

综述

zong shu



主最低设备清单(MMEL)评估报告的研究

余欣

(上海飞机设计研究院四性与产品支援设计设计研究部,上海 200232)

Research of Master Minimum Equipment List (MMEL)

Assessment Report

Yu Xin

(RAMSS Department of SADRI, Shanghai 200232, China)

摘要:介绍了制定民用飞机主最低设备清单(MMEL)的原因和MMEL的立项原则,阐述了MMEL评估报告的组成和MMEL论证部分的具体内容,并对各部分内容进行了详细说明;同时给出一个MMEL候选项目评估报告示例,并重点研究了MMEL候选项目的分析方法。

关键词:主最低设备清单(MMEL);评估;失效

【Abstract】 This paper firstly introduces the background of Master Minimum Equipment List (MMEL) and MMEL candidates determination principles. Also the composition and contents of MMEL assessment report are introduced. Furthermore, MMEL justification sections are introduced and explanation of each section is provided. In the meantime, a MMEL assessment report example is provided. Finally, MMEL candidates analysis methods are discussed.

【Key words】 Master Minimum Equipment List (MMEL); assessment; inoperative

0 引言

随着民用航空产业竞争的日益激烈,飞机的运营成本成为航空公司最关心的问题之一。如果一旦飞机有失效项目就要停飞,这将造成很大的资源浪费而使运营成本增加。因此,制造商应考虑如何在飞机的安全性和经济性中寻求最佳平衡,确保航空公司更经济和有效地利用资源,而主最低设备清单(MMEL)就是在保持飞机安全水平的情况下,通过使用适当的限制允许某些设备项目可以处于不工作时飞机能够进行短时间的运行。运营人依据MMEL制定最低设备清单(MEL),从而在等效的安全水平上提高飞机的签派可靠性和利用率。

MMEL评估报告(包含了所有建议列入主最低设备清单的设备的工程评估)是用于向局方提出MMEL候选项目的支持材料,通过定量安全分析、定性安全分析、冗余性分析、经验分析或飞行试验等技术来验证在一定的限制条件下某个设备不工作能够达到规定的安全飞行水平,它对MMEL的最终批准起着至关重要的作用。

1 MMEL评估报告的组成

初始主最低设备清单评估报告应包括MMEL候选项目和评估,并应与ATA2200标准编号系统保持一致。每个MMEL候选项目和评估应包括两个部分:

(1)MMEL候选项目部分;

(2)MMEL论证部分。

1.1 MMEL候选项目部分

1.1.1 MMEL的立项原则

(1)MMEL不应包括任何失效时会严重影响飞机的起飞、着陆或爬升性能的设备;

(2)MMEL不应包括任何与飞机飞行手册(AFM)的限制、构型偏离清单(CDL)或者适航指令发生冲突的设备;

(3)对飞行安全性影响较大,但由于飞机的冗余设计,在一定的限制条件下或通过调整操作程序或维修程序仍可达到适航安全要求的设备,应编入MMEL;

(4)对飞行安全性影响较小或无影响的设备,如旅客娱乐系统,一般不应编入MMEL。

1.1.2 MMEL候选项目部分的组成

MMEL候选项目部分应包括以下信息:

(1)系统和序号;

(2)修复期限类别;

(3)安装数量;

(4)签派所需数量;

(5)备注和例外。

咨询通告AC-121/135-49《民用飞机主最低设备清单、最低设备清单的制定和批准》中详细说明了修复期限的分类、安装数量、签派所需数量的定义以及备注和例外。

1.2 MMEL论证部分

在MMEL候选项目部分后为MMEL论证部分,

包括了 MMEL 候选项目的证明支持材料。这部分包括以下几部分:

- (1) 系统说明;
- (2) 失效影响;
- (3) 航路并发失效的影响;
- (4) 维修程序(M);
- (5) 运行程序(O)。

MMEL 论证部分的内容应包含所有建议列入最低设备清单的设备的工程评估,用以证明在列入 MMEL 的设备项目不工作时能够达到要求的安全水平。

1.2.1 系统说明

“系统说明”部分应当包括所考虑的系统或设备的说明,包括其功能、操作和有助于评估候选项目的其他详情,可用原理图或者其他系统图来辅助说明。该部分应提供 MMEL 候选项目适用的控制开关、控制面板、断路器、失效的安全位置以及可以将 MMEL 候选项目可靠地固定在特定位置上的设计特征等。

1.2.2 失效影响

“失效影响”部分应提供以下信息:

- (1) MMEL 候选项目失效对系统操作的影响;
- (2) 对飞机运行(性能)的影响;
- (3) 对飞行机组的影响;
- (4) 当飞机带有其它 MMEL 候选项目不工作时,不工作的 MMEL 候选项目对飞机或飞行机组的影响。

同时,还应包括当前状态下显示的 EICAS 信息,指示 MMEL 候选项目失效和/或提供何人(即机组和/或维护人员)可能发现失效和何时可能发现失效的详细信息。

1.2.3 航路并发失效的影响

除评估带有不工作项目运行的潜在后果外,文件中还应当考虑其他关键部件的并发失效与不工作项目之间的干扰、对 AFM 程序的影响和增加飞行机组负荷等因素,同时应包括当前状态下显示的 EICAS 信息。

在分析航路并发失效时,不考虑其他关键部件并发失效发生的概率,仅考虑其影响。使用工程判断,MMEL 分析人决定哪些失效应被认定为“航路并发失效”。下述的基本失效类型可供 MMEL 分析人在选择“航路并发失效”时参考:失去一台发动机(地面和空中)、中断起飞、失去一套液压系统、电源

系统失效导致飞机电源仅由重要电源系统提供。

1.2.4 维修程序(M)

“维修程序”部分应列出在带失效项目飞行前必须执行的维修程序,通常由维修人员完成。

如果关联的 AMM 任务是完整的维修程序,在制定 MMEL 候选项目时应提供维修任务编号。这部分不需提供维修程序的制定理由,应在之前的部分提供。

1.2.5 运行程序(O)

“运行程序”部分应列出飞机在带失效项目飞行时必须执行的操作程序,通常由机组人员完成。MMEL 候选项目的(M)(O)程序需要考虑所有可能的运行情况,但不限于白天、夜间、结冰、降雨、目视飞行气象条件下或 ETOPS 运行等。

当飞机使用 MMEL 运营时,AFM 的非正常程序可能受影响,因为 AFM 程序可能依赖于不工作的 MMEL 候选项目。在这种情况下,应在“O”程序部分提供备用的操作程序。这些操作程序应以“做什么”句子格式提供指导,而不是按 AFM 程序格式按部就班的指导“怎样做”。

2 MMEL 评估报告的示例

MMEL 候选项目评估报告的示例如表 1 所示。

3 MMEL 候选项目的分析

MMEL 候选项目的分析用以证实 MMEL 候选项目在一定的限制条件下能够达到所规定的安全水平。保持所需的安全水平将通过限制运行条件、使用正常工作的冗余部件或具有相同功能的备用部件、调整操作程序以及调整维修程序等方法来实现。

3.1 定量安全分析

现代飞机越来越依赖其复杂系统的安全运行,这导致系统综合技术得到不断发展,以保证达到必要的安全飞行水平。这一安全飞行水平的基本原则是,事件导致的危险程度应该与该事件发生的概率成反比。判定是否符合标准通常是通过进行系统定量安全评估来完成的。

定量安全评估确定了系统可能产生的重大的、危险的、灾难性状态或者系统失效状态允许发生的概率。对于失效后可能会导致危险或灾难性状态发生的关键系统,通常需要进行一系列概率分析,以证明是否符合允许发生的概率。对于非关键的部件或系统,安全评估可以进行一定的简化。任何特定失

表 1 MMEL 候选项目评估报告示例

航空器		修订号:		页码
(1)系统和序号		(2)修复期限类别		
设备项目		(3)安装数量		
		2	(4)签派或放行所需数量	
21-21-01 电子设备冷却风扇 C	1		(5)备注和例外 (M)满足以下条件,一个电子设备冷却风扇可以不工作: 1. 确认另一个电子设备冷却风扇工作正常; 2. 确认电子设备排气活门工作正常。	
<p>(1)系统说明: 电子、电气设备通风系统主要用于电子设备和显示器的通风和冷却,系统主要由两个电子设备冷却风扇、一个电子设备排气活门和导管组成。</p> <p>通过电子设备冷却风扇的抽吸作用,将电子电气设备舱和显示器产生的热量带走,保证电子设备和显示器的正常工作。正常情况下,两个电子设备冷却风扇交替工作,其中一个处于工作状态时,另一个处于备用状态。当工作状态的风扇失效时,备用风扇自动切换进入工作状态。两个风扇在正常工作时每一起落或工作日自动切换,交替工作。在飞行中若两个风扇都失效而不能正常工作时,电子设备排气活门将自动打开,利用座舱内外的压差,抽吸舱内气体对电子设备进行冷却。</p> <p>(2)审定基础: 无</p> <p>(3)失效影响: 如果一个电子设备冷却风扇失效,EICAS 将显示“AVIONICS VENT FAULT”信息。备用风扇自动切换进入工作状态,不影响电子设备散热,不影响飞行安全,不增加机组工作负荷。</p> <p>(4)航路并发失效的影响: 如果一个电子设备冷却风扇失效后,另一个电子设备冷却风扇也失效,电子设备排气活门将自动打开,利用座舱内外的压差,抽吸舱内气体对电子设备进行冷却。不影响飞行安全,不增加机组工作负荷。</p> <p>(5)运行程序(O)和/或维修程序(M): (M)电子设备冷却风扇不工作时,完成下列工作: 1. 拔掉失效的风扇插头并固定; 2. 放置“INOPERATIVE-DO NOT OPERATE”警告标识。</p>				

效状态所产生的风险取决于失效率、该系统的数量以及在这种风险下运行的时间。

当关键系统中的设备项目被包括在 MMEL 中时,在安全评估过程中还要考虑其失效特性。对于临时带有这种不工作设备而对飞行产生的额外风险应予以评估,并且这种风险应符合在型号审定过程中确定的可接受的发生概率。

如果不能通过上述方法或标准对设备项目进行验证,那么就要进行安全分析,包括在特定设备项目不工作期间由于其他的失效、问题或环境条件所导

致的最严重情况的风险进行定量分析。必须要注意,当使用 MMEL 运行时要减少不工作设备的运行时间,并且发生特殊危险的可能性不应超过针对飞机型号设计和运行所制定的最低标准规定的安全水平。^[1-2]

MMEL 决定系统可以带什么失效项目运行,以及可运行的最长时间。这就控制了带失效项目运行的暴露时间。不同的是 MMEL 允许带失效项目运行的系统故障树中的暴露时间应该比失效前的系统故障树中的暴露时间短。当采用定量安全分析时必

须考虑失效的修复期限。

3.2 定性安全分析

如果将一个设备项目列入到 MMEL 中,那么必须对其进行定性分析从而确定不工作设备项目对飞机运行的所有其它方面产生的影响。定性分析必须要考虑对机组工作量的影响、MMEL 多个设备项目的影 响以及维修和操作程序的复杂性。^[3]

以一个座舱压力控制系统的 MMEL 候选项目分析为例,通过定性安全分析的方法分析压力控制面板上的压差指示器不工作时对飞机运行的所有其它方面产生的影响。JAR 25.841(b)(5)要求在增压飞行时,飞行员必须能通过仪表指示获得座舱压力与外界大气压力的压差信息,此时必须满足以下条件之一:

(1)座舱高度表必须正常工作,且飞机高度和座舱高度的关系图必须显示压差正常;

(2)飞机进行非增压飞行。

因此,当飞机在增压状态下飞行时,机组人员可以通过高度表、座舱高度表以及飞机高度和座舱高度的关系图可以确定飞行过程中是否能保持合适的压差。如果压差指示器不工作时,放行不会显著影响机组负荷,且航路并发失效的影响是可接受的,则压差指示器可以作为 MMEL 候选项目。这里“可接受”是基于其余正常工作的设备能否提供要求的最低安全水平以及飞机能否持续正常运行的评估。^[4]

3.3 冗余性分析

如果被选部件或系统的用途或功能能够被其它设备项目所代替,那么该部件或系统可以被认为是冗余项目,条件是能够证实该设备项目的替代设备正常工作。MMEL 允许带失效项目运行的系统往往是有冗余的系统,这样才能保证该系统剩余部分的安全性满足适航规章中的最低要求。当飞机装有选装设备运行时,如果某个特定飞行条件或飞行航线已经达到了安全运行要求,则该设备可以不工作,此时该设备可列入 MMEL 候选设备。

如果飞机型号审定基础要求具有两项(或多于两项)功能或信息来源,那么冗余就不能被视为将该设备项目归于 MMEL 的充分理由。对于这种情况,可以用另一种确证方法,例如上述的安全分析。^[2]

3.4 经验分析

对于出现在其他机型主最低设备清单中的相同或相似设备,需要具体分析其运行环境以及系统构

型等方面的相似性来确定失效对飞行安全和可靠性的影响,从而判断其能否被列入 MMEL。也就是说,其它飞机型号的共同设备项目先前获得 MMEL 的批准并不能表示其就达到所要求的安全水平,还必须考虑系统运行和飞机运行任务的相似性。

4 结论

在民用飞机的设计中,不仅要保证安全性,要求所有安装在飞机上的设备应符合适航规章和运行要求,同时还应考虑航空运输的便利性和经济性。实际上,随着科技水平的提高,飞机在设计时的余度增加,飞机的可靠性进一步提高,当其余正常工作的设备能够提供可接受的安全水平时,某些不是在所有运行条件下都必需的设备可以不工作。MMEL 允许通过使用适当的限制在保持飞机安全水平的情况下,某些设备项目在不工作时飞机能够进行短时间的安全飞行,从而提高了飞机的签派可靠性和利用率,为公众提供更方便和经济的航空运输。

MMEL 评估报告是用于向局方提出 MMEL 候选项目的支持材料,用以证实在一定的限制条件下,某个设备不工作能够达到规定的安全水平,对 MMEL 的最终批准以及飞机的取证起着至关重要的作用,值得深入研究。

目前,在我国民用飞机的自主研制中,MMEL 的编制和评估经验少之又少,本文通过对所提及的参考文献的研究,对 MMEL 评估报告提出了初步建议,为 MMEL 评估工作的开展打下了一个良好的基础。

参考文献:

- [1]AC-121/135-49.民用飞机主最低设备清单、最低设备清单的制定和批准,2005.12.
- [2]ICAO MMEL MEL Policy and Procedures Manual,2007.1.
- [3]MD-FS-AEG002 MMEL 建议项目政策指南,2009.4.
- [4]JAA Master Minimum Equipment List Procedures Manual,2007.1.
- [5]Master Minimum Equipment List (MMEL) Agenda Proposal & Coordination Process,2008.6.
- [6]许科龙.民用航空器主最低设备清单建议书(PMMEL)编制工作研究[J].民用飞机设计与研究,2009(1):22-28.