

doi: 10.7690/bgzdh.2014.11.006

基于 ADC 的军用飞机保障效能模型

祝华远, 马乃苍, 崔亚君

(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效能, 基于武器系统效能 ADC 模型的原理, 对影响军用飞机保障效能的相关因素进行了分析, 建立了军用飞机保障效能模型; 结合某型军用飞机部署使用阶段的相关保障数据, 给出了模型参数量化方法和评估结果。模型结构简明, 较好地保留了 ADC 模型的解释性。

关键词: 军用飞机; 保障效能; ADC 模型

中图分类号: TJ85 **文献标志码:** A

Research on Support Effectiveness Model of Battle Plane Based on ADC

Zhu Huayuan, Ma Naicang, Cui Yajun

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

Abstract: For evaluating battle plane support effectiveness comprehensively and objectively, the influencing factors of battle plane support effectiveness was analyzed and the model was built based on weapon ADC model. With certain type battle plane operation stage support data as example, model parameter measurement method and evaluation result were put forward. The model is simple and clear, and the essence of ADC model was kept.

Keywords: battle plane; support effectiveness; ADC model

0 引言

我国在武器系统效能评估方面, 尤其是毁伤性武器的效能评估方面的研究比较多; 但在装备保障效能评估方面, 还存在认识不统一, 概念繁多, 模型解释性差, 模型参数在量化中缺乏足够的基础数据支持等诸多问题, 致使模型操作性不强、评估可信度不高^[1-5]。

由美国工业界武器系统效能咨询委员会(WSEIAC)提出的 ADC 模型, 根据武器系统的可用性、可信性和能力 3 大要素评价系统效能, 模型层次清晰, 在武器系统效能评估方面得到了广泛应用; 因此, 笔者基于武器系统效能 ADC 模型, 构建军用飞机保障效能模型; 结合军用飞机部署使用阶段的相关保障数据, 给出模型参数量化方法, 用于军用飞机部署使用阶段的保障效能评估。

1 ADC 模型基本原理

ADC 模型是一种基于系统状态的概率模型^[6-8]。无论在什么时间只要需要使用系统, 它首先应处于能正常工作的准备状态; 而且, 假若知道系统是有效的, 那就需要它在执行任务过程中能可靠地工作, 有效地完成预定的任务。系统效能为

$$E = ADC \quad (1)$$

其中, 系统效能 E 是预计系统满足一组特定任务要求之程度的量度, 是可用性 A 、可信性 D 和能力 C

的函数。

1.1 可用性 A

可用性 A 是开始执行任务时系统状态的量度, 是装备、人员、保障程序等的函数。与装备 RMS 因素, 即可靠性、维修性、维修管理、维修人员数量及其能力水平、器材备件供应等密切相关, 即

$$A = (a_1, a_2, \dots, a_n) \quad (2)$$

其中 a_i 为开始执行任务时系统处于状态 i 的概率,

$$\sum_{i=1}^n a_i = 1。$$

1.2 可信性 D

可信性 D 是在已知开始执行任务时系统状态的情况下, 在执行任务过程中的某一个或某几个时刻系统状态的量度, 可以表示为系统在完成某项特定任务时将进入和(或)处于它的任一有效状态, 且完成与这些状态有关的各项任务的概率。可信性直接取决于系统的可靠性和使用过程中的维修性, 也与人员素质、指挥因素等有关, 即

$$d = (d_{ij})_{mn} \quad (3)$$

其中, d_{ij} 为已知在开始执行任务时系统处于状态 i , 则在执行任务过程中系统处于状态 j 的概率,

$$\sum_{j=1}^n d_{ij} = 1。$$

收稿日期: 2014-06-13; 修回日期: 2014-07-30

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。

1.3 能力 C

能力 C 是在已知执行任务期间的系统状态的情况下, 系统完成任务能力的量度; 即能力是系统各种性能的集中表现, 能力向量为

$$C = (c_{ij})_{nm} \quad (4)$$

其中 c_{ij} 为在系统的有效状态 i 条件下, 第 j 个品质因数之值。

2 军用飞机保障效能模型

基于 ADC 模型基本原理和军用飞机保障目标要求, 笔者综合运用相关国军标^[9-10], 构建保障效能模型。

2.1 可用性矩阵

度量装备系统可用性的常用指标为可用度, 可用度又分为固有可用度 A_i 、可达可用度 A_a 和使用可用度 A_o 。其中, 固有可用度 A_i 没有充分考虑预防性维修和管理, 以及保障延误对可用性的影响, 而仅取决于装备的固有可靠性与维修性, 它易于测量、评估, 一般在设计初期或订立合同时采用。可达可用度 A_a 不仅与装备的固有可靠性和维修性有关, 还与预防性维修有关, 仅仅没有考虑管理以及保障延误的影响, 主要反映装备硬件、软件的属性, 要比固有可用度更接近实际, 一般在研制早期时采用。为此, 选用使用可用度 A_o 构建可用性矩阵。

军用飞机在任务起始时刻只有完好和不完好两种状态, 则可用性矩阵 A 为

$$A = [A_o \quad 1 - A_o] \quad (5)$$

其中: $A_o = \frac{T_{\text{FBF}}}{T_{\text{FBF}} + T_{\text{CM}} + T_{\text{MLD}}}$; T_{FBF} 为平均故障间隔

飞行小时, 军用飞机可靠性基本参数; T_{CM} 为平均修复时间, 军用飞机维修性基本参数; T_{MLD} 为平均保障延误时间(由于保障资源补给或管理原因未能及时对装备进行维修所延迟的时间的平均值)。

2.2 可信性矩阵

可信性的概念在性质上与可靠性的概念相似, 但也存在区别。可靠性通常被定义为一个系统在规定条件下使用时, 在规定时间内满意地工作概率; 而装备系统的可信性还涉及系统的维修性, 考虑维修性对系统工作状况的影响; 因此, 可信性是比可靠性更一般的用于衡量装备系统在规定条件下工作状况的概念。为此, 建立可信性矩阵 D 为

$$D = \begin{bmatrix} R_m & 1 - R_m \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

其中, R_m 为任务可靠度, 是军用飞机任务可靠性的概率度量。

2.3 能力矩阵

装备系统的能力反映设计者赋予装备系统的“本领”。由于军用飞机保障的基本任务是保持和迅速飞行的完好状态, 而与飞机本身“本领”关系不大。为此, 在构造军用飞机能力矩阵时, 根据部队保障实践, 装备处于完好状态即能完成规定的任务, 处于故障状态则无法完成任务, 则构建能力矩阵 C 为

$$C = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (7)$$

根据以上分析, 建立军用飞机保障效能模型为

$$E_{\text{RMS}} = ADC = A_o R_m = \frac{T_{\text{FBF}} R_m}{T_{\text{FBF}} + T_{\text{CM}} + T_{\text{MLD}}} \quad (8)$$

3 模型参数量化方法及评估实例

综合运用相关国军标^[9-10], 结合军用飞机装备部署使用阶段的相关保障数据, 给出模型参数量化方法及评估实例如下。

3.1 平均故障间隔飞行小时 T_{FBF}

平均故障间隔飞行小时 T_{FBF} 为度量军用飞机使用可靠性的一种基本参数。其度量方法为在规定的时间内, 军用飞机累积的总飞行小时与同一期间内的故障总数(地面工作和空中飞行期间发生的所有故障)之比。

$$T_{\text{FBF}} = T_{\text{F}} / N_{\text{F}} \quad (9)$$

其中: T_{F} 为总飞行小时数; N_{F} 为故障总数。

如统计区间内某型飞机总飞行时间为 2 586.07 h, 故障总数为 620 条, 则计算得该型飞机平均故障间隔飞行小时为

$$T_{\text{FBF}} = \frac{T_{\text{F}}}{N_{\text{F}}} = \frac{2\,586.07}{620} \approx 4.17 \text{ h}$$

3.2 平均修复时间 T_{CM}

平均修复时间 T_{CM} 为度量军用飞机维修性的一种基本参数。其度量方法为在规定的条件下和规定的时间内, 产品在规定的维修级别上(通常指基层级), 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。

$$T_{CM} = \sum_{i=1}^n t_i / n \quad (10)$$

其中, t_i 为第 i 次修复性维修的维修时间; n 为修复次数。

如, 根据统计的某型飞机累次故障修复时间, 计算得该型飞机整机平均修复时间为

$$T_{CM} = \sum_{i=1}^n t_i / n = \frac{0.6+1.15+\cdots+0.85}{620} = \frac{909.5}{620} \approx 1.47 \text{ h}$$

3.3 任务可靠度 R_M

任务可靠度 R_M 为军用飞机任务可靠性的概率度量。其度量方法为在规定的任务剖面, 成功完成任务次数与任务总次数之比。

$$R_M = \frac{N_{MC}}{N_{TM}} \quad (11)$$

其中: N_{MC} 为成功完成任务次数; N_{TM} 为任务总次数。

如, 统计区间内某型飞机总任务架次为 2 598 架次, 完成任务架次为 2 487 架次, 则计算得该型飞机任务可靠度为:

$$R_M = \frac{N_{MC}}{N_{TM}} = \frac{2487}{2598} \approx 0.9573$$

3.4 平均保障延误时间 T_{MLD}

根据已经积累的基础数据及保障实践经验, 平均保障延误时间 T_{MLD} 主要以由于备件供应造成的延误为主。根据军用飞机备件供应体制, 以备件供应为主计算 T_{MLD} 时, 其近似计算公式为

$$T_{MLD} = (1-p_1)[p_2 t_1 + (1-p_2)t_2] \quad (12)$$

其中: p_1 为飞机故障后, 不需要备件即可以完成修复的概率; p_2 为场站航材仓库的备件满足率; t_1 为外场从场站航材仓库获取备件的平均反应时间; t_2 为场站航材仓库无备件, 通过从后方航材仓库调拨或外购所需的平均反应时间。

如, 统计区间内的某型飞机 620 次故障, 582 次故障通过更换故障件(或更换零组件)修复, 38 次不需要备件即完成了修复, 即

$$p_1 = \frac{38}{620} \approx 0.0613$$

统计区间内, 飞机因缺件停飞 58 架/日, 外场打缺件停飞报告单 11 次(在排故故障时, 场站航材仓库无该型备件), 计算得该场站航材仓库的备件满足率

$$p_2 = \frac{582-11}{582} \approx 0.9811$$

另, 计算得从后方航材仓库调拨或外购所需的平均反应时间(每日按 24 h 计算):

$$t_2 = \frac{58}{11} \times 24 \approx 126.55 \text{ h}$$

此外, 专项统计得从场站航材仓库获取备件的平均反应时间 $t_1 \approx 0.82 \text{ h}(49 \text{ min})$ 。

则计算得平均保障延误时间为

$$T_{MLD} = (1-0.0613)[0.9811 \times 0.82 + (1-0.9811) \times 126.55] \approx 3.00 \text{ h}$$

该型飞机保障效能值为

$$E_{RMS} = \frac{T_{FBF} R_m}{T_{FBF} + T_{CM} + T_{MLD}} = \frac{4.17 \times 0.9573}{4.17 + 1.47 + 3.00} \approx 0.46$$

总体分析认为, 要提高该型军用飞机保障效能, 首要的是降低平均保障延误时间。此外, 在论证研制阶段提高飞机可靠性、维修性水平, 在部署使用阶段持续完善保障系统, 提升保障人员的业务能力水平也是重要途径。

4 结束语

评估结果表明, 基于武器系统效能 ADC 模型构建的军用飞机保障效能模型具有较强的解释性。笔者结合军用飞机部署使用阶段的保障数据给出的模型参数量化方法, 较好地解决了较多模型操作性不强、评估可信度不高的现实难题。

参考文献:

- [1] 郭齐胜, 郭志刚, 杨瑞平, 等. 装备效能评估概论[M]. 北京: 国防工业出版社, 2005: 128-160.
- [2] 谭乐祖, 杨明军, 向迎春. 武器系统效能评估方法研究[J]. 兵工自动化, 2010, 29(8):13-15.
- [3] 刘伟, 胡起伟, 王广彦. 基于 Agent 的战时装备维修保障效能评估方法研究[J]. 计算机与数字工程, 2011, 39(2): 68-72.
- [4] 林岳峰, 祝利, 程晓雷. 基于群组层次分析法的情报保障系统效能评估[J]. 兵工自动化, 2012, 31(8): 57-61.
- [5] 杨啸天, 冯金富, 钟麟, 等. 不确定信息下雷达系统效能评估方法[J]. 兵工自动化, 2012, 31(10): 40-43.
- [6] 刘健, 辛永平, 陈杰生. 基于 ADC 的弹道导弹防御系统效能模型[J]. 火力与指挥控制, 2012, 37(1): 47-51.
- [7] 王永智, 白利军, 张文元, 等. 基于 ADC 的武器信息处理系统效能评估模型[J]. 火力与指挥控制, 2012, 37(10): 179-181.
- [8] 郭岗, 申卯兴. 基于改进 ADC 模型的反导作战效能量化分析[J]. 现代防御技术, 2012, 40(6): 81-86.
- [9] 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.
- [10] 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.