

2025 年度拟提名陕西省科技进步奖项目公示内容

一、项目名称

航空大部件智能装配关键技术与装备

二、提名者及提名意见

提名者：陕西省教育厅

提名意见：大型飞机是国家核心战略能力的重要组成部分，新一代大飞机的关键部件具有尺寸大（20 米以上）、刚度弱（变形可达厘米级）等突出特点，传统的自动化装配设备难以适用。研究并自主发展航空大部件高端智能装配技术与装备，是国家大飞机研制与批产迫切需要解决的核心问题。

项目组以国家战略需求为导向，以国家重点型号数字化平台建设、基础预研、国家自然科学基金、陕西省科技统筹创新工程计划等项目的支撑下，联合陕飞、成飞、西飞等三大主机厂组成产学研用团队，历时十二年，通过理论创新-技术突破-装备研发-工程应用，打破了国外核心技术封锁，攻克变形预测、精准连接、脉动加工等多项航空大部件智能装配“卡脖子”难题。

项目获得 2018 年陕西省高等学校科学技术一等奖，授权发明专利 35 项，研制各类智能装配装备 30 与台套。项目整体技术及装备成功应用于空警 500、歼 20、运 20 等国家重大型号飞机的大部件装配关键工序，并辐射应用至其他民用领域。为我国多个型号“长空利剑”的准时交付和迅速列装提供了技术和装备保障。对行业的技术进步和产业结构优化升级有较大推动作用，有广阔的应用前景和推广价值。

成果材料齐全、规范，无知识产权纠纷，人员排序无争议，符合陕西省科技进步奖推荐条件。特提名为陕西省科技进步奖二等奖。

三、项目简介

发展大型飞机是国家战略，在国家重大科技专项及《中国制造 2025》中，均把发展大型飞机及其重大关键智能制造装备作为重要内容。大型飞机的重大关键部件具有尺寸大、厚度薄、刚度弱等典型特点，其装配加工过程的形变机理异常复杂。面对新一代飞机对于精准对合、精准连接和高效转运等关键任务要求，大部件装配的技术复杂性和难度大幅提高，成为制约精准装配的关键核心因素。

本项目紧密围绕航空大尺寸部件的弱刚度、薄厚度、大尺寸及复杂形变特征，从它们对于航空大部件装配如调姿、对合、对合加工误差控制等多因素耦合作用机理和影响程度出发，针对大部件装配的关键核心技术——包括大部件调姿、对合、对合加工、脉动转运等，做出了多项创新工作。

1. 揭示了航空大部件对合装配多因素耦合复杂变形机理，攻克了大部件智能调姿对合方法和技术，实现了航空大部件精准对合装配

精准对合是航空大部件高质量装配的前提。但其大尺寸、薄厚度、弱刚度等特点导致精准对合困难，难以满足新一代飞机高精度装配要求。该项目通过研究大部件多因素耦合复杂变形机理，预测装配体变形及回弹，并采用智能装备保证

装配后形态。取得以下成果：

(1) 揭示了大部件多因素复杂变形机理，提出大部件智能调姿方法和技术

基于大部件等效刚度矩阵和测量点变形映射模型，构造了大部件调姿变形及下架回弹过程的解析描述，探明了大尺寸、薄厚度、弱刚度航空大部件在重力、约束力、温度作用下的变形机理。以变形机理及产品数模建立复杂变形模型、以约束力及约束点位移作为反馈，提出了航空大部件面向下架回弹后装配体精确智能调姿算法，为大中型飞机部件的精确调姿提供了有效保障。

(2) 提出了航空大部件对合面形位优化方法

以大部件“变形一回弹”模型为基础，对合面协调误差的现场精确测量数据为依据，提出了航空大部件对合装配后回弹量及误差预测方法。以对合面的精确贴合要求和加工量上限为约束，以装配体变形回弹后的最终误差作为目标函数，建立了目标对合面形位优化方法，为大部件的精准对合提供了理论支持

精准对合成果与应用：授权发明专利 3 项。自主研发一套智能调姿对合装备，显著降低了装配误差，缩短了大部件调姿周期，大大降低了工人的劳动强度及人员需求。为某重点型号机翼发房的精确调姿对合提供了有效保障。

2. 揭示了航空大部件切削加工误差产生机理，提出大部件智能加工稳定控制技术，实现了大部件精准连接

(1) 揭示了加工位姿与机器人动力学特性间关系，提出了机器人加工系统刚度优化技术

建立了机器人加工系统的刚度和有限元动力学模型，对系统质量、刚度、阻尼等动力学参数进行分析，并采用有限元差分理论求解系统运动方程，建立了不连续钻削力和机器人动力学特性之间的关系。研究不同姿态下机器人刚度性能和稳定性，提出了分析机器人刚度优化对加工过程稳定性控制的作用机制。

(2) 揭示了大部件切削加工形位误差产生机理，提出了加工过程振动控制技术

揭示了叠层压紧变形和薄壁件压脚回弹引起的“形-位”误差产生机理，提出了与加工装备末端位置相关的变参数自适应切削方法，突破了高精度钻铰铰制孔和对合面铣削铰孔工艺控制、加工精度实时测量与反馈、加工振动智能控制等多项关键技术，有效抑制了弱刚性结构件装配对合面加工中的振动现象，实现了航空大部件对合面和连接孔的智能加工。

精准连接成果与应用：已授权发明专利 3 项，自主研制移动式智能机器人制孔装备，可实现多类大部件多种孔径智能制孔，制孔精度大幅提高；自主研制了大部件对合端面五坐标精加工装备，提高了对合面贴合精度。两套装备已成功应用于国产大飞机生产线，提高了装配现场加工质量和效率，实现了航空大部件的精准连接装配。

3. 提出了“装备脉动”新概念，建立了脉动式装备大场景寻站、快捷固连、末端高精度定位技术，实现了大部件高效转运装配

大部件在脉动生产过程中需多次转运、装夹及测量，严重降低了装配精度及

生产效率。该项目跳出了以部件转运为主的传统视角，提出了“部件生根，装备长腿”的“装备脉动”式装配方法。针对移动平台存在的定位误差及无地面支撑问题，突破了装备精确定位及地面快速高刚度固连技术，取得以下成果：

（1）提出了“装备脉动”新概念，建立了脉动装备大场景精确寻站技术

与航空部件相比，制造装备刚度高，变形小，且易与移动平台集成，更适于反复转运及定位。该项目提出了“装备脉动”式装配方法，在同一站位完成大部件加工和装配，减少了反复装夹、提高了装配精度及生产节拍。针对移动装备大场景寻站精度问题，分析了转站过程误差来源及分布，提出了站位布局及大场景位置标定优化方法，为脉动装备的大场景精确寻站提供了技术基础。

（2）提出了脉动装备末端执行器的高精度多级定位和快捷高刚度固连技术

针对脉动式加工装备末端高精度定位和无地面支撑问题，探明了脉动装备转站及地面定位配合误差对末端定位精度的影响，建立了基于误差传递矩阵特征值优化的站位布局方法，提出了融合地面定位与大部件视觉匹配定位的多级高精度定位技术，提出了“地面—移动平台”高刚度快捷固连技术，建立了有界位姿扰动下的轨迹可行性计算及自适应轨迹离线编程方法，为脉动装备的多站点定位及地面高刚度固连提供了技术基础。

高效转运成果及应用：授权发明专利 4 项，研发两套智能重载脉动装备，配合机器人制孔和对合面精加工，前梁制孔时间减少 50%以上，机翼发房装配工时缩短约 60%，为多个重点型号飞机的大部件高节拍脉动装配提供了技术保障。

四、客观评价

1. 专家评价

（1）航空大部件智能装配关键技术与装备项目总体获得 2018 年陕西省高等学校科学技术一等奖，并于 2023 年 12 月通过成果鉴定，鉴定委员会认为“该项目技术难度大，有重大自主创新，技术成熟、完备、可靠”，项目成果核心技术自主可控，具有核心自主知识产权，打破了国外技术装备封锁。总体达到了国际先进、国内领先水平，保障了国家重点型号飞机的批产和列装需求，具有重大的经济效益和社会效益。”

（2）陕西省科技统筹创新工程计划项目“移动工业机器人动态检测关键技术研究（项目编号：2016KTZDGY06-01）”于 2019 年 6 月通过验收，验收委员会认为：“项目开发并设计了动态基准检测算法、空间坐标系转换算法，确定了机器人动态位姿精度和运动轨迹规划补偿实施方案，并成功应用于陕飞、成飞等单位负责的国家重点型号实际生产，对提高产品品质、生产效率、改善劳动条件有显著作用。”

（3）法国工程院院士 Alain Bernard 课题组在论文中评价：“项目所研发的航空大部件智能装配装备，采用了复杂机电系统建模和组态知识建模的方法，相关研究为开展高端装备的信息物理系统建模奠定了坚实基础。”；中国工程院外籍院士、美国工程院院士、中央研究院院士杨祖佑教授课题组在论文中评价“应用特征向量定位法分析揭示了颤振发生的内在机理，并给出具体的追踪判断条件，

采用智能结构和刚度优化的方法分析了不同参数下颤振抑制的具体效果，意义显著”。

2. 主要用户评价

陕西飞机工业有限责任公司认为：“该项目突破的技术及自主装备“移动式超大行程高精度智能调姿对合装备”大幅提高了装配精度及效率，达到了该重点型号飞机装配对机翼发房高精度对合装配要求，对合面贴合误差由 0.1mm 降至 0.05mm，装配时间缩短一半以上，人员需求量减少至原来 1/4，而且显著降低了工人的劳动强度。”

河南卫华重型机械股份有限公司评价：“2022 年至 2024 年，应用西北工业大学研发的机器人智能焊接系统，以低成本和高效率实现了起重机箱形主梁的自动化焊接，三年共新增销售起重设备 1808 台，平均每台销售额约 40 万元，累计新增销售额 72336 万元。”

成都飞机工业（集团）有限公司认为：该项目开发的技术及制孔装备“显著提高了制孔精度、效率和加工质量，其中制孔精度可达 H8，制孔速度提高一倍，人员需求减为原来 1/3，为歼击机的批量生产提供了技术保障”。

深圳市行健自动化股份有限公司评价：“针对深圳招商重工船厂中大型船体……焊接需求，……自主研发出大型龙门式双机器人协同自动化焊接设备，……实现了快速精确定位和焊缝实时跟踪，大大提高了焊接效率和焊接质量，成功解决了大型船体底板高效自动化焊接的难题”。

中国航空无线电电子研究所给予了该项目高度评价：“……相比传统人工作业模式，提高了装配精度、效率和质量，其中装配速度提高了一倍，人员需求减为原来的 1/3，为重大型号项目的批量生产提供了技术保障”。

北京世纪合创工业科技有限公司评价：“应用……‘机器人动态位姿精度补偿’、‘脉动加工装备’、‘大部件精准调姿对合’等多项关键技术，先后在六自由度运动平台、机器铆接系统、机器人自动化装配系统、机器人自动化扫描系统等多套面向航空航天应用的装配设备，有效替代了国外进口装备，……采购成本节约 45%左右”。

陕西道博新材科技有限公司评价：“应用西北工业大学研究团队提出的“机器人精准定位制孔”、“大部件精准调姿对合”等多项关键技术，先后在复合材料风扇叶片 2-pin 自动植入、大曲率复材构件机器人超声扫描、复合材料铺缠一体化机器人等系统中进行了应用大幅提升了我公司承担的国家重点型号发动机机匣、风扇叶片、风扇帽罩、发动机短舱等零部件的加工质量和生产效率。”

西安振华智能科技有限公司评价：“应用‘机器人动态位姿精度补偿’、‘脉动对合加工装备’、‘大部件精准调姿对合’等多项关键技术，先后研制出多套面向航天应用的装配设备。应用表明，相比于传统的人工作业模式，显著提高了装配对合精度、效率和装配质量。”。

中山福昆航空科技有限公司评价：“应用西北工业大学的飞行器地面指控及任务设备开发，两年共新增销售飞行器 46 台，平均每台销售额约 38 万元，累

计新增销售额 1748 万元。应用项目成果新增利润占新增销售额的 15%, 平均每台设备节约人力、物力、财力约 5.7 万元, 累计新增利润和节约成本为 263 万元。”

陕西皋德航宇科技有限公司评价: “应用西北工业大学研究团队提出的“机器人转运系统”、“脉动对合加工装备”“大部件精准调姿对合”等多项关键技术, 先后在航空航天发动机关键核心零部件自动化生产线上进行了应用, 大幅提升了诱导轮、喷嘴、发动机壳体、发动机内底、尾锥管等核心零部件的加工质量和生产效率。”

五、应用情况

该项目成果已应用于陕西飞机工业(集团)有限责任公司、成都飞机工业(集团)有限责任公司、深圳行健自动化股份有限公司、中国航空无线电电子研究所、及北京世纪合创工业科技有限公司等多个单位, 支持了 3 个重点型号飞机和其他民用领域产品的大部件智能装配工作。具体应用情况如下:

主要应用单位情况表

序号	单位名称	应用的技术	应用对象及规模	应用起止时间	单位联系人
1	陕西飞机工业(集团)有限责任公司	航空大部件智能调姿对合技术、装备脉动加工技术	某型号飞机机翼发房数字化对合装配	2017-01-01至今	陈浩天
2	河南卫华重型机械股份有限公司	“装备脉动技术”箱形主梁移动机器人智能焊接系统	近三年新增 1808 台, 累计新增销售额 72336 万元	2020-01-10至今	刘永刚
3	中航工业成都飞机工业(集团)有限责任公司	大部件自动制孔稳定性控制、动态位姿精度补偿、加工路径自适应编程	重大型号飞机壁板, 12 架次	2015-01-01 2020-01-01	陈强
4	深圳市行健自动化股份有限公司	双机器人协同作业技术、智能装备对接技术、离线编程及智能跟踪技术	大型船体底板骨材, 新增销售额 13520 万元	2018-01-01 2021-01-01	丁会霞
5	中国航空无线电电子研究所	自动位置搜寻定位、动态位姿精度实时补偿、机器人运动轨迹优化	某型复杂电子产品装配 12 套/次, 新增销售额 1390 万元	2018-01-01 2021-01-01	赵璐
6	北京世纪合创工业科技有限公司	机器人动态位姿精度补偿、脉动加工装备、大部件精准调姿对合	六自由度运动平台、大曲率复杂构件机器人扫描等, 新增销售额 3380 万元	2018-01-01至今	赵海洋

7	陕西道博新材料科技有限公司	复合材料零部件机器人精准定位制孔、大部件精准调姿对合	累计新增销售额3170万元，新增利润和节约成本1040万元	2020-01-01至今	高海源
8	西安振华智能科技有限公司	机器人动态位姿精度补偿	调姿对合装配平台、机器人复材抛磨系统、航天发动机喷管装配系统	2017-1月至今	谢小红
9	中山福昆航空科技有限公司	任务系统生产装配模式、装备模块化设计、脉动装配	应用于飞行器地面指控及任务设备开发，累计新增销售额1748万元	2022-01-01 2024-12-31	张野平
10	陕西皋德航宇科技有限公司	机器人转运系统、脉动对合加工装备、大部件精准调姿对合	应用于各类精密复杂零件产线，累计新增销售额1890万元	2020-10-01至今	殷小龙

六、主要知识产权和标准规范等目录（限 10 条）

序号	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
1	发明专利	一种人机协作装配中的机器人位姿标定方法	中国	ZL202111104540.0	2021 年 9 月 22 日	5929839	西北工业大学	王战玺、张益铭、陈航、兰尊晟、张邦海、杨利伟、韩永年、秦现生、郑晨、王鸿博、白晶
2	发明专利	工业机器人精准制孔的四点法向调平方法	中国	ZL201510133460.6	2016 年 8 月 17 日	2178543	西北工业大学	王战玺、李飞飞、王宁、秦现生、谭小群、白晶、王增翠、武俊强、刘健、王玮、郭欣、杨奇
3	发明专利	基于高精度工业相机的移动制孔机器人基准找正方法	中国	ZL201510133459.3	2017 年 4 月 19 日	2461561	西北工业大学	王战玺、李飞飞、王宁、秦现生、谭小群、白晶、王增翠、武俊强、刘健、王玮、郭欣、杨奇
4	发明专利	一种用于人机协作装配的末端执行器及方法	中国	ZL202111213218.1	2021 年 10 月 19 日	5955503	西北工业大学	王战玺、张邦海、钱新潮、张益铭、杨利伟、韩永年、王刚、秦现生、郑晨、王鸿博、白晶
5	发明专利	一种飞机前起落架转弯角度测量辅助装置及测量方法	中国	ZL202211171022.5	2022 年 9 月 23 日	7366280	陕西飞机工业 有限责任公司	苏智、陈卫红、罗喜东、曹祖权、马卓、陈权仁、王大群、韩志斌

6	发明专利	基于工业机器人和单目相机的定轴运动刚体空间位置识别方法	中国	ZL20191074221702	2022 年 4 月 12 日	5075046	西北工业大学	王战玺、辛锋、唐婧仪、李静娜、霍志杰、张勇、白晶、曹妮、李浩妍
7	发明专利	一种多工业机器人协同焊接控制方法	中国	ZL201910534053.4	2019 年 6 月 20 日	5034763	西北工业大学	郑晨、张也、秦现生、刘蕃、邢佳健、庞放心、蒋浩淼、张鹏
8	发明专利	一种机器人焊接系统的混合离线编程方法	中国	ZL202110388393.8	2021 年 4 月 10 日	5599930	西北工业大学	郑晨、吴浩宇
9	发明专利	一种基于移动平台的机器人焊接系统任务分配与路径规划方法	中国	ZL202110416522.X	2021 年 4 月 19 日	5397076	西北工业大学	吴浩宇、郑晨、安玉树、秦现生、王战玺
10	发明专利	基于激光跟踪仪的机器人末端执行器坐标系标定方法	中国	ZL201610190887.4	2016 年 3 月 30 日	2861908	西北工业大学	李飞飞、王战玺、秦现生、谭小群、王宁、郭欣、王玮、白晶、李靖、张顺琦、刘健、杨奇

七、主要完成人情况

姓名	排名	行政职务	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目贡献
王战玺	1	无	教授	西北工业大学	西北工业大学	1、项目负责人，揭示了加工位姿和机器人动力学间的关系 2、发明了机器人加工系统刚度优化技术 3、发明了加工过程振动控制技术 4、提出机器人自动制孔系统总体设计 5、提出了脉动装备末端高精度多级定位
王鸿博	2	无	副教授	西北工业大学	西北工业大学	1、提出了对合面现场测量及形位优化方法 2、提出了机器人大场景精确标定优化方法 3、提出了移动机器人柔顺控制方法 4、研制了机翼发房对合装配系统
郑晨	3	无	副教授	西北工业大学	西北工业大学	1、揭示了航空大部件多因素复杂变形机理 2、发明了航空大部件对合面精准加工技术 3、发明了脉动装备大场景精确寻站技术 4、提出了机翼发房对合装配系统方案
罗喜东	4	副总工程师	研究员级高工	陕西飞机工业有限责任公司	陕西飞机工业有限责任公司	1、提出了加工路径自适应编程方法 2、发房对合装配系统的需求分析及架构设计 3、装备脉动概念的可行性分析及需求细化 4、参与研制了机翼发房对合装配系统

李靖	5	无	副研究员	西北工业大学	西北工业大学	1、加工振动控制技术的可行性分析及实施 2、提出了钻铆组件详细方案 3、机器人自动制孔系统试验验证 4、参与了高精度多级定位系统的分析及验证
白晶	6	无	副教授	西北工业大学	西北工业大学	1、发明了机器人末端执行器协作装配技术 2、发明了飞机壁板自动制孔法向调整算法 3、参与研制了机器人自动制孔系统
杨毅	7	副部长	高级工程师	陕西飞机工业有 限责任公司	陕西飞机工业有 限责任公司	1、加工面形位优化的需求细化和实施方案 2、调姿系统柔顺控制方案及试验验证 3、机翼一发房对合流程的测量误差分析
秦现生	8	无	教授	西北工业大学	西北工业大学	1、发明了大部件智能对合方法和技术 2、发明了机器人加工系统刚度优化技术 3、发明了“装备脉动”新概念 4、提出了脉动装备快捷固连方法
封璞加	9	厂长助理	高级工程师	陕西飞机工业有 限责任公司	陕西飞机工业有 限责任公司	1、机翼发房装配流程的测量方案设计 2、对合面现场测量加工系统的需求分析及 试验验证 3、参与研制了机翼发房对合装配系统
邬涛	10	主任	高级工程师	陕西飞机工业有 限责任公司	陕西飞机工业有 限责任公司	1、机翼发房对合装配系统的需求分析及架构 设计 2、提出了发房装配调姿对合误差补偿技术 3、参与研制了机翼发房对合装配系统

八、主要完成单位情况及创新推广贡献

完成单位	排名	对本项目科技创新和应用推广情况的贡献 (限 600 字)
西北工业大学	1	<p>作为成果第一完成单位，主持制定了项目的总体方案，主要贡献为：</p> <p>1、揭示了航空大部件对合装配多因素耦合复杂变形机理，提出了大部件智能调姿对合方法和技术，实现了航空大部件精准对合装配；</p> <p>2、揭示了大部件切削加工误差产生机理，提出了大部件智能加工稳定性控制技术，实现了大部件的精准连接；</p> <p>3、提出了“装备脉动”新概念，建立了脉动式装备大场景寻站、快捷固连、末端高精度定位技术，实现了航空大部件高效转运装配。</p>
陕西飞机工业有限责任公司	2	<p>与西北工业大学王战玺教授团队合作，共同开展了航空大部件智能调姿对合方法和技术、装备脉动加工技术、动态位姿补偿项目应用推广。与西北工业大学合作突破了“航空大部件智能调姿对合方法和技术”、“装备脉动加工技术”，研发了脉动式超大行程高精度智能调姿对合装备，实现了具有大尺寸、薄厚度、弱刚度特点的机翼发房数字化精准调姿对合装配，以及对合面脉动式智能优化加工。解决了空警500等型号飞机的机翼发房装配难题，提升了该重点型号飞机生产的智能化程度、精度及效率。</p>

九、完成人合作关系说明

完成人合作关系说明

项目完成人王鸿博、郑晨、李靖、秦现生、白晶均在西北工业大学工作，其余完成人罗喜东，杨毅，封璞佳，邬涛在项目合作单位陕西飞机工业有限责任公司工作。本人与科研团队成员合作攻关，自 2013 年以来一直致力于航空大部件智能装配技术及装备研发，期间科研团队不断从国内外知名大学引进相关技术人才，共同攻克多项技术难点，共发表论文 100 余篇（SCI 36 篇，SCI 引用 1195 次），授权国家发明专利 35 项。完成人合作关系具体情况如下表所示。

完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者/项目排名	合作起始时间	合作完成时间	合作成果
1	共同知识 产权	王战玺/1,秦现生/8, 郑晨/9, 王鸿博/10, 白晶/11	2019-05-03	2021-09-22	发明专利：一种人机协作装配中的机器人位姿标定方法
2	共同知识 产权	王战玺/1,秦现生/3, 白晶/6	2014-03-25	2016-08-17	发明专利：工业机器人精准制孔的四点法向调平方法
3	共同知识 产权	王战玺/1,秦现生/3, 白晶/6	2015-01-01	2017-04-19	发明专利：基于高精度工业相机的移动制孔机器人基准找正方法
4	共同知识 产权	王战玺/1,秦现生/8, 郑晨/9, 王鸿博/10, 白晶/11	2018-01-01	2021-10-19	发明专利：一种用于人机协作装配的末端执行器及方法
5	共同知识 产权	郑晨/1,秦现生/3	2017-04-07	2019-06-20	发明专利：一种多工业机器人协同焊接控制方法
6	共同知识 产权	王战玺/1,白晶/7	2019-01-01	2022-04-12	发明专利：基于工业机器人和单目相机的定轴运动刚体空间位置识别方法

7	共同知识 产权	郑晨/2,秦现生 /4, 王战玺/5	2018-01-01	2021-04-19	发明专利：一种基 于移动平台的机器 人焊接系统任务分 配与路径规划方法
8	共同知识 产权	王战玺/2,秦现 生/3	2014-01-01	2016-03-30	发明专利：基于激 光跟踪仪的机器人 末端执行器坐标系 标定方法
9	项目合作	王鸿博/2,王战 玺/4, 白晶/6	2020-01-01	2022-12-31	科研项目：多机器 人协同减速电机精 密装配技术研究
10	项目合作	王战玺/1,秦现 生/2, 王鸿博 /4, 白晶/5	2016-12-01	2018-12-31	科研项目：面向多 类型机器人结构的 智能控制平台关键 技术的研究
11	项目合作	王战玺/1,白晶 /2	2016-01-01	2018-12-31	科研项目：铣削机 器人颤振机理及其 主动抑制研究
12	项目合作	王战玺/2,白晶 /4, 李靖/5, 王 鸿博/7,	2016-01-01	2017-12-31	科研项目：移动工 业机器人动态监测 关键技术研究
13	项目合作	王战玺/1,王鸿 博/2, 郑晨/3, 罗喜东/4,李靖 /5, 秦现生/6, 杨毅/7,封璞佳 /8, 白晶/9, 邬 涛/10	2013-07-26	2017-07-01	研制设备：外翼发 房对合数字化装配 系统

承诺：本人作为项目第一完成人，对本项目完成人合作关系及上述内容的真实性负责，特此声明。

第一完成人签名：王战玺