国 际 民 用 航 空 组 织

工 作 文 件

ATConf/7-WP/112[1]
9/10/26

第七次世界范围航空运输会议
（ATCONF/7）

2026 年 11 月 16 日至 20 日，蒙特利尔总部

议程项目 4：　新兴技术、新商业模式及其他相关方面
4.1：　新兴技术的经济监管框架

确保在航空领域应用新兴技术时采用以人为本的决策

（由阿曼苏丹国、国际运输工人联盟（ITF）、国际航空公司飞行员联合会（IFALPA）
与国际飞航管制员协会联盟（IFATCA）共同提交）

执行摘要

人工智能（AI）、自动化及其他新兴技术能够加强航空安全、复原力及人员效能，前提是它们不会削弱系统所依赖的人员能力与专业判断。航空业已广泛应用自动化技术。当前面临的新挑战在于，某些由人工智能驱动的系统所产生的结果，其可预测性或可解释性往往不及传统自动化系统，这使得建立有效的安全缓冲机制显得尤为重要。

国际民用航空组织（ICAO）关于人员效能的原则认识到，人员可以通过适应复杂多变的动态环境来构建复原力。因此，真正有效的人员监督绝非仅仅是形式上的“人在回路中”：从业人员必须具备相应的技能、态势感知能力、信息及实际处置权限，才能理解、质疑并在必要时否决由技术辅助做出的决定。当人工智能或自动化技术对关乎生命安全的关键功能产生实质性影响时，确保人员拥有有效的处置权限应成为系统设计中明确且必须落实的要素。

因此，技术变革应坚持以人为本，并辅以人员因素与劳动力影响评估、能力建设、疲劳及工作负荷管控、透明度保障、安全保证措施以及从业人员的参与。明确的人员处置权限能够构建一个使从业人员、监管机构与技术开发者都能够充满信心地开展协作，共同推动有益创新的框架。

行动：请会议：

a) 重申新兴技术应在提升航空安全和人类能力的同时，保留以人为本的实质性决策和专业判断；

b) 鼓励成员国和业界确保新兴技术支持实质性的人工监督、知情决策和专业判断；特别是在事关人命的安全职能中，确保明确并保障人类拥有理解、质疑以及在出于安全需要时否决技术辅助输出结果的权限；

[1] 中文、阿拉伯文、英文、法文、俄文和西班牙文版本由 ITF 提供。

c) 鼓励开展针对人为因素及对从业人员影响的评估，内容涵盖培训与能力、人员配备、疲劳、工作负荷、社会心理风险及责任划分；同时，当新兴技术实质性改变航空工作或运行职责时，应确保透明度及持续的安全保障； d) 敦促国际民航组织在制定有关新兴技术的政策和指导方针时，推动以人为本的决策，并在新技术的设计、测试、实施和审查过程中，与航空从业人员及其代表组织进行实质性的接触；在此过程中，视情况通过国际民航组织与国际劳工组织（ILO）的合作协议，借鉴国际劳工组织在技术变革对工作领域影响方面的专长知识；以及 e) 请国际民航组织考虑制定关于人工智能赋能及高度自动化航空系统中“实质性人工监督”的指导方针，内容涵盖技术全生命周期内的人员权限、胜任能力与技能保持、从业人员参与、透明度、安全备用安排及明确的问责机制；制定过程中应与航空从业人员代表组织协商，并视情况借鉴国际劳工组织的专长知识。	
战略目标：	本工作文件涉及战略目标：每一次飞行都安全和安保和航空运输经济发展确保实现经济繁荣和全民社会福祉。
财务影响：	拟议的各项活动应尽可能通过国际民航组织现有的关于人员绩效、安全、培训、创新及监管方面的计划与资源来推进。
参考文件：	ICAO“人员绩效”；ICAO“人员绩效原则”；ICAO“自动化系统中的人员绩效考量”；ICAO“疲劳管理”；ICAO“人员绩效与客舱乘务员”；EASA“航空领域人工智能伦理 — 航空专业人员调查结果”（2024/2025 年）；ILO/OECD“以人为本的人工智能纲要”（2026 年）；国际机场理事会（ACI）世界分会，“机场劳动力的演变：化挑战为机遇”（2022 年）；《欧盟委员会实施条例》（EU）2017/373（功能系统定义）；EASA“人工智能路线图 2.0”（2023 年）；IFATCA“自动化政策审查”（WP98，2024 年）；IFATCA“使用人工智能时的空中交通管制员（ATCO）技能与法律责任”（WP157，2025 年）；国际运输工人联盟（ITF），“掌握主导权：运输工人关于人工智能的原则”（2026 年）；“人工智能在民用航空中的应用”。

1. 引言

1.1 航空业对自动化并不陌生；长期以来，高度自动化的系统一直支持着包括飞行运行和空中交通管理在内的各项安全高效的运作。人工智能（AI）、自动化及其他新兴技术已开始影响航空业的工作环境。人工智能赋能系统的发展引发了关于其对航空从业人员影响的进一步探讨。欧盟航空安全局（EASA）针对与人工智能相关的航空专业人员开展了一项调查考察了他们对八种假设性航空应用场景的看法，并识别出人们在人工监督、技能退化风险及责任归属等方面存在的关切。[2]

[2] EASA，“航空中人工智能的伦理 — 航空专业人员调查结果”（2024/2025年）。

1.2 仅凭技术能力本身并不能构建更安全或更具复原力的系统。部分人工智能/机器学习（ML）应用带来了额外的挑战，因为与传统自动化相比，其输出结果或运行行为可能更难以预测或更难解释。因此，在制定经济与监管框架时，应充分考量人的能力、从业人员的韧性及运行安全；对于涉及事关安全的功能，更需以证据、人因分析及安全保障措施作为支撑。

2. 讨论

2.1 **人员绩效与技术变革** — 国际民用航空组织（ICAO）将“人员绩效”定义为人类对系统绩效的贡献，并承认人在识别和管理风险方面不可或缺。其“人员绩效原则”指出：“*人是航空系统的关键，通过不断调整和适应来构建复原力*”。[3]国际民航组织同时也指出了与自动化相关的潜在风险。其指导文件警告称，“*过度依赖自动化系统……可能导致技能退化*”，并指出当自动化系统遇到超出其设计范围的情况时，恢复正常运行可能依赖于人类的快速反应。[4]因此，目标应是利用技术来支持人员绩效，而不是逐渐削弱应对异常、动态变化、系统降级或不可预见情况时所需的能力。

2.2 **有效的人工监督**要求处于安全关键岗位的人员了解系统的局限性、保持态势感知，并具备相应的培训、信息和权限，从而行使专业判断。这就要求系统在能力、局限性和输出结果方面保持足够的透明度，以便人员能够基于充分信息做出专业的判断。国际民航组织的指导文件强调了对自动化系统应有恰当的理解与信任。对于直接关系到人身安全的功能，人员理解、质疑以及（在出于安全需要时）干预或否决自动化或人工智能辅助输出结果的权限，必须是明确且有保障的，而不应仅仅是默认存在的。因此，相关的测试标准不仅仅在于是否有人员在场，更在于在做出事关安全的决策时，是否保留了有效的人工管控权限。欧盟（EU）航空法规中的“功能系统”概念 — 即结合程序、人力资源和设备（包括硬件和软件）— 提供了一个有益的系统视角：人工智能和自动化系统是处于一个由人类组织构建的更广泛系统之内的，而非游离于这一系统之外。[5]

2.3 **维护人的能力** — 训练有素、配备充足且得到充分休息的从业人员队伍，是航空安全与复原力的基石。国际民航组织认识到，人员疲劳或认知负荷过重会导致工作表现下降，而工作负荷可能会加剧与疲劳相关的风险。[6]因此，当技术变革实质性地改变了操作岗位职责时，必须考量培训、疲劳、工作负荷、人员配备、技能保持以及伴随技术变革而来的社会心理风险等因素。如果从业人员缺乏有效干预所需的胜任能力、警觉性、态势感知或实际处置权限，那么形式上的“人员责任”所能提供的保护将十分有限。

2.4 **维系航空业职业发展路径** — 技术变革也影响着航空业吸引、培养和留住所需高技能人才的能力。当从业人员能够看到切实可行的长期职业发展路径，并有机会随着技术演进而提升自身技能时，对教育、培训及职业发展的投入便更具吸引力。采取以人为本的取向，利用技术变革增强从业人员的能力，并辅以终身学习、技能重塑和职业发展支持，有助于在推动创新的同时，实现国际民航组织的两大并行目标，即吸引新人才，并培养航空业未来发展所需的人力资源能力。

---

[3] ICAO，“人员绩效”；ICAO，“人员绩效原则”。https://www.icao.int/operational-safety/HP; https://www.icao.int/operational-safety/HP/HPP

[4] ICAO，“自动化系统中的人员绩效考量”。https://www.icao.int/operational-safety/HP/considerations

[5] 《欧盟委员会实施条例》（EU）2017/373，附件 I — 定义。

[6] ICAO，“人员绩效原则”；ICAO，“疲劳管理方式”。https://www.icao.int/operational-safety/HP/HPP; https://www.icao.int/operational-safety/fatigue-management/fatigue-management-approaches

2.5 **整个航空业的应用** — 这些原则适用于整个航空生态系统。在驾驶舱内，人工智能和自动化技术应能增强专业判断，同时保留事关安全的决策所需的人员决策权。驾驶舱自动化和机组人员精简概念引发了关于工作负荷、疲劳、丧失工作能力、技能保持及运行复原力等方面的问题。客舱技术应该支持而非削弱受过培训的机组人员执行安全与应急职能的能力及准备就绪状态。在空中交通管理方面，国际飞航管制员协会联盟（IFATCA）的政策同样指出，应将人工智能/机器学习（AI/ML）作为决策支持手段来实施，而不应取代空中交通管制员（ATCO）的决策。[7]同样，引入地面运行的技术也应维持以人为本的有效安全保障机制。国际民航组织自身也将人的绩效考量应用于飞行运行、空中交通管制、维修及远程运行等各个环节。因此，应通过研究、测试、证据收集、人因评估及安全保证（包括在异常和意外情况下）来确定人与技术之间的适当平衡。

2.6 **通过员工参与来管理变革** — 从最早的设计与规划，一直到实施与监控阶段，都应充分考量人为因素及劳动力相关的问题。当技术应用导致工作发生实质性改变时，考量内容应涵盖：培训与技能重塑、胜任力与技能保持、工作负荷与疲劳问题、人员配置的影响、人机交互、透明度与问责机制，以及识别意外后果的机制。负责操作、维护航空系统并与之交互的员工，对于技术在实际运行环境中的表现，既拥有丰富的实践经验，也具备深刻的理性认知。关键不仅在于将上述要素纳入实施与评估流程，更在于确立“共同设计”的原则。这一取向也与国际机场理事会世界分会（ACI World）发布的《2022 年机场劳动力演变白皮书》相契合；该白皮书倡导技术应服务于人，并强调在技术开发、运行及维护的全过程中，始终坚持以人为本。[8]此外，国际劳工组织（ILO）和经济合作与发展组织（OECD）也强调人工智能必须安全、可靠与可信，以及构建具有韧性的未来劳动力队伍、帮助员工做好应对人工智能相关变革的重要性。[9]

3. 结论

3.1 技术应旨在提升人类的绩效与能力，而非削弱保障航空安全所需的条件。新兴技术若能增强安全性、复原力以及人员高效履职的能力，便能为航空业带来助益。其目标在于支持航空领域自动化升级的成功应用，并确立明确的安全边界 — 尤其是在新兴技术的引入造成新的不确定性形式或可解释性降低的情况下。

3.2 有效的监督、技能的维持、合理的人员配置、疲劳防范措施、人因评估、安全保障以及员工参与，都有助于确保技术变革不仅不会损害、反而能增强航空安全。在涉及事关人身安全的功能方面，相应的责任必须与明确且确切的人员权限相匹配，以确保人员能够理解、质疑并进行干预。

— 完 —

[7] IFATCA，“使用人工智能时的空中交通管制员（ATCO）技能与法律责任”，WP157，第 64 届年会，阿拉伯联合酋长国，阿布扎比，2025 年 4 月 28 日 – 5 月 2 日。

[8] ACI World，“机场劳动力的演变：化挑战为机遇”（2022 年）。

[9] ILO/OECD，《工作世界中以人为本开发和使用人工智能最佳实践纲要》（2026）年。https://doi.org/10.54394/INMX2843