

关于提名 2019 年辽宁省科技进步奖的公示

项目名称：新型智能工业机器人关键技术研发与应用

一、提名者及提名意见：

提名者：沈阳市科学技术局

提名意见：

1. 该项目提名材料齐全完整，符合辽宁省科技奖申报要求。
2. 该项目主要创新点

(1) 突破了工业机器人环境感知关键技术，提出了三维物体智能检测与识别、视-力觉融合的多重碰撞保护方法，提高了机器人对作业对象与环境的感知、建模和规划能力；

(2) 攻克了工业机器人精准控制关键技术，提出了基于任务空间的机械臂位形和末端轨迹形状调整方法、基于力/位信息融合的高精度控制方法，推动了机器人在装配、磨抛等高精度复杂作业中的应用；

(3) 攻克了机器人系统智能决策关键技术，研发了多机器人集群协作与智能调度系统，实现了机器人个体任务的智能规划与组织调度；

(4) 创建了工业机器人智能应用体系，开发出国际先进水平的工业、协作、复合等新型智能机器人系列产品，建立了国内首条用机器人生产机器人的智能制造生产线。

3. 该项目成果已在汽车、电子、3C 等行业实现了大批量推广应用，抢占了机器人中高端市场，推动了我省乃至全国制造模式变革与发展，提升了国内制造业企业的智能制造水平和产业竞争力，支撑中国制造向高端制造迈进。近三年累计实现销售额 347424.23 万元，新增利润 86856.05 万元，创造间接经济效益逾 100 亿元，经济和社会效益显著。

综上，提名该项目参加 2019 年辽宁省科技进步一等奖评审。

二、项目简介

制造业是立国之本、兴国之器、强国之基。机器人是制造业皇冠顶端的明珠，是智能制造系统的关键核心装备，是创新支撑和引领制造强国建设的国之重器。掌握机器人系统关键技术，加强机器人与人工智能、新一代信息技术的深度融合，是提升国产机器人国际竞争力、保障国家制造业安全的重中之重。为提升我国机器人智能水平，解决机器人智能作业中的精确检测、精准控制、高效调度等瓶颈问题，项目团队历时近十年艰苦攻关，在机器人关键技术、产品开发、系统集成与应用等方面取得重大突破，推动了我国智能机器人技术与产业的快速发展。取得系统性创新和重大突破如下：

1、突破了工业机器人环境感知关键技术。创新性提出了三维物体智能检测与识别方法，为零件分拣、码垛堆叠等工业问题提供有效的自动化解决方案；首次提出了基于视-力觉融合的多重碰撞保护方法，建立了多级安全保护策略，确保人机协作的可靠性和安全性；率先攻克了复合机器人同步定位与环境建模技术，解决了复合机器人在非结构环境下的抗扰动能力差、场景建模速度慢等难题，提升了复合机器人任务调度与规划的感知能力。

2、攻克了工业机器人精准控制关键技术。率先提出了基于任务空间下力/位信息融合的高精度轨迹规划与控制方法，推动了机器人在装配、磨抛、焊接等高精度作业中的应用；提出了基于人体行为意图理解的反应式运动规划方法，在保障人机协作的安全性的前提下提高了生产效率；率先开发了基于视觉技术的自主编程作业系统，实现了机器人针对复杂工件表面作业的自动编程，提高了机器人的易用性。

3、攻克了机器人系统智能决策关键技术。开发了面向智能制造的先进排程系统，解决多任务、多约束条件的复杂生产流程中，企业资源浪费、排产效率低下等问题；研发了多机器人集群协作与智能调度系统，实现了在产品线部署过程中，对机器人个体任务的智能规划与组织分配；提出了动态场景中的机器人自主规划方法，解决了机器人导航、装配、分拣等过程中场景变换时机器人自主决策的技术难题。

4、创建了智能机器人应用体系。率先开发了基于多传感器融合的装配、磨抛、焊接、切割等 12 种机器人智能应用单元，广泛应用于汽车及零部件、家电等行业。

项目已获得授权发明专利 21 项，软件著作权 7 项，发表论文 18 篇。技术成果已大批量应用于安徽康佳、金杯汽车、重庆驰骋轻型汽车部件等多家国内知名汽车及零部件、电子等企业，提高了企业生产线自动化、智能化程度，使得在生产制造过程中，单纯由机器人替代人实现重复性、高强度作业，发展到替代人或协助人实现精细化、柔性化作业，极大提高了中国制造业水平。近三年累计实现销售额 347424.23 万元，新增利润 86856.05 万元，新增利润逾 8 亿元，创造间接经济效益逾 100 亿元，经济和社会效益显著。

三、客观评价：

1. 项目验收评价意见

国家科技重大专项“新型焊接工业机器人”、国家 863 计划“典型机器人产品产业化示范应用”、国家 863 计划“机器人模块化技术的典型行业应用示范”、国家 863 计划“汽车自动变速箱自动化装配生产线”等项目全部完成合同/任务书规定的任务及指标，通过验收。2016 年 12 月 09 日，中科院国有资产经营有限责任公司在沈阳组织召开中科院技术创新与产业化联盟研发专项“轻量一体化关节机器人技术攻关与样机研制”项目验收会，评审专家认定“…攻克了一体化关节与轻量化手臂设计、动态目标自主定位与抓取、智能编程、快速示教及虚拟仿真、复杂工件识别与视觉伺服等关键技术，开发出轻量一体化关节机器人工程样机及产品样机，完成了在电子元器件装备及医疗辅助行业的示范应用，研发成果居国内领先水平，达到国际同类产品的先进水平…，推进了我国新一代工业机器人技术的发展，提升了产业竞争力，…取得了良好经济和社会效益”。

2. 检测报告

(1)“一体化关节机器人”产品于 2016 年 09 月 26 日通过了“辽宁省电子信息产品监督检验院”针对产品性能、功能、电磁兼容性等方面的检测；

(2)“柔性多关节机器人”产品于 2018 年 11 月 23 日通过了“辽宁省电子信息产品监督检验院”针对产品性能、功能、电磁兼容性等方面的检测；

(3) 型号为 SR6C/SR10C 机器人产品 2016 年 11 月 2 日首个通过“中国机器

人认证 (CR) ” (TILVA201627001-01/001);

(4) 型号为 SRH6B、SRD165A、SRD210B、SR35/50、SRC10/20、SRC6、SR500A、SR6/10、SR6C/10C、SRM160/300 的机器人产品通过了“辽宁省电子信息产品监督检验院”等单位针对性能、功能、电磁兼容性等方面的检测。

3. 查新报告

沈阳新松机器人自动化股份有限公司委托中国科学院文献情报中心对项目主要科技创新点进行了国际联机检索,查新发现:以“高效、可靠的机器人碰撞检测与保护方法”、“一种基于三维视觉建模与重构的机器人离线编程免示教作业系统”、“力/位信息融合的高精度轨迹规划与控制方法”为查新点的“新型智能工业机器人关键技术研发与应用”项目,除查新项目委托单位及协作单位发表的文献外,在国内外公开文献中未见有相同研究报道。

5. 科技奖励及知识产权

科技奖励:

(1)“工业机器人主动柔顺控制方法及装置”荣获第十九届中国专利优秀奖;

(2)“新型工业机器人及数字化制造装备研制”荣获辽宁省企业重大研发成果奖;

(3)“基于视觉、力控的智能新型搬运装配机器人”荣获沈阳市科技进步一等奖;

(4)“汽车自动变速箱自动化装配生产线”荣获沈阳市科技进步一等奖;

专利、标准、论文、专著:

项目实施期间,获授权发明专利 21 项,计算机软件著作权 7 项,制定并发布国家标准 4 项,发表 SCI/EI 等高水平学术论文 18 篇。

6. 用户评价

沈阳华晨中华汽车有限公司对新松公司建设的“白车身智能焊接机器人及生产线”项目评价:“…降低工人的劳动强度、大幅度提高白车身焊点质量并提升生产线效率…已成功取代国外产品,打破国外机器人品牌在汽车白车身焊接生产线上的垄断…”。

安徽康佳电子有限公司对新松公司建设的“电视机整机与模组生产线”项目评价:“…大大提升了生产和设备运行效率,使人远离高重复性的作业环境。同时,网络化、智能化机器人单元的导入和成功应用推广,使康佳智能制造水平大幅度提高,成为家电行业自动化标杆企业”。

7、国家重点新产品

2014 年,科技部认定“伺服焊接机器人 SRD210B”为国家重点新产品。

8. 媒体报道

央视大型纪录片《大国重器》评价:“新松机器人以强大的自主创新能力,研制出拥有核心自主知识产权的工业机器人产品,撑起民族机器人产业的脊梁”。央视大型纪录片《超级工程》中全方位报道新松公司系列化机器人产品及规模宏大的工业 4.0 示范生产线。

美国《机器人商业评论》公布“2017 年全球最有影响力的 50 家机器人公司”,新松公司是入选的国内唯一一家工业机器人企业。

2016 年 2 月 23 日《人民日报》、《经济日报》报道:“国际首创的复合型机器人…已连续追加到 50 台,填补了高端机器人市场的国际空白”。

2017 年 3 月 12 日《新华社》报道:“新松…国产机器人市场占有率超过 20%”。

9、行业地位

新松公司是中国机器人标准化总体组组长单位、中国机器人产业联盟理事长单位、中国机器人产业技术创新战略联盟理事长单位、工信部发布的“中国机器人 Top10 企业”。

项目第一完成人曲道奎博士作为国内首位受邀专家在 ICRA 上做特约报告，题为《Robot Enabled New Manufacturing Era in China》，报告获高度评价。

曲道奎在近三届世界机器人大会上分别受邀做了《机遇与挑战—中国机器人产业发展的深度思考》、《中国机器人产业发展的战略布局》、《抓住一带一路机遇，加快推动中国机器人企业“走出去”》的主题报告。

四、推广应用情况

项目成果已在华晨中华汽车、安徽康佳电子、金杯汽车、重庆驰聘等多家国内知名的电子、汽车及零部件、工程机械企业推广应用，近三年累计实现销售额 347424.23 万元，新增利润 86856.05 万元，创造间接经济效益逾 100 亿元。

应用单位名称	应用技术	应用的起止时间	应用单位联系人/ 电话	应用情况
沈阳华晨中华汽车有限公司	汽车白车身智能焊接机器人及生产线	2014 年- 2017 年	米沛/18240430365	近 80 台套智能型焊接机器人及其成套装备已应用于华晨公司 F 系列和 M 系列白车身自动化焊接生产线。产线良品率提升 10%以上，自动化率提升 15%以上，新增销售额 42.9 亿元。
安徽康佳电子有限公司	电视机整机与模组生产线	2016 年- 2017 年	彭小华 /18855081666	近 100 台套智能型码垛、装配等机器人工作单元及其成套装备已应用于康佳电视机整机与模组自动化装配生产线。提高了产品质量、生产效率和产线智能化程度，新增销售额 21 亿元。
金杯汽车股份有限公司	汽车智能焊接机器人及生产线	2014 年- 2017 年	米沛/18240430365	30 余台智能型焊接机器人及其成套装备已应用于金杯旗下海狮系列白车身自动化焊接生产线。提高了车身焊接的生产效率和质量，新增销售额 15 亿元。
重庆驰聘轻型汽车部件股份有限公司	R103 前副车架焊接线	2016 年 5 月- 2017 年 12 月	黄甘/13808309845	30 余台套智能型焊接机器人及其成套装备已应用于前副车架、后轴、

	B211 后轴、发动机托架焊接线	2015 年 3 月-2017 年 12 月		发动机托架、转向支持等汽车部件自动化焊接生产线。经长时间运行，系统稳定可靠，极大减轻了工人劳动强度，大幅提升了产品生产效率及质量，新增产值逾 3 亿元。
	C201 转向支持焊接线	2015 年 8 月-2017 年 12 月		

五、主要知识产权目录

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
发明专利	一种机器人轨迹精度测量方法	中国	ZL 201310576840.8	2017-06-06	证书号第 2507813 号	沈阳新松机器人自动化股份有限公司	曲道奎、冯亚磊、徐方、邹凤山、张鹏、马壮	授权
发明专利	力传感器标定装置、标定方法及力控制机器人	中国	ZL 201410699640.6	2017-08-11	证书号第 2577340 号	沈阳新松机器人自动化股份有限公司	胡金涛、董状、宋吉来、刘晓帆、王磊、栾显晔	授权
发明专利	一种用于轴孔装配的机器人视觉引导方法	中国	ZL 201410632342.5	2018-06-29	证书号第 2981816 号	沈阳新松机器人自动化股份有限公司	宋吉来、曲道奎、刘晓帆、钱益舟、韩志平、孙秉斌	授权
论文	Analytical Inverse Kinematics Solver for Anthropomorphic 7-DOF Redundant Manipulators with Human-Like Configuration Constraints	中国	2017, 86(1) pp: 63-79	2016-06-28	Journal Of Intelligent & Robotic Systems	北京航空航天大学	Liu Weihui, Chen Diansheng*, SteilJochen。	已发表

发明专利	一种工业机器人零位标定方法	中国	ZL 2012103 26280.6	2016-05- 25	证书号第 2085016 号	沈阳新松机器人自动化股份有限公司	冯亚磊、 曲道奎、 徐方、李 学威	授权
发明专利	一种带安全监测装置的工业机器人电机抱闸控制器	中国	ZL 2014106 31621.X	2017-09- 15	证书号第 2608195 号	沈阳新松机器人自动化股份有限公司	杨奇峰、 徐方、孟 庆铸、刘 世昌、褚 明杰、陈 禹希	授权
发明专利	六轴走线装置及应用其的工业机器人	中国	ZL 2012104 41984.8	2016-6-2 9	证书号第 2129392 号	沈阳新松机器人自动化股份有限公司	李学威、 张一博、 曲道奎、 徐方、边 弘晔、何 伟全	授权
发明专利	一种双机器人协同工作急停处理系统	中国	ZL 2015106 94756.5	2018-12- 14	证书号第 3182798 号	沈阳新松机器人自动化股份有限公司	宋吉来 徐方 邹 风山 陈 禹希 杨 奇峰 陈 睿	授权
计算机软件著作权	新松装配与检测系统嵌入式软件 V1.0	中国	2017SR5 86457	2018-01- 22	软著登字第 2379191 号	沈阳新松机器人自动化股份有限公司	/	授权
软件著作权	多机器人调度系统 V1.0	中国	2016SR1 12824	2016-05- 20	软著登字第 1291441 号	沈阳新松机器人自动化股份有限公司	/	授权

六、主要完成人情况

1. 曲道奎，排名第 1，公司高级总裁，研究员，沈阳新松机器人自动化股份有限公司。项目总体负责人，全程组织领导项目的基础研究、技术攻关、总体设计、产品研制、标准制定、产业化推广等工作。科学有效的制定了项目实施方案，组织协调项目总体与分项目之间技术层面和管理层面的各项工作。带领团队进行关键技术攻关。作为中国机器人标准化总体组组长和中国机器人产业联盟理事长，积极推进中国机器人标准体系建设和产业发展。
2. 陈殿生，排名第 2，机械工程及自动化学院机器人所所长，教授，北京航空航天大学。工业机器人控制技术总体负责人，全面负责工业机器人核心控制技术的研发与应用推进，带领团队进行工业机器人精准控制关键技术的攻关，率先提出了基于任务空间的机械臂位形和末端轨迹形状调整方法，提高了机械臂的任务操作能力，为项目提供核心的技术支撑。推进了高校与企业的技术分工与深度合作，确保项目的高效推进与高质量实施。
3. 徐方，排名第 3，半导体装备 BG 总裁，研究员，沈阳新松机器人自动化股份有

限公司。项目技术总体负责人，全面负责项目技术路线制定、方案设计、论证与实施、技术产业化工作，及各分项目间的技术总协调。带领团队进行核心重大关键技术攻关，率先开发了一种基于视觉技术的自主编程作业系统，解决磨抛、喷涂等应用中工件表面复杂、无法示教编程的难题；作为第一完成人组织编制了国家标准《工业机器人模块化设计规范》，率领团队开发了基于视-力觉智能感知技术的装配、磨抛、加工、点焊、弧焊、切割、喷涂、涂胶、清洗、检测、搬运、码垛共 12 种机器人智能应用单元。

4. 王宏玉，排名第 4，公司高级副总裁，研究员，沈阳新松机器人自动化股份有限公司。协助总体负责人开展立项论证和总体策划工作，创新性建立了跨部门、多单位共同承担的国家重大专项技术与质量管理体系，协助协调和控制总体与分项目、各分项目之间技术层面分工与衔接。
5. 王金涛，排名第 5，工业机器人 BG 总裁，教授研究员级高级工程师，沈阳新松机器人自动化股份有限公司。工业机器人分项目负责人，负责工业机器人技术攻关、产品研制、测试验证、系统集成和产业化推广，以及开发团队协调和管理工作。带领团队搭建了新松智能化装配与检测系统，工业机器人可视化编程系统，提高了工业机器人快速集成能力和应用适应性。研制出 27 种工业机器人产品，率先在国内实现了汽车白车身焊接机器人的批量应用。
6. 张雷，排名第 6，移动机器人 BG 总裁，教授研究员级高级工程师，沈阳新松机器人自动化股份有限公司。复合机器人分项目负责人，负责复合机器人技术攻关、产品研制、测试验证、系统集成和产业化推广，以及开发团队协调和管理工作。设计研发了一种多机器人集群协作与智能调度系统，实现了机器人个体任务的智能规划与组织调度、以及多机器人集群系统的智能协调与柔性合作，提高了机器人的作业效率和生产线的柔性化程度，以及复合机器人产品的市场竞争力。
7. 邹风山，排名第 7，中央研究院院长，教授研究员级高级工程师，沈阳新松机器人自动化股份有限公司。智能机器人分项目负责人，负责协作机器人和双臂机器人技术攻关、产品研制、测试验证、系统集成等工作。带领团队开展新一代机器人控制技术、智能化技术、网络化技术、安全性技术的研究，提出了基于稀疏随机网格的深度感知方法，解决了复杂场景下三维不规则物体的智能检测与识别问题。负责智能型、开放式通用机器人控制器平台开发，以及高性能机器人控制器软件研发工作。基于自主开发的控制器，研制出协作和双臂两种机器人产品。
8. 宋吉来，排名第 8，中央研究院副总工程师，高级工程师，沈阳新松机器人自动化股份有限公司。机器人智能应用分项目负责人，负责机器人智能应用的关键技术攻关。开展机器人运动控制、力控制与碰撞保护技术的研究，参与工业机器人、柔性协作机器人产品开发与机器人智能应用系统开发。提出基于六维力/触觉传感器的交互力控制方法，实现多模态信息融合感知的动态障碍物检测；解决了智能装配、磨抛、焊接等应用中的一系列关键技术难题。
9. 李学威，排名第 9，医疗健康机器人事业部总经理，高级工程师，沈阳新松机器人自动化股份有限公司。协作机器人分项目技术负责人，负责协作机器人本体机构优化设计，主持了协作机器人系列产品机构设计的方案论证和设计，提高了机器人刚度与可靠性，设计机器人碰撞检测与保护系统，提高了机器人运行和人机协作的安全性。
10. 刘世昌，排名第 10，中央研究院副总工程师，高级工程师，沈阳新松机器人自

动化股份有限公司。电气与可靠性分项目技术负责人，负责工业机器人、协作机器人、复合机器人中的电气设计工作，带领团队完成新一代智能型机器人的可靠性测试、以及系统集成等关键环节，研制出一种安全监测装置的工业机器人电机抱闸控制器，突破了机器人安全防爆设计，提高了机器人运行和人机协作的安全性。

11. 边弘晔，排名第 11，半导体装备 BG 副总工程师，高级工程师，沈阳新松机器人自动化股份有限公司。机械与可靠性分项目技术负责人，负责工业机器人、协作机器人、复合机器人的机械结构设计及优化工作，设计了机器人高精度、高刚度传动系统，研制出一种机器人手臂及机器人装置，提高了机器人整机精度和人机协作的安全性，为项目成果的集成开发提供技术支撑。

七、主要完成单位及创新推广贡献：

主要完成单位：沈阳新松机器人自动化股份有限公司

创新推广贡献：

沈阳新松机器人自动化股份有限公司是一家以机器人技术为核心，致力于数字化智能制造装备的高科技上市企业。公司拥有“机器人国家工程研究中心”、“国家级企业技术中心”等科技创新平台。作为第一完成单位，负责项目管理与组织协调，制定研究方案和实施计划。项目团队历时十余年艰苦攻关，在机器人感知识别、控制决策、高效调度等智能技术方面取得重大突破，解决了机器人技术创新和产业发展的瓶颈问题：（1）突破了工业机器人环境感知关键技术，提出了三维物体智能检测与识别、视-力觉融合的多重碰撞保护方法，提高了机器人对作业对象与环境的感知、建模和规划能力；（2）攻克了工业机器人精准控制关键技术，提出了基于任务空间的机械臂位形和末端轨迹形状调整方法、基于力/位信息融合的高精度控制方法，推动了机器人在装配、磨抛等高精度复杂作业中的应用；（3）攻克了机器人系统智能决策关键技术，研发了多机器人协作与智能调度系统，实现了机器人个体任务的智能规划与组织调度；（4）创建了工业机器人智能应用体系，开发出国际先进水平的工业、协作、复合等新型智能工业机器人系列产品。在推广应用方面，该项目成果已在汽车、电子、3C 等行业实现了大批量推广应用，抢占了机器人中高端市场，推动了我省乃至全国制造模式变革与发展，提升了国内制造业企业的智能制造水平和产业竞争力，支撑中国制造向高端制造迈进。近三年累计实现销售额 347424.23 万元，新增利润 86856.05 万元，创造间接经济效益逾 100 亿元，经济和社会效益显著。本项目执行过程中，牵头制定国家标准 1 项，参与制定国家标准 3 项，获授权发明专利 21 项，软件著作权 7 项，发表 SCI/EI、中文核心等高水平学术论文 14 篇。

主要完成单位：北京航空航天大学

创新推广贡献：

北京航空航天大学隶属于工业和信息化部，是新中国第一所航空航天高等学府、全国重点大学，也是国家“985 工程”、“211 工程”重点建设院校，入选“双一流”。与第一完成单位共同合作完成了国家 863 计划“典型机器人产品产业化示范应用”课题，成果现已应用于国内汽车零部件、电子、工程机械等制造业有关行业。在该项目中全面负责工业机器人核心控制技术的研发与应用推进，主要工作如下：

针对工业机器人智能作业中的控制决策等瓶颈问题，开展工业机器人精准控

制关键技术的攻关，提出了基于任务空间力/位信息融合的高精度轨迹规划与控制方法，实现了机器人作业时贴合工件表面的高精度轨迹；提出了具有类人构型约束的 7 自由度机器人逆运动学解析算法，增强了机械臂操作的拟人性和智能性，推动了机器人在装配、磨抛、焊接等高精度作业中的应用，为项目提供核心的技术支撑，推进了高校与企业的技术分工与深度合作，确保项目的高效推进与高质量实施。

本项目执行过程中与第一完成单位紧密合作，积极实践“产学研”的开发模式，发表 SCI/EI、中国核心等高水平学术论文 4 篇。