

山东省技术发明奖/科学技术进步奖提名公示

一、项目基本情况

提 名 者	山东省教育厅		
项目名称	高端装备数字化控制与智能运维关键技术及产业化应用		
主要完成人	王茂励，程广河，郝慧娟，高鹏，鲍劲松，丁青艳，张让勇，唐勇伟，徐海港，张海明，孔德斌，孙宗耀，李磊，张睿，孟庆龙		
主要完成单位	曲阜师范大学，山东省计算中心（国家超级计算济南中心），东华大学，山东时风（集团）有限责任公司，济南二机床集团有限公司，山东威达精工智能装备有限公司		
提名单位	山东省教育厅		
提名等级	一等奖		
通讯地址	济南市市中区舜耕路 60 号	邮政编码	250002
联 系 人	王勇	联系电话	18396867872
电子邮箱	wyong@shandong.cn	传 真	
提名意见： 该项目针对我国高端装备制造生产数据感知难、设备运维管控难、资源协调调度难、数字化转型服务匹配难等关键技术瓶颈，历经近十年技术攻关，研发了高端装备数字化控制与智能运维关键技术及系统，突破了云边协同工业数据融合与边缘智能管控、多模态大模型与深度学习协同故障诊断、知识图谱驱动的资源智能匹配推理、工业互联网平台安全与数据全生命周期保护等核心技术难题，构建了覆盖“智能感知-协同运维-资源调度-安全保障-服务平台”的技术创新体系。 项目成果已在山东时风集团、山东威达重工、济南二机床等企业应用实施，建成智能铸造集成生产线和机械箱体类零件自动化生产线及济南二机床柔性加工产线，在高档数控机床、纺织机械、专用车机器人焊接生产等行业推广应用，服务企业 5913 家。近两年新增销售收入 159913.70 万元，利润 9073.75 万元，税收 9314.76 万元，经济效益显著。山东时风集团铸造车间应用后生产效率提高 50%，成本降低 20.58%，济南二机床 D6 灯塔工厂加工装配效率提升 30%以上。 项目获授权发明专利 26 项、软件著作权 15 项，发表高水平论文 15 篇，有力推动了高端装备制造业数字化、智能化转型，对保障产业链安全稳定具有重大意义。 我单位认真审阅了该项目推荐书及其附件材料，确认真实有效，相关栏目符合填写要求。按照要求，我单位及完成人所在单位均进行公示，确认完成人、完成单位排序无异议。			

二、项目简介

高端装备制造业是国之重器，其数字化、智能化水平关系国家核心竞争力。然而，我国高端装备生产具有多品种、小批量、定制化特征，运行环境复杂多变，制造现场设备种类繁多、数据多源异构、通信协议多样，面临生产数据感知难、设备运维管控难、资源协调调度难、数字化转型服务匹配难等关键技术瓶颈，严重制约产业高质量发展。

本项目历经近十年技术攻关与产业实践，围绕高端装备数字化生产管理、制造服务化转型等数智化需求，系统开展了智能感知、数字化管控、设备故障诊断与远程运维等关键技术研究，突破了基于数字孪生协同进化的自适应控制、多智能体协同的故障检测与跨尺度诊断、复杂工况下设备维护与生产集成优化、知识图谱驱动的资源协同优化及数字化转型服务精准匹配等关键技术难题，研发了数字化转型解决方案应用推广公共服务平台，构建了装备状态监测与故障诊断、协同运维服务系统等核心功能模块，并建成了智能铸造集成生产线和机械箱体类零件自动化生产线完成应用验证，在高档数控机床、纺织机械等多个领域应用推广，形成了覆盖“智能感知-协同运维-资源调度-服务平台”的技术创新体系，提升了高端装备制造的数据感知能力、设备运维效率、资源利用率和数字化转型服务能力。

项目的主要创新如下：

(1) 突破了多协议智能安全接入与边缘协同管控技术，研制了可快速配置资源的边缘安全控制器，构建了“端-边-云”协同的智慧生产管控体系，在济南二机床柔性加工产线中得到应用验证，在重型数控加工车间实现了关键工序数字化精细化管控。

(2) 构建了“多智能体协同诊断-跨尺度信息融合”的设备协同运维技术体系，研发了基于工业互联网平台的设备故障诊断与协同运维系统，解决了复杂工况下故障精准识别难、维护与生产协同难等问题，实现了“故障诊断、维护决策、生产调度”的协同优化。

(3) 面向高端装备制造的数智化转型服务，构建了数字化转型解决方案应用推广公共服务平台，面向高档数控机床、纺织机械、农业机械等重点行业打造了涵盖解决方案开发、集成验证、推广交易、落地服务及平台安全防护等多环节的多样化平台服务产品，加速了数字技术与高端装备制造深度融合，打造了数据要素驱动的制造服务创新生态。

(4) 面向高端装备制造全流程的数据要素，攻克了加密恶意流量智能检测与主动防御技术、基于数字身份与可信数据空间的产业链数据协同管控与监测技术、面向制造过程的数据可信存证与全流程可追溯技术，构建了覆盖数据加密、传输存储安全、协同管控与监测的全生命周期数据安全防护体系，解决了高端装备制造数据“安全可控与高效流通”的协同难题。

项目研发的技术成果依托济南二机床集团有限公司、山东时风（集团）有限责任公司、山东威达精工智能装备有限公司等开展应用实施。近两年来，累计实现直接销售收入 159913.70 万元，实现利润 9073.75 万元、税收 9314.76 万元，经济效益良好。本项目获得授权发明专利 26 项，登记软件著作权 15 项，发表高水平论文 15 篇。

项目核心技术与成果已在高档数控机床、玉米收获机、专用车机器人焊接生产、纺织机械、柔版印刷装备、特种机电装备等高端装备制造行业推广应用，服务企业 5913 家。济南二机床大型高速冲压线应用项目成果后，大型高速冲压线的平均故障维修时间缩短了 20.2%，整线开动率由 95% 提升到了 97.6%。山东时风（集团）有限责任公司铸造车间应用项目成果后，生产效率提高了 50%，成本降低 20.58%，研发周期缩短 37.5%，产品不合格率下降 20%，产品利润提高 31.58%。

三、主要知识产权和标准规范等目录（限 10 件）

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（标准发布）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	第一完成人是否为发明人（标准起草人）	第一完成单位是否为权利人（标准起草单位）
发明专利	软件定义型控制系统及控制方法	中国	ZL201711098557.3	2021.3.2	4283164	山东省计算中心（国家超级计算济南中心）	王茂励；孙瑞瑞；郝凤琦；唐勇伟；赵晓杰；李成攻；郝慧娟	有效	是	否
发明专利	一种非实时数据传输方法、装置及存储介质	中国	ZL202211731140.7	2024.4.2	6849306	曲阜师范大学	王茂励；王康；张博文；张新常；臧小东；高鹏	有效	是	是
发明专利	基于物联网的定位数据优化存储方法及系	中国	ZL202310722192.6	2023.8.25	6268282	曲阜师范大学	寻建晖；刘龙智；王茂励，徐娟	有效	是	是

发明专利	一种网络数据卸载方法及装置、计算机存储介质	中国	ZL202110359686.3	2022.8.2	5354021	曲阜师范大学	张国威, 王茂励, 杨旻, 臧小东	有效	是	是
发明专利	一种基于声音信号的带式输送机故障诊断方法	中国	ZL202110651133.5	2022.06.17	5239514	曲阜师范大学	李磊; 孙永明; 张立华; 王化建; 卢立晖; 孙芝强; 陈金健	有效	否	是
发明专利	一种工业安全PLC控制器的安全控制方法	中国	ZL2010601459.2	2021.08.20	第4628948	山东省计算中心(国家超级计算济南中心)	程广河, 孙瑞瑞, 郝凤琦, 孟庆龙, 张让勇, 郝慧娟, 杜志伟	有效	否	否
发明专利	一种面向工业互联网平台的智能推荐系统	中国	ZL202210439549.5	2025.4.25	7896190	山东省计算中心(国家超级计算济南中心)	顾然, 孟庆龙, 王丹, 丁文康, 杨天嘉, 袁慧苗, 王星, 程大全, 郭卫孟, 李成攻, 郝慧娟, 郝凤琦, 白金强, 程广河, 唐勇伟	有效	否	否

发明专利	基于自适应层次聚类 和 Subset 的机械 设备分	中国	ZL2022 104396 69.5	2025. 2. 11	7716619	山东省 计算中 心（国 家超级 计算济 南中 心），齐	袁慧苗,郝慧娟,王星星, 程大全,张让勇,白金强, 李成攻,郝凤琦,唐勇伟, 程广河,李娟	有效	否	否
发明专利	时变工 况下设 备机会 维护和 生产调 度集成 优化方	中国	ZL2019 111115 16 .2	2022. 11 . 04	5557677	东华大 学	肖雷, 汤俊萱, 鲍劲松	有效	否	否
发明专利	一种基 于知识 图谱驱 动的设 备资源 配置优 化方法	中国	ZL2019 113031 69 .3	2023. 07 . 25	6181227	东华大 学	周彬, 鲍劲松, 张启 万, 刘天元, 刘亚辉	有效	否	否

四、主要完成人及主要完成单位情况

主要完成人				
位次	姓名	工作单位	完成单位	对本项目贡献
1	王茂励	曲阜师范大学	曲阜师范大学	全面负责项目组织管理和整体方案设计，组织成果转化和推广应用。 对创新点一的贡献：提出基于 JDL 模型的云边协同工业数据融合架构，研制了边缘安全控制器的主动免疫单元与故障诊断单元，实现了三重安全机制； 对创新点三的贡献：参与数字化转型解决方案应用推广公共服务平台的架构设计与系统研发，完成了智能农机装备数字化控制关键技术研发及产业化示范； 对创新点四的贡献：研发了加密流量分类模型 BCBA，发明了定位轨迹数据优化存储方法，提出了隐私保护的边缘数据卸载方法。
2	程广河	山东省计算中心（国家超级计算济南中心）	山东省计算中心（国家超级计算济南中心）	对创新点一的贡献：研发了基于身份识别与统一消息空间的多协议智能安全接入技术，研制了可快速配置资源的边缘安全控制器。 对创新点三的贡献：完成了数字化转型解决方案应用推广公共服务平台的规划、方案设计、功能模块设计与实现。
3	郝慧娟	山东省计算中心（国家超级计算济南中心）	山东省计算中心（国家超级计算济南中心）	对创新点二的贡献：提出了多元时序异常智能检测与恢复、层级化智能故障诊断方法，完成基于工业互联网平台的设备故障诊断与协同运维系统规划、方案设计、功能模块实现。 对创新点三的贡献：参与面向数字化转型的智能推荐技术攻关和推荐系统开发。
4	高鹏	曲阜师范大学	曲阜师范大学	对创新点一的贡献：完成了边缘安全控制器的主动免疫单元与故障诊断单元研发。 对创新点四的贡献：研发了加密流量分类模型，参与基于数字身份与可信数据空间的产业链数据协同管控与监测模型、面向制造过程的多源异构数据可信存证模型构建。
5	鲍劲松	东华大学	东华大学	对创新点一的贡献：提出基于数字孪生的加工过程自适应控制方法和增量模型的数字孪生系统协同进化方法。

				对创新点二的贡献：提出时变工况下设备机会维护与生产调度的集成优化方法。 对创新点四的贡献：提出基于知识图谱的设备资源配置优化方法。
6	丁青艳	山东省计算中心（国家超级计算济南中心）	山东省计算中心（国家超级计算济南中心）	对创新点一的贡献：参与边缘安全控制器的技术攻关，参与智慧生产管控系统的开发。 对创新点三的贡献：参与面向数字化转型的智能推荐方法技术攻关，参与数字化转型解决方案应用推广公共服务平台的研发。
7	张让勇	山东省计算中心（国家超级计算济南中心）	山东省计算中心（国家超级计算济南中心）	对创新点一的贡献：参与可编程控制器的安全控制方法及安全控制器的技术攻关，参与安全控制器软件系统研发。 对创新点二的贡献：参与基于工业互联网平台的设备故障诊断与协同运维系统的研发。 对创新点三的贡献：参与数字化转型解决方案应用推广公共服务平台开发。
8	唐勇伟	山东省计算中心（国家超级计算济南中心）	山东省计算中心（国家超级计算济南中心）	对创新点一的贡献：参与安全控制器软件系统研发。 对创新点二的贡献：参与基于工业互联网平台的设备故障诊断与协同运维系统的研发。
9	徐海港	山东时风（集团）有限责任公司	山东时风（集团）有限责任公司	对创新点四的贡献：负责静压造型、数控混砂、机器人搬运、下芯、数字化配料电熔炼等工部一体化智能控制系统的研发，参与智能铸造工部和生产线建设、数字化管理体系构建。
10	张海明	济南二机床集团有限公司	济南二机床集团有限公司	对创新点一的贡献：提出了数控机床多源异构数据获取方法，为“端-边-云”协同管控体系中的数据接入提供了底层支撑； 对创新点二的贡献：完成基于数字孪生技术的大型高速冲压线设备状态监控及智能维护系统研发，为多智能体协同诊断方法提供了工程验证场景。 对创新点三的贡献：参与济南二机床禹城智能工厂建设，参与部署了 MOM 智能执行系统与智能仓储与柔性自动生产线，为项目公共服务平台的全流程数字化服务能力提供了工程实践参考。
11	孔德斌	山东威达精工智能装备有限公司	山东威达精工智能装备有限公司	对创新点四的贡献：负责机械箱体类零件智能化柔性加工单元与自动化生产线的研发、部署与实施，参与数字化管理体系构建。
12	孙宗耀	曲阜师范大学	曲阜师范大学	对创新点二的贡献：提出了多智能体系统鲁棒自适应容错一致性跟踪控制方法，解决了系统在未知有界扰动和执行器输入故障条件下的一致性问题的。
13	李磊	曲阜师范大学	曲阜师范大学	对创新点二的贡献：研发了基于声音信号的装备故障诊断技术，建立了支持向量机与 D-S 证据理论融合的故障分类模型，为多智能体协同诊断方法在关键装备上的应用提供了技术支撑。 对创新点四的贡献：参与工业互联网安全与数据隐私保护关键技术研究，为项目加密恶意流量检测与数据安全防护方法提供了理论支撑与实验验证。

14	张睿	曲阜师范大学	曲阜师范大学	对创新点四的贡献：参与工业互联网数据安全共享与隐私保护关键技术研究，参与加密流量分类模型、多源异构数据可信存证模型的构建，为项目工业互联网平台数据安全共享与可信数据管控提供了技术支撑。
15	孟庆龙	山东省计算中心（国家超级计算济南中心）	山东省计算中心（国家超级计算济南中心）	对创新点三的贡献：参与工业互联网平台的智能推荐方法技术攻关和系统研发。 对创新点四的贡献：与企业合作，参与智能铸造集成生产线互联互通系统的部署、实施。
主要完成单位情况				
位次	单位名称	对本项目贡献：		
1	曲阜师范大学	曲阜师范大学作为项目第一完成单位，全面负责项目总体规划、技术路线制定与组织实施，依托工业互联网安全技术山东省工程研究中心、山东省物联网信息技术工程实验室等省级科研平台，组织各参与单位完成了关键技术攻关、应用开发与实施推广工作，为本项目科研创新、成果转化提供了全方位的支持。 主要完成了： （1）突破了云边协同工业数据融合与边缘智能管控技术，研制了可快速配置资源的边缘安全控制器主动免疫单元与故障诊断单元； （2）工业互联网安全与数据隐私保护关键技术攻关，研发了基于 BERT-CNN-BiLSTM-多头注意力串行架构的加密流量分类模型 BCBA 及基于生成对抗增强与孪生网络的钓鱼检测方法，构建了覆盖数据采集、传输、存储、共享的工业互联网多层次纵深防御体系，解决了加密恶意流量检测难、视觉同形规避攻击识别难等难题； （3）提出了多智能体系统鲁棒自适应容错一致性跟踪控制方法，解决了多智能体协同故障诊断与运维决策系统在未知有界扰动和执行器输入故障条件下的一致性问题的。 （4）研发了基于声音信号的装备故障诊断技术，建立了支持向量机与 D-S 证据理论融合的故障分类模型，为多智能体协同诊断方法在关键装备上的应用提供技术支撑。 在项目实施过程中，获授权发明专利 18 项，登记软件著作权 15 项，发表高水平论文 15 篇。与山东省计算中心、济南二机床集团游侠你公司、山东时风（集团）有限责任公司、山东威达精工智能装备有限公司等合作完成了项目技术成果的工程化应用示范与产业化推广，项目核心技术与成果已在高档数控机床、纺织机械、智能农机等高端装备制造行业推广应用，形成了“平台运营方+技术服务商+转型企业”多元制造服务生态网络，有效支撑了高端装备制造业数智化转型与高质量发展。		
2	山东省计算中心（国家	山东省计算中心（国家超级计算济南中心）作为本项目第二完成单位，从项目启动之初就与第一完成单位建立了良好的合作关系，为本项目科研创新、成果转化提供了全方位的算力资源与基础条件支持。		

	超级计算济南中心)	对本项目科技创新方面的主要贡献为： (1) 突破了多协议智能安全接入与边缘协同管控技术，研发了边缘安全控制器，构建了智慧生产管控系统； (2) 研发了多元时序异常智能检测与层级化故障诊断技术，构建了基于工业互联网平台的设备协同运维体系，解决了复杂工况下故障精准识别与运维决策难题； (3) 构建了数字化转型解决方案应用推广公共服务平台，形成“平台运营方+技术服务商+转型企业”多元制造服务生态网络，实现了制造服务资源的精准匹配与高效转化，提供数智化转型服务。 在应用推广方面，依托国产超算自主可控生态、“山东算网”平台数字化转型解决方案应用推广公共服务平台，推动项目成果在高档数控机床、纺织机械、智能农机、冲压生产线等高端装备制造行业的应用推广，取得了良好的经济和社会效益。 本单位获得授权发明专利 18 项、软件著作权 15 项，发表 SCI 一区论文 5 篇。
3	东华大学	作为本项目第三完成单位，从 2018 年起就与第一、二完成单位建立了良好的合作关系，为本项目科研创新、成果转化提供了全方位的技术支持。 对本项目科技创新方面的主要贡献为： (1) 提出了时变工况下设备机会维护和生产调度集成优化方法和基于知识图谱与多智能体引导的资源智能匹配推理方法，协助完成基于工业互联网平台的设备故障诊断与协同运维系统开发； (2) 提出基于数字孪生的加工过程自适应控制方法，协助完成智慧生产管控系统研发； (3) 提出基于知识图谱驱动的设备资源配置优化方法，协助构建了“知识建模-协同决策-动态调度”一体化的全局资源调度体系； 在应用推广方面，协助第一完成单位对本项目研究成果进行了推广应用，取得了良好的经济和社会效益。 本单位获得相关授权发明专利5项，发表SCI一区论文10篇。
4	山东时风（集团）有限责任公司	山东时风（集团）有限责任公司是集商用车、农业装备、化纤轮胎等产业于一体的大型企业集团，建有国家级企业技术中心和博士后科研工作站，入选工信部智能制造试点示范项目及国家级工业设计中心，在高端装备制造领域具有深厚的产业基础，作为本项目核心

		应用、成果推广单位，自2018年起与第一、二完成单位建立了良好的合作关系，为本项目成果转化提供了全面的工业场景与产线条件支持。 对本项目科技创新的贡献主要为：技术研究及开发。 主要完成了：综合项目的研究技术，针对铸造车间各工部不联通、生产管控存在盲点、关键环节智能化程度低等数智化转型痛点，完成了“核心装备更新-异构互联互通-生产协同管控”铸造智能化解决方案的落地实施，建成了覆盖砂处理、成型、浇注、精整的全流程智能铸造集成生产线，实现了多精密铸件柔性数字化生产，建成智能铸造生产线，实现生产计划动态调度、物料需求与平衡、产品品质管控、设备管理与可靠性运维管理，提高了铸造行业精细化管理水平和生产效率，降低成本，缩短产品研发周期，提升经济效益。 在应用推广方面，协助第一完成单位对本项目研究成果进行了推广应用，铸造车间应用项目成果后，生产效率提高了50%，成本降低20.58%，研发周期缩短37.5%，产品不合格率下降20%，产品利润提高31.58%，为项目技术成果在高端装备制造行业的工程化验证与规模化推广提供了示范效应，获得了显著的经济和社会效益。
5	济南二机床集团有限公司	济南二机床集团有限公司是国内机床行业重点骨干企业、国家高新技术企业，完成了600多个国家首台套研制任务，大型快速高效数控全自动冲压生产线项目，入选国家专项十大标志性工程，被誉为“世界三大数控冲压装备制造商”之一，被国务院授予“重大技术装备领域突出贡献企业”，入选全国制造业单项冠军示范企业。 对本项目科技创新方面的主要贡献为： （1）提出了数控机床多源异构数据获取方法，为“端-边-云”协同管控体系中的数据接入提供了底层支撑； （2）综合项目研究技术成果，针对高档数控机床制造过程中设备运维管控难、故障精准识别难等数智化转型痛点，完成了基于数字孪生的设备状态监控及智能维护系统J_IMS的落地实施，作为结构化数据底座与知识检索来源，为大语言模型驱动的多智能体协同推理提供数据与知识支撑。 在应用推广方面，对本项目研究成果在汽车、能源、轨道交通、工程机械等领域进行推广应用，为项目技术成果在高端装备制造行业的规模化应用与产业化推广提供了示范效应，获得了显著的经济和社会效益。

6	山东威达精工智能装备有限公司	山东威达精工智能装备有限公司是威达重工股份有限公司的全资子公司，是集高端装备与智能制造于一体的数字化、网络化、智能化工业母机企业，系国家级专精特新“小巨人”企业、全国机床工具行业30强、全国机床出口10强企业，产品销往全国31个省市以及欧、美、亚等70多个国家和地区。 在科技创新方面，针对箱体类零件复杂型面高位置精度和一坯多制品加工要求，协助完成了“单元优化设计-智能控制-物料输送-产线协同”柔性加工解决方案的落地实施，建成了机械箱体类零件智能化柔性加工单元与自动化生产线，开发了智能离散柔性制造信息管理系统，实现多类型、多品种的中小型箱体从铸（锻）件毛坯到成品的智能化混流生产和生产调度、任务管理、数据管理及过程控制的全流程数字化管控。 在应用推广方面，协助第一完成单位对本项目研究成果进行了推广应用，为项目技术成果在高端装备制造行业的规模化应用与产业化推广起到了示范效应，取得了良好的经济和社会效益。
---	----------------	---

