

飞机数字化装配人才培养模式的创新与实践： 基于新型实训载体的探索

黄鹏

长沙航空职业技术学院, 湖南 长沙 410124

DOI: 10.61369/VDE.2025200033

摘要：针对航空制造业数字化转型背景下，高职院校在飞机数字化装配人才培养中面临的实训载体缺失、教学资源分散及理论与实践脱节等核心问题，提出并实践了一种以自主开发的集成化实训载体为核心的人才培养新模式。该模式基于建构主义与行为主义学习理论，通过开发涵盖“飞机全机数模 – 数字工装 – 数字仿真 – 实体产线”的综合性实训平台，构建了“核心工艺数字装配、学校实训整机装配、高难场景模拟装配”的多层次教学空间。实践表明，该模式显著提升了学生的数字化应用能力、工艺规划能力与综合创新素养，为高素质技术技能人才培养提供了可复制的路径。

关键词：飞机数字化装配；人才培养模式；实训载体创新

Innovation and Practice of Talent Training Mode for Aircraft Digital Assembly: Exploration Based on a New Practical Training Platform

Huang Peng

Changsha Aeronautical Vocational and Technical College, Changsha, Hunan 410124

Abstract : In response to core challenges such as the lack of practical training platforms, dispersed teaching resources, and the disconnection between theory and practice in cultivating aircraft digital assembly talents in higher vocational education against the backdrop of the aviation manufacturing industry's digital transformation, this study proposes and implements a new talent training model centered around a self-developed integrated training platform. Based on constructivist and behaviorist learning theories, the model constructs a multi-level teaching space encompassing "digital assembly of core processes, whole-aircraft assembly in school training, and virtual assembly for high-difficulty scenarios" by developing a comprehensive practical training platform that includes "full-aircraft digital models, digital tooling, virtual simulation, and a physical assembly line." Practice has shown that this model significantly enhances students' digital application skills, process planning capabilities, and comprehensive innovative literacy, providing a replicable pathway for cultivating high-quality technical and skilled talents.

Keywords : aircraft digital assembly; talent training model; practical training platform innovation

引言

航空制造业是关乎国民经济与国防安全的战略性产业，具有技术密集度高、体系复杂的特征。飞机装配作为飞机制造过程的枢纽环节，其质量与效率直接决定了最终产品的性能。传统飞机装配严重依赖模线样板、标准工装等模拟量传递技术以及工人的个人经验，存在误差累积、效率低下且质量一致性难保证等固有瓶颈。随着 MBD、数字孪生、自动钻铆、装配过程精密测量、自动调姿等新技术新工艺的深度渗透，飞机装配已进入以三维数字量全程传递、装配仿真先行、数字设备自动化执行为特征的数字化装配新阶段。这一变革不仅极大地提升了装配精度与效率，更对一线技术技能人才的知识结构、技能水平与综合素养提出了全新要求。

然而，当前高职院校飞行器制造类专业的人才培养体系却显著滞后于产业升级步伐。受制于飞机数模、工艺规范等核心资源的保密性，专用工装设备的高成本以及复杂装配过程的高安全风险，教学过程普遍存在“看不见、摸不着、难实践”的痛难点。学生所学多为割裂的理论知识点与基础操作技能，缺乏对飞机数字化装配全流程的系统性认知与实战化训练，导致其岗位适应周期长、创新能力弱。因此，探索一种能够有效贯通理论与实践的创新人才培养模式，已成为高职教育服务航空产业发展的迫切课题。

本研究立足于教学实践，以实训载体创新为突破口，旨在构建并验证一套适用于高职层次的飞机数字化装配人才培养新模式，为解决上述供需矛盾提供可行性方案。

基金项目：2022年湖南省职业教育教学改革研究项目“航空 MBD 制造模式赋能飞行器制造专业数字化升级途径研究”（编号：ZJGB2022632）。

作者简介：黄鹏（1990—），男，重庆巫溪人，高级工程师，硕士研究生，研究方向为飞行器数字化制造、职业教育。

一、飞机装配人才培养现状与核心挑战

(一) 人才培养现状分析

当前,我国航空制造主流企业在产品数字化定义、数字化工艺设计、数字化测量与检测等领域已实现较高程度的数字化应用。这一转型要求从业人员不仅具备传统的装配技能,更需具备跨学科的知识体系,能够熟练掌握数字化工具并应用于现场装配。与之形成鲜明对比的是,高职院校的人才培养内容与方法仍较多停留在传统制造层面。其困境主要体现在:

(1) 资源壁垒高:真实的飞机三维数模、装配工艺规程(AO)、专用装配型架等核心资源因涉及知识产权与保密要求,难以从企业直接引进并应用于教学,导致教学内容与行业标准脱节。

(2) 实训载体缺失:飞机结构复杂,涉及专用工具、设备、型架数量众多,建设一条真实的飞机装配线成本高昂,大多数院校无力承担。教学中往往采用简化模型或局部部件进行练习,无法模拟真实装配情境的复杂性与严谨性。

(3) 教学模式陈旧:教学多遵循“理论讲授+单项技能训练”的线性模式,各知识模块孤立,未能形成以完整工作任务为导向的能力培养链条,未能充分模拟飞机装配的复杂性和挑战性,学生综合解决工程问题的能力不足^[1]。

(二) 核心挑战

当前飞机装配人才培养面临的挑战本质上是技术迭代加速与教育系统固有惯性之间的冲突。具体表现为:

(1) 技术动态性与课程静态化的矛盾:数字化装配技术演进迅速,而课程体系与教材更新周期长,导致学生所学知识滞后于企业当前应用。

(2) 能力复合化与培养单一化的矛盾:数字化装配岗位要求人员兼具机械、软件、测量、工艺等多学科知识以及团队协作、持续学习等软技能,而分科教学的传统模式难以实现跨学科能力融合培养。

(3) 高实践依赖性与低实训投入的矛盾:复杂装配技能的培训高度依赖于反复、高质量的实践,但教学资源投入不足严重制约了实践教学的深度与广度。

二、实训载体创新设计与开发

当前的培养模式在技能与理论相结合的层面上存在明显不足,严重制约了人才的综合素质与适应能力,实训载体是连接理论与实践的关键桥梁。本研究的核心创新在于设计并开发了一套高度集成、教学适配性强的飞机数字化装配实训平台。

(一) 实训载体创新的理论基础

载体的设计深植于现代教育理论。建构主义理论强调学习者在真实情境中主动建构知识的意义。首先与企业专家共同组建校企联合团队,详细分解飞机数字化装配工岗位能力,精准绘制职业能力图谱;综合考虑学习认知规律、教学场地、耗材消耗、工装设备投入等客观要素,自主开发一套专门面向数字化装配人才

培养的实训飞机平台,包括飞机全机数模、工装数模、数字工卡、装配仿真、自动钻铆离线编程等数字资源,按照航空数字化设计技术规范将设计、工艺、仿真、检验等信息集成在统一的数模中(图1),解决当前教学中飞机数模缺乏、资源分散等痛点问题。本载体通过创设逼近工业现实的数字化装配环境,引导学生主动探索、协作解决问题。行为主义理论认为技能通过强化训练得以为内化。本载体提供的可重复、可反馈的实操训练环节,正是对关键技能进行强化的有效途径^[2]。

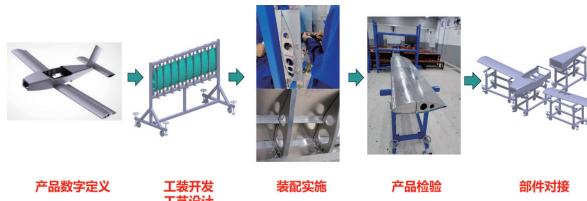


图1 飞机数字化装配实训载体

(二) 实训载体的系统架构与开发

基于系统工程思维,从顶层开发了一套较为完整的飞机上数字化装配实训载体,具体包括以下资源与系统:

(1) 数字化资源库:基于航空行业标准,创建了包含飞机结构件、标准件、装配型架的完整MBD模型库。同时,开发了与之配套的数字化工卡,将装配顺序、工具、质检要求等工艺信息结构化、可视化^[3]。

(2) 虚拟仿真系统:利用虚拟现实(VR)技术,构建了沉浸式装配仿真环境。学生可在虚拟空间中反复进行装配路径规划、人机工程校核、干涉检查等高风险或高成本训练,如装配路径规划、自动钻铆离线编程与仿真优化^[4]。

(3) 实体实训产线:依据数字资源,研制了关键的钣金模具与关键装配工装(型架),在校内搭建了一条小规模、高仿真的飞机部件装配实训线。未来该产线还将集成自动钻铆、自动调姿、数字化测量(如激光跟踪仪)等设备,用于训练学生基于数字模型进行零件定位、自动执行、检测与质量分析等能力^[5]。

至此,构建出一套“数字模型驱动、虚拟仿真验证、实体装配执行”的三位一体实训载体,实现了从认知到实战的无缝衔接。建立“核心工艺数字装配+学校实训整机装配+高难场景虚拟装配”多样化教学空间及手段,有效破解飞机数字化装配痛点^[6]。

三、基于创新载体的人才培养模式实践

(一) “三层七阶”教学模式设计

依托上述载体,设计了层层递进的教学模式:

层次一(核心工艺数字层):学生在CAD/CAM软件环境中,学习基于MBD模型的工艺信息解读、工装设计与装配序列规划,培养数字化基础能力^[7]。

层次二(学校实训整机层):在实体实训产线上,以小组形式完成教学飞机部件的实际装配。严格遵循AO指令,使用数字化工具进行操作与质检,强化规范意识与团队协作^[8]。

层次三（高难场景虚拟层）：对于大型部件调姿、自动钻铆等难以实体开展的复杂操作，在VR系统中进行深度仿真训练，培养应对复杂工况的能力^[9]。

阶段递进：整个教学过程按照“结构认知→数字建模→工艺编制→仿真验证→零件制造→部件装配→整机调试”七个阶段螺旋式上升，将专业课程知识有机串联。基于全新的实训载体，学生可在近乎真实的场景中进行操作与探索，这不仅提高了实践技能，更培养了学生的创新能力和问题解决能力^[10]。

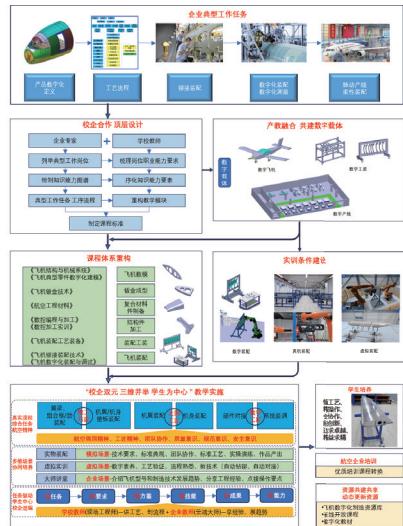


图2 基于创新载体的教学模式设计

（二）创新教学法的融入与实践

飞机数字化装配作为航空制造业中的核心环节，其复杂性和技术性对人才的专业技能有着严苛的要求。基于新型实训载体，将数字化装配技术应用于飞机制造实训中，已然成为提升实训效果与效率的关键因素之一。使实训过程更为贴近实际工业环境，培养出的学生能够更好地适应复杂的航空产品制造任务。将传统的行业操作技能与现代信息技术相结合，学生在实际操作中不仅需掌握装配工艺，还需熟悉数字化工具的使用，如计算机辅助设计与制造软件、工艺仿真系统等，学生能够直观地观察装配过程中每一个细节，实时获取三维模型的数据反馈，从而在错误发生之前就能进行调整与优化。数字化装配技术不仅是工具，也是实训内容的一部分，学生在学习中不仅提高了技术能力，还培养了数字化思维和创新能力。通过这种技术的整合，实训不再是简单的技能训练，而是一个复杂的系统性学习过程，为学生构建了更加广阔的学习平台，推动了整体教学质量的提升。在实训过程中，教师与学生之间的互动也因这项技术的应用而更加紧密，教师能够通过实时数据分析指导学生改进操作，增强了实训效果的精准性和针对性。

四、实践效果评估与展望

在本研究中，我们采用多维评估方法对飞机数字化装配人才培养模式的实践效果进行了深入分析与验证。通过定量与定性相结合的方式，我们选取了包括学生技能提升、理论知识掌握、创

新思维发展、团队协作能力等多个维度的指标，以全面反映该培养模式的实际效果。在定量评估方面，学生在专业技能测试中的平均成绩显著高于采用传统教学模式的对照组，尤其在复杂任务的解决能力上展现出卓越的提升。此外，通过对学生在装配实际操作中的表现进行视频分析与专家打分，我们观察到学生的自主学习能力与动手能力得到了大幅度增强，体现在完成任务的效率与精准度上。在定性评估中，通过半结构化访谈获取学生与指导教师的主观反馈，发现多数参与者对该创新培养模式给予了积极评价，不仅认为其有效提升了个人专业技能水平，还在实际工作中应用了所学知识，表现出更高的职业素养与适应力。教师反馈也表明，学生的自主学习能力提升显著，创新思维与团队协作能力在项目中得以充分体现。综合这些评估结果，我们可以确认，基于实训载体的创新培养模式在提升学生职业能力方面展现了显著效果。

五、結論

本研究针对飞机数字化装配人才培养的现实困境，成功开发了一套集成化的新型实训载体，并在此基础上构建了“三层七阶”的教学模式。实践证明，该模式有效破解了教学资源匮乏、理论与实践脱节等难题，显著提升了人才培养的质量与针对性。它为高职院校应对智能制造挑战、创新工程技术人才培养提供了具有推广价值的范式。未来将进一步深化产教融合，与企业共建“厂中校”，将企业真实生产案例经教学化改造后引入课堂，实现“教学-生产”一体化。及时融入数字孪生、数字装配工艺等前沿技术，实现实体装配线与虚拟模型的实时交互与双向驱动，提升教学过程的可预测性与优化能力。

参考文献

- [1] 郭斌, 刘检华, 刘少丽. 从数字化装配到智能化装配: 关键技术与发展展望 [J]. 计算机集成制造系统, 2022, 28(1): 1-16.

[2] 周坤, 许国康, 王青, 等. 面向飞机智能装配的数字孪生车间构建关键技术 [J]. 航空学报, 2022, 43(10): 1-14.

[3] 刘飞, 谢毅, 张承龙. 智能制造背景下航空制造技能人才需求变化与培养对策 [J]. 中国职业技术教育, 2022(16): 52-58.

[4] 曾波, 李西宁, 王战春. 基于数字孪生的飞机装配生产线虚实融合技术 [J]. 计算机集成制造系统, 2023, 29(4): 1059-1070.

[5] 姜雨廷, 何胜男, 孙惠斌. 职业教育数字化转型: 内在意蕴、现实困境与破解路径 [J]. 教育与职业, 2023(11): 37-43.

[6] 王珉, 郝博, 张祥祥. 航空复合材料构件数字化柔性装配技术发展 [J]. 航空制造技术, 2023, 66(5): 34-45.

[7] 李聪, 曹增强, 朱永国. 基于 MBD 的飞机装配工艺信息集成与三维发布技术 [J]. 图学学报, 2022, 43(2): 310-318.

[8] 黄超, 刘更, 刘嵒. 产教融合视域下高端装备制造领域人才培养模式探索 [J]. 高等工程教育研究, 2022(增刊1): 145-148.

[9] 张宏宇, 刘检华, 兰国庆. 智能制造人因工程: 研究框架与展望 [J]. 机械工程学报, 2023, 59(11): 1-18.

[10] 陈永华, 彭俊彬, 吕瑞强. 基于 VR/AR 的航空制造实训系统构建与应用 [J]. 实验技术与管理, 2022, 39(3): 200-204.