

电力作业直升机AS350B3改装设计审定

刘伟东¹, 尚大伟¹, 段文运¹, 沈建¹, 李艳军², 郑庆², 曹愈远²

1. 国网通用航空有限公司, 北京 100045

2. 南京航空航天大学民航学院, 江苏 南京 210016

摘要: 为对直升机重要改装设计的认证程序进行深入研究, 以电力作业直升机AS350B3为例, 对其挂架进行了改装设计和性能分析, 提出适航审定基础, 确定挂架满足适航法规要求的符合性验证方法, 给出改装设计批准书(MDA)的审定流程, 为电力作业直升机重要改装设计的适航审定提供理论依据。

关键词: 直升机; 电力作业; 改装设计批准书; 适航; 符合性验证方法

中图分类号: V11 文献标识码: A 文章编号: 1007-5453 (2014) 02-45-5

传统的电力作业往往由大量的人力和交通工具及相应的设备来完成的,但在地形复杂地区,一般的作业手段难以满足电力作业的需求。随着直升机在电网建设中的广泛应用,对其进行改装的需求也越来越大。然而,进口直升机的改装大多是由直升机原设计公司提供改装图纸,通过取得补充型号合格证(STC)的形式改装的,STC只能由FAA认证颁发。而直升机及其改装要在国内使用,必须取得相对应的型号认可证VTC和补充型号认可证VSTC,这样要取得STC和VSTC的过程周期就比较长,影响航空公司使用直升机。本文以国网通用航空有限公司与南京航空航天大学联合完成的电力作业直升机AS350B3的挂架的设计及其适航取证为例,研究了电力作业直升机重要改装设计批准的审定基础及其符合性验证方法。

1 法规依据

直升机重要改装设计批准书(MDA)的认证程序,是指在无法由原直升机生产厂家取得STC的情况下,对进口直升机进行重要改装的适航审定程序。MDA审定在一定程度上提高了航空公司对直升机的使用效率,并保证航空公司对直升机改装的安全性。MDA是依据中国民用航空规章第21部

制定的适航管理程序AP-21-15《进口民用航空器重要改装设计合格审定程序》编写的,该程序规定了进口直升机重要改装设计取得适航证的审定流程^[1]。

直升机适用的法规为中国民用航空规章第27部(CCAR-27-R1)《正常类旋翼航空器适航规定》。该规章适用于最大重量等于或小于3180kg且其乘客座位数不大于9座的正常类旋翼航空器型号合格证使用的适航标准^[2]。

2 挂架的重要改装设计

2.1 功能及原理

根据电力作业的具体要求设计了安装在AS350B3直升机上用于挂载电力作业所需摄影系统的挂架,该挂架安装在直升机左后起落架连接处,参见图1。挂架的安装位置设计有外挂物吊钩,因此,挂架的安装强度上不会影响到直升机的安全性能。该挂架采用6061-T6 (AMS-QQ-A-225/8 AMS4117)制成,其抗拉强度,屈服强度;自重为1.25kg,最大挂载重量为30kg。

2.2 性能分析

从直升机飞行安全角度考虑,挂架的设计在强度方面需要满足CCAR27.303中安全系数为1.5,CCAR27.625中接

收稿日期:2013-07-29; 录用日期:2013-10-16

*通讯作者. Tel.: 15850682919 E-mail: zq0206@126.com

引用格式: LIU Weidong, SHANG Dawei, DUAN Wenyun, SHEN Jian, LI Yanjun, ZHENG Qing, CAO Yuyuan. Modification design approval of power operation helicopter AS350B3[J]. Aeronautical Science & Technology, 2014, 25(02): 45-49. 刘伟东, 尚大伟, 段文运, 沈建, 李艳军, 郑庆, 曹愈远. 电力作业直升机AS350B3改装设计审定[J]. 航空科学技术, 2014, 25(02): 45-49.

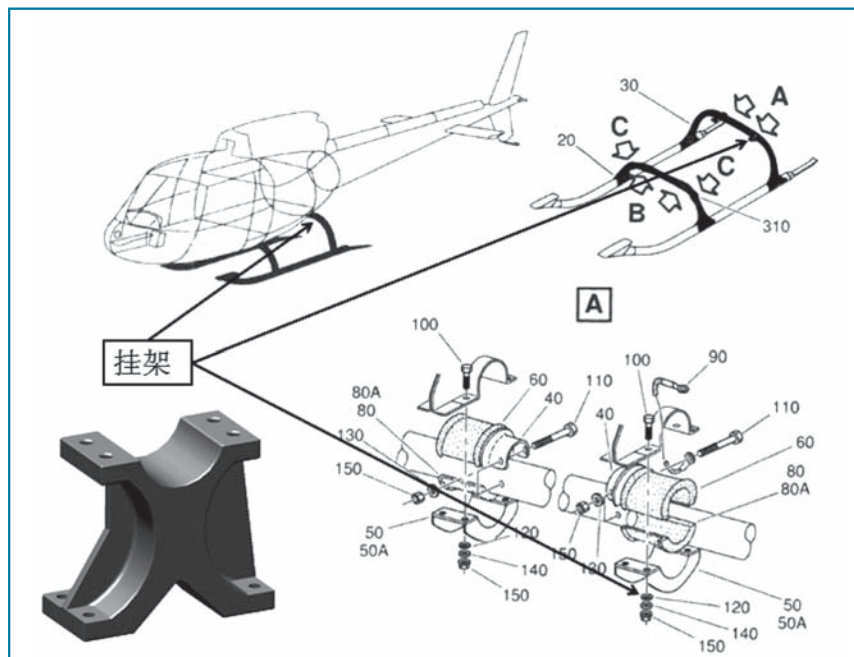


图1 AS350B3直升机摄影系统安装挂架示意图

Fig.1 Camera system installation pylons diagram of AS350B3 helicopter

头系数为1.15的要求;同时,在直升机应急着陆时要求挂架不能损毁或脱落,危及直升机及乘客的安全,因此挂架要能承受CCAR27.561(c)规定的各向极限惯性载荷,即向上1.5g,向前12g,侧向6g,向下12g,向后1.5g。

直升机飞行过程中承受的最大空气阻力为:

$$Q = \frac{1}{2} \lambda \eta C_p S V^2 \quad (1)$$

式中: Q —空气阻力,单位N;

λ —安全系数,依据CCAR27.303

(CCAR-27-R1)取 $\lambda=1.5$;

η —接头系数,依据CCAR27.625

(CCAR-27-R1)取 $\eta=1.15$;

C —空气阻力系数,取 $C=1$;

ρ —空气密度,取 $\rho=1.29\text{kg/m}^3$;

S —设备迎风面积;

V —直升机最大飞行速度;

极限惯性载荷计算公式为:

$$F = \lambda \eta W \varphi \quad (2)$$

式中: F —极限惯性载荷, F 加右下标“前”、“侧”、“下”等表示各个方向上的极限惯性载荷,如 $F_{\text{前}}$;

W —加载设备的重量;

φ —极限惯性载荷系数,依据CCAR27.561(c)(CCAR-27-R1)向上取 $\varphi_{\text{上}}=1.5\text{g}$,向前取 $\varphi_{\text{前}}=12\text{g}$,侧向取 $\varphi_{\text{侧}}=6\text{g}$,向下

取 $\varphi_{\text{下}}=12\text{g}$,向后取 $\varphi_{\text{后}}=1.5\text{g}$ 。

首先将挂架三维模型进行网格划分,再将公式(1)和(2)计算得到结果之和作为挂架所承受的载荷对其进行受力加载,通过有限元分析来验证挂架的设计强度是否满足相应适航条款的要求。由图2可知挂架在向前极限惯性载荷作用下所承受的最大应力大小为 $\sigma_{\text{max前}}=149.368\text{MPa}$,与6061-T6板料屈服强度 $\sigma_{p0.2}=241.325\text{MPa}$ 相比较,可得

$$\frac{\sigma_{p0.2}}{\sigma_{\text{max前}}} = \frac{241.325}{149.368} = 1.62 > 1$$

由此可知挂架在承受向前极限惯性载荷作用下不会发生结构失效。

2.3 安装与维护设计

挂架的安装在直升机起落架左后连接处,参见图1。直升机挂架的安装,在使用维护上对直升机的持续适航文件提出

了新的要求。在挂架的重要改装设计审定文件中,增加了持续适航文件,并提出持续适航要求如下:挂架在使用过程中,必须按照持续适航文件要求做100飞行小时的目视检查和

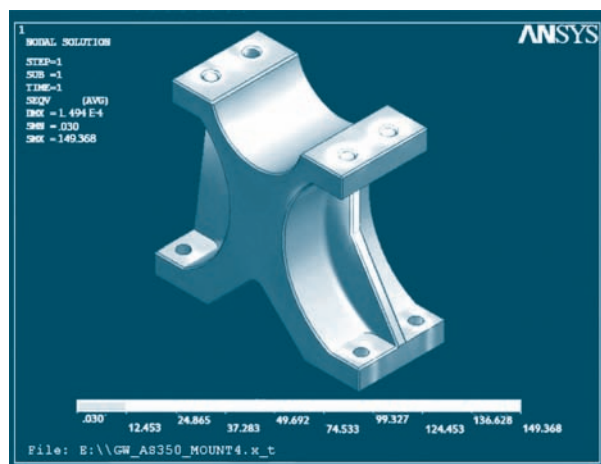


图2 挂架在向前的极限惯性载荷作用下有限元分析

Fig.2 Finite element analysis of pylon under forward-limit inertial load

1000飞行小时的拆除检查。检查缺陷超过规定,必须将挂架拆除报废,检查限制见表1。

3 MDA审定基础

摄影系统要安装在进口直升机上使用,必须取得补充

表1 检查限制
Table 1 Check constraint

受损情况	裂缝	螺栓孔延伸	凹痕、刮伤、刻痕
尺寸/mm	不允许	不允许	不允许大于0.25

型号合格证STC及补充型号认可证VSTC,或者是具有TSO或CTSO的设备。STC和VSTC均要由直升机设计厂家申请取得,TSO和CTSO等均需要设备生产厂家申请。因此本文将不考虑摄影系统的安装问题,只从挂架改装问题上研究直升机MDA审定相关的审定基础及符合性验证等关键技术。

3.1 适航审定基础分析

适航审定基础,是直升机改装涉及的飞行性能及安全性条款,需要通过深入的研究分析直升机改装设计图纸及其要实现的功能来确定。电力作业直升机MDA审定需要根据改装对直升机的性能及飞行安全等会造成影响,选择中国民用航空规章第27部(CCAR-27-R1)《正常类旋翼航空器适航规定》中相应的条款作为适航审定基础。具体的直升机改装适航审定基础需要由中国民航管理局适航处审定通过。同时,对于挂架适航审定基础必须与改装直升机的型号合格证TC及型号认可证VTC审定中用到的相关条款比较分析,挂架的审定基础相关条款的要求不得低于直升机的审定基础的对应条款,若低于直升机的审定基础,则挂架需要符合直升机审定基础对应条款的要求。

3.2 适航审定基础的选择及确定

- 重要改装的审定基础主要按下列原则加以确定:
- 1) 中国民用航空规章34部和36部中适用的噪声要求和燃油排泄及排气排出物要求。
 - 2) 该进口产品原有认可审定基础中的适用部分。
 - 3) 实用的最新修订要求。
 - 4) 原有的认可审定基础中未覆盖的有关新颖和独特设计特性的专用条件。这些新颖和独特的设计特性包括新技术的应用、现有技术的独特应用以及产品的非常规使用等。
 - 5) 截止改装完成时相关的强制性措施(如适航指令)。
- 除此之外,还应考虑航空器的运行需要对审定基础及其符合性验证方法的影响^[3]。

AS350B3直升机挂架改装的审定基础根据以上的原则进行筛选并通过中国民航管理局适航处审定确定为中国民用航空规章第27部(CCAR-27-R1)中的25条条款。将挂架适用的25条条款规定内容与AS350B3直升机TC审定的相应条款规定内容进行了比较,其中CCAR27.561(c)规定的极限惯性载荷系数明显大于FAR27.561(c)(02/01/1965)中规定的

数值,CCAR27.603规定的要求比FAR27.603 (02/01/1965)增加了(c)条考虑环境条件的要求,CCAR27.605规定的要求比FAR27.605 (02/01/1965)增加了(b)条新制造方法验证的要求,CCAR27.613规定的内容比FAR27.613 (02/01/1965)增加了(e)条关于试验要求。分析可知CCAR27-R1相应条款规定的内容相当于或要求高于直升机TC审定的相应条款规定内容。因此挂架适用的审定基础适用于AS350B3直升机。

4 MDA符合性验证方法研究

4.1符合性验证方法简介

型号合格审查中,为了获得所需的证据资料以表明适航条款的符合性,申请人通常需要采用不同的方法,而这些方法统称为符合性验证方法(简称符合性方法)。AP-21-03R3《型号合格审定程序》附录I给出了常用的符合性方法的代码、名称和使用说明(参见表2)。审查中根据适航条款的具体要求选取其中的一种或多种的组合的方式来满足条款的要求。

4.2 符合性验证方法的选择及确定

在MDA审定过程中,通过比较分析各个符合性验证方法的适用范围及使用方法,并结合挂架改装涉及到直升机的重量及平衡等主要问题,最终AS350B3直升机挂架改装主要

表2 符合性方法的代码、名称和使用说明(AP-21-03R3,附录I)
Table 2 Code,name and instructions of compliance verification method (AP-21-03R3, appendix I)

代码	名称	使用说明
MC0	符合性声明	通常在符合性检查单/符合性记录文件中直接给出
MC1	说明性文件	如技术说明、安装图纸、计算方法、证明方案、飞机手册等
MC2	分析/计算	如载荷、静强度和疲劳强度,性能,统计分析,与以往型号的相似性
MC3	安全评估	如初步风险分析、故障树分析、失效模式影响和关键性分析/FMECA、软件质量计划,用于规定安全目标和演示已经达到这些目标的文件
MC4	试验室试验	如静力和疲劳试验,环境试验等。试验可能在零部件、分组件和完整组件上进行
MC5	地面试验	如旋翼和减速器的耐久性试验,环境、温度等试验
MC6	试飞	规章明确要求时,或用其他方法无法完全演示符合性时采用
MC7	航空器检查	如系统的检查隔离,检查和维修的规定等
MC8	模拟器试验	如评估潜在危险的失效情况,驾驶舱评估等
MC9	设备合格性	如对预期功能的适合性,在临界环境中的性能等。可能被记录于设计和性能声明中

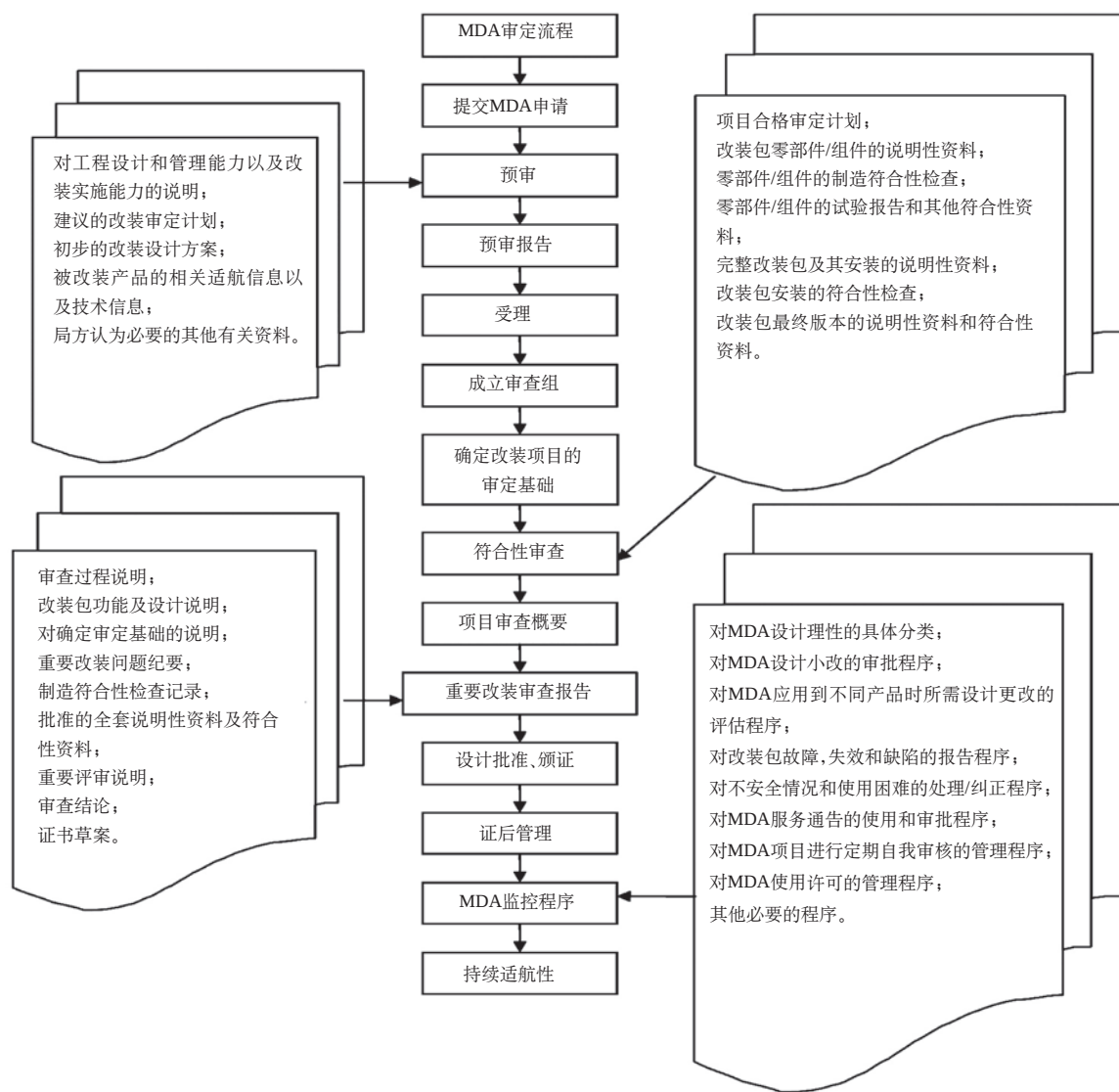


图3 MDA审定工作流程

Fig.3 Workflow of MDA approval

选用MC1及MC2和MC3组合符合性验证方法。CCAR27.27、27.301、27.305(a)、27.307(a)、27.561(c)、27.601等条款全部采用MC2和MC3组合符合性验证方法,其余条款均采用MC1符合性验证方法。

5 MDA审定流程

AS350B3直升机挂架重要改装设计经过提交MDA申请、局方预审(形成预审报告)、确定受理、成立审查组、确定改装项目的审定基础、符合性审查、形成项目审查概要、提交重要改装审查报告、获局方设计批准等程序完成了该挂架的MDA审定工作,在颁证后还必须制定MDA监控程序、保持持续适航性等证后管理工作。MDA审定工作流程参见

图3。

6 结论

计算分析了电力作业直升机AS350B3的改装挂架所承受的极限载荷,并给出了有限元分析结果,验证其强度符合适航法规规定,同时还提出了持续适航要求。确定AS350B3直升机挂架改装的审定基础的为中国民用航空规章第27部(CCAR-27-R1)中的25条条款,符合性验证方法选用MC1及MC2和MC3,并给出MDA审定流程。AS350B3直升机的挂架改装按照该流程顺利取证,这对电力作业直升机的改装审定提供理论依据。

AST

参考文献

[1] 中国民用航空总局. AP-21-15.进口民用航空器重要改装设计合格审定程序[S]. 北京:中国民用航空总局,2002.
CAAC.AP-21-15. Importation modification design qualified examination and approval procedures of import civil aircraft[S]. Beijing: CAAC,2002.

[2] 中国民用航空总局. CCAR-27-R1.正常类旋翼航空器适航规定[S]. 北京:中国民用航空总局,2002.
CAAC.CCAR-27-R1. Normal rotor aircraft airworthiness regulations[S]. Beijing: CAAC,2002.

[3] 中国民用航空总局. CCAR-21-R3.民用航空产品和零部件合格审定规定[S]. 北京:中国民用航空总局,2007.
CAAC.CCAR-21-R3. Civil aviation products and parts

airworthiness regulations[S]. Beijing: CAAC,2007.

作者简介

刘伟东(1983—) 男,硕士,工程师,主要研究方向为直升机电力作业。
Tel: 18611026200
E-mail: 18611026200@163.com

尚大伟(1957—) 男,学士,高级工程师,研究方向为电力工程和通用航空。
段文运(1966—) 男,学士,高级工程师,研究方向为直升机电力作业。
沈建(1976—) 男,学士,工程师,研究方向为直升机电力作业。
E-mail: 13002427009@163.com

Modification Design Approval Of Power Operation Helicopter AS350B3

LIU Weidong¹, SHANG Dawei¹, DUAN Wenyun¹, SHEN Jian¹, LI Yanjun², ZHENG Qing^{2*}, CAO Yuyuan²

1. State Grid General Aviation Company Limited, Beijing 100045, China

2. College of Civil Aviation, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China

Abstract: For further study of certification program of helicopter modification design, taken the power operation helicopter AS350B3 for example, designed and analyzed the pylon modification, put forward airworthiness approval basis, presented the rack that could satisfy the requirement of airworthiness regulations compliance verification method, given the approval process of MDA, provides theoretical basis of important modification design for power operation helicopter.

Key Words: helicopter; power operation; MDA; airworthiness; compliance verification method

Received: 2013-07-29; Accepted: 2013-10-16

* Corresponding author. Tel.: 15850682919 E-mail: zq0206@126.com