

doi: 10.11731/j.issn.1673-493x.2018.01.021

基于ISM—CRITIC法的通用航空可控飞行撞地影响因素分析*

孙瑞山^{1,2}, 占欣^{1,2}

(1. 中国民航大学飞行技术学院, 天津 300300; 2. 中国民航大学民航安全科学研究所, 天津 300300)

摘要: 为了研究通用航空可控飞行撞地的影响因素, 提出针对性的预防措施, 采用基元事件分析法对中国民航安全办公室不安全数据库中2006—2015年间发生的30起通用航空可控飞行撞地事件进行分析, 建立通用航空可控飞行撞地影响因素体系; 运用解释结构模型对影响因素进行两两对比分析, 建立3层阶梯有向模型; 运用CRITIC法计算各影响因素权重并排序。结果表明: 影响通用航空可控飞行撞地事件的表层直接原因分别是注意力分配不当、违反标准运行程序、安全意识淡薄、应急能力弱、导航设备失效、发动机失效、其他天气意外、飞行保障不利和组织混乱; 中层间接原因分别是驾驶技能不足、航前准备不足、机组资源管理欠缺、地形复杂、能见度和光线刺激; 深层根本原因分别是疲劳驾驶、公司违规和违法组织飞行; 影响通用航空可控飞行撞地事件发生的主要因素分别是飞行保障不利和组织混乱、航前准备不足、安全意识淡薄、驾驶技能不足和违反标准运行程序。

关键词: 通用航空; 可控飞行撞地; 基元事件分析法; 解释结构模型; CRITIC法

中图分类号: X949 文献标志码: A 文章编号: 1673-493X(2018)-01-0129-07

Analysis on influence factors of controlled flight into terrain of general aviation based on ISM - CRITIC method

SUN Ruishan^{1,2}, ZHAN Xin^{1,2}

(1. Flight Technology Collage, Civil Aviation University of China, Tianjin 300300, China;

2. Research Institute of Civil Aviation Safety, Civil Aviation University of China, Tianjin 300300, China)

Abstract: In order to study the influence factors of controlled flight into terrain of general aviation, and propose the targeted prevention measures, 30 controlled flight into terrain events of general aviation occurred from 2006 to 2015 in the unsafe database of China Civil Aviation Safety Office were analyzed by using the element event analysis method, and an influence factor system of controlled flight into terrain of general aviation was established. The pairwise comparative analysis on the influence factors was carried out by using the interpretation structure model (ISM), then a three-layer ladder directed model was established, and the weights of each influence factor were calculated and sorted by using the CRITIC method. The results showed that the surface direct causes of controlled flight into terrain of general aviation were the improper distribution of attention, violation of standard operating procedures, weak safety awareness, weak emergency response capacity, failure of navigation equipment, failure of engine, other weather accidents, unfavorable flight support and organizational chaos respectively, and the middle indirect causes were the inadequate driving skills, inadequate pre-flight preparation, lack of crew resource management, complex terrain, visibility and light stimulation respectively, while the deep root causes were the fatigue driving, company violation and illegal organization of flights respectively. The main factors influencing the occurrence of controlled flight into terrain of general aviation were the unfavorable flight support and organizational chaos, inadequate pre-flight preparation, weak safety awareness, inadequate driving skills and violation of standard operating procedures respectively.

Key words: general aviation; controlled flight into terrain; element event analysis method; interpretation structure model (ISM); CRITIC method

收稿日期: 2017-11-08

* 基金项目: 国家自然科学基金项目(U1333112)

作者简介: 孙瑞山, 硕士, 教授, 主要研究方向为航空中的人为因素、安全管理及飞机性能工程。

通信作者: 占欣, 硕士研究生, 主要研究方向为航空中的人为因素、安全管理。

0 引言

可控飞行撞地 (Controlled Flight Into Terrain, CFIT) 是指一架完全满足适航要求的飞机,在非失效、可控的状态下撞到地面、山体、水面或其他障碍物而导致事故^[1]。相比于公共运输航空在固定的时间段内将客货运到规定的目的地即可,通用航空具有飞行高度低、飞机时间灵活、在飞行中往往要完成各种飞行作业任务的特点。这些特点往往会增加通用航空不安全事件发生几率。中国民航安全办公室不安全数据库中的数据统计表明:2006—2015 年 10 a 间中国境内共发生 30 起通用航空可控飞行撞地事故,其中,50% 的事故发生在巡航/作业阶段,共造成 19 人死亡和重伤。通用航空可控飞行撞地 (General Aviation controlled flight into terrain, GACFIT) 往往会造成机毁人亡的后果,严重威胁通航飞行安全。因此,研究其致因对于减少事故的发生具有重要的意义。

在航空业的历史上,CFIT 已成为引起航空重大伤亡事故的重要事件。1974 年,近地警告系统 (Ground Proximity Warning System, GPWS) 被强制要求安装在大型客机上,用来告知飞行员飞机是否已接近地面^[2]。自 1995 年以来,国际民航组织、各国际组织、航空制造厂商和飞行安全基金会利用各种机会来提高人们对 CFIT 问题的认识,提请注意能够改善飞机运行安全的措施。自 2001 年以来,国际民航组织在其附件空中航行服务程序中纳入了一些与预防可控飞行撞地相关的规定。在我国,对 CFIT 的理论研究和硬件应用相对较晚。2002 年 9 月,民航总局批准颁发了“地形提示和警告系统规定”。与此同时,国内外的很多学者都开展了对 CFIT 的研究。杜红兵等^[3]运用事故树分析了 CFIT 的主要原因,用贝里斯网络模型对失误进行分析并计算概率;张晓全等^[4]利用功能共振事故模型对 CFIT 事故进行分析,从系统功能性能波动的角度出发,识别了导致 CFIT 事故的功能共振和影响功能共振的因素;LOOMIS JP 和 PORTER RF^[5]检验了 GPWS 和最低安全高度警告系统 (Minimum Safe Altitude Warning, MSAW) 这 2 种告警系统对 CFIT 的预防和控制效果。Arthur III J J 等^[6]通过实验验证合成视像系统 (Synthetic Vision System, SVS) 可以提高飞行员发现和避免潜在的 CFIT 事件的能力。综合看来,国内外对于 CFIT 的研究大部分集中在公共航空运输领域,而对于通用航空 CFIT 的研究相对较少。对于 CFIT 事件的成因,大部分都是直接给出,并未说明依据且缺少层次性和条理性。

鉴于此,为了更深入地研究 GACFIT 的影响因素,

采用基元事件分析法对 2006—2015 年间在中国境内发生的 30 起通用航空可控飞行撞地事故事件进行分析,建立通用航空可控飞行撞地影响因素体系;在此基础上,运用解释结构模型对这些影响因素进行分析,建立层次性的通用航空可控飞行撞地影响因素模型,通过模型进而得出影响 GACFIT 的表层直接原因、中层间接原因和深层根本原因;运用 CRITIC (Criteria Importance Through Intercriteria Correlation) 法进行权重计算,得出影响 GACFIT 的主要因素,为下一步的预防提供借鉴。

1 基于基元事件分析法的 GACFIT 影响因素分析

基元事件分析法 (Element Event Analysis Method, EEAM)^[7]是中国民航大学安全科学研究所于 1996 年提出的,它是在事故链的基础上发展而形成的。由于航空事故的发生往往不是由单一原因造成的,基元事件分析法按照特定的“人、机、环境”的思想将不安全事件分解成最简单的“基元事件”,基元事件是构成事件链的基本环节,是 1 个导致事故的单因原因,阻断它就可以预防事故的发生。“人、机、环境”中“人”指执行飞行任务的人,即飞行机组;“机”指飞机和与飞机相关的机务维修等,其中包括飞机维护人员;“环境”指所有的飞行环境,包括自然环境以及飞行保障的硬环境和软环境。在特定的人、机、环系统中,将每起不安全事件按基元事件、责任者、问题、原因、整改措施进行逐级分类。基元事件分析法不仅能够分析航空事故发生的原因,还能指出预防事故的措施,有利于航空安全数据库的建设,其体系结构如图 1 所示。

本文采用基元事件分析法,分析了中国民航安全办公室不安全数据库中 2006—2015 年 10 a 间在中国境内共发生的 30 起通用航空可控飞行撞地事故,总结并提炼了影响 GACFIT 事故的 15 个影响因素。各因素见表 1。

2 GACFIT 的层次结构分析

解释结构模型 (Interpretation Structure Model, ISM)^[8-9]是现代系统工程中广泛应用的 1 种分析方法,它是将复杂的系统分解为若干子系统要素,利用人们的实践经验、知识和计算机的帮助,最终构成 1 个多级递阶的结构模型。ISM 的具体操作是用图形和矩阵来描述各种元素的已知关系,通过矩阵做进一步的迭算,并推导出结论来解释系统结构的关系。

2.1 确定各指标的相互关系,建立邻接矩阵

通过对国内 16 家通用航空公司共 32 名通航飞行员发放调查问卷 (其中回收问卷 32 份,有效问卷 29

份),对上述总结的GACFIT事故15个影响因素进行两两比较,确定其二元关系。若为主要关联关系用1表

示,反之,若不是主要关联关系用0表示。建立邻接矩阵A。

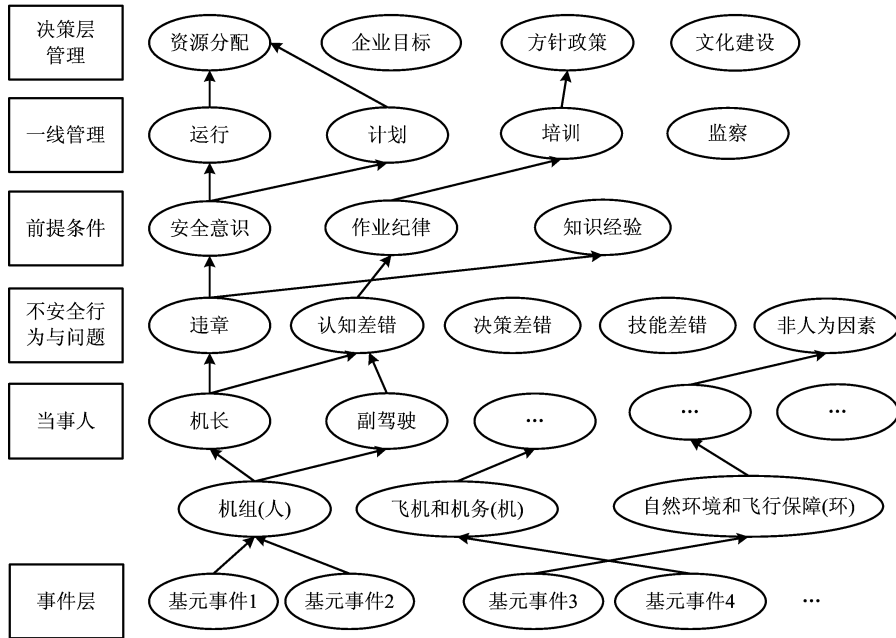


图1 基元事件分析体系结构

Fig. 1 Element event analys method architecture

表1 通用航空可控飞行撞地影响因素体系

Table 1 Influencing factors of controlled flight into terrain of general aviation

第一层事故影响因素	第二层事故影响因素	解释	
机组	驾驶技能不足 S_1	1. 对飞机性能不熟;2. 操作不熟练;3. 操作不及时;4. 操作失误;5. 操作动作不规范;6. 操作量不当	
	航前准备不足 S_2	1. 对航行情报了解不全面;2. 对气象信息了解不全面;3. 对地形勘察不全面	
	疲劳驾驶 S_3	1. 高强度、超负荷作业;2. 超出规定执勤时间作业	
	注意力分配不当 S_4	1. 没有注意;2. 注意点不对;3. 过度注意	
	违反标准运行程序 S_5	1. 违反公司程序;2. 违反操作规程;3. 违反高度规定	
	安全意识淡薄 S_6	1. 工作马虎;2. 急躁;3. 放手过量;4. 侥幸心理;5. 蛮干;6. 思想麻痹	
	应急能力弱 S_7	1. 反应迟钝;2. 应急预案不完善	
	机组资源管理欠缺 S_8	1. 沟通不畅;2. 分工不当;3. 交叉核实不足	
飞机	导航设备失效 S_9	1. GPS 失效;2. 其他辅助导航设备失效	
	发动机失效 S_{10}	1. 发动机异常;2. 发动机空中停车	
环境	地形复杂 S_{11}		
	自然环境	能见度、光线刺激 S_{12}	1. 能见度底;2. 光线刺眼、晃眼;3. 面向阳光飞行
		其他天气意外 S_{13}	1. 风;2. 雨;3. 黑夜;4. 雾等
飞行保障环境	公司违规和违法组织飞行 S_{14}	1. 外挂不满足适航要求的设备;2. 黑飞;3. 派用不符合通航运行规章的飞行员	
		飞行保障不利和组织混乱 S_{15}	1. 飞行计划不合理;2. 岗位职责不明确;3. 规章制度不健全;4. 无特情处置预案;5. 飞行保障不到位

A =	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	M =	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0		1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0		0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0		0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0		0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0		0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0		0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0		0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0		0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0		0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0		0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0		0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0		0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0		1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	

2.2 生成可达矩阵

可达矩阵是用矩阵形式来描述有向连接图各节点

之间经过一定长度的通路后可达到的程度。根据布尔矩阵运算规则求得可达矩阵,即由邻接矩阵 A 与单位矩阵 I 求和,并对 $(A+I)$ 进行幂运算,直至 $(A+I)^{k-1} \neq (A+I)^k = (A+I)^{k+1}$, 矩阵 $M = (A+I)^k$ 称为可达矩阵^[5]。得到的可达矩阵为 $M = (A+I)^4$ 。

2.3 分解可达矩阵,进行级位划分

从可达矩阵中找出可达集和前因集,可达集 $R(S_i)$ 表示要素 S_i 出发可到达的全部要素集合,前因集 $A(S_i)$ 表示可到达要素 S_i 的全部要素集合,可达集和前因集的交集记为: $C(S_i) = R(S_i) \cap A(S_i)$, 如表 2 所示。

级位划分即确定各要素所处的层次地位。为此,令 $L_0 = \varphi$ (最高级要素集合为 L_1 , 设零级 L_0 为空集), 则有

$$L_1 = \{S_i \mid S_i \in P - L_0, C_0(S_i) = R_0(S_i), i = 1, 2, \dots, n\}$$

$$L_2 = \{S_i \mid S_i \in P - L_0 - L_1, C_1(S_i) = R_1(S_i), i < n\}$$

...

$$L_k = \{S_i \mid S_i \in P - L_0 - L_1 \dots L_{k-1}, C_{k-1}(S_i) = R_{k-1}(S_i), i < n\}$$

式中: P 表示所有因素的集合, L_1, L_2, \dots, L_n 表示从高到低的各级要素集合。

按照上述规则,分解可达矩阵 M 得到第一级因素 $L_1 = \{4, 5, 6, 7, 9, 10, 13, 15\}$, 划去 M 中第一级因素对应的行和列后,重复上述的运算,得到第二级因素 $L_2 = \{1, 2, 8, 11, 12\}$, 依次类推,得到 $L_3 = \{3, 14\}$ 。

2.4 生成解释构模型

用上述方法进行分析 and 整理,得出 GACFIT 影响因素的 ISM 图,如图 2 所示。

3 确定 GACFIT 影响因素权重

常见的客观赋权法主要有 3 种:熵权法、标准离差法和 CRITIC 法。熵权法^[10]首先计算指标的信息熵,如

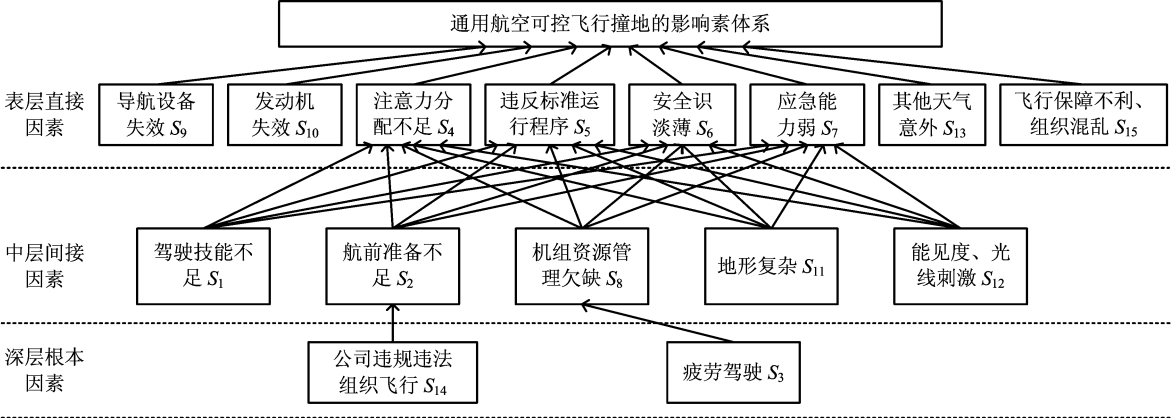


图 2 GACFIT 影响因素的解释结构模型

Fig. 2 ISM diagrams of GACFIT influencing factors

表2 可达集和前因集

Table 2 Accessible sets and antecedents

S_i	$R(S_i)$	$A(S_i)$	$C(S_i)$
1	1,4,5,6,7	1	1
2	2,4,5,6,7,15	2, 14	2
3	3,4,5,6,7,8	3	3
4	4,5,6,7	1,2,3,4,5,6,7,8,11,12,14	4,5,6,7
5	4,5,6,7,	1,2,3,4,5,6,7,8,11,12,14	4,5,6,7
6	4,5,6,7	1,2,3,4,5,6,7,8,11,12,14	4,5,6,7
7	4,5,6,7	1,2,3,4,5,6,7,8,11,12,14	4,5,6,7
8	4,5,6,7,8,	3,8	8
9	9	9	9
10	10	10	10
11	4,5,6,7,11	11	11
12	4,5,6,7,12	12	12
13	13	13	13
14	2,4,5,6,7,14	14	14
15	15	15	15

果某个指标的信息熵越小,表示该指标取值差距越大,包含信息量越多,其权重也就越大,反之信息熵越小,表

示该指标对结果的影响程度越小。标准离差法^[11]通过衡量指标的变异程度,计算指标各数据离平均数的距离,来表示数据的离散程度。CRITIC法^[12-13]通过评价指标的变异大小和指标间的冲突性,来综合衡量指标的客观权重。变异大小表示同一指标取值差距的大小,用标准差来表现,标准差越大说明反映的信息量越大,权重越大;指标之间的冲突性,以其相关性为基础。若2个评价指标之间具有较强的正相关性,则这2个指标的冲突性较低。由于熵权法和标准离差法只考虑了指标值的变异程度,而GACFIT影响因素间具有一定的相关性,因此,CRITIC法得到的结果比其他2种客观赋权法更客观。

根据表3的统计数据,采用CRITIC法对GACFIT影响因素进行权重计算,最后得出GACFIT影响因素的权重排序。其计算步骤如下。

3.1 对数据无纲化处理

若对某事件,第j个影响因素数量越低越好,则采用公式:

$$standad_result_{ij} = \frac{\max_i f_{ij} - f_{ij}}{\max_i f_{ij} - \min_i f_{ij}} \quad (1)$$

进行无纲化处理。式中: $standad_result_{ij}$ 表示无纲化后的数据, f_{ij} 表示第i个5a内第j个因素发生的次数, $i = 1, 2; j = 1, 2, \dots, 15$ 。无纲化处理的数据如表4所示。

表3 2006—2015年GACFIT事件各影响因素统计表

Table 3 Statistics on the Influencing Factors of GACFIT Event in 2006—2015

影响因素	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}	S_{11}	S_{12}	S_{13}	S_{14}	S_{15}
2006—2010年/(次·(5a) ⁻¹)	2	6	2	5	2	3	1	3	0	1	4	1	1	2	1
2011—2015年/(次·(5a) ⁻¹)	4	4	1	4	4	1	2	2	1	0	3	3	2	3	4

表4 数据的无纲化

Table 4 Nondimensionalize of data

影响因素	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}	S_{11}	S_{12}	S_{13}	S_{14}	S_{15}
2006—2010年/(次·(5a) ⁻¹)	0.67	0.00	0.67	0.17	0.67	0.50	0.83	0.50	1.00	0.83	0.33	0.83	0.83	0.67	0.83
2011—2015年/(次·(5a) ⁻¹)	0.33	0.33	0.83	0.33	0.33	0.83	0.67	0.67	0.83	1.00	0.50	0.50	0.67	0.50	0.33

3.2 求相关系数,建立相关系数矩阵

相关系数是用来反应变量之间关系密切程度的统计指标,其计算公式为:

$$r_{ij} = \frac{\sum (i - \bar{i})(j - \bar{j})}{\sqrt{\sum (i - \bar{i})^2 \sum (j - \bar{j})^2}} \quad (2)$$

式中： r_{ij} 表示影响因素 i 和 j 之间的相关系数。

$$R = \begin{pmatrix} 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

将数据带入公式(2)中得相关系数矩阵 R 。

3.3 求影响因素包含的信息量 C_j

C_j 表示第 j 个影响因素所包含的信息量,其计算公式为:

$$C_j = \delta_j \sum_{i=1}^n (1 - r_{ij}) \quad (3)$$

式中： δ_j 表示第 j 个指标影响因素的标准差。

通过 SPSS 软件求得： $\delta_j = [1.41, 1.41, 0.71, 0.71, 1.41, 1.41, 0.71, 0.71, 0.71, 0.71, 0.71, 0.71, 1.41, 0.71, 0.71, 2.12]$, 进而求得 $C_j = [19.80, 22.63, 11.31, 11.31, 19.80, 22.63, 9.90, 11.31, 9.90, 11.31, 11.31, 19.80, 9.90, 9.90, 29.70]$

3.4 根据 C_j 求影响因素权重

一般 C_j 越大,第 j 个影响因素所包含的信息就越大,则其相对的重要性就越大,权重计算公式为

$$w_j = \frac{C_j}{\sum_{j=1}^m C_j} \quad (4)$$

式中： w_j 表示第 j 个影响因素的权重。

通过计算得权重集为： $W = [0.09, 0.10, 0.05, 0.05, 0.09, 0.10, 0.04, 0.05, 0.04, 0.05, 0.05, 0.09, 0.04, 0.04, 0.13]$, 进而可得:

$$w_{15} > w_2 = w_6 > w_1 = w_5 = w_{12} > w_3 = w_4 = w_8 = w_{10} > w_{11} > w_7 = w_9 = w_{13} = w_{14}。$$

4 GACFIT 事件的预防

通过 ISM 分析可得,影响 GACFIT 事件的深层根本原因是疲劳驾驶、公司违规违法组织飞行。通过 CRIT-IC 法分析可得:公司飞行保障不利和组织混乱、机组航前准备不足、机组安全意识淡薄、机组驾驶技能不足、机组违反标准运行程序是影响通用航空可控飞行撞地的主要因素。针对这 7 个影响因素,提出如下预防措施:

1) 良好的身心状态,科学合理的排班是预防驾驶疲劳的重要措施。疲劳驾驶主要受飞行环境、作业任务、飞行员的身心状态等因素的影响。良好的身心状态可以提高飞行员在飞行过程中的警觉性和反应能力。科学合理的排班制度,可以保证飞行员充足的睡眠和保持充沛体力和精力。

2) 合理合法的组织飞行是安全飞行的底线。航管部门应健全通用航空违规违法飞行排查机制,加强对通航各类违法违规飞行行为的排查和处罚力度。鼓励单位和个人对违法违规飞行行为的举报。

3) 做好飞行计划,加强组织建设。通用航空公司工作流程是:通航公司向航务管理部门申报飞行计划,获批后在飞行前 1 日将飞行计划申报给民航地区管理局和相应的机场。空管部门将飞机计划报给军航管制单位,并将申报结果告知通航公司。相关机场负责飞机的场地保障、航务保障和燃油供应。做好飞行计划有利于通航公司有条不紊地开展作业任务,为公司的安全飞行提供很好的保障基础。同时还要加强通航公司的组织建设,做到各部门职责明晰,分工明确,加强公司的制度建设,完善、健全公司制度。

4) 做好航前准备,做到心中有数。机组在飞行前要做好相应的准备工作,检查和确认飞机的适航性,要及时准确完整的获取航行情报服务和天气气象预报。在复杂地形和低空飞行的作业环境中要提前了解地形环境,做好标记和记录,在整个飞行阶段中,机组始终要做到心中有数。努力落实好“预先准备、直接准备、飞行实施和飞行后讲评”飞行 4 个阶段的工作。

5) 学习和遵守各项安全法规是保障飞行安全的基础。通航公司要加强对机组的安全教育,做好公司安全文化的建设。机组人员要养成严谨、有序的工作作风,定期学习通航安全法规。

6) 精湛的飞行技术是保障飞行安全的必要条件。通用航空飞行是 1 项技术性很强的工作,飞行员在空中既要兼顾飞机飞行,同时还有完成各项飞行作业任务,对飞行员的飞行技术提出了很高的要求。因此,要有针对性的加强对飞行员的飞行训练。

7) 标准运行程序是飞行安全的重要保障。飞行员在飞行过程中要严格遵守标准运行程序,包括公司和行业运行标准。由于通航飞行具有速度小、高度底的特点,大多数通航事故都是由于飞行员违反飞行高度而引起的,所以在飞行过程中切记不要违反高度标准。通航公司要做好机组安全飞行档案记录,将标准运行程序的执行情况纳入到机组的安全绩效考核当中。

5 结论

1) 从机组、飞机、自然环境、飞行保障环境等 4 个方

面构建了通用航空可控飞行撞地影响因素体系。

2)通用航空可控飞行撞地ISM模型阐释了各影响因素间的层次关系。影响GACFIC事件的表层直接原因分别是注意力分配不当、违反标准运行程序、安全意识淡薄、应急能力弱、导航设备失效、发动机失效、其他天气意外、飞行保障不利和组织混乱;中层间接原因分别是驾驶技能不足、航前准备不足、机组资源管理欠缺、地形复杂、能见度和光线刺激;深层根本原因分别是疲劳驾驶、公司违规和违法组织飞行。

3)影响通用航空可控飞行撞地事件发生的主要因素分别是飞行保障不利和组织混乱、航前准备不足、安全意识淡薄、驾驶技能不足和违反标准运行程序。

参考文献

- [1] Controlled Flight Into Terrain Accident Analysis Report[R]. International Air Transport Association, 2014.
- [2] A Study of Terrain Awareness Warning System Capability and Human Factors in CFIT Accidents 2005-2014[R]. International Air Transport Association, 2015.
- [3] 杜红兵,王雪莉. 基于贝叶斯网络的可控飞行撞地事故原因分析方法[J]. 安全与环境学报, 2009, 9(5): 136-139.
DU Hongbing, WANG Xueli. Cause analysis of the controlled flight into terrain based on the Bayesian network[J]. Journal Safety and Environment, 2009, 9(5): 136-139.
- [4] 张晓全,吴贵锋. 功能共振事故模型在可控飞行撞地事故分析中的应用[J]. 中国安全生产科学技术, 2011, 7(4): 65-70.
ZHANG Xiaoquan, WU Guifeng. Application of FRAM model in CFIT accident analysis[J]. China Safety Science Journal, 2011, 7(4): 65-70.
- [5] LOOMIS J P, PORTER R F. The performance of warning systems in avoiding controlled-flight-into-terrain accidents[J]. Aviation Space & Environmental Medicine, 1982, 53(11): 1085.
- [6] ARTHUR III J J, PRINZEL III L J, KRAMER L J, et al. CFIT prevention using synthetic vision[C]// SPIE. Enhanced and Synthetic Vision 2003. Bellingham: SPIE, 2003: 146-157.
- [7] 刘汉辉,孙瑞山,张秀山. 基元事件分析法[J]. 中国民航大学

学报, 1997(3): 1-9.

LIU Hanhui, SUN Ruishan, ZHANG Xiushan. A method of basic element analysis of aviation accidents[J]. Journal of Civil Aviation University of China, 1997(3): 1-9.

- [8] 田水承,梁清,马文赛,等. 煤矿瓦斯爆炸险兆事件致因模型构建[J]. 煤矿安全, 2017, 48(4): 226-229, 233.
TIAN Shuicheng, LIANG Qing, MA Wensai, et al. Causal model construction of coal mine gas explosion near-miss accidents[J]. Safety in Coal Mines, 2017, 48(4): 226-229, 233.
- [9] BEIKKHAKHIAN Y, JAVANMARDI M, KARBASIAN M, et al. The application of ISM model in evaluating agile suppliers selection criteria and ranking suppliers using fuzzy TOPSIS-AHP methods[J]. Expert Systems with Applications, 2015, 42(15): 6224-6236.
- [10] 赵志峰,文虎,樊恒,等. 粗糙集和熵权算法在多因素指标评价中的应用[J]. 中国安全生产科学技术, 2017, 13(9): 180-184.
ZHAO Zhifeng, WEN Hu, FAN Heng, et al. Application of rough set and entropy weight calculation method in the multi-factor index evaluation[J]. Journal of Safety Science and Technology, 2017, 13(9): 180-184.
- [11] 孙捷. 组合赋权法在线性工程线路方案环境比选中的应用[J]. 环境科学与技术, 2012, 35(7): 202-205.
SUN Jie. Application of combination weighting method for environmental comparison and selection of Line schemes in linear engineering[J]. Environmental Science & Technology, 2012, 35(7): 202-205.
- [12] DIAKOULAKI D, MAVROATAS G, PAPAYANNAKIS L. Determining objective weights in multiple criteria problems: The critic method[J]. Computers & Operations Research, 1995, 22(7): 763-770.
- [13] 王昆,宋海洲. 三种客观权重赋权法的比较分析[J]. 技术经济与管理研究, 2003(6): 48-49.
WANG Kun, SONG Haizhou. A comparative analysis of three kinds of objective weighting method[J]. Technoeconomics & Management Research, 2003(6): 48-49.

(责任编辑:王建光)