

# 公示材料

一、基本信息			
项目名称	中文	三轴向振动计量及原位校准关键技术研究	
	英文	Research on key technology of tri-axial vibration metrology and in situ calibration	
成果申报等级		<input checked="" type="checkbox"/> 一等奖 <input type="checkbox"/> 二等奖 <input type="checkbox"/> 三等奖	<input type="checkbox"/> 是否同意调级
主要完成人		蔡晨光、刘志华、陈红江、仝宁可、左爱斌、刘爱东、杨丽峰、于梅、杨明、郭天太	
主要完成单位		中国计量科学研究院、湖南省计量检测研究院、苏州东菱振动试验仪器有限公司、北京化工大学、中国计量大学	
推荐单位(盖章)		中国计量科学研究院	
奖项的主要项目来源		<input checked="" type="checkbox"/> 国家级 <input type="checkbox"/> 省部级 <input type="checkbox"/> 其他	
具体计划、基金的名称和编号：公益性行业科研专项项目“高精度振动校准方法及振动传感器检定装置研发”，201410009			
成果的主要项目起止时间		起始： 2014-1	完成：2018-9
组织验收/鉴定单位		国家市场监督管理总局	
成果登记号	G2020-079	成果登记时间	2020 年 09 月 07 日

## 二、奖项简介

振动传感器广泛用于空间站、桥梁、高铁等高端装备和大型设施的健康监测，实际力学测量环境为复杂的空间三维矢量振动。传统单轴向振动校准技术只能复现一维直线振动，无法复现空间三维矢量运动，只能校准几何轴灵敏度等标量参数，无法校准空间灵敏度矢量参数，难以实现空间三维矢量振动的准确测量。传统振动计量技术也不能解决振动传感器的原位校准问题，无法保障健康监测数据的准确性和有效性。针对这一领域性问题，通过技术创新解决了三轴向振动计量存在的三个主要难题，形成了接近实际力学测量环境的振动量值溯源体系，验收专家组一致认为：**研究成果达到了国际领先水平。**

### 创新点：

1) 针对几何轴灵敏度等标量参数无法准确描述空间三维矢量模型的难题，**首次提出了空间运动轨迹激励的灵敏度矢量校准方法**，建立了空间运动轨迹合成与分解的数学模型和振动传感器的空间敏感模型，攻克了三维空间灵敏度矢量校准技术，主持修订了国际标准 ISO 16063-1，统一了国际上横向振动的定义和测量方法，正在主持修订 ISO 16063-31，不但打破了国外的技术壁垒，还解决了振动传感器的原位校准难题，研制了多种具有原位校准功能的振动传感器，并主持制定了国际上第一项振动传感器原位校准的国际标准 ISO 16063-45。

2) 针对三轴向振动台耦合干扰大、控制算法复杂的难题，**研制了国际上首套气浮三轴向标准振动台**，提出了实数域自适应迭代控制算法，给出了谱密度矩阵半正定的一个明确的复相干约束，消除了外界干扰和系统非线性，实现了空间三维矢量运动轨迹的复现，将三轴向振动台的耦合干扰抑制到了 1% 以下。

3) 针对三路激光干涉信号同步采样数据量大、时间延迟影响相位校准精度的难题，**发明了时间延迟和相频响应修正的三轴向激光绝对法振动测量技术**，实现了空间三维矢量振动的准确测量，研发了激光绝对法三轴向振动标准装置，三维加速度测量范围达到了  $(0.02 \sim 20) \text{ m/s}^2$ ，频率范围达到了  $5.0 \text{ Hz} \sim 1.6 \text{ kHz}$ ，幅值和相位测量不确定度达到了 0.5% 和  $0.5^\circ (k=2)$ ，技术指标为国际最好水平。

**主要成果：**研制新仪器 9 套，主持制修订国际标准 3 项（已发布 2 项），获授权发明专利 14 项（美国 1 项）、软件著作权 8 项，发表论文 30 余篇（SCI 收录 8 篇，其中一区 TOP 和二区 TOP 各 1 篇，EI 收录 20 篇），培养博士后 2 名、博士 1 名、硕士 6 名。曾获 2020 年度中国计量测试学会科学技术进步一等奖。

**取得效益和推广应用情况：**研究成果已应用于空间站、地震烈度速报与预警、高速铁路等国家重大工程，解决了空间灵敏度矢量的校准难题，实现了空间三维矢量振动的准确测量。为德国 PTB 开发了三轴向振动控制系统，**提升了 PTB 的多分量振动控制和校准能力，实现了向先进国家计量院的技术输出。**通过主持制修订国际标准，实现了新型校准技术的国际应用，推动了国内相关产业升级，提升了我国相关产品的国际竞争力，间接经济效益超过了 10 亿元。研究成果已批量生产，实现了成果转化，近三年的直接经济效益超过了 1 亿元。