

数智赋能航空机务技能型人才培养：四维分析框架的构建与应用

樊维生 董航源 齐建浦 王鑫^(通讯作者)

空军勤务学院, 江苏 徐州 221000

摘要: 随着新一代人工智能与数字孪生技术向航空工程领域深度渗透, 传统机务技能人才培养模式面临严峻的适应性挑战。现有研究多偏向于技术工具的单向移植或宏观政策的泛化解读, 对数智技术如何契合高安全约束下机务职业教育的内在机理缺乏系统探究。基于对航空机务维修专业人才培养为期两年的跟踪调研, 本文构建了包含“认知—标准—价值—发展”四个维度的分析框架, 系统诊断了机务人才培养中存在的目标认知窄化、评价标准固化、价值导向错位和发展链条断裂等结构性困境。在此基础上, 本文提出了数智赋能的系统化重塑方案: 构建动态能力图谱牵引的四层融通课程体系, 探索“智能辅助—数字孪生—实景沉浸”协同教学模式, 建立多模态数据驱动的过程性增值评价机制, 并确立“安全底线—工匠精神—专业知识—创新能力—发展潜能”五维素养培育模型。实践检验表明, 该模式有效促进了机务人员由传统操作工向复合型创新工匠的跃升, 为新质生产力背景下技能型人才培养转型提供了理论参考与实践范式。

关键词: 职业教育; 数智赋能; 航空机务; 技能型人才; 四维分析框架; 培养范式重塑

1 问题提出与文献述评

1.1 问题提出：技术跃迁与航空机务人才培养的范式困境

当前, 以生成式人工智能、大数据分析、数字孪生为代表的新技术正加速重构现代产业体系, 成为培育和发展新质生产力的关键驱动力。国务院关于深入实施“人工智能+”行动的部署以及教育部等部门印发的《“人工智能+教育”行动计划》, 明确要求推动职业教育专业智能化升级, 加快培养适应智能时代的高素质技能人才^[1,2]。航空机务维修作为航空安全与国防保障的基石, 直接维系着航空器的持续适航, 具有高技术密集性、高规章符合性与高人机协同等特征^[3,4]。随着新型智能化航空装备的大规模列装, 故障形态由传统机械磨损向机电软耦合隐性故障转变, 对一线机务人员的系统思维、数据判读与应急处置能力提出了全新要求。

然而, 现行机务人才培养体系仍深陷“传统技能本位”范式: 教学内容偏重既定规程的重复操练, 缺乏对复杂系统底层机理的穿透性理解; 实训手段受制于昂贵的真机资源与极高的安全试错成本, 复合故障演练难以充分开展; 考核评价依然依赖终结性纸笔测试与动作规范性打分, 无法有效度量创新潜能与决策思维^[5,6]。如何借助数智技术突破瓶颈, 推动机务人才培养从“技术工具叠加”转向“教育生态重构”, 成为亟待破解的现实命题。

1.2 文献述评：数智赋能职业教育的研究进展与局限

学界围绕数智技术在职业教育中的应用主要形成了三条进

路: 在学习支持层面, 依托学习分析与多模态数据挖掘构建自适应学习路径^[7,8]; 在教学实践层面, 利用虚拟现实(VR)与生成式AI构建高沉浸度实训场景, 降低高危高成本领域的训练门槛^[9,10]; 在评价管理层, 引入AI行为追踪推动过程性与增值性评价^[11,12]。同时, 国际民航组织(ICAO)与欧洲航空安全局(EASA)推行的基于能力的培训与评估(CBTA)理念, 亦将数字化手段视为强化情境胜任力的关键支撑^[13]。

然而, 已有研究直接迁移至航空机务领域仍存在局限: 一是通用化研究多以普通高教或通识性职教为背景, 缺乏对航空维修“安全绝对红线、规章刚性约束”等特性的深刻回应; 二是研究视角割裂, 多局限于单一软件开发或局部课程改良的“微观技术论”, 缺乏联结顶层逻辑与微观实践的中层分析框架; 三是对技术赋能中“人”的主体性关注不足, 打通个人发展与组织目标的机制研究相对匮乏。为此, 本研究构建中层理论框架, 为航空技能人才培养提供系统性分析支撑。

2 理论构建：“认知—标准—价值—发展”四维分析框架

教育系统转型并非技术工具的简单置换, 而是涉及观念、标准、导向和制度的系统重塑。本研究整合素养模型、政策执行与价值契合理论, 构建了“认知—标准—价值—发展”四维分析框架。

该框架各维度具有紧密的内在逻辑闭环与动态作用机理:

2.1 认知维度（Cognition）是转型的逻辑起点

它界定了培养主体对“优秀机务技能人才”本质特征的共识程度。唯有打破“机务即拧螺丝工”的狭隘技能观，确立融“规章底线、系统思维、数据素养、创新攻关”于一体的高素质工匠人才观，改革方有明确方向。

2.2 标准维度（Standard）是转型的规制基石

它将抽象目标转化为可测量的培养方案与考核基准。在数智赋能下，标准体系需突破单一维度的试卷与动作秒表测量，转向融入多维胜任力与实时行为数据的动态标准。

2.3 价值维度（Value）是转型的动力源泉

它关乎个体职业发展诉求与组织安全目标的契合度。通过健全反馈与容错激励机制，促成工匠精神与安全文化的内生认同，实现个人价值与组织使命的共振。

2.4 发展维度（Development）是转型的生态保障

它聚焦技能人才由新手向技术骨干与大国工匠跃升的全周期通道。依托数字技术沉淀可迁移的能力资产，打通学段衔接断档与跨岗位壁垒。

四维要素遵循“正向协同促升、负向关联共损”的演化逻辑：认知偏差导致标准降维，标准僵化加剧价值错位，价值错位导致发展动力衰竭；反之，数智技术在任一维度的突破均能产生正向外溢，驱动培养生态的良性演进。

3 现实审视：航空机务技能人才培养的四重困境

基于上述框架，本研究深入某航空工程维修训练基地及多所高职院校开展了为期两年的跟踪调研，通过 30 余人次访谈与实地观测，剖析了当前存在的深层困境。

3.1 认知偏差：培养目标窄化为技术操作达标

调研中，73.5%的受访者将优秀机务人才简单等同于“实操排故速度快”或“竞赛拿奖者”。这种认知偏差带来三重误区：一是技能至上主义，将操作熟练度凌驾于系统原理认知之上，培养出大量“知其然不知其所以然”的熟练工；二是创新边缘化，普遍认为“技术创新是设计院工程师的事”，压抑了一线人员在工艺革新与流程优化中的微创新潜力；三是主体疏离感，将创新人才培养视为少数骨干的专属，导致基层人员产生“创新与我无关”的倦怠心态^[14]。

3.2 标准固化：评价体系难以度量创新与协同潜能

现行考核呈现明显的静态化特征。首先，内容局限，过度依赖标准工卡执行与机械背诵式理论测试，难以测量安全意识、审慎思维与特情协同等高阶胜任力，导致“考过即忘”现象普遍。其次，方式单一，侧重终结性打分，缺乏对日常实训、排故决

策路径的全程追踪。最后，标准滞后，新型机载维护系统（OMS）与健康管理系统（PHM）已广泛应用，而题库与考核标准更新明显滞后于装备迭代，造成“教考脱节”。

3.3 价值错位：个人短期功利与组织安全需求割裂

访谈显示，青年机务人员的个体发展诉求与组织的长期安全需求存在张力。受训者受快速回馈心理驱动，渴望短期晋升，易产生“干多错多”的避险心理或短期功利倾向；而航空企业视“严谨敬畏、绝对可靠”为最高准则，看重长期坚守。由于传统考核缺乏对隐性付出、带教传承的细粒度量化与激励，机务人员难以将当下精进与长远成长建立联系，引发个人与组织的价值脱节。

3.4 发展断裂：培养链条缺乏全生命周期贯通

机务人才成长链条在时空与制度上存在明显断点：一是阶段衔接断层，院校基础培训、企业改装培训与岗位进阶培训彼此割裂，初级向中高级晋升存在“台阶真空”，团队管理与跨系统协同能力缺乏梯次培养；二是能力沉淀碎片化，成绩与排故经验分散于各部门纸质档案中，无法形成可追溯的数字能力资产；三是岗位迁移阻力大，专业知识受限于特定机型，缺乏通用系统思维培育，机型换代时往往需要重头再来。

4 模式重塑：数智赋能机务技能人才培养体系设计

破除上述四重困境，需以数智技术为支点，推进课程、教学、评价及素养框架的系统重构（如表 1 所示）。

表 1 数智赋能机务技能人才培养体系重构矩阵

重构维度	传统模式瓶颈	数智赋能核心策略	预期特征与产出
课程体系	线性学科本位、技能堆叠	岗位动态能力图谱映射、四层立体融通	兼顾原理深度与数智广度
教学模式	灌输式讲授、单机低频训练	“AI 辅助—数字孪生—实景沉浸”协同演练	高沉浸、可容错、强协同
评价机制	终结性纸笔考、动作秒表打分	多模态数据画像、全过程增值评估	过程可溯、精准画像、发展导向
素养模型	单一操作技能达标	五维复合结构（安全/工匠/知识/创新/发展）	复合型高素质技术技能工匠

4.1 课程体系：从“技能堆叠”到“素养融通”的四层架构

构建基于“岗位任务—能力要素—数智模块”动态映射的四层课程架构：

（1）基础理论层（知其所以然）：重构飞机机电、航电与结构基础课程，借助三维动态知识图谱将复杂黑箱系统透明化，夯实跨机型系统思维。

（2）专业核心层（练就肌肉记忆）：围绕标准工卡作业，引入高精度虚拟仿真与 AI 交互系统，在低成本、零风险条件下

开展高频次标准化操练。

(3) 数智拓展层(拓展能力边界): 增设航空大数据基础、机载 AI 诊断工具操作、状态监测与健康管理(PHM)数据判读等模块, 培养人机协同排故新素养^[15]。

(4) 实战综合层(实境淬炼检验): 依托生成式 AI 构建高动态复合故障与特情演练情境, 强化非标准环境下的综合研判与协同处置能力。

4.2 教学模式: “AI 辅助—数字孪生—实景沉浸”三阶递进

推动教学形态向“虚实交融、人机协同”的教学共同体转型:

(1) AI 赋能的自适应精准教学。依托知识状态追踪算法实时诊断学习盲区, 动态推送个性化导学资源与补偿性训练任务, 释放教员精力投入高阶思维启发。

(2) “数字孪生机库”沉浸式演练。利用高保真数字孪生技术映射飞机整机、工装与机坪环境, 支持多人异地协同演练春运高密度保障与极端特情处置, 填补高风险场景实训空白。

(3) “企业嵌入式”真机实操淬炼。建立校企嵌合机制, 在重大保障与定检高峰期组织学员嵌入维修班组担任技术副手, 通过“真机实况、现场排故、复盘研讨”实现能力跃迁。

4.3 评价机制: 从“一考定论”到多模态数据驱动的增值评价

重构考核评价机制, 建立贯穿实训全周期的能力数字画像:

(1) 多模态数据全息采集。无感采集学员在虚拟仿真、操作轨迹、规程依从性及工具管理等环节的行为数据, 建立全流程数据库。

(2) 发展性增值评价建模。基于知识追踪模型评估学员能力增长曲线与抗挫适应力, 精准识别个体在安全严谨性、创新意愿及团队协作等隐性素养上的进步。

(3) 伦理安全与人工复核。坚持“算法辅助而非算法裁决”原则, 评价结果向学员公开并提供改进建议, 设立人工申诉通道, 严守数据隐私与算法伦理底线。

4.4 核心素养: 以“安全—工匠—知识—创新—发展”为核心的五维模型

确立新时代航空机务高级技能人才的五维素养图谱: 安全意识为底线根基, 强化对规章法规的绝对敬畏与执行自觉; 工匠精神为内生动力, 体现对精益求精与零缺陷交付的职业追求; 专业知识为认知支柱, 涵盖多学科理论与智能运维技术; 创新能力为卓越表征, 立足一线开展工艺革新与排故流程优化; 发展潜力为终身通达, 强调自主学习、跨机型迁移与传帮带协同能力。

5 实施路径与运行保障机制

数智赋能机务技能人才培养是一项系统工程, 须在技术、

产教和制度三个层面协同发力。

5.1 构建云边端协同的数智技术基础设施

夯实转型底座: 研发集学员数字档案、故障生成大模型与仿真实训于一体的综合学习分析平台; 制定技能数据采集规范, 实现跨校、跨企数据安全互通; 引入边缘计算与可穿戴终端, 实现实训车间操作行为的实时辅助与安全监控。

5.2 健全深度共生的产教融合协同网络

打破院校与航司、维修企业(MRO)之间的壁垒: 推行校企“双导师”机制, 共建工匠大师工作室, 由一线专家将真实运行中的疑难排故案例转化为教学资源; 推动技能等级证书与民航维修放行资质衔接, 实现学分银行与企业晋升阶梯的对接。

5.3 确立“安全受控”与“创新容错”的制度边界

完善配套治理: 设立技术微创新学分与专项奖励, 激励一线工艺革新; 严格界定“受控虚拟环境大胆试错”与“真机维修红线绝不违章”的界限, 在守牢绝对安全底线的前提下激发技能人才创新创造活力^[16]。

6 实践检验: 航空维修专业“三重递进”培养实践

为检验上述体系的有效性, 研究团队依托某重点航空维修培训基地进行了实证探索。

6.1 实践方案设计与实施

试点选取飞机维修专业学员, 实施了“守住底线—主动精进—创新突破”三阶递进培养路径(如表2所示)。

表2 “三重递进”培养路径在试点专业的实施架构

培养阶段	目标定位	核心数智化支撑手段	标志性考核成果
初阶: 守住底线	夯实规范作风与标准技能	沉浸式规章情境库、标准工卡 AI 模拟系统	虚拟操作零差错认证、法规达标率100%
中阶: 主动精进	强化复合排故与团队协作	数字孪生机库、多模态故障注入演练平台	复杂故障定位时间缩短35%、协同处置良好
高阶: 创新突破	激发工艺创新与经验沉淀	案例大模型推理平台、技术革新工作坊	提交实用改进提案、形成排故案例库

6.2 实施成效分析

实践跟踪显示, 试点机制取得了显著成效:

(1) 认知模式显著转变。学员对“拔尖创新技能”的认同率大幅提升, 从被动听令转变为主动探究故障机理。学员反馈, 通过数字孪生系统看懂了复杂系统的深层联动, 维修由机械死记转变为系统理解。

(2) 学习主动性与创新成果明显增长。推行过程性数字画像后, 学员课余主动开展虚拟探索性训练的时长增加42.6%, 课外技术研讨参与度提升超四成。试点期间学员联合企业导师

完成工装改进 8 项, 沉淀典型排故案例 45 篇。

(3) 安全胜任力与迁移能力有效增强。在多机型综合实战考核中, 试点班学员在面对未曾遇见的突发复合故障时, 特情处置规范率与排故逻辑清晰度较对照组表现出显著优势。

7 结论与展望

本文构建了“认知—标准—价值—发展”四维分析框架, 系统设计了数智赋能机务技能人才培养的重塑方案。实证检验表

明, 数智赋能的核心在于依托数据与算法重塑教育生态, 让技术服务于高阶思维拓展、安全底线筑牢与职业价值实现。

本研究的局限在于实证样本主要集中于机电维修专业, 多中心追踪研究仍显不足。未来研究将进一步扩大跨专业验证范围, 深入探索基于通用大模型的航空机务自适应导学与智能考核系统, 为新时代航空工程技能人才培养提供更多理论与实践支撑。

参考文献:

- [1] 国务院. 关于深入实施“人工智能+”行动的意见[Z]. 2025.
- [2] 教育部等五部门. “人工智能+教育”行动计划(教科信(2026)1号)[Z]. 2026.
- [3] 中共中央, 国务院. 教育强国建设规划纲要(2024—2035年)[Z]. 北京: 人民出版社, 2024.
- [4] 中国民用航空局. 民航技能型人才培养“十四五”规划[Z]. 北京, 2025.
- [5] 顾建军. 新质生产力视域下职业教育高技能人才培养的逻辑与路径[J]. 中国高教研究, 2024(6): 1-8.
- [6] 欧洲航空安全局(EASA). Competency-Based Training Framework for Aviation Maintenance Personnel[R]. Cologne: EASA, 2024.
- [7] Zhang Q, Cheng P, Xu S, et al. Research on generating and dynamically adapting personalized learning pathways for vocational education driven by multimodal data[C]//Proceedings of the 2026 International Conference on Informatics Education. ACM, 2026: 223-231.
- [8] 祝智庭, 戴岭, 赵晓伟. 生成式人工智能赋能教育数字化转型: 人机协同创新的视角[J]. 现代教育技术, 2024, 34(1): 5-15.
- [9] Guo H, Li R, Zheng H, et al. AI-enabled blended teaching innovation and practice in engineering education[C]//Proceedings of the 2025 International Conference on Artificial Intelligence and Education. ACM, 2025: 135-142.
- [10] Doicariu D. Digital transformation of vocational education using e-learning[J]. Land Forces Academy Review, 2025, 30(1): 48-56.
- [11] Joshi S. Reskilling the workforce for the agentic AI era: A framework for educational transformation[J]. Journal of Education, Society and Behavioural Science, 2025, 37(4): 1-16.
- [12] Bestyuk A, Pokhnatiuk S. Integration of artificial intelligence into higher education as a factor in increasing the efficiency of professional training[J]. Scientific Bulletin of Mukachevo State University. Series “Pedagogy and Psychology”, 2025, 11(2): 60-71.
- [13] ICAO. Manual on Competency-Based Training and Assessment for Aircraft Maintenance Personnel (Doc 10098)[R]. Montreal: ICAO, 2023.
- [14] Mingqiu R, Yiheng T, Bingqie W. Empowering the construction of a new quality talent training system in industry characteristic universities with digital intelligence technology[C]//Proceedings of the 2025 IEEE Conference on Artificial Intelligence and Education. IEEE, 2025: 78-85.
- [15] Kapoula O, Panitsidis K, Vezou M, et al. Systemic thinking and AI-driven innovation in higher education: The case of specialized academies[J]. Education Sciences, 2026, 16(2): 183.
- [16] 姜大源. 职业教育立德树人的时代内涵与实践逻辑[J]. 中国职业技术教育, 2023(1): 5-12.

作者简介: 樊维生(1990—), 男, 汉, 江苏徐州, 本科, 技师(二级), 研究方向航空四站专业研究, 空军勤务学院。

董航源(1995—), 男, 汉, 江苏徐州, 本科, 技师(二级), 基层技能人才培养与队伍建设研究, 空军勤务学院。

齐建甫(1981—), 男, 汉, 河北保定, 本科, 技师(二级), 研究方向航空四站专业研究, 单位 95820 部队。

通讯作者: 王鑫(1995—), 男, 汉, 湖北神农架, 本科, 助教, 研究方向航空四站专业研究, 空军勤务学院。

基金项目: 课题项目: 拔尖创新人才政策背景下航空保障专业军士培养模式研究, 课题名称及编号: 2026JYKT050。