

民机驾驶舱显示器维修性设计中的拆装考虑

连超* 章剑飞

(中国航空无线电电子研究所,上海 200241)

摘 要:

针对民用飞机驾驶舱显示器的结构设计,考虑运行阶段的航线维修过程中显示器拆卸与安装的快捷性和简便性,从维修性设计角度出发,基于显示器维修性定量需求和维修性定性需求,提出显示器正向拆装设计评估模型,包括显示器拆装设计评估工作时间轴和显示器拆装设计评估流程。同时,结合实例对拆装设计评估流程进行应用,以说明该方法的有效性。本文提出的正向拆装设计评估模型能够为民用飞机驾驶舱显示器及相似设备的研制工作提供有力的技术支持和保障。

关键词: 显示器;维修性;拆装设计;评估

中图分类号: 243.6

文献标识码: A

OSID:



0 引言

航空维修不仅守护着航空器的健康,还保障着民用飞机的安全稳定运行。当民用飞机发生故障时,人们总是希望能够快速、准确、经济地修复飞机,以保证飞机的正常使用。

维修性是由产品设计赋予的使之维修方便、快速、经济的质量特性,也是在飞机运行阶段的维修过程中体现的质量特性。伴随着产品结构的设计定型,维修性也成为了产品的固有属性^[1]。

飞机过站期间,需要对飞机进行航线短停维护^[2]。飞机航线短停维护的关键要素是拆卸和安装外场可更换单元,因此快速、方便地拆装外场可更换单元是系统维修性设计的目标。如果可以有效缩短拆装外场可更换单元的时间以满足飞机航线短停维护的时间要求,则可以避免因飞机故障造成的航班延误,从而不影响接续航班的运行。

对于显示器研制而言,在显示器研制出来之前,当维修性定量指标和维修性定性需求被转化为维修性技术解决方案时,就应及时开展维修性设计的评估,包括显示器拆装设计的评估,以减少显示器研制

出来后再开展设计更改所带来的成本上升和进度推迟。

本文结合实际工程经验,提出了在显示器研制出来前先评估其拆装设计的方法,第一节提出了显示器拆装设计评估工作时间轴,第二节提出了显示器拆装设计评估流程,第三节总结了显示器维修性设计中的拆装考虑。该方法不仅能够为民用飞机系统设备研制提供参考,还可以有效节省研制成本,提高系统设备研制效率。

1 显示器拆装设计评估工作时间轴

在民用飞机驾驶舱显示器研制过程中,其拆装设计评估工作时间轴如图 1 所示,其中虚线表示控制流,实线表示数据流,不同阶段拆卸设计评估的内容各不相同。

1) 系统需求评审阶段的内容即评审显示器系统维修性需求,评审通过后开展显示器设备维修性需求捕获和初步的维修性分析(包括确定拆装设计评估方法)。

2) 初步设计评审阶段的内容即评审分配得到的设备维修性需求(包括分解得到的拆装时间需

* 通信作者. E-mail: lianchaoyouss@163.com

引用格式: 连超,章剑飞. 民机驾驶舱显示器维修性设计中的拆装考虑[J]. 民用飞机设计与研究,2019(3):94-98. LIAN C, ZHANG J F. Removal and Installation Consideration of Maintainability Design for the Display Unit in Civil Aircraft Cockpit [J]. Civil Aircraft Design and Research, 2019(3):94-98(in Chinese).

求)和拆装设计评估方法,评审通过后开展产品结构设计和中间维修性分析(包括中间拆装设计评估)。

3) 详细设计评审阶段的内容即评审中间拆装设计评估结果,评审通过后开展产品结构设计更新和最终维修性分析(包括最终拆装设计评估)。

4) 测试准备评审阶段的内容即评审最终拆装设计评估结果。评审通过后开展显示器系统拆装演示验证活动,以验证显示器系统设计的有效性。

在显示器研制的各个阶段,会不断增强显示器拆装设计评估的准确度。本文主要讨论显示器拆装设计与设计方案评估,不包括维修性验证过程中的拆装演示验证。

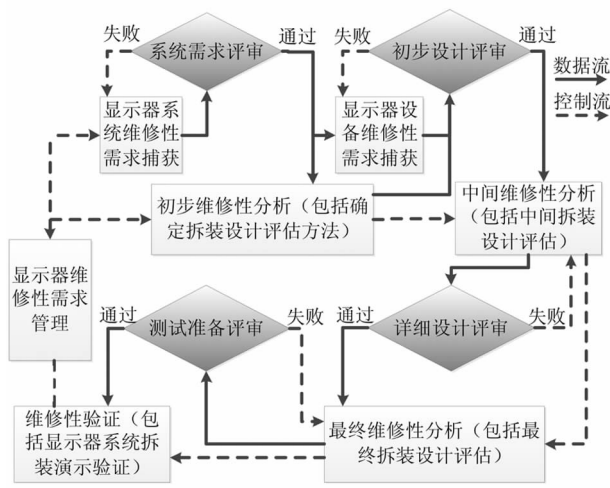


图1 显示器拆装设计评估工作的时间轴

2 显示器拆装设计评估流程

在民用飞机驾驶舱显示器研制过程中,其拆装设计评估流程如图2所示。首先,分解维修性需求为维修性定量需求与维修性定性需求。然后,依据维修性定量需求,分解得到拆装时间需求;依据维修性定性需求,确定拆装设计准则需求。其次,按照拆装时间需求和拆装设计准则需求,开展产品结构设计。再次,开展拆装设计评估,包括定量评估和定性评估。根据评估结果开展不同工作,如果评估结果与需求一致,那么向客户提交结构设计方案;如果评估结果与需求不一致,那么开展拆装设计评审;如果确定更改设计,则再次迭代开展结构设计与拆装设计评估,否则对设计方案开展影响性评估,同时向客户提交结构设计方案。

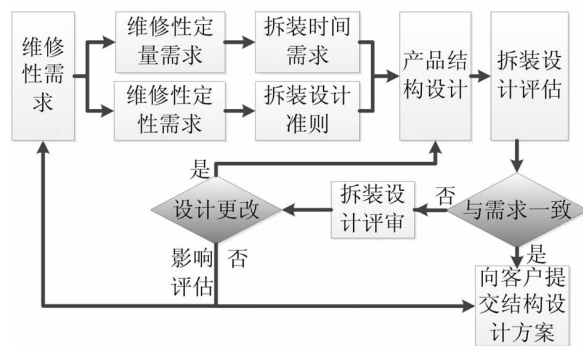


图2 显示器拆装设计评估流程图

2.1 分解维修性需求

对于显示器研制来说,不仅要满足其本身的功能设计需求,从全生命周期设计和航空公司经济性考虑,还应满足维修性需求^[3]。与拆装显示器相关的维修性需求通常包括维修性定性需求和维修性定量需求,下面分别进行说明。

与显示器拆装设计相关的维修性定量需求主要是航线级平均修复时间指标,即显示器的平均修复时间(MTTR)(航线级维修)应该小于或等于15 min,这些时间包括所需的测试和装配操作,不包括软件加载时间和管理或后勤供应造成的延误时间。

与显示器拆装设计相关的维修性定性需求主要包括以下方面:可达性、维修人为因素、防维修差错、识别标记、维修安全性、调整和校准等。

2.2 确定拆装时间需求和拆装设计准则

依据2.1节分解得到的显示器拆装设计需求(维修性定量需求和维修性定性需求),进一步分析确定显示器拆装时间需求和拆装设计准则。

2.2.1 确定拆装时间需求

依据2.1节提出的显示器维修性定量需求,即显示器的平均修复时间(航线级维修)应该不大于15 min,这些时间包括所需的故障隔离、分解、换件、安装和检验。机内自测试被用于显示器的故障隔离和修复检验,因此,平均修复时间减去故障隔离和修复检验所需机内自测试运行时间可以得出拆装时间。假设显示器故障隔离和修复检验所需机内自测试运行消耗的时间是8 min,则可以得出显示器的拆装时间需求,即显示器的拆装时间(航线级维修)应该不大于7 min。

2.2.2 确定拆装设计准则

在进行显示器拆装设计时,一般会给出显示器拆装简便方面的设计准则,要求在设计中把设计准

则考虑进去。

为了提高显示器在航线维修中的拆装性,按照 2.1 节提出的显示器维修性定性需求方面,需要在设计中考虑的拆装设计准则见表 1。

表 1 显示器拆装设计准则

维修性定性需求方面	编号	拆装设计准则
可达性	1	显示器的布置应能方便拆卸和安装,并应尽可能不拆卸邻近的其他设备和部件
	2	显示器尽量采用快卸式设计,以便维修人员快速拆卸
	3	显示器应提供把手,以方便维修人员拆装
维修人为因素	4	显示器应具有防差错措施,以阻止插头被安装到错误的插座中
防维修差错	5	显示器应具有识别标志,便于安装并防止发生安装错误
识别标记	6	显示器的暴露边角应被设计成半径大于 0.75 mm 的圆角
	7	拆装显示器会触碰到的边角应被设计成半径大于 1.3 mm 的圆角
维修安全性	8	拆装显示器应不需要进行装配钻孔、焊接或校准
调整 and 校准		

2.3 拆装设计评估

根据显示器的安装方式、航插和紧固件等参数确定飞机上拆卸和安装显示器的程序及所需时间,然后定量评估显示器拆装设计的好坏程度。同时,根据显示器工程图纸定性评估显示器拆装设计的好坏程度。

2.3.1 定量评估

考虑显示器的航线级维修,其拆装时间要素定义如下^[4]:

a) 拆卸时间:拆卸设备以便达到在故障隔离过程中所确定的那个外场可更换单元所需的时间。

b) 安装时间:更换失效的或怀疑失效的外场可更换单元,并且重新结合设备所需的时间。

使用表 2 说明显示器的拆装程序及所需时间。

拆装时间约束局限于受供应商控制的参数,此类参数由拆卸时间和安装时间组成。并且,软件加载时间和管理或后勤供应造成的延误时间被排除在

拆装定量评估之外。

表 2 显示器拆装程序及所需时间

活动	对象	基本拆装作业说明	每步时间 (min)	时间标准序号	数量	小计时间 (min)
拆卸	显示器	拆卸...	...	...	...	...
安装	显示器	安装...	...	...	...	...
合计时间						...

为了定量评估显示器的拆装设计,需要考虑的两个因素是故障率和拆装时间。首先,确定每个外场可更换单元的故障率 λ ,然后求和得到显示器的总故障率 $\sum \lambda$ 。确定每个外场可更换单元拆卸和安装活动消耗的时间 t ,将拆装时间与故障率相乘得到 λt ,表示每个外场可更换单元的拆装时间。然后,对每个外场可更换单元的拆装时间乘积 λt 进行求和,得到显示器的总拆装时间 $\sum \lambda t$ 。显示器的拆装时间 T 通过以下式子进行计算。

$$T = \frac{\sum \lambda t}{\sum \lambda}$$

(1)

使用式(1)计算得出显示器拆装时间的预计值,然后与拆装时间需求值进行比较,可以判断是否满足拆装时间需求。

2.3.2 定性评估

基于显示器的需求规范,生成工程设计图样后,对已有设计方案进行拆装设计准则符合性检查,保证显示器的拆装简便性。使用表 3 说明显示器的拆装设计准则符合性评估结果。

表 3 显示器定性评估检查表

编号	显示器拆装设计准则	符合性说明	符合性结果
1	显示器的布置应能方便拆卸和安装,并应尽可能不拆卸邻近的其他设备和部件	...	...
...

2.4 拆装需求符合性结果

民机驾驶舱显示器一般包含显示单元和主动制冷装置(风扇盒)。根据显示器工程图纸中给出的紧固件、航插和安装形式确定显示器拆卸和安装步骤,依据 MIL-HDBK-470A 附录 D 中表格 D-IV 的基本维修作业时间来估算拆卸和安装活动所需的时间^[5]。显示器(显示单元和风扇盒)拆装步骤及消

耗的时间如表 4 和表 5 所示。

表 4 显示单元拆卸/安装程序及所需时间预计

活动	对象	基本拆装 作业说明	每步时间 (min)	时间标 准序号	数 量	小计时间 (min)
拆卸	故障显示 单元	松开钩子	0.03	10	2	0.06
拆卸	故障显示 单元	使用把手 向外拉出 显示单元	0.09	37	1	0.09
安装	故障显示 单元	安装防尘 盖	0.03	54	2	0.06
拆卸	备用显示 单元	移除防尘 盖	0.04	54	2	0.08
安装	备用显示 单元	使用把手 向内推进 显示单元	0.11	37	1	0.11
安装	备用显示 单元	扣紧钩子	0.03	10	2	0.06
合计时间						0.46

表 5 风扇盒拆卸/安装程序及所需时间预计

活动	对象	基本拆装 作业说明	每步时间 (min)	时间标准 序号	数 量	小计时间 (min)
拆卸	显示单元	松开钩子	0.03	10	2	0.06
拆卸	显示单元	使用把手 向外拉出 显示单元	0.09	37	1	0.09
拆卸	故障风扇 盒	移除螺钉	0.15	3	4	0.60
拆卸	故障风扇 盒	向外拉动 松开风扇 插头	0.04	27	1	0.04
安装	故障风扇 盒	安装防尘 盖	0.03	54	2	0.06
拆卸	备用风扇 盒	移除防尘 盖	0.04	54	2	0.08
安装	备用风扇 盒	向里推动 连接风扇 插头	0.04	27	1	0.04
安装	备用风扇 盒	安装螺钉	0.20	3	4	0.80
安装	显示单元	使用把手 向内推进 显示单元	0.11	37	1	0.11
安装	显示单元	扣紧钩子	0.03	10	2	0.06
合计时间						1.94

依据表 4 和表 5 分别对显示单元和风扇盒的拆卸和安装时间进行求和,得到显示器的拆装时间预计数据见表 6。

表 6 显示器拆装时间预计数据

外场可更 换单元	故障 率 λ	拆卸 时间	安装 时间	拆装时间 t (min)	拆装时间与故 障率的乘积 λt
显示单元	0.005	0.21	0.25	0.46	0.002 3
风扇盒	0.006	0.85	1.09	1.94	0.011 64
总故障率	0.011	总拆装时间			0.013 94

使用式(1)和表 6 计算得到显示器的拆装时间预计值为 1.267 3 min。

从定量角度评估显示器拆装设计,参见表 7,可以得出显示器拆装设计方案满足其拆装时间需求。

表 7 显示器拆装时间需求与预计值对应表

显示器拆装时间需求值	显示器拆装时间预计值
7min	1.267 3min

表 8 显示器拆装设计准则符合性检查表

编号	显示器拆装设计 准则	符合性说明	符合性 结果
1	显示器的布置应能方便拆卸和安装,并应尽可能不拆卸邻近的其他设备和部件	显示单元被安装在显示器托架上,托架的钩子和把手用于拆装显示单元。拆卸显示单元后,不需拆卸显示器托架就可以拆装风扇盒	是
2	显示器尽量采用快卸式设计,以方便维修人员快速拆卸	显示单元能从托架上被方便快速地拆卸,风扇盒采用快卸式螺钉	是
3	显示器应提供把手,以方便维修人员拆装	显示器托架结构件提供两个把手	是
4	显示器应具有防差错措施,以阻止插头被安装到错误的插座中	显示器托架结构件的三个销用于显示单元插座与其插头的定位。拆卸显示单元后,再拆装风扇盒,并且风扇盒插头的矩形外壳尺寸小于显示单元插座插头的矩形外壳尺寸	是
5	显示器应具有识别标志,以使安装方便并防止发生安装错误	显示单元铭牌被安装在显示单元机箱后盖的中上部位置。风扇盒铭牌被安装在风扇盒的前部中间位置	是
6	显示器的暴露边角应被设计成半径大于 0.75 mm 的圆角	显示单元暴露棱角边的设计半径为 2.5 mm 到 3 mm 的圆角	是
7	拆装显示器会触碰到的边角应被设计成半径大于 1.3 mm 的圆角	拆装显示单元会触碰到边角的设计半径为 3 mm 的圆角	是
8	拆装显示器应不需要进行装配钻孔、焊接或校准	显示单元和风扇盒被安装在显示器托架上,显示单元和风扇盒不需要进行装配钻孔、焊接或校准就可以被拆装	是

从定性角度评估显示器拆装设计,参见表 8,得出显示器拆装设计方案符合拆装设计准则。

3 结论

本文面向民机驾驶舱显示器的结构设计,从维修性设计角度出发,提出了显示器拆装设计评估工作时间轴和显示器拆装设计评估流程,并结合显示器设计情况对评估流程进行应用。该方法能够用于显示器研制中的拆装设计考虑,即通过应用显示器拆装设计评估流程方法,以提高显示器拆装性设计品质和效率。

需要说明的是,整个设计过程中都存在拆装设计评估,拆装设计评估工作是一个不断迭代与深入的过程。本文提出的拆装设计评估方法可以评判拆装设计方案,发现产品拆装性设计的不足,从而对产品进行改进和优化。显示器拆装设计评估方法对飞机显示器研制具有一定指导作用,对其他相似设备的设计具有参考价值。

参考文献:

- [1] 郭博智,王敏芹,吴昊. 民用飞机维修性工程[M]. 1 版. 北京:航空工业出版社,2018: 3-8.
- [2] 阎旭东. 维修性设计在民用飞机环控系统中的应用[J]. 民用飞机设计与研究, 2016, 121(2): 82-84.
- [3] 任斌. 民用飞机结构维修性设计研究综述[J]. 科技信息, 2012(12): 402.
- [4] GJB/Z 57-94. 维修性分配与预计手册[S]. 中华人民共和国国家军用标准, 1995: 67.
- [5] MIL-HDBK-470A. Designing and developing maintainable products and systems [S]. US military standardization handbook, 1997: appendix D: 30-45.

作者简介

连超 男,硕士,工程师。主要研究方向:民机系统安全性评估,维修性设计、维修工程分析。E-mail: lianchaoyouss@163.com

章剑飞 男,硕士,工程师,主要研究方向:民机系统配置管理技术,计算机网络。E-mail: zhang_jianfei@careri.com

Removal and Installation Consideration of Maintainability Design for the Display Unit in Civil Aircraft Cockpit

LIAN Chao * ZHANG Jianfei

(China Aeronautical Radio Electronics Research Institute, Shanghai 200241, China)

Abstract: For the structure design of the display unit in civil aircraft cockpit, considering quickness and convenience of display unit removal and installation during flight line maintenance in operational phase, from the point of maintainability design, based on maintainability quantitative requirement and maintainability qualitative requirement of the display unit, the positive design assessment model of removal and installation was proposed, which included the work timeline and process of the design assessment for removal and installation. An example is applied to explain this process to demonstrate the validity of this method. This proposed model can provide strong technical support to the development work of civil aircraft display unit and similar equipment.

Keywords: display unit; maintainability; design of removal and installation; assessment

* Corresponding author. E-mail: lianchaoyouss@163.com