

# 某型飞机起落架应急放下活门组件的故障分析

陈世章

(中国民用航空飞行学院飞机修理厂 四川 广汉 618300)

**摘要:** 应急放下活门组件是飞机起落架收放系统的主要组成部分之一,在收放过程中起着重要的作用,活门故障会对起落架收放造成不同程度的影响并造成飞机安全隐患。本文从某型飞机起落架应急活门组件的结构入手,分析故障并研究其对起落架收放的影响,希望对机务人员进行的起落架维护有所帮助。

**关键词:** 密封;开度;转轴;钢索;泄漏

## 0 引言

应急活门是起落架收放系统的重要组成部分,其性能对起落架收放有很大影响,本文介绍的应急活门安装于某型民用航空院校的中型教练机,文章从应急活门的结构和工作原理入手,结合了实际情况对遇到的故障以及排除经验进行总结,并提出相关维护建议。

### 1 起落架应急放下活门组件的结构和工作原理

应急活门组件安装于座舱加温机下侧的收上和放下管路之间,由壳体、转轴、操纵臂、钢索固定轴及阀芯上的密封圈、转轴保险卡组成。

壳体两端油路通过管接头与收上和放下管路连通,壳体上的止动销,限制转轴只能绕自身轴线在壳体内作一定角度旋转。

转轴上有一个大的通孔,旋转转轴使大孔与壳体的油孔相通时,收上和放下管路连通,油液从高压管路进入低压管路,活门开度越大,液体流阻越小,单位面积通过的液体越多,高低压管路压力差越小。关闭活门,起落架收上保持阶段,收上管路内远高于1800PSI的液压力(起落架收上位最低保持压力,即液压泵重启压力);此时,转轴上密封圈与壳体内壁接合力使转轴旋转阻力变大,飞行员操纵应急放下活门手柄会感到比较费力;为了减小飞行员的操纵力并提高操纵应急放下手柄的速度,在转轴阀芯上与大孔成一定角度的位置上开有一个与大孔相通小径先导孔,先导孔先于大孔与壳体油孔相通并接入油路,这样可以分阶段降低液体压力,使密封圈与壳体内壁接合力逐渐降低。转轴阀芯末端的保险卡环则保证转轴阀芯的轴向定位。

操纵臂与钢索连接并控制并转轴旋转,穿过操纵臂头部的钢索固定销能可以自由转动,避免钢索弯曲。拧紧钢索固定销内的螺钉固定钢索,可有效地防止钢索运动而操纵臂不同步运动。

转轴上轴端密封圈将活门内部与外界分离,侧壁密封圈在应急活门处于关断状态下将高低压管路切断。

与应急放下手柄连接成一体的硬式钢索(粗钢丝)能操纵转轴向前和向后旋转一定的角度并停留在此角度上;正常情况下,手柄推到最前并用保险环卡住,以防在飞行员在各个阶段误操纵放下起落架。只有在液压正常放起落架失效或进行功能测试时,放下保险环才能拉出手柄,放下起落架。

正常情况下,起落架仅能依靠收放系统管路内的液压力收起并保持在收上位,这两个阶段收上管路处于高压状态,放下管路回油到液压油箱;而正常放下起落架和放下上锁阶段,则相反。起落架一旦处于放下锁定后,收上和放下管路内的压力相同,弹簧将下位锁保持在锁定位。

正常收放起落架时下,起落架应急放下手柄总是处于最前位,活门关断,高压管路和低压管路被完全隔断,液压泵产生的高压油液便不会进入低压管;高压油迫使收放动作筒缩短(伸长)从而将起落架在规定的时间内收起(放下)并良好地锁定在收上(放下)位。

当起落架应急放下时,液压泵不工作,起落架应急放下手柄拉到最后位,阀门完全打开,之前收上管路内的高压油液迅速进入放下管路,整个收放系统管路压力处处相同,油液可以自由流动;起落架依靠自身重力的作用(前起落架还有辅助放下弹簧的作用)放下到位,通过可折撑杆拉出收放动作筒并迫使液压管路中的油液流动,在收放动作筒伸出的末端,收放动作筒在下位锁弹簧回复力的作用下继续被拉出直至下位锁机构成功锁定。

### 2 应急活门的开度与密封

活门的开度由操纵臂的位置决定。操纵臂在最前时,转轴密封圈完全断开收上和放下管路,此时转轴上的大小油孔均与壳体油孔不通。操纵臂在最后时,转轴完全勾通收上放下管路,活门开度最大;从前向后拉钢索,侧壁密封圈随转轴转动直至进入遮盖壳体油孔状态,小孔开度逐渐增大直至最大;继续向后拉钢索,侧壁密封圈退出遮盖状态,转轴继续转动使小孔开度又逐渐减小至最小,这时大孔边缘与壳体油路接触;继续后拉钢索到操纵臂到最后,

大孔开度增加至最大，油液流通截面越大。

应急活门组件的密封主要形式为密封圈和螺纹胶形密封，转轴与壳体密封、收上放下管路切断依靠密封圈、活门组件与收上放下管路之间的密封依靠拧紧螺纹之间涂抹的螺纹密封胶。密封效果与密封件的状态（密封圈的损伤、变形程度和密封胶的涂抹质量）壳体与接头拧紧程和活门的开度和压差均有关系。

### 3 应急活门组件的主要故障与原因分析

应急活门组件安装位置隐蔽，维护和检查极不方便，由于使用频率和相对故障率低。实际的工作中应急活门的主要故障形式：内漏、外漏、关闭不严、操作失灵。

内漏和外漏发生在密封件安装的位置。密封圈一直处于挤压状态，随着使用时间的增长，和密封圈的天然老化的原因，密封圈都会产生与沟槽一样形状的不可恢复变形，从而密封能力降低。系统内外的杂质随油液的流动会沉积上密封面上导致密封面变得粗糙，增大摩擦系数，同时充当磨料，研磨胶圈，使密封圈尺寸变小；卡于转轴侧壁胶圈的尖锐杂质也会损伤密封圈，降低密封圈的密封能力。被压缩密封圈回弹使密封圈容易在通过时被槽孔锋利的边缘损伤，如果密封圈和壳体内壁缺少润滑，这种损伤还会加剧。密封圈损伤和变形均会导致降低表面质量，进而降低密封面比压，使其密封能力差于完好的密封圈。

组件关闭不严是由于活门转轴向前转动不到位，不能将收上放下管路有效切断。钢索在操纵过程中，受到手柄传来的推力、活门组件转轴密封圈的旋转阻力、自身的弹力和紧固销的摩擦力。只有推力大于其他力之和，活门才能被完全关闭。转轴转动不到位的原因主要是：

(1) 钢索只被连接没有被固定，钢索可以在固定销安装孔内前后运动。这时应急放下手柄虽然前推位置正确，但转轴侧壁密封圈不能完全滑过壳体油孔因而活门承压能力降低，随着压力增加和飞机振动的影响，压力会有所降低。

(2) 钢索伸出长度不足。钢索的伸出长度与钢索上的钢索固定销的位置和钢索保护套的尾部（护套安装位置与钢索外套端头的长度）有关。钢索长度不变情况下，护套尾部太短，钢索可伸长度减少；护套尾部不变，钢索太短，钢索可伸长度量不足。两种情况下，钢索均不能使活门完全关闭。

(3) 钢索变形过大导致活门关闭不严。不正确的钢索固定位置和护套尾部长度均造成钢索的变形过大时，钢索会产生不可恢复我弯折变形从而导致活门组件关闭不严，表现为手柄操纵力增加甚至不能操纵。

(4) 长时间的钢索固定销卡死也会导致钢索变形，使

钢索操纵力增加，或活门关闭不严。

(5) 当硬质杂质停留在壳体止动销位置时，会使操纵臂向前推不能达到极限位，从而组件关闭不严。

操纵失灵是操纵臂旋转与钢索的运动不一致。主要原因是钢索固定销内的小螺钉未将钢索固定住引起，由于螺钉小位置特隐蔽，容易被安装人员和维护人员忽略。

### 4 应急活门对起落架的影响

要保证起落架可靠的收上和锁定，液压泵产生输出压力和收放时间都应符合规定，因此要求系统的密封能力应该足够地好。密封能力由泄漏量表示，但通常反应在压力差变化。密封能力与材料、密封表面的加工质量、密封面上的比压有关和压差均有关。泄漏量也与活门开度大小有关。

应急活门对起落架的影响可以分为四个方面：起落架的收上故障、起落架收上保持不住，起落架放下故障和起落架放锁上锁动作障碍。

起落架的收上故障体现在使起落架收上不能进行、使起落架的收上时间变长或保持在某一个收上高度。密封圈损伤程度严重或活门大于某一个程度，收上管路的油液直接进入放下管路，液压泵输出压力低于来自起落架的阻力，起落架不会有任何动作。当密封圈损伤较小或活门有微小的开度，收放动作筒两侧的压差能使起落架收起，但因为泄漏量的存在，起落架的收上速度比正常要慢一些，收上的时间要长一些；当泵的输出压力达到与总阻力时一样，起落架保持在空中的某一高度上，不能上也不能下的状态。

起落架收上保持不住体现在使起落架液压泵电机频繁地工作。起落架收上后，收上管路的高压将起落架保持在收上位，密封圈损伤程度、侧壁密封圈的位置和活门的开度对收上保持压力的降低都有重大影响。侧密封圈不到位造成密封不严致使起落架收上保持不住的案例常有发生。

起落架放下故障体现在放下的总时间增长，密封不良时，一部分高压油会密封不良处通回油路，从而使高压管路需要进入更多的油液完成收放动作，从而使收上放下的总时间增长。

当进入放下上锁过程，起落架运动早已停止，上锁的速度决定于放下弹簧的回复力和油液流阻和动作筒的摩擦力，前者与后者之各的差值越大，上锁越快；反之越慢，甚至不能上锁。过小的活门开度会增加流阻导致上锁缓慢甚至无法上锁。

### 5 维护建议

为保证应急活门组件内的密封圈在高于2500psi的环境下仍具有良好密封能力，液压系统的密封状况始终处于

(下转第46页)

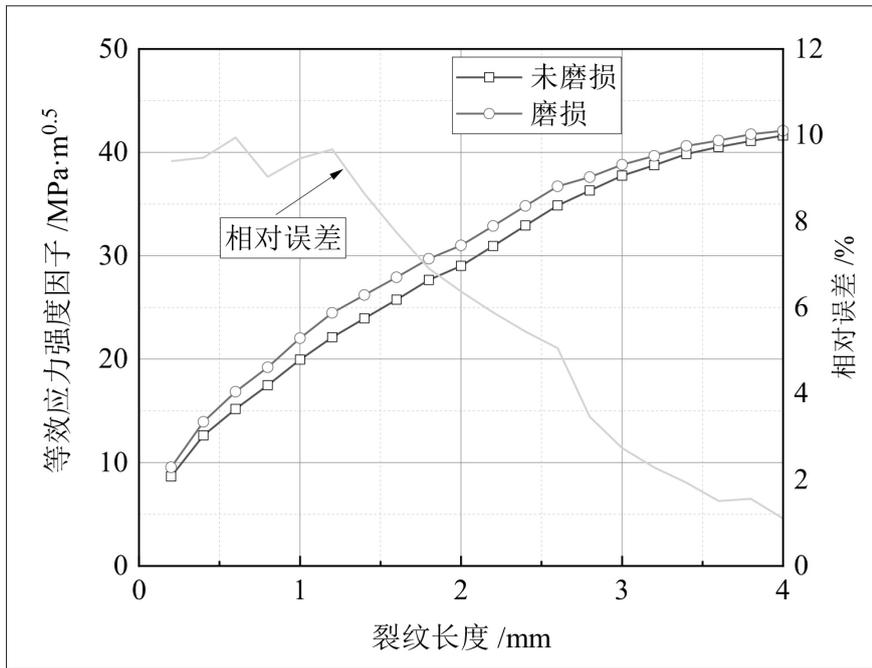


图 6 沿裂纹扩展路径下裂纹尖端应力强度因子的差异

参考文献:

[1] 曾飞. 列车轮对弯曲载荷作用下过盈配合面微动行为研究 [D]. 西南交通大学, 2012.  
 [2] 宋川. 轴类部件旋转弯曲微动疲劳损伤分析及试验模拟 [D]. 西南交通大学, 2013.

[3] 杨广雪. 高速列车车轴旋转弯曲作用下微动疲劳损伤研究 [D]. 北京交通大学, 2011.  
 [4] FOLETTI S, BERETTA S, GURER G. Defect acceptability under full-scale fretting fatigue tests for railway axles [J]. International Journal of Fatigue, 2016, 86: 34-43.  
 [5] POURHEIDAR A, REGAZZI D, CERVELLO S, et al. Fretting fatigue analysis of full-scale railway axles in presence of artificial micro-notches [J]. Tribology International, 2020, 150: 106383.  
 [6] ZOU L, ZENG D, WANG J, et al. Effect of plastic deformation and fretting wear on the fretting fatigue of scaled railway axles [J]. International Journal of Fatigue, 2020, 132: 105371.  
 [7] TB/T 1463. 机车轮对组装技术条件 [S]. 2015.  
 [8] 李行, 张继旺, 徐俊生, 等. 缺陷对 EA4T 车轴钢疲劳性能的影响 [J]. 西南交通大学学报, 2021, 56(3): 627-633.  
 [9] 解德, 钱勤, 李长安. 断裂力学中的数值计算方法及工程应用 [M]. 北京: 科学出版社, 2009.

(上接第 42 页)

良好的状态。对于应急放下活门组件的维护需要注意以下几方面。

- (1) 检查活门处是否存在密封处外漏现象。遇到外漏情况尽快处理，避免泄漏加剧。
- (2) 检查钢索和钢索护套的紧固位置和紧固状况。避免因紧固位置不正确造成钢索变形造成收放不顺利，特别是避免钢索紧固不良造成操纵失灵。
- (3) 检查钢索壳体止动区域是否有杂质，清除杂质避免因杂质的存在导致转轴转动角度不足。
- (4) 注意定期更换液压系统油液排除油液内的杂质，避免因油液污染造成密封圈损伤。

6 结语

应急活门的各种故障深刻地影响着飞机起落架收放和

飞机安全，本文对其结构和工作原理、故障现象和原因进行了分析，并总结了其对起落架收放的影响，希望对起落架系统和液压泵的维修人员有所帮助。

参考文献:

[1] Piper Aircraft, Inc. AIRPLANE MAINTENANCE MANUAL 2021-1-31.  
 [2] 甄轲. 一起 PA-44-180 飞机起落架应急放下活门故障 [J] 神州, 2018(15).  
 [3] 曾祥财, 教文伟, 龚良国, 刘丽红. 某型教练机起落架应急放故障分析及改进措施 [J]. 教练机, 2017(02).  
 [4] 温育明, 张焱, 汪艳. 飞机液压系统污染控制研究 [J]. 液压与气动, 2020(12).