**2017年国家自然科学奖（直报）**

**公示材料**

|  |  |
| --- | --- |
| 项目名称 | 环境激励下土木工程结构健康监测基础理论研究 |
| 完成单位 | 合肥工业大学，中南大学，福州大学 |
| 推荐单位 | 合肥工业大学 |
| 项目简介（不超过1200字） | 随着结构跨度越来越大，结构越来越柔，不仅要求精确严密的计算与施工技术，而且对结构建成后的安全运营提出了更高的要求。结构状态监测已成为工程结构安全性研究的重要理论需求。工程结构工作时的环境激励，如风、运营荷载、行人等，都是一种自然的激励方式。环境激励下对结构进行健康监测具有明显的优点，可以实现对结构的实时安全监测。然而，自然工作条件下动力响应测试数据，具有幅值小、随机性强和数据量巨大的特点，给结构健康监测带来很大的难度，成为了国际上研究的难点和热点。项目组十余年来针对环境激励下结构健康监测中若干没有得到很好解决的关键问题进行了深入研究，取得了一系列创新性成果：1、环境激励下结构工作模态识别理论提出了时域随机子空间识别的平均正则化的稳定图算法，建立了基于经验模式分解的随机子空间识别方法；提出了功率谱传递率的新概念，证明了函数极限的一个定理用于阐明新概念的特性，建立了非白噪声激励下结构模态参数识别方法,相关方法被十余个国际期刊论文称为PSDT法得到实质性拓展；提出了在工作环境振动下的时变与非线性结构非平稳响应信号的分析方法，建立了基于解析模式分解的时频分析理论；详细研究了基于小波变换的时变和非线性结构的瞬时参数识别的时频方法，重点解决了基于动态规划的小波脊线提取和信号重构等关键技术问题；开发了MACES软件，实现了在工作环境下的结构模态参数的自动识别。【代表论文1,2,3】2、环境激励下结构损伤识别理论提出了基于结构工作模态参数的结构损伤部位和程度的识别新方法，定义了单元的损伤指数，建立了结构的损伤方程组：提出了基于矩阵奇异值分解的误差截断调整算法：SVD-R。该方法被香港理工大学S.S. Law 课题组4篇国际杂志论文直接应用，并称之为任方法。这部分工作以两篇系列文章发表在本专业著名刊物美国土木工程师协会的结构工程杂志上，目前已他引110余次，被所有结构健康监测或损伤识别的国际综述论文引用。另外，提出了小波包能量变化率指标和相应的损伤识别方法，建立了小波时间熵和相对小波熵指标。【代表论文4, 5】3、环境激励下有限元模型修正理论提出了环境振动下结构有限元模型修正的模态参数目标函数：模态柔度和模态应变能，采用代数算法推导了模态柔度灵敏度和模态应变能灵敏度的解析表达式，建立了基于模态应变能和模态柔度的有限元模型修正理论。提出了基于响应面的有限元模型修正理论和算法，解决了基于方差分析的修正参数选取、基于实验方法的参数取值、合适的响应面方程、基于回归分析的响应面建立、响应面模型精度检验和利用回归的响应面进行有限元模型修正。【代表论文6,7,8】项目统计的8篇核心论文的SCI他引次数为458次。任伟新教授2014年、2015年、2016年均入选世界著名出版公司爱思唯尔发布的中国高被引学者，在土木与结构工程领域中连续三年排名前四。任伟新教授作为大会主席主持了3次相关国际学术会议，应邀在十几个国家的30余所大学做专题报告，相关研究在所该领域具有很高的国际影响力。 |
| 主要完成人情况表 |
| 姓名 | 排名 | 技术职称 | 工作单位 | 完成单位 | 对本项目学术贡献 | 曾获科技奖励情况 |
| 任伟新 | 1 | 教授 | 合肥工业大学 | 合肥工业大学中南大学福州大学 | (1)对重要科学发现一提出了基于稳定图的平均正则化稳定图算法；建立了基于经验模式分解的随机子空间识别方法；提出时变非线性参数识别理论与方法，解决了基于动态规划的小波脊线提取和信号重构；（代表性论文1－3）(2)对重要科学发现二提出了小波包能量变化率指标，该法通过损伤前后小波包能量变化率和数理统计方法进行损伤识别和定位；提出基于工作模态的损伤识别理论与方法：SVD－R 方法；（代表性论文4，5）(3)对重要科学发现三提出了工作环境下基于灵敏度的结构有限元模型修正理论与方法；提出基于回归响应面的有限元模型修正理论与算法；（代表性论文6-8）(4)投入该项目工作量占本人工作量的70%。 | 2014年，安徽省自然科学奖，二等奖，土木工程结构时变参数识别及模型修正理论研究，排名第一。2010年，湖南省自然科学奖，二等奖，结构工作模态与损伤识别方法，排名第一。2007年，福建省科技进步奖，二等奖，工程结构实时模态测试和分析系统研究与开发，排名第一。 |
| 王佐才 | 2 | 研究员 | 合肥工业大学 | 合肥工业大学 | （1）作为第一完成人的硕士生，研究了环境振动的结构时变参数识别方法，提出了基于解析模式分解定理的时变与非\线性结构的瞬时特征识别理论与方法，对重要科学发现二作出了创造性的贡献。（代表论文3）（2）投入该项目研究的工作量占本人工作量的75%。 | 2014年，安徽省自然科学奖，二等奖，土木工程结构时变参数识别及模型修正理论研究，排名第二。 |
| 颜王吉 | 3 | 研究员 | 合肥工业大学 | 合肥工业大学中南大学 | （1）作为第一完成人的硕士生，提出了功率谱传递率的新概念，并从数学上证明了函数极限的一个定理，阐明了新概念的特性，建立了非白噪声激励下模态参数识别方法，对重要科学发现一作出了创造性的贡献。（代表论文2）（2）投入该项目研究的工作量占本人工作量的70%。 | 2014年，安徽省自然科学奖，二等奖，土木工程结构时变参数识别及模型修正理论研究，排名第四。 |
| 贺文宇 | 4 | 研究员 | 合肥工业大学 | 合肥工业大学中南大学 | （1）作为第一完成人的硕士生，研究了环境振动的结构有限元模型修正理论，对重要科学发现三作出了创造性的贡献；（代表论文8）（2）投入该项目研究的工作量占本人工作量的70%。 |  |
| 代表性论文专著目录（不超过8篇） |
| 序号 | 论文专著名称/刊名/作者 | 影响因子 | 年卷页码（xx年xx卷xx页） | 发表时间年月日 | 通讯作者 | 第一作者 | SCI他引次数 | 他引总次数 | 是否国内完成 |
| 1 | Experimental and analytical studies on dynamic characteristics of a large span cable-stayed bridge/ ENGINEERING STRUCTURES/ Ren WX(任伟新); Peng XL; Lin YQ | 1.893 | 2005年27卷535-548页 | 2005-03-01 | 任伟新 | 任伟新 | 62 | 118 | 是 |
| 2 | Operational Modal Parameter Identification from Power Spectrum Density Transmissibility/ COMPUTER-AIDED CIVIL AND INFRASTRUCTURE ENGINEERING/ Yan WJ(颜王吉); Ren WX(任伟新) | 5.288 | 2012年27卷202-217页 | 2012-03-01 | 任伟新 | 颜王吉 | 26 | 40 | 是 |
| 3 | A synchrosqueezed wavelet transform enhanced byextended analytical mode decomposition method fordynamic signal reconstruction/ JOURNAL OF SOUND ANDVIBRATION/ Wang ZC(王佐才); Ren WX(任伟新); Liu JL | 2.107 | 2013年332卷6016-6028页 | 2013-10-28 | 任伟新 | 王佐才 | 4 | 5 | 是 |
| 4 | Structural damage identification by using waveletentropy/ ENGINEERING STRUCTURES/ Ren WX(任伟新); Sun ZS | 1.893 | 2008年30卷2840-2849页 | 2008-10-01 | 任伟新 | 任伟新 | 54 | 104 | 是 |
| 5 | Structural damage identification using modal data. I: simulation verification/ JOURNAL OF STRUCTURAL ENGINEERING, ASCE/ Ren WX(任伟新); Roeck GD | 1.700 | 2002年128卷87-95页 | 2002-01-01 | 任伟新 | 任伟新 | 111 | 260 | 是 |
| 6 | Structural damage identification using modal data. II:test verification/ JOURNAL OF STRUCTURAL ENGINEERING,ASCE/ Ren WX(任伟新); Roeck GD | 1.700 | 2002年128卷96-104页 | 2002-01-01 | 任伟新 | 任伟新 | 132 | 269 | 是 |
| 7 | Finite element model updating in structural dynamics by using the response surface method/ ENGINEERING STRUCTURES/ Ren WX(任伟新); Chen HB | 1.893 | 2010年32卷2455-2465页 | 2010-08-01 | 任伟新 | 任伟新 | 61 | 116 | 是 |
| 8 | [Finite element analysis of beam structures based on trigonometric wavelet](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168874X11002198)/ FINITE ELEMENTS IN ANALYSIS AND DESIGN/ He WY(贺文宇); Ren WX(任伟新） | 2.175 | 2012年51卷59–66页 | 2012-04-01 | 任伟新 | 贺文宇 | 8 | 18 | 是 |
| 备注： |