

民机试飞应急管理体系框架及 影响因素分析研究

Research of Flight Test Emergency Management System Frame and Influential Factors Analysis

吕碧江 张思远 / LÜ Bijiang ZHANG Siyuan

(中国商飞民用飞机试飞中心,上海 200232)

(Flight Test Center of COMAC, Shanghai 200232, China)

摘要:

民机试飞是飞机从设计生产到交付客户的验证环节,是型号研制成功的关键步骤。民机试飞具有以下特点:为了验证飞机性能而进行各类风险科目试飞,除此之外,还需进行日常维修保养工作。这决定了民机试飞中容易产生突发性事件,需要建立有效的民机试飞应急管理体系。从介绍民机试飞基本特征的角度出发,对生产应急管理体系和试飞应急管理体系分别运用层次分析法进行定量分析,从而对整个民机试飞应急管理体系建设的优先级进行评价,为今后的体系建设提供参考。

关键词:民机试飞;应急管理;层次分析

中图分类号:V328

文献标识码:A

[Abstract] Flight test is the validation step from design to delivery, and it is also the key step to ensure success. Flight test needs to make all kinds of risk test as well as the daily aircraft maintenance. When emergency events happen, an effective emergency management system is needed. This thesis introduces the basic characters of flight test, and takes quantitative analysis by using analytic hierarchy process. The priority for flight test emergency management system construction was evaluated and it provided reference for the future system construction.

[Keywords] flight test; emergency management; analytic hierarchy process

0 引言

民机试飞的目的之一是为了验证飞机的安全性,在此过程中容易出现各类突发事件。因此,必须建立有效的民机试飞应急管理体系。

目前,国内诸多行业已经建立了完备的应急管理体系并经历了突发事件的检验,大体上确立了应急管理体系需要具备的基本要素,包括组织体制、运作机制、法制基础和应急保障系统四部分。

与国内其他行业的应急管理体系不同的是,民机试飞应急管理体系不仅包含了飞机试飞过程中的应急管理,而且包含了日常工作的应急管理。在飞机试飞过程中突发事件涉及到消防、医疗、交通、

环保等不同领域,这都给应急管理和救援指挥带来了困难。解决这些问题的唯一途径是建立起一个统一协调指挥、结构完整、功能齐全、反映灵敏、运转高效、资源共享、保障有力的试飞应急管理体系和实施规范有序的标准化运作程序^[1]。

1 试飞应急管理框架

由于民机试飞应急管理同时包含了飞机试飞过程中的应急管理和日常工作应急管理,两者的管理内容相互交织而又存在差异。

飞机试飞应急管理主要侧重于对试飞过程中的事故进行预防,管理措施主要体现在通过一系列技术上的手段例如进行风险评估,制定针对性

的预防措施,从而最大限度地降低紧急事件的发生概率。

试飞日常应急管理与企业应急管理类似,即通过有效的管理体系全方位地将与应急管理有关的资源进行调动,分别从预防、准备、响应和恢复四个维度对突发事件进行管理^[2-3]。

在国家层面,应急管理是通过“一案三制”的管理体系进行实施的。“一案”是指应急预案体系,“三制”是指应急管理的体制、机制和法制。“一案三制”对于试飞应急管理体系的构建具有一定的借鉴意义,结合工作实际,建立如图1所示的试飞应急管理框架。

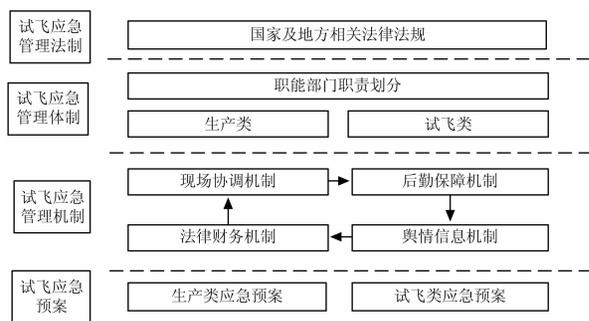


图1 试飞应急管理体系框架

试飞应急管理法制包括国家及地方的相关法律法规,由安全管理人员及各职能部门对相关法律法规进行识别评价,明确突发事件发生时各职能部门需要遵守的制度和规范。

试飞应急管理体制对整个试飞应急管理体系进行指导,明确各职能部门在生产类事件和试飞类事件中的职责。

试飞应急管理机制分为现场协调机制、后勤保障机制、舆情信息机制和法律财务机制。各职能部门按照应急预案中规定的内容在各自的应急机制下开展工作^[4-6]。

试飞应急管理的减缓、准备、响应和恢复四个环节在试飞应急管理法制、体制、机制、预案和支撑系统的规范、约束和支撑下展开具体工作,各个环节的具体内容如图2所示。试飞应急管理的减缓阶段的主要工作包括对试飞风险进行评估、通过监测系统对环境及设备进行状态跟踪、对设备进行定期保养维护、制定相关的安全操作程序;准备阶段包括编制应急预案、调配应急资源、进行培训和演练、与相关方签订应急互助协议等;响应阶段包括救援

指挥、应急疏散、消防急救和新闻发布等工作;恢复阶段包括现场清理、损失评估、事故调查和修复等工作^[7]。

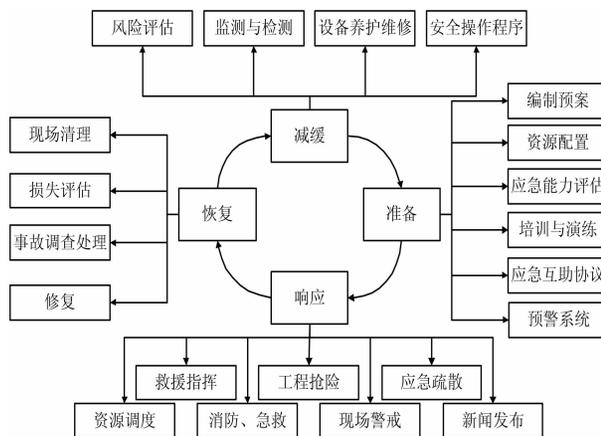


图2 民机试飞应急流程

3 构建评价指标体系

3.1 层次分析法的基本原理及步骤

层次分析法是根据具体问题的实质进行决策,把目标分解为不同的组成元素,依靠各元素之间的相互影响及相关关系将各因素按照不同的层次进行归纳组合,然后通过将定性指标进行模糊量化的方法算出层次单排序(权数)和总排序,形成一个多层次的分析结构模型,以作为目标优化决策的系统方法^[8-10]。

其基本步骤如下:(1)建立层次结构模型,将问题中的目标及各个影响因素依它们之间的相关关系分为最高层(A)、中间层(B)、最低层(C),绘出层次结构图;(2)构造判断矩阵,通过专家打分把某一层中的因素和与它高一层因素之间的相对重要程度用矩阵表示出来;(3)层次单排序,对于上一层某因素而言,本层次各因素的重要性的排序;(4)判断矩阵的一致性检验,对层次分析的结果进行检验,如果有误差,需对判断矩阵的元素取值进行调整,重新运算;(5)层次总排序,确定某层所有因素对于总目标相对重要性的排序权值过程。

3.2 评价指标的选取

根据图3民机试飞应急流程中的各环节工作内容,运用层次分析法(AHP)对民机试飞事故应急能力的评价指标体系进行构建,分为三个层次,见表1。

表1 民机试飞应急能力要素

民机试飞应急能力			
试飞应急管理 A_1		生产应急管理 A_2	
减缓 B_1	准备 B_2	响应 B_3	恢复 B_4
风险评估 C_1	应急预案编制 C_5	资源调度 C_{11}	现场清理 C_{18}
监测与监测 C_2	应急资源配置 C_6	救援指挥 C_{12}	损失评估 C_{19}
设备养护维修 C_3	应急能力评估 C_7	消防、急救 C_{13}	事故调查处理 C_{20}
安全操作程序 C_4	培训与演练 C_8	工程抢险 C_{14}	修复 C_{21}
	应急互助协议 C_9	现场警戒 C_{15}	
	预警系统 C_{10}	应急疏散 C_{16}	
		新闻发布 C_{17}	

不同因子间的相互比较结果是根据美国著名运筹学家 T. L. Saaty 的 1~9 标度方法进行打分,不同重要程度分别赋予不同的分值。AHP 标度含义如表 2 所示。

表2 AHP 标度含义

标度	含义
1	两个因子相比较,两者具有同样的重要性
3	两个因子相比较,其中一个比另一个稍微重要
5	两个因子相比较,其中一个相对另一个来说比较重要
7	两个因子相比较,其中一个相对另一个来说非常重要
9	两个因子相比较,其中一个相对另一个来说极其重要
2,4,6,8	介于以上两个相邻判断值之间
倒数	若 i 与 j 相比较的判断值为 h_j ,则 j 与 i 比较的判断值为 $\frac{1}{h_j}$ 。

首先对 A 层次构建判断矩阵,如表 3 所示。

表3 A 层级判断矩阵

	A_1	A_2
A_1	1	2
A_2	1/2	1

经运算, $\lambda_{\max} = 2$; 则 $CI = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1) = 0.06$; 根据随机一致性指标 $CR = CI/RI$ 得

$CR = 0 < 0.1$, 说明该矩阵具有很好的一致性,判断合理。

矩阵对应的特征向量为 $(0.89, 0.45)^T$ 。归一化处理后得到 A 层次的权重为 $A_1 = 0.66, A_2 = 0.34$

其次,对 B 层次构建判断矩阵如表 4 所示。

表4 B 层级判断矩阵

	B_1	B_2	B_3	B_4
B_1	1	1/2	1/3	2
B_2	2	1	2	3
B_3	3	1/2	1	5
B_4	1/2	1/3	1/5	1

经运算, $\lambda_{\max} = 4.18$; 则 $CI = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1) = 0.06$; 根据随机一致性指标 $CR = CI/RI$ 得 $CR = 0.07 < 0.1$, 说明该矩阵具有很好的一致性,判断合理。

矩阵对应的特征向量为 $(0.28, 0.71, 0.62, 0.16)^T$, 归一化处理后得到 $(0.16, 0.40, 0.35, 0.09)^T$ 。说明在 B 层级, 应急体系建设的优先级为准备 > 响应 > 减缓 > 恢复。

分别对准备、响应、减缓和恢复的下一层级(C)要素进行层次分析,对 B_1 所属要素进行分析得到表 5 矩阵。

表5 层级矩阵

B_1	C_1	C_2	C_3	C_4
C_1	1	3	7	5
C_2	1/3	1	3	2
C_3	1/7	1/3	1	1/2
C_4	1/4	1/2	2	1

经运算, $\lambda_{\max} = 4$; 则 $CI = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1) = 0.03$; 根据随机一致性指标 $CR = CI/RI$ 得 $CR = 0.03 < 0.1$, 说明该矩阵具有很好的一致性,判断合理。

矩阵对应的特征向量为 $(0.91, 0.39, 0.11, 0.20)^T$, 归一化处理后得到 $(0.57, 0.24, 0.07, 0.12)^T$ 。说明在层级的子层级中,重要度排序为 $C_1 > C_2 > C_4 > C_3$ 。

同样地,对准备层(B_2)响应层(B_3)和恢复层(B_4)进行层次分析。如表 6~表 8 所示。

表6 B₂ 层级矩阵

B ₂	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀
C ₅	1	1/3	1/2	1/5	2	1
C ₆	3	1	2	1/2	5	3
C ₇	2	1/2	1	1/2	4	2
C ₈	5	2	2	1	7	3
C ₉	1/2	1/5	1/4	1/7	1	1/3
C ₁₀	1	1/3	1/2	1/3	3	1

经运算, $\lambda_{\max} = 6.08$; 则 $CI = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1) = 0.016$; 根据随机一致性指标 $CR = CI/RI$ 得 $CR = 0.016 < 0.1$, 说明该矩阵具有很好的一致性, 判断合理。

矩阵对应的特征向量为 $(0.17, 0.51, 0.34, 0.74, 0.09, 0.20)^T$, 归一化处理后得到 $(0.08, 0.25, 0.17, 0.36, 0.04, 0.10)^T$ 。说明在 C₁ 层级, 重要度排序为 $C_8 > C_6 > C_7 > C_{10} > C_5 > C_9$ 。

表7 B₃ 层级矩阵

B ₃	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅	C ₁₆	C ₁₇
C ₁₁	1	1/2	1/3	1/2	2	3	4
C ₁₂	2	1	1/3	1/2	2	3	4
C ₁₃	3	3	1	2	4	3	2
C ₁₄	2	2	1/2	1	2	3	4
C ₁₅	1/2	1/2	1/4	1/2	1	2	3
C ₁₆	1/3	1/3	1/3	1/3	1/2	1	2
C ₁₇	1/4	1/4	1/2	1/4	1/3	1/2	1

经运算, $\lambda_{\max} = 7.52$; 则 $CI = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1) = 0.09$; 根据随机一致性指标 $CR = CI/RI$ 得 $CR = 0.07 < 0.1$, 说明该矩阵具有很好的一致性, 判断合理。

矩阵对应的特征向量为 $(0.30, 0.37, 0.69, 0.47, 0.21, 0.15, 0.12)^T$, 归一化处理后得到 $(0.13, 0.16, 0.30, 0.20, 0.09, 0.06, 0.05)^T$ 。说明在 C₃ 层级, 重要度排序为 $C_{13} > C_{14} > C_{12} > C_{11} > C_{15} > C_{16} > C_{17}$ 。

表8 B₄ 层级矩阵

B ₄	C ₁₂	C ₁₉	C ₂₀	C ₂₁
C ₁₈	1	2	1/2	5
C ₁₉	1/2	1	1/3	3
C ₂₀	2	3	1	6
C ₂₁	1/5	1/3	1/6	1

经运算, $\lambda_{\max} = 4.03$; 则 $CI = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1) = 0.01$; 根据随机一致性指标 $CR = CI/RI$ 得 $CR = 0.01 < 0.1$, 说明该矩阵具有很好的一致性, 判断合理。

矩阵对应的特征向量为 $(0.50, 0.28, 0.82, 0.11)^T$, 归一化处理后得到 $(0.29, 0.16, 0.48, 0.06)^T$ 。说明在 C₃ 层级, 重要度排序为 $C_{20} > C_{18} > C_{19} > C_{21}$ 。

最终得到 C 层的所有权重如图 3 所示。



图3 民机试飞应急能力要素权重

4 结论

根据 C 层中的所有权重排序, 可以对应急管理资源进行合理调配。

从评价的结果可以看出, 民机试飞的应急准备能力是应急能力的核心, 其次为应急响应能力。因此, 在今后的应急管理建设中应该加大对相关职能部门事故应急准备能力的训练, 提高面对事故的应急能力; 同时, 还应增加员工对事故预防的教育和宣传, 提高整体防范事故的意识, 尽量将灾害造成的损失减少到最小。

试飞应急管理在国内尚处于探索阶段, 应急管理的要素仍未被完全识别, 这给本文的研究带来了一定的局限性。如何进一步识别试飞应急过程中的管理要素并进行更加有效地评价, 将是下一步的研究方向。

参考文献:

[1] 高小平,刘一弘. 我国应急管理研究述评(上)[J]. 中国行政管理,2009(08).
[2] 张海波. 中国应急预案体系:结构与功能[J]. 公共管理学报,2013,10(2):1-13.
[3] 中国行政管理学会课题组. 政府应急管理机制研究[J]. 中国行政管理,2005(01).
[4] 聂彤彤,韩作生. 基于贝叶斯网络的应急物流能力成熟度模型及应用研究[J]. 技术与创新管理,2011(04).
[5] 孙瑞山,张思远. 人的可靠性综合分析模式及应用[J]. 工业工程,2014,17(2).
[6] 王锐兰. 政府应急管理的绩效评价指标体系研究[J].

安徽大学学报(哲学社会科学版),2009(01).
[7] 刘传铭,王玲. 政府应急管理组织绩效评测模型研究[J]. 哈尔滨工业大学学报(社会科学版),2006(01).
[8] 段志善,崔善强. 模糊层次分析法在机械安全评价中的应用[J]. 机械工业标准化与质量,2007(10).
[9] George Box, Luceno. A. Discrete Proportional-integral Adjustment and Statistical Process Control[J]. Journal of Quality Technology, 1997, 29(3).
[10] 周进军,李洪泉,邓云峰,江田汉. 地震灾害综合应急能力评估研究[J]. 中国安全生产科学技术,2009(03).
[11] 郭金玉,张忠彬,孙庆云. 层次分析法在安全科学研究中的应用[J]. 中国安全生产科学技术,2008(02).

(上接第 37 页)

连杆 C 与从动轴曲柄 D 的铰接轴线方向,cb 为转动后的连杆 C 位置,ab 为转动后的主动轴曲柄 B 位置。

定义输入角度即主动轴转动角度为 2γ , 输出角度即从动轴转动角度为 2β 。通过交点 d 作辅助线 df 垂直于 ac, 连接 bf, 图中为中心对称位置, 所以 $\angle dfb$ 即为主动轴曲柄转动的角度 γ , $\angle hcg$ 即为从动轴的转动角度 β 。通过交点 b 作垂直于主动轴和从动轴所在平面的垂线 be, 通过 e 点做直线 eg 垂直于 cg, 连接 ef 和 ec。

已知 $ch \perp cb, ch \perp eb$, 则 $ch \perp$ 平面 cbe, 所以 $ch \perp ec, \angle \beta = \angle ceg$;

已知 $ac \perp be, ac \perp bf$, 则 $ac \perp$ 平面 bfe, 所以 $ac \perp ef$;

因为 $ac \perp ef, ac \perp cg, ge \perp cg$, 所以四边形 cgef 为矩形, 可以得出:

$$\begin{aligned}cg &= ef \\ge &= cf\end{aligned}\quad (1)$$

已知 $cg \perp$ 平面 acd, 所以 $ef \perp$ 平面 acd, 所以 $ef \perp df$, 所以 $\angle \gamma = \angle fbe$;

已知 $ad \perp cd, df \perp ac$, 所以 $\angle \alpha = \angle cdf$;

因为 $\angle \gamma = \angle fbe, \angle \beta = \angle ceg, \angle \alpha = \angle cdf$, 所以可得:

$$\begin{aligned}ef &= bf \times \sin(\gamma) \\cg &= ge \times \tan(\beta) \\cf &= df \times \tan(\alpha)\end{aligned}\quad (2)$$

已知 $df = bf$, 通过上述关系式, 可以推导出:

$$\tan(\alpha) = \frac{\sin(\gamma)}{\tan(\beta)}\quad (3)$$

$$\alpha = \arctan\left\{\frac{\sin(\gamma)}{\tan(\beta)}\right\}\quad (4)$$

如果给定设计要求的输入输出角度, 通过上面推导出的公式, 便可以求解出夹角 α , 从而调整出机构的基本构型。在具体应用到舱门上时, 在确定机构基本构型后, 可以依据给定的空间位置, 调整主动轴曲柄的长度, 从而调整整个机构的空间大小, 使之满足设计空间要求。

4 结论

本文以某机型应急门手柄机构为例, 介绍了一种新型垂直轴传动机构, 本套机构布局紧凑, 可调整度高, 可广泛应用到舱门机构设计中。本文推导出的公式, 实际应用时, 应与机构的具体构型相结合。本文提出的从解析几何角度对空间机构进行设计的思路及参数化设计方法, 具有一定的通用性, 还可以应用于其他空间机构的设计中。

参考文献:

[1] 中国民用飞机航空局. CCAR 25-R4 中国民用航空规章第 25 部: 运输类飞机适航标准[S]. 北京: 中国民用航空局, 2011.
[2] EASA. Notice of Proposed Amendment (NPA) No 2008-4 Type III Emergency Exit Access and Ease of Operation[S]. EASA, 2008; 23.
[3] EASA. CS-25_Amendment 9 Certification Specifications for Large Aeroplanes[S]. EASA, 2010; 1-D-34.