

辅助动力装置系统进气风门 位置控制设计与研究

Design and Research on Inlet Door Position Control of Auxiliary Power Unit System

章 弘 常 红 / Zhang Hong Chang Hong

(上海飞机设计研究院,上海 201210)

(Shanghai Aircraft Design and Research Institute, Shanghai 201210, China)

摘 要:

辅助动力装置系统进气风门位置控制子系统用于地面和空中控制辅助动力装置进气风门的打开和关闭,通常由控制器,作动机构(电动作动器和连杆机构)组成。辅助动力装置系统进气风门位置控制子系统的设计是辅助动力装置控制系统设计的一部分,和辅助动力装置进气风门设计、进气风门气动载荷计算分析及辅助动力装置进气道设计同步进行,相互影响。对某型飞机的辅助动力装置系统进气风门位置控制设计方案进行了介绍,该风门位置控制采用单独的风门控制器,降低了辅助动力装置 FADEC(Full Authority Digital Electrical Controller,全权限数字电子控制器,简称 FADEC)软硬件设计复杂度,简化了接口设计;并且设计了一种新型辅助动力装置系统进气风门作动机构,该作动机构安装/拆卸方便,可达性好;具有力矩放大功能,且该机构可调节,能输出不同大小的力矩。该进气风门位置控制子系统经过型号验证,对后续型号研制具有较强的指导性。

关键词:辅助动力装置;进气风门;进气风门位置控制;作动机构

中图分类号:V228.7

文献标识码:A

[Abstract] Inlet door position control subsystem of auxiliary power unit system is used for controlling inlet door opening and closing of auxiliary power unit on the ground and in the air. The control subsystem usually consists of the controller, the electrical actuator and the linkage mechanism. The inlet door position control subsystem of auxiliary power unit system is a part of the auxiliary power unit control system. The inlet door design, inlet door aerodynamic load analysis and inlet duct design are synchronal processing and interactional. This paper presents a inlet door position control design of auxiliary power unit system. This inlet door position control subsystem uses a separate controller for inlet door control, which make the APU FADEC hardware and software design complexity low and simplify the interface design. A new inlet door actuation mechanism is applied, whose installation and removal is easy and accessible. The inlet door actuation mechanism has the function of output torque amplification and the output torque is adjustable. This inlet door position control subsystem is applied on an aircraft model and demonstrated. The inlet door position control subsystem is a good reference to other aircraft model development.

[Key words] auxiliary power unit; inlet door; inlet door position control; door actuation mechanism

0 引言

辅助动力装置(Auxiliary Power Unit,简称 APU)进气风门控制系统用于地面和空中控制 APU 进气

风门的打开和关闭。APU 进气风门控制系统由控制器和作动机构组成。控制器根据 APU 的运行状态,发出风门开启或关闭的指令;作动机构按指令完成操作,并实时反馈风门状态,从而完成对进气

风门打开或关闭的闭环控制。作动机构通常由电动作动器和连杆机构组成,连杆机构在电动作动器的驱动下,带动 APU 进气风门运动。电动作动器分为旋转式和直线式,连杆机构形式也不是固定不变。

本文对某飞机型号的辅助动力装置系统进气风门位置控制设计方案进行了介绍,并对国际主流机型辅助动力装置系统进气风门作动机构进行了研究,对进气风门作动机构设计进行了总结和归纳。针对现有的进气风门作动机构的优缺点和型号项目要求,设计了一种辅助动力装置系统进气风门作动机构。该进气风门位置控制系统已应用在某飞机型号上,经过型号验证,对后续型号研制具有较强的指导性。

1 辅助动力装置系统进气风门控制方案

1.1 进气风门控制设计要求

根据系统设计要求,进气风门控制需满足的具体设计要求如下:

(1) 进气风门采用冲压进气风门,进气风门控制应保证,在地面和空中能正常打开和关闭 APU 冲压进气风门。

(2) 风门的打开/关闭由作动机构执行,作动机构受 APU FADEC 控制,并和 APU 起动联动,风门转动速度有时间限制要求。

(3) 根据进气风门控制逻辑,风门的位置状态有三种:地面和空中 APU 不工作时,风门为关闭状态;APU 起动时,风门的位置为报告位角度;地面和空中工作时,风门的位置是全开位角度。

1.2 进气风门控制设计方案

进气风门控制设计方案如图 1 所示。APU 进气风门控制器受 APU FADEC 控制,在 APU 起动或关闭时,APU FADEC 根据进气风门控制逻辑,发出风门位置指令给 APU 进气风门控制器;风门控制器根据指令发出控制信号给风门作动器(电动作动器),风门作动器带动连杆机构,连杆机构带动风门轴转动,从而实现进气风门的打开和关闭。

APU FADEC 和进气风门控制器之间是电气接口,APU FADEC 和进气风门控制器是独立供电,进气风门作动器由风门控制器供电。风门控制器发出指令控制作动器动作,作动器采用旋转式作动器,作动器的输出轴和进气风门机械连接。

该风门位置控制采用了单独的风门控制器,降低了辅助动力装置软硬件设计复杂度,简化了接口设计。进气风门控制器的供电也是和 APU FADEC 分开的,单独供电,提高了系统可靠性。在地面进行维护时,不需给 APU FADEC 上电,就可以打开 APU 进气风门。

系统软硬件设计完成后,需进行试验室集成试验,验证风门控制逻辑,APU 进气风门控制器和 APU FADEC 之间的接口通信,进气风门作动机构功能。

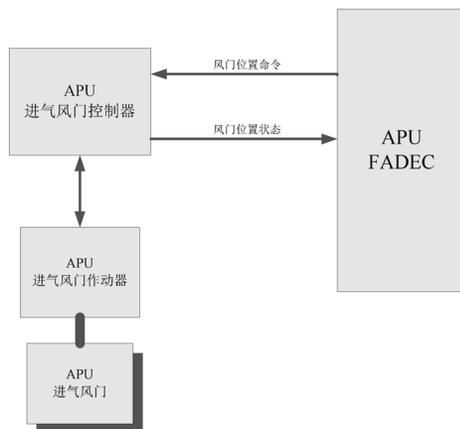


图 1 APU 系统进气风门控制设计框架

1.3 辅助动力装置进气风门作动机构设计方案

1.3.1 常用的 APU 进气风门作动机构设计介绍

通常采用的 APU 进气风门作动机构设计如下:

1) 第一种设计

APU 进气风门是非冲压进气,APU 进气风门作动机构采用旋转式作动器和连杆机构。作动器和连杆机构安装在进气室内,旋转式作动器旋转带动两连杆机构运动,连杆机构带动 APU 进气风门打开或关闭。如图 2、图 3 所示。

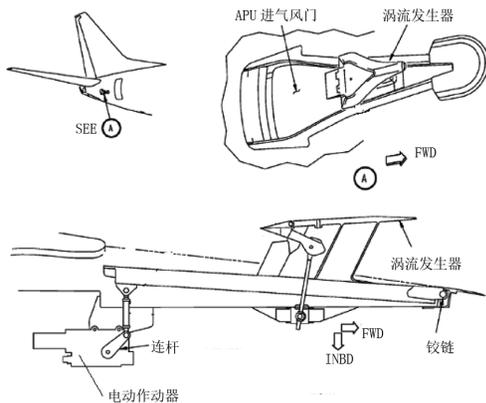


图 2 第一种设计局部放大

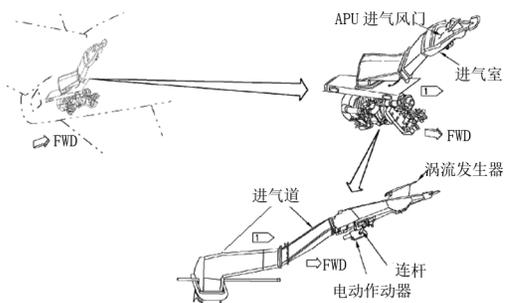


图3 第一种设计全局

风门作动机构安装在进气室内,进气室空间狭小,风门作动机构安装和拆卸很不方便,可达性和可维护性不好。旋转式作动器输出的运行力矩和保持力矩不大,作动机构行程小,所以风门开度不大。

风门作动机构安装在进气室内,由于进气室空间狭小,风门作动机构安装和拆卸很不方便,可达性和可维护性不好。旋转式作动器输出的运行力矩和保持力矩不大,作动机构行程小,所以风门开度不大,需在 APU 风门前加涡流发生器,增大 APU 进气冲压效果。作动机构输出的运行力矩和保持力矩不可调节。

2) 第二种设计

APU 进气风门是非冲压进气,采用直线式作动器。作动器直接带动进气风门打开或关闭,没有连杆机构,作动器安装在进气室内,如图 4 所示。风门作动机构安装在进气室内,进气室空间狭小,风门作动机构安装和拆卸很不方便,可达性和可维护性不好。作动机构行程小,所以风门开度不大,需在 APU 风门前加导流叶片,增大 APU 进气冲压效果。作动机构输出的运行力矩和保持力矩不可调节。

3) 第三种设计

APU 进气风门是冲压进气,采用直线式作动器和连杆机构。直线式作动器带动连杆运动,连杆通过风门轴,带动风门打开和关闭。作动器和连杆机构安装在进气道外侧,如图 5 所示。直线式电动作动器安装空间大,重量大,作动机构输出的运行力矩和保持力矩不可调节。

4) 第四种设计

APU 进气风门是冲压进气,采用直线式作动器和连杆机构。作动器直接带动进气风门打开或关闭。作动器安装在 APU 舱内(火区),如图 6 所示。直线式电动作动器安装空间大,重量大;作动器安

装在火区内,需进行防火设计;作动器推杆在进气道气流流道上,影响进气气流稳定性。作动机构输出的运行力矩和保持力矩不可调节。

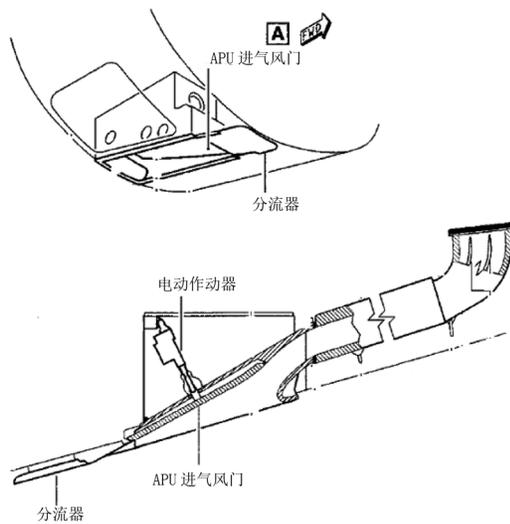


图4 第二种设计

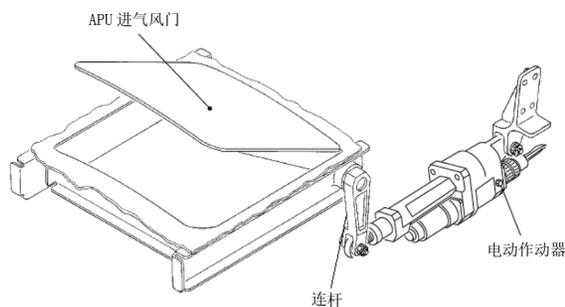


图5 第三种设计

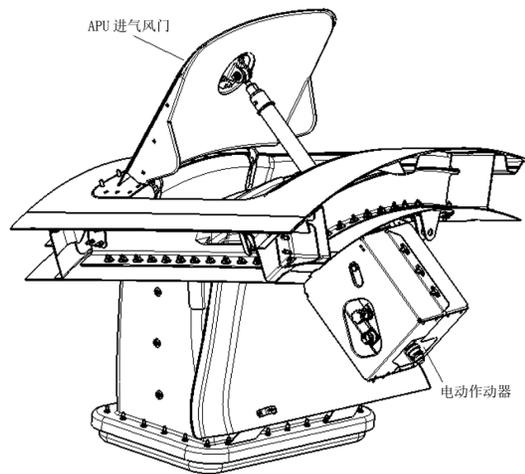


图6 第四种设计

1.3.2 辅助动力装置系统进气风门作动机构设计方案

为了能使辅助动力装置系统进气风门作动机

构安装/拆卸方便,可达性好,重量轻,对现有的辅助动力装置系统进气风门作动机构进行了改进,使作动机构具有以上优点并且具有力矩放大功能,通过调节该机构,能输出不同大小的力矩。具体设计如下。

把辅助动力装置进气风门作动机构安装在进气室外侧下方,具体来讲就是把连杆机构安装在进气室外侧,把电动作动器安装在进气室外侧下方。电动作动器选用旋转式作动器,由于APU进气风门是冲压进气风门,所以进气风门作动机构输出的运行力矩和保持力矩必须较大。根据作用在APU进气风门上的气动载荷,推算出需要的运行力矩和保持力矩,根据旋转式作动器的输出力矩,设计连杆机构,使连杆机构具有力矩放大功能。再通过调节连杆机构中连杆尺寸,使之能输出不同大小的力矩。进气风门作动机构(风门在全开位)示意图如图7所示,进气风门作动机构(风门在全开位)旋转后示意图如图8所示。

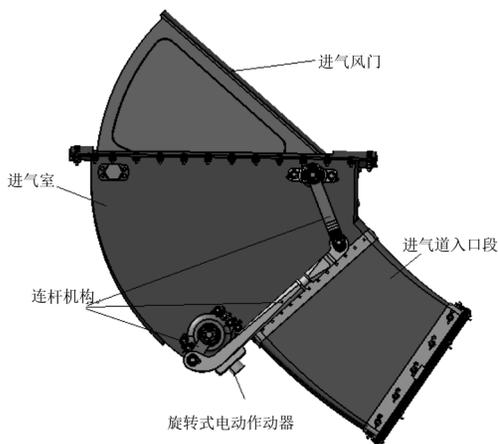


图7 进气风门作动机构(风门在全开位)

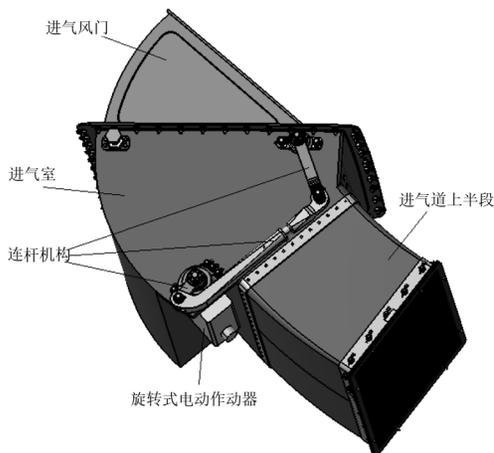


图8 进气风门作动机构(风门在全开位)旋转后示意

与常见的辅助动力装置进气风门作动机构设计对比,该作动机构设计具备如下优点:

- (1) 进气风门作动机构安装在进气室外侧下方,便于安装/拆卸,可达性好;
- (2) 选用旋转式作动器,需要的安装空间小,重量轻;
- (3) 具有力矩放大功能,且该机构可调节,能输出不同大小的力矩。

图9、图10、图11 是不同视角的进气风门作动机构示意图。

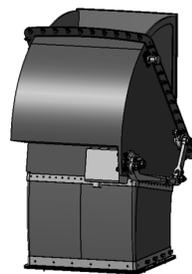


图9 进气风门作动机构前视

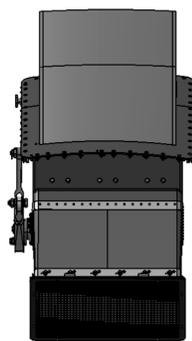


图10 进气风门作动机构后视

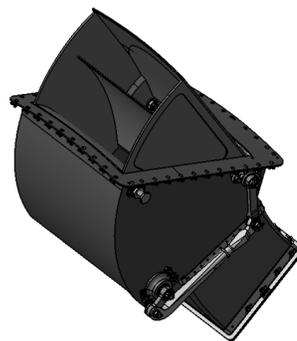


图11 进气风门作动机构俯视

2 进气风门作动机构工作和力矩放大计算分析

进气风门作动机构由电动作动器和连杆机构组成。连杆机构如图12所示,是一个典型的四连杆

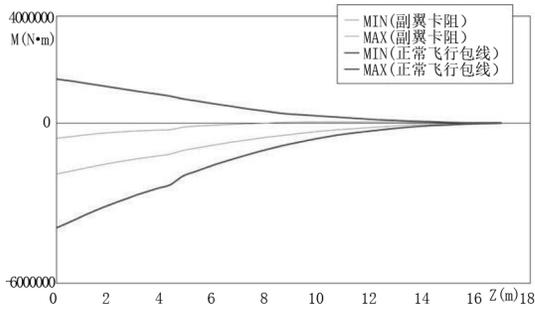


图4 失效发生时刻机翼弯矩包线

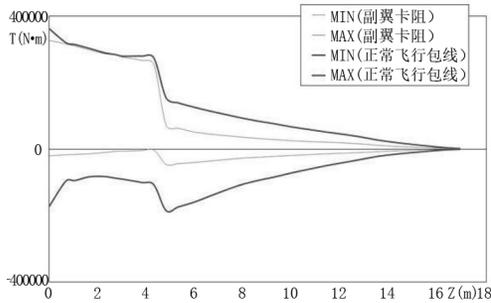


图5 失效发生时刻机翼扭矩包线

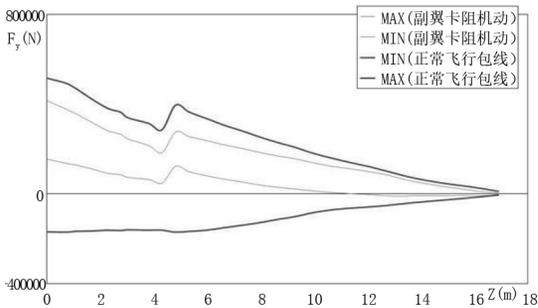


图6 失效发生后持续飞行机翼剪力包线

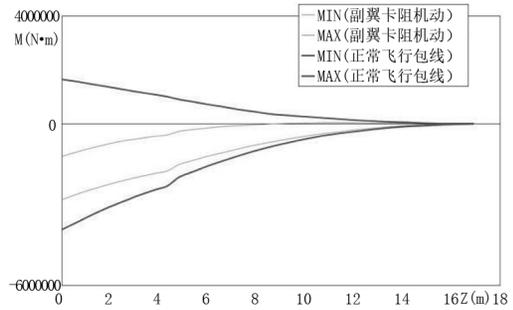


图7 失效发生后持续飞行机翼弯矩包线

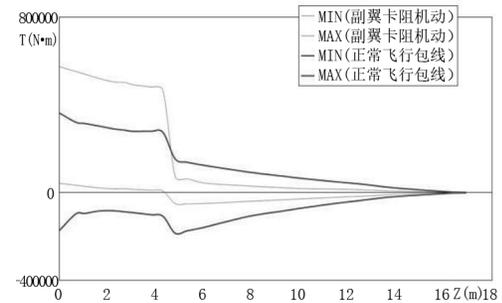


图8 失效发生后持续飞行机翼扭矩包线

时刻和失效发生后持续飞行的机翼载荷包线,故障载荷分析方法合理可靠,可用于民机飞机工程设计中,且目前故障载荷设计方法已得到适航当局的认可。

参考文献:

- [1] 《飞机设计手册》总编委会. 飞机设计手册第9册:载荷、强度和刚度[M]. 北京:航空工业出版社,2001.
- [2] 中国民用航空局. CCAR25 中国民用航空规章第25部:运输类飞机适航标准[S]. 北京:中国民用航空局,2001.

(上接第9页)

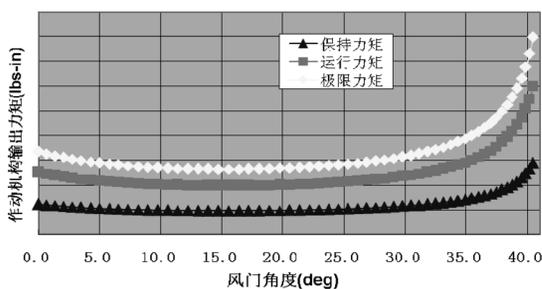


图16 作动机构输出力矩随风门角度变化关系

3 结论

辅助动力装置系统进气风门控制子系统直接影响辅助动力装置系统功能和性能。本文对某飞机型号的辅助动力装置系统进气风门位置控制设

计方案进行了介绍,重点研究了国际常用进气风门作动机构设计方案,并设计了一种新型辅助动力装置系统进气风门作动机构,该作动机构安装/拆卸方便,可达性好;具有力矩放大功能,且该机构可调节,能输出不同大小的力矩。该进气风门位置控制系统经过型号验证,对后续型号研制具有较强的指导性。

参考文献:

- [1] Boeing 737 Aircraft Maintenance Manual[S].
- [2] Airbus 320 Aircraft Maintenance Manual[S].
- [3] CRJ 200 Aircraft Maintenance Manual[S].
- [4] SAE AIR4204 Commercial Aircraft Auxiliary Power Unit Installations[S].