

人工智能在飞机驾驶舱布局设计的应用

何倦户 王先伦 李朋 张宏伟

陕西飞机工业有限责任公司

DOI:10.32629/etd.v6i11.17515

[摘要] 飞机驾驶舱布局设计关乎飞行安全、驾驶效率与机组操作体验,是航空工程的核心课题。传统布局设计依赖经验积累与反复迭代,存在设计周期久、方案优化不精准、人机适配性欠佳等问题。本文聚焦人工智能技术在驾驶舱布局设计领域的应用价值,系统解析机器学习等核心技术的应用原理,深入探讨其在数据处理、方案生成优化及人机交互设计等场景的实践路径。同时从技术落地、发展策略、风险防范方面提出保障措施,构建完整研究框架,为驾驶舱布局智能化升级提供科学支撑。

[关键词] 人工智能; 飞机驾驶舱; 布局设计

中图分类号: V222 **文献标识码:** A

Application of Artificial Intelligence in Aircraft Cockpit Layout Design

Juanhu He Xianlun Wang Peng Li Hongwei Zhang

Shaanxi Aircraft Industry Co., Ltd.

[Abstract] Aircraft cockpit layout design, a core topic in aviation engineering, is critical for flight safety, operational efficiency, and crew operational experience. Traditional layout design relies heavily on accumulated experience and iterative adjustments, often suffering from long design cycles, imprecise optimization of solutions, and suboptimal human-machine compatibility. This paper focuses on the application value of artificial intelligence technology in cockpit layout design, systematically analyzes the principles of core technologies such as machine learning, and deeply explores its practical pathways in scenarios including data processing, solution generation and optimization, and human-machine interaction design. Additionally, it proposes safeguard measures from the perspectives of technology implementation, development strategies, and risk prevention, constructing a comprehensive research framework to provide scientific support for the intelligent advancement of cockpit layout design.

[Key words] Artificial Intelligence; Aircraft Cockpit; Layout Design

引言

飞机驾驶舱是飞行控制中枢,其布局设计要兼顾安全性、操作性与经济性。随着航空运输量上升和航空电子设备升级,传统设计模式难以满足现代飞行需求。当前主流设计依赖设计师经验与物理样机测试,新机型驾驶舱布局设计耗时久,且易因忽略个体操作差异产生人机交互隐患。不少飞行事故与驾驶舱布局不合理引发的操作失误有关。人工智能凭借数据处理与自主学习能力,为解决难题提供新路径。本文梳理需求、解析逻辑、探索新范式,推动设计转型,提升飞行安全与运营效率。

1 飞机驾驶舱布局设计概述

1.1 设计关键要素

飞机驾驶舱布局设计关键要素涵盖多个方面。空间布局上,需合理规划各设备位置,确保飞行员操作便捷,如操纵杆、仪表盘等设备的位置要符合人体工程学,减少飞行员操作负担。设备

选型也至关重要,要选择性能可靠、符合安全标准的设备,像高精度的导航设备、灵敏的传感器等。信息显示系统是关键,需清晰、准确地呈现飞行信息,如飞行高度、速度、姿态等,以便飞行员快速获取关键数据。同时,要考虑驾驶舱的环境因素,如温度、湿度、照明等,为飞行员创造舒适的工作环境,提高其工作效率与安全性。

1.2 设计流程与方法

飞机驾驶舱布局设计流程通常包括需求分析、概念设计、详细设计与优化、验证与测试等阶段。需求分析阶段,需充分了解飞行任务、机型特点、飞行员操作习惯等需求^[1]。概念设计阶段,根据需求提出多种布局方案,进行初步筛选。详细设计与优化阶段,运用计算机辅助设计软件对选定方案进行细化设计,考虑设备安装、线路布局等细节,并通过模拟仿真技术进行优化。验证与测试阶段,通过实际飞行测试或模拟飞行试

验, 检验布局设计的合理性与有效性, 根据测试结果进行改进完善。

2 人工智能技术解析

2.1 人工智能技术原理

人工智能核心在于借助算法和模型对大量数据学习、分析及训练, 赋予机器自主思考、决策与行动能力。机器学习运用算法模型对数据集学习训练, 促使机器自动洞察规律与模式, 持续优化性能与精准度。深度学习作为机器学习特殊形态, 借助多层神经网络架构对数据深度处理分析, 完成复杂任务, 其模型设计灵感源于人类大脑神经元连接机制, 可对复杂数据精细化解析。自然语言处理聚焦人类语言分析理解, 涵盖语音识别、语义分析等环节, 使机器具备理解和生成人类语言能力, 实现人机自然交互。计算机视觉使计算机模拟人类视觉系统进行信息分析理解, 在图像识别、物体检测等领域发挥重要作用。

2.2 与飞机驾驶舱布局设计相关的人工智能技术

2.2.1 机器学习在布局设计中的应用原理

机器学习在飞机驾驶舱布局设计中的应用核心是通过数据训练构建“设计参数-性能指标”的映射模型, 实现布局方案的精准优化。其应用原理首先是特征工程, 从历史布局数据、机组操作数据、适航标准数据中提取关键特征, 如设备尺寸、操作频率、人体工学参数等, 构建包含100+维度的特征向量。随后选择合适的算法模型, 如针对布局方案分类的支持向量机(SVM)、用于性能预测的随机森林回归模型等, 以“布局参数组合”为输入, “操作效率评分、安全风险等级”为输出进行模型训练。训练过程中通过交叉验证调整模型超参数, 确保模型在不同机型数据上的泛化能力。在实际设计中, 输入设计约束条件(如驾驶舱空间尺寸、设备清单), 模型可快速输出符合要求的布局参数建议, 并预测各方案的性能表现, 同时通过增量学习不断吸收新的设计数据与反馈意见, 持续优化模型预测精度, 解决传统设计中经验判断的主观性问题。

2.2.2 深度学习在布局设计中的应用原理

深度学习通过构建多层神经网络模拟人类大脑的神经元连接结构, 实现对复杂数据的深层特征提取, 其在驾驶舱布局设计中的应用原理聚焦于图像化布局方案的生成与优化。针对布局设计的空间特性, 采用卷积神经网络(CNN)处理驾驶舱三维空间模型数据, 通过卷积层、池化层逐层提取空间特征, 如设备布局的空间关联性、操作动线的合理性等。在方案生成场景, 引入生成对抗网络(GAN), 构建生成器与判别器两个子网络, 生成器根据设计约束随机生成布局方案图像, 判别器则依据历史优秀布局数据对方案进行评估打分, 两者相互对抗迭代, 最终生成符合安全标准与操作需求的高质量布局方案^[2]。对于人机交互优化, 采用循环神经网络(RNN)分析机组操作序列数据, 挖掘操作行为与布局设计的时序关联, 识别导致操作延迟的布局瓶颈, 为操控装置的空间布局调整提供精准依据, 其深层特征提取能力远超传统机器学习, 可有效处理布局设计中的多变量耦合问题。

2.2.3 智能算法在布局设计中的应用原理

智能算法作为人工智能的重要分支, 在驾驶舱布局设计中主要用于解决多目标优化问题, 核心原理是通过模拟自然进化或群体协作机制, 在复杂解空间中高效搜索最优布局方案。常用算法包括遗传算法、粒子群优化算法等, 以遗传算法为例, 其将布局方案编码为“染色体”, 每个基因对应一个设备的位置坐标与朝向参数, 构建包含数千个方案的初始种群。通过选择、交叉、变异三个操作实现种群进化, 选择保留操作效率高、安全风险低的优秀方案, 交叉操作通过方案间的参数重组生成新方案, 变异操作随机调整部分参数以保持种群多样性。每次进化后计算方案的适应度函数值, 该函数综合考虑人体工学、操作效率、空间利用率等多维度指标, 经过数十代进化后, 种群中适应度最高的方案即为最优布局方案。智能算法的优势在于无需建立明确的数学模型, 可在多约束条件下快速收敛至全局最优解, 避免传统设计中易陷入局部最优的问题。

3 人工智能在飞机驾驶舱布局设计中的应用

3.1 数据处理与分析

人工智能技术为飞机驾驶舱布局设计提供了全维度的数据处理与分析能力, 构建了“多源数据融合-特征挖掘-需求转化”的完整数据应用体系。数据采集阶段整合四类核心数据: 一是历史设计数据, 包括近30年主流机型的驾驶舱布局图纸、三维模型及测试报告, 形成包含500+机型的设计数据库; 二是机组操作数据, 通过飞行模拟器与实际航班记录, 收集不同场景下机组的操作轨迹、视线移动、操作耗时等数据, 单机型数据量达TB级; 三是适航标准数据, 将FAA、EASA等机构的数千条适航条款转化为结构化的约束参数; 四是人体工学数据, 涵盖不同地域、年龄段机组人员的身体尺寸、操作能力等生理数据。数据处理阶段采用人工智能技术实现精准清洗, 通过异常检测算法剔除操作失误导致的无效数据, 利用自然语言处理(NLP)技术提取适航条款中的约束规则。分析阶段通过关联规则挖掘识别“操作频率-设备位置-失误率”的潜在关联, 如发现将高频操作的通信旋钮布局在视线余光区时, 操作失误率提升27%, 为布局设计提供定量依据, 彻底改变传统设计中依赖性分析的模式。

3.2 布局方案生成与优化

人工智能技术推动飞机驾驶舱布局方案从“被动设计”转向“主动生成优化”, 形成“约束输入-智能生成-迭代优化”的自动化流程。方案生成时, 设计师输入空间尺寸、设备清单等约束条件, 系统借助生成对抗网络(GAN)与智能算法协同, 12小时内生成50套含航电显示屏排列等完整内容的初始方案, 传统方法完成同样工作量需15天以上。方案优化采用“多目标评估-精准迭代”模式, 机器学习模型从操作效率等10个维度量化评分, 生成综合评估报告^[3]。对评分低的方案, 智能算法自动调整设备位置参数, 如将易失误设备移至主操作区。同时引入数字孪生技术, 在虚拟环境模拟操作, 收集数据反馈至AI模型闭环优化, 最终输出3-5套最优方案供设计师决策, 设计精度较传统方法提升50%。

3.3 人机交互设计优化

人工智能技术从“以设备为中心”转向“以机组为中心”，通过精准捕捉机组操作需求优化驾驶舱人机交互布局，提升操作舒适性与响应效率。核心应用包括个性化布局适配，利用机器学习分析不同机组人员的操作习惯数据，如资深飞行员与新飞行员的操作轨迹差异，构建人员特征模型，为特定机组群体生成定制化布局方案，如为操作速度快的资深飞行员优化操作装置间距，为新手飞行员强化关键仪表的视觉提示。在交互界面布局优化方面，采用深度学习分析机组视线移动数据，识别出驾驶舱内的“视觉焦点区域”，将高度、速度等核心参数布置在该区域，同时通过强化学习算法动态调整界面显示内容，在起飞、降落等不同飞行阶段自动切换核心参数显示优先级，减少机组视线搜索时间。针对语音交互布局，利用自然语言处理技术分析机组语音指令数据，优化语音控制装置的拾音范围与指令识别模型，将语音指令识别准确率提升至98%以上，同时根据指令频率优化语音控制功能的布局逻辑，实现“语音-手动”交互的无缝衔接，使机组操作响应速度提升30%。

4 人工智能在驾驶舱布局设计中应用的保障措施与发展策略

4.1 技术落地的关键保障措施

人工智能在飞机驾驶舱布局设计技术落地，要构建“数据-标准-人才”三位一体保障体系。数据上，建航空设计专用数据库，整合多源数据，实施严格数据治理规范，加密与管控访问权限保障安全，和航司、科研机构共享数据。标准方面，联合航空管理机构制定AI设计技术标准，明确数据采集、模型评估、方案验证等规范，如规定AI生成方案的操作效率阈值与安全风险等级，将其纳入适航审查体系。人才保障上，培养跨领域复合型人才，高校航空工程专业增设AI课程，企业内部开展交叉培训，打造掌握双知识的团队，建立专家评审机制，由资深航空设计师与AI技术专家共同审核方案，弥补技术与业务衔接短板。

4.2 分阶段发展策略

结合技术成熟度与航空设计需求，制定“辅助支持-部分自主-全面智能”分阶段策略。第一阶段(1-3年)是辅助支持阶段，开发数据处理与方案初步筛选工具，利用机器学习分析历史数据，为设计师提供布局参数建议，目标缩短设计周期30%，辅助完成初步设计。第二阶段(3-5年)为部分自主阶段，构建自动化设

计平台，根据约束条件自主生成优化方案，在虚拟环境初步测试验证，目标AI独立完成70%布局设计工作，设计师负责最终审核调整^[4]。第三阶段(5-8年)是全面智能阶段，AI系统自主对接适航标准数据库审查方案合规性，通过数字孪生与物理样机测试联动自动迭代优化，目标设计周期缩短60%以上，方案一次通过率提升至90%。

4.3 风险防范与应对

人工智能在飞机驾驶舱布局设计应用需建立“风险预判-过程管控-应急处置”全流程风险防范体系。技术风险上，针对AI模型“黑箱”问题，采用可解释性AI(XAI)技术，让模型决策过程与参数调整逻辑透明化，便于设计师理解审核；针对模型泛化能力不足，增加不同机型、工况训练数据，提升复杂场景适应性。安全风险方面，建立AI设计方案多重验证机制，经AI自身评估、飞行模拟器测试、资深机组操作验证、适航机构审查，确保符合安全标准；对核心设计敏感数据实施分级分类管理并脱敏，防止泄露。伦理与法律风险上，明确AI设计与人类设计师责任划分，规定设计师对最终方案担主责，完善法律法规，规范技术应用边界，实现创新与安全平衡。

5 结束语

人工智能技术给飞机驾驶舱布局设计带来革命性改变，数据驱动模式破解了传统设计依赖经验、周期长、精度低的问题，在多场景价值显著。智能化转型是航空工程必然趋势，未来AI与航空设计深度融合，可探索数字孪生与AI协同设计，实现全生命周期智能化。相信经技术创新与体系完善，人工智能能提升驾驶舱设计安全与效率，为航空运输业发展提供保障，推动航空工程跨越发展。

[参考文献]

- [1]冯亚昌,王占林.飞机驾驶舱异响故障干扰研究[J].航空学报,2021,15(2):212-218.
- [2]叶坤武,罗堤钦,杨文佳,等.多约束条件下飞机驾驶舱布局优化设计[J].人类工效学,2022,28(5):84-87.
- [3]李文燕.飞机驾驶舱触摸屏界面的人机交互分析[J].科技与创新,2025(10):65-67,71.
- [4]冯志祥,白昀.民用飞机驾驶舱设计变革[J].民用飞机设计与研究,2021(1):81-84.