**《高速铁路轨道结构服役状态监测关键技术与应用》**

**公示材料**

**一、项目名称**

高速铁路轨道结构服役状态监测关键技术与应用

**二、提名者及提名意见**

提名单位：湖北省技术市场协会

提名意见：该项目攻克了高速铁路轨道服役状态监测方法、评估理论、预警平台、辅助决策等难题，提出了高速铁路轨道结构RAMS服役状态监测评估理论，研发了用于轨道结构服役状态监测的系列高精度光纤光栅传感器和非接触式视觉测量技术，首创了“光纤传感与视觉测量融合+多维度数据仓库+数据驱动实时预警”的轨道综合监测平台和预警系统，成果纳入了《高速铁路设计规范》、《铁路轨道设计规范》等行业规范。研究成果已推广应用于武广高铁雷大桥和汀泗河特大桥、京沪高铁南京南站、宁安高铁安庆长江大桥等全国36项高速铁路轨道工程运营监测与评估，为保障高速铁路轨道结构安全服役提供了理论与技术支撑。

同意推荐申报湖北省科学技术奖。

**三、项目简介**

高速铁路属于轮轨接触运输，轨道结构的钢轨部件与高速列车直接接触，因此轨道的平顺性直接决定了列车运营的安全性和稳定性。轨道结构设置在路基、桥梁、隧道等下部基础上，下部基础的变形等均直接反应到轨道结构上，当这种变形累积到一定限度时，会威胁行车的安全。目前高速列车的运行速度达到了300km/h，新研发的“复兴号”动车组的设计速度达到了350km/h，这些对轨道结构的平顺性提出了更高的要求。

目前我国通过综合检测车（2次/月）、钢轨探伤车（7次/年）、沉降评估（1次/年）、首趟确认车（1次/天）等，同时配合人工巡检（凌晨0:00~4:00）等方式保障高铁安全运行，但仍然存在以下难题：（1）我国高速铁路轨道结构及线下基础形式众多，层间耦合关系复杂，外部环境荷载多样，轨道系统力学行为复杂，难以精确定位监测敏感区域及指标；（2）高速铁路运营环境复杂，前端受高铁动车诱导气流、高频振动的影响对监测传感器的安全性、耐久性要求非常高，传统监测方法相对单一，难以实现结构状态全面精确和长久监测；（3）高速铁路监测指标多样，测点多，多源异构数据难以融合协调，常用数据分析方法难以挖掘轨道结构深层安全特征，无法科学指导现场养护维修。针对以上难题，项目依托国家重点研发计划和省部级重大专项，历经十余年攻关，在高速铁路轨道结构服役状态监测方面实现重大创新。

1、提出了高速铁路轨道结构RAMS服役状态监测及评估理论，建立了“本构模型+多源数据驱动”智能融合的轨道结构服役状态监测系统。

2、建立了光纤传感技术与视觉测量技术结合的高速铁路轨道结构服役状态综合监测方法；研制了用于轨道结构服役状态监测的系列高精度光纤光栅传感器，形成了安装工艺及规程；研发了高铁轨道结构的视觉测量方法，实现了对轨道结构非接触式测量。

3、研发了“光纤传感与视觉测量融合+多维度数据仓库+数据驱动实时预警”的轨道综合监测平台，成果纳入了《高速铁路设计规范》、《铁路轨道设计规范》等行业规范，形成了系列技术标准。

**四、客观评价**

（一）对课题《高速铁路轨道结构服役状态监测关键技术与应用》的鉴定意见

2020年5月12日，湖北省技术交易所组织评审针对课题成果《高速铁路轨道结构服役状态监测关键技术与应用》进行了科技成果评价，由中国工程院院士严新平院士及国内其他知名专家组成的鉴定委员会的评价意见为：

1.评价资料齐全，符合科技成果评价要求。

2.主要创新成果如下：

（1）研制了高速铁路轨道结构服役状态多参数精确测量的系列高精度光纤光栅传感器，研发了高铁轨道结构位移及变形的非接触式视觉测量技术，创建了光纤传感技术与视觉测量技术结合的高速铁路轨道结构服役状态综合监测方法。

（2）建立基于RAMS和极限状态法的高速铁路轨道结构服役状态评估方法，提出了“物理本构模型+多源数据驱动”智能融合的高速铁路轨道服役状态模型，构建了高速铁路轨道结构“监测数据-理论模型算法-实际应用”三结合的可靠性评估体系。

（3）首创了我国多手段智能融合的高速铁路轨道服役状态综合监测系统和自分析、自诊断、自决策的高速铁路轨道服役状态预警系统，提出了高速铁路轨道结构安全预警值，成果纳入了《高速铁路设计规范》、《铁路轨道设计规范》等行业规范，形成了系列技术标准。

3. 该成果已推广应用于武广高铁雷大桥和汀泗河特大桥、京沪高铁南京南站、哈齐高铁大庆站、宁安高铁安庆长江大桥等全国36项高速铁路轨道工程运营监测与评估，为保障高速铁路轨道结构安全服役提供了理论与技术支撑，取得了显著的经济和社会效益。

专家组认为，该成果整体达到国际先进水平，在高速铁路轨道服役状态综合监测与预警方面达到国际领先水平。

（二）对子课题《宁安铁路安庆长江大桥桥梁轨道一体化综合监测系统研究》的鉴定意见

2017年7月，中国铁建股份有限公司组织评审专家针对课题成果“宁安铁路安庆长江大桥桥梁轨道一体化综合监测系统研究”进行了会议鉴定，鉴定意见如下：

“对国内外桥梁及轨道结构病害情况调研总结的基础上，针对高速铁路钢桁斜拉桥及桥上轨道结构系统地提出了监测内容、监测方法和测点布置方案，针对安庆长江大桥桥梁及轨道结构系统地提出了预警门限值，建立了桥梁与轨道结构一体化监测平台，实现了对桥梁及轨道结构的一体化综合监测。

综上所述，本课题实现了对宁安铁路安庆长江大桥桥梁及轨道结构的一体化综合监测，可为我国类似大跨度桥梁综合监测系统的建立和高速铁路钢轨伸缩调节器地段轨道结构的监测提供依据和参考，研究成果达到了国际先进水平。”

（三）对子课题《高速铁路大跨度桥梁CRTSI型板式无砟轨道服役状态监测》的鉴定意见

2015年8月，中国铁建股份有限公司组织评审专家针对课题成果“高速铁路大跨度桥梁CRTSI型板式无砟轨道服役状态监测”进行了会议鉴定，鉴定意见如下：

“首次针对时速350公里高速铁路大跨度桥梁（温度跨度312m）CRTSⅠ型框架板式无砟轨道系统进行了温度、受力和变形的长期监测，并对无缝线路无砟轨道安全服役状态进行了评估，为我国大跨度桥上无砟轨道的科学设计积累了重要的基础数据。

该课题研究成果应用于大跨度桥梁桥上无砟轨道长期监测和海底隧道轨道减振工程中，取得良好的社会、经济效益，整体达到国际先进水平。”

**五、推广应用情况**

项目自2009年立项开始，研究成果先后在中国铁路武汉局集团有限公司、中国铁路上海局集团有限公司、中国铁路广州局集团有限公司、中国铁路南昌局集团有限公司、中国铁路哈尔滨局集团有限公司、宁安铁路有限责任公司等企业推广实施。项目研究成果目前已推广应用于武广高铁雷大桥和汀泗河特大桥、京沪高铁南京南站、哈齐高铁大庆站、宁安高铁安庆长江大桥等全国36项轨道工程运营监测与评估，为保障高速铁路轨道结构正常服役提供了技术支撑，取得了显著的经济和社会效益。

**六、主要知识产权证明目录**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 知识产  权（标准）类别 | 知识产权（标准）具体名称 | 国家  （地区） | 授权号（标准编号） | 授权（标准实施）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） | 发明专利（标准）有效状态 |
| 1 | 发明专利 | 铁路构件位移监测系统和方法 | 中国 | ZL201610012730.2 | 2018-11-30 | 第3168947号 | 中铁第四勘察设计院集团有限公司 | 王森荣；付杰；孙立；张政；廉紫阳；林超 | 有效 |
| 2 | 发明专利 | 一种光纤光栅变形环的钢轨或桥梁位移监测装置 | 中国 | ZL201210072413.1 | 2014-07-02 | 第1432838号 | 武汉理工大学 | 李维来；代鑫；潘建军； 王俊杰；程健；刘芳 | 有效 |
| 3 | 发明专利 | 基于双向应变法对称精准无缝线路钢轨纵向力监测方法 | 中国 | ZL201410289637.7 | 2016-05-18 | 第2076887号 | 西南交通大学 | 王平；谢铠泽；肖杰灵；陈嵘；韦凯；赵才有；徐井芒；徐浩；刘浩；颜乐 | 有效 |
| 4 | 发明专利 | 轨道状态检测方法及装置 | 中国 | ZL201510921209 .6 | 2018-12-4 | 第3170847号 | 中国铁道科学研究院集团有限公司铁道建筑研究所 | 赵勇；梁晨；徐玉坡；蒋金洲；施成 | 有效 |
| 5 | 发明专利 | 光纤光栅传感无砟轨道结构状态监测方法及装置 | 中国 | ZL201110037447.2 | 2012-07-04 | 第985928号 | 武汉理工大学 | 姜德生；潘建军；李维来；王立新 | 有效 |
| 6 | 发明专利 | 基于光纤光栅传感器的桥上无缝线路钢轨综合测试方法 | 中国 | ZL201410289813.7 | 2016-04-06 | 第2011442号 | 西南交通大学 | 王平；谢铠泽；肖杰灵； 陈嵘；韦凯；赵才有；闫连山；邵理阳；徐井芒； 徐浩；刘浩；颜乐 | 有效 |
| 7 | 发明专利 | 钢轨检测方法、系统及检测终端 | 中国 | ZL 201210173479.X | 2014-11-26 | 第1525786号 | 西南交通大学 | 王平；肖杰灵；王顶溯； 陈嵘；徐井芒；魏贤奎 | 有效 |
| 8 | 发明专利 | 悬浮间隙信号可连续采集的轨排连接装置 | 中国 | ZL201610517701.1 | 2017-09-29 | 第2625436号 | 中铁第四勘察设计院集团有限公司 | 孙立；王森荣；李伟强； 全顺喜；娄会彬； 韦合导 | 有效 |
| 9 | 发明专利 | 一种光纤光栅差动应变片及其制作和使用方法 | 中国 | ZL201410160233.8 | 2017-02-01 | 第2365714号 | 武汉理工大学 | 潘建军；李维来；王立新；刘捷；鲁晓珊；庞锦 | 有效 |
| 10 | 发明专利 | 轨道测试用自充电系统、轨道测试仪器及其自充电方法 | 中国 | ZL 201210075430.0 | 2014-12-10 | 第1537643号 | 西南交通大学 | 王平；肖杰灵；陈嵘；胡弼丞；徐井芒 | 有效 |

**七、主要完成人情况**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 姓名 | 性别 | 出生  年月 | 文化  程度 | 职称  职务 | 现从事 专业 | 工作  单位 | 对成果  创造性贡献 |
| 1 | 王森荣 | 男 | 1980.10 | 硕士 | 线站处轨道所所长、正高级工程师 | 铁道工程 | 中铁第四勘察设计院集团有限公司 | 课题总负责人，负责成果的推进、审查和推广应用 |
| 2 | 黄伟利 | 男 | 1981.10 | 硕士 | 线站处处长、正高级工程师 | 铁道工程 | 中铁第四勘察设计院集团有限公司 | 高速铁路轨道综合监测方法和预警值研究 |
| 3 | 王平 | 男 | 1969.7 | 博士 | 教授 | 铁道工程 | 西南交通大学 | 高速铁路轨道综合监测方法和预警值研究 |
| 4 | 许国平 | 男 | 1964.12 | 学士 | 院副总工程师、正高级工程师 | 铁道工程 | 中铁第四勘察设计院集团有限公司 | 轨道结构监测内容研究 |
| 5 | 潘建军 | 男 | 1983.10 | 博士 | 副研究员 | 铁道工程 | 武汉理工大学 | 光纤光栅轨道监测技术 |
| 6 | 杨国涛 | 男 | 1977.03 | 硕士 | 正高级工程师 | 铁道工程 | 中国国家铁路集团有限公司 | 高速铁路轨道综合监测方法和预警值研究 |
| 7 | 梅琴 | 女 | 1989.9 | 硕士 | 工程师 | 铁道工程 | 中铁第四勘察设计院集团有限公司 | 轨道服役状态监测系统研发 |
| 8 | 梁晨 | 男 | 1981.7 | 硕士 | 副研究员 | 铁道工程 | 中国铁道科学研究院集团有限公司铁道建筑研究所 | 高速铁路轨道综合技术方法 |
| 9 | 肖杰灵 | 男 | 1978.10 | 博士 | 副教授 | 铁道工程 | 西南交通大学 | 轨道监测指标研究 |
| 10 | 宋文祥 | 男 | 1974.3 | 学士 | 线站处总工程师、正高级工程师 | 铁道工程 | 中铁第四勘察设计院集团有限公司 | 高铁监测方法研究 |
| 11 | 杨艳丽 | 女 | 1971.1 | 学士 | 线站处副总工程师、正高级工程师 | 铁道工程 | 中铁第四勘察设计院集团有限公司 | 轨道结构安全服役预警值研究 |
| 12 | 张世杰 | 男 | 1979.10 | 硕士 | 线站处轨道所副所长、高级工程师 | 铁道工程 | 中铁第四勘察设计院集团有限公司 | 轨道结构监测数据采集与传输研究 |
| 13 | 袁仁基 | 男 | 1970.12 | 学士 | 高级工程师 | 铁道工程 | 中铁上海设计院集团有限公司 | 高速铁路服役状态监测方案的制定、监测内容的研究 |
| 14 | 张珍珍 | 女 | 1984.05 | 硕士 | 高级工程师 | 铁道工程 | 中铁第四勘察设计院集团有限公司 | 高铁轨道结构可靠性评估方法计算和研成果报告整理 |
| 15 | 欧森火 | 男 | 1981.3 | 硕士 | 高级工程师 | 铁道工程 | 北京东方振动和噪声技术研究所 | 与高速铁路轨道安全服役监测平台的研发 |

**八、主要完成单位及创新推广贡献**

《高速铁路轨道结构服役状态监测关键技术与应用》共有5家单位参与课题研究，分别为中铁第四勘察设计院集团有限公司、武汉理工大学、西南交通大学、中国铁道科学研究院集团有限公司铁道建筑研究所、北京东方振动与噪声技术研究所，主要工作内容如下：

1、中铁第四勘察设计院集团有限公司：作为项目的主要完成单位，联合武汉理工大学、西南交通大学、中国铁道科学研究院集团有限公司铁道建筑研究所、北京东方振动与噪声技术研究所进行高速铁路轨道结构服役状态监测关键技术的研究，负责组织、管理并参与全过程的研究工作，以及研究成果归纳提炼和推广应用。

2、武汉理工大学：针对高速铁路轨道结构特点和监测需求，参与项目总体技术方案制定，研发了适用于高速铁路轨道结构监测的光纤光栅传感器和光纤传感监测系统。

3、西南交通大学：参与高速铁路轨道结构受力特性分析和服役状态评估模型构建，根据计算结果指导轨道结构安全预警值的研究和确立。

4、中国铁道科学研究院集团有限公司铁道建筑研究所：针对高速铁路轨道结构特点和监测需求，参与高速铁路轨道服役状态综合监测方法的研究和制定。

5、北京东方振动与噪声技术研究所：针对高速铁路轨道服役状态监测系统应用需求，参与系统总体方案制定和平台研发。

**九、完成人合作关系说明**

本项目依托国家重点研发计划，紧密结合国家重大需求，在省部级重大专项、企业自主立项的基础上，采用产、学、研、用相结合的研发模式进行科研攻关，整个研发过程历时十余年，主要参与单位5家。

中铁第四勘察设计院集团有限公司主要进行高速铁路轨道结构服役状态评估体系、非接触式测量技术和综合监测系统的研究，首创了自分析、自诊断、自决策的高速铁路轨道服役状态预警系统；武汉理工大学在高速铁路轨道结构光纤光栅传感技术方面进行了研究，研发了系列高精度光纤光栅传感器，形成了成套安装工艺及方法；西南交通大学在高速铁路轨道结构受力特性方面进行了分析研究，提出了轨道结构的预警值；中国铁道科学研究院集团有限公司铁道建筑研究所进行了高速铁路轨道服役状态综合监测技术的研究，提出了光纤光栅与视觉测量相结合的监测方法；北京东方振动与噪声技术研究所参与了高速铁路轨道服役状态综合监测系统平台的研究，实现了监测数据可视化和数据报表自动生成；最后项目的成果在武广、京沪等高速铁路进行了推广应用。

所有完成人在项目的研究过程中团结协作，刻苦钻研，在共同立项、共同知识产权、共同获奖等方面取得了丰硕成果，对项目的推广应用做出了重要贡献。