

飞机起落架常见故障及原因分析

穆媛, 陈华达, 顾文华

(中国特种飞行器研究所, 湖北 荆门 448035)

摘要: 针对飞机起落架收放作动筒活塞杆划伤、轮轴磨损腐蚀、刹车盘异常磨损、下位锁开锁故障及收放摇臂裂纹等几种典型故障,从结构设计、材料、制造工艺、使用环境和日常维护几个方面分析了各故障产生的原因,提出了预防故障发生的建议,为今后飞机起落架设计提供参考和借鉴。

关键词: 起落架; 故障; 作动筒; 下位锁; 收放摇臂

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2013.04.023

中图分类号: V267+.3 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2013)04-0098-04

Common Failure and Reason Analysis of Aircraft Landing Gear

MU Yuan, CHEN Hua-da, GU Wen-hua

(Special Vehicle Research Institute of China, Jingmen 448035, China)

Abstract: Common aircraft landing gear failures were introduced, including piston haulm laceration of the retractor actuator, wheel axis abrasion and corrosion, brake disk wearing abnormally, downlock failure, and rocker arm crack. The causes of the every failure were analyzed from the aspects of structure design, material, manufacture technics, environment, and daily maintenance. Relevant suggestions of avoiding failure were put forward. The purpose was to provide reference for aircraft landing gear design.

Key words: landing gear; failure; actuator; downlock; rocker arm

起落架是飞机结构的一个重要承力部件,具有操纵特性,严重影响飞机安全的起降过程,担负着极其重要的使命^[1]。起落架是一个相当复杂的机械装置,要获得一个好的设计必须有一个合理的结构设计。起落架合理的布局和型式,高效率的缓冲器,先进的轮胎、刹车系统和控制系统,超高强度和抗应力腐蚀、耐环境腐蚀的材料,都对减轻起落架质量、提高使用寿命和可靠性起着重要作用^[2]。

由于结构、材料、制造工艺、使用和维护等因素的影响,飞机起落架在外场使用中经常出现裂纹、腐蚀、轮胎爆裂、摆振、刹车失效、起落架放不下甚至着陆滑跑中起落架折断等故障,直接威胁到飞机和人员的安全^[3]。文中主要阐述了收放作动筒活塞杆划伤、轮轴磨损腐蚀、刹车盘异常磨损、下位锁开锁故障及收放摇臂裂纹几种典型故障,并对其产生原因进行了分析。

收稿日期: 2013-02-23

作者简介: 穆媛(1982—),女,辽宁海城人,工程师,主要研究方向为飞行器起落架结构设计。

1 常见故障及原因分析

1.1 收放作动筒活塞杆划伤

1.1.1 故障现象

某飞机主起落架在进行实验室收放试验时,发现主起落架收放作动筒活塞杆出现大量划痕,且外筒与活塞杆接触部位有漏油现象。该飞机主起落架收放作动筒活塞杆选用高强度钢制造,外表面镀铬。主起落架收放作动筒活塞杆划伤状况如图1所示。



图1 收放作动筒活塞杆划伤状况

Fig. 1 Laceration status of piston haulm of retractor actuator

1.1.2 原因分析

主起收放作动筒由活塞杆、外筒、斜面推楔、下端盖和密封圈等组成,如图2所示。经分析认为,活

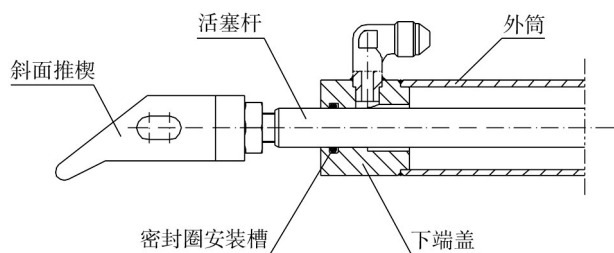


图2 收放作动筒装配

Fig. 2 Assembly drawing of retractor actuator

塞杆的往返运动理论上只与密封圈接触,导致坚硬的铬层划伤并且漏油,必然是活塞杆在往返运动时,非轴向运动,从而接触到了尖硬的钢件。通过检查分析作动机构和与活塞杆相配合零件的配合精度,造成主起落架收放作动筒活塞杆划伤漏油的原因主要有:1)下端盖外圆面与外筒配合精度低,下端盖内

圆面与活塞杆的配合表面粗糙度偏低,使活塞杆在往返运动中与下端盖直接接触;2)斜面推楔受力方向并非沿活塞杆轴向,导致活塞杆受到弯矩并发生弯曲,受力过程中斜面推楔的导槽与导杆的磨损较严重,配合间隙过大,使得活塞杆与下端盖内圆不同轴,易导致相互磨损。

1.2 轮轴磨损腐蚀

1.2.1 故障情况

某飞机为水上飞机,起落架结构经常受海洋大气和海水的侵蚀。前起落架机轮通过两个轴承安装于轮轴上,轴承在良好的润滑条件下均能很好地工作,起落架装配好后在这些部位充填上润滑油脂。

经过一段时间使用后,前起落架轮轴与轴承接触部位出现严重的磨蚀损伤,损伤范围和损伤程度如图3所示。



图3 前起落架轮轴磨损腐蚀状况

Fig. 3 Wheel axis abrasion and corrosion status of nose landing gear

1.2.2 原因分析

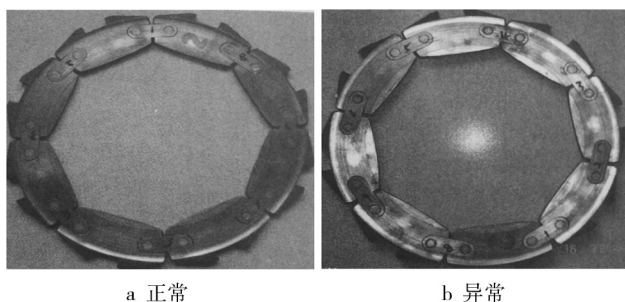
通常在润滑油脂的保护下,轴承能经受住海洋大气甚至海水的侵蚀,但是由于使用过程中油脂的脱落或流失,使轴承得不到应有的保护,在海水和载荷的共同作用下,轴承滚动体与轴保持架锈死^[4]。另一方面,由于维护的原因,轴承间的润滑脂得不到适时的更换和补充,即使不被海水冲洗,润滑脂在经过一定的时间历程之后,也会老化干裂并脱落。在这两种情况下,轴承内的滚动体均不能进行滚转运动而是作一种滑移运动。随着时间的推移以及海水的腐蚀侵蚀作用,滚动体与内、外圈锈死在一起,导致轴承外环或内环与机轮之间发生相互滑移。综上所述,在干磨擦和海水腐蚀的条件下,轮轴与轴承的相互滑移会造成接触部位的磨蚀损伤。

1.3 刹车盘异常磨损

1.3.1 故障情况

某飞机出动检查时,发现主轮掉下一片金属物,同时有较多的金属粉末。拆下机轮后进一步检查,发现最里侧(即靠着承压盘)的动盘表面磨损较大,该面已经磨损到铆钉头和连接耳片,并且将它们严重磨损,使其厚度所剩无几,掉下的金属片正是磨损脱落的一个连接耳片。

如图4所示,刹车动盘正常磨损会形成摩擦层(正常氧化为蓝色);刹车动盘异常磨损时动盘表面会出现白茬亮带。刹车盘动盘异常磨损主要特点是使用起落次数较少;动盘磨损量远大于静盘粉末冶金摩擦片的磨损,形成偏磨对偶盘;故障件部位在刹车装置两端,即最外侧的动盘(靠近气缸座)和最里侧(靠近承压盘)的动盘不是同时出现异常磨损,而且一面快速磨损;机轮内腔可见较多的铁粉堆积。



a 正常

b 异常

图4 刹车盘磨损面状态

Fig. 4 Status of brake disk wearing

1.3.2 原因分析

该飞机机轮刹车材料(粉末冶金摩擦材料)适应速度范围有限,在低速低能条件下摩擦面的磨损性能差,在一定的场外使用条件下,粉末冶金刹车盘静盘切削、啃伤刹车钢动盘。个别动盘偏磨,可能是刹车盘沿轴向运动受阻,松刹车时不能及时脱开造成。由于现有技术标准(包括航标、国军标)对低速低能条件下的刹车性能没有考核要求,有些刹车摩擦材料配方设计缺陷就有可能在产品鉴定时不能及时暴露出来。

由于不同厂家摩擦材料的配方设计、制造工艺,不是所有产品都会存在这种非正常现象。即使同一厂家生产的摩擦材料,由于材料成分、制造工艺条件

波动,使用条件不同,也可能存在这种异常现象。因此,刹车动盘异常磨损是在特定条件下出现的^[9]。

1.4 主起下位锁开锁故障

1.4.1 故障现象

某型飞机在地面试车时,试车一段时间,机务人员发现右主起落架下位锁信号灯熄灭。立即检查,发现右主起落架下位锁锁销往锁作动筒内缩进3 mm左右,与终点电门脱离,终点电门电路断开,信号灯熄灭。锁销还在锁销孔内,仍然锁住了起落架支柱,因此没有出现重大事故。这一故障经常出现,成为一直以来困扰机务官兵的心头病。

1.4.2 原因分析

主起下位锁为插销式结构,下位锁作动筒结构如图5所示。锁作动筒由液压推动活塞移动。当起落架支柱放下落到放下位置时,油液进入管嘴A,推动活塞杆使锁销移动直至上锁。此时,锁销顶推终点电门,当下位锁锁好时,起落架放下的指示灯即亮。收起落架时,由液压系统来的油液进入锁作动筒的管嘴C,推动活塞杆移动打开下位锁。压缩弹簧装配时的压缩量约20 mm,其作用在于当A腔的高压油消失后,防止锁销退出上锁状态。故障产生的原因可能为弹簧的预压缩量不够,预压力较小。处理故障时,在锁作动筒的内加3 mm的垫片,增大弹簧的预压力。再次经地面试车,该故障消除。

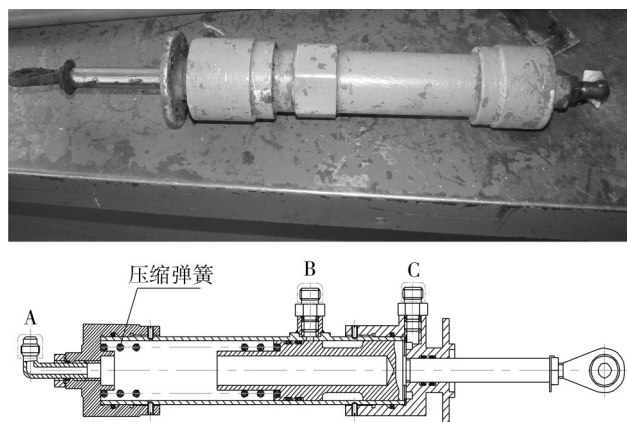


图5 下位锁作动筒

Fig. 5 Downlock actuator

1.5 收放摇臂裂纹

1.5.1 故障现象

某型水上飞机大修时,主起落架收放摇臂经无

损检查发现多处裂纹,且裂纹主要集中在焊缝和转角处,裂纹长度最短为3 mm,最长为8 mm,裂纹深度在2~4 mm之间。在出现裂纹的摇臂位置有较严重腐蚀锈迹,如图6所示。

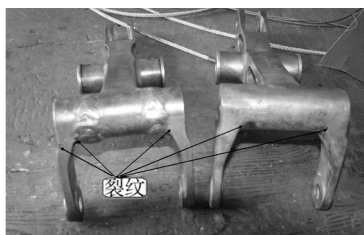


图6 收放摇臂出现裂纹位置

Fig. 6 Position of retractor rocker arm crack

1.5.2 原因分析

该起落架收放摇臂为焊接件由材料为30CrMnSiNi2A钢的两个锻件焊接而成。与起落架收放系统大、小两个液压收放作动筒相连接。在飞机滑跑和起落架收放过程中承受弯矩、扭矩和拉力。经分析认为,产生裂纹的可能原因如下:1)零件转角处过渡半径较小(R10),易产生较大的应力集中^[6];2)30CrMnSiNi2A钢在多次收放载荷作用下对应力集中有很高的敏感性,易产生疲劳裂纹;3)由于焊缝经常处于海水环境中,有较严重腐蚀锈迹,且局部锈蚀程度不一致,引起局部应力变化,这种应力变化直接导致焊缝抗剪能力与抗拉能力达不到设计要求,在多次收放载荷作用下,焊缝薄弱环节产生裂纹;4)焊缝本身有气泡、夹渣和微小的龟裂等缺陷,导致焊缝强度下降。综上分析,在各种可能因素的共同作用下导致多处裂纹产生。

2 结论

通过对飞机起落架几种典型故障进行分析表

明,设计、生产和使用维护中即使是微小的疏漏也可能导致严重的后果。因此,在设计、生产和使用维护中应注意以下几点。

1) 确保设计质量。为了避免应力集中和开裂,零件截面改变处应平滑均匀过渡,零件转角处应选用足够大的圆角半径;运动部件的接触表面应降低表面粗糙度,保证运动的顺畅;合理布置焊缝位置、坡口形状以及焊缝表面形态,避免力的传递不合理,存在严重应力集中,或者产生附加弯矩等。

2) 确保工艺质量。在焊接生产过程中应预防和避免产生裂纹、未焊透、咬边、气孔和夹渣等缺陷,要保证设计图样所要求达到的焊缝等级。

3) 确保装配质量。在收放作动筒等运动部件装配过程中,要保证活塞杆与外筒之间的配合精度,确保收放作动筒运动的顺畅和其对油液的密封。

4) 防止腐蚀侵蚀。由于水上飞机起落架结构经常受海洋大气和海水的侵蚀,故飞机每次飞行结束上岸后都应用清水对起落架结构进行彻底清洗,同时要及时更换和补充运动部件接触部位的润滑脂。

参考文献:

- [1] 王志瑾,姚卫星. 飞机结构设计[M]. 北京:国防工业出版社,2007:172—173.
- [2] 高泽迥. 飞机设计手册 14分册——起飞着陆系统设计[K]. 北京:航空工业出版社,2002:19—37.
- [3] 刘锐琛,苏开鑫. 飞机起落架强度设计指南[M]. 成都:四川科学技术出版社,1989:81—91.
- [4] 张蕾,纪敦,陈群志,等. 腐蚀条件下起落架机轮半轴疲劳寿命研究[J]. 装备环境工程,2006,3(3):89—91.
- [5] 何永乐,毕燕洪. 飞机刹车盘异常磨损原因分析[J]. 飞行事故和失效分析,2011,85(3):10—11.
- [6] 诺曼·斯·柯里. 飞机起落架设计原理和实践[M]. 北京:航空工业出版社,1990:192—202.
- [30] 刘银秀,邹霞,潘志彦,等. 废轮胎和天然橡胶在超临界甲苯中的解聚研究[J]. 燃料化学学报,2007,35(6):732—736.
- [31] LIN C W, CHIEN C H, TAN J, et al. Chemical Degradation of Five Elastomeric Seal Materials in a Simulated and an Accelerated PEM Fuel Cell Environment[J]. Journal of Power Sources,2011,196(4):1955—1966.
- (上接第70页)
- [28] 李跟宝,周龙保,柳泉冰,等. 二甲醚发动机中燃料与橡胶密封件的相容性研究[J]. 西安交通大学学报,2009,39(3):317—320.
- [29] MITRA S, GHANBARI-Siahkali A, KINGSHOTT P, et al. Surface Characterisation of Ethylene-propylene-diene Rubber upon Exposure to Aqueous Acidic Solution[J]. Applied Surface Science,2006,252(18):6280—6288.