

航空维修人为差错事故发生的组态路径

崔明杰

石家庄海山实业发展总公司

DOI:10.12238/jpm.v3i11.5415

[摘要] 由于航空维修工作具有高复杂性、高标准、高技术要求等基本特征,人为差错事故往往是由多个因素共同作用形成的,要有效控制事故,必须从整体视角考察事故发生的可能成因组合及其相互关系。基于 Reason 模型,从行为层、管理层、组织层、设计层四个层次确定航空维修人为差错事故发生的前因条件;研究结果表明,航空维修人员人为差错严重事故中,组织层因素起着关键作用。该研究为航空维修差错调查研究提供了一种新的思路和方法。

[关键词] csQCA;航空维修;人为差错;组态路径

Configuration path of human error accident in aviation maintenance

Cui Mingjie

Shijiazhuang Haishan Industrial Development Corporation, Hebei Shijiazhuang 050200

[Abstract] Because the aviation maintenance work has high complexity, high standards, high technology requirements and other basic characteristics, human error accidents are often formed by the joint action of multiple factors. To effectively control accidents, it is necessary to investigate the possible cause combination and mutual relationship of the accident from the overall perspective. Based on the Reason model, the previous causes of aviation maintenance human error accidents are determined from the behavior level, management, organization and design levels, and the research results show that the organization factors play a key role in the serious human error accidents of aviation maintenance personnel. This study provides a new idea and method for investigating aviation maintenance errors.

[Key words] csQCA; aviation maintenance; human error; configuration path

1 引言

航空维修人员人为差错是造成飞行和地面事故的主要原因之一。据统计,在世界范围内,飞机停机事故占 20%~30%,坠机事故占 80%,偏离跑道 80%,延误 50%,取消 50%都是航空维修差错,其中 80%是人为原因造成的。因此,如何减少和预防航空维修中的人为差错,一直是航空维修人员面临的重要课题。航空维修具有高复杂性、高标准、高技术要求等基本特征,人为差错事故往往是由多个因素共同作用形成的系统联动结果。

这表明航空维修人为差错各影响因素相互依存,事故后果的严重性与影响因素的组态关系密切相关。

因此,有效地控制航空维修人为差错,首先要从组态角度考察事故发生的原因组合及其相互关系,即明确其产生路径,进而分析确定控制策略。然而,目前有关航空维修人为差错发生路径的研究成果还很少。这主要是因为传统的定量统计分析和系统综合评价分析都属于因果关系分析,只能得到一组自变

量与因变量之间的关系。清晰集定性比较分析(csQCA)是一种将案例研究和变量研究优势结合起来,采用整体分析的方法,通过集合分析发现要素组态和结果的集合关系,有助于回答因果关系、多方案等因果关系等问题,并在中小样本信息分析方面具有显著优势,近年来在社会学、政治学、管理学等领域受到广泛关注[3]。

赵礼强等人运用此方法,从环境因素、机器因素、人因因素和管理因素四个方面探讨了空难事故致因联动效应。针对航空维修人为差错分析要求,采用 csQCA 方法,从组态角度研究航空维修人为差错生成路径。该研究不仅可以为航空维修人员为差错事故研究提供一条新的思路,进一步丰富了航空维修人为差错研究的方法体系,同时也为基层航空维修人员持续改进提供决策参考模型。这对于降低航空维修人为差错的发生概率、降低航空维修成本、提高航空运营安全水平具有重要的现实意义。

2 结果变量和前因条件分析利用

2.1 结果变量

根据飞机维修差错后果的不同, 本文把航空维修人为差错结果分为两类(航空事故只造成飞机损坏, 包括飞机修理或报废)和严重事故(不仅造成飞机损坏而且造成人员伤亡)。

2.2 前因条件

航空维修工作是一个系统复杂的工作, 影响维修差错的因素很多。从 Reason 模型理论可以看出, 像维修差错这样的显性差错, 其根源在于组织层面、管理层面和行为层面。结合航空维修的特点, 将航空维修前因条件归纳为以下几类: 行为层缺陷。行为层缺陷主要表现在维护人员工作作风方面。维修人员的责任心不强, 违反了规章制度和操作规程, 造成了维修失误。但是只要操作者认真工作, 就能完全避免错误。管理上的缺陷管理缺陷指的是管理人员在维修作业监督管理中存在的失职。主要有:

1) 管理层没有识别出一些危险因素, 例如操作人员身体或心理准备不足, 工作场所不符合规定程序等;

(2) 人员和设备管理不到位, 如维护作业所需工具、设备、材料和人员的支持不够、培训不到位、监管不足、工作量过大等等;

3) 管理层故意忽略了程序和其他操作规程, 例如允许使用未经批准的程序、不知道如何使用人员、安排不合格人员执行某项任务, 甚至故意使操作者违反规章或操作程序等等。

组织层缺陷

组织层面的问题主要是由于航空公司、航空管理局等高层机构在维护和管理方面存在的问题。有三个要点。

(1) 组织资源管理不足, 主要是在资源配置和维持上, 例如管理人员(选拔、培训、配备)、部门间信息资源、设备资源不足等;

(2) 工作条件差, 如对不良习惯的宽容、对局部利益的维护、对维修工艺中的微小差错的忽略、管理者与一线维修者的对抗以及过度重视处罚等;

(3) 组织流程方面的不足, 主要是与业务流程相关的政策和安排, 例如公司政策不公正、公司排班流程存在问题、过度重视利益和生产周期而忽略了质量, 各部门工作任务不均衡。

以上的组织缺陷可以概括为航空公司的维修安全文化、航空公司的维修管理机制、航空管理局的管理与监管等三大问题。

设计层缺陷。

在过去的研究中, 没有涉及到设计层错误和航空维修人员错误产生之间的关系。然而正如墨菲定律所言, 总有一天会出错, 设计层的缺陷作为潜在的缺陷, 必然会影响到维修人员的行为。由于飞机升降螺杆组件过度磨损而导致阿拉斯加航空 261 航班事故, 其两组螺纹设计无法提供磨损损伤的安全裕度, 因此维修人员很难发现这种设计错误。因此, 在分析造成维修差错的潜在原因时, 应将分析范围扩大到设计

层面, 即设计缺陷。表 1 列出了航空维修人为错误事故的前因性条件。

表 1 航空维修人为差错事故前因条件

前因条件类别	前因条件内容	前因条件代号
行为层缺陷	维护作风缺陷	A
管理层缺陷	管理层监督管理缺陷	B
	航空公司维修安全文化缺陷	C
组织层缺陷	航空公司维修管理机制缺陷	D
	航空管理局管理与监督缺陷	E
设计层缺陷	设计缺陷	F

3csQCA 的应用

本文以 2000~2020 年民航维修事故 16 例为样本, 采用 csQCA 方法对航空维修人员为差错事故进行了分析。

3.1 研究方法

本文采用 csQCA 方法对导致民航维修差错的原因进行了研究。首先, csQCA 探讨了各种共同作用的条件组合, 这些条件导致了特定结果的发生, 并具有一定的并发性, 每一种条件都需要与其他条件共同决定某一结果的出现或不出现[30]。其次, csQCA 方法不强调变量和结果变量之间的对称性($X \rightarrow Y$ 不一定能得到 $\sim X \rightarrow Y$)。在研究中发现多个非对称性关系, 如航空管理局是否审核失职, 对航空维修差错事故的严重性没有绝对影响。再次, csQCA 方法强调了导致特定结果变量发生的路径并不是唯一的, 多条路径可以产生相同的结果变量。最后, csQCA 适用于具有复杂因果关系的案例和中小样本案例的研究。

3.2 样本选择和数据处理

3.2.1 样本选择

本文以 2000-2020 年全球民航维修差错为研究对象。首先, 在航空安全网、空难信息统计网站中, 对李学仁等人编写的《维修差错导致的民用航空事故案例分析汇编》进行了补充, 共收集了 72 起航空维修事故案例; 其次, 对航空维修事故 72 起, 删除重复事故和非民用航空事故, 剩余 31 起民航维修差错案例; 最后, 筛选并分析 31 起民航维修差错案例, 剔除调查报告含糊不清或缺乏调查报告的案例, 最终仅剩 16 起具有参考价值的民航维修差错案例。

3.2.2 变量赋值

根据航空事故的等级分类, 对每一起事故进行赋值, 即一般航空维修差错赋值为 0, 严重航空维修差错赋值为 1; 同时, 从行为层面、管理层面、组织层面和设计层面分别考察了前因条件 A、B、C、D、E、F 六种前因条件是否对航空维修差错的发生做出贡献, 如果贡献值为 1, 反之则为 0。分析结果显示在表 2 中。

3.2.3 前因条件必要性分析

配置分析前因条件的必要性分析是必要的。用 fsQCA3.0 软件对样本数据进行输入, 结果显示在表 3 中。结果显示, 所

有前因变量必要性均未超过 0.9, 说明严重事故前因条件并非构成严重事故的必要条件; 一般事故前因变量必要性未超过 0.9, 但 E 除外, 说明航空管理局管理和监督失职并非一般航空事故发生的必要条件。由于航空事故的发生原因复杂, 需要对条件变量组合进行进一步分析, 以获取更多的信息。

3.3 组态分析

利用 fsQCA3.0 软件, 根据 Ragin [32] 的建议, 结合案例数量, 将一致性门槛设为 0.8, 案例覆盖门槛为 1, 最后得出航空维修人为差错事故前因条件构型。

从表 4 可以看出, 在 6 种前因条件的交互作用下, 共产生 4 种严重事故路径, 5 种一般事故路径。所有路径的一致性均为 1, 均大于判定标准 0.8, 说明本研究 9 个路径均满足一致性条件, 即 9 个路径均为航空维修人为差错发生的充分条件。总体一致性率为 1, 进一步说明了本研究所发生的事故路径是航空维修差错事故发生的充分条件; 总体覆盖率为 1, 即 9 条路径对 16 起航空维修差错事故案例的解释具有 100% 的解释能力。由此可以看出, 每条路径的充分性和一致性水平都是比较理想的。

3.3.1 严重事故路径分析

H1a, H1b。这两条路径都是航空公司组织层面的缺陷主导型事故路径, 其核心条件是缺乏航空公司的安全意识和管理机制的漏洞。在航线 H1a 阶段, 由于航空公司安全意识不强、管理机制存在漏洞等原因, 当航空维修管理出现问题时, 无法及时发现和纠正维修差错, 最终造成航空维修差错事故。H1b 路径的核心条件和 H1a 相同, 不同的是飞机制造商的设计缺陷是这类事故的潜在条件, 维修人员按照常规维修规程进行维修时往往会难以发现, 继而造成安全隐患。

因此, 航空公司的组织结构缺陷是造成航空维修人为差错的主要原因之一。H2a 和 H2b 路径。这两条路径可以称为航空管理局缺陷主导型事故路径, 其核心条件是航空管理局的组织审核缺陷。其中, H2a 路径最主要的原因是航空管理局对其管辖航空维修单位维修职能存在监管审核不当, 导致航空公司和维修管理层未能及时整改自身维修安全问题, 出现航空公司管理机制漏洞以及维修管理层监督管理失职等情况。当维修人员在维修过程中出现工作作风缺陷而导致维修差错时, 无论是管理层还是组织层都未能及时发现并加以制止, 最终造成了较为严重的维修差错事故。由此可以看出, 当航空管理局出现组织审核漏洞时, 由于无法有效地约束其管辖范围内的航空维修活动, 造成航空维修差错事故难以避免。因此, 航空管理局组织审核缺陷是造成严重航空维修差错的另一重要原因。

3.3.2 一般事故路径分析

一般事故的 5 条路径都是辅助性事故路径, 造成事故的缺陷都是外围条件, 而不是核心条件。但就事故原因而言, 外围条件各不相同。H3a, H3b, H3c。三条航线的核心条件是航空公司良好的管理机制和严格的组织审核机制。其中, H3a 路径表明, 在没有其他缺陷的情况下, 维修人员的工作作风和安全文

化缺陷只能导致一般事故; 路径 H3b 表明, 如果没有其他缺陷, 那么管理监督和安全文化缺陷只能导致一般事故; 路径 H3c 表明, 即使存在其他缺陷, 在航空管理局严格的组织审核机制和严格的航空管理局组织审核机制的情况下, 也只能造成一般事故。

H4a, H4b 路径。路径 H4a 表明, 只要维修人员的工作作风和飞机设计上的缺陷存在, 一般的事故就会发生, 即使其他所有的缺陷都不存在。这是因为, 虽然管理和组织层面没有任何缺陷, 但是由于维修人员在维修过程中没有按照规程操作或者抱着侥幸心理, 会导致一般航空维修人为差错事故发生。路径 H4b 表明一般事故会发生, 只要管理层监督和航空公司的管理机制存在缺陷, 即使其他缺陷不存在。如对外包维修单位管理不严、公司内部质量体系存在问题等, 必然会给维修差错提供生存空间, 最终导致航空维修人为差错事故的发生。

4 研究结论及启示

建立科学、完善的航空维修组织管理体系是预防航空维修人员人为差错严重事故的关键。在航空公司层面, 建立良好的安全文化与管理机制, 有效地防止航空公司因组织缺陷而发生事故; 在航空管理局层面上, 建立一个科学、完善的组织审核体系, 能有效地避免航空管理局的缺陷主导型事故。(2) 从一般事故发生的 5 条组合路径中可以看出, 航空维修人为差错一般事故是由工作作风缺陷、管理监督缺陷、飞机设计缺陷等因素共同作用的结果。因此, 预防航空维修中人为差错一般事故的发生, 应进一步面向航空维修作业过程, 建立维修人员与监管人员的有效管理制度。航空公司可考虑在技能培训、作业流程、监督体系、绩效分配等方面进行制度优化与完善, 以激发航空维修作业及监管人员的责任心、上进心, 激励他们努力提升专业技能和综合素质, 做到设计缺陷能发现、维修作业不出错、监督管理保安全。本文仅从行为层面、管理层面、组织层面、设计层面等 5 个方面研究了航空维修人为差错发生的原因, 揭示了人为差错发生的机理, 是否存在其他因素有待进一步探讨。另外, 本文仅就民航维修人为差错事故影响因素的组态路径展开研究, 对影响民航、军用航空维修的因素的组态路径问题仍需进一步研究。

[参考文献]

- [1]张艳, 邓阳, 闫鑫, 李诗宇, 陈洪根. 航空维修人为差错事故发生的组态路径[J]. 郑州航空工业管理学院学报, 2022, 40(03): 99-105. DOI: 10.19327/j.cnki.zuaxb.1007-9734.2022.03.013.
- [2]冯乐然. 民航飞机维修中的人为因素研究[J]. 中国设备工程, 2022(05): 19-21.
- [3]陈海牛, 简光建, 逯志刚. 航空装备维修企业人为差错预防体系建设研究[J]. 中国质量, 2021(10): 110-113. DOI: 10.16434/j.cnki.zgzl.2021.10.023.
- [4]郑鲁豪. 如何控制飞机维修中的人为差错[J]. 内燃机与配件, 2021(18): 164-165. DOI: 10.19475/j.cnki.issn1674-957x.2021.18.067.

- [5]谭涛.航空部附件图像识别辅助维修设备应用及探索[J].航空维修与工程,2021(08):31-32.DOI:10.19302/j.cnki.1672-0989.2021.08.010.
- [6]左红梅.飞机维修中的人为因素研究[J].科技风,2021(08):180-181.DOI:10.19392/j.cnki.1671-7341.202108085.
- [7]李强,朱弘斌.距离相关分析法在航空维修人为差错分析中的应用[J].装备环境工程,2019,16(09):113-115.
- [8]张晓全,王欢,燕春光.基于DEMATEL-ANP法的航空维修人为因素分析[J].安全与环境工程,2014,21(1):128-133.
- [10]杜运周,贾良定.组态视角与定性比较分析(QCA):管理学研究的一条新道路[J].管理世界,2017,33(6):155-167.
- [11]赵礼强,潘杰,张子辰.民航不安全因素联动对空难事故的影响:基于45起案例的清晰集定性比较分析[J].科学技术与工程,2020,20(28):11809-11817.
- [12]FRANKHHAWKINS. Humanfactorsinflight[M]. England: AshgatePublishingLimited, 1987.
- [13]REASON. Humanerrors[M]. London:CambridgeUniversityPress, Cambridge, 1990.
- [14]王燕青,冯贺.航空维修人员疲劳影响指标研究[J].安全与环境工程,2015,22(6):139-142, 150.