

中大型无人机操控员核心胜任力研究

李有森, 周 超, 霍国辉, 黄 韬, 王俊雄

中国民用航空飞行学院航空电子电气学院, 四川 德阳

收稿日期: 2024年10月18日; 录用日期: 2024年11月15日; 发布日期: 2024年12月13日

摘 要

针对在以往有人机的飞行员岗位胜任力相关研究的基础上, 依据中大型无人机的机型特点以及运行场景特点, 从知识、技能和态度三个层面展开操控员胜任力的要素分析, 结合有人机胜任力研究的政策文件, 初步构建中大型无人机操控员核心胜任力模型, 在培训和考核中可采取该模型进行培养中大型无人机操控员专业人才。

关键词

中大型无人机, 操控员, 核心胜任力, 运行场景

Research on the Core Competency of Medium and Large UAV Operators

Yousen Li, Chao Zhou, Guohui Huo, Tao Huang, Junxiong Wang

Avionics and Electrical Academy, Civil Aviation Flight College of China, Deyang Sichuan

Received: Oct. 18th, 2024; accepted: Nov. 15th, 2024; published: Dec. 13th, 2024

Abstract

In view of the previous research on the competency of pilots of manned UAVs, according to the characteristics of medium and large UAVs and the characteristics of operation scenarios, the elements of controller competency were analyzed from the three levels of knowledge, skills and attitudes, combined with the policy documents of manned aircraft competency research, the core competency model of medium and large UAV operators was preliminarily constructed, and the model could be used to train medium and large UAV controller professionals in training and assessment.

Keywords

Medium and Large UAVs, Controllers, Core Competencies, Operation Scenarios

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

中大型无人机有着广阔的应用前景，不管是在农业领域，还是在抢险救灾、资源勘探、环境监测和物流运输等领域，都具备巨大的开发潜力。随着航空电子技术、材料科学和自动控制技术的不断进步，以及导航和通信系统的不断创新，中大型无人机的飞行性能和载荷能力得到了显著提升，为其远程操作和自主飞行提供了可靠的技术支持。因此如何提高操控员的核心胜任力，进而提升其岗位胜任力，成为该领域的重点研究课题。

自 1953 年哈佛大学教授戴维·麦克利兰[1]提出“胜任力”的概念，并发表胜任力的相关论文以来，国内外学者都对胜任力提出了自己的理解，并在不少行业依据胜任力的基本原理在人员选拔、培训机制、人才培养等方面进行了应用和发展。但是由于行业的特殊性，关于航空领域胜任力的研究较少[2]-[5]，国内对于中大型无人机操控员核心胜任力的研究几乎为空白。所以本文针对航空方面的胜任力进行深入研究，通过对有人机胜任力梳理、分析和总结探究操控员核心胜任力的构成，构建出有效的核心胜任力评价模型，对培养中大型无人机操控员和促进中大型无人机的发展具有重大意义。

2. 中大型无人机运行模式特点

从无人机机型特点以及运行的场景特点作为切入点，从“机”“环”两个维度研究中大型无人机操控员核心胜任能力的需求。

(一) 机型特点

- 1) 对比微轻小型无人机，其机动性要求较低；
- 2) 相比航拍、勘探、消防等其他用途的微轻小型无人机来说，中大型无人机对任务载荷的需求较高；
- 3) 中大型无人机一般选用固定翼或多旋翼的无人机，目的是使其具有航程长、速度快、性能稳定或者载荷大等特点。

(二) 运行场景特点

1) 运行模式单一

中大型无人机一般采取点对点固定的航线运行方式高频次地往返两点或者有提前预计的航线规划进行飞行，其运行模式较为单一。

2) 起降方式涉及转场飞行

现在大多数无人机在执行任务时为本场起降，而中大型无人机在商业运行中涉及转场航线飞行，在飞行过程中涉及到地面控制站之间的控制权的转移。

3) 应用场景环境复杂

从商业需求分析，中大型无人机重点解决地形复杂、地势多变、交通不便且人口相对稀少以及信号干扰严重且人口密集等问题。由于建筑或者地形的影响，这些区域的气象条件相对比较复杂，严重影响无人机的飞行安全。

3. 操控员胜任力要素分析

从中大型无人机机型和运行场景特点可知，面临比小型无人机载荷更大、运行更复杂的问题，而中大型无人机的自主化系统还不能完全满足其运行模式的要求。因此，需要操控员通过地面站进行远程系

统管理、监控和异常状态的应急处置,应对特定运行场景中复杂环境下的安全飞行[6]。

中大型无人机的运行需要操控员在地面站进行协同操作,这种操作模式与有人机或微轻小型无人机相比有显著差异。系统运行安全主要依靠基于运行场景风险控制能力的系统设计和持续改进,依赖于自动化系统的安全性、可靠性及系统处理机制,包括操作程序、应急操作预案的设计及执行等,而不是主要通过对操控员进行持续训练和评估获得。中大型无人机运行安全对操控员技术能力依赖度相关性已显著降低,操控员所需能力与系统自主化程度、系统提供商和具体运行场景等密切相关。

同时相对于有人机运行,无人机系统的运行场景更加复杂化和多样化,操控员已深度融合进入地面站操作且人工控制介入权限逐步降低。地面站操作中各飞行阶段或监控任务的划分维度和组合方式更具多样性,如根据航行阶段或控制程序模块进行划分。在缺乏独立性,以及相对稳定和统一的职务和任务属性的情况下,需要确定具有普遍适用性的操控员所需知识、技能和态度相关要素分析[7]。

3.1. 知识要素分析

中大型无人机系统的综合性和复杂性对操控员知识储备的要求较高,不仅要在深度上有所延伸,同时要在广度上有所扩展。首先掌握基础知识储备,其次必须掌握行业专业知识,形成多方位的复合知识结构,以确保安全、高效地操作和管理无人机系统。

基础知识,操控员需要了解无人机的气动力学、飞行稳定性、机动性能等飞行原理和航空知识,还需要熟悉航空知识,如航空气象、导航和飞行规则等,以及了解相关的法律法规和规章制度,保证飞行操作符合法律要求和航空管理规定,确保飞行过程的安全。

专业知识,操控员需要了解飞行控制系统、导航系统、通信系统、电力系统等无人机系统和设备的原理、操作方式和故障处理方法,以及多种传感器和负载设备,如摄像头、雷达、红外线传感器等传感器和负载设备的操作方法,以便在飞行中进行有效的监控和控制,有效地收集和处理传感器数据,并正确使用负载设备执行特定任务。同时,操控员需要具备飞行计划和任务规划的能力,根据任务需求和环境条件,制定合理的飞行计划,包括航路规划、任务执行顺序、飞行高度等,需要评估飞行任务的风险和不确定性,并能够灵活地调整计划以应对变化情况。

3.2. 技能要素分析

构建合理、完善的能力结构是开展中大型无人机操控员培养工作的必要条件,本文将中大型无人机操控员胜任力模型的技能[8]要素分为以下几类:

飞行技能,操控员需要熟练掌握无人机的操控技巧和飞行操作,具备准确的驾驶技术,包括起飞、降落、定点悬停、航线飞行、转弯等,以及掌握紧急情况下的飞行应急技巧,如失控恢复、风险规避等。

系统操作和故障处理能力,操控员需要能够熟练操作和监控这些系统的状态,识别和解决常见的系统故障和异常情况,如传感器故障、通信中断等。

导航和航路规划能力,操控员能够有效地使用导航设备和工具,进行航线规划、路径选择和导航修正,熟悉不同类型的飞行任务,如运输、搜救等,根据任务需要进行合理的航路规划。

机组沟通能力,操控员需要与团队成员和相关人员进行有效的沟通,具备良好的口头和书面沟通能力,能够清晰地传达信息和理解他人的意图。

紧急情况处理和应急处置能力,操控员能在紧急情况下冷静应对,如飞行器失控、天气突变、系统故障等,并迅速做出正确的决策和采取相应的应急措施。

3.3. 态度要素分析

优秀的中大型无人机操控员不仅需要具备综合能力,也需要拥有良好职业素养和个人品质。操控员

应该努力培养和强化态度要素，并在工作中贯彻执行。本文将中大型无人机操控员胜任力模型的态度要素归纳为以下方面：

责任心，操控员应该具备强烈的责任心，意识到他们所承担的任务对于飞行安全和相关利益方的影响，始终将飞行安全放在首位。

专注和集中注意力，操控员需要持续的专注和高度的注意力，避免分散注意力导致的操作失误或忽略重要信息，养成良好的注意力管理习惯，确保在整个飞行任务期间保持专注。

自律性，操控员自觉遵守飞行规定和程序，遵循相关的法律法规和公司规定，不进行违规操作行为，并时刻保持良好的道德和职业操守。

学习态度，操控员持有积极的学习态度，关注行业的最新发展和技术进展，参与培训和学习机会，不断更新自己的知识和技能，以适应行业的需求和变化。

4. 中大型无人机操控员核心胜任力

根据上述对中大型无人机操控员的知识、技能和态度要素分析，得到其胜任力的具体要素描述，以及全面梳理 ICAO，IATS，CAAC 等组织部门针对有人机的飞行员岗位胜任力颁发的政策文件并进行归纳总结[9]-[12]，进一步得到核心胜任力的能力描述以及行为指标，初步构建中大型无人机操控员核心胜任力模型，见表 1 所示。

Table 1. Model of core competencies of medium and large UAV operators
表 1. 中大型无人机操控员核心胜任力模型

胜任力	能力描述	行为指标
程序执行力	能够严格根据已发布的运行指令和适用的规章，运用相应的知识，确定并应用相关程序。	确定运行指令的来源 遵守标准运行程序，除非更高的安全度要求有适当的偏差 及时确定并遵守所有的运行指令 正确操作无人机系统和相关设备 遵守适用的规章 应用相关程序知识
		确保接受者已准备并有能力接受信息 恰当选择通信联络的内容、时间、方式和对象 清晰、精确、简明地传递信息 确定接受者正确理解重要信息 接收信息时积极聆听并表示理解 提出相关的、有效的问题
沟通联络	在正常和异常的情况下，具备有效的口头、非语言和书面通信联络能力。	遵守标准无线电术语和程序 精确阅读和解读所需的公司和飞行文件 精确阅读、解读、构建并响应英文数据链接信息 完成运行程序所需的精确报告 准确解读非语言通信 使用与语言信息一致并支持语言信息的眼神接触、身体动作、姿态和手势
		根据情况通过自动化对无人机进行精确、平稳的控制 考虑到卫通链路的延长 检测偏离期望的无人机航迹的偏差并采取适当行动 管理飞行航径以实现最佳运行性能 通过自动化保持飞行中的期望的飞行航径，同时对其他任务和干扰进行管理 根据飞行阶段和工作量，及时选择适当的自动化水平和模式 有效监控自动化，包括接通和自动模式转换
航迹自动化管理	通过自动化管控无人机的飞行航径，包括适当使用飞行管理系统和引导。	

续表

航径控制	在自稳飞行控制系统工作的情况下，操控员通过人工修正改变无人机姿态，使无人机按照预期的航径飞行。	根据情况对无人机进行精确、平稳的人工控制 检测偏离期望的无人机航迹的偏差并采取适当行动 将无人机速度控制在正常飞行包线之内 通过运用无人机姿态、速度和推力之间的关系来控制无人机的安全 人工飞行期间维持期望的飞行航径，同时对其他任务和干扰进行管理
团队合作和管理	具备有效的领导力、团队合作和自我管理。	理解并赞同机组成员的任务和目标 创造开放沟通的氛围，并鼓励团队参与 积极主动，并在必需时给予指示 承认错误并承担责任 预先考虑并适当响应其他机组成员的需要 在得到指示时执行指令 交流沟通相关关切和意向 积极有助益地提供反馈和接受反馈 如果安全攸关，大胆进行干预 展现同情心，对他人表现出尊重和宽容 吸引他人参与规划，并根据能力，公平、恰当地分配活动 以建设性的方式应对并解决冲突和分歧在所有情况下呈现出自我控制力
解决问题和决策	准确识别风险，采用适用的决策流程并解决问题。	从适当来源获得精确、充足的信息 确定并核实发生故障的情况和原因 采取合适的问题解决策略 坚持彻底解决问题，而不影响安全 采用适当、及时的决策过程 恰当地设置优先次序 有效地确定并考虑备选方案 监测、审查和调整必要的决定 有效地判明并管理风险面临不可预见的情况时，随机应变采取行动，争取最安全的结果
空情意识	感知并理解当前的运行情况 and 所有可用的相关信息，并对影响运行的可能发生的情况有所预期。	准确判明和评估无人机及其系统的状态 准确判明和评估无人机的垂直位置和侧向位置及其预期的飞行航径 准确判明和评估可能影响运行的总体环境 对涉及运行或受到运行影响的人及其按照预期执行的能力保持了解 精确预测可能发生的事情，先于预期形势提前做出规划 基于潜在的威胁，制定有效的应急预案 明确和管理对无人机安全的威胁 识别并有效应对空情意识降低的迹象
任务资源管理	在所有情况下，有效管理可用资源以及对任务进行优先排序并执行任务。	在所有情况下保持自我控制 有效规划、轻重缓急排序和安排 执行任务时有效管理时间 提供并接受帮助，在必要时授权，并及早请求帮助认真审查、监控和交叉检查各项行动 核实已完成任务达到预期结果 有效管理中断、干扰、变化和故障并恢复正常运作

续表

转场协调和移交	管理对运行岗位人员和其他受影响人员之间的协调和移交。	熟练掌握转场飞行 了解现阶段无人机的技术状态 理解地面站的控制权起飞和着陆机场之间转移难点 具备转场协调和移交能力 有效完成控制权和责任的转移
异常和紧急情况处理	识别无人机运行的异常和紧急情况并进行响应，管理无人机运行的降级模式。	识别无人机或周围运行环境异常情况 判读无人机或周围运行环境异常情况 正确执行异常情况处理程序 系统无法处置当前的特情，开放人工权限 自稳系统工作的前提下，人工进行航径控制，尽可能地降低对无人机以及第三方的损害。 冷静面对飞行器失控、天气突变、系统故障等 及时做出正确的决策和采取相应的应急措施

5. 操控员核心胜任力培养方式

通过中大型无人机操控员核心胜任力模型，对操控员的培训需围绕理论知识、技能、态度这三个维度展开。其中，理论知识含基础知识与专业知识，主要采取授课形式；技能涵盖飞行技能、系统操作、故障处理能力等内容，以模拟机训练为主要方式；而态度方面，包括责任心、专注力等，这需要教员在授课与训练全程予以强调，并通过自身行为为学员树立榜样。

在培训考核环节，以核心胜任力模型的行为指标作为观察项，基于程序执行力、沟通联络、航迹自动化管理、航径控制、团队合作和管理、解决问题与决策、空情意识、任务资源管理、转场协调和移交、异常和紧急情况处理这十个胜任力构建评估表单。教员评估操控员学员胜任力时，依据观察项的行为指标来评判学员胜任力表现的绩效，从而得出该项胜任力的评分。若学员某胜任力评分较低，则表明其在该项胜任力上存在不足，需要进一步强化训练。

6. 结语

本文首先针对中大型无人机的机型特点及其运行场景展开深入剖析，通过与小型无人机、有人机对比，明确操控员胜任力要素的差异。在此基础上，对中大型无人机操控员胜任力要素进行 KSA 分析，同时结合相关资料，详细梳理出各个胜任力及相应的行为指标，进而构建起完善的核心胜任力模型。文中还对操控员的培养方式进行了全面阐述，可以利用模型有效开展胜任力培训和考核工作，逐步形成中大型无人机操控员学员的核心胜任力，将他们培养成为理论知识扎实、操作技术过硬且具备良好职业素养的专业无人机操控人才，为低空经济的发展输送高质量的专业力量。

基金项目

学校创新训练项目，大型无人机驾驶员核心胜任力体系研究，202310624007。

参考文献

[1] 陈琳, 米永胜. 民航飞行签派员核心胜任力研究[J]. 综合运输, 2023(3): 58-64+92.
[2] 赵赶超, 苏九言. 民航飞行员胜任力指标实证研究[J]. 计算机仿真, 2023, 40(3): 20-24.
[3] 陈琳, 米永胜, 胡琪涛. 民航飞行学员核心胜任力研究[J]. 综合运输, 2022(4): 73-79+89.
[4] 杜晖. 飞行学员心理胜任力指标构建与评估研究[D]: [硕士学位论文]. 天津: 中国民航大学, 2022.

- [5] 孟斌, 路娜, 李广春, 史晓楠. 基于胜任力模型的飞行技术专业人才培养模式研究[J]. 管理工程师, 2022, 27(2): 39-44.
- [6] 李海. 胜任力模型研究综述[J]. 国网技术学院学报, 2020, 23(4): 27-32+45.
- [7] 金晶. 胜任力理论国外研究综述及其启示[J]. 企业改革与管理, 2021(4): 61-65.
- [8] 赵甜甜, 周超, 胡坤. 无人机的操作能力评价模式分析[J]. 电子技术, 2022, 51(12): 32-33.
- [9] 苗丹民, 罗正学, 刘旭峰, 董燕, 李玉玮. 年轻飞行员胜任特征评价模型[J]. 中华航空航天医学杂志, 2004, 15(1): 35-39.
- [10] 徐秋晨. 基于 AHP 层次法的飞行教员核心胜任力指标体系构建研究[C]//中国智慧城市经济专家委员会. 2023 智慧城市建设论坛论文集(一). 郑州: 中国智慧城市经济专家委员会, 2023: 5-6.
- [11] 吕帅. 警用无人机飞手的岗位胜任力模型构建及应用研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国人民公安大学, 2022.
- [12] 焦慎林. 民航飞行员胜任特征模型研究[D]: [硕士学位论文]. 天津: 中国民航大学, 2019.