

doi: 10.7690/bgzd.2014.09.012

军用飞机保障特性综合评估方法

祝华远, 王利明, 纪云飞, 孙鲁青

(海军航空工程学院青岛校区航空装备保障指挥系, 山东 青岛 266041)

摘要: 为全面客观地评估军用飞机保障特性, 提高同类型军用飞机横向可比性, 根据军用飞机综合保障的目标要求, 提出保障特性评估指标, 分类给出评估指标标准化处理方法, 综合运用德尔菲法和层次分析法确定评估指标权重, 以2种机型为例, 建立军用飞机保障特性评估方法, 给出评估结果。分析结果表明: 评估方法科学适用, 较为客观地表征其保障特性, 具有较强的应用价值。

关键词: 军用飞机; 保障特性; 综合评估

中图分类号: TJ85 **文献标志码:** A

Evaluation Method of Battleplan Support Characteristics

Zhu Huayuan, Wang Liming, Ji Yunfei, Sun Luqing

(Department of Aeronautical Equipment Support Command, Qingdao Branch of NAAU, Qingdao 266041, China)

Abstract: For evaluating battle plan support characteristics comprehensively and objectively, and increasing the horizontal comparability of the same type battle plan, evaluation index of battle plan support characteristics was established based on target requirement of integrated logistics support, index standardization method was presented, and index weight was calculated by using method of analytic hierarchy process and Delphi synthetically. With two typical battle plan as example, evaluation method of battle plan support characteristics was set up. The analysis results show that the evaluation method is applicable and has great practical value.

Keywords: battle plan; support characteristics; integration evaluation

0 引言

武器装备在投入使用后能否形成保障能力, 本质上取决于装备系统的保障特性, 既要求主装备本身具有便于保障的设计特性, 又要求保障系统具有能够对主装备实施有效保障的特性。与保障有关的装备设计特性有可靠性、维修性、测试性(简称RMS)等, 凡是能使装备便于保障或易于保障的设计特性都属于装备保障特性, 它反映装备可保障, 即需保障和易保障的程度。

评估是重要而有效的辅助决策手段, 为支持做好军用飞机寿命周期, 尤其是使用阶段的保障特性考核评价工作, 从评估军用飞机保障特性, 即评估军用飞机自身满足平时和战时使用要求能力的角度, 建立军用飞机保障特性评估方法。因此, 笔者对其进行研究。

1 保障特性评估指标构建

基于军用飞机综合保障目标要求, 综合运用GJB 451A—2005《可靠性维修性保障性术语》^[1]、GJB1909A—2009《装备可靠性维修性保障性要求论证》^[2]等, 结合航空装备保障实践, 构建军用飞机保障特性评估指标。

1.1 军用飞机 RMS 参数

1.1.1 RMS 综合参数

军用飞机 RMS 综合参数主要有使用可用度 A_O 、出动架次率 R_{SG} 和再次出动准备时间 T_{TA} 。 A_O 为军用飞机在其保障系统下, 与能工作时间和不能工作时间有关的一种可用性参数, 用于使用效果评估; R_{SG} 为在规定的使用及维修保障方案下, 每架飞机每天能够出动的架次; T_{TA} 为在规定的保障条件下, 为保证飞机连续出动, 在其着陆后准备再次出动所需的时间。

1.1.2 可靠性参数

军用飞机可靠性参数主要有平均故障间隔飞行小时 T_{FBF} 、平均维修间隔时间 T_{BM} 、平均严重故障间隔时间 T_{BCF} 、任务可靠度 R_M 和无维修待命时间等。其中, T_{FBF} 为度量军用飞机整机使用可靠性的基本参数, 用于使用效果评估, 度量方法为在规定的时间内, 飞机累积的总飞行小时与同一期间内的故障总数之比。

1.1.3 维修性参数

军用飞机维修性参数主要有平均修复时间

收稿日期: 2014-03-17; 修回日期: 2014-04-23

作者简介: 祝华远(1975—), 男, 山东人, 博士, 副教授, 从事航空装备保障与管理研究。

M_{CT} 、最大修复时间、每飞行小时直接维修工时 $M_{DMMH/FH}$ 和更换发动机时间 ERT。其中： M_{CT} 为度量飞机整机维修性的基本参数，度量方法为在规定的条件下和规定的时间内，飞机在规定的维修级别上，修复性维修总时间与该级别上被修复产品的修复次数之比； $M_{DMMH/FH}$ 为在规定的条件下和时间内，飞机和设备的外场级预防性维修和修复性维修工时总数与总飞行小时数之比；ERT 为接近、拆装和检查发动机，并使飞机达到可用状态所需的时间。

1.1.4 测试性参数

军用飞机测试性参数主要有故障检测率 R_{FD} 、故障隔离率 R_{FI} 和虚警率 R_{FA} 。 R_{FD} 为在规定的条件下和规定的时间内，检测到的故障数与故障总数之比； R_{FI} 为正确隔离到小于或等于规定可更换单元数的故障数与同一时间内检测到的故障数之比； R_{FA} 为发生的虚警数与同一时间内故障指示总数之比。

1.2 保障特性评估指标

对于 RMS 综合参数，使用可用度 A_0 和出动架次率 R_{SG} 是军用飞机 RMS 的综合反映，可由相关可靠性、维修性参数来表征。对于再次出动准备时间 T_{TA} ，虽然是作为 RMS 综合参数提出的，但它是影响飞机出动架次率的一个参数，对飞机高强度出动能力有重要影响。基于该认识，且较多文献将再次出动准备时间 T_{TA} 视为与保障有关的装备设计特性参数^[3]，遵循评估指标构建的系统性原则，将其列为军用飞机保障特性评估指标。对于可靠性参数，文献[4-6]在构建的作战飞机总体设计方案评审指标体系及战斗机型号工程综合决策模型中，均采用单参数平均故障间隔飞行小时 T_{FBF} 。遵循指标节省的原则，在不遗漏重要解释因素的基础上，为使评估指标个数尽可能少，将其作为唯一的用于表征可靠性的评估指标。对于维修性参数，在多型航空新装备论证或研制过程中，均提出了平均修复时间 M_{CT} 、每飞行小时直接维修工时 $M_{DMMH/FH}$ 和更换发动机时间 ERT 的具体指标。对于测试性参数，文献[7]构建了飞机综合航电系统综合评估准则，将测试性指标定义为一个综合指标。用综合指标 S_T 来表征军用飞机测试性

$$S_T = \frac{R_{FD} + R_{FI} + (1 - R_{FA})}{3} \quad (1)$$

基于以上分析，构建军用飞机保障特性评估指标为再次出动准备时间 T_{TA} 、平均故障间隔飞行小时 T_{FBF} 、平均修复时间 M_{CT} 、每飞行小时直接维修

工时 $M_{DMMH/FH}$ 、更换发动机时间 ERT 和测试性综合参数 S_T 。

2 评估指标标准化处理

为了消除由于指标量纲不同所带来的不可测度性，需将军用飞机评估指标进行标准化处理^[8]。分析认为，构建的保障特性评估指标主要分效益型指标和成本型指标 2 大类，其标准化处理方法如下。

2.1 效益型指标

效益型指标，适用于原始数据越大越好的等值量化处理，如平均故障间隔飞行小时 T_{FBF} 和测试性综合参数 S_T 。对于效益型指标，设 f_{max} 和 f_{min} 为国际上军用飞机保障特性指标最大和最小取值为标准，所确定的满意点和无效点。即该类评估指标 f_i 的取值达到 f_{max} ，则可以认为军用飞机的此项保障特性指标能够满足要求，评分值为 100； f_i 小于 f_{min} ，即认为军用飞机的此项保障特性指标没有任何效用，评分为 0。对于具体效益型指标，标准化方法为

$$y_i = (f_i - f_{min}) \times 100 / (f_{max} - f_{min}) \quad (2)$$

2.2 成本型指标

成本型指标，适用于原始数据越小越好的等值量化处理，如再次出动准备时间 T_{TA} 、平均修复时间 M_{CT} 、每飞行小时直接维修工时 $M_{DMMH/FH}$ 和更换发动机时间 ERT。对于成本型指标，设 f_{max} 和 f_{min} 是以国际上军用飞机保障特性指标最大和最小取值为标准，所确定的无效点和满意点。即该类指标 f_i 的取值达到 f_{max} ，则可认为军用飞机的此项保障特性指标没有效用，评分值为 0； f_i 小于 f_{min} ，即认为军用飞机的此项保障特性指标能够满足要求，评分值为 100。对于具体成本型指标，标准化方法为

$$y_i = (f_{max} - f_i) \times 100 / (f_{max} - f_{min}) \quad (3)$$

2.3 两类指标最大(小)取值

根据国际上获得的第 3 代以上军用飞机有关保障特性要求数据及实际使用数据(包括 F-15A、F-16、F/A-18、F-22、F-35、苏 27、歼 11B 等)，确定 2 类保障特性指标最大(小)取值。重点以 F-22 型飞机(第 4 代军用飞机的典型代表)保障特性指标为基准，确定指标满意点(如缺失某一指标数据，采用同代飞机有关数据)；重点以 F-15A 型飞机(第 3 代军用飞机的最初型号)在实际使用中的保障特性指标为参考，结合其他同代飞机有关数据，提出指标无效点。构建的 2 类指标最大(小)取值如表 1。

表 1 两类指标最大(小)取值

评估指标	T_{TA}/min	T_{FBF}/h	M_{CT}/h	$M_{DMMH}/\text{FH}/\text{工时}$	ERT/min	S_T
f_{\min}	13	0.68	1.00	4.5	89	0.30
f_{\max}	60	5.00	3.74	44.0	960	0.95

3 评估指标权重确定

确定评估指标权重的方法较多, 一般来讲, 根据计算权重时原始数据来源的不同, 大致可以分为主观赋权法(德尔菲法、层次分析法、专家调查法、循环打分法、二项系数法、重要性排序法等)、客观赋权法(均方差法、主成分分析法、熵值法等)和综

合赋权法(综合运用主、客观赋权法)3 大类^[9-10]。但鉴于当前缺乏足够的有效数据支持及对上述 6 个评估指标重要性的认识还不尽统一, 较难确定各评估指标对军用飞机满足平时和战时使用要求能力的贡献程度, 即各评估指标权重。综合运用德尔菲法和层次分析法确定评估指标权重, 即邀请专家集中讨论, 集体采用 1~9 标度的专家赋值进行两两比较, 构造两两比较的层次分析法判断矩阵。构造的判断矩阵及解得的评估指标权重如表 2。

表 2 评估指标权重判断矩阵及一致性检验

判断矩阵	评估指标						权重	一致性比率(CR)
	T_{TA}	T_{FBF}	M_{CT}	M_{DMMH}/FH	ERT	S_T		
T_{TA}	1	1/3	3	6	5	4	0.254 3	0.091 8 < 0.1
T_{FBF}	3	1	4	7	6	5	0.422 4	
M_{CT}	1/3	1/4	1	5	4	3	0.149 7	
M_{DMMH}/FH	1/6	1/7	1/5	1	1/4	1/5	0.028 5	
ERT	1/5	1/6	1/4	4	1	1/3	0.054 2	
S_T	1/4	1/5	1/3	5	3	1	0.090 9	

4 评估实例

设 6 个评估指标标准化处理后的数值为 $y_i (i=1, 2, \dots, 6)$, 权重为 $w_i (i=1, 2, \dots, 6)$, 则综合评估值 R 为

$$R = \sum_{i=1}^6 w_i \times y_i \quad (4)$$

取 A、B 两型军用飞机保障特性数据, 采用构建的保障特性评估方法, 对两型飞机保障特性进行评估, 评估结果如表 3 所示。

表 3 两型飞机保障特性评估结果

机型	T_{TA}/min	T_{FBF}/h	M_{CT}/h	$M_{DMMH}/\text{FH}/\text{工时}$	ERT/min	S_T	评估值
A	40	3.63	1.22	39.2	360	0.45	59.61
B	18	3.87	1.78	8.6	166	0.92	80.79

A 型飞机综合评估值为 59.61 分, 与国际上第 3 代以上军用飞机相比, 其满足平时和战时使用要求的能力较弱; B 型飞机综合评估值为 80.79 分, 其满足平时和战时使用要求的能力较强。专家认为, 这与两型飞机研制水平和装备综合保障工程开展现状基本相符, 综合评估值可以较为客观地表征其保障特性。

5 结束语

以上评估结论表征了评估对象在国际军用飞机构成的相似系统中, 其保障特性的先进或成熟程度。此外, 文中研究的评估方法也可用于军方考核验证装备承研承制方研制的军用飞机是否达到了军方提出的装备保障特性要求。为此, 在对 2 类指标最大(小)取值时, 将指标满意点设定为在装备保障特性要求中提出的各评估指标值; 再广泛征求专家意见, 提出指标无效点所对应的各评估指标值, 即可采用笔者论述的评估方法, 进行航空装备保障特性评估。

参考文献:

[1] 中国人民解放军总装备部. GJB 451A—2005, 可靠性维

修性保障性术语[S]. 北京: 总装备部军标出版发行部, 2005: 9-12.
 [2] 中国人民解放军总装备部. GJB 3872—99, 装备可靠性维修性保障性要求论证[S]. 北京: 总装备部军标出版发行部, 2010: 36-40.
 [3] 曹小平, 孟宪君, 周红, 等. 保障性论证[M]. 北京: 海潮出版社, 2005: 124-126.
 [4] 刘晓东, 宋笔锋. 作战飞机总体设计方案评审指标体系研究[J]. 系统工程与电子技术, 2004, 26(4): 449-453.
 [5] 李东霞, 李为吉, 李寿安. 作战飞机总体设计方案的灰色关联投影评价[J]. 飞行力学, 2007, 25(1): 51-54.
 [6] 孟科, 张恒喜, 孟曼利. 基于粗糙集的战斗机型号工程综合评价决策模型[J]. 航空学报, 2006, 27(4): 641-645.
 [7] 朱力立, 李庄生, 许宗泽. 飞机综合航电系统总体设计综合评估方法[J]. 航空学报, 2007, 28(3): 685-689.
 [8] 陆凡, 谢晴. 高技术武器装备维修力量建设之思考[J]. 兵工自动化, 2012, 31(5): 13-15.
 [9] 吴晓平, 汪玉. 舰船装备系统综合评估的理论与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2007: 91-95.
 [10] 郭红玲, 黄定轩. 多属性决策中属性权重的无偏好赋权方法[J]. 西南交通大学学报, 2007, 42(4): 505-510.