

民用飞机舱门压力锁定机构设计研究

马岩*

(中航沈飞民用飞机有限责任公司, 沈阳 110179)

摘要: 民用飞机增压舱门正常开启手柄力和不安全压力下开启手柄力有不同的要求,单纯依靠舱门开启机构设计很难同时满足正常开启和不安全压力开启的手柄操作力要求,为了满足适航条例要求并提高舱门的操纵性,有必要设计出可以在增压状态下锁定舱门完全关闭位置的压力锁定机构。给出了舱门压力锁定机构的设计要求,并针对两种不同类型增压舱门,分别分析了其机构特点,基于机构特性给出了两种不同类型压力锁定机构的设计思路,在此基础上,提供了“集成于增压预防门”和“锁定手柄”两种不同形式压力锁定机构,介绍其机构形式和机构组成,分析了机构运动过程和运动原理,机构可以满足设计要求,为民用飞机舱门压力锁定机构设计提供了参考,具有一定的推广价值。

关键词: 增压预防门;凸轮;压力锁定;手柄力

中图分类号: V223.9

文献标识码: A

OSID:



0 引言

FAR25.783(b)条规定:“必须有措施防止每一舱门在飞行中被人无意中打开。而且,必须设计预防措施,将人在飞行中有意打开舱门的概率降至最小。”AC25.783^[1]中对此条要求进行了补充说明,规定:“必须有措施降低舱门在飞行中被人意外打开的可能性。当舱段压差在 2 psi 以上时,一般不可能正常打开门。能否打开门取决于门操作机构和手柄的设计、位置和操纵力。所需的开门操纵力超过 300 lb,就应该被认为足够防止门被打开。”

为满足上述要求,民用飞机舱门必须设计成可以实现全飞行行程内的完全锁定。飞行锁是常用的舱门锁定机构。作为电子设备,飞行锁在通电状态下才能保证锁定功能,但飞行中长时间通电会导致飞行锁结构持续发热,对飞机环境和安全造成一定影响。为解决上述问题,可以将飞行锁设计为仅在飞机爬升和降落阶段起作用,当飞机内外压差超过一定值时,飞行锁处于断电状态,不再具备锁定功能。在飞行锁不起作用的飞行阶段,为避免舱门的意外打开,可以设计机械装置锁定舱门的位置,锁定

的判断依据是开门力大于 300 lb。

为满足舱门的操纵性要求,保证 5% 的女性和 95% 的男性能够顺利操作舱门打开,一般建议正常开启舱门时手柄力不超过 45 lb,先进机型甚至要求开启手柄力不超过 35 lb。

综合上述要求,在正常开启状态下和 2 psi 以上压差状态下,舱门开启的手柄力要求存在一定矛盾。如何实现在不安全压力下锁定舱门完全关闭位置,且不影响舱门的正常开启手柄力,是舱门设计的一项难题。

1 舱门压力锁定机构设计要求

为解决上述问题,可以设计舱门压力锁定机构^[2],该机构需满足以下功能:

- 1) 在舱门正常开启状态下,该机构不起作用,不会阻碍舱门的正常打开,不影响正常开门手柄力。
- 2) 在 2 psi 及以上机舱压差状态下,该机构可以锁定舱门的手柄位置,确保 300 lb 操作力下无法扳动手柄。

基于上述功能要求,设计压力锁定机构包含正常打开和压力锁定两种工作模式,该机构以机舱内外压差载荷为变量,通过弹簧的配合,完成两种运动

* 通信作者: E-mail: ma.yan@sacc.com.cn

引用格式: 马岩. 民用飞机舱门压力锁定机构设计研究[J]. 民用飞机设计与研究, 2021(4):44-47. MA Y. The study on pressure lock mechanism of civil aircraft cabin door[J]. Civil Aircraft Design and Research, 2021(4):44-47(in Chinese).

模式切换,从而实现在正常状态下不影响舱门的打开以及在 2 psi 以上压差状态下锁定舱门^[3]的功能。

2 压力锁定机构解决方案

2.1 集成于增压预防门^[4-5]的压力锁定机构

对于危险型舱门,设计有闩机构、锁机构、增压预防机构等多套安全机构。为保证舱门机构的安全功能及机构间的监控逻辑关系,开启舱门过程中机构有一定的运动时序要求,一般开门顺序为:“开增压预防门—解锁—解闩—打开”。增压预防门处于第一顺位,一旦开启,舱内立即泄压,即使是半堵塞式^[6]舱门也可能完成向内提升运动并在空中打开,产生灾难性后果。因此舱门的压力锁定机构应保证可以锁定增压预防门的位置。

在波音 777 飞机登机门、A220 飞机登机门等成熟机型舱门上,均采用了集成于增压预防门的压力锁定机构。此类机构的设计思路基本一致,都是利用两套凸轮机构^[7-9],分别实现舱门正常开启的运动时序控制功能和增压状态下的压力锁定功能。

此类机构的设计难点是如何将两套不同功能的凸轮机构更好地集成在一起,使机构在满足功能的前提下,更为简洁,从而节省布置空间,降低舱门重量,提高机构基本可靠性。

图 1 为某项目创新设计的集成于增压预防门的压力锁定机构。如图 1 所示,增压预防门分别与舱门结构和连杆铰接连接,连杆的另一端与叉型件铰接连接,叉型件与舱门结构铰接连接,舱门结构、增压预防门、叉型件及连杆共同构成了一套四杆机构。在叉型件上固定连接有上滚轮,上滚轮与凸轮上半段配合,凸轮与舱门结构铰接连接。叉型件与凸轮构成一套“凸轮—摆杆”机构。增压预防门的传动轴上布置有扭簧,扭簧力使增压预防门有向舱内翻转打开的趋势。在叉型件的下方设计有下滚轮,下滚轮在压力锁定的工况下与凸轮的下半段配合。

图 2 从左至右依次为该机构的完全关闭状态、正常打开状态以及压力锁定状态示意图。如图 2 所示,正常开启时,手柄驱动凸轮转动,扭簧带动增压预防门旋转打开,并通过上述四杆机构和“凸轮—摆杆”机构,将上滚轮压紧凸轮的上半段表面。通过上滚轮与凸轮的配合,可以实现增压预防门在舱门开启过程中的运动时序控制。

在 2 psi 及以上压差状态下开启舱门时,舱门手

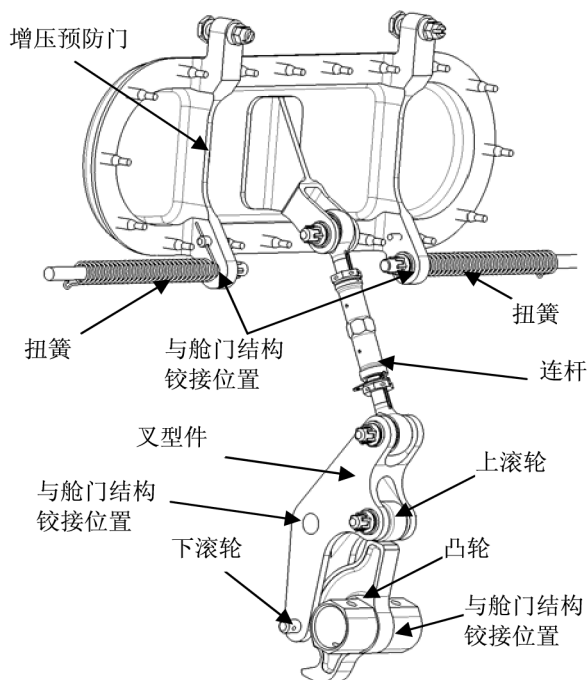
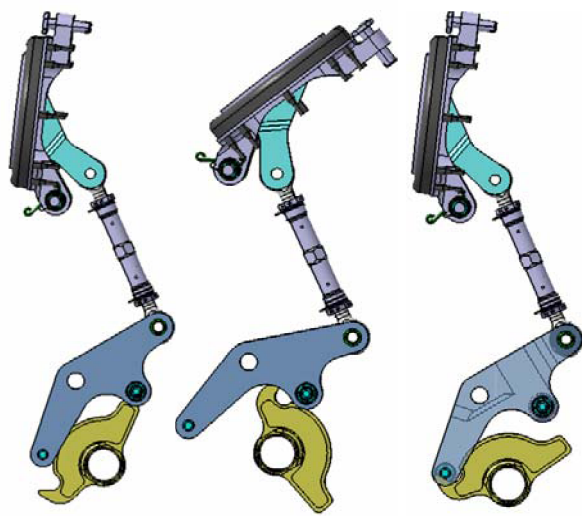


图 1 集成于增压预防门的压力锁定机构



(a)完全关闭状态 (b)正常打开状态 (c)压力锁定状态

图 2 压力锁定机构运动过程图

柄轴带动凸轮旋转,压差载荷将增压预防门压紧在完全关闭位置,扭簧无法带动增压预防门开启。手柄带动凸轮进一步转动后,凸轮的下半段锁钩与下滚轮接触。设计时,可以调整凸轮下半段的轨迹线及下滚轮的位置,以控制凸轮与下滚轮在接触位置的压力角,使凸轮驱动叉型件的运动压力角等于或接近 90° ,实现机构自锁。凸轮被锁死后,手柄无法进一步驱动增压预防门开启,从而实现了压力锁定的功能。

本方案利用一个凸轮的不同外形面,分别与两个滚轮配合,实现了机构运动时序控制和压力锁定两种功能,机构形式简单,集成程度较高。

2.2 手柄压力锁定机构

对于非危险舱门,按适航条例 FAR25.783(c)(2)要求:“如果从该舱门任一可能的位置上都可以保持打开到防止增压的程度,或当增压发生时可以安全关闭与闩住,则无须具有专用的增压预防措施。”因此非危险门通常不配备有增压预防机构。对于某些采用超高逻辑控制环控系统的舱门,如空客系列的部分舱门,也未采用增压预防门作为增压预防措施。上述类型舱门的压力锁定机构无法采用集成于增压预防门的设计方案。针对此类舱门,可以采用直接锁定舱门的手柄位置的方案。手柄压力锁定机构的设计原理是以压力盖板为载体,利用不同的压差状态,进行舱门正常打开和不安全压力打开的机构模式选择,从而实现在不同压差载荷状态下,对手柄的锁定和解锁。

某机型手柄压力锁定机构形式及其工作状态如图 3~图 5 所示,该机构由手柄、曲柄、压力盖板、扭簧及钩型锁等零件组成。

舱门手柄上固定连接由曲柄和滚轮,压力盖板与舱门结构铰接连接,其在扭簧的驱动下,有翻转打开的趋势。在舱门完全关闭位置,滚轮通过与压力盖板固定连接的支座配合,将压力盖板锁定在完全

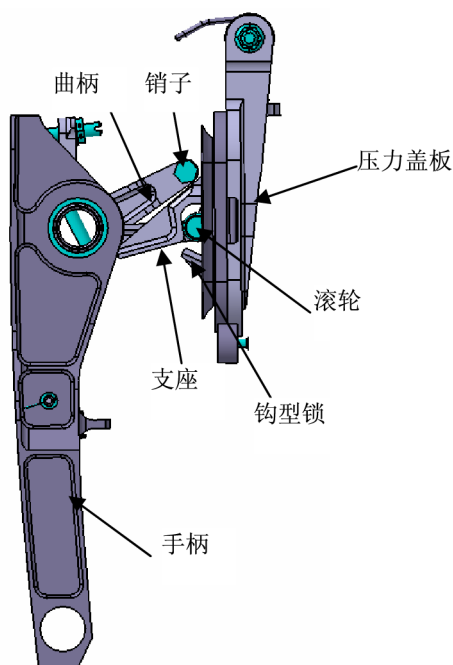


图 3 手柄压力锁定机构

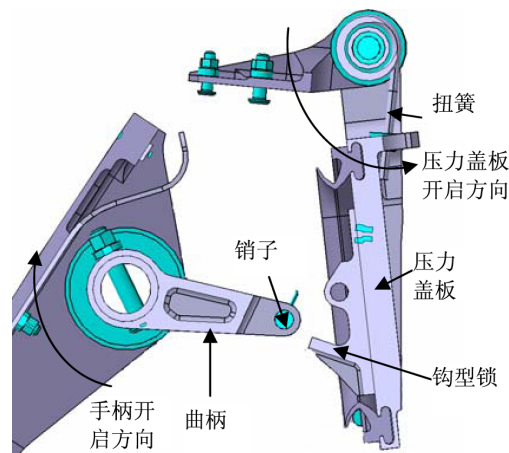


图 4 正常开启状态下的手柄压力锁定机构

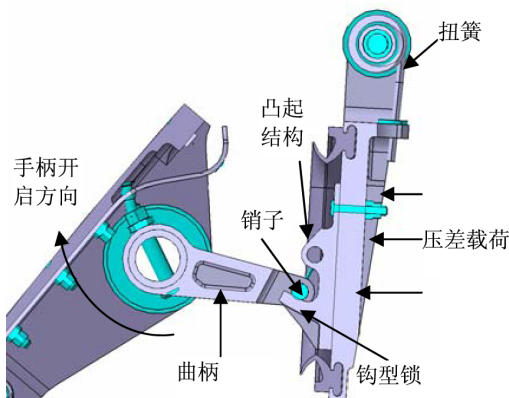


图 5 压力锁定状态下的手柄压力锁定机构

关闭位置。正常压差状态下开门时,扳动手柄,手柄带动滚轮转动并脱离支座,之后扭簧可以带动压力盖板转动开启,压力盖板上固定连接的钩型锁远离曲柄上固定连接的销子,手柄可以继续转动至完全打开位置。

当机舱压差载荷大于 2 psi 时扳动手柄,滚轮在手柄的带动下脱离支座后,压力盖板被压差载荷压紧在关闭位置,扭簧无法驱动压力盖板转动。手柄进一步转动后,曲柄上固定连接的销子将与压力盖板上的钩型锁接触,钩型锁锁定手柄曲柄的位置,阻止手柄进一步转动。设计时可以调整钩型锁与销子的接触平面方向,使销子驱动压力盖板的运动压力角等于或接近 90°,实现机构自锁。

为避免因为机构结冰等意外情况导致扭簧无法在正常开启工况下带动压力盖板转动,引起机构卡滞^[10],在钩型锁上设计有凸起结构。扳动手柄,如果扭簧无法正常带动压力盖板转动,曲柄上固定连接的销子会与凸起结构接触,此处机构传动角度较

大,手柄可以驱动压力盖板转动一定角度,以消除压力盖板处可能的运动卡滞,保证机构正常运行。

本方案采用压力盖板作为机舱压差载荷的载体,利用压差载荷与弹簧力的关系,进行不同工作模式的选择,实现了不安全开启状态下舱门手柄的锁定,解决了未设计有增压预防门的舱门压力锁定问题,并设有防卡滞措施,降低了舱门无法正常打开的概率。

3 结论

对于民用飞机增压舱门,压力锁定机构是保证舱门手柄力满足适航要求的重要机构。本文提出的压力锁定机构设计原理是利用压差载荷和弹簧共同驱动机构,实现舱门正常打开和不安全压力下打开两种工况的工作机构切换。

本文提供的两种新型增压舱门压力锁定机构形式简单,不同工作状态转化连贯,设计方案已经经过项目验证,合理可行,可以推广应用至其他舱门压力锁定机构设计中,具有一定的推广借鉴价值。

参考文献:

[1] Federal Aviation Regulations Advisory Circular 25.783-

1A, [S]. USA:FAA,2005.

- [2] 马岩,李忠霖. 波音 B777 飞机舱门通风口打开延迟时间计算方法. [J]. 飞机设计,2015,35(6):42-45.
- [3] 吕国成,郭晓庆. 新型增压预防机构的设计与研究. [J]. 民用飞机设计与研究,2018,1:57-61.
- [4] 姚雄华,邓军锋,冯蕴雯. 运输类飞机舱门设计[M]. 北京:国防工业出版社,2017.3:94.
- [5] 梁东明,丛家勇. 民用飞机舱门通风口机构的设计与研究[J]. 民用飞机设计与研究,2018,01:82-87.
- [6] 刘建邦,王勇. 运输类飞机货舱门适航要求案例分析[J]. 航空维修与工程,2015,3:90-92.
- [7] 郭晓庆,郑维娟,吕国成. 一种舱门提升锁定机构的设计[J]. 飞机设计,2017,2:56-57;76.
- [8] 马超. 组合机构在民用飞机舱门设计中的应用[J]. 现代工业经济和信息化,2015,8:57-59.
- [9] 邹平译. 机械设计实用机构与装置图册[M]. 北京:机械工业出版社,2012.10.
- [10] 黄玮. 机构可靠性分析方法研究[D]. 西安:西安工业大学,2005.

作者简介

马岩 本科,高级工程师。主要研究方向:飞机结构设计。
E-mail: ma.yan@sacc.com.cn

The study on pressure lock mechanism of civil aircraft cabin door

MA Yan *

(AVIC SAC Commercial Aircraft Company Ltd,Shenyang 110179,China)

Abstract: There are different requirements for normal opening handle force and unsafe pressure opening handle force of civil aircraft pressurized cabin door, it is difficult to meet the requirements of normal opening and unsafe pressure opening handle force by relying on the door opening mechanism design. In order to meet the requirements of airworthiness regulations and improve the maneuverability of the cabin door, it is necessary to design pressure lock mechanism which can lock the fully closed position of the cabin door in the pressurized state. The design requirements of the pressure lock mechanism were given, and the mechanism characteristics of two different types of pressurized cabin door were analyzed respectively. Based on the mechanism characteristics, the design ideas of two different types of pressure locking mechanisms were given. On this basis, two different forms of pressure locking mechanisms “integrated in the pressurized pre defense door” and “locking handle” were provided. The mechanism form and the composition of mechanism were introduced, and the movement principle and working process of the pressure lock mechanism were analyzed. The mechanisms can meet the design requirements, which provides a reference for the design of door pressure lock mechanism and it has practical value.

Keywords: vent door; cam; pressure lock; handle force

* Corresponding author. E-mail: ma.yan@sacc.com.cn