**附件：2019年提名辽宁省科技奖项目**

|  |  |
| --- | --- |
| 项目名称 | 航天刚柔耦合机构非线性振动控制技术与装备 |
| 提名者 | 中国科学院沈阳分院 |
| 提名意见 | 项目材料齐全、规范，符合辽宁省科学技术奖提名条件。我国已经成为当今航天活动最频繁的航天大国，正在逐步实施载人空间站、探月工程及北斗导航等重大航天工程，对航天装备有着极其重要而迫切的需求。在空间微重力环境中，航天装备表现出显著的刚柔耦合特性和复杂的非线性振动行为，由此导致了性能失稳和功能失效等多起严重事故，并带来了重大损失。然而，目前航天装备的刚柔耦合结构设计问题未得到深入探究，航天装备振动控制技术尚不完善，缺乏避免该类事故的有效手段，适用于航天装备的高效可靠隔振或振动控制装置存在很大空白，已成为制约航天科技发展的瓶颈问题，严重影响了我国重大航天工程的顺利实施及后续航天任务的策划布局。该项目经过十多年艰苦攻关，在航天刚柔耦合机构非线性振动控制技术与装备方面取得了一系列原创性成果，构建了非线性振动控制理论与方法体系，发明并研制了多套国内首创、具有自主知识产权的振动抑制装置，打破了国外技术封锁，填补了国内空白。研究成果已在我国载人空间站、探月工程嫦娥五号任务及系列微小卫星等航天型号上得到成功应用，并在我国机器人龙头企业沈阳新松机器人等单位进行技术转化和推广，取得了重大社会效益和良好经济效益。该项目通过了由中国振动工程学会组织的科技鉴定，专家组评价为“项目整体达到国际先进水平，部分减振技术和装备国际领先”。该项目共获发明专利32项、实用新型专利11项，发表学术论文70篇，出版专著6部。提名该项目为辽宁省技术发明奖 一 等奖。 |
| 项目简介 | 依托辽宁老工业基地科研机构、高等院校和相关企业的技术和人才优势，以国家重大需求为导向，自2005年起，在国家重大专项、载人航天、嫦娥工程和国家自然科学基金等项目支持下，针对典型航天装备的重要机构和结构，开展非线性振动控制技术及装备研究。主要创新如下：1、发明了刚柔耦合机械臂非线性振动理论与同步控制技术。在国际上首次系统性地建立了空间机械臂非线性振动与同步控制理论体系，突破了刚柔耦合机构动力学降维建模技术，揭示了考虑强激励、大幅运动、关节摩擦系数以及控制器参数影响的系统非线性振动特性，实现了非线性时变及未知结构参数情况下多种空间操作机械臂的高精度运动控制。2、发明了基于弹性自锁铰链与压电陶瓷层的刚柔耦合太阳翼振动主被动控制技术。建立了柔性铰链联接太阳翼的接触非线性有限元动力学模型，研发了基于压电陶瓷层、视觉和激光位移感知的太阳翼振动主动控制系统，开发了高效稳定控制算法，解决了系列微小卫星太阳翼局部振动过大、颤振及失稳等难题。3、发明了基于粘弹性约束层和硬涂层阻尼的空间站实验柜蒙皮薄壁结构振动抑制技术。基于粘弹性阻尼材料的层合结构参数优化算法，提出了蒙皮结构阻尼材料参数优化和空间布局拓扑优化方法；建立了金属薄板表面硬涂层阻尼的材料力学参数辨识模型和结构非线性动力学模型；发明了基于粘弹性约束层实验柜蒙皮结构抑振和基于硬涂层阻尼的金属薄壁隔板抑振设计方法并得到实际应用，同时还实现了空间站实验柜的轻量化目的。4、发明了新型刚柔耦合结构并联式主被动减振技术。研制了摩擦阻尼隔振器和空气阻尼隔振器等多种高效可靠的隔振装置，提出了基于上述隔振器的大冲击刚柔耦合机构的并联式被动隔振方法，建立了大惯量刚柔耦合机构的动力学模型，开发了高鲁棒性控制系统，解决了微重力环境下航天员跑台由于跑步锻炼导致强冲击、空间科学实验载荷的大惯量高频振动以及微动爬行等振动控制难题。基于上述振动控制技术和装置的发明创造与创新突破，在我国空间站、探月工程及系列微小卫星等航天型号上成功应用的装备有空间站用微米级精度操作机械臂、空间站悬浮实验装置释放回收机械臂、探月工程嫦娥五号全景相机操作机械臂、微小卫星刚度可调铰链太阳翼、空间站科学实验柜、航天员跑步机等六类关键装备。这些装备和振动控制技术填补了国内空白，打破了国际封锁。特别是我国空间站中13套空间科学实验柜（总重量约2吨）已确定全部由该项目团队提供，解决了我国空间站建设的战略需求。本项目极大推动了我国航天装备的跨越式发展，进一步提升了辽宁老工业基地在航天装备领域的重要地位，社会效益巨大。同时，项目成果在我国机器人龙头企业沈阳新松机器人等单位得到成功转化和推广，为本地高技术产业的发展提供了核心原动力，取得良好经济效益。项目授权发明专利32项、实用新型11项，发表论文70篇，出版专著6部，通过了中国振动工程学会组织的成果鉴定，评价为“项目整体达到国际先进水平，其中刚柔耦合机构非线性振动同步控制理论、部分减振技术和装备国际领先”。 |
| 客观评价 | **1、鉴定意见**2017年12月23日，中国振动工程学会组织专家在沈阳对“刚柔耦合机构非线性振动控制技术与装备”项目进行了科技成果鉴定，鉴定委员会认为：“研究成果解决了强激励刚柔耦合机构非线性振动抑制技术中的技术难点，开发出多种主被动抑振装置和刚柔耦合机构及装备，打破了国外封锁，发明了面向强激励作用的太空释放回收机械臂、空间站实验柜减振运输平台、高速重载工业机械臂等若干重要刚柔耦合新机构新装置，为提升空天装备和机器人等高端装备的高动态性能提供了技术保障。项目整体达到国际先进水平，其中刚柔耦合机构非线性振动同步控制理论、部分减振技术和装备国际领先。”**2、验收结论**（1）2016年5月3日，中国载人航天工程应用系统总体部对项目组承担的“高微柜悬浮实验系统释放回收机构子系统”原理样机进行了现场验收，验收结论为：经专家现场测试，所研制的产品满足功能和性能要求，验收合格。（2）2017年1月18日，中国载人航天工程应用系统总体部对项目组研制的“太空跑台隔振系统”进行了产品交付验收，验收结论为：经第三方测试，所研制的产品满足功能和性能要求，验收合格。**3、查新结论**2017年12月22日，教育部科技发展中心对该项目的查新结论为：经检索并对相关文献分析对比结果表明，国内外公开发表的文献中，除项目组研究成果外，未见与其他该查新点“柔性机械臂系统的刚柔耦合建模方法及同步控制技术、航天薄壳结构硬涂层及约束阻尼减振技术、面向空间大型有效载荷的并联柔性铰链和音圈电机的主动减振技术”相同的文献报道。 |
| 推广应用情况 | 本项目在刚柔耦合非线性振动控制理论方法、被动减隔振技术与装置、主动振动控制技术与装置等方面的研究成果，已在国家重大工程和国民经济领域得到成功应用。（1）在国家重大工程中应用：项目成果自2013年陆续多次应用于中国载人航天工程应用系统总体部的空间站科学实验柜，科学实验柜是空间站内的最重要结构和装备。用户单位应用表明，作为中国载人航天工程应用系统总体部唯一选用的空间站科学实验柜，也是国内第一台具有国际标准接口的空间站实验柜，与国外同等产品相比，在振动量级相当的前提下，减重幅度23.7%，解决了我国目前运载能力不足情况下的空间站减重瓶颈难题，为我国空间站工程的顺利实施做出重要贡献。（2）在国家重大工程中应用：项目成果自2014年已应用于中国航天员科研训练中心的太空训练跑步机，已投入地面模拟训练，满足人机工效学及人体振动适应性要求，效果良好，解决了失重环境下航天员无法有效锻炼的难题。（3）在国民经济领域应用：项目成果自2012年已应用于扬州恒佳自动化设备有限公司的折弯机器人。扬州恒佳自动化设备有限公司是国内唯一一家生产钣金折弯机器人的企业。通过对公司原有折弯机器人的运动部件进行运动特性和动态特性的分析及优化，解决了非线性振动关键难点问题，实现了刚度不降低前提下的运动部件重量减轻10%的目标，极大地提高了生产效率和产品精度，达到了国外同类产品技术指标。多次为苏州爱克、江苏亚威、广东弘讯电梯等客户提供高性能产品，得到客户良好的反馈，为客户带来了丰厚的经济效益，市场前景非常广阔。（4）在国民经济领域应用：项目成果自2010年已应用于新松机器人自动化股份有限公司应用的165kg高速重载工业机器人，解决了整机质量分布与动态性能最优化匹配之间的难题。所研制的产品在末端大负载等激励作用下高速运行动态性能良好，测试结果表明其性能达到国际先进水平。目前，系列化、批量化先进工业机器人产品已在全球大范围推广应用，客户评价良好。 |
| 主要知识产权和标准规范等目录（不超过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 |
| 发明专利 | 一种弹簧阻尼减振器 | 中国 | ZL201310319913.5. | 2015-03-18 | 第1607083号 | 中国科学院沈阳自动化研究所 | 刘金国,金玉章,孙澍锋,宛敏红,高强 | 有效 |
| 发明专利 | 一种空间展开结构 | 中国 | ZL201210352419.4 | 2015-12-09 | 第1865651号 | 中国科学院沈阳自动化研究所 | 刘金国,孙澍锋 | 有效 |
| 发明专利 | 基于压电陶瓷激振器的薄壁结构件振动测试装置及方法 | 中国 | ZL201310509149.8 | 2015-11-04 | 第1834788号 | 东北大学 | 孙伟,韩清凯,李晖,罗忠,翟敬宇,王娇 | 有效 |
| 发明专利 | 一种测试硬涂层复合结构非线性刚度及阻尼的装置及方法 | 中国 | ZL201310507793.1 | 2015-11- 04 | 第1834746号 | 东北大学 | 孙伟,韩清凯,李晖，罗忠,翟敬宇,王娇 | 有效 |
| 发明专利 | 一种基于结构分解的大型构件动态优化设计方法 | 中国 | ZL201610091049.1 | 2018-9-25 | 第3088995号 | 中国科学院沈阳自动化研究所 | 骆海涛,周维佳,王铁军 | 有效 |
| 发明专利 | 纤维增强复合薄壁构件的高频气激试验装置 | 中国 | ZL201610091215.8 | 2015-11-04 | 第3051334号 | 东北大学 | 李晖,孙伟,白文迪,张绍东,鲍涛,郭建 | 有效 |
| 发明专利 | 一种可自动盘卷的伸长杆 | 中国 | ZL201210352456.5 | 2015-12-02 | 第1864453号 | 中国科学院沈阳自动化研究所 | 刘金国,孙澍锋,刘志伟 | 有效 |
| 发明专利 | 用于空间探测器上全景相机和转台相连接的接口板结构 | 中国 | ZL201510869426.5. | 2017-10-20 | 第2662946号 | 中国科学院沈阳自动化研究所 | 骆海涛,周维佳,刘玉旺,王洪君,冷雨泉 | 有效 |
| 发明专利 | 一种可快速拆装的空间结构被动端口 | 中国 | ZL201210350194.9 | 2016-06-01 | 第2091526号 | 中国科学院沈阳自动化研究所 | 刘金国,左斌,孙澍锋 | 有效 |
| 发明专利 | 一种嵌入式力矩传感器的标定测试台 | 中国 | ZL201410714735.0 | 2018-09-21 | 第3082766号 | 中国科学院沈阳自动化研究所 | 刘玉旺, 田恬,雷应波,陈晨,王福华 | 有效 |
| 完成人情况 | 1、**刘金国**，第1完成人，研究员，工作单位为中国科学院沈阳自动化研究所，是该项目主要负责人，对项目发明点1、2、3、4做出创造性贡献。项目总体规划和策划，提出了面向太空环境下刚柔耦合机构并联主被动减振方法，发明了气体阻尼系数可调的弹簧阻尼减振器，发明了基于无冲击及摩擦的柔性铰链和高响应音圈电机并联主动减振装置，实现了对高频干扰和低频随机扰动的振动抑制，实现了多项技术应用。2、**韩清凯**，第2完成人，教授，工作单位为大连理工大学，是该项目主要负责人，对项目发明点1、2、3做出创造性贡献。建立了基于振动理论、实验测试、参数辨识与控制的刚柔耦合机构的非线性振动理论分析方法体系，实现了对具有强非线性强耦合特性和时变因素以及未知结构参数情况下刚柔耦合机构的预期运动目标的自适应同步控制策略。指导完成了基于压电陶瓷层的太阳翼振动主动控制技术、空间试验柜蒙皮粘弹性约束层阻尼优化技术等。3、**刘玉旺**，第3完成人，研究员，工作单位为中国科学院沈阳自动化研究所，对项目发明点1、4做出创造性贡献。研究了非线性振动及其控制技术，建立了刚柔耦合作用模型，发明了机械臂等典型刚柔耦合机构振动控制方法，实现了典型机械臂在强激励下的高速高精度运动控制，解决了工程实施中的关键难点问题。4、**骆海涛**，第4完成人，副研究员，工作单位为中国科学院沈阳自动化研究所，是该项目技术骨干，对项目发明点3做出了创造性贡献。提出了一种基于碳丝网格局部加密的蜂窝夹层板等效建模方法，建立了面向结构减振的粘弹性约束层阻尼材料动态优化与拓扑优化设计方法以及基于压电陶瓷的结构振动主动抑制技术方法体系，解决了空间复杂载荷结构的减重、减振难题。5、**孙伟**，第5完成人，教授，工作单位为东北大学，对项目发明点1、3做出创造性贡献。研发了具有高内阻尼的涂层材料（包含粘弹性阻尼材料和硬涂层材料），提出了系统化实施阻尼涂层减振的技术方法体系，包括涂层材料制备、参数辨识、振动测试、复合结构建模和阻尼优化等。6、**李晖**，第6完成人，讲师，工作单位为东北大学，对项目发明点1、2做出创造性贡献。开展了刚柔耦合机构非线性振动测试技术研究，发明了具有刚度非线性的结构系统阻尼特性的频域测试方法，提出了具有振幅依赖性的机构系统非线性阻尼的时域测试方法，完善了刚柔耦合机构系统非线性振动与抑制的相关测试理论与技术。 |
| 完成单位及创新推广贡献 | 1、中国科学院沈阳自动化研究所：第1完成单位，针对典型航天装备及其刚柔耦合特性，联合第2和第3完成单位，构建了基于振动理论、实验测试、参数辨识与控制的刚柔耦合机构的非线性振动理论与分析方法体系，发明了基于刚柔耦合机构的新型隔振技术和装置，解决了强激励刚柔耦合机构非线性振动控制技术中的技术瓶颈问题；针对国内载人航天等重大工程需求，研制了多种适用于我国航天器及航天员的首台套关键刚柔耦合机构，解决了重大工程实施中的关键难点问题。2、东北大学：第2完成单位，针对几种典型的串联刚柔耦合机构，给出了动力学系统的控制同步的建模的方法，研究多种不同形式的同步控制器的原理和方法，实现刚柔耦合机构同步控制和轨迹跟踪，分析接触和摩擦等引起的机械系统控制同步的复杂非线性动力学行为等的系列化最新理论研究成果；提出了刚柔耦合机构阻尼涂层减振及其优化设计技术，解决了严格质量约束条件下的大尺寸薄壁结构局部振动过大难题。3. 大连理工大学：第3完成单位，提出了主被动控制方法，研制了适应不同太阳能电池帆板展开与定位的主动振动控制试验装置，发明了阻尼材料及其阻尼结构优化设计方法。基于刚柔耦合薄壁结构的精准建模与振动预估技术，建立了面向结构减振的粘弹性约束层阻尼材料的尺寸、参数、空间布局等动态优化与拓扑优化设计方法。 |
| 完成人合作关系说明 | 本项目依托国家数控重大专项、国家863计划及国家自然科学基金等研究课题，自2004年开始，通过产学研联合攻关，揭示了强激励下刚柔耦合机构非线性振动产生机理，攻克了非线性振动同步控制及抑制技术，发明了高性能刚柔耦合机构及装备。在此过程中，项目主要完成人的合作关系如下：1、中国科学院沈阳自动化研究所刘金国与大连理工大学韩清凯（项目第2完成人）、中国科学院沈阳自动化研究所刘玉旺（项目第3完成人）、东北大学孙伟（项目第5完成人）、东北大学李晖（项目第6完成人）合作开展了振动同步控制理论、非线性振动抑制方法和技术研究，并成功应用于刚柔耦合结构的振动抑制。2、中国科学院沈阳自动化研究所刘金国与大连理工大学韩清凯（项目第2完成人）、东北大学李晖（项目第6完成人）合作开展了刚柔耦合机械臂系统的同步控制的建模、同步控制器设计、同步运动和同步轨迹跟踪实现、以及相应的复杂非线性动力学行为分析等，合著著作一部《机械臂系统的控制同步理论与应用》。3、中国科学院沈阳自动化研究所刘金国与中国科学院沈阳自动化研究所刘玉旺（项目第3完成人）、骆海涛（项目第4完成人）合作开展了多套刚柔耦合机构与装备的研制，共同发表论文多篇、申请专利多项。4、大连理工大学韩清凯（项目第2完成人）与中国科学院沈阳自动化研究所刘金国及中国科学院沈阳自动化研究所骆海涛（项目第4完成人）、东北大学孙伟（项目第5完成人）依托于所承担的“高档数控机床与基础制造装备”科技重大专项课题，合作开展了机器人刚柔耦合本体机构的非线性振动理论分析、实验测试、非线性参数辨识。 |

|  |  |
| --- | --- |
| 项目名称 | 基于多波束前视声纳的自主水下机器人实时避碰技术 |
| 提名者 | 中国科学院沈阳分院 |
| 提名意见 | 该项目提名材料齐全、规范，符合辽宁省技术发明奖提名条件。项目创新性地提出基于事件反馈监控的自主水下机器人（AUV）三维实时避碰体系结构框架，从总体上建立了智能层避碰决策、任务层路径规划、行为层航迹控制的分层递阶、事件反馈的AUV实时避碰机制，实现了AUV避碰从二维向三维的技术跨越。项目在国内首次引入美国Blueview450-130D多波束前视声纳作为AUV避碰传感器，创新提出了基于图像统计特征和模糊分类的障碍检测方法、基于改进免疫遗传的实时运动规划方法、基于海洋环境自识别的航迹精确跟踪方法、以及为应对避碰失效等异常状况而设计的一种基于热备份的冗余水下机器人自主控制方法；并在国内率先研制出基于多波束前视声纳的AUV三维实时避碰软件，解决了原有测距声纳避碰传感器虚警多、误动作的问题，极大地提高了AUV对复杂未知海洋环境的适应性。所研制的实时避碰软件在潜龙二号、探索4500、蓝剑系统等多个我国重大AUV系统上成功应用，特别是作为“潜龙二号”AUV核心创新点之一，是其在大洋40、43、49航次中在极端复杂热液区顺利完成近底探测任务的重要保障。大量试验和应用表明，所研制的三维实时避碰软件能够显著提升AUV对复杂未知海洋环境的自主适应性，保障其在深海热液区等极端复杂海底地形条件下近底作业的安全性，对拓展AUV应用范围进而提升我国智能海洋装备水平具有重要的和意义，具有在大中小型AUV上推广应用的价值。对照省科学技术发明奖授奖条件，提名该项目为2019年度辽宁省技术发明奖二等奖。 |
| 项目简介 | 自主水下机器人（AUV，Autonomous Underwater Vehicle）是一种无人、无缆、完全依赖自身机器控制在水下作业的智能海洋装备，是近年来海洋技术领域的研究热点之一。AUV要走向深远海复杂未知海区作业，首先必须具备自主适应未知环境的能力，即能自主检测、判别、避开各种障碍物（包括海底地形起伏、沉船、水下结构物、大型海洋生物等）。由于海洋环境的复杂性和特殊性，AUV实时避碰不仅面临着感知信息的不确定、不完整和多噪声问题，而且载体大惯性、欠驱动等固有特性产生了限制避碰行为和执行严重滞后等问题。因而，多年来实时自主避碰一直是制约AUV在复杂未知海洋环境应用的瓶颈技术之一。2010年以前AUV常用的避碰传感器是测距声纳。测距声纳只能输出一维的与障碍相对距离信息，常因水下声学多途反射、气泡干扰等而出现虚警，从而导致AUV在正常航行中出现大量避碰误动作，大大降低了作业效率。项目组密切关注国际多波束前视声纳（因可输入二维图像也称为图像声纳）发展动态，并在前期基于测距声纳的AUV实时避碰研究基础上，2010年在国内率先引入美国Blueview450-130D多波束前视声纳作为AUV新一代的新型避碰传感器。基于此新型避碰传感器，创新提出了基于事件反馈监控的AUV三维实时避碰体系结构框架（创新点1），从总体上建立了智能层避碰监控、任务层路径规划、行为层避碰行为、动作层障碍判别的分层递阶、事件反馈的实时避碰机制，建立了AUV三维避碰过程有限自动机和基于事件反馈的监控器自动机，从根本上消除了水平面和垂直面避碰行为之间的冲突，实现了连续、稳定的三维避碰过程。首先针对动作层障碍自主判别，由于前视声纳波束垂直方向具有一定开角而在近底航行时会出现难以区分海底和障碍的问题，创新提出了基于模糊聚类的声纳图像目标自主识别方法和基于多源数据融合的障碍判别方法（创新点2），典型用例（20种以上典型障碍目标、300G声纳图像数据）测试结果表明该方法在保证直径1米以上静态障碍全部识别的基础上误判概率低于1%。其次在行为层，针对欠驱动AUV操纵性受限的问题，创新设计了8种典型避碰行为，并提出了模糊避碰控制器设计和基于自适应PID的精确位置控制方法（创新点3），实现了AUV对障碍局部的紧急规避，以及避碰过程中的稳定高精度位置控制。第三在任务层，针对紧急规避障碍结束后 AUV 可能再度陷入已避开的障碍或在半封闭障碍内部绕圈的问题，创新提出了基于免疫遗传的实时路径规划算法和基于海洋环境自识别的航迹精确跟踪方法（创新点4）。该实时路径规划算法结合在线地图中已探测的障碍信息、AUV 当前位置和航行轨迹等实时数据，规划出避开已探测到的障碍的优选路径，从而弥补了实时避碰行为“短视”的缺陷。而航迹精确跟踪方法保证了AUV对规划的避碰路径的精确保持。第四在智能层，除了实现三维实时避碰行为自主切换外，为应对避碰失效等异常状况而创新设计了一种基于热备份的冗余水下机器人自主控制方法（创新点5）。该方法在各种避碰尝试失效或AUV自动驾驶计算机异常后，能相互作为备份而接管全部AUV自动驾驶功能，从而为保障AUV航行安全提供最后的备用手段。最后，在国内率先研制出AUV通用的基于多波束前视声纳的三维实时避碰软件（创新点6），并在潜龙二号、探索4500、蓝剑系统等多个我国重大AUV系统上成功应用。2013-2016年间，共进行了20余潜次的单项避碰试验和近百潜次的应用试验，累计超过1000小时的试验作业结果表明：共触发避碰行为近800次，全部成功规避了障碍危险。可以说，目前该避碰系统针对海底静态障碍的避障成功率是100%。该避碰软件极大地提高了AUV在深海热液等复杂海底地形条件下的航行安全性，拓展了其应用范围。项目授权软件著作权5项，授权发明专利5项，发表论文18篇。经多个课题验收评价，专家认为该研究成果提高了自主水下机器人适应复杂未知海洋环境的自主能力，为多次海上应用提供了AUV航行安全性保障，在水下机器人自主避碰技术领域达到了国际先进水平。 |
| 客观评价 | 1.鉴定意见中国海洋工程咨询协会在沈阳主持召开了“复杂地形下深海资源自主勘查系统（即“潜龙二号”AUV）关键技术研究与应用”科技成果评价会。会上形成的评价意见之一是：突破了实时任务自主规划与重构、基于图像声纳的实时避碰、智能决策与系统故障在线诊断等关键技术。2.验收结论（1）2016年5月31日，中国科学院国防科技创新重点部署项目子课题“智能导航×控制技术”（课题编号：KGFZD-125-014）完成了验收审核，验收意见为：课题突破了×实时最优避碰规划技术等关键技术，创新性较强，研究成果在×系统上得到应用。课题通过验收。（2）2016年6月30日，国家863计划“十二五”重大项目“4500 米级深海资源自主勘查系统”（编号2011AA09A102）完成了验收审核，验收意见为：突破了复杂海底地形下避碰控制方法等关键技术，达到了考核目标和技术指标要求，项目通过验收。（3）2017年12月，辽宁省自然科学基金优秀人才培育项目“面向复杂近底环境的自主水下机器人环境建模与实时避碰方法”（项目编号：2015020036）完成了验收审核，验收意见为：研究内容和考核指标达到任务书规定要求，同意通过技术验收。（4）2018年，北京机电工程研究所完成了课题“航行器智能避障技术”和“声纳俯仰周期性摆动条件下的障碍物探测技术”试验测试，测试意见为：课题组解决了声纳俯仰周期性摆动条件下基于多波束图像声纳的自主障碍判别难题，提出了适应性的智能避障策略，所研制的AUV智能避障规划模块已在我单位某型水下航行器上应用，初步试验结果验证了可行性。 |
| 推广应用情况 | 项目提出的自主水下机器人三维实时避碰软件，在中国科学院沈阳自动化研究所自主研制的212系统、潜龙二号AUV、探索4500 AUV上实现了应用，特别是潜龙二号AUV多次赴西南印度洋执行深海科学考察任务，海上试验及西南印度洋应用数据统计结果显示：潜水器作业安全率、千余次避碰成功率均达到100%。此外所研制的AUV三维实时避碰软件还在北京机电工程研究所研制的某型AUV上成功应用，初步试验验证了可行性。该软件具有在小型、中型和重型AUV上推广应用的价值。能够解决AUV在复杂未知环境下自主检测并规避障碍的问题，从而提高了AUV的环境适应性和自主能力。 |
| 主要知识产权和标准规范等目录（不超过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 |
| 软件著作权 | 自主水下机器人三维实时避碰软件V1.0 | 中国 | 2016SR368147 | 2015.10.22 | 软著登字第1546763号 | 中国科学院沈阳自动化研究所 | 徐红丽，高雷,李德隆，刘肖宇，王轶群，林扬，郑荣，刘健 | 有效软件著作权 |
| 软件著作权 | 面向AUV多波束前视声纳的实时图像处理软件V1.0 | 中国 | 2016SR026884 | 2015.9.25 | 软著登字第1205501号 | 中国科学院沈阳自动化研究所 | 高雷，徐红丽，贾松力，刘肖宇，王轶群，林扬，郑荣，刘健 | 有效软件著作权 |
| 软件著作权 | 基于VAGA平台的前视声纳图像仿真软件V1.0 | 中国 | 2016SR026837 | 2015.9.20 | 软著登字第1205454号 | 中国科学院沈阳自动化研究所 | 高雷，徐红丽，郑荣，贾松力，李宁，林扬 | 有效软件著作权 |
| 发明专利 | 一种用于AUV实时路径规划的免疫遗传算法 | 中国 | ZL201210487442.4 | 2016.1.20 | 证书号第1903485号 | 中国科学院沈阳自动化研究所 | 徐红丽、封锡盛、刘健、于闯 | 有效专利 |
| 发明专利 | 在未知复杂海底地形环境中的自主水下机器人避碰方法 | 中国 | CN201610936341 |  [2018.12.25](http://www.pss-system.gov.cn/sipopublicsearch/patentsearch/javascript%3A) |  | 中国科学院沈阳自动化研究所 | [徐春晖](http://www.pss-system.gov.cn/sipopublicsearch/patentsearch/javascript%3A) 、[李波](http://www.pss-system.gov.cn/sipopublicsearch/patentsearch/javascript%3A)、[邵刚](http://www.pss-system.gov.cn/sipopublicsearch/patentsearch/javascript%3A)、[赵宏宇](http://www.pss-system.gov.cn/sipopublicsearch/patentsearch/javascript%3A)、[刘健](http://www.pss-system.gov.cn/sipopublicsearch/patentsearch/javascript%3A)、[徐会希](http://www.pss-system.gov.cn/sipopublicsearch/patentsearch/javascript%3A) | 有效专利 |
| 发明专利 | 自主水下机器人的海洋环境自识别的航迹精确跟踪方法 | 中国 | CN105549611B | 2018.4.17 |  | 中国科学院沈阳自动化研究所 | 王轶群、赵宏宇、徐春晖、刘健、邵刚 | 有效专利 |
| 软件著作权 | AUV精确就位控制软件V1.0 | 中国 | 2018SR068159  | 2018.1.29 |  | 中国科学院沈阳自动化研究所 | 韩晓军、于闯、刘肖宇、郑荣、刘博峰 | 有效软件著作权 |
| 发明专利 | 一种基于热备份的冗余水下机器人自主控制系统及方法 | 中国 | ZL201310614348.5 | 2016.8.3 |  | 中国科学院沈阳自动化研究所 | 李德隆、于闯、贾松力、任申真、徐红丽 | 有效专利 |
| 发明专利 | 一种AUV的冗余备份检测方法 | 中国 | ZL201410714390.9  | 2018.8.24 |  | 中国科学院沈阳自动化研究所 | 于闯、刘肖宇、李宁、贾松力 | 有效专利 |
| 软件著作权 | 基于Qt的自主水下机器人水面监控软件 | 中国 | 2016SR026882 | 2016.2.3  | 软著登字第1205499号 | 中国科学院沈阳自动化研究所 | 徐红丽、陈巩、贾松力、孙晓宇、贾庆勇 | 有效软件著作权 |
| 完成人情况 | 1.徐红丽，第1完成人，研究员，工作于中国科学院沈阳自动化研究所，负责组织开展项目的总体设计，制定技术方案和实施方案。提出了创新点1：基于事件反馈监控的AUV三维实时避碰体系结构框架，对创新点3：避碰行为和模糊避碰控制器设计、对创新点4：基于免疫遗传的实时路径规划算法的提出有重要贡献，并组织实现了创新点6：实时避碰软件的研发和应用。曾获奖励：中国科学院杰出科技成就奖1项。2.高雷，第2完成人，副研究员，工作于中国科学院沈阳自动化研究所，负责多波束前视声纳图像处理、障碍自主检测以及相关软件开发等工作。提出了创新点2：基于模糊聚类的声纳图像目标自主识别方法和基于多源数据融合的障碍判别方法，并对创新点6：实时避碰软件的研制和应用有重要贡献。3.徐春晖，第3完成人，副研究员，工作于中国科学院沈阳自动化研究所，负责实时避碰软件的设计、实现与试验应用。对创新点3：避碰行为设计有重要贡献，对创新点6：实时避碰软件在潜龙二号AUV上的应用和试验有重要贡献。4.王轶群，第4完成人，助理研究员，工作于中国科学院沈阳自动化研究所，负责把实时避碰算法开发为实时避碰软件，对创新点4：基于海洋环境自识别的航迹精确跟踪方法有重要贡献，对创新点6：协助完成实时避碰软件在探索4500 AUV上的应用和试验有重要贡献。5.于闯，第5完成人，研究员，工作于中国科学院沈阳自动化研究所，负责项目中对AUV三维实时避碰软件开发的指导，并参与项目实施重大事项的决策。对项目创新点3：精确位置控制方法，创新点5：基于热备份的冗余水下机器人自主控制方法有重要贡献，并协助完成了实时避碰软件在蓝剑系统上的应用。6.李宁，第6完成人，副研究员，工作于中国科学院沈阳自动化研究所，负责项目中后期AUV三维实时避碰软件的封装、调试工作，对配合北京机电工程研究所完成了在其某型AUV上的集成与应用，对创新点6有重要贡献。7.王子庆，第7完成人，助理研究员，工作于中国科学院沈阳自动化研究所，负责项目中AUV三维实时避碰板卡的选型和测试工作，协助完成了实时避碰软件在各种AUV系统上的推广应用，创新点6有重要贡献。 |
| 完成单位及创新推广贡献 | 中国科学院沈阳自动化研究所：第1完成且唯一完成单位。中国科学院沈阳自动化研究所是我国较早开展水下机器人研究的优势单位之一，在水下机器人核心关键技术方面始终保持处于国内领先地位。本项目是研究所十二五期间重点关注的研究方向之一，提供了多项课题支持的机会和研究条件的支撑。该项目针对自主水下机器人在复杂未知海洋环境作业急需的安全性需求和水下环境感知所面临的信息量少且不确定性多的难题，深入开展了基于多波束前视声纳的AUV三维实时避碰技术研究，并形成了AUV通用的三维实时避碰软件。通过近三年的试验和应用，证明了可行性和可靠性，已经具备在大中小型AUV系统上推广应用的条件。研究所首先在深海系列AUV、及新研制的大型AUV系统蓝剑系统上示范应用，并组织向国内其他AUV系统研制单位推广应用，促成了与北京机电工程研究所的项目合作，使得实时避碰软件具有了在所外其他AUV系统上的应用实例。 |
| 完成人合作关系说明 | 2011-2015年，完成人徐红丽、高雷、徐春晖、王轶群等共同参加国家863计划“十二五”重大项目“4500 米级深海资源自主勘查系统”，共同发表了论文“[Experiments with Obstacle and Terrain Avoidance of Autonomous Underwater Vehicle](http://ir.sia.ac.cn/handle/173321/17340?mode=full&submit_simple=Show+full+item+record)”。2012-2015年，完成人徐红丽和高雷共同完成了海军预研子课题“无人水下航行器自主避碰技术”。2012-2015年，完成人徐红丽、高雷、于闯等人共同完成了中国科学院国防科技创新重点部署项目子课题“智能导航\*\*控制技术”。2016-2015年，完成人徐红丽、高雷、李宁、王子庆共同完成了辽宁省自然科学基金优秀人才培育项目“面向复杂近底环境的自主水下机器人环境建模与实时避碰方法”。2017-2018年，完成人徐红丽、高雷、李宁、王子庆共同完成了北京机电工程研究所委托研制项目“航行器智能避障技术”和“声纳俯仰周期性摆动条件下的障碍物探测技术”。 |

|  |  |
| --- | --- |
| 项目名称 | 基于知识的智能检测与管控一体化技术开发及应用 |
| 提名者 | 中国科学院沈阳分院 |
| 提名意见 | 该项目提名材料齐全、规范，符合辽宁省科学技术奖提名条件。该项目围绕智能制造组织结构中的设备-单元层涉及“感知、决策、控制”等方面关键技术开展相关研究，在智能检测、智能装备、智能平台等智能制造核心要素方面获得突破，自主开发智能检测系统、设计产线级MES系统、研制可重构单机装备、构建柔性化智能生产线。该项目面向智能制造的智能感知需求，构建了基于数据和知识的混合预测模型，解决了多源传感器异构数据的高速在线融合检测技术核心内容，提炼和归纳不同制造工艺要求、内容和经验，研制面向制造工艺的基于知识的增强型智能检测系统，为智能制造发展提供基础技术支撑。该项目面向制造过程与设备产线的管控需求，解决了基于制造工艺的生产线物理集成、信息集成和知识集成技术，实现了基于深度学习与数据驱动的制造过程与设备产线智能分析与决策方法，提出了贯穿设备-单元层的产线级MES系统构建思路，在智能制造设备-单元层信息化建设方面具有示范效应。该项目面向精益生产过程高精密执行与控制需求，攻克了可重构的单机装备关键技术，通过可重构的单机装备与个性化的制造工艺知识/经验相集成，研制具有领先优势的相关工艺装备，形成作业功能单元，按照可重构设计理论与系统优化方法，实现高速度、高精度的柔性化智能生产线。该项目获授权发明专利30项，发表论文30篇，项目成果面向汽车零部件、食品、钢铁、基础装备等行业，为企业提供300余台（套）的可重构单机装备和10余条的自动化装配线/检测线/加工线，整体运行效率和系统集成性方面优于国内外同类产品与系统，经济效益和社会效益显著。其中，采样高压微电流信息与可视图像融合检测技术的火腿肠挑拣机在双汇集团全国范围内10余个厂区应用113台，提高检测效率和准确率，保障食品安全，填补国内空白。DQ2代换挡器柔性装配线出口北美，获得德国大众集团、KUSTER集团等国际知名企业集团的高度评价，提升中国智能制造在世界范围内的知名度和影响力，为深层次的国际合作奠定了坚实基础。对照省科学技术进步奖授奖条件，提名该项目为2019年度辽宁省科学技术进步奖一等奖。 |
| 项目简介 | 制造业是国民经济的主体，是立国之本、兴国之器、强国之基。制造业的创新发展，是实现我国经济高质量发展的重要支撑，对提升国家综合实力具有决定性作用。《中国制造2025》规划了我国实现制造强国的复兴之路。感知、决策、控制是智能制造体系设备-单元层中的共性技术，是支撑智能制造创新发展的基础。本项目“基于知识的智能检测与管控一体化技术开发及应用”在国家科技支撑计划、国家自然科学基金、辽宁省科技攻关计划等国家级、省部级的纵向项目以及大量企业横向委托项目的支撑下，围绕智能制造组织结构中的设备-单元层涉及“感知、决策、控制”等方面关键技术开展相关研究，在智能检测、智能装备、智能平台等智能制造核心要素方面获得突破，自主开发智能检测系统、设计产线级MES系统、研制可重构单机装备、构建柔性化智能生产线。取得的创新与突破如下：1. 面向智能制造的智能感知需求，构建了基于数据和知识建立混合预测模型，解决了多源传感器异构数据的高速在线融合检测技术核心内容，提炼和归纳不同制造工艺要求、内容和经验，研制面向制造工艺的基于知识的增强型智能检测系统，为智能制造发展提供基础技术支撑。2. 面向制造过程与设备产线的管控需求，解决了制造工艺的生产线物理集成、信息集成和知识集成技术，实现了基于深度学习与数据驱动的制造过程与设备产线智能分析与决策方法，提出了贯穿设备-单元层的产线级MES系统构建思路，在智能制造设备-单元层信息化建设方面具有示范效应。3. 面向精益生产过程高精密执行与控制需求，攻克了可重构的单机装备关键技术，通过可重构的单机装备与个性化的制造工艺知识/经验相集成，研制具有领先优势的相关工艺装备，形成作业功能单元，按照可重构设计理论与系统优化方法，实现高速度、高精度的柔性化智能生产线。本项目成果面向汽车零部件、食品、钢铁、基础装备等行业，为企业提供300余台（套）的可重构单机装备和10余条的自动化装配线/检测线/加工线，整体运行效率和系统集成性方面优于国内外同类产品与系统，经济效益和社会效益显著。其中，采样高压微电流信息与可视图像融合检测技术的火腿肠挑拣机在双汇集团全国范围内10余个厂区应用113台，提高检测效率和准确率，保障食品安全，填补国内空白。DQ2代换挡器柔性装配线出口北美，获得德国大众集团、KUSTER集团等国际知名企业集团的高度评价，提升中国智能制造在世界范围内的知名度和影响力，为深层次的国际合作奠定了坚实基础。本项目已获授权发明专利30项，受理发明专利14项，授权其他知识产权40余项，发表论文30余篇。 |
| 客观评价 | **1.用户评价**[1] 上海迪由控制系统有限公司评价：“公司应用中国科学院沈阳自动化研究所规划、设计、实施的换挡器柔性化装配线，集成产线级MES系统，具备错漏装检测、视觉检测，特别是末检工位采用采用电感式位移传感器以及接触式力传感器对换挡器进行多自由度的力与位移检测，有效保障产品出厂质量，装配次品率小于0.1%。”[2] 双汇集团相关子公司提供证明显示“公司应用中国科学院沈阳自动化研究所基于项目成果研制的火腿肠挑拣机113台，装箱机40台。其中，火腿肠挑拣机采用高压微电流信息与可视图像融合检测技术，检测和识别火腿肠肠衣外观缺陷。火腿肠挑拣机运行速率达到10支/秒，可识别10类缺陷，产品质量检测合格率达到99.5%。中国科学院沈阳自动化研究所研制各类智能单机装备，为构建高温肉制品智能化车间奠定坚实基础。” |
| 推广应用情况 | 本项目围绕智能制造组织结构中的设备-单元层涉及“感知、决策、控制”等方面关键技术开展相关研究，在智能检测、智能装备、智能平台等智能制造核心要素方面获得突破，开发智能检测系统、研制可重构单机装备、构建柔性化智能生产线。成果面向等行业，为企业提供300余台（套）的可重构单机装备和10余条的自动化装配线/检测线/加工线，对企业实现供给侧结构性改革以及跨越式发展具有重要意义，项目成果的推广应用具有极大引领和示范作用。 |
| 主要知识产权和标准规范等目录（不超过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 |
| 发明专利 | 一种快速穿越共振带的风力发电机转矩控制方法 | 中国 | ZL201110449090.9 | 2015-04-01 |  | 中国科学院沈阳自动化研究所 | 杜劲松; 吴景辉; 苏浩; 郭锐 | 有效专利 |
| 发明专利 | 应用于风机控制系统的高精度温度检测装置及检测方法 | 中国 | ZL201110451040.4 | 2014-09-17 |  | 中国科学院沈阳自动化研究所 | 杜劲松; 刘意杨; 丛日刚; 吴景辉; 张清石 | 有效专利 |
| 发明专利 | 基于微控制器的风机超速保护装置及安全链动作方法 | 中国 | ZL201110451792.0 | 2015-02-04 |  | 中国科学院沈阳自动化研究所 | 杜劲松; 徐洪庆; 丛日刚; 张清石; 刘意杨 | 有效专利 |
| 发明专利 | 兆瓦级异步双馈风机转矩/桨距控制器参数自整定方法 | 中国 | ZL201110456072.3 | 2015-04-08 |  | 中国科学院沈阳自动化研究所 | 杜劲松; 郭锐; 吴景辉; 苏浩 | 有效专利 |
| 发明专利 | 一种食品外包装检测装置 | 中国 | ZL201410526617.7 | 2017-10-20 |  | 中国科学院沈阳自动化研究所 | 马钺; 陈帅; 赵越; 纪洋; 吴景辉 | 有效专利 |
| 发明专利 | 一种火腿肠排序输送装置 | 中国 | ZL201010521251.6 | 2013-03-06 |  | 中国科学院沈阳自动化研究所 | 马钺; 陈帅; 苏长青; 张延利; 王海涛 | 有效专利 |
| 发明专利 | 密封包装物的针孔检测方法 | 中国 | ZL201110412383.X | 2015-12-09 |  | 中国科学院沈阳自动化研究所 | 马钺; 纪洋; 王海涛 | 有效专利 |
| 发明专利 | 自动排序传输装置 | 中国 | ZL201510908979.7 | 2018-12-07 |  | 中国科学院沈阳自动化研究所 | 马钺; 陈帅; 于宏海; 王海涛; 费晓光; 魏潇潇; 赵越 | 有效专利 |
| 发明专利 | 换挡器自动注油装置 | 中国 | ZL2015 10451549.7 | 2017-05-31 |  | 沈阳工业大学 | 王宁；段振云； 李强；赵文辉 | 有效专利 |
| 发明专利 | 换挡器O型圈自动装配装置 | 中国 | ZL201510341432.3 | 2017-03-22 |  | 沈阳工业大学 | 赵文辉；段振云；王宁；陈铭 | 有效专利 |
| 完成人情况 | 1.杜劲松，第1完成人，研究员，工作于中国科学院沈阳自动化研究所，项目总体技术负责人和组织者，负责组织开展项目的总体设计，制定技术方案和实施方案，提出微波毫米波检测、视觉检测、温度测量等多种方式的高速高精度检测与测量方法，提出智能生产线与产线MES的集成构建思路，组织和管理相关人员进行技术研发及示范应用工作。曾获奖励：辽宁省科技进步二等奖1项，辽宁省科技进步三等奖2项。2.杨旭，第2完成人，副研究员，工作于中国科学院沈阳自动化研究所，负责组织项目的前期调研、可行性论证、立项、实施、总体协调等方面工作，提出执行机构的精密控制方法，研发输送、抓取、剔除、码垛、拧紧等将可重构的单机装备，构建高速度、高精度的柔性生产线，组织和协调汽车零部件领域、装备制造领域的示范应用。曾获奖励：辽宁省科技进步二等奖1项。3.褚云凯，第3完成人，副研究员，工作于中国科学院沈阳自动化研究所，负责面向制造工艺的生产线的建模、规划设计，研制机器人化柔性装配装备、特定工艺操作装备，提出分布式控制方法，制定作业功能单元结构互联与信息互通方法，组织实施汽车换挡器柔性化智能生产线。4.苏浩，第4完成人，副研究员，工作于中国科学院沈阳自动化研究所，开发具有普适性的业务算法库，开发面向生产线级的MES系统，协助组织实施精剪自动化生产线、换挡器装配线的信息化建设。5.段振云，第5完成人，教授，工作于沈阳工业大学，提出视觉边缘检测关键技术，参与研制高速在线融合检测系统和面向汽车零部件装配的智能化装备，协助组织和落实项目成果的推广应用。6.马钺，第6完成人，研究员，工作于中国科学院沈阳自动化研究所，提出了高压微电流信息与可视图像融合检测方法，研制基于知识的增强型智能检测系统，并研制食品包装高速检测线，组织制定高温肉制品智能车间的实施方案。7.崔维华，第7完成人，副研究员，工作于中国科学院沈阳自动化研究所，提出装备状态协同监测方法，研制检测系统的执行控制机构，协助组织和落实项目成果的推广应用。8.苏锐，第8完成人，副研究员，工作于中国科学院沈阳自动化研究所，提出设备高速运行下的精确控制方法，协助组织和落实项目成果的推广应用。9.陈帅，第9完成人，副研究员，工作于中国科学院沈阳自动化研究所，提出外观缺陷检测方法，研制面向食品行业外观缺陷在线视觉检测设备，协助组织实施食品包装高速检测线。10.苏长青，第10完成人，副教授，工作于沈阳航空航天大学，提出针对转子系统的可靠性分析方法，作为设备产线与制造过程的管理与决策的业务算法库中重要组成部分，对实现设备管理具有重要的支撑作用。11.于宏海，第11完成人，副研究员，工作于中国科学院沈阳自动化研究所，设计高精密机械执行机构，研制智能检测系统与智能单机装备，协助组织实施汽车换挡器装配线、食品包装高速检测线。 |
| 完成单位及创新推广贡献 | 1. 中国科学院沈阳自动化研究所：第1完成单位，本项目的总体技术负责和项目的组织者，负责项目技术路线论证、总体研究方案设计、把握项目研究与开发的总体方向。围绕智能制造组织结构中的设备-单元层涉及“感知、决策、控制”等方面关键技术开展相关研究。面向智能制造的智能感知需求，解决了高速在线融合检测技术核心内容，研制增强型智能检测系统。面向设备产线与制造过程的管控需求，解决制造工艺的生产线物理集成、信息集成和知识集成技术，研制面向生产线级的MES系统。面向精益生产过程高精密执行与控制需求，研制了可重构单机装备，构建高速度、高精度的柔性生产线。负责组织和落实项目成果的推广应用。2. 沈阳工业大学：第2完成单位，提出视觉边缘检测关键技术，协助第1完成单位研制高速在线融合检测系统，研制了面向汽车零部件装配的智能化装备，协助第1完成单位完组织和落实项目成果在第4完成单位的推广应用，提高产品装配质量和效率。3. 沈阳航空航天大学：第3完成单位，提出针对转子系统的可靠性分析方法，协助第1完成单位构建设备产线与制造过程的管理与决策的业务算法库，对实现设备管理具有重要的支撑作用，在项目成果示范应用方面做出了重要贡献。4. 辽宁圣加伦控制系统有限公司：第4完成单位，协助第1完成单位完成汽车换挡器柔性化装配的技术需求分析和装配线的实施方案制定，提高了产品装配质量和效率，在项目成果示范应用与技术推广方面做出了重要贡献。 |
| 完成人合作关系说明 | 项目“基于知识的智能检测与管控一体化技术开发及应用”第一完成人杜劲松研究员与第二完成人杨旭、第三完成人褚云凯、第四完成人苏浩、第六完成人马钺、第七完成人崔维华、第八完成人苏锐、第九完成人陈帅、第十一完成人于宏海同属于中国科学院沈阳自动化研究所智能检测与装备研究室，共同围绕智能制造组织结构中的设备-单元层涉及“感知、决策、控制”等方面关键技术开展相关研究，在智能检测、智能装备、智能平台等智能制造核心要素方面获得突破。其中，第一完成人杜劲松与第二完成人杨旭曾共同立项、合著知识产权；第一完成人杜劲松与第三完成人褚云凯曾合著知识产权，第一完成人杜劲松与第四完成人苏浩曾合著知识产权，第一完成人杜劲松与第六完成人马钺曾共同制定总体战略和实施方案，组织协调推广应用，第一完成人杜劲松与第七完成人崔维华曾共同立项、合著知识产权，第一完成人杜劲松与第八完成人苏锐曾合著知识产权，第一完成人杜劲松与第九完成人陈帅曾共同制定总体战略和实施方案，组织协调推广应用，第一完成人杜劲松与第十一完成人于宏海曾共同立项、合著知识产权。项目第一完成人杜劲松研究员与第五完成人段振云（沈阳工业大学），长期开展合作，签订产业化合同。项目第一完成人杜劲松研究员与第十完成人苏长青（沈阳航空航天大学），长期开展合作研究，第一完成人杜劲松与第十完成人苏长青曾共同立项、合著知识产权。 |

|  |  |
| --- | --- |
| 项目名称 | 面向智能工业机器人的柔性化视觉识别定位技术及应用 |
| 提名者 | 中国科学院沈阳分院 |
| 提名意见 | 该项目材料齐全、规范，符合辽宁省科学技术奖提名条件。基于机器视觉的作业对象识别和定位技术，就像工业机器人的眼睛，有效解决作业对象“是什么”和“在哪里”的问题，是智能工业机器人实现柔性化生产的关键技术。辽宁省政府在推进机器人产业发展意见中明确提出“重点突破力传感技术、视觉技术、人工智能技术、人机安全交互等在机器人产品上的应用。推进基于视觉识别、力控制的智能型工业机器人研制。”项目针对上述问题导向，研究并突破了基于图像匹配的工件目标识别、工业环境下高精度三维数据获取、基于点云配准的三维目标识别和定位、适用于现场的机器人与视觉系统的快速标定、基于视觉的机器人控制、面向柔性作业的流程配置化视觉软件设计与实现等关键技术，研制了系列二维和三维视觉识别和定位产品，在新松工业机器人实现了批量应用。液晶电视自动卡合工业机器人视觉定位系统在国内主要的家电企业中市场占有率达到80%，基于结构光扫描的三维目标定位系统在陶瓷行业率先实现了生产应用，自动锁螺丝机器人视觉定位系统出口到土耳其和墨西哥。该技术和产品与传统的机械定位方式相比，具有非接触、高精度、高柔性等优势，极大地提高了工业机器人的智能化水平。项目成果为解决工业机器人推广应用中遇到的瓶颈问题，促进我国工业机器人技术的发展与大规模应用，具有良好的社会效益与经济效益。对照省科学技术进步奖授奖条件，提名该项目为2019年度辽宁省科学技术进步奖一等奖。 |
| 项目简介 | 该项目面向工业机器人对视觉感知的需求，针对工业环境下的高精度三维数据获取、工件类目标识别和定位、机器人与视觉系统的标定、基于视觉的机器人控制等关键技术展开研究与攻关，研制了工业机器人视觉识别定位系统并实现了批量应用。主要科技创新如下：1、提出了基于少量正样本学习的模板匹配算法，通过提取梯度方向向量来描述目标形状并作为模板样本，将配准后的多个样本模板点进行合并或分裂，得到每个模板点的后验概率密度，计算模版与目标梯度向量内积的期望作为目标概率。解决了目标存在严重遮挡，规律形变和梯度变化下的识别与定位问题。2、提出了基于增强型点对特征的三维目标识别定位方法。针对工业应用中杂乱放置的曲面类工件目标的识别和定位问题，提出了一种新型点对特征，增强了原始点对特征的区分性。通过建立模型点对之间的可见性约束，剔除了大量冗余点对，加快了构建模型点对特征哈希表的速度并节省了存储开销，提高了三维目标识别的准确率与效率。3、提出了一种多相机非共视场高精度定位方法。针对大尺寸工件目标高精度定位问题，利用多相机对目标上的不同特征成像，结合目标真实物理特征和几何约束，实现了高精度定位。4、提出了一种基于机器人主动运动的机器人与视觉坐标系标定方法，通过机器人一次旋转运动，分别计算出机器人坐标系和视觉坐标系下的旋转点坐标，得到两坐标系的偏移，通过一次平移运动，计算出两坐标系的夹角，算法能够直接将法兰盘末端与视觉坐标系标定在一起，解决了当机器人携带复杂假手时无法完成传统TCP对尖标定的问题。5、提出了基于内嵌脚本解释器和UI引擎的软件业务流程配置方法，设计和开发了流程可配置化的视觉软件执行引擎。通过设置配置文件和编写脚本定制视觉软件的工作流程和用户界面，解决了工业生产环境下视觉业务流程复杂多变，常规视觉软件难以产品化、通用化的问题，根据工业项目实际需求方便的定制视觉软件。基于上述关键技术，研制了液晶电视自动卡合机器人视觉定位系统、自动锁螺丝机器人视觉定位系统、基于结构光扫描的洁具搬运三维视觉定位系统、基于十字结构光的三维视觉定位系统、通用型单目视觉定位系统等系列化机器人视觉定位产品，作为新松工业机器人多款应用单元的核心子系统应用于国内外知名制造企业。 |
| 客观评价 | 自2013年开始，已经有200余套机器人视觉定位系统作为新松工业机器人多款应用单元的核心子系统交付用户，现场运行稳定可靠，满足用户需求。 |
| 推广应用情况 | 基于该项目提出的关键技术，研制了液晶电视自动卡合机器人视觉定位系统、自动锁螺丝机器人视觉定位系统、基于结构光扫描的洁具搬运三维视觉定位系统、基于十字结构光的三维视觉定位系统、通用型单目视觉定位系统等系列化机器人视觉定位产品，作为新松工业机器人多款应用单元的核心子系统应用于海信、创维、TCL、冠捷、VESTEL、九牧、大连船舶等国内外知名制造企业。 |
| 主要知识产权和标准规范等目录（不超过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 |
| 发明专利 | 一种提高图像信息可感知度的图像局部对比度增强方法 | 中国 | ZL2014 1 0709147.8 | 2016-06-19 | 2965280 | 中国科学院沈阳自动化研究所 | 朱枫、 蔡铁峰、 郝颖明、 吴清潇、 付双飞、周静、 欧锦军 | 有效专利 |
| 发明专利 | 一种基于人眼视觉特性的图像增强评价方法 | 中国 | ZL2014 1 0709165.6 | 2018-08-21 | 3042246 | 中国科学院沈阳自动化研究所 | 郝颖明、 朱枫、 范晓鹏、 吴清潇、 付双飞、 欧锦军、 周静 | 有效专利 |
| 发明专利 | 一种基于点特征的单目视觉位姿测量方法 | 中国 | ZL 2013 1 0639611.6 | 2017-1-11 | 2345172 | 中国科学院沈阳自动化研究所 | 郝颖明、朱枫、欧锦军、周静、付双飞、吴清潇、李娟娟、蔡慧英 | 有效专利 |
| 完成人情况 | 1.吴清潇，第1完成人，研究员，工作于中国科学院沈阳自动化研究所，负责组织开展项目的总体设计，制定技术方案和实施方案。提出了创新点3和4，对创新点1、2、5均有重要贡献。2.李思聪，第2完成人，助理研究员，工作于中国科学院沈阳自动化研究所，负责基于图像匹配的工件目标识别、机器人与视觉关系标定等关键技术攻关以及二维视觉定位系统的应用等工作。提出了创新点1，对于创新点4的提出具有重要贡献。3.欧锦军，第3完成人，副研究员，工作于中国科学院沈阳自动化研究所，负责基于结构光的三维数据获取、三维目标识别和定位等关键技术攻关和机器人视觉定位系统设计及原型验证等工作。对项目创新点2的提出具有重要贡献。4.王化明，第4完成人，工程师，工作于沈阳新松机器人自动化股份有限公司，负责基于视觉的机器人控制、基于视觉的工业机器人应用单元设计及推广应用等工作。对创新点4的提出具有重要贡献。5.嵇冠群，第5完成人，副研究员，工作于中国科学院沈阳自动化研究所，负责视觉软件平台的设计、开发以及机器人视觉应用等工作，提出了项目创新点5。6.张正光，第6完成人，助理研究员，工作于中国科学院沈阳自动化研究所，负责工件目标的识别和定位、机器人与视觉关系标定等关键技术攻关和机器人视觉产品研制与应用等工作。对项目创新点2、4的提出具有重要贡献。7.段红旭，第7完成人，副研究员，工作于中国科学院沈阳自动化研究所，负责机器人视觉产品的研制与应用等工作。8.曲业闯，第8完成人，高级工程师，工作于沈阳新松机器人自动化股份有限公司，负责基于视觉的机器人应用单元的研制与推广应用等工作。9.王爽，第9完成人，助理研究员，工作于中国科学院沈阳自动化研究所，负责图像处理、特征提取等工作，对创新点1的提出具有重要贡献。10.郝颖明，第10完成人，研究员，工作于中国科学院沈阳自动化研究所，负责视觉标定和位姿计算等关键技术攻关和视觉产品的设计开发等工作，对创新点4的提取具有重要贡献。11.朱枫，11完成人，研究员，工作于中国科学院沈阳自动化研究所，是该项目方向的提出者和总顾问。提出项目创新点2，对项目创新点1、3和4的提出具有重要贡献。 |
| 完成单位及创新推广贡献 | 1.中国科学院沈阳自动化研究所：第1完成单位，针对工业机器人对视觉识别定位的需求，组织开展了需求分析、方案论证、关键技术攻关、产品研制及应用等工作。突破了工件目标识别与定位方法、工业环境下高精度三维数据获取、机器人与视觉关系标定等关键技术，研制了系列化机器人视觉定位产品，应用到新松工业机器人多款应用单元上。2.沈阳新松机器人自动化股份有限公司：第2完成单位，开发了基于视觉的机器人控制技术，参与了机器人视觉定位系统产品的需求分析和方案论证，将机器人视觉定位系统应用于多款工业机器人应用单元，并进行推广应用。 |
| 完成人合作关系说明 | 项目完成人从2013年开始就工作于一个团队，专注于工业机器人视觉定位技术的攻关、产品研制和推广应用等工作。完成人朱枫是本方向的提出者和总顾问，为项目的顺利实施提供了强有力指导；吴清潇是具体的方案制定和实施负责人，组织了项目的具体实施；李思聪、欧锦军、王化明、嵇冠群、张正光、段红旭、王爽、郝颖明既有明确的分工和侧重，又有具体的协作，共同完成了关键技术攻关、产品研制和应用等工作；而王化明和曲业闯作为新松公司工业机器人应用方面的负责人，设计研发了多款基于视觉定位的工业机器人应用单元，并进行了大量的推广应用工作。 |