

DOI:10.16289/j.cnki.1002-0837.2020.01.003

## 基于 DEMATEL-ISM 的飞行学员训练应激结构模型研究

江芙蓉, 李翔

(中国民航大学飞行技术学院, 天津 300300)

**摘要:**目的 为研究飞行学员飞行训练应激源指标间的关系, 建立飞行学员飞行训练应激结构模型。方法 采用访谈和文献分析法初筛飞行学员飞行训练应激源指标, 应用 SHEL 模型进行维度分析, 建立 5 个维度共 18 项应激源指标体系。采用专家评分法评价飞行学员飞行训练应激源, 用决策试验和评价实验室 (DEMATEL) 和解释结构模型 (ISM) 法对应激结构建模。结果 计算得到各应激源指标的影响度、被影响度、中心度和原因度, 建立递阶层次解释结构模型。天气情况、已发生的不安全事件等是飞行学员应激的深层次原因; 心理压力状态、飞行训练难度和进度等因素受其他应激源影响大; 其中心理压力、飞行训练难度和进度, 以及与教员的关系对飞行学员应激的影响最为关键。结论 应用 DEMATEL-ISM 法成功建立飞行学员飞行训练应激源多级递阶结构模型, 模型分析表明航校应加强安全管控, 教员应对学员适时施加积极影响。

**关键词:** 飞行学员; 飞行训练; 应激; 决策试验与评价实验室法; 解释结构模型

中图分类号: R853 文献标识码: A 文章编号: 1002-0837(2020)01-0015-07

*Study on Structural Modeling of Stressors for Student Pilot in Flight Training Based on DEMATEL-ISM.* Jiang Furong, Li Xiang. Space Medicine & Medical Engineering, 2020, 33(1):15-21

**Abstract: Objective** To establish a structural modeling of stressors for student pilot in flight training. **Methods** The scale was developed based on interviews and literature research, and SHEL model was applied for dimensional analysis to establish a total of 18 stressors system in 5 dimensions. The stressors of student pilot flight training were evaluated by dimensional analysis and expert scoring method, and the stress structure of student pilot flight training was modeled by DEMATEL and ISM. **Results** The influence degree, influenced degree, center degree and cause degree of each stressor were calculated, the hierarchical interpretation structure model was established. Weather conditions, unsafe events that has occurred, etc. were the underlying causes of student pilots' stress. Psychological pressure, difficulty and progress of flight training, etc. were greatly affected by other stressors. Among them, psychological pressure, difficulty and progress of flight training and relationship with instructor had the most critical impact on student pilots' stress. **Conclusion** DEMATEL-ISM method is used to successfully establish a hierarchical structural model of stressors for student pilot in flight training. The model analysis shows that flight training schools should strengthen safety management and instructors should exert positive influence on student pilots.

**Key words:** student pilot; flight training; stress; decision-making experiment and evaluation laboratory (DEMATEL); interpretative structural modeling (ISM)

**Address correspondence and reprint requests to:** Jiang Furong, College of Flying Technology, Civil Aviation University of China, Tianjin 300300, China

飞行员的人为操作失误, 一直以来是导致飞行事故的主要因素<sup>[1-3]</sup>。民航局统计飞行事故中 70% 以上是由于飞行员的原因, 据美国 NTSB 统计由飞行员人为失误导致的飞行事故占 121 部航

空公司事故总数的 27%, 占 135 部航空公司事故总数的 70%<sup>[4-5]</sup>。在多起事故调查报告中证实, 飞行员飞行训练的表现与实际飞行状态相关, 事故飞行员的一些违规操作习惯和异常心理状态在

收稿日期: 2019-06-06 修回日期: 2019-11-14

基金项目: 中央高校基本科研业务费中国民航大学专项 (3122018F005)

第一作者: 江芙蓉, 女, 硕士, 研究方向为航空安全、人为因素。E-mail: furong.jiang@outlook.com

训练阶段就有相应的征兆<sup>[6-8]</sup>。

已有诸多学者对飞行训练阶段飞行员的应激反应影响因素进行了研究, Krahenbuhl<sup>[9]</sup>的研究表明飞行教员对飞行员在模拟机中出现紧张情绪有影响,且态度消极的教员会使飞行员紧张情绪加重;史晓静<sup>[10]</sup>以问卷形式对民航飞行员飞行训练阶段应激源进行了研究,并分航校对调查结果进行讨论。

由于飞行训练阶段飞行学员面临的应激源较复杂,既包含客观因素也存在人为因素,共同作用会导致飞行学员处在较强的应激水平下,对飞行训练效果甚至飞行安全造成影响<sup>[11]</sup>。

目前还未见有研究对飞行学员飞行训练的应激源进行系统整体的分析。多因素分析的方法包含层次分析法(analytic hierarchy process, AHP法)、主成分分析法、决策试验与评价实验室法与解释结构模型(decision making trial and evaluation laboratory-interpretative structural modeling, DEMATEL-ISM法)等。与其他方法相比, DEMATEL-ISM法可将各因素间相互关系以及因素在整个体系中的层次和作用描述清楚,把复杂的因素结构化系统化,可以满足对飞行学员飞行训练应激结构模型的分析<sup>[12-15]</sup>。

因此,本研究选用 DEMATEL-ISM 分析法,对飞行学员训练阶段的应激情况建立模型,并分析各指标间的关系,旨在为学员飞行训练管控提供科学依据。

## 1 构建应激源指标体系

### 1.1 应激反应分析

飞行学员在飞行训练中的应激反应主要有生理、心理和行为 3 方面的表现:生理上表现为产生晕吐、失眠等症状,身体健康状况下降;心理上表现为产生紧张、焦虑等消极情绪,心理健康状况下降;行为上表现为动作粗猛、训练操作易出错、有厌飞表现等<sup>[16]</sup>。

### 1.2 建立应激源指标体系

依据安全领域经典模型 SHELL 模型,将飞行学员飞行训练应激源分为 5 大类,分别为飞行训练负荷(硬件对个人)、飞行安全状态(软件对个人)、训练环境(环境对个人)、人际影响(他人对个人)和个人状态(个人对个人)。通过访谈和文献

分析来确立飞行学员飞行训练应激源指标。访谈对象包括正在航校训练、已完成训练的学员和部分停飞学员共计 28 名,访谈问题包括“描述飞行训练过程中压力较大的阶段”、“有哪些因素会影响你的训练表现”、“你最担心训练阶段出现什么事件”等开放性问题,将访谈中学员提及较多的影响飞行训练的应激源提取整理。并对应激源指标描述及含义进行评估,剔除表达有歧义、有包含关系的指标,结合已有研究结果<sup>[17-19]</sup>,形成初测应激源指标共 20 项。参考飞行教员和参训飞行员的意见,将指标名称及含义修订为专业表达,合并近似项,形成正式应激源指标共 18 项,见表 1。

## 2 DEMATEL-ISM 方法建模

针对飞行学员飞行训练的应激反应分析,以及前文分析的 5 大类 18 个应激源指标,提出采用 DEMATEL-ISM 法建立飞行学员飞行训练应激结构模型,将体系中各个应激源指标的层次结构划分清晰。

### 2.1 建立直接影响矩阵

假设  $K$  是咨询专家的数量,  $n$  是飞行学员飞行训练应激源指标体系中应激源指标的个数,请每位专家针对指标  $a_i$  对指标  $a_j$  的影响程度打分,无影响为 0,弱影响为 1,中度影响为 2,强影响为 3,极强影响为 4。第  $k$  位专家评价指标  $a_i$  对  $a_j$  的影响程度的分数记为  $x_{ij}^k$ ,所有专家打分结果取平均,得到  $n \times n$  的初始直接影响矩阵  $A_0$ :

$$\beta_{ij}^k = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K x_{ij}^k \quad (1)$$

专家选择上为避免观察者偏差,请某民航院校具有 5 年以上工作经验的飞行理论教师、心理学教师、飞行教员以及航空公司机长各 4 人共 16 人参加评分。将专家评分结果整理各项取平均后,应用德尔菲法将结果反馈给专家并收集意见,调整分歧项评分,经两次迭代统一专家意见。得到直接影响矩阵  $A = [\beta_{ij}]_{18 \times 18}$ ,见表 2。

### 2.2 计算规范化的直接影响矩阵

规范化的直接影响矩阵  $D$  可由矩阵  $A$  计算得到,令:

$$s = \max_{1 \leq i \leq 18} \sum_{j=1}^{18} \beta_{ij} \quad (2)$$

$$D = [d_{ij}]_{18 \times 18} = \frac{A}{s} \quad (3)$$

表 1 飞行学员飞行训练应激源指标体系  
Table 1 Stressor system for student pilot in flight training

1 <sup>st</sup> level index	2 <sup>nd</sup> level index	No.	Meaning
Training	Pre-flight preparation	$a_1$	Lack of information, inadequate preparation, etc.
	Airworthiness of the aircraft	$a_2$	Inoperative external or internal system of the aircraft
	Progress of flight training	$a_3$	Slowed or stalled flight training
	Difficulty of flight training	$a_4$	Too difficult flight training
	Emergency situation	$a_5$	Instrument failure, bird strike, etc.
Safety	Occurred unsafe incidents	$a_6$	Recent occurrence of a flight accident or incident, such as air crash, etc.
	Safety regulations of flight training school	$a_7$	Safety management system (SMS) including SOPs, procedures, standards, etc.
Environment	Weather condition	$a_8$	Bad weather conditions at airports and air routes
	Cockpit environment	$a_9$	Cockpit noise, air pressure, etc.
	Complexity of instrument and control system	$a_{10}$	Different instrument and control system complexity
	Communication with ATC	$a_{11}$	Poor communication with ATC
	Living conditions in flight training school	$a_{12}$	Poor living conditions in flight training school
Relationship	Relationship with instructor	$a_{13}$	Interpersonal relationship with instructor
	Relationship with classmates and friends	$a_{14}$	Interpersonal relationship with classmates and friends
	Relationship with family	$a_{15}$	Close relationship with family member
Status	Physical condition	$a_{16}$	Poor physical condition
	Psychological pressure	$a_{17}$	Psychological bear of training and life pressure
	Personal finance	$a_{18}$	Poor personal financial status

表 2 直接影响矩阵 A  
Table 2 The direct-relation matrix A

$\beta_{ij}$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$a_6$	$a_7$	$a_8$	$a_9$	$a_{10}$	$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{13}$	$a_{14}$	$a_{15}$	$a_{16}$	$a_{17}$	$a_{18}$
$a_1$	0	0.5	3.0	2.4	1.2	0	1.6	0	0.7	2.0	3.0	0	2.5	1.0	0.5	1.0	3.2	0
$a_2$	1.4	0	3.5	3.1	2.2	0.8	1.6	0	2.0	2.5	2.0	0	1.5	0.5	0.5	1.0	3.0	0
$a_3$	1.5	1.0	0	2.5	0.5	0	2.0	0	0.5	0.5	0.5	0	3.5	2.5	2.0	1.5	3.5	1.2
$a_4$	2.0	1.0	3.0	0	1.0	0	2.5	0	2.0	2.0	2.0	0	2.5	1.5	1.5	2.0	4.0	0.6
$a_5$	3.0	2.5	3.5	3.5	0	1.0	3.0	0.5	2.0	2.0	3.0	0.5	3.0	1.0	2.0	2.5	4.0	0.5
$a_6$	3.0	3.0	3.0	2.5	2.0	0	4.0	0.5	1.0	1.0	2.0	1.0	2.0	1.5	2.0	1.5	3.0	0.5
$a_7$	3.6	3.0	3.5	3.0	3.0	1.0	0	0	1.0	1.0	2.0	2.0	2.5	2.0	1.0	1.5	3.0	0
$a_8$	3.5	3.0	4.0	4.0	3.6	1.5	2.0	0	2.5	1.0	2.5	2.5	1.5	1.0	0.5	2.5	3.5	0
$a_9$	1.0	0.5	1.5	2.0	1.5	0	1.2	0	0	1.5	2.0	0	2.0	0.5	0	2.0	3.0	0
$a_{10}$	1.0	0.5	2.5	3.5	1.0	0.5	1.0	0	1.0	0.0	2.5	0	2.0	1.5	0	1.0	3.5	0
$a_{11}$	0.5	0.5	2.0	2.5	0.5	0.5	0.8	0	1.5	1.0	0	0	1.5	1.0	0	1.0	3.0	0
$a_{12}$	1.0	0	1.5	1.0	0.5	0	1.6	0	0.5	0.5	0.5	0	3.3	2.5	1.0	3.0	2.5	0.5
$a_{13}$	2.0	0.5	3.5	3.0	0.5	0.5	1.5	0	1.5	2.5	1.5	2.0	0	2.5	1.0	1.5	3.0	1.0
$a_{14}$	1.0	0	1.5	1.0	0	0	0.5	0	0.5	1.0	1.0	2.0	2.0	0	1.0	1.0	2.5	1.0
$a_{15}$	0.5	0	1.0	0.5	0	0	0.5	0	0	0	0.5	1.0	1.5	1.5	0	1.0	2.0	3.0
$a_{16}$	2.5	0	3.0	2.5	2.0	0	0.5	0	2.0	1.5	1.5	0.5	2.0	1.5	2.0	0	3.0	1.0
$a_{17}$	3.5	0.5	3.0	2.5	1.0	0.5	1.0	0	2.0	2.0	2.5	0.5	3.0	2.0	2.5	2.5	0	1.0
$a_{18}$	0.5	0	1.0	0	0	0	0	0	0	0.5	0.5	1.5	1.0	1.5	1.5	1.5	2.2	0

使  $d_{ij}$  在  $[0, 1]$  区间内, 由此可以得到规范化的直接影响矩阵  $D$ 。

2.3 建立综合影响矩阵  $T$

综合影响矩阵  $T$  表示飞行学员飞行训练应激

体系中各个指标的直接和间接影响的累计效果, 计算公式为:

$$T = [t_{ij}]_{18 \times 18} = D(I - D)^{-1} \quad (4)$$

其中  $I$  是单位矩阵。

表 3 各应激源指标的影响度、被影响度、原因度和结果度  
Table 3 Influence degree, influenced degree, center degree and cause degree of stressors

Index No.	Influence degree ( $r_i$ )	Influenced degree ( $c_i$ )	Center degree ( $M_i$ )	$M_i$ Order	Cause degree ( $N_i$ )	$N_i$ Order
$a_1$	1.54	2.13	3.67	7	-0.59	12
$a_2$	1.78	0.97	2.75	13	0.81	4
$a_3$	1.54	2.93	4.47	3	-1.39	17
$a_4$	1.84	2.64	4.48	2	-0.80	15
$a_5$	2.53	1.25	3.77	6	1.28	3
$a_6$	2.30	0.38	2.68	15	1.92	2
$a_7$	2.25	1.64	3.90	5	0.61	5
$a_8$	2.72	0.05	2.77	12	2.67	1
$a_9$	1.31	1.43	2.74	14	-0.12	8
$a_{10}$	1.48	1.62	3.10	10	-0.14	9
$a_{11}$	1.14	1.99	3.13	9	-0.86	16
$a_{12}$	1.33	0.82	2.15	17	0.51	6
$a_{13}$	1.82	2.61	4.42	4	-0.79	13
$a_{14}$	1.03	1.82	2.85	11	-0.79	13
$a_{15}$	0.80	1.38	2.18	16	-0.58	11
$a_{16}$	1.67	1.86	3.53	8	-0.19	10
$a_{17}$	1.92	3.43	5.35	1	-1.51	18
$a_{18}$	0.73	0.78	1.51	18	-0.05	7

2.4 计算关系矩阵

定义向量  $r$  和  $c$  分别为综合影响矩阵  $T$  各行和各列的和, 见式(5)、(6):

$$r = [r_i]_{18 \times 1} = (\sum_{j=1}^{18} t_{ij})_{18 \times 1} \quad (5)$$

$$c = [c_j]_{18 \times 1} = (\sum_{i=1}^{18} t_{ij})_{18 \times 1} \quad (6)$$

$r_i$  是综合影响矩阵  $T$  第  $i$  行的元素之和, 表示指标  $a_i$  对其他指标的影响之和, 即影响度。 $c_j$  是综合影响矩阵  $T$  第  $j$  列的元素之和, 表示指标  $a_j$  受到的其他指标的影响之和, 即被影响度。因此, 当  $i=j$  时,  $(r_i + c_j)$  表示指标  $a_i$  在系统中施加的影响和受到的影响之和, 即中心度  $M_i$ ;  $(r_i - c_j)$  表示指标  $a_i$  在系统中的净影响, 即原因度  $N_i$ 。

计算各个指标的影响度  $r_i$ , 被影响度  $c_i$ , 中心度  $M_i$  及排序, 原因度  $N_i$  及排序 ( $i=1, 2, \dots, 18$ ), 如表 3 所示。

2.5 绘制原因结果图

根据表 3 绘制原因结果图, 如图 1 所示。其中原因度  $N_i$  大于 0 的为原因应激源指标, 表示该指标对其他指标的影响程度较大; 原因度  $N_i$  小于 0 的为结果应激源指标, 表示该指标对其他指标的影响程度较小。图中各点圆形的大小与指标原因度与中心度乘积的绝对值成正比。

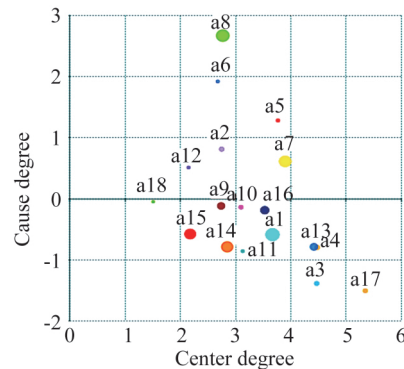


图 1 各应激源指标原因结果分布

Fig. 1 Reason and result distribution of stressors

2.6 计算可达矩阵

定义整体影响矩阵  $H$ :

$$H = [h_{ij}]_{18 \times 18} = I + T \quad (7)$$

其中  $I$  是单位矩阵。

选择适当的阈值  $\lambda$ , 计算可达矩阵  $K, K = [k_{ij}]_{18 \times 18}$ 。其中:

$$k_{ij} = \begin{cases} 1, h_{ij} \geq \lambda (i, j = 1, 2, \dots, 18) \\ 2, h_{ij} < \lambda (i, j = 1, 2, \dots, 18) \end{cases} \quad (8)$$

设置  $\lambda$  的目的是筛去影响程度弱的指标之间的影响关系,  $\lambda$  值的大小会影响系统的复杂程度。 $\lambda$  值越大, 系统层次越简单, 但各应激源间的相互影响关系难以描述清楚;  $\lambda$  值越小, 系统层次

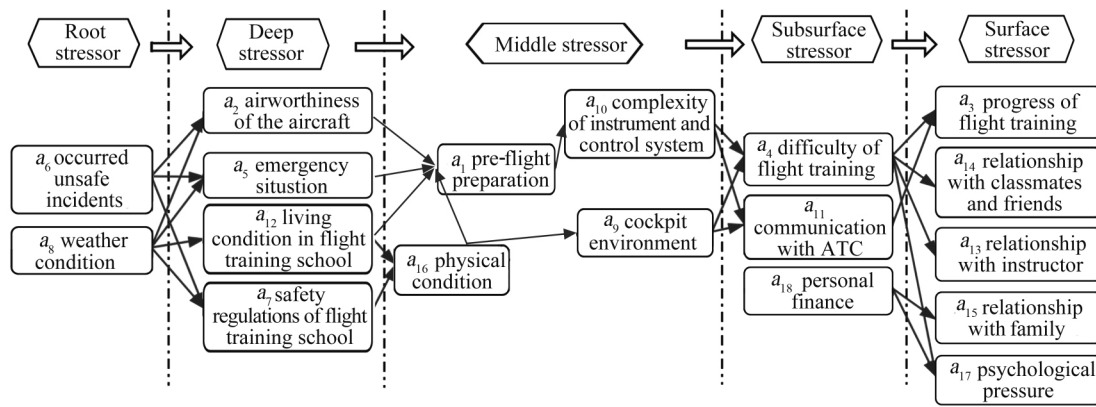


图 2 飞行学员飞行训练应激源指标的多级递阶结构模型  
 Fig. 2 Multi-level structural model of stressors for student pilots in flight training

越复杂,但又缺乏整体性。所以在阈值  $\lambda$  分别取 0.08、0.09、0.1、0.11、0.12 情况下推导结构模型层次,经反复斟酌验证,选择分成 7 个层次建立应激结构模型,即  $\lambda$  取值 0.1。

### 2.7 建立递阶层次结构模型

根据可达矩阵  $K$ ,可按照以下方法得到应激系统的可达集合  $R_i$  以及前项集合  $S_i$  :

$$R_i = \{a_j \mid a_j \in A, k_{ij} \neq 0\} (j = 1, 2, \dots, 18) \tag{9}$$

$$S_i = \{a_i \mid a_i \in A, k_{ij} \neq 0\} (i = 1, 2, \dots, 18) \tag{10}$$

若满足  $R_i = R_i \cap S_i (i = 1, 2, \dots, 18)$ ,则对应的指标  $a_i$  是位于系统中的高层级。将  $a_i$  提取后,在矩阵  $K$  中删去第  $i$  行和第  $i$  列。重复该方法,直至将所有指标提取出,得到飞行学员飞行训练应激递阶层次结构模型,如图 2 所示。

## 3 应激结构模型分析

### 3.1 原因度分析

飞行学员飞行训练应激系统中有 6 个指标的原因度大于 0,属于原因应激源指标,排序从前至后分别是  $a_8$ 、 $a_6$ 、 $a_5$ 、 $a_2$ 、 $a_{12}$ 、 $a_7$ 。其中  $a_8$ 、 $a_6$  位于递阶层次结构模型第一层,属于根源应激源。当前引起飞行学员应激的一个根源因素是已发生的不安全事件情况,一旦有重大飞行安全事件发生,会对飞行学员带来直接的刺激,并且还会影响航校的安全管理,从而对飞行学员的训练环境施加间接的刺激,是飞行学员产生应激的一个根本诱因。因此,保障民航行业安全生产运行环境尤其

重要,具体到飞行训练航校应该严格按照民航局的规章要求加强管理,避免事故征候等不安全事件发生。天气条件也是一个根源因素,遭遇恶劣天气是难以避免的应激源。 $a_5$ 、 $a_2$ 、 $a_{12}$ 、 $a_7$  位于递阶层次结构模型的第 2 层,属于深层应激源。其中飞机的适航情况是由前期的飞行任务、机务维修情况决定的,突发异常情况例如鸟击等也是无法预料的。飞行学员飞行经验不足,在执行特殊天气、飞机故障等异常情况下的飞行任务时,会面临诸多困难,导致训练难度增加,心理压力增大,应激增强。因此,重视地面理论学习,认真做好飞行前准备是确保飞行安全、减轻学员应激的有效手段,更是飞行训练的重要内容。此外,航校安全管理不严也会导致飞行运行过程中发生由于人为因素导致的差错,使学员出现心理应激。因此,可以通过加强航校安全管理工作,将飞机及地面设备的维护等工作落实到位,减小发生异常情况的概率,从而减轻学员心理应激。

### 3.2 结果度分析

结果应激源按绝对值从大到小依次为  $a_{17}$ 、 $a_3$ 、 $a_{11}$ 、 $a_{14}$ 、 $a_4$ 、 $a_{13}$ 、 $a_{15}$ 、 $a_1$ 、 $a_{16}$ 、 $a_{11}$ 、 $a_{10}$ 、 $a_{18}$ 。其中  $a_{17}$ 、 $a_3$ 、 $a_{13}$ 、 $a_{14}$ 、 $a_{15}$  位于递阶层次结构模型末层,属于表层应激源,是导致飞行学员应激的直接原因。飞行学员身边的人际关系影响是其中最直接的应激源,与教员、同学、家人的关系处理不当会直接导致飞行员出现应激,已有研究证明社会支持与飞行员心理应激密切相关<sup>[20]</sup>。因此,学员身边的人应对其增加关心程度,提高亲近度,尤其是学员训练时朝夕相处的同学和教员对其进行适

时的沟通与鼓励可以有效减小飞行学员的心理应激。飞行训练进度受阻也属于表层应激源,与学员访谈中也证实很多学员担心单科目训练时间过长而被停飞,出现心理应激。因此航校管理学员训练排班时,应合理安排教员和飞机等资源,避免由于资源分配不合理而导致学员训练进度受阻。

### 3.3 中心度分析

中心度较大的应激源分别是  $a_{17}$ 、 $a_4$ 、 $a_3$ 、 $a_{13}$ , 说明这些是飞行学员飞行训练应激反应系统中的重要应激源。其中  $a_{17}$  重要程度最大,又属于表层和结果应激源,主要是因为飞行学员面临的心理压力是来自多方面的,有家庭的期望、和同学的攀比、训练的负荷、环境的影响等,各种因素综合导致学员心理压力增大,使其应激增强,影响飞行训练表现。 $a_4$ 、 $a_3$  中心度仅次于  $a_{17}$ ,也属于较表层和结果应激源,是由于飞行训练难度、进度会受天气、飞机设施等客观环境因素影响,学员执行难度大的训练任务时、面临进度过缓时会出现紧张焦虑等应激现象。 $a_{13}$  中心度较大,属于表层和结果应激源,说明在人际关系中教员的影响程度大于朋友家人,教员在学员训练过程中除了教授其训练技巧,更应和学员多交流缓解压力,帮助学员顺利完成训练<sup>[10]</sup>。

分析得出,飞行学员训练阶段人际关系影响属于表层应激源,在学员出现心理应激时,周围人员尤其是教员和同学应及时和其进行沟通交流,可对降低其应激有显著效果。航校管理人员应重点关注深层应激源,尤其是中心度原因度较大的,因为对其他应激源有较大的影响力,会导致飞行学员应激增强。因此,应加强航校生产运行的安全管理,同时注重引导教员关注学员的心理状态,及时沟通疏导,重点关注训练进度缓慢的学员,培养学员应对突发异常情况的处置能力,监督学员认真完成飞行前准备工作,综合培养飞行学员的应急反应能力,从而达到降低飞行学员心理应激、保障飞行安全的作用。

## 4 结论

采用 DEMATEL-ISM 法建立了飞行学员飞行训练应激源多级递阶结构模型,并对该结构模型进行了深入分析,研究结果对飞行学员飞行训练管理与飞行员培养工作具有指导意义:

- 1) 飞行学员应重视理论学习,认真做好飞行前准备,增强飞行操纵能力;
- 2) 航校应加强安全管控、注重培养学员的应急处置能力;
- 3) 鼓励飞行学员周围人对其施加积极影响,能有效减轻学员心理应激;
- 4) 教员应注重关注飞行员压力状态,尤其在学员完成难度较大的训练科目和训练进度受阻时,应对学员进行及时安抚疏导、沟通减压,有助于帮助学员降低应激,顺利完成飞行训练。

### [参考文献]

- [1] 文兴忠. 民航飞行员职业安全意识的初步研究[J]. 中国安全科学学报, 2007, 17(11): 26-33.  
Wen XZ. Initial study on the occupational safety consciousness of civil aviation pilots[J]. China Safety Science Journal, 2007, 17(11): 26-33.
- [2] 孙瑞山,肖亚兵. 基于 QAR 记录数据的民航飞行员操作特征指标结构研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2012, 8(11): 49-54.  
Sun RS, Xiao YB. Research on indicating structure for operation characteristic of civil aviation pilots based on QAR data [J]. Journal of Safety Science and Technology, 2012, 8(11): 49-54.
- [3] 姚裕盛,徐开俊. 基于 BP 神经网络的飞行训练品质评估[J]. 航空学报, 2017, 38(S1): 721513.  
Yao YS, Xu KJ. Quality assessment of flight training based on BP neural network[J]. Acta Aeronautica et Astronautica Sinica, 2017, 38(S1): 721513.
- [4] Huan-Jyh S. A quantitative model for aviation safety risk assessment [J]. Computers & Industrial Engineering, 2008, 54(1): 34-44.
- [5] Oster CV, Strong JS, Zorn CK. Analyzing aviation safety: Problems, challenges, opportunities[J]. Research in Transportation Economics, 2013, 43(1): 148-164.
- [6] National Transportation Safety Board. Aircraft accident report: Runway excursion during landing, Delta Air lines flight 1086, Boeing MD-88, N909DL, New York, March 5, 2015[R]. USA: NTSB/AAR-16/02, PB2016-104166.
- [7] Permanent Office of Investigations of Aviation Accidents/ Incidents. Investigation Report of Accident: Involving Georgian Airways Aircraft Crj-100ER (4I-Gae) At Kinshasa'S N'Djili Airport on 04 April 2011[R]. Democratic Republic of Congo: 410/CAB/SG/TVC/27 /2011.
- [8] Transportation Safety Board. Aviation Investigation Report: Jazz Aviation LP de Havilland DHC-8-102, C-GTAI Sault Ste. Marie, Ontario 24 February 2015[R]. Canada: A1500015.
- [9] Krahenbuhl GS, Darst PW, Marett JR, et al. Instructor pilot teaching behavior and student pilot stress in flight training[J]. Aviation, Space, and Environmental Medicine, 1981, 52(10): 594-597.
- [10] 史晓静. 民航飞行学员飞行训练的应激源研究[D]. 广汉: 中国民航航空飞行学院, 2016.  
Shi XJ. Research on Flight Training Stressors of Civil Aviation Student Pilot[D]. Guanghan: Civil Aviation Flight University of China, 2016.
- [11] 唐孟军,胡文东,马进,等. 应激条件下飞行能力评估及在飞行员选拔中的应用研究[J]. 航天医学与医学工程, 2017, 30(6): 396-400.  
Tang MJ, Hu WD, Ma J, et al. Evaluation of flight abili-

- ty in stress situation and its application in pilots' selection [J]. Space Medicine & Medical Engineering, 2017, 30(6): 396-400.
- [12] 罗周全,程鹏毅. 基于 DEMATEL-ISM 的地下金属矿山人机系统事故影响因素分析[J]. 中国安全生产科学技术, 2017, 13(12): 145-151.  
Luo ZQ, Cheng PY. Analysis on factors affecting accidents of man-machine system in underground metal mine based on DEMATEL-ISM[J]. Journal of Safety Science and Technology, 2017, 13(12): 145-151.
- [13] 杨姝,李俊龙. 基于 DEMATEL-ISM 法的民航飞行员综合安全能力结构模型研究[J]. 安全与环境工程, 2018, 25(4): 169-174.  
Yang S, Li JL. Comprehensive safety capability structure model of civil aviation pilots based on DEMATEL-ISM method[J]. Safety and Environmental Engineering, 2018, 25(4): 169-174.
- [14] 曾凡奎,王婷. 基于 DEMATEL 和 ISM 的支模脚手架高处坠落事故致灾因素建模[J/OL]. (2018-11-20)[2019-05-06] <http://kns.cnki.net/kcms/detail/21.1189.T.20181116.1636.002.html>.  
Zeng FK, Wang T. Modeling for caused factors for high falling accident from formwork falsework based on DEMATEL and ISM[J/OL]. (2018-11-20)[2019-05-06] <http://kns.cnki.net/kcms/detail/21.1189.T.20181116.1636.002.html>.
- [15] 补利军,于振江,邵泽开. 集成 DEMATEL /ISM 的高校消防安全管理影响因素研究[J]. 中国安全科学学报, 2018, 28(11):129-134.  
Bu LJ, Yu ZJ, Shao ZK. Study on factors influencing fire safety management in universities based on DEMATEL/ISM[J]. China Safety Science Journal, 2018, 28(11): 129-134.
- [16] 赵翔,许百华,高翔. 《中国民航飞行员心理应激问卷》编制的研究[J]. 航天医学与医学工程, 2010, 23(1):35-41.  
Zhao X, Xu BH, Gao X. Research on development of "psychological stress questionnaire of china civil aviation pilot"[J]. Space Medicine & Medical Engineering, 2010, 23(1):35-41.
- [17] 邓丽芳. 近 10 年来中国飞行员心理健康状况的元分析[J]. 心理科学, 2013, 36(1):228-233.  
Deng LF. A meta-analysis of mental health of pilots during the past decade[J]. Journal of Psychological Science, 2013, 36(1):228-233.
- [18] 姜振山,陈沪嘉,蒋筱娥,等. 飞行员心理应激的影响因素探讨[J]. 解放军预防医学杂志, 1995, 13(1):19-21.  
Lou ZS, Chen HJ, Jiang XE, et al. A study on psychological stress factors in pilots[J]. Journal of preventive medicine of Chinese people's liberation army, 1995, 13(1):19-21.
- [19] 董薇,蔡文鹏,张水森,等. 飞行事故后所在单位飞行员急性应激反应与心理控制源相关分析[J]. 第二军医大学学报, 2016, 37(9): 1144-1147.  
Dong W, Cai WP, Zhang SM, et al. Relation of acute stress reaction with locus of control of pilots after flight accidents of other pilots in the same unit[J]. Academic Journal of Second Military Medical University, 2016, 37(9):1144-1147.
- [20] 谭弘. 民航飞行员心理应激及其相关因素的关系研究[D]. 天津:天津师范大学,2007.  
Tan H. Research on psychological stress and its correlative factors among civil aviation pilots[D]. Tianjin: Tianjin Normal University, 2007.

(责任编辑:马永洁)