

# 飞机结构维修性设计

603所 王 哲

**摘 要** 本文从结构角度论述了飞机的维修性设计要求,并就维修口盖设计应注意的问题进行了总结。

**关键词:** 结构设计 飞机维修性

## 1 概述

维修性的好坏直接影响到飞机的维修时间、费用和出勤率,是衡量飞机战斗力的一个重要指标,是决定飞机战备完好性和战斗持续性的的重要因素,是设计时赋予飞机本身的固有属性。在方案论证、打样设计、详细发图等每个环节中都应重视维修性设计;其中,对可达性、互换性、保养性、安全可靠性和防差错设计等均应按GJB312、GJB368规范进行贯彻。本文重点从结构设计的角度论述飞机的维修性设计问题。

设计飞机雷达罩、发动机短舱时,应考虑雷达、发动机的维修性,使维护省时省力,缩短拆装时间。系统设备舱布置及口盖设计应按外场使用情况进行精化。为降低应力水平,提高抗疲劳性能,减少结构破坏修理次数,多选用抗疲劳性能好、强度高的进口预拉伸板,并大量采用小气密埋头铆钉和湿装配,提高连接抗疲劳性能,以及选用进口单面铆钉、高锁螺栓,以减少结构掉钉修理概率等。

## 2 飞机结构维修性设计要求

- 结构设计应满足飞机寿命要求;
- 维护使用方便,再次起飞准备时间、首翻期、平均维护时间等要符合战术、技术指

标的要求;

- 考虑到结构破坏和断裂会发生昂贵的使用、维护费用,重要结构要按损伤容限和耐久性设计,减少维修内容和降低维修技能要求,并符合维修人素工程要求;

- 关键受力结构要易于检查,检查困难的可按安全寿命设计;

- 注重可达性设计,同类设备应集中布置,尽量使设备专业化、模块化;飞机维修口盖的设置,要为飞机系统、设备、机件提供良好的可达性;

- 需要经常打开的口盖,如压力加油口盖、充氧口盖、电源插座口盖、弹箱口盖等,无论是开启和关闭都必须保证迅速简便,且毋需使用一种以上工具;

- 应尽量保证维护人员站在地面(不登高)就能进行大部分飞机日常维护工作;

- 在维修时需要更换的机件应能互换,并易于使用者更换;

- 应注意防差错设计,确实保证使用维护安全。

## 3 飞机结构维护性设计

在早期的飞机设计中,维修性还没有引起足够的重视。在战术技术要求中,也只有使用维护简便,再次起飞准备时间的要求。现代飞机将维修性提高到与飞机其它性能同等重要的程度,设计之初,就应与用户、维

修性专家讨论维修性问题,并制定维修大纲,参照GJB312、GJB368等规范对飞机结构维修性要求进行设计,内容包括设备布置、结构形式、材料选择和口盖的大小、数量、开启方式等。

### 3.1 结构设备布置

- 设备舱应按专业和维修频度相对集中布置。维修频度不高的设备布置在上舱,需要经常维修、检查的设备布置在下舱,机载设备应集成模块化、专业化,拆装为抽屉式,按维修频度及重要程度进行合理布置;

- 进入设备舱要有专门的快卸式维修通道,使各专业可同时作业,提高维修效率;

- 提高空间利用率,采用统一设计的设备安装支架,以方便设备拆装,缩短维修时间,提高维修效率。

- 对每个起落都要用的压力加油口、充氧接嘴、地面电源接线座等应布置得容易接近,方便操作,相应的口盖要不用工具快卸开启;

- 在飞机使用过程中,容易造成偶然损伤、不能与机体同寿命的部件,应设计成可拆卸结构,便于维修。

### 3.2 可达性、可检性设计

可达性的具体指标是用飞机的开敞率来表示的,即飞机表面可打开舱盖和口盖的净开口面积占飞机表面积百分比。也就是说,飞机开敞率的高低标志着飞机可达性的好坏。开敞率高的飞机不仅便于拆装、检查,还可大大缩短排除故障的时间,从而提高飞机的良好率、出勤率。现代先进军用飞机的开敞率已达到50%以上。对重要的接头设计也要有一定的可检性、可达性;无法检测的重要结构应选用性能好的材料,增加冗余强度,以减少结构损伤可能性。

### 3.3 互换性设计

故障率高、容易损坏和关键的零、部件要具有良好的互换性和必要的通用性,修改零、部件设计时,不要任意更改安装的结构

要素,以免破坏互换性而造成整个装备或系统不能配套。若需进行某些更改或改进,应及时征求订购方的意见,尽量做到新老产品之间能够互换使用。常用的互换性项目如雷达罩、舱门、口盖、通用标准件等都应能外场更换,以适应战地抢修需要,提高整机维修性。

### 3.4 防差错设计

防差错设计是维修性设计的重要内容之一。如果口盖的快卸锁存在假锁紧现象,或锁舌片搭接量偏小,或口盖自身刚度不够,在飞行中就会飞掉,甚至飞进进气道,造成发动机停车。按防差错设计要求,应避免或消除在使用操作和维修时,造成人为差错的可能,即使发生差错也能立即发觉和纠正。外形相近而功能不同的零件、重要连接部件和安装时容易发生差错的零部件,在结构上应加以限制或带有明显的识别标记。实践已证明,事故原因往往是人为差错引起的,是设计不完善造成的。只有在设计上采取措施,消除造成差错的可能性,或即使发生差错,也能马上发现,及时纠正,才能确保飞行安全。因此,必须做到:

- 避免采用对称形状的口盖,如长方形口盖不采用四边直角,而是一边为直角,另一边为圆角,或采用五边形;

- 对称形状口盖不采用对称紧固件;

- 采用明显标志,如标明口盖的名称;快卸锁上锁后应有明显标志;

- 对于外场使用中容易发生维修差错的重点设备或部件采用“错位装不上”措施。

## 4 口盖设计

口盖设计好坏直接影响到飞机维修性、可达性、安全性。应按照总体布置、系统设备安装位置等协调口盖位置、大小、开启方式、频度等。机体上设置的各种各样的使用维护口盖,主要是用于为每次飞行前、后检

查的项目(如发动机舱口盖),定期检查的项目和修理、调整、填充、分解或更换设备的项目(如加油口盖)以及机体结构本身定期进行检查的项目(如为检查关键件和重要件的裂纹、变形、腐蚀等)提供工作通道的。应经常对外场使用口盖出现的问题进行总结,改进设计。对实践证明良好的方法要继承(如密封剂XM60/HL04-1025H防水密封效果较好,通用的快卸锁有4A2-306、4A2-309、HB2-32等,不用工具的快卸锁有HB2-12等)。对口盖刚度、合页布置要综合考虑设计,提高口盖锁搭接量和口盖刚度。此外,对维修口盖的连接件,应尽量统一品种、规格,尽可能地减少连接件的数量,易于外场更换维修。

飞机口盖应按下列要求进行设计:

贯彻GJB312.2-87《飞机维修品质规范—飞机结构、系统维修品质的一般要求》规范对维修口盖的明确要求。如日常维护经常使用的油液气体充填口盖、接地电源口盖、军械电子电器设备检测口盖等,应不用工具开启;飞行前后维修及排除故障使用的口盖,只能用一件工具开启;铰接口盖的关闭方向一般应朝向飞机尾部(顺航向)等等。

合理设计口盖的位置、形状、大小及其与机体的连接形式。尽量避免在曲度较大的部位布置不使用工具开启的口盖。要尽量考虑到口盖及其连接件被飞掉的可能性及其被飞掉后对飞行安全和任务完成造成的影响,尤其要注意因机身前段口盖及其连接件被飞掉后有可能进入进气道或击穿座舱玻璃,故应尽力避免和减少在最危险区域布置口盖。当各方面要求有矛盾时,应优先考虑其在各种飞行状态下的连接可靠性,其次是方便维护使用,最后才是减轻重量。

凡是选用合页铰接的口盖,只要结构、外形、系统等允许,应尽可能采用合页顺航向铰接。

尽量选用开启方便又锁闭可靠的口盖

锁。HB2-32快卸锁对外形不敏感,较适用于有曲度的部位,一旦锁闭不易自动开锁,但需使用工具,特别是当口盖处于关闭位置时,必须由观察其一字槽和在结构外表面上做的辅助红标线是否对正来判断其是否上锁。当口盖刚度较小时,必须使用多点连接。HB2-12口盖锁适用于平面口盖,锁键宽且伸出较长,搭接量大,锁闭可靠;锁闭不到位也较易发现,但锁体积大,较笨重。

口盖必须要有足够的刚度,否则在气动压力或压力差作用下会产生变形,导致快卸锁锁键被拉而脱离口框,使口盖被撕裂飞掉或损坏。当刚度太小的口盖与机体有逆差时,飞掉飞坏的情况就更容易发生。同时,在装配口盖锁时,必须严格按锁的装配要求,确保锁键与口框垫板的搭接量。

## 5 存在的问题

现代飞机结构的维修性比先前的有了进一步提高,但由于目前国内工艺水平较低,尚存在一些问题。主要是托板螺母使用寿命较短;其次,快卸锁品种虽较多,但除4A2-306、4A2-309、HB2-32、HB2-12等之外,可靠性好的较少,进口的成本又太高。此外,复合材料件的缺陷检测、修理方面也有待逐步完善。

## 6 结束语

总之,飞机结构设计时应完全贯彻总设计师系统关于维修性设计方面的要求,并将用户使用维修的反馈意见落实到设计中;同时应按维修性要求中的可达性、防差错、互换性要求等完善细节设计。雷达罩、发动机拆装要简便顺畅,缩短维修时间。容易损伤的、不与机体同寿的、需要互换的零部件都应设计为可拆卸式。所有口盖、设备舱盖都

(下转第10页)

安排维修活动及估算维修保障费用。

5.4 章/节/条/款按ATA-100要求划分。ATA-100规范是美国航空协会颁发的飞机资料编写规范,它的最大特点是章/节划分不按传统的机械、特设等专业,而是按照功能进行划分,这也是目前国际上比较流行的做法。这次编写RCM资料体系,不论是章/节划分还是工作卡编写,完全符合国际规范,为以后的国际交流创造了条件。

5.5 有效更改了资料制式。过去,运8军机的用户资料,几十年不变制,尽管装机设备或系统发生了变化,死页装订和铅字印刷本身就造成了不可修改的条件。而RCM资料体系,全部采用活页装订和定期、不定期的更改方法直接换页更改,保证了全套资料的文实、文文相符和现行有效。

5.6 采用视情维修方式,更有利于挖掘系统/设备寿命潜力。在RCM资料体系中,大部分项目采用了视情维修方式。这就是说,系统、设备每工作一个视情周期,经过功能检查,如果性能指标能保证一个视情周期内可靠工作,则可不需要对系统、设备进行任何维修,这就可使系统/设备的寿命潜力得到充分发挥,使维修费用大幅度减少。

## 6 研究成果的意义

6.1 运8军机维修资料体系编制是我军航空维修体制改革的首次尝试,编制工作涉及专业广,技术要求高,借鉴资料少,工作量大,编制难点也多。课题组成员通过科学组织,认真消化吸收国外先进维修思想和理论,结合运8军机多年来的维修经验,总结提炼,全面完成了运8军机维修资料体系的编写工作,填补了我军航空武器以可靠性为中心的维修资料体系的空白,为全军各型飞机的维修体制改革提供了借鉴。它的试用必将推动和促进全军航空维修体制改革的发展,为全军整个武器装备系统迈向以可靠性

为中心的维修体制奠定了基础。

6.2 目前,我军航空武器装备的维修方式依然采用定时维修方式。运8军机维修资料体系确定的定时、视情、监控相结合的维修方式,能够达到保持飞机固有安全性和可靠性的目的,大大减少了维修工作时间和飞机停放时间,使系统/设备的寿命潜力得到充分发挥,具有极大的社会效益、军事效益和经济效益。

6.3 运8军机维修资料体系配套完整、协调、可信、简洁、实用和操作性强。章/节/条/款/编码和区域划分按ATA-100《航空产品资料编写规定》进行;失效模式影响分析和逻辑决断严格按照MSG-2的要求进行;对MSG-2的不足之处,则按MSG-3及HB6211-89来完善,完全符合国际规范,充分体现了以可靠性为中心的维修理论的基本论点和运8军机多年的外场使用维修经验,达到了国外同类型飞机的编制技术水平,为维修体制转轨和以后进行国际间交流创造了条件。

6.4 在重要结构项目(SS1)检查周期确定工作中,课题组采用了以经验数据为基础,用规范和标准的数据进行修正,并结合借鉴同类型飞机有关数据进行综合处理的办法,较好地解决了因缺乏全机疲劳试验数据和裂纹扩展试验数据给损伤等级评定工作带来的技术困难,使结构损伤评级工作较客观地体现了飞机的实际状况,具有创造性。▲

(上接第13页)

应进行精化设计,改善维修性。同时,应大量采用抗疲劳性能好的进口预拉伸铝板,以降低应力水平;对难检测的重要结构部位应加大剩余强度系数,减少裂纹出现的概率。飞机的维修性是设计出来的,维修性差的飞机是没有市场的。后天的维修保养只能恢复其固有水平而不能提高,因此,必须充分重视飞机结构的维修性设计。▲