

基于 HFACS 与 HEART 模型提升航空运输安全水平的措施研究

任师通 刘欣 杨劭杰

空军勤务学院, 中国·江苏 徐州 221000

摘要: 论文聚焦于基于 HFACS 与 HEART 模型在提升航空运输安全水平措施上的研究, 研究首先通过 HFACS 模型的四层级结构对航空运输行业中的不安全因素进行了深入剖析并详细列出了各层级下可能导致不安全的诱发因子, 接着利用 HEART 模型对 HFACS 模型中识别出的不安全因素进行了差错概率的评估, 从而量化了各层级不安全因素的风险程度。基于上述分析研究提出了针对性的风险防控对策, 旨在通过改善不安全因素, 减少差错发生, 进而提升航空运输的整体安全水平。

关键词: HFACS 模型; HEART 模型; 航空运输安全

Research on Measures to Improve Air Transport Safety Level Based on HFACS and HEART Models

Shitong Ren Xin Liu Shaojie Yang

Air Force Service Academy, Xuzhou, Jiangsu, 221000, China

Abstract: This paper focuses on the research of measures to improve the safety level of air transportation based on the HFACS and HEART models. Firstly, the unsafe factors in the air transportation industry were deeply analyzed through the four level structure of the HFACS model, and the triggering factors that may cause unsafe factors at each level were listed in detail. Then, the HEART model was used to evaluate the error probability of the unsafe factors identified in the HFACS model, thereby quantifying the risk level of unsafe factors at each level. Based on the above analysis and research, targeted risk prevention and control measures have been proposed, aiming to improve unsafe factors, reduce errors, and thereby enhance the overall safety level of air transportation.

Keywords: HFACS model; HEART model; air transport safety

0 前言

随着全球航空运输业的快速发展, 航空安全已成为一个备受关注的议题, 为了确保乘客和机组人员的生命安全以及维护航空公司的良好声誉, 提升航空运输安全水平显得尤为重要。近年来 HFACS (Human Factors Analysis and Classification System, 人因分析与分类系统) 与 HEART (Human Error Assessment and Reduction Technique, 人为差错评估与减少技术) 模型在航空安全管理领域得到了广泛应用, 这两种模型为分析航空事故中的人为因素提供了有效的框架并有助于制定针对性的安全改进措施。

1 HFACS 与 HEART 模型概述

1.1 HFACS 模型

HFACS 模型是由美国海军行为科学领域的专家 Douglas Wiegmann 与 Scott Shappell, 在 James Reason 著名的“瑞士奶酪”模型基础上发展而来的。该模型保留了“瑞士奶酪”模型的四个核心层次, 组织管理缺陷、监控失效、不安全行为的前提条件及直接的不安全行为, 并在此基础上

进行了创新性的拓展, 引入了因果类别, 旨在更精确地识别并分类组织内部那些促成事故的隐性因素与显性要素, 同时对原有四个层次进行了深入的细化, 提供了更为详尽的事故原因分析框架。

1.2 HEART 模型

HEART 模型是由 Williams 提出的一种方法论, 其核心聚焦于辨识差错促成因素 (FCE) 并据此估算不安全行为发生的概率 (PHE), 以此作为依据提出针对性的改进策略。该模型的应用基于两大基本预设: 一是标准人为差错概率 (BHPE) 会根据任务设计所涉场景类型的不同而有所变化, 二是为了精确计算出最终的人为差错概率 (PHE) 必须依据差错促成因素 (FCE) 进行相应调整。

2 基于 HFACS 模型的航空运输不安全因素归类

航空运输中的不安全因素构成了影响航空安全的关键因素, 这些不安全因素因其隐蔽性和潜藏性而难以直接察觉和预测。依据 HFACS 模型可以将这些不安全因素主要分为

四个部分：不安全行为、不安全行为的前提条件、运行阶段以及组织管理，这四个部分分别对应于 HFACS 模型中的不安全行为、不安全行为前提条件、对不安全行为的监督以及组织影响，如表 1 所示。

表 1 基于 HFACS 模型的航空运输不安全因素归类

HFACS 模型	航空运输不安全因素
不安全行为	人为操作失误、 违反安全规定、 ……
不安全行为前提	飞行员培训不足、 飞机设计缺陷、 ……
运行阶段	恶劣天气、 机械故障、 ……
组织管理	安全管理体系不完善、 监管不力、 ……

3 基于 HEART 模型计算航空运输各层面不安全因素概率

HEART 模型的计算流程涵盖任务事件分类、差错诱发条件识别以及权重值计算方法这三个部分。HEART 模型通过引入工效学因素与环境因素 (EPC) 来对任务事件的差错概率进行精细调整，这些 EPC 广泛涵盖了外部环境、心理要素以及其他多种环境影响的方面。为了更准确地评估 EPC 对差错的影响，HEART 模型为每一个 EPC 定义了权重值 ϕ ，这个权重值反映了每个 EPC 在最大程度上可能产生的影响，从而提供了一种量化评估差错诱发条件的方法。在计算权重值的过程中，由于不同任务事件中各差错促成条件 (EPC) 所起的作用大小必然有所不同，HEART 模型采用了多位专家评分的方法旨在确保对每个 EPC 实际影响力进行客观而准确的评估，这一评估结果被称为 APOA (即调整后的影响程度评估)，为了确定调节后 EPC 的权重值 ϕ ，HEART 模型进一步采用了式 1 的计算方法，该方法能够科学地反映出每个 EPC 在整体中的相对重要性。

$$\phi'_{EPC_i} = (\phi_{EPC_i} - 1) \times APOA_{EPC_i} + 1 \quad (1)$$

在式 (1) 中， ϕ'_{EPC_i} 指第 i 个 EPC 的权重值； ϕ_{EPC_i} 指第 i 个 EPC 调节后的权重值； $APOA_{EPC_i}$ 指第 i 个 EPC 的实际影响值。

最终运用公式 (2) 计算出每个步骤的精确事件差错概率 (HEP)，在此过程中标称事件差错概率 (NHEP) 作为基准值被采纳。

$$HEP = NHEP \times \prod_{i=1}^n \phi'_{EPC_i} \quad (2)$$

为了将 HFACS 框架的四个层级与九种通用任务事件类型相匹配，首先需要确定人为因素层级中差错促成条件 (EPC) 因子的基础权重 ϕ ，此处的 ϕ 代表了 EPC 因子的

最大潜在影响力，其确定步骤涉及对所有 EPC 因子权重的标准化处理即将它们的值域统一至 0 至 100 的范围，并通过相互比较来确定其中的最大值。接着计算了各 EPC 因子的平均概率影响评估值 (APOA)，这一值通过将各 EPC 因子的影响程度同样映射到 0 至 1 的区间内而得出，随后进行了 EPC 权重的调整计算得到调整后的权重 ϕ' ，这一计算过程依据每个 EPC 因子的 APOA 值并应用特定的公式 (1) (即公式 1) 结合其基础权重 ϕ ，来得出每个 EPC 因子调整后的最终权重 ϕ' ，具体结果参见表 2。

表 2 航空运输任务各层级调节后权重值

层级	差错请发条件 EPC	权重值	APOA	调节后权重值
不安全行为	发生差错	5.5	0.4	2.76
	违反规定	3.8	0.4	2.12
不安全行为前提	工作人员	5.1	0.5	3.46
	环境因素	1.1	0.22	1.043
	心理因素	7.1	0.9	6.49
运行阶段	运行准备	2.5	0.2	1.3
	运行计划	1.3	0.16	1.045
	风险防范	1.2	0.21	1.042
	监督检查	1.03	0.3	1.015
组织管理	资源管理	2.5	0.2	1.2
	组织氛围	1.2	0.21	1.042
	组织过程	1.05	0.3	1.015

随后采用公式 (2) 进行计算，得出了航空运输四个层级所对应的最终任务事件差错概率 (HEP)，具体的计算结果已详细列于表 3 中。

表 3 航空运输任务事件各层级 HEP

层级	HEP
不安全行为	0.6366
不安全行为前提	0.3039
运行阶段	0.0881
组织管理	0.0226

4 航空运输安全隐患分析及防控对策

4.1 基于 HFACS 与 HEART 模型数据的安全隐患分析

利用 HFACS 与 HEART 模型对组织管理层事件进行差错概率 (HEP) 评估，结果显示其维持在较低水平。不安全行为及其前提条件作为直接导致航空运输不安全事件的因素，具有显著的显性特质，其差错概率 (HEP) 明显偏高，因此应当成为安全管理体系中的重点聚焦对象，同时运行层面的事件差错概率反映了规章制度制定的完整性、操作流程的合理性、风险防控与监管措施的及时性和有效性，这些因素对于遏制航空运输中不安全因素的滋生具有决定性的作用。

4.2 防控对策

4.2.1 航空运输人员行为及行为前提层面

首先是提升航空运输领域内各类人员的专业技能,这涵盖了飞行员、乘务人员、空中交通管制员以及空勤与地勤保障人员等所有与航空运输紧密相关的岗位人员,需要建立全面而系统的培训考核机制,应涵盖技巧训练、决策能力培养、知觉敏锐度提升等多个方面,以确保航空运输人员能够在复杂多变的飞行环境中迅速准确地做出判断和行动,同时为了激发航空运输人员的学习热情和积极性,可以定期组织各类技能大赛,通过竞赛的形式检验和提升他们的专业技能,同时设立相应的奖励机制以此激励他们在日常工作中更加自觉地提升个人能力。其次可以通过宣传、教育、案例分析以及会谈交流等多种方式培养航空运输人员的安全意识,将安全理念深入人心。最后为了保障航空运输人员的身心健康和工作效率,必须提供适宜的工作环境这包括优化飞行座舱、休息区域等硬件设施,还包括软件设施的建设如提供心理咨询服务、开展团队建设活动等,帮助航空运输人员缓解工作压力,保持良好的心态。

4.2.2 运行阶段层面

为了确保航空运输的持续安全与高效运行,务必切实执行风险管理的监督与检查工作,在此过程中需对相关人员的能力水平及资质条件进行严谨的审核与评估,通过定期的考核与评估可以及时发现并解决人员能力上的短板,从而确保整个团队的专业性和可靠性,同时日常的监督检查工作绝不能流于形式,而应深入到每一个细节之中,确保各个环节之间的信息畅通无阻,协同作业顺畅无阻,只有这样才能在发生紧急情况时迅速响应有效避免事态的扩大。为了进一步提升风险管理的效率和效果需要建立一个有效及时的信息上报平台,这个平台应能够实时接收并处理来自一线的安全信息,确保管理层能够迅速掌握情况并作出决策,另外针对雷雨季节等特殊情况下的应急处置工作应提前做好准备,例如提前组织相关技能的培训和演练,确保工作人员在面对突发情况时能够迅速、准确地采取行动,通过以上这些措施可以有效提高工作人员的警惕性,为航空运输的安全运行提供有力保障。

4.2.3 组织管理层

为了实现精细化的安全管理需要成立一个专职的风险

评估小组,这个小组应当由具备丰富经验和专业知识的人员组成,还需要制定一系列完善的工作评估流程体系,这些体系应涵盖从危险源识别、隐患排查到风险等级评估的全过程,确保每一个细节都能得到充分的关注和有效的处理。在信息管理方面需要建立一个安全信息上报机制,这一机制应确保每一条与安全相关的信息都能被及时、准确地收集并上报至相关部门,从而实现信息的最大程度透明化。针对已识别的风险需要设计并实施针对性的安全风险防范举措,这些举措的制定需全面考量风险的严重程度及其发生的可能性,通过采取技术改进、流程优化、人员培训等多种手段,需将非正常不安全事件的严重性和发生可能性降低至一个可接受的范围内,同时还需要对防范措施的实施效果进行持续跟踪与评估,以确保其有效性和适应性。

5 结语

论文深入研究了如何利用 HFACS 与 HEART 模型提升航空运输安全水平, HFACS 模型通过不安全行为、不安全行为的前提条件、运行层面以及组织管理这四个层次全面剖析了航空运输行业中引发不安全因素的各类潜在因素,随后依据 HEART 模型针对这四个层次相应的不安全差错概率进行了详尽的计算,最终根据 HFACS 与 HEART 模型的数据分析结果识别出了潜在的安全隐患,并提出了相应的风险防控策略。

参考文献:

- [1] 王静.航空公司管理对交通运输民航运输安全的影响分析[J].中国航务周刊,2024(12):66-68.
- [2] 邱斌,杨培颖,杨曼.航空货运代理人安全运输监测体系研究[J].民航学报,2024,8(1):1-6+59.
- [3] 黄迪.基于HFACS-MA框架识别和预防大风浪中海难事故的人为和组织因素的研究[J].中国水运(下半月),2024,24(9):15-19.
- [4] 李文勇,卢睿,廉冠,等.基于HFACS的道路运输事故致因分析与分类系统研究[J].中国人民公安大学学报(自然科学版),2024,30(2):45-53.
- [5] 李辉山,惠丽敏.基于改进HFACS模型的钢结构施工安全事故人因分析[J].工程管理学报,2024,38(2):125-129.

作者简介:任师通,男,中国山东菏泽人,硕士,助教,从事航空运输保障技术研究。