

公示材料 6:

2019年国家科技进步奖提名项目公示

一、项目名称

大型起重装备安全健康风险测控关键技术与成套系统

二、提名者及提名意见

提名者：国家市场监督管理总局

提名意见：起重装备是港口运输、工业生产、城市发展等必不可少的重要基础设施。我国起重装备保有量和最大起重量均居于世界第一位。本项目是国际上首次系统建立的起重装备全生命周期安全健康风险测控研究成果，突破了起重装备制造质量和运行保障的技术瓶颈，为我国甚至国际上在大型起重装备设计、制造和运行管理等风险管控上做出了关键性的贡献。本项目发展了大型起重装备安全健康风险测控关键技术与系统，授权发明专利 33 项，软件著作权 33 项，获得国家、行业等标准 18 项，取得了国际领先的成果，全面提升我国起重装备制造质量和运行保障水平，引领国际起重装备智能制造的创新与发展。

本项目研究的创新性技术、方法和系统中“起重装备全生命周期风险识别管控基础理论”在国际上首次解决了起重装备全生命周期风险因素识别与评价理论方法问题；“面向设计制造的起重装备关键部件安全性能测试装备”包括起重装备抗风防滑试验平台和制动器性能测试系统，系国内外最大，彻底解决了大型起重装备抗风防滑试验、制动器性能测试不足的难题；“面向运行的起重装备安全健康高可靠性监测系统”发明了高灵敏度、高可靠性应力监测传感器，解决了大型起重装备高可靠在线健康监测问题；“面向维护的起重装备健康诊断与故障预测方法”解决了国际上起重装备结构与机构健康状态诊断与早期故障预测难题；“起重装备全生命周期数据集成管理系统”基于设计、制造、运维等全生命周期数据，首次实现了起重装备健康状态诊断、故障趋势预测以及预知维修决策等远程服务功能，具有国际领先水平。项目成果在起重装备制造企业、特检机构等进行了应用，全面提升了我 国起重装备制造业国际竞争力，保障起重装备安全

健康可靠运行。

经审查，本项目推荐材料真实有效。本项目在起重装备安全健康风险测控理论和技术上有重大创新，解决了起重装备设计、制造和运维等过程的关键技术问题，全面提升了我国起重装备制造质量和运行保障水平，具有重大的社会效益。

鉴于以上所述，提名该项目为国家科技进步奖二等奖。

三、项目简介

起重装备是港口运输、工业生产、城市发展等必不可少的重要基础设施。截止 2017 年底，我国现有起重装备 223.75 万台，无论装备数量还是起重量均居于世界第一位，其中上海振华港机更是占全世界港口起重设备的 80% 以上。总体来说，我国是起重装备制造大国，但远不是制造强国，无论是设计、制造水平还是运行管理模式，与西方发达国家相比，还有相当大的差距，企业大而不强、运行事故频发的现象十分突出，万台设备事故率仍是西方国家的 4-6 倍，这与我国国际地位不相适应。因此，发展大型起重装备安全健康风险测控技术与系统，落实中国制造 2025，全面提升我国起重装备制造质量和运行保障水平，重大意义、影响深远。经过十多年的研究，项目主要创新如下：

(1) 创建了起重装备全生命周期风险识别管控基础理论。首次提出了起重机械重大事故隐患判定标准，开发了全生命周期风险因素数据库，创建了起重机械风险分级指标体系及数学模型，形成了起重机械风险分级管控模式与系统，创新性地建立了起重装备基于风险监管（RBS）的理论模型及方法体系。**(2) 发明了面向设计制造的起重装备关键部件安全性能测试装备。**自主研发了国内最大的起重装备抗风防滑试验平台和制动器性能测试系统，彻底解决了大型起重装备抗风防滑试验、制动器性能测试不足的难题，全面提升了起重装备质量控制水平，达到国际先进水平。**(3) 发明了面向运行的起重装备安全健康高可靠性监测系统。**发明了光纤传感器制作、标定方法等，研制了高灵敏度光纤光栅传感器；攻克了不依赖 GPS 的无线同步网络协议技术，研制了高精度无线应变传感装置，系国内首创。研制了大型起重装备健康监测系统，并建立了相应的国家标准。**(4) 建**

立了面向维护的起重装备健康诊断与故障预测方法。发明了桥式起重机当量载荷谱获取方法,首次提出了起重装备结构健康状态分级诊断方法;系统解决了二维、三维裂纹扩展预测关键问题的高精度求解方法。发明了复杂状态下早期故障低信噪比弱信号处理方法,并建立了融合预测模型,解决了早期故障预报难题。(5) 研制了起重装备全生命周期数据集成管理系统。系统建立了起重装备全生命周期数据统一模型,研发了产品全生命周期数据集成管理系统,并在港口自动化码头起重装备进行应用,首次实现了基于动静态数据融合的健康状态诊断、损伤识别、故障趋势预测以及预知维修决策等功能,具有国际领先水平。(6) 建立了起重装备安全健康管控标准体系。建立了起重装备载荷及载荷组合设计原则、结构能力验证、安全监控、健康监测、状态诊断、故障预测、报废条件以及产品生命周期管理等技术标准体系,为大型起重装备安全健康风险测控技术与系统推广应用提供了良好的条件。

项目授权发明专利 33 项,软件著作权 33 项,获得国家、行业等标准 18 项,出版专著 7 部,发表论文 150 篇。项目成果均已通过鉴定,并进行了广泛应用,为企业带来了经济效益 2 多亿元,社会效益巨大。项目成果获得原国家质检总局、中国机械工业科学技术奖等省部级或行业学会、协会科技奖一等奖 6 项。

四、客观评价

1、项目验收与成果鉴定评价

(1) “十二五”国家科技支撑计划课题“基于风险的特种设备安全监管关键技术(编号:2011BAK06B06)”鉴定意见:

以刘仁怀院士和潘际銮院士为组长的专家组一致认为“建立了特种设备事故隐患数据库,提出了基于风险的安全监管理论及应用模式,确立了主要生命过程(使用运行过程)的关键风险因素的可接受准则和标准。建立了特种设备风险的三维定性评价模型及定量分析模式,构建了 8 类设备固有风险和现实风险评估指标体系及分级方法,以及各类风险评价分级模型及方法,实现基于风险的设备分类。建立了特种设备分类监管信息技术平台,实现了基于风险的设备分类、企业分类等管理功能;设计开发了基于 RFID 的起重机械风险分析仪和基于物联网的起重机械风险管理平台,解决了设备风险计算基础数据快速采集、分析、统计、

排序等问题，为实现基于风险的设备分类监管提供了条件。该成果总体达到国际先进水平，一致同意通过验收。”

(2) “十一五”国家科技支撑计划课题任务“基于光纤传感技术的起重机械健康监测技术（编号：2009BAK58B02-04）”鉴定意见：

以张钟华院士为组长的专家组一致认为“该项目提出了适用于起重机械健康监测的光纤光栅传感技术和解调技术，研制开发了相应的光纤光栅传感器和解调设备，并进行了性能测试，测试结果表明，该设备的特点为数据传输方便、抗干扰能力强，能满足起重机械应力应变监测的性能要求。该项目成果为开展起重机械应力应变监测提供了新的技术方法和手段，研究成果总体上达到了国际先进水平，具有显著的经济效益和社会效益。”

(3) 国家 863 计划课题“大型复杂起重装备全生命周期数据集成管理与应用技术（编号：2015AA043702）”鉴定意见：

以耿荣生教授为组长的专家组一致认为“研究成果填补了我国大型复杂起重装备企业全生命周期数据集成系统化管理与应用技术的空白，并在上海振华重工股份有限公司等大型骨干企业开展了示范应用，为提升我国大型复杂起重装备产品质量和安全可靠性奠定坚实的技术基础，研究成果总体上达到国际先进水平，在起重装备数据集成应用方面处于国际领先水平。”

(4) 质检公益性行业科研专项项目“基于光纤声发射传感器的大型起重机械局部损伤监测技术”（编号：201010031）鉴定意见：

以张钟华院士为组长的专家组一致认为“提出了起重机械局部损伤声发射监测信号的光纤传输技术、电光转换技术和光纤声发射信号处理技术等，设计并研制了基于光纤声发射传感器的起重机械局部损伤监测系统，实验和现场应用结果表明，该系统能够满足起重机械局部损伤监测的要求，并具有抗干扰能力强、信号传输距离远等优点。该项目研究为开展起重机械局部损伤远程监测提供了新的技术方法和手段，研究成果总体上达到了国际先进水平。”

(5) 国家质检总局科技计划项目“基于无线传感网络的起重机械健康监测方法（编号：2010QK412）”鉴定意见：

以张钟华院士为组长的专家组一致认为“提出了起重机械应变数据的无线传输技术，设计开发了相应的传感装置。设计并开发了基于无线传感网络的起重机械

械健康监测系统，能满足起重机械安全管理要求。该项目研究为开展起重机械局部损伤远程监测提供了新的技术方法和手段，研究成果总体上达到了国际先进水平。”

(6) 国家 2013 年智能制造装备发展专项 “智能化集装箱码头成套装卸系统” 验收意见：

以孟光教授为组长的验收专家组一致认为“项目研制了岸桥装卸系统、自动化水平运输系统、智能化场桥堆放与装卸系统、装卸设备调度和协调控制系统、作业计划系统和设备远程控制和智能维护系统，完成了规定的研究任务，达到了相应的考核指标，形成了智能化集装箱码头装卸系统成套技术和装备。已成功应用于厦门远海集装箱码头 14#泊位自动化装卸系统，对我国自动化集装箱码头的建设和现有集装箱码头的自动化该有具有示范意义。”

2、产品测试报告

项目成果光纤光栅应变传感器、光纤光栅温度传感器、光纤光栅解调仪通过了上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心的测试。复杂起重装备全生命周期数据集成管理系统通过了具有国家软件测试资格的第三方测试单位上海市软件评测中心有限公司的测试。复杂起重装备安全监控与预警管理系统、复杂起重装备健康监测与预报管理系统通过了具有国家软件测试资格的第三方测试单位中恒达（北京）软件测评科技有限公司的测试。

3、学术评价

(1) 国际顶级计算力学方面学术期刊 “International Journal for Numerical Methods in Engineering” 对 “A New Coupling Technique for the Combination of Wavelet Galerkin method with Finite Element Method in Solids and Structures” 的评价：“A new coupling technique for the combination of wavelet Galerkin method with finite element method in solids and structures” is well written and will be of interest to the readers of IJNME. The derivations appear to be complete, correct, and clear, there are a number of validation cases in 2D and 3D, and the topic is relevant to the goals of the journal.

(2) 项目成果形成的著作《基于大数据的起重装备服役健康管理》列入“十三五”国家重点出版物出版规划项目，2018 年底已出版。

(3) 项目成果形成的著作《机械装备金属结构设计》列入“十三五”国家重点出版物出版规划项目现代机械工程系列精品教材，2018年底已出版。

(4) 项目成果“起重机械风险管控技术”分别入选百度百科词条（①RBS理论，②宏观安全风险）和中国大百科全书（第三版）词条（风险管理及评价部分共40条）。

4、科技成果奖励

项目主要研究成果先后获得2010年国家质检总局科技兴检奖一等奖、2013年中国机械工业科学技术奖一等奖、2015年中国特种设备检验协会科技奖一等奖、2016年中国职业安全健康协会科技奖一等奖、2016年中国检验检疫学会科技奖一等奖和2016年中国产学研合作创新成果奖一等奖等六项。

五、推广应用情况

5.1 推广应用情况

项目围绕大型起重机械安全健康风险管控的需求开展深入研究与技术创新，在起重装备风险评估、安全性能测试装备、结构健康监测系统、健康状态诊断与故障预测方法以及全生命周期数据集成管理系统等方面形成了一系列具有重要理论和工程应用价值的研究成果，这些成果已在起重装备相关工业部门进行了推广应用。具体推广应用情况如下：

(1) 应用于大型起重装备制造企业：上海振华重工（集团）股份有限公司是全球最大的港口装卸设备制造商，占全球装卸港口设备的82%，是上海市重型装备制造基地。集团公司各部门高度重视项目成果的应用工作，公司标准化与信息化部运用数据集成系统对全球港口设备日常运行数据和状态数据进行集成管理；产品服务中心运用集成数据对全球港口起重装备开展健康状态诊断、故障趋势预测等远程运维服务；陆上重工设计院、工艺革新处分别数据集成系统开展基于运维信息的产品优化设计、优化制造工作。项目成果全面提升了公司产品的国际竞争力和制造服务水平，为集团公司由“生产制造”向“制造服务”转型提供了强大的技术支撑。

(2) 应用于起重装备产品质量监督检验机构：国家起重装备产品质量监督

检验机构运用项目研制的起重装备抗风防滑试验平台、制动器性能测试系统为上海振华重工、南京港机重工等大型起重装备制造企业的关键部件开展型式试验工作，确保产品性能质量满足大型起重装备制造要求。

(3) 应用于检验检测机构：项目成果已在全国 10 余家省市特检机构得到成功的推广应用，并为 100 多家冶金、港口企业和起重机制造商的 2 万多台的起重设备直接提供风险评估、检测评价等技术服务工作，产品覆盖了北京、上海、江苏、福建、新疆、宁夏等 20 个省级行政区域。

(4) 应用于仪器设备制造商：国内知名的传感器、仪器设备制造商和系统集成商，如上海拜安传感技术有限公司、北京必创科技股份有限公司、上海思普信息技术有限公司等普遍采用本项目的研究成果进行新产品、新工艺设计和产品制造工作。

5.2 社会效益

本项目创新性研究成果，不仅给我国起重装备制造企业、产品质量监督机构、检验检测机构以及起重装备使用单位等带来显著的经济效益，而且产生了巨大的社会效益。具体社会效益如下：

有力提升了政府监管效能。项目成果促进了我国起重机械安全健康风险监管的理论创新以及安全监管技术方法体系的完善和效能的提升，实现了起重装备安全监管三个转变，变固有危险监管为现实风险监管、变静态监管为动态监管、变事后的被动监管为超前的主动监管，极大提升了我国起重装备安全监管水平。

有力提升了装备制造质量。大型复杂起重装备全生命周期数据集成管理系统的应用，全面提高了我国起重装备制造设计、制造、运维信息化管理水平，缩短新产品研发周期，通过设计、制造、运维闭环数据系统，可促进起重装备制造企业根据设备故障信息进一步优化设计、制造工艺，全面提升起重装备产品质量，增强产品国际竞争力，有利于加速推动我国起重装备由制造大国向制造强国迈进。

全面提高了检验检测效率。我国起重装备数量不断增大，起重装备年增长率达到 12% 以上，年新增起重装备近三十万台，设备数量的不断增加与检验检测人员基本不变的矛盾越来越突出。项目风险识别监管理论及具体监测技术方法，可

帮助检验检测机构掌握起重机械整体风险状况，制定科学高效的检验计划，合理调配检验资源，有效解决当前所面临的人机矛盾日益突出的问题。

全面提高了安全保障水平。项目形成的技术标准体系向全社会公开，极大地推动了我国起重装备安全技术进步，全面提高了起重装备安全保障技术水平。通过对起重装备实施安全监控和健康监测等技术手段，不仅能及时了解起重装备安全健康状况，而且能对起重装备故障演化趋势进行及时预测、早期预防，指导企业开展预知维修工作，大大降低了事故率。

六、主要知识产权证明目录

[1] 中国国家标准，无损检测 基于光纤传感技术的设备健康监测方法，GB/T 33218-2016，2017-04-01，中国特种设备检测研究院（丁克勤、陈伟民、陈光等），现行；

[2] 中国发明专利，基于 RFID 的起重机械风险分析系统及方法，ZL 201210102508.3，2016-06-01，中国特种设备检测研究院（丁克勤等），有效；

[3] 中国发明专利，桥式起重机当量载荷谱获取及疲劳剩余寿命估算方法，201110267056.X，2013-06-05，太原科技大学（范小宁、徐格宁等），有效；

[4] 中国发明专利，光纤应力/应变传感器件无胶连接方法，ZL201010250217.X，2011-11-09，重庆大学（陈伟民等），有效；

[5] 中国国家标准，起重机 金属结构能力验证，GB/T 30024-2013，2013-11-27，太原科技大学（徐格宁等），现行；

[6] 中国发明专利，一种面向复杂机电设备低信噪比信息的早期故障预测方法，ZL201310359750.3，2016-04-06，北京信息科技大学（徐小力、任彬等），有效；

[7] 中国发明专利，一种制动器静制动力矩试验台，ZL 201210104397.X，2012-11-28，上海特种设备监督检验技术研究院（吴峰崎等），有效；

[8] 中国发明专利，一种起重机械金属结构健康监测方法.ZL 201310152750.6，

2016-01-20, 广州特种机电设备检测研究院 (黄国建等), 有效。

七、主要完成人情况

丁克勤, 排名 1, 部门主任/研究员, 中国特种设备检测研究院。

对本项目贡献: 负责项目的提出、总体技术路线和实施方案的制定, 提出了起重装备安全健康风险测控关键技术、方法与系统, 主持制定标准 8 项。对项目创新点 1、2、3、4、5、6 有主要贡献。在该项目中投入工作量达 80 %。

徐格宁, 排名 2, 原副校长/教授, 太原科技大学。

对本项目贡献: 提出了起重装备疲劳损伤预测方法, 发明了起重机当量载荷谱获取及疲劳剩余寿命估算方法等。对项目创新点 4、6 有主要贡献。在该项目中投入工作量达 80 %。

罗云, 排名 3, 中心主任/教授, 中国地质大学。

对本项目贡献: 提出了起重装备全生命周期风险识别评价理论与方法, 著作 2 部。对项目创新点 1 有主要贡献。在该项目中投入工作量达 80 %。

陈伟民, 排名 4, 实验室主任/教授, 重庆大学。

对本项目贡献: 提出光纤光栅传感系统可靠性技术与方法, 发明了光纤应力/应变传感器件无胶连接方法等, 参与国家标准制定 1 项。对项目创新点 3 有主要贡献。在该项目中投入工作量达 80 %。

徐小力, 排名 5, 实验室主任/教授, 北京信息科技大学。

对本项目贡献: 发明了复杂状态下的早期故障低信噪比弱信号处理方法, 提出了故障征兆量的弱信号分析法和不确定信号处理方法。对项目创新点 4 有主要贡献。在该项目中投入工作量达 60 %。

刘亚男, 排名 6, 博士/高级工程师, 中国特种设备检测研究院。

对本项目贡献: 提出了求解二维及三维裂纹扩展预测关键问题的数值方法, 为大型起重装备结构裂纹扩展预测提供更精确可靠的支撑。对项目创新点 4 有主要贡献。在该项目中投入工作量达 60 %。

陈光，排名 7，博士/高级工程师，中国特种设备检测研究院。

对本项目贡献：提出大型复杂起重装备结构应力状态光纤光栅监测技术与方法，设计专用光纤光栅应变传感器，参与制定国家标准 2 项。对项目创新点 3、6 有主要贡献。在该项目中投入工作量达 80 %。

杨宇华，排名 8，院长/高级工程师，上海振华重工（集团）股份有限公司。

对本项目贡献：参与提出了起重装备全生命周期数据集成管理系统设计方案和示范方案，提出了智能化集装箱码头装卸系统成套技术和装备方案。对项目创新点 5 有主要贡献。在该项目中投入工作量达 50 %。

吴峰崎，排名 9，博士/教授级高工，上海特种设备监督检验技术研究院。

对本项目贡献：参与设计研制了国内最大的起重装备抗风防滑试验平台和制动器性能测试系统。对项目创新点 2、6 有主要贡献。在该项目中投入工作量达 60 %。

黄国建，排名 10，博士/教授级高工，广州特种机电设备检测研究院。

对本项目贡献：发明了起重机结构监测安全预警阈值动态调整方法等，参与制定国家标准 1 项。对项目创新点 3、6 有主要贡献。在该项目中投入工作量达 60 %。

八、完成人合作关系说明

项目第一、二、三、五、六、七、八、九、十完成人是共同参加国家科技支撑计划项目或课题的有关人员，第一完成人是项目负责人。

第四完成人与第一、七完成人共同制定国家标准。

第五完成人与第一完成人是中国产学研合作创新成果奖的共同获得者。

项目骨干在同一个研究团队，长期从事该项目的研究。

上述情况属实，如有虚假愿意承担相应责任。