

# 航空维修理论的发展现状与应用探讨

## Development and Application of Aviation Maintenance Theory

中国民航飞行学院 聂挺 李飞

**[摘要]** 纵观航空维修发展史,民用飞机维修相继出现了“单一定时维修”、“以可靠性为中心的维修”和“MSG”维修理念。分析 MSG 逻辑决断思想,总结、对比 MSG-1、MSG-2 和 MSG-3 维修思想的差异和优劣性,将为现代民用航空的维修思想发展提供理论参考。

**关键词:** MSG-2 MSG-3 维修思想 逻辑决断

**[ABSTRACT]** Improvements of the maintenance concept and methods will lead to reduce the airline maintenance work and increase maintenance intervals directly, thereby reduce maintenance costs. Firstly, the development process of maintenance concept is introduced, and the MSG-2 and MSG-3 logic decision methods is analyzed. On this basis, combining with the preparation of the maintenance program, the differences between two maintenance concept and the pros and cons are summarized, so as to provide a theoretical reference for the development of a practical, reasonable maintenance plan.

**Keywords:** MSG-2 MSG-3 Maintenance concept Logic decision

**DOI:**10.16080/j.issn1671-833x.2015.15.129

自飞机问世之日起,航空器的维修思想一致伴随着航空器的发展而变化,先后经历了“单一定时维修”、“以可靠性为中心的维修”等过程<sup>[1-2]</sup>。随着在役航空器的日益增多,国际航空运输协会提出了近代民用飞机 MSG 维修理念。MSG 维修理念的核心是达到最高的安全标准、满意的可靠性水平、良好的经济效益,它已成为各国民航当局共同认可和使用的维修理念<sup>[3]</sup>。

## 1 MSG 维修思想的发展

1968 年,1 个由 FAA 专家和航空运营商组成专门的维修指导组 (MSG) 将以可靠性为中心的维修 (RCM) 应用于波音 747 初始预定维修方案的制定中,总结出 1 个用于指导制定预定维修方案的文件,这便是后来所知道的 MSG-1 文件。MSG-1 在波音 747 的预定维修方案的制定中获得了巨大成功,随后逻辑决断方法在使用中进一步改善,应用获得的经验来更新逻辑决断法并删除波音 747 的具体内容,制定了 1 个适用于以后新型飞机

的通用性文件,即 MSG-2 :《航空公司 / 制造厂家的计划维修方案文件》。

新一代的飞机以及新的飞机设计思想(如损伤容限)的出现,推动着新版本 MSG 文件的产生。1980 年 9 月 30 日 1 个由 FAA 专家、生产厂家和运营商组成的工作组发布了新的 MSG-3 文件。主要的改进之处是严格区分了安全性后果和经济性后果,进一步将明显的和隐藏的功能故障分类和将结构老化细分为偶然损伤、环境恶化和疲劳损伤等。在其后的应用中,MSG-3 先后补充了应用经验、腐蚀预防和控制大纲等,形成了多个修订版本。

## 2 MSG-2 和 MSG-3 差异化分析

### 2.1 MSG-2 维修决断介绍

MSG-2 飞机的维修工作应用的分析逻辑是从组件 (Units) → 零部件 (component) → 分系统 (subsystem) → 飞机系统 (system) 的这种自下而上 / 从小到大的流程。应用分析逻辑到最低管理层面(组件层面、零部件层面、飞机系统或飞机层面逐层递加)为止,即只要可以为较低的管理层面指定一个适当的维修方式,就无需再对更高级管理层面指定维修方式。MSG-2 分析逻辑只对飞机系统和飞机结构进行分析,分析结果是飞机系统单独项目指定不同的维修方式,即定时维修、视情维修和状态监控维修方式。MSG-2 决断过程如图 1 所示。

### 2.2 MSG-3 维修决断介绍

MSG-3 是以 RCM 理论为基础的逻辑决断法,目的是制定一份建议书,以帮助确定预定维修方案的工作任务和维修间隔的方法,保持航空器的固有安全性和可靠性水平。MSG-3 并不强制要求被用于飞机预定维修方案的制定工作,但是事实证明,利用 MSG-3 制定预定维修方案是更加有效和易实现的。MSG-3 结构分析流程如图 2 所示。

### 2.3 MSG-2 和 MSG-3 差异化分析

MSG-2 规定了制订飞机系统 / 附件、动力装置和结构的预定维修大纲的一般要求、决断步骤和工作程序。MSG-2 分析特点是:(1) 自上而下;(2) 维修工时多。MSG-3 的分析工作是从飞机系统 (System) → 分系统 (Subsystem) → 零部件 (Component) → 组件 (Units)。这种从大到小 / 自上而下的流程,只要可以为上一级的

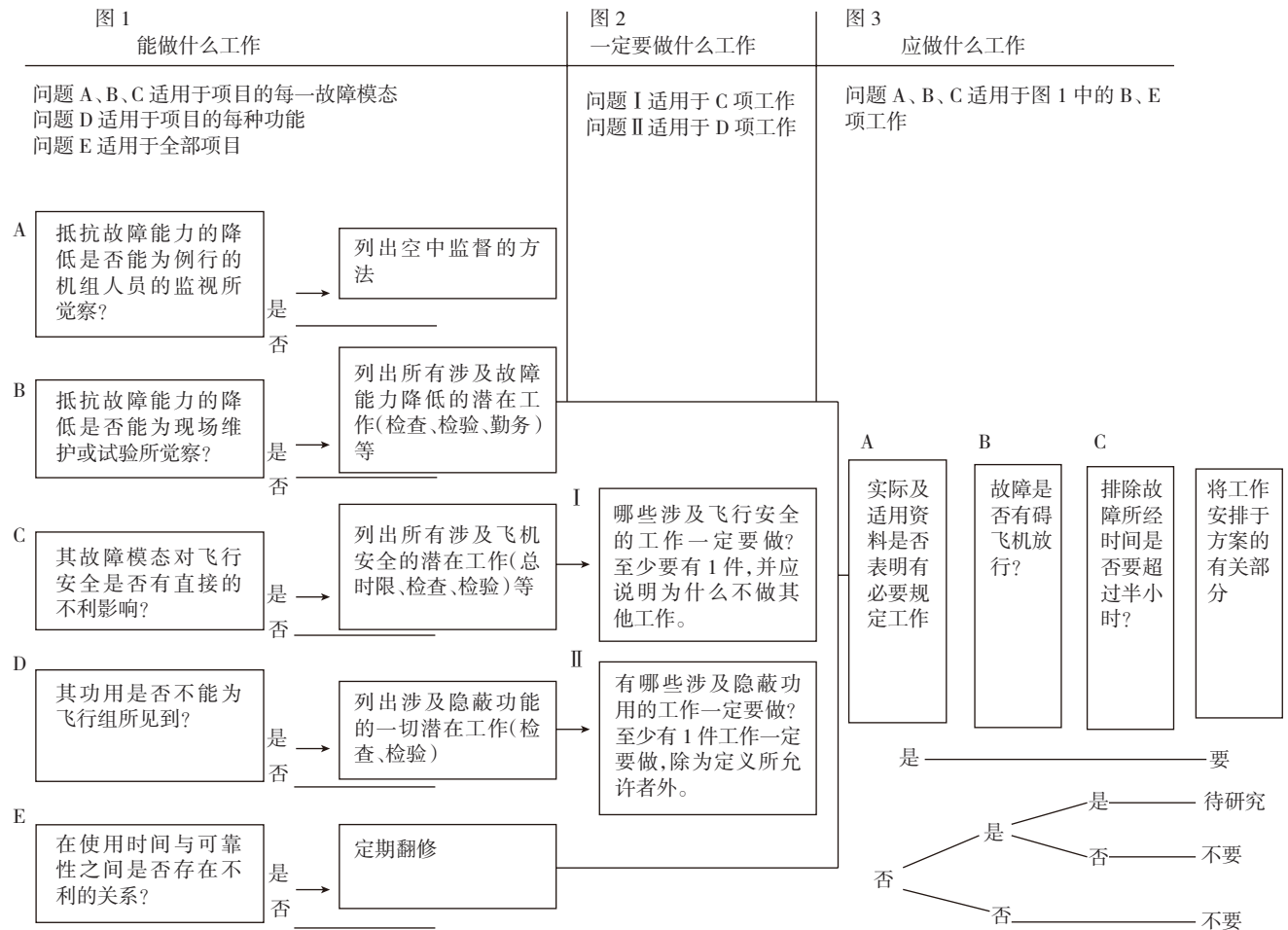


图1 MSG-2拟定维修大纲决断图  
Fig.1 MSG-2 maintenance program decision flow paths

管理层面指定 1 个适当的维修工作,就无需再对下一层面指定维修工作,二者分析逻辑对比图见图 3。

### 3 MSG-3 的特点和优势分析

总体来说,MSG-3 较 MSG-2 有若干优点,现分 7 个方面分别论述:

(1)MSG-2 没有区分故障的安全性影响和经济性影响。而 MSG-3 清楚地将故障后果分为明显的安全性影响,明显的使用性影响,明显的经济性影响,隐蔽的安全性影响和隐蔽的非安全性影响 5 大类。将做维修工作的安全性原因和经济性原因区分开来对待,对经济上来说宜做的工作和安全使用上来说必须做的工作做了明确的区分。

(2)MSG-2 的逻辑还不是很严密。用户在决定需要做什么工作时比较大的自主空间,可以选择他们喜欢或想做什么。在决策过程中,主观想法和感情需要被排除。MSG-3 有更加清晰和严谨的逻辑决断过程,通过对一系列具体是非问题的回答来确定工作,最大程度上排除如“我们应该已经做了……”、“以防万一……”

和“我们感觉这样做更好”等类似主观因素干扰。

(3)MSG-2 没有给隐蔽功能故障以足够的重视,在当今的飞机系统中,电子化和冗余设计越来越多地被运用,隐蔽功能故障出现的概率也随之增加,如果没有及时发现的话,有可能造成更加严重的多重故障后果,所以对隐蔽功能故障需要给予更多的关注。MSG-3 对故障后果的 5 个分类中,隐蔽的安全性影响和隐蔽的非安全性影响就是针对这个问题特别提出的,适合现代的飞机维修思想。

(4)MSG-3 增加了一些 FAA 的新的规章和要求,如 FAR25.571(损伤容限和结构疲劳评估)、老龄飞机、腐蚀预防和控制大纲、加强的区域分析程序和 L/HIRF 分析程序等。

(5)MSG-2 采用的是由下而上的逻辑分析方法,而 MSG-3 采用的是由上而下的逻辑分析方法,将维修项目的等级定得足够高以避免不必要的功能分析,但是又要低到经过适当的分析就能保证这个项目的所有功能、故障和引起故障的原因没有被遗漏。MSG-3 的逻辑分析方法可以得出比 MSG-2 更少的预定维修任务。举例来

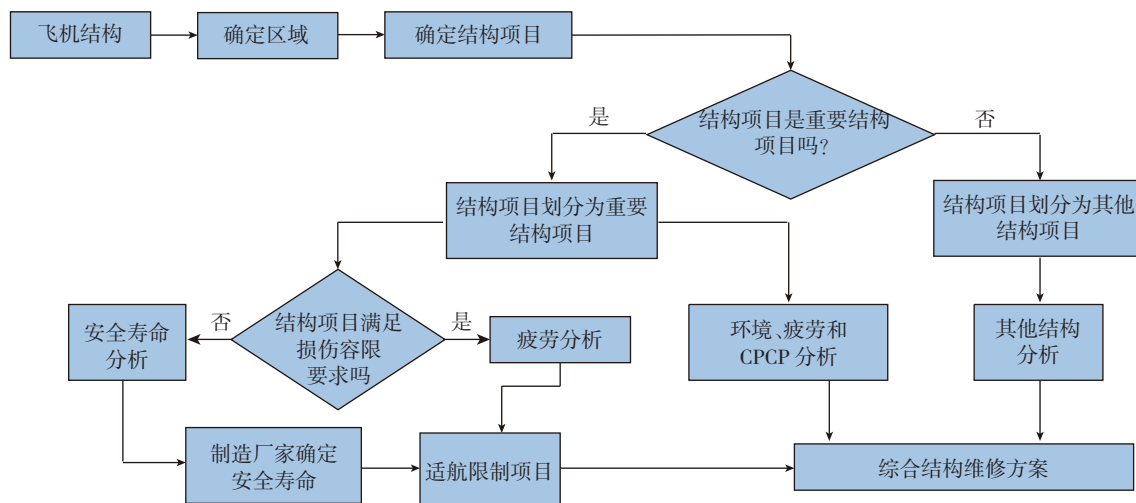


图2 结构分析流程简图

Fig.2 Logic diagram of structures treatment

MSG-2	MSG-3
分析逻辑的应用： · 飞机系统 · 飞机结构	飞行逻辑的应用 · 飞机系统 · 飞机结构 · 区域分析
针对维修方式的分析逻辑	针对维修工作的分析逻辑
自下而上的飞行逻辑 · 飞机 · 飞机系统 · 零部件 · 组件	自上而下的分析逻辑 · 飞机 · 飞机系统 · 零部件 · 组件
从最低的可管理层面开始分析	从最高的可管理层面开始分析
结果是定时 / 视情 / 监控维修方式	结果是：润滑 / 勤务、操作检查 / 目视检查、检查 / 功能测试、性能恢复和报废等

图3 MSG-2和MSG-3分析逻辑对比图

Fig.3 Logic comparison of MSG-2 and MSG-3 analysis

说,MSG-2分析程序认为对1个液压泵应该分析泵的哪一个或几个零件可能出现故障和故障的原因,并决定采取什么样的维修方式来预防这一个或几个零件的故障;相反地,MSG-3则着眼于因为液压泵的故障导致飞机液压系统功能的缺失情况,根据功能故障的后果(安全性还是使用性)来决定是否有适用和有效的工作可以采用。MSG-2的分析对象是某一个零件,而MSG-3的分析对象则着眼于系统执行正常功能的情况。

(6)MSG-2最后分析得出的是定时维修(HT)、视情维修(OC)和状态监控(CM)3种维修方式,这种定义比较容易让人混淆。如所做工作为视情维修时,应该做的具体工作是一般目视检查?还是详细检查?还是功能检查?又或是操作检查呢?MSG-3逻辑分析法最后确定的是具体的维修工作类别,如润滑勤务、功能检查或

报废等。这样就消除了对状态监控、视情和定时3个术语不同解释的混淆现象。从而消除了确定应完成哪些维修工作时所遇到的困难、应用确定维修工作类型的概念,使每个人都能看懂MRB报告,并清楚预定维修方案对某个项目的规定(例如:某个项目在A检做润滑工作,在C检做功能检查工作,在D检做恢复工作)。

(7)基于MSG-3的预定维修方案相对MSG-2的预定维修方案将会拥有更少的维修工作项目和更长的维修间隔。一方面,由于MSG-3的先进的维修思想和新的方法(如加强的区域检查),可以更少的工作来保持和恢复飞机的安全性;另一方面,更少的工作会产生更少的工作中的认为差错以及由此造成的额外维修工作。因此可以减小运营人的维修强度,降低其维修成本。

## 4 结论

通过介绍MSG维修思想发展历程,阐述2种维修思想产生的背景。通过分析、比较2种维修思想的逻辑决断过程,较为详细地对比2种思想存在的差异化,最后通过对比分析二者在MRB报告中的维修项目数和维修间隔的差别,证明了MSG-3的优越性。从已使用基于MSG-3维修方案的航空公司了解到,通过减少预定维修任务和增加维修间隔,可以大大降低人为差错和维修费用。

## 参考文献

- [1] 章文晋,孙福臣.航空公司机务维修计划管理系统开发.航空维修与工程,2003(6):53-54.
- [2] 吴国华,邢建民.航空公司运行管理系统建设初探.中国民航学院学报,2002,13(增刊2):1-5.
- [3] 王伟,孙有朝.从库恩范式理论谈民用飞机维修理念的变迁,2008,10(3):49-52.

(责编 古系)