

数字孪生技术在航空制造类专业课中的教学实践与实效分析

谌侨, 蒋艳林, 李阳

长沙航空职业技术学院, 湖南 长沙 410124

DOI:10.61369/EDTR.2026060022

摘 要 : 当前, 航空制造产业正全力推进智能化转型, 在这一行业变革背景下, 传统航空制造类专业课教学逐渐露出一系列亟待解决的问题。其中, 实训环节投入成本居高不下、实际操作过程中存在较大安全隐患、理论知识与岗位实践应用严重脱节等问题尤为突出, 直接导致教学成果难以匹配行业对高素质技能型人才的迫切需求。数字孪生技术作为集感知、建模、仿真与数据交互于一体的新型技术手段, 为破解上述教学难题提供了切实可行的解决方案。本文以《航空零件加工工艺》《航空制造装备》等核心课程为实践载体, 深入探索数字孪生技术在日常教学中的具体应用路径。经过一学年的教学实践, 从提升学生专业能力、改善教学质量、优化教学效率三个核心维度, 全面剖析该技术应用的实际效果, 希望为航空制造类专业的教学改革提供可参考、可借鉴的实践经验, 助力高校培养出能够适应航空智能制造发展需求的专业人才。

关 键 词 : 数字孪生技术; 航空制造; 专业课教学; 教学实践; 教学实效

Teaching Practice and Effectiveness Analysis of Digital Twin Technology in Aviation Manufacturing Professional Courses

Chen Qiao, Jiang Yanlin, Li Yang

Changsha Aeronautical Vocational and Technical College, Changsha, Hunan 410124

Abstract : Currently, the aviation manufacturing industry is vigorously promoting intelligent transformation. Against this backdrop of industry change, traditional aviation manufacturing professional courses have gradually exposed a series of problems that urgently need to be solved. Among them, the high cost of training sessions, significant safety hazards during actual operations, and the serious disconnection between theoretical knowledge and practical application in the workplace are particularly prominent, directly leading to the difficulty in matching the teaching outcomes with the urgent demand of the industry for high-quality skilled talents. Digital twin technology, as a new type of technical means integrating perception, modeling, simulation, and data interaction, provides a feasible solution to these teaching problems. This paper takes core courses such as "Aerospace Part Processing Technology" and "Aerospace Manufacturing Equipment" as practical carriers, and deeply explores the specific application paths of digital twin technology in daily teaching. After one academic year of teaching practice, from the three core dimensions of enhancing students' professional capabilities, improving teaching quality, and optimizing teaching efficiency, this paper comprehensively analyzes the actual effectiveness of the application of this technology, hoping to provide reference and inspiration for the teaching reform of aviation manufacturing-related courses, and help universities cultivate professional talents who can meet the development needs of aviation intelligent manufacturing.

Keywords : digital twin technology; aviation manufacturing; professional course teaching; teaching practice; teaching effectiveness

作者简介:

谌侨 (1990.07), 男, 硕士研究生, 副教授, 研究方向: 职业教育; 智能制造, 单位: 长沙航空职业技术学院;

蒋艳林 (1988.04-), 女, 硕士研究生, 讲师, 研究方向: 机电一体化, 单位: 长沙航空职业技术学院;

李阳 (1988.09-), 女, 硕士研究生, 讲师, 研究方向: 工业机器人, 单位: 长沙航空职业技术学院。

引言

航空制造产业作为国家战略性新兴产业，其发展水平直接关系到国家的国防安全和科技实力提升^[1]。随着工业4.0理念的持续推进，航空制造行业正加速向智能化、数字化方向转型，这也对行业从业人员的专业素养和实践能力提出了更高要求——从业人员不仅要具备扎实的专业理论基础，还需要拥有较强的数字化操作能力、故障排查能力以及创新应用能力^[2]。当前，绝大多数高校开设的航空制造类专业课程，依旧采用的是传统的教学方式。数字孪生技术的核心优势在于能够建立起物理实体和虚拟模型之间的双向对应关系，让虚拟场景和真实场景实现实时同步，进而把航空制造的整个流程完整地模拟出来^[3]。这种技术不仅能精准复刻零件加工、部件装配的真实过程，还能有效减少实操过程中可能出现的风险，同时降低实训环节的各项成本^[4]。把数字孪生技术运用到航空制造类专业课的教学过程中，打破了传统教学在时间和空间上的限制，让理论教学和实践教学真正融合在一起，对于提高教学质量、培养出符合行业发展需求的专业人才，有着不可忽视的重要作用。

一、数字孪生技术在航空制造类专业课中的教学实践路径

本次教学实践选取了某高校航空制造工程专业2024级的学生作为实践对象，涉及到《航空零件加工工艺》、《航空制造装备》两门核心专业课，整个实践过程持续了一学年。本研究构建了“理论融合—虚拟实训—实操验证—校企协同”的四维教学实践体系，将数字孪生技术贯穿于教学的每一个环节，确保教学内容能够紧密贴合行业实际情况，教学过程也能充分对接真实的生产场景^[5]。

（一）理论教学融合，破解抽象知识讲解难题

航空制造类专业课的理论知识比较抽象难懂，比如航空零件复杂曲面的加工原理、飞机部件装配过程中的公差控制、各类制造装备的工作机理等内容，学生仅仅依靠课堂上的口头讲解和图片展示，很难真正掌握这些知识点。针对这一实际问题，授课教师需要将数字孪生技术与理论教学深度结合，构建虚拟教学模型，把那些抽象、难懂的知识，转化为学生能够直观看到、容易理解的可视化、具象化内容，帮助学生更好地理解理论知识。

在《航空零件加工工艺》这门课程的教学过程中，教师在讲解航空发动机叶片、起落架等结构复杂的零件的加工工艺过程中，需要运用数字孪生技术构建这些零件的三维虚拟模型，完整地还原零件从原材料加工成成品的整个流程。学生通过这个虚拟模型能清楚了解零件的构造特点、加工刀具的移动路线、切削参数的调整步骤，还有不同加工工艺会给零件精度带来的变化。以叶片的五轴加工工艺讲解为例，教师可以运用数字孪生系统操作虚拟的五轴加工中心，实时演示刀具进给速度、主轴转速参数调整过程，这样一来，学生就能直观地弄明白五轴加工的核心逻辑，不用再死记硬背抽象的理论。除此之外，学生也能通过自己的终端设备亲手操作这个虚拟模型，验证不同参数设置下零件加工出来的效果有什么不同，通过这种亲自动手的方式，把课本上的理论知识记得更牢、理解得更透，巩固好自己的学习成果。

此外，在《航空制造装备》这门课程中，教师需要针对数控

机床、机器人装配设备这类结构比较复杂的装备搭建数字孪生模型，学生可以运用这个虚拟模型进行“拆解”和“组装”，亲眼看到装备的工作原理，彻底解决了传统教学中学生看不到装备内部、摸不到核心部件的难题，不仅大大调动了学生学习理论知识的兴趣，也明显的提升了理论学习的效果。

（二）虚拟实训落地，弥补实操教学不足

实训教学是航空制造类专业课程里最核心的部分，但同时也是传统教学模式中最薄弱的环节。教师运用数字孪生技术搭建虚拟实训平台，模拟真实的生产场景，就能为学生提供一个安全、高效的学习环境。

教师需要根据每门课程的教学需求，搭建专门的航空制造数字孪生虚拟实训平台，这个平台主要包含三个核心的实训模块，分别是零件加工、飞机装配和故障排查。在零件加工实训模块中，教师可以还原真实的航空零件加工车间的场景，还配备虚拟的五轴加工中心、数控车床等设备，学生可以根据自己的学习进度和掌握情况选择加工的零件类型，制定好对应的加工工艺，然后操作虚拟设备，一步步完成零件的加工。系统会实时显示加工精度、加工效率等相关数据，如果学生在操作的时候出现了失误，系统会马上给出提示，还会详细说明错误出现的原因，帮助学生改正不好的操作习惯，避免以后在实际操作中再出现类似的问题。例如，在飞机装配实训模块中，教师可以搭建飞机机翼、机身等核心部件的虚拟装配模型，模拟真实的装配流程、装配公差控制等关键环节，学生通过虚拟操作，完成部件的装配任务，掌握装配过程中的关键技术，这样既能避免在实体装配中可能出现的部件损坏、装配偏差等问题，也降低了实训的风险和成本。

（三）实操验证衔接，实现虚拟与真实的联动

我校在教学实践过程中十分注重虚拟实训与实体实操的衔接，构建了“虚拟实训—实体验证”的闭环教学模式。学生在完成虚拟实训任务、熟练掌握相关操作技能和工艺方法后，进入实体实训车间，利用学校有限的实体设备，将在虚拟实训中掌握的操作技能、工艺方法，运用到真实的零件加工和部件装配中，实现虚拟技能向真实能力的转化，真正做到学以致用。

在实实验证环节，教师会根据学生在虚拟实训中的表现，有针对性地为每个学生安排实体实操任务。比如，对于在虚拟零件加工实训中表现优秀、操作熟练的学生，安排其操作实体五轴加工中心，完成简单航空零件的加工任务，进一步提升其实体实操能力。

（四）校企协同推进，提升教学的行业适配性

为了确保教学实践与行业发展保持同步，让培养出来的学生能够快速适应行业岗位需求，我校加强了与航空制造企业的合作，构建了校企协同教学机制。我校专门邀请某航空制造企业的技术骨干担任兼职教师，参与课堂教学和实训指导工作，为学生讲解企业最新的生产工艺、技术标准和岗位需求，让学生及时了解行业前沿动态；同时，组织学生走进企业，参观企业的数字孪生生产车间，近距离了解数字孪生技术在实际生产中的应用情况，感受企业的生产氛围和岗位要求，让学生对航空制造行业的发展有更直观、更深刻的认识。

二、数字孪生技术在航空制造类专业课教学中的实效分析

为了全面、客观地分析数字孪生技术在航空制造类专业课教学中的应用实效，本次实践共选取了2024级航空制造工程专业学生86人，其中实验组43人（采用数字孪生技术开展教学），对照组43人（采用传统教学模式开展教学），经过一学年的教学实践，对两组学生的学习效果进行了全面的对比分析。

（一）显著提升学生专业能力

学生的专业能力主要包括理论知识掌握程度、实践操作能力和创新应用能力三个方面。从理论知识掌握情况来看，实验组学生的课程平均分达到了85.6分，比对照组的76.3分提高了9.3分，及格率达到100%，比对照组的88.4%提高了11.6个百分点。通过问卷调查发现，有89.8%的实验组学生表示，能够轻松理解那些抽象的专业理论知识，而对照组仅有62.8%的学生表示能够理解这些知识，如下表1所示。

表1 两组学生理论知识掌握情况对比		
评价指标	实验组	对照组
课程平均分（分）	85.6	76.3
课程及格率（%）	100.0	88.4
抽象知识理解认可度（%）	89.8	62.8

从实践操作能力来看，实验组学生在实体实训中的操作规范性、加工精度和装配质量，都明显优于对照组学生。在零件加工实训中，实验组学生加工的零件合格率达到92.1%，比对照组的75.6%提高了16.5个百分点；在飞机装配实训中，实验组学生完成装配任务的平均时间，比对照组缩短了28.3%，装配偏差合格率94.7%，比对照组的78.2%提高了16.5个百分点。此外，在故

障排查实训中，实验组学生能够快速定位故障原因，并提出合理解决方案的比例达到87.2%，比对照组的58.1%提高了29.1个百分点，如下表2所示。

表2 两组学生实训实践能力指标对比		
实训考核指标	实验组（%）	对照组（%）
航空零件加工合格率	92.1	75.6
飞机装配偏差合格率	94.7	78.2
故障精准排查解决率	87.2	58.1

（二）明显改善教学质量

数字孪生技术的应用，有效打破了传统教学模式的局限，实现了教学模式的创新，教学质量得到了明显改善。一方面，教学内容更加贴合行业实际，通过将企业真实的生产任务和技术标准融入到教学中，让教学内容更具针对性和实用性，有效解决了传统教学中“教非所用”的问题，让学生学到的知识能够真正应用到实际工作中。问卷调查结果显示，有92.3%的实验组学生认为，课程教学内容与行业岗位需求贴合度高，而对照组仅有65.1%的学生认可这一观点。

另一方面，教学方法更加灵活多样，通过“理论+虚拟+实操”的教学模式，改变了传统教学中“教师讲、学生听”的单一模式，充分调动了学生的学习积极性和主动性，让学生从被动学习转变为主动学习。实验组学生的课堂出勤率达到了98.8%，比对照组的89.7%提高了9.1个百分点；课堂互动参与率达到85.1%，比对照组的56.8%提高了28.3个百分点，如下表2所示。

表3 两组学生课堂学习状态与教学适配度对比		
教学质量评价指标	实验组（%）	对照组（%）
岗位教学内容贴合认可度	92.3	65.1
日常课堂出勤率	98.8	89.7
课堂主动互动参与率	85.1	56.8

（三）大幅优化教学效率

数字孪生技术的应用，有效降低了教学成本，同时提高了教学效率。在实训成本方面，传统的实体实训中，每个学生完成一次航空零件加工实训的成本大约为500元，而虚拟实训的成本仅为实体实训的1/10，成本大幅降低。本次实践通过开展虚拟实训，累计节约实训成本约17.2万元，有效缓解了高校实训经费不足的压力，让有限的经费能够发挥更大的作用。

在 Teaching 时间方面，传统教学模式中，学生要掌握一项加工技能或装配工艺，需要经过多次实体实操训练，耗时较长；而通过虚拟实训，学生可以在短时间内反复进行操作训练，快速掌握操作技能和工艺方法，节省了大量的教学时间。实验组学生掌握航空零件加工核心技能的平均时间，比对照组缩短了35.7%，教师的备课时间和实训指导时间，也比传统教学模式减少了28.9%，有效提升了教学效率。

三、结语

综上所述，将数字孪生技术应用到航空制造类专业课教学中有效破解了传统教学模式存在的诸多难题。相关院校在今后的教学工作中，还应不断优化教学实践方案，加强数字孪生教学资源

建设，提升教师的数字化教学能力，进一步深化数字孪生技术与航空制造类专业课教学的融合，为航空制造产业培养更多高素质技能型人才，助力我国航空制造产业的智能化发展。

参考文献

-
- [1] 崔祚, 高麒麟, 杨登红. 基于数字孪生技术的航空发动机虚拟装配教学探索与实践 [J]. 中国现代教育装备, 2025, (03): 26-29.
 - [2] 钱小龙, 李凤云, 时文雅, 等. 数字孪生教育应用: 历史发端、现实存在与未来挑战 [J]. 南通大学学报 (自然科学版), 2024, 23 (04): 1-16.
 - [3] 陈雪芹, 邱实, 吴凡, 等. 航空宇航类课程融入数字孪生技术的教学实践——以“航天器优化设计方法”课程为例 [J]. 教育教学论坛, 2023, (36): 140-143.
 - [4] 工业和信息化部电子第五研究所, 张博, 焦志锋, 等. 航空装备海洋大气环境工程与数字应用 [M]. 电子工业出版社: 202204: 147.
 - [5] 孟庆实, 赵昌葆, 王朔. 基于情境认知的航空制造生产实习模式探究 [J]. 高教学刊, 2024, 10 (15): 159-163.