后。传统拉索在混凝土索塔上通常以齿块、钢锚箱、钢锚梁等锚固，塔壁产生不同程度拉应力。结构的安全耐久性，困扰着斜拉桥的进一步应用。项目依托五河淮河大桥、芜湖长江二桥等工程，首次提出一种“塔上环绕、桥面锚固”的同向回转拉索体系，从根本上解决了索塔的锚索开裂问题，提高了结构的安全耐久性，推动了斜拉桥的基础理论研究和实用技术进步。

本项目主要技术内容包括：

(1) 提出斜拉桥同向回转拉索体系及基准圆桶定位设计方法，在机理上实现索塔的无拉应力锚索，从根本上阻断结构的受拉开裂过程。

(2) 研发新型夹持型大转角鞍座、自防护拉索索股和挤压式锚拉板，在结构上实现拉索的绕塔回转、无灌浆夹持和桥面锚固的要求。

(3) 以全新方法进行最小半径、最大回转角鞍座锚索系统夹持、磨蚀-疲劳试验。首次提出索股磨蚀-疲劳试验广义性定量判断算法。

(4) 进行系统的工艺、工法试验和工程实际应用，建立了系列的技术应用标准，为体系的部品化和建造的工业化提供了充分的支持。

本项目已获发明专利 5 项、实用新型专利 14 项、软件著作权 1 项。

本项目主要技术经济指标为：

(1) 提出新型同向回转拉索概念。利用拉索横桥向对称性，创造出在常规斜拉桥中

应用鞍座的条件。

(2) 提出 1 种新型鞍座结构型式、1 种新型索股防护型式和 1 种新型锚拉板连接方式。

(3) 提出 1 套夹持型鞍座夹持参数、1 套大回转拉索疲劳指标。推导 1 套磨蚀-疲劳定量判断公式。

(4) 索塔实现无拉应力锚索，三向受压最大应力控制在 7Mpa 以下，直接降低锚索系统造价达 70%。

本项目所取得成果应用推广情况主要有：创新技术已成功应用于徐明高速五河淮河大桥（主跨 246m 独塔斜拉桥）、京台高速芜湖长江二桥主桥（主跨 806m 双塔斜拉桥）；夹持型鞍座已成功应用于徐明高速怀洪新河大桥、新汴河大桥、芜湖长江二桥两座引桥、济祁高速寿阳淮河大桥、北沿江高速主裕溪河大桥等多座矮塔斜拉桥；夹持型鞍座和自防护拉索已在国内形成专项生产线。

本项目技术成果所取得的经济及社会效益主要有：

(1) 五河淮河大桥、芜湖长江二桥等工程相关部分总造价 13.4664 亿元，应用创新技术，节约造价 8909 万元。采用创新技术，建设、设计、施工、制造等单位近 3 年新增利润 1.338 亿元，新增税收 3168 万元。

(2) 项目编制中国公路学会标准《同向回转拉索技术指南》、安徽省地方标准《同向回转拉索体系设计、施工与验收技术规程》，示范了产、学、研的密切结合，培养了一批桥梁专业技术人才。

(3) 项目创新技术填补了行业技术空白，提升了行业国际影响，经范立础院士等专家鉴定为国际领先水平，被交通运输部评价为我国交通领域为数不多的原始创新之一。

四、客观评价

1. 2013 年 3 月，《同向回转拉索柱式塔斜拉桥关键技术研究》子课题《同向回转拉索体系研究》在安徽省交通运输厅主持的成果验收鉴定会上，获得范立础院士、邵长宇设计大师等委员的一致认可，课题取得的创新成果具体如下：

(1) 创新性地提出了同向回转拉索体系，降低了鞍座两侧拉索的不平衡力，解决了斜拉桥中由于不平衡力过大而无法采用鞍座式索塔锚固区的问题，改变了常规索塔锚索区受力机理，避免了在索塔锚固区产生拉应力，提高了索塔的耐久性。

(2) 首次完成了小半径大转角鞍座系统疲劳试验，验证了钢绞线在小半径大转角鞍座系统中的疲劳性能及安装、张拉和拆换工艺的可行性，填补了国内鞍座系统疲劳试验的空白。

(3) 通过理论分、试验研究和工地实践相结合的系列研究，完成同向回转拉索体系设计及实桥试验。形成了设计、制造加工、施工安装成套技术。以上成果为同向回转拉索体系的推广应用提供了技术支持，社会经济效益显著。

委员会评价课题研究成果具有创新性、实用性，总体达到国际领先水平。(鉴定意见、验收意见)

2. 2015年6月，安徽省交通运输厅主持的《同向回转拉索柱式塔斜拉桥关键技术研究》课题成果验收、鉴定会上，邵长宇设计大师等组成的委员会一致同意课题取得如下创新成果：

(1) 首创了同向回转拉索体系，突破了传统索塔锚索区难以消除拉应力的技术瓶颈，为确保混凝土索塔耐久性提供了技术保障。

(2) 首次完成了小半径大转角鞍座锚索系统疲劳试验，填补了同类鞍座系统疲劳试验的空白，形成了拉索安装、张拉和拆换的成套施工工艺。

(3) 首次提出挤压摩擦式混凝土梁锚拉板结构，实现锚拉板与混凝土主梁之间的可靠锚固。

(4) 创新了锚索区无拉应力的柱式塔斜拉桥结构体系，形成了同向回转拉索柱式塔斜拉桥成套技术。

委员会评价课题研究成果社会经济效益显著，推广应用前景广阔，总体达到国际领先水平。(鉴定证书、皖交科鉴字〔2015〕第13号)

3. 2013年，《同向回转拉索体系研究》项目成果获安徽省公路学会“安徽省交通科

技进步奖”特等奖；2015年，《同向回转拉索柱式塔斜拉桥关键技术研究》项目成果荣获“中国公路学会科学技术奖”一等奖。（获奖证书）

4. 2014年1月，在交通运输部主持的应用项目成果的《芜湖长江二桥同向回转鞍座锚索系统技术设计》审查会上，由部总工程师周海涛任组长的专家组认为：

技术设计在研究锚固机理、拉索定位、塔性适配、结构功能、拉索防护、施工方案、质量检测、结构安全建设费用等有关问题的基础上，对系统的适应性、安全性和经济性进行了论证，并结合工程实践，取得了较为丰富的技术成果。芜湖长江二桥同向回转鞍座锚索系统技术设计方案合理、可行。

部总工程师周海涛评价同向回转拉索体系，是我国桥梁领域为数不多的原始创新之一。

5. 2014年，介绍项目成果的《斜拉桥同向回转鞍座锚索系统研究》在国际桥梁年会上进行了专题报告。同年，介绍项目成果的《同向回转拉索基准圆筒定位法》专题论文被收入国际桥协副主席、项海帆院士80寿辰论文集。

6. 全球基础设施建设年会评出的“Be创新奖”，国际知名度极高。2014年的决赛竞争激烈。全球2千多个项目，经数轮筛选，3百多个进入决赛。我国40个项目6个进入决赛。芜湖长江二桥是唯一的交通类工程项目。最终，芜湖长江二桥凭借本项目两项推广应用成果，“柱式塔斜拉桥同向回转鞍座”和“全体外预应力节段预制箱梁”领先技术，超越美国两座造价30亿美元的桥梁，为我国桥梁首次夺得该大奖！（全球BE创新奖获奖证书）

7. 桥梁拉索体系发展与结构创新国际会议，以芜湖二桥的同向回转拉索体系创新为依托，于2017年在芜湖召开了“桥梁拉索体系发展与结构创新国际会议”，与会国内外专家对该技术发明给予了很高评价，认为是斜拉索索塔锚固技术的一次革新。

2016年5月在芜湖召开了“桥梁拉索体系发展与结构创新”国际学术会议，出席会议的W.Phillip Yen, Myint Lwin, Naem Ullah Hussain, 邓文中院士，陈政清院士等国内外同行和专家，均对同向回转拉索体系的技术原创性和先进性给予了充分的肯定。

五、推广应用情况

项目研究创新性地提出了同向回转拉索体系，降低了鞍座两侧拉索的不平衡力，解决了常规斜拉桥由于不平衡索力大而无法采用鞍座锚索的问题，将鞍座式索塔锚固区成果的应用在常规斜拉桥中。通过项目系统的研究，使得同向回转拉索体系成为一种成熟的技术体系。成果突破了传统拉索锚固区设计的设计思路，丰富了索塔锚固区的结构形式。具有极大的推广应用前景。

同时，采用了无灌浆模式锚固，分丝管采用了异形不锈钢分丝管，有效的提高了分丝管的锚固效率，实现了在无灌浆状态下鞍座锚固的可靠性。解决了传统鞍座拉索更换困难的问题，使得钢绞线换索十分便利。此类鞍座锚体及相关技术也可广泛推广应用在矮塔斜拉桥中，彻底解决鞍座式索塔锚固区换索困难的问题。

研究成果已全面成功应用于徐明高速公路五河淮河大桥主桥，主跨 246m 柱式独塔混合梁斜拉桥，技术、经济优势明显。

此后，研究成果推广应用：

在建的芜湖长江二桥主桥，主跨 806m 超大跨径柱式双塔钢箱梁斜拉桥，采用四索面同向回转拉索，与 3 类、6 个桥型方案进行综合比选，技术、经济优势显著。

拟建的淮南淮河二桥的设计也对同向回转拉索柱式塔斜拉桥进行了推广应用，目前已完成项目设计，技术优势突出，经济效益明显。

夹持型鞍座、自防护索股技术已推广应用于已建的主跨 130m 怀洪新河大桥、主跨 2×60m 新汴河大桥，在建的主跨 200m 寿阳淮河大桥、主跨 130m 裕溪河大桥、芜湖长江二桥两座主跨 100m 引桥等多座矮塔斜拉桥。

鞍座锚索系统夹持、磨蚀-疲劳综合试验研究成果，已成为建设、设计、施工和监理进行产品质量与性能判断的重要方法。

六、主要知识产权证明目录

表 1 主要知识产权清单

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
发明专利	用于索塔斜置的拉索转向器	中国	ZL201210567587.5	2014.9.17	1485019	合肥斯派索材料科技有限公司	梅应华; 杨晓光; 胡可; 郑建中; 石雪飞; 许文俊	有权
发明专利	用于斜拉桥索塔拉索转向器的雨滴形不锈钢分丝管	中国	ZL201310005087.7	2015.6.17	1695059	合肥斯派索材料科技有限公司	梅应华; 杨晓光; 胡可; 郑建中; 石雪飞; 许文俊	有权
发明专利	无粘结环氧钢绞线加聚脲涂层	中国	ZL201510404049.8	2015.7.13	2484483	天津正天翼博预应力钢绞线有限公司	才勃	有权
发明专利	斜拉桥混凝土主梁用锚拉板组件	中国	ZL201310026902.8	2014.10.1	1489658	安徽省交通控股集团有限公司	梅应华; 曹光伦; 左敦礼; 于春江; 李晓勇; 王宏斌; 邹正明; 杨新苏; 龚祚; 窦巍; 连俊峰	有权
发明专利	桥梁缆索用 HDPE 热镀锌预应力钢绞线的生产方法	中国	ZL201410173048.2	2016.2.10	1945264	天津冶金钢线钢缆集团有限公司	郭鑫; 王雅志; 翟巧玲; 王志永; 苏子波; 刘毅; 俞振根; 李桂林; 朱树行; 王国良; 孔庆林	有权
实用新型专利	一种斜拉桥叠置回转拉索	中国	ZL201520703906.X	2016.2.3	4988880	安徽省交通规划设计研究总院股份有限公司	胡可; 杨晓光; 梅应华; 马祖桥; 曹光伦; 王胜斌; 窦巍; 席进; 魏民; 梁长海	有权
实用新	具有同向	中国	ZL201	2013.7.24	3058783	安徽省交通	胡可; 杨晓	有权

型专利	回转拉索体系的斜拉桥		320039003.7			控股集团有限公司	光；郑建中；马祖桥；赵可肖；蔡斌；许文斌；王亮；王文刚；孙海鹏；汪家勇	
软件著作权	斜拉桥同向回转拉索定位软件 V1.0	中国	2015SR049924	2015.3.20	00679028	胡可	胡可	有权
实用新型专利	斜拉桥夹持型鞍座 V 型分丝管偏移解压端口	中国	ZL201520700863.X	2016.2.3	4988861	安徽省交通规划设计研究总院股份有限公司	胡可；杨晓光；梅应华；曹光伦；马祖桥；王胜斌；窦巍；郭庆超；梁长海；夏飞龙	有权
实用新型专利	小半径大转角摩擦型鞍座锚索系统磨蚀-疲劳通用试验台	中国	ZL201620033317.X	2016.8.24	5476365	安徽省交通控股集团有限公司	胡可；杨晓光；石雪飞；梅应华；郑建中；阮欣；刘志权；曹光伦；马祖桥；王胜斌；何金武；窦巍	有权

七、主要完成人情况

表 2 主要完成人情况

姓名	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目技术创造性贡献
胡可	教授级高工	安徽省交通控股集团有限公司	安徽省交通控股集团有限公司	为本项目的总负责人，主持项目立项，调研、总体技术路线与研究内容的制定，研究内容的开展，报告与成果核定，成果推广应用等。对第 1、2、3 条创新点做出创造性贡献。
梅应华	教授级高工	安徽省交通规划设计研究总院股份有限公司	安徽省交通控股集团有限公司	为本项目的技术负责人，参与同向回转拉索系统的原创工作，参与挤压摩擦式锚拉板的原创与优化工作，参与结构优化与性能研究。对第 1、2 条创新点做出创造性贡献。
石雪飞	教授	同济大学	安徽省交通	为本项目重要研究成员，负责项目子课题的技术方

			控股集团有限公司	案制定,主持课题研究具体技术难题攻克,参与课题重大难题决策。对第3条创新点做出创造性贡献。
杨晓光	高工	安徽省交通控股集团有限公司	安徽省交通控股集团有限公司	为本项目的重要研究成员,参与同向回转拉索系统的原创工作,参与挤压摩擦式锚拉板的原创与优化工作,参与结构优化与性能研究。对第2条创新点做出创造性贡献。
郑建中	教授级高工	安徽省交通控股集团有限公司	安徽省交通控股集团有限公司	为本项目的重要研究成员,参与同向回转拉索系统的原创工作,参与同向回转的拉索系统设计优化、锚拉板系统研究等。对第2条创新点做出创造性贡献。
王凯	工程师	安徽省交通控股集团有限公司	安徽省交通控股集团有限公司	为本项目的重要研究成员,参与编制中国公路学会标准《同向回转拉索技术指南》、安徽省标准《同向回转拉索体系设计、施工与验收技术规程》。对第1条创新点做出创造性贡献。

八、完成人合作关系说明

安徽省交通控股集团有限公司(甲方)、安徽省交通规划设计研究总院股份有限公司(乙方)、同济大学(丙方)、合肥斯派索材料科技有限公司(丁方),天津冶金钢线钢缆集团有限公司(戊方)、天津正天翼博预应力钢绞线有限公司(己方)六方共同合作开展斜拉桥同向回转拉索体系的技术研究和应用工作,合作时间为2009年~2015年,合作方式为甲方主持项目工作,并委托乙方、丙方、丁方、戊方与己方开展项目相关工作,具体分工为:

甲方提供科研经费,全面主持项目立项,调研;制定项目技术路线与研究内容;主持项目工作;审查项目成果;组织推广应用等。

乙方负责调研不同索塔锚固结构型式的特点及应用情况;进行不同索塔锚固型式的比较分析;进行同向回转拉索体系的工程设计及优化工作。

丙方负责完成同向回转拉索体系鞍座锚体及索塔锚固区的结构性能分析与优化建议;进行新型拉索钢绞线索股的防腐试验研究;进行同向回转拉索体系的磨蚀、疲劳、夹持试验研究。

丁方负责进行同向回转拉索体系鞍座制造、拉索安装和张拉等关键技术的研发;参与

聚脲涂层钢绞线索股的研发。

戊方与己方负责调研钢绞线索股加工生产等相关技术；进行桥梁缆索用钢绞线、同向回转拉索聚脲涂层钢绞线索股生产工艺、工法和工装的研发，以及相关材料的研发。

合作过程中，甲方提出的项目第一完成人，通过明确的合同和协议，考核乙、丙、丁、戊、己五方提出的项目完成人，组建系列专项工作组，持续开展工作，不断取得突破，成功实现项目的整体目标，在产、学、研、用上取得突出成果。

承诺：上述知识产权用于提名国家技术发明奖的情况，已征得未列入项目主要完成人的权利人（发明专利指发明人）的同意。