

## 拟申报奖种：技术发明奖

### 1. 项目名称：

基于主被动柔性的工业机器人高精度、高适应性作业关键技术及应用

### 2. 完成人：中国科学院自动化研究所、埃夫特智能装备股份有限公司

乔红，许礼进，苏建华，王鹏，肖永强，郑碎武

### 3. 项目简介：

制造业一直是我国的重要支柱产业，工业机器人是我国制造业转型升级过程中的重要切入点。本项目在国家发改委智能制造装备发展专项、国家 863 计划、国家 04 专项等支持下，在工业机器人柔性作业方法、核心技术和关键工艺等方面完成了多项发明创造：（1）基于接触约束和视知觉信息融合的工业机器人柔性作业技术。实现了利用低精度工业机器人完成高精度装配任务。（2）基于最少视觉特征和机械手抓取约束融合的三维零部件定位技术。实现了机器人的高效“手-眼”融合。（3）复杂作业环境中人与工业机器人仿人交互-协作技术。解决了传统工业机器人装配和磨抛等作业适应性差、协作性差及人员安全等问题。

本项目成果申请专利 59 项，已授权 32 项（发明专利 25 项）；近 3 年发表和接收 SCI 论文 40 余篇。先后获得北京市科学技术一等奖和二等奖、安徽省科学技术二等奖。本项目具有较强的技术前瞻性和国际影响力，第一申报人于 2013 年和 2016 年连续两次当选 IEEE 机器人与自动化学会管理委员会委员（Administrative Committee, IEEE Robotics & Automation Society）、工业活动理事会理事。并担任国际 SCI 期刊《Assembly Automation》（装配自动化）的主编和其它多个国际期刊编委。本项目研发的工业机器人装备和系统，已应用于国民经济和国防安全中多个重要领域。

### 4. 客观评价

IEEE 亚太地区主席, IEEE 机器人和自动化学会前主席 Toshio Fukuda 教授, 欧洲应用科学技术与工程院委员 (Board on Euro-CASE, 由 22 个欧盟国家的 40 余名委员组成)、贝尔格莱德大学教授 Petar B. Petrovic, IEEE Fellow、美国新墨西哥大学教授 Ron Lumia 等国际知名学者均对我们在高精度装配方面的工作给出了高度评价。本项目的关键技术和系统获得 2 项省部级奖。国际光学工程学会会士 (SPIE Fellow)、国际电气电子工程师协会会士 (IEEE Fellow)、国际模式识别学会会士 (IAPR Fellow) Xuelong Li 教授, 美国统计学会会士 (ASA Fellow)、国际统计学会永久会员 (Lifetime Member)、约翰霍普金斯大学 Carey E. Priebe 教授等对在文章中我们在工业机器人

视觉定位和抓取方面的工作表示认可。申请团队以相关专利技术作价入股成立惠州先进制造产业技术研究中心有限公司，该公司 2016 年获颁“广东省新型研发机构”称号。

### 5. 推广应用情况

本项目成果已在奇瑞汽车部件装配、中国工程物理研究院光机组件装配、法恩洁具产品精加工、安徽白兔湖动力股份有限公司发动机组件制造中得到成功应用，取得了显著的经济效益和社会效益。本项目为秦川机床集团工业机器人关节减速器装配线研制的工业机器人高精度装配系统，正在进行运行前的测试；为我国即将开展的载人航天等重大工程提供了关键技术与系统验证。本项目在广东建立产学研中心，通过专利技术入股以国有公司注册登记和运行。该中心获批成为广东省第二批新型研发机构，目前研究中心承接包括 TCL 泰洋光电部件制造等企业的工业机器人应用开发项目。

### 6、主要知识产权证明目录（不超过 10 件）

知识产权类别	知识产权具体名称	国家（地区）	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人	发明专利有效状态
发明专利	利用低精度机器人实现高精度轴孔装配的方法	中国	ZL20061001534.X	2012-03-28	927630	中国科学院自动化研究所	乔红	有效
发明专利	一种基于传感器反馈的机器人磨削系统	中国	ZL201110080010.7	2013-04-24	1574631	中国科学院自动化研究所	苏建华，乔红，区志才，罗永康	有效
发明专利	工业机器人视觉抓具	中国	ZL201310125871.1	2014-04-12	1921865	安徽埃夫特智能装备有限公司	赵从虎，徐礼进，曾辉，泳玮，章琳，陆由斌，刘加磊	有效
发明专利	基于工业机器人的发动机活塞、活塞销和连杆装配方法及装置	中国	ZL201010217225.4	2012-09-05	1041595	中国科学院自动化研究所	苏建华，乔红，区志才，张波	有效

发明专利权	一种基于视觉和力反馈的机器人装配系统	中国	ZL201410286295.3	2016-9-14	2239844	中国科学院自动化研究所	王阵贺, 乔红, 苏建华, 曹恩华	有效
发明专利权	一种基于视觉信息的工业机器人磨削系统及方法	中国	ZL201010603399.4	2012-07-04	992308	中国科学院自动化研究所	区志才, 乔红, 苏建华, 张波	有效
发明专利权	一种工件定位机器人	中国	ZL20141035242.5	2014-07-23	2202303	安徽埃夫特智能装备有限公司	张宏强, 徐礼进, 曾辉, 泳玮, 肖永强, 赵从虎, 胡国栋, 王海永, 章林, 翟莹莹	有效
发明专利权	一种基于图像信息的机械手抓取物体的方法	中国	ZL201010603401.8	2010-12-23	927240	中国科学院自动化研究所	苏建华, 乔红, 刘传凯, 区志才	有效
发明专利权	动态场景下基于局部背景剪除的自适应目标跟踪方法	中国	ZL201010034353.5	2014-01-22	1363722	中国科学院自动化研究所	王鹏, 乔红, 苏建华, 王敏	有效
发明专利权	基于遮挡物建模的有遮挡情况下的目标跟踪方法	中国	ZL201010034354.X	2014-01-22	1363723	中国科学院自动化研究所	王鹏, 乔红, 郑碎武	有效

## 7、主要完成人

公示姓名	排名	行政职务	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目技术创造性贡献
乔红	1	中国科学院自动化研究所类脑智能研究中心副主任 中国科学院大学计算	研究员、博导	中国科学院自动化研究所	中国科学院自动化研究所	是本项目核心技术发明创新思想的提出者, 对四个技术发明点均做出了创造性贡献。提出了基于主被动柔性实现工业机器人高精度、高适应性作

		机与控制学院“控制理论与控制工程”教研室主任 九三学社中央科技委，委员				业的系列核心技术，是核心发明专利1、2，主要发明专利4-6, 8-10的发明人。共同发明了基于环境接触约束和视觉觉信息融合的工业机器人柔性作业技术、基于视觉特征和机械手约束融合的零件定位和抓取技术、复杂作业环境中人与工业机器人仿人交互与协作技术。旁证材料：主要发明专利1、2、4-6、8-10。
许礼进	2	总经理	高级职称	埃夫特智能装备股份有限公司	埃夫特智能装备股份有限公司	是本项目核心技术发明创新的重要贡献者。对技术发明点3做出了重要贡献，共同发明了基于视觉特征和机械手约束融合的零件定位和抓取技术，以及工业机器人视觉抓具的设计技术。是核心发明专利3和主要发明专利7的主要发明人。并总体负责工业机器人装配系统和工业机器人磨抛系统的工程应用和推广工作。旁证材料：主要发明专利3、7。
苏建华	3		副研究员、硕导	中国科学院自动化研究所	中国科学院自动化研究所	是本项目核心技术发明创新的重要贡献者。对技术发明点1、2、3做出了重要贡献。共同发明了基于环境接触约束和视觉觉信息融合的工业机器人柔性作业技术、基于视觉特征和机械手约束融合的零件定位和抓取技术。是核心发明专利2和主要发明专利4、5、8的发明人。在工程应用中负责工业机器人装配和磨抛算法软件的设计。旁证材料：主要发明专利2、4、5、8。
王鹏	4		副研究员、硕导	中国科学院自动化研究所	中国科学院自动化研究所	是技术发明点3、4的重要发明人。共同发明了基于视觉特征和机械手约束融合的零件定位和抓取技术、复杂作业环境中人与工业机器人仿人交互与协作技术。是主要发明专利9、10的发明人。在工程应用中负责工业机器人视觉定位于机器人抓取算法软件的设计。旁证材料：主要发明专利9、10。
肖永强	5	副总工程师	工程师	埃夫特智能装备股份有限公司	埃夫特智能装备股份有限公司	是项目的主要参与者，对技术发明点3做出了重要贡献，是主要发明专利7的发明人。主要负责国产工业机器人装配系统、国产工业机器人磨抛系统的方案设计，以及在装配和磨抛工

						业机器人系统的现场工程实施。旁证材料：主要发明专利 7。
郑碎武	6		副研究员	中国科学院自动化研究所	中国科学院自动化研究所	是项目的主要参与者，对技术发明点 4 做出了重要贡献，是主要发明专利 10 的发明人。主要负责工业机器人系统方案设计。是项目在广东的产学研中心的技术负责人，承担 TCL 泰洋光电等工业机器人高精度作业系统的应用。旁证材料：主要发明专利 10。

## 8、完成人合作关系说明

本项目第一完成人乔红研究员，提出了本项目主要技术发明点，并和第二完成人许礼进规划项目关键技术的研发和实施方案。双方在工业机器人的高精度、高适应性作业任务方面开展了关键技术攻关，联合承担国家发改委智能制造装备发展专项项目，并有合作文章。

项目的第三完成人苏建华副研究员、第四完成人王鹏副研究员和第六完成人郑碎武副研究员是乔红研究员的博士生，毕业后在中国科学院自动化研究所工作，上述三个完成人是关键技术攻关的重要参与人与执行人。项目的第五完成人肖永强博士是第二完成人许礼进的同事，是本项目的重要执行人之一，在工业机器人作业关键技术和应用系统研发和应用方面做了大量工作。

完成人合作的工作成果获得 2015 年北京市科学技术奖。

## 9、推荐意见

该项目致力于解决国产工业机器人高精度、高适应性作业瓶颈难题，在工业机器人主被动柔性方法、核心技术和关键工艺等方面完成了多项发明创造：

1、创新性提出基于接触约束和视力觉信息融合的工业机器人柔性装配作业技术，结合自主研发的国产机器人本体，实现对复杂对象的高精度装配。

2、发明基于机械柔性和力觉系统融合的工业机器人柔性磨抛作业技术，通过模仿熟练工人的磨抛作业，实现了对复杂型面物体的柔性研磨抛光。

3、发明了基于最少视觉特征和机械手抓取约束融合的三维零部件定位方法，解决对有遮挡、图像信息不足情况下对零件的精确定位，实现了机器人的“手-眼”融合。

4、发明了复杂作业环境中人与工业机器人仿人交互-协作技术，解决了传统工业机器人装配和磨抛等作业适应性差、协作性差等问题。

该项目成果申请专利 59 项，已授权 32 项（发明专利 25 项）；近 3 年发表和接收 SCI 论文 40 余篇；累计经济效益逾 5 亿。先后获得北京市科学技术一等奖和二等奖、安徽省科技二等奖。

该项目也具有较强的技术前瞻性和国际影响力，第一申报人于 2013 年和 2016 年两次当选 IEEE 机器人与控制学会管理委员会委员、工业活动理事会理事，2014 年开始担任国际 SCI 期刊《Assembly Automation》（装配自动化）的主编和其它多个国际一流期刊编委。

推荐该项目申报国家技术发明奖。