

# 随动流体输送装置的设计及试验

邢荣英\*, 练夏林, 李静洪, 何泳

成都飞机工业(集团)有限责任公司, 四川 成都 610091

**摘要:** 针对飞机倒飞、滚转等大姿态时的流体液面变化而造成的流体输送中断的问题, 设计了一种新型的随动流体输送装置。装置采用全机械的设计方法, 流体入口能跟随液面位置的变化围绕连接部件旋转。对该装置进行性能试验, 结果表明, 在增压压力的作用下, 装置能满足飞机平飞、滚转、俯仰状态下流体的可靠输送。

**关键词:** 流体输送; 随动装置; 大姿态飞行; 飞机

中图分类号: V216.7 文献标识码: A DOI: 10.19452/j.issn1007-5453.2018.08.058

飞机在飞行中会出现各种过载情况, 如俯冲、跃升、倒飞和失重, 这些情况会严重影响流体在储存单元中的分布。流体分布位置移动对流体的可靠输送造成极大的困难<sup>[1]</sup>, 以燃油系统为例, 燃油分布变换会造成油箱输油口无油可出, 有供输油中断的危险, 甚至会引起发动机停车。

现有技术为避免上述情况的发生, 通常采用重量较大的双面泵来解决上述问题<sup>[2]</sup>。这种由上下两泵和中间的倒飞隔板组成的双面泵, 在飞机倒飞或滚转飞行状态下, 倒飞隔板将下部吸油口堵住并将上部吸油口打开, 燃油改由双面泵上部的上泵输送的方式来实现。双面泵的不足之处在于结构复杂, 安装维护困难, 体重大, 要占用油箱一定的空间, 其空间的占用, 降低了系统的经济性<sup>[3]</sup>。

现有技术另一种解决方法, 是在油箱的底部和顶部各有一个输油口和一个浮子, 当飞机正常飞行时, 顶部的浮子将顶部输油口堵住, 底部的浮子随液面浮起, 油从底部输油口输出; 当飞机倒飞时, 燃油落到油箱顶部, 底部浮子将底部输油口堵住, 顶部浮子随液面浮起, 油从顶部输油口输出。该形式结构虽然简单方便, 但不能兼顾飞机滚转时的稳定供油, 因此存在顾此失彼的缺陷。

还有一种解决方法, 是在油箱内安装一根末端带有配重的软管, 软管的进油口可在配重的作用下跟随油面移动, 油在增压压力的作用下沿软管输出<sup>[4]</sup>。这种方式结构简单, 重量轻, 但是软管容易打结或缠绕到其他设备上, 只适合于

无其他设备且壁面平整的微型增压油箱。

针对上述现有技术存在的不足之处, 本文设计了一种结构简单、使用可靠、跟随性好、节约空间、适应含有其他设备的大型增压油箱, 能够兼顾各种飞行姿态, 保证油路畅通的随动流体输送装置。

## 1 地面模拟试验原理

### 1.1 系统要求

某型飞机要挂载一款增压吊舱, 内装某种流体介质(油)。要求该吊舱输油系统具有如下功能: (1) 能满足飞机倒飞、滚转等大机动下的输油; (2) 允许输油流量有波动; (3) 不允许输油中断; (4) 输油装置节约空间、控制简单。

### 1.2 装置构型

根据系统要求, 设计了一款全机械式的随动流体输送装置(随动装置), 其基本思路是将一根固定的输油管分为上下两段, 使其下段能够绕着轴跟随油面转动, 且保证上下段连接位置油路畅通, 使油能通过上段输油管向外输出。

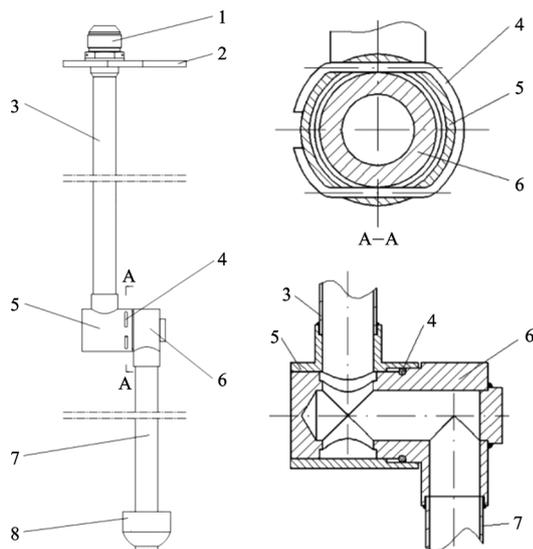
随动装置具体结构如图 1 所示, 上段管 3 与下段管 7 通过管接套 5、管接头 6 和保险销 4 连接在一起。管接套 5 和管接头 6 同轴连接组成具有能够自由转动的中间部件, 使连接在管接头 6 的下段管 7 与连接在管接套 5 的上段管

收稿日期: 2018-07-03; 退修日期: 2018-07-10; 录用日期: 2018-07-15

\* 通信作者. Tel.: 028-87407871 E-mail: hit\_xingrongying@163.com

引用格式: Xing Rongying, Lian Xiaolin, Li Jinghong, et al. Design and test for servo fluid conveying device[J]. Aeronautical Science & Technology, 2018, 29(08): 58-62. 邢荣英, 练夏林, 李静洪, 等. 随动流体输送装置的设计及试验[J]. 航空科学技术, 2018, 29(08): 58-62.

3 的内孔轴线相互平行,并且使下段管 7 能绕管接套 5 和管接头 6 的中心轴线进行 360° 的旋转。管接头 6 的垂直弯头插入管接套 5 后两者左端面在同一平面上。管接头 6 的垂直弯头上制有环形槽,管接套 5 在对应所述环形槽中心线同一位置上制有小孔,小孔和环形槽形成了插入保险销 4 的通路。U 形的保险销 4 插入该通路后再朝管接套 5 壁面方向内扣压紧,即将管接头 6 固定在管接套 5 的连接孔内,且使管接头 6 能绕管接套 5 轴线自由转动,不会产生松动。为保证下段管 7 总是将进油口维持在物理位置最低点,在下段管 7 的自由端上设置有配重 8。



1-管嘴; 2-密封口盖; 3-上段管; 4-保险销; 5-管接套; 6-管接头; 7-下段管; 8-配重

图 1 随动装置结构图

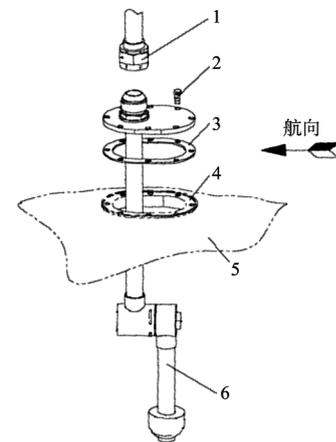
Fig.1 Servo device structure diagram

该随动装置使用时,吊舱内增压,油从进油口自动进入,流经随动装置,经管嘴 1 输出。当飞机正常飞行时,进油口在整个装置的最下端,当飞机滚转和倒飞时,配重带动下段管 7 和管接套 6 跟随飞行姿态绕连接部分中心线 360° 旋转,使得进油口总维持在油面以下,保持油不间断、稳定的输出。

## 2 随动装置的性能试验

为了验证随动装置的性能,将其放置在地面倒飞试验台的增压吊舱内进行性能试验。

随动装置在吊舱上的安装方式如图 2 所示,随动装置放入吊舱,密封口盖与吊舱衬盘之间放置胶垫后采用螺栓连接。



1-吊舱外的输油管路; 2-螺栓; 3-胶垫; 4-吊舱衬盘; 5-吊舱; 6-随动输油装置

图 2 随动装置安装图

Fig.2 Servo device installation diagram

吊舱内除安装随动装置外,还安装有油量传感器感受油量。吊舱通过增压管增压,油沿着随动装置通过吊舱外的输油管路流出,吊舱外的输油管路上安装有电磁阀控制输油的通断。吊舱示意图如图 3 所示。

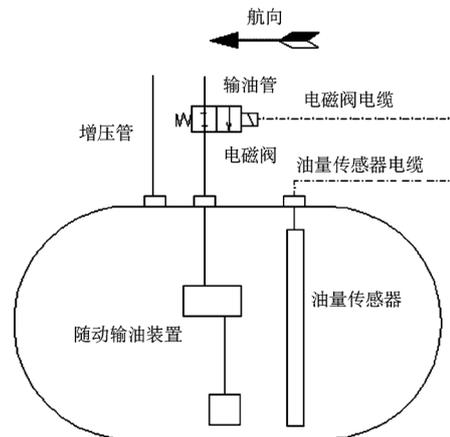


图 3 吊舱示意图

Fig.3 Pod schematic map

随动装置安装在倒飞台上的试验吊舱内,进行了飞机平飞、滚转、俯仰三种状态下的性能试验。性能试验指标控制如下:

输油流量: (1)  $23 \pm 10\text{L}/\text{min}$ ; (2) 滚转与俯仰试验旋转角速率:  $180^\circ / (4\text{s})$ ; (3) 倒飞停留时间: 15s; (4) 吊舱增压压力: 0.45~0.55MPa; (5) 地面停机状态时油面角  $0^\circ$ ; (6) 滚转试验验证滚转和滚转后倒飞两种状态; (7) 俯仰试验验证俯仰后倒飞一种状态。

平飞、滚转、俯仰三项试验的结果如图 4~ 图 6 所示。

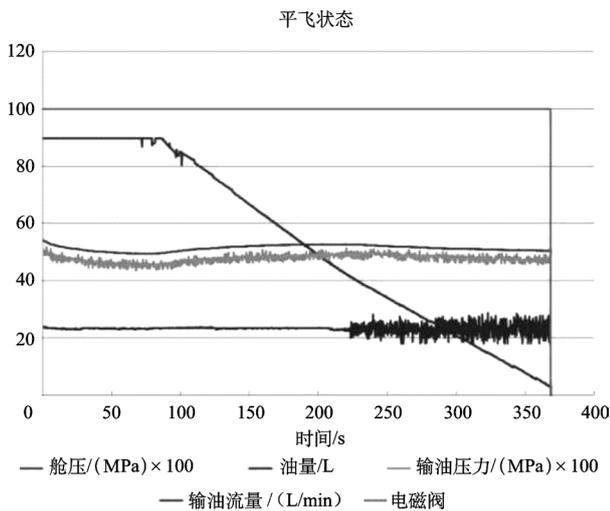


图4 平飞状态下试验结果  
Fig.4 Test results during level flight

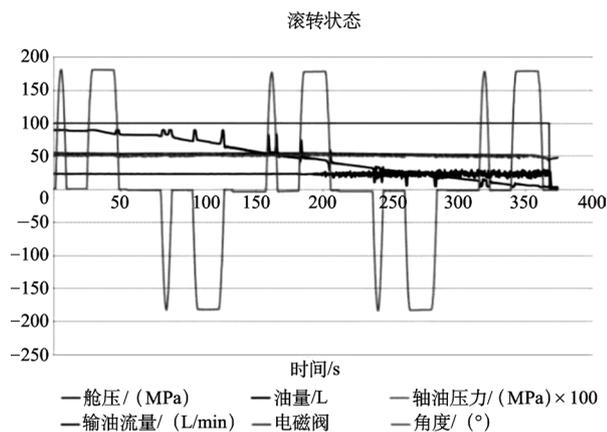


图5 滚转状态下试验结果  
Fig.5 Test results during free-roll

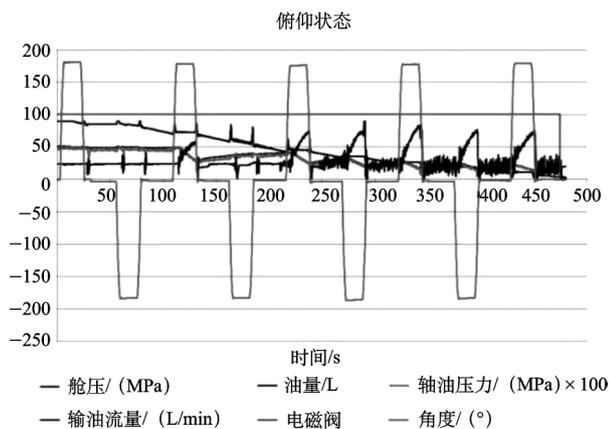


图6 俯仰状态下试验结果  
Fig.6 Test results during pitching

### 3 试验结果分析

在平飞和滚转试验中,当吊舱剩余油量少于一半时,输

油流量波动;整个输油过程吊舱增压压力稳定,输油压力稳定。

在俯仰试验中,当吊舱剩余油量在一半以上时,平飞状况下输油流量稳定;在从平飞转向倒飞的过程中出现多次短时流量波动;倒飞状况下发生一次输油中断。当剩余油量在一半以下时,平飞状况下输油流量波动;倒飞停留时间每次都出现输油中断。整个试验过程中,吊舱增压压力和输油压力在输油流量波动的情况下无变化;在输油流量中断的情况下出现明显变化。试验现象归纳见表1。

表1 试验现象  
Table 1 Testing phenomenon

飞行状态	吊舱压力	输油压力	输油流量	
			余油 $\geq 1/2$	余油 $< 1/2$
平飞	稳定	稳定	稳定	波动
滚转	稳定	稳定	稳定	波动
俯仰	输油中断时不稳定	输油中断时不稳定	平飞稳定,转换过程波动,倒飞偶中断	平飞与转换过程波动,倒飞常中断

综合各项试验,随动装置主要出现两个问题。

问题一:吊舱剩余油量少于一半时输油流量波动。

原因分析:由于吊舱剩余油量少于一半时随动装置连接部件(管接套、管接头和保险销)露出油面,此连接部件不气密,在吊舱增压压力的作用下,有少量气体进入随动输油装置,造成流量波动。

问题二:俯仰试验的倒飞过程中出现流量中断,而滚转试验中没有出现。

原因分析:俯仰试验中,随动装置整体跟随吊舱绕着垂直于连接部件中心线的轴旋转,配重均匀布置在进油口外围,下段管在摩擦力的作用下维持稳定状态没有绕中心线旋转,进油口没有落入油面以下,原因分析如图7所示。滚转试验中,随动装置整体跟随吊舱绕着平行于连接部件中心线的轴旋转,进油口能总是维持在物理位置的最低点。原因分析如图8所示。

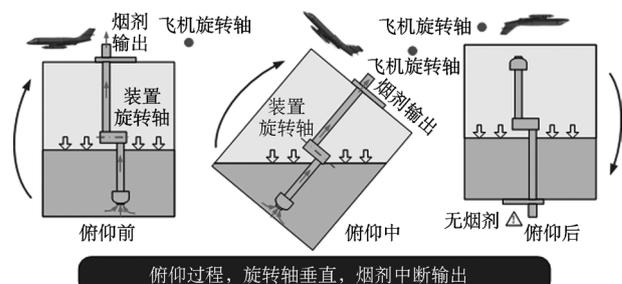


图7 俯仰状态吊舱旋转分析  
Fig.7 Pod rotation analysis during pitching

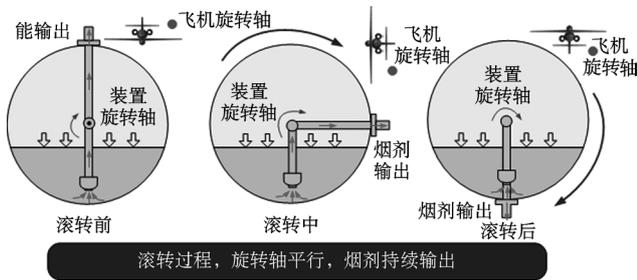


图8 滚转状态吊舱旋转分析  
Fig.8 Pod rotation analysis during free-roll

#### 4 改进措施及验证试验

台架系统改进后,油箱超压现象虽然明显降低但仍然存在,这可能是由于试验燃油系统管路阻滞,需要进一步排故分析。

针对问题一,通过查询试验数据,发现输油流量的波动的范围在限定的范围之内,满足系统要求,设计不做更改。针对问题二,采取在配重上增加偏心块的方式进行改进。偏心块安装在装置末端与连接部件中心线垂直的方向上,使得管接头和下段管在配重和偏心块的共同作用下,受力不平衡,无论在飞机滚转还是俯仰过程中,进油口总能维持在液面以下,保证进油可靠。改进后的随动输油装置如图9所示。

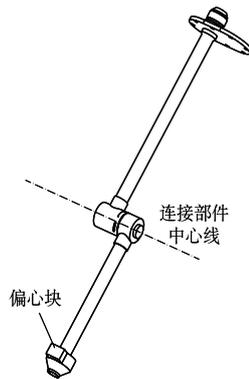


图9 改进后的随动输油装置  
Fig.9 Servo device being added improvement measure

对改进后的随动装置补充进行俯仰和滚转两种状态下的性能试验,试验结果如图10、图11所示。结果表明,在俯仰试验中,除了从平飞转向倒飞的过程中存在短时流量波动以及剩余油量少于1/2时的长时流量波动外,输油中断的现象消失,经数据检查,流量波动范围满足系统要求;整个输油过程吊舱增压压力稳定,输油压力稳定。滚转状态输油状态与原试验结果一致,性能没有受到影响。随动装置改进措施有效。

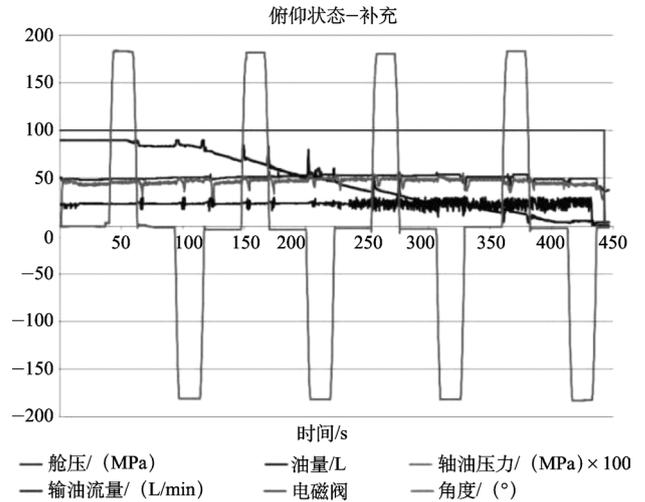


图10 俯仰状态补充试验结果  
Fig.10 Complementary test results during pitching

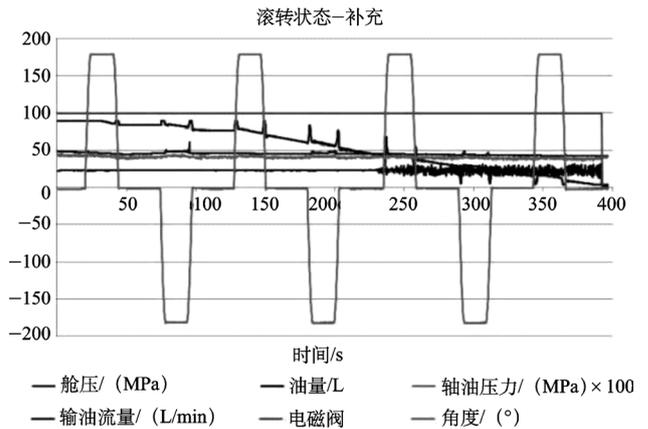


图11 滚转状态补充试验结果  
Fig.11 Complementary test results during free-roll

#### 5 结论

通过分析,可以得出以下结论:

(1) 随动装置利用管接套和管接头组成的旋转连通构件,组成一个装配在一起绕轴线旋转的机械装置,无论飞机处于平飞、滚转还是俯仰状态,均能保证油路畅通,能够满足飞机的液体输送要求。

(2) 随动装置的旋转连通构件露出液面时,会产生一定范围内的流量波动。

(3) 随动装置结可应用到液面位置剧烈变化的增压油箱或增压吊舱中。

AST

#### 参考文献

- [1] 王京,鲁维.飞机倒飞供油过程试验研究[J].工程与试验,2015,55(1):47-50.

- Wang Jing, Lu Wei. Experimental study on fuel supply in the process of inverted flight of aeroplane [J]. *Engineering & Test*, 2015, 55 (1): 47-50. (in Chinese)
- [2] 张媛,任伟,郝毓雅. 零负载飞行燃油系统故障分析 [J]. *航空科学技术*, 2014, 25 (08): 60-63.
- Zhang Yuan, Ren Wei, Hao Yuya. Fuel system fault analysis in zero or negative overload flight[J]. *Aeronautical Science & Technology*, 2014, 25 (08): 60-63. (in Chinese)
- [3] 顾诵芬. 飞机设计手册 [M]. 北京: 航空工业出版社, 2006.
- Gu Songfen. *Airplane design manual*[M]. Beijing: Aviation Industry Press, 2006. (in Chinese)
- [4] GJB 3226 飞机零负过载供油装置通用规范 [S].1998.
- GJB3226 General specification for feeding fuel device of aircraft zero-negative overload[S].1998.
- 作者简介**  
邢荣英 (1985- ) 女, 学士, 工程师。主要研究方向: 飞机燃油系统设计。  
Tel: 028-87407871  
E-mail: hit\_xingrongying@163.com

## Design and Test for Servo Fluid Conveying Device

Xing Rongying\*, Lian Xialin, Li Jinghong, He Yong

AVIC Chengdu Aircraft Industrial (Group) Co., Ltd., Chengdu 610091, China

**Abstract:** Aiming at fluid conveyance interruption occurred in the process of large attitude flight of aircraft, such as in inverted flight and free-roll, a new servo fluid conveying device was devised. Adopting an all mechanical design, the inlet of the device can rotate around the axis of the interconnecting part, following the fluid surface. The performance test result shows that, under boost pressure, the servo fluid conveying device meets the requirement of reliable fluid conveyance during level flight, free-roll and pitching.

**Key Words:** fluid conveyance; servo device ; large attitude flight ; aircraft

Received: 2018-07-03; Revised: 2018-07-10; Accepted: 2018-07-15

\*Corresponding author.Tel.: 028-87407871 E-mail: hit\_xingrongying@163.com