

一、专业实践训练整体情况

实践单位名称	杭州飞钦航空智能装备有限公司	
实践单位地点	杭州市萧山区鸿兴路 389 号	
实践岗位名称	技术工程师	
专业实践训练时间	集中进行	2021 年 03 月 08 日开始 至 2022 年 05 月 30 日结束
		专业实践训练累计 448 天（单位考核前），其中项目研究天数 386 天（单位考核前）
<p>(1) 基本概况（含实践单位简介、实习实践内容等）</p> <p>杭州飞钦航空智能装备有限公司是一家专注于航空、航天领域高端数字化装备设计、制造、集成与服务的高技术企业。公司致力于机器人、航空航天、高端装备、智能制造等国家重点发展方向。公司初创团队核心成员深耕航空自动化装配行业多年，掌握机器人自动化装配核心技术，进入航空机器人技术梯队。目前公司产品已经服务于中航西安飞机工业集团股份有限公司，上海飞机制造有限公司，成都职业技术学院等多家航空执照上及产学研机构。</p> <p>实践主要内容为机器人自动制孔法向测量及自动寻法向算法及功能实现</p>		
<p>(2) 项目研究概述（含项目名称、项目来源、项目经费、主要研究目标和技术难点等）</p> <p>项目名称：工业机器人在航空装配制孔项目上的应用。</p> <p>项目来源：实践单位工程研发项目</p> <p>项目经费：约 50 万元</p> <p>项目主要研究目标：通过硬件四组激光位移检测传感器，通过测法算法，完成四传感器组合找制孔点的法向。消除打孔时引起的法向误差，提高打孔法向精度。</p> <p>主要技术难点：四点传感器找法算法研究，曲面板传感器找法方法研究</p>		

(3) 项目开展情况 (含项目研究内容、研究方案及技术路线, 研究团队分工、本人承担任务及完成情况, 存在问题与改进建议等, 不少于 500 字。)

针对飞机壁板自动化制孔的要求, 提出一种壁板制孔法向测量的硬件结构及法向找法测量算法单元, 通过四点法, 拟合平面, 计算出制孔位置的法向。并架构一套机器人自动化制孔系统, 通过机器人欧拉角的变换方式, 计算出机器人姿态角度和法向角度偏差, 调整机器人姿态到制孔法向。

方案及技术路线:

机器人制孔寻找法向过程中, 三点法测量找法存在一定缺点, 如其中一个测距传感器损坏或测距点掉入孔里。另外, 对于曲面板, 三点法测距找法存在较大误差。通过四点数据测算, 通过测法算法, 可以避免一个传感器数据无效 (如射入孔里) 的情况; 同时对于一个传感器射入孔窝里的情况, 四点法也可以有效的改善寻法向精度。非接触式传感器在测量过程中, 能避免与工件的直接接触, 更改好的保证产品的完好, 因此选定非接触式激光测距传感器, 作为测距工具。

对于曲面板, 制孔时, 曲面板形变不同, 通过制孔末端压脚机构, 在小范围内行程近视平面, 完成曲面板的传感器数据测量, 并通过法向量平局, 完成曲面板的制孔找法。

团队分工: 团队成员共有四人, 项目经理及项目负责人 1 人, 负责整个项目研发的推进及资源整合; 电气工程师 1 人, 负责项目电气设计, 测距传感器数据处理, 法向算法研究开发, 机器人姿态变换调试; 机械工程师 1 人, 负责项目执行机构设计及硬件结构搭建; 软件工程师 1 人, 负责上位离线软件及用户 UI 设计。

本人担任项目的电气工程师, 负责项目电气设计, 测距传感器数据处理, 法向算法研究开发, 机器人姿态角度变换调试, 制孔项目整体调试测试。

项目完成情况: 目前负责测距传感器数据处理程序完成, 法向算法研究已经完成二次迭代升级的开发, 整体项目调试完成, 项目已经在客户现场试生产。

项目问题改进及建议: 测距传感器对于部分飞机壁板 (如钛合金板) 测距有误差, 选择其他测距工具; 对于曲面板, 由于取法向量平局, 可能使找法算法无法到达理论值。针对加工的要求, 选择合理的法向角度。

二、专业实践训练收获

(一) 围绕考核评价指标体系，举例说明以下收获（不少于 800 字）

专业实践训练是理论学习与生产实际相结合的重要实践性环节。在实践中，解决工程实际问题为目标。培养我们的团结合作精神，牢固树立我们的群体意识，合作意识。在为期一年的企业实训过程中，通过参与航空装配设备的应用开发，自己也得到全方位的收获。

知识掌握方面：

第一. 产品组件的选型需要兼顾多方要求。如法向测量传感器的选型。传感器选型要兼顾传感器检测稳定性，产品精度，产品尺寸，数据传输方式等多方面综合要求。

第二. 项目指标的分解。如飞机壁板进行制孔加工，制孔的法向对飞机的安全及飞机寿命有着举足轻重的作用，对于法向角度要求小于 0.1° 的工业指标要求。不仅要求传感器性能指标，传感器安装位置标定，法向算法单元等都是重要的环节。

第三. 刚体运动学知识。6轴工业机器人是串联式工业机器人，末端执行器安装在机器人入的末端法兰上，它们之间是属于刚性连接，所以对刀具姿态的调整实际上就是对机器人姿态的调整。

能力提升方面：

第一. 增强团队协作意识。法向姿态调整，不仅仅是软件算法数据的事情，因为法向精度关系飞机的安全性，稳定性及飞机的使用寿命，所以传感器设计选型，安装位置标定，法向算法单元等需要整体考虑。

第二. 综合与系统分析能力得到很大的提升。工业产品是功能性，效率性，稳定性及安全性综合性产品。航空制孔机器人成套产品，在项目实施过程中，要综合考虑设备产品的综合参数，性能指标不是唯一最求的目标，在切合实际生产的需求下，效率性，安全性，稳定性要通盘考虑。

第三. 个人综合能力提升。通过工业总线通讯，采集传感器数据，熟悉了工业总线；通过传感器标定，测法算法，对四点法找法算法有了进一步的认识，通过对机器人运动学学习，了解了刚性运动学，姿态变换矩阵，欧拉角变换有了直观的认识，通过对末端的控制，对运动控制器的编程及使用有了提升。

素质养成方面：

第一. 工程项目思维能力素养提升。工程项目不是某单一方面的技术能力，需要在本专业能力合格的基础上，拓展相关的技术能力及认知。不仅要熟练掌握本专业知识，还要了解相关的机械，行业要求等相关知识

第二. 科学素养提升。项目是航空制造的一部分，航空设备的安全性要求加工设备的精度，稳定性都很高，在工作中要更加科学严谨，求真务实

第三. 增强社会注意核心价值观。通过与航空人员的接触，深切的感受到航空也人员的敬业精神，在目前社会国际动荡，台海形势不稳情况下，更应该增强自生实力，只有自身硬，才能应对外界多变的形势

通过在企业的实践训练，将理论联系实际，只有通过工程验证才能系统的考虑设备。如传感器安装位置的传感器发光点影响法向角度的测量精度，大电流，大功率的设备，影响通讯数据的传输等，机器人末端找法向量均值比角度均值更精确等，都需要工程实践；另外，一个工程项目，是多方面能力和知识的综合整合，只有团队合作，机械，电气，软件，装配通力配合，才可能把项目执行好。

(二) 取得成效

对于基于工业机器人的飞机自动钻铆系统设计研究项目的实践实训，旨在全面研究飞机数字化柔性自动钻铆技术，研制出具有自主知识产权的机器人自动钻铆生产线，并应用到装配生产线中。该项目实施对于提升我国飞机装配自动化整体水平、赶超世界先进航空制造技术、打破国外技术封锁等具有极大的推动意义

首先，是保障国家经济建设和 9981 安全的重要组成部分。航空工业国民经济相关产业发展的支柱产业，但随着我国国力的不断提升，西方国家为遏制我国发展对我国在关键技术上实行技术封闭。目前国际形式动荡，台海形势紧张，加快我国航空工业的发展，研究自动装配技术十分必要。

其次，大幅提高飞机的装配质量。当飞机紧固件沿外载荷作用方向倾斜角度大于 2° 时，飞机的疲劳寿命会降低约 47%；当倾斜角度超过 5° 时，疲劳寿命会降低约 95%。传统的手工制孔存在着很多的问题，制孔过程受人为控制，容易造成孔偏斜的缺陷，远远不能保证制孔垂直度的要求。此研究项目，采用四传感器，拟合空间平面，通过算法实现法向的自动寻找，目前法向精度可以控制在 0.1° 之内，完全复合生产的要求

第三，能够提高生产效率。飞机制造过程中的装配工作量占到 40%~50%，成本占制造成本的 $1/3 \sim 1/2$ ，周期占飞机制造周期的 50%左右。一架大型飞机上大约有 150~200 万个连接孔。随着时代的发展，用工难，用工荒问题越发严重，而在壁板制孔这些底层工种更加严重，采用机器人控制，每分钟可以制孔 6-8 个，并且可以二十四小时不间断运行，大大提高生产效率。

实践项目机器人自动制孔法向测量及自动寻法向算法及功能实现是工业机器人在航空装配制孔项目上的应用一个技术点，是机器人在航空工业装配上应用的一个重要组成部分，此制孔法向测量的项目成果，还可以拓展应用到机器人铆接等应用场景，实训项目为研究论文课题的一个重要组成部分。

实训项目目前已完成初步开发，目前正在部分航空装配长试生产，此项目通过智能相机完成基准点的拍摄及位置偏移，通过压脚机构消除曲面板形变及压紧加工，通过四传感器平面拟合寻找制孔的法向，项目结构部分已经完成发明专利申请（专利号 2022101437689），机器人自动制孔法向测量及自动寻法向算法已经申请发明专利（专利号 2021109459465），两个专利均已进入实质审查阶段。目前项目已经在部分

航空装配上试生产应用，并得到了客户的一致好评。

3. 在校期间主要研究成果【含产品与样机、专利（含申请）、著作、软件著作权、论文、标准、获奖、成果转化等】

成果名称	类别[含产品与样机、专利（含申请）、著作、软件著作权、论文、标准、获奖、成果转化等]	发表时间/授权或申请时间等	刊物名称/专利授权或申请号等	本人排名/总人数	学校排名/总参与单位数
偏移信息处理方法、装置、电子设备和制孔机构	发明专利	2021-11-09	20211094594 65	1/4	

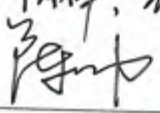

本人承诺


在专业实践训练及考核报告撰写过程中，如实提供材料，严守学术道德、遵循学术规范。

签字：孙徽尔

2022年5月20日

三、考核评价

<p>校外合作 导师(或现 场导师)</p> <p>评价</p>	<p>重点对研究生项目研究开展情况、职业素养、行业知识掌握、环境和岗位适应能力、工程实践能力、团队协作能力，以及通过技术创新、成果转化、解决工程实际问题等取得的经济和社会效益等方面的评价：</p> <p>刘瑞乐同学在公司参与面向航空装配的机器人制孔项目，工作方向是机器人的控制算法和电气调试，开发了机器人运动控制、视觉定位、法向找正等功能，为公司的技术研究和产品开发起到了重要的作用。</p> <p>刘瑞乐在工作过程中，保质保量完成项目任务，表现出很好的团队合作和敬业精神，表现优秀。</p> <p>校外合作导师（或现场导师）签字：  2022年5月30日</p>
<p>校内导师</p> <p>评价</p>	<p>重点对研究生科学素质、基础及专业知识掌握、技术应用创新能力、取得的研究成果、项目研究与学位论文撰写的相关程度等方面的评价：</p> <p>刘瑞乐同学在实践过程中，能够脚踏实地，把理论与实践相结合，有较高的综合素质和解决问题的能力，表现优秀。</p> <p>校内导师签字：  2022年6月7日</p>

<p>实践单位 过程考核 意见</p>	<p>实际实践开始时间:2021年 2 月 8 日 实际实践结束时间:2021年 5 月 30 日</p> <p>专业实践训练累计天数: 648 其中项目研究天数: 386</p> <p>实践单位过程考核结果: <input checked="" type="checkbox"/>优秀 <input type="checkbox"/>良好 <input type="checkbox"/>合格 <input type="checkbox"/>不合格</p> <p>审核签字并盖公章:  2022年 5 月 30 日</p>
<p>最终考核 结果审核 备案</p>	<p>考核总成绩 (由现场答辩考核成绩 90%+单位过程考核成绩 10%组成):</p> <p>是否重修: <input type="checkbox"/>是 <input type="checkbox"/>否</p> <p>教学管理部 (或相关分院) 审核签字 (公章): _____ 年 月 日</p>

四、相关支撑材料

在校期间主要研究成果【含产品与样机、专利（含申请）、著作、软件著作权、论文、标准、获奖、成果转化等】证明材料原件扫描件，具体提交要求如下：

1. 产品与样机扫描件包含企业证明材料（含产品与样机功能及创新性介绍、社会效益、个人贡献说明及相关照片等）。
2. 授权专利扫描件包含专利证书授权页；未授权专利扫描件包含专利受理书扫描件和专利请求书扫描件。
3. 著作扫描件包含封面、封底和版权页。
4. 软件著作权扫描件包含著作权证书和登记申请表。
5. 论文扫描件包含封面、封底、目录和论文全文（含收录证明）。
6. 标准扫描件包含封面、版权页、发布公告、前言和目次。
7. 获奖扫描件包含显示单位和个人排名的获奖证书。
8. 成果转化扫描件包含企业证明材料（含成果技术说明、社会效益、个人贡献说明及相关照片等）。