

**企 业 项 目 实 践**

**课 程 任 务 书**

题目：  **客机机身蒙皮机器人测量位姿标定与测点数据精确获取**

姓 名： 李圳

学 号： U202210857

同组成员：孔亮（U202210853）

黄一鸣（U202210852）

班 级：机械本硕博 2201 班

（任务起止日期： 2025 年 2 月 24 日 ～ 2025 年 6 月 22 日）

1. 题目来源

中国商飞是实施国家大型飞机重大专项中大型客机项目的主体，主要从事民用飞机及相关产品的科研、生产、试验试飞，从事民用飞机销售及服务、租赁和运营等相关业务。客机蒙皮是飞机外部的主要结构，直接承受气动载荷、温度变化和外界环境的影响，蒙皮的损伤直接导致结构强度下降，严重时可能引起飞行事故，所以对客机蒙皮的检测是非常有必要的。而在客机机身蒙皮机器人测量中，位姿标定与测点数据精确获取能够确保机身蒙皮的几何精度、制造质量和飞行安全性，同时支持数字化制造和适航认证。客机机身蒙皮机器人测量位姿标定与测点数据精确获取可以为飞机制造提供可靠的质量保障，推动航空制造业的技术进步。

1. 实践目标

1、实现移动双机器人系统高效同步标定

2、开发大型机身蒙皮测量路径快速规划方法

3、实现全域自定位无标志测量数据拼接

4、完成大幅面点云多环节处理与精配准

5、进行蒙皮机器人测量通讯与试验验证

1. 实践内容

1、移动机器人系统精确高效标定（针对扫描仪、机器人、跟踪智能靶标、跟踪仪、工件之间如何建立标定模型，参考文献主题：手眼标定，大概会有两类，分别是AX=XB以及AX=YB类型）；

2、大型机身蒙皮测量路径快速规划（学习如何在大尺寸曲面蒙皮或者进气道这种航空零件，建立高效率、覆盖率大、覆盖重复性低的机器人测量路径规划方法，参考文献主题：机器人路径规划、高效视觉测量、三维扫描等）；

3、全域自定位无标志测量数据拼接（这个就是得到的每幅点云，如何通过激光跟踪仪跟踪到的智能靶标空间姿态信息，建立每幅点云的空间变换矩阵，实现自动化的多幅点云拼接）；

4、大幅面点云多环节处理与精配准（可以读一读课题组的论文，如基于方差最小化原理的三维匹配数学建模与误差分析. 机械工程学报, 2017；iPoint3D曲面检测软件开发与工程应用综述. 机械工程学报, 2020；MVGR: Mean-Variance Minimization Global Registration Method for Multiview Point Cloud in Robot Inspection等等论文，实现大幅面点云多环节处理与精配准）；

5、蒙皮机器人测量通讯与试验验证（做机器人测量仿真动画，共同完成实验过程，记录原始数据）。

1. 任务与分工
2. 李圳任务分工：阅读手眼标定主题的文献，研究比较AX=XB类型标定算法和AX=YB类型标定算法，建立机器人-扫描仪（跟踪仪）标定模型，设计实验，采集标定数据，验证标定精度并优化算法；

实际实践思路：手眼标定主要解决机器人末端执行器（手）与传感器（眼）之间的坐标系转换问题。根据传感器是固定在机器人上还是外部，手眼标定分为两类：传感器固定在机器人上的AX=XB类型和传感器固定在外部的AX=YB类型，研究比较AX=XB类型标定算法和AX=YB类型标定算法，建立机器人-扫描仪（跟踪仪）标定模型，设计实验，采集标定数据即机器人移动到多个不同位置时，记录每个位置的机器人末端位姿Ai和传感器测量数据Bi。对AX=XB类型，建立方程AiX=XBi，通过最小二乘法或其他优化方法求解X，即传感器相对于机器人末端的位姿。对AX=YB类型，建立方程AiX=YBi，通过优化方法同时求解X和Y，即机器人末端相对于基座的位姿和传感器相对于基座的位姿，通过位姿验证模型标定精度并优化算法。

1. 孔亮学习机器人测量路径规划方法，研究基于曲面曲率的路径规划方法和基于视觉测量的自适应路径规划技术，建立大尺寸曲面蒙皮的路径规划数学模型，在仿真环境中验证路径规划效果，不断优化路径规划算法，减少重复覆盖区域；
2. 黄一鸣任务分工：研究基于ICP（Iterative Closest Point）的点云配准算法和基于特征匹配的点云拼接方法，学习基于方差最小化原理的三维匹配算法和MVGR（Mean-Variance Minimization Global Registration）多视点云配准方法，利用智能靶标的空间姿态信息，建立点云的空间变换矩阵，实现自动化的多幅点云拼接、处理与精配准；
3. 三人共同完成任务与分工：做机器人测量仿真动画，共同完成蒙皮机器人测量通讯与试验实验过程，记录原始数据，分析得出结论。

五、已具备的实践条件

1.飞机机身蒙皮构件

2.移动导轨

3.ABB IRB 1600机器人

4.UR 10机器人

5.PowerScan面阵三维测量传感器

6.API Radian Pro激光跟踪仪

六、进程安排

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 设计阶段 | 设计内容摘要 | 周数 | 备 注 |
| 选题 | 师生沟通，详细了解项目背景、内容，确定选题 | 第2周 |  |
| 详细方案设计 | 学生了解实践项目的问题关键点，确认研究方向和安排任务 | 第3周 |  |
| 具体企业项目训练 | 1. 进行文献阅读，开展调研，开展调研、交流、探讨、学习相关基础理论知识； 2. 学生初步研究算法，搭建模型，进行虚拟仿真实验； 3. 定期参与课题组组会，学习科研汇报的形式和内容，了解其他成员的研究进展，分享自己的学习心得和实验进展； 4. 进行实际蒙皮机器人测量实验，记录原始数据，分析实验结果。 | 第4-15周 |  |
| 总结和文档整理 | 1. 汇总整理项目过程文档；  2. 总结团队合作和项目管理经验；  3. 撰写项目报告书和个人总结；  4.撰写专利交底书或英文论文。 | 第16-17 周 |  |
| 答辩 | 答辩展示及导师评分。 | 第 18周 |  |

七、实践成果要求

1. 企业实践项目报告书 1本；

2. 算法源码；

3. 测量视频与动画；

4. 专利交底书或英文论文。

指导教师：

企业导师：

2025年 3 月 13 日