

# 某飞机起落架未收起故障解析处理

胡庆丰 邱波 王小凌

(沈阳飞机工业(集团)有限公司 沈阳 110850)

**摘要:** 起落架装置是飞机重要的承力兼操作性的部件,在飞机安全起降过程中,担负着及其重要的使命。起落架是飞机起飞、着陆、滑跑、地面移动和停放所必需的支持系统,是飞机主要部件之一,其性能的优劣直接关系到飞机的安全。本文从飞行过程中起落架未收起的故障现象入手,结合起落架收放的工作原理,建立故障树对故障进行分析排查,最终准确定位故障点。通过建立故障树的分析处理方法,深入了解起落架主要组件及功能实现过程,拓宽了技术人员的排故思路,对相关人员有一定的指导意义。

**关键词:** 起落架;安全起降;起落架收放;故障树

**中图分类号:** V2    **文献标识码:** A    **国家标准学科分类代码:** 590.45

## Analysis and treatment of failure of landing gear not retracted in an aircraft

Hu Qingfeng Qiu Bo Wang Xiaoling

(Shenyang Aircraft Industry (Group) Corporation, Shenyang 110850, China)

**Abstract:** Landing gear device is an important component of aircraft with both load-bearing and maneuver ability. It undertakes an extremely important mission in the process of safe takeoff and landing of aircraft. Landing gear is a necessary support system for aircraft take-off, landing, taxiing, ground movement and parking. It is one of the main components of the aircraft. Its performance is directly related to the safety of the aircraft. This paper start with the failure phenomenon that the landing gear is not retracted during flight, combined with the working principle of landing gear retraction and retraction, establish a fault tree to analyze and troubleshoot the fault, finally, locate the fault point accurately. Through the analysis and processing method of establishing fault tree, it has certain guiding significance for relevant personnel to deeply understand the main components and function realization process of landing gear and expand the troubleshooting ideas of technicians.

**Keywords:** landing gear; safe take-off and landing; retraction and retraction; fault tree

## 0 引言

起落架是飞机下部用于起飞降落或地面滑行时支撑飞机并用于地面移动的附件装置。起落架是唯一支撑整架飞机的部件,它是飞机不可或缺的部分。随着飞行速度的不断提高,飞机很快就跨越了音速的障碍。由于空气阻力随着飞行速度的增加而急剧增加,暴露在外的起落架<sup>[1-2]</sup>就严重影响了飞机的气动性能,阻碍了飞行速度的进一步提高。因此,人们便设计出了可收放的起落架,当飞机在空中飞行时将起落架收到机翼或机身内,以获得良好的气动性能,飞机着陆前再将起落架放下来。当飞机起飞后,可以视飞机飞行性能而收回起落架<sup>[3]</sup>。

起落架装置在飞机安全起降<sup>[4]</sup>过程中,担负着及其重

要的使命。起落架是飞机起飞、着陆、滑跑、地面移动和停放所必需的支持系统,是飞机主要部件之一,其性能的优劣直接关系到飞机的安全。

## 1 起落架收放原理

### 1.1 电气原理

当飞机起飞后或在地面需要收起起落架时,将起落架收放<sup>[5-6]</sup>手柄放在收起位置,经直流应急汇流条供电,经断路器、控制盒、继电器的常闭触点和舱门收起位置终点开关触点(即放下位),经起落架执行机构收放继电器,使起落架控制液压电磁阀的收起电磁铁工作,液压电磁阀工作后改变了起落架控制液压作动筒的供压油路中回油路,在液压油的作用下,液压作动筒将起落架收起。

当所有起落架都收至收起终点位置时,起落架收起位置终点开关触点接通,使起落架舱门控制液压电磁阀的收起电磁铁工作,然后由舱门液压作动筒将所有起落架舱门收起。当舱门离开放下终点位置后,放下位置终点开关的放下触点分别断开,防止在舱门未完全打开的情况下误将起落架放下。当舱门都收到收起终点位置时,即舱门上位锁锁闭时,其终点开关的放下触点断开,使 2 个液压电磁阀断电。

当飞机准备着陆或在地面需要放下起落架时,则控制盒上的起落架收放手柄放在放下位置,由应急汇流条供电,使舱门控制液压电磁阀的放下电磁铁工作,使起落架舱门放下。此时舱门放下位置终点开关的放下触点接通,起落架控制液压电磁阀放下,电磁铁工作,使起落架全部放下。这时,起落架收起位置终点开关已转换,放下触点接通,而舱门收起位置终点开关也都处于放下触点接通的位置,为下一次起落架的收起作好了准备。

1.2 机械原理

当飞机起飞到达一定高度后,或者在地面顶起飞机,此时可以进行收起落架的动作。将起落架收放手柄扳到“收上”位置,在液压作用下,起落架的放下锁定机构会解除锁定,同时液压油进入起落架收放作动筒,推动起落架向前收起,在收放作动筒的推动下,撞击起落架上位锁锁钩,起落架上位锁锁闭。当起落架完成收起后,起落架舱门放下锁定机构会接触锁定,同时液压油进入起落架舱门收放作动筒,推动起落架舱门收起,在作动筒的推动下,撞击舱门上

位锁锁钩,起落架舱门上位锁锁闭,起落架完成收起。

2 某飞机起落架故障现象分析

2.1 问题描述

飞机将起落架手柄置于收上位置,起落架未收上,随后进行第二次尝试收上起落架,仍未收上。

2.2 飞参判读及视频回放确认故障

1)数据回放

通过飞参判读及视频回放,可以看出故障发生的整个过程,操作者执行收起落架操作,手柄在收起位置时起落架未收上(时间持续 XXs),随即操作者将手柄置于放下位置后,操作者第二次将起落架手柄置于收上位置(时间持续 Xs),起落架未收上。经飞参判读飞行全程过程中,起落架放下位置状态开关均有效<sup>[7]</sup>。

2)视频判读

查看飞参视频平显矢量符全程显示起落架处于放下位置。

3 建立故障树进行危险分析和排查故障

通过视频监控、回放飞参可以确认收放过程中起落架未收起,同时在重复收放时,起落架未动作、起落架未收起,再次收放起落架后起落架收上,根据原理分析将本次行过程中起落架未收起故障的顶事件定为“起落架未放下”。根据原理分析列出所有可能故障原因的底事件,画出故障树<sup>[8-10]</sup>如图 1 所示,并对底事件进行逐一排查。

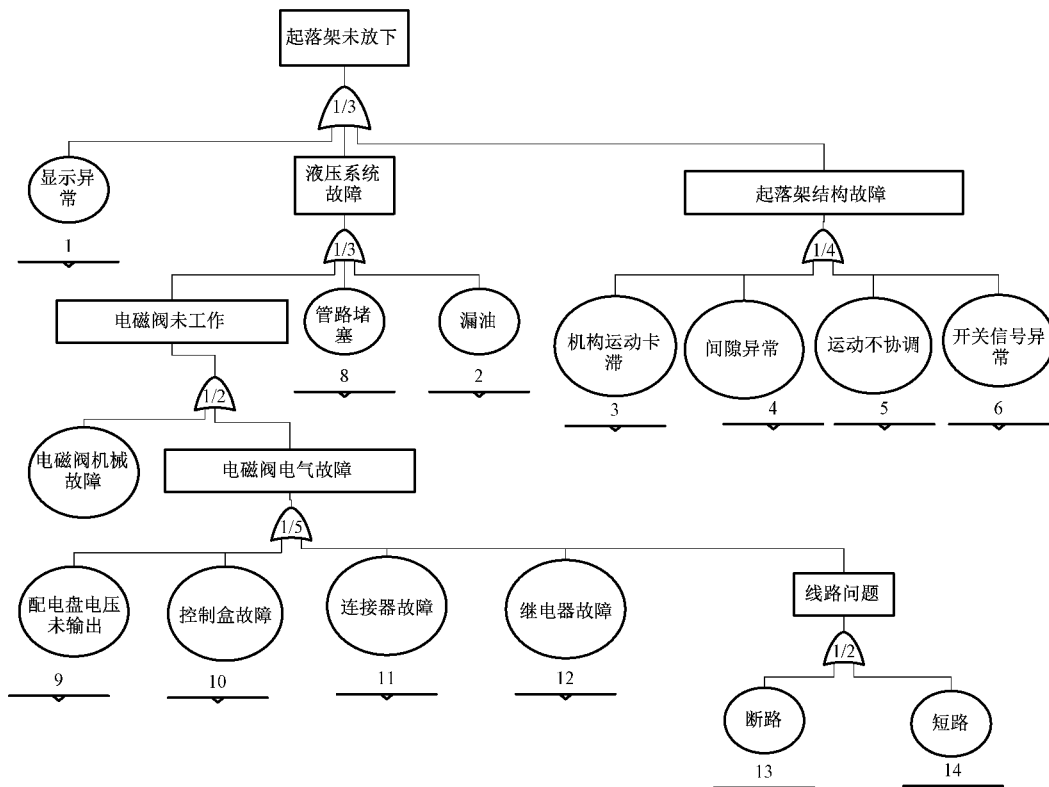


图 1 故障树

### 3.1 底事件1 显示异常

检查飞参视频中平显上起落架位置,在故障发生时,起落架全程处于放下位置,操作者收起落架时起落架也未动作,事件风险较低,因此可以排除显示异常底事件。

### 3.2 底事件2 液压管路漏油

目视检查飞机外观,前、主起落架外观无损伤,且飞机无液压油渗漏现象,事件风险较低,因此可以排除液压管路漏油底事件。

### 3.3 底事件3 机构运动卡滞

机构运动卡滞时可能导致起落架下位锁不能打开,起落架无法收起,通过起落架收放检查,起落架运动平稳、无卡滞、无异响,起落架工作正常,事件风险较低,排除机构运动卡滞底事件。

### 3.4 底事件4 间隙异常

检查起落架与锁之间的间隙、起落架大轴间隙,实测值符合要求,事件风险较低,排除起落架执行机构与锁摇臂间隙底事件;

### 3.5 底事件5 运动不协调

检查起落架执行机构与锁摇臂的运动协调性,通压进行试验,锁摇臂开锁压力和起落架执行机构始动压力符合要求,能够保证先开锁再放起落架执行机构,起落架执行机构与锁摇臂运动协调,不会发生锁死,排除起落架执行机构与锁摇臂运动不协调底事件<sup>[11]</sup>;

### 3.6 底事件6 开关信号异常

经多次起落架收放运动检查,起落架执行机构和起落架在座舱内的显示均无异常,事件风险一般,排除起落架执行机构中立位置开关信号异常底事件。

### 3.7 底事件7 电磁阀机械故障

测量电磁阀线圈电特性符合要求;后续经过多次收放检查,电磁阀工作正常,没有出现卡滞现象;事件风险一般,可排除底事件7 电磁阀机械故障8。

### 3.8 底事件8 管路堵塞

提取液压系统油样进行污染度检查,检查结果满足要求,后续经过多次收放检查,液压系统工作正常,事件风险一般,因此可以排除管路堵塞底事件。

### 3.9 底事件9 配电盘电压未输出底事件

检查配电装置“起落架控制”断路器及“电磁阀”断路器,断路器均未跳出。经测量电磁阀一直处于通电状态,则可以进一步证明配电装置配电功能正常。事件风险较低,可以排除配电盘电压未输出底事件。

### 3.10 底事件控制盒故障底事件

控制盒上装有起落架收放开关。出现起落架“放”开关触点积碳导致无法放下的问题,经过分析原因包括两方面:一是由于正常放开关触点在断开的瞬间电流是接通瞬间的2倍,断开瞬间电弧产生的积碳由于接通时电流较小可能无法冲开;二是由于开关本身感性负载不够大,比较容易产生积碳,事件风险较高,需进行详细检测<sup>[12-13]</sup>。

通过机上原位检查控制盒上连接插头,保险销均处于正确有效位置,可排除插头未拧紧可能。在地面反复测量控制盒连接器的各引脚导通情况(起落架手柄处于收位置),测量50次导通性能正常。

采用微欧计测量对拆下的控制盒起落架收放开关电路进行测量,每个触点测量3次,3次结果误差不超过1 mΩ,证明开关触点接触良好,不存在积碳。随后,分解控制盒检查均正常。综上所述,可排除控制盒故障底事件<sup>[14]</sup>。

### 3.11 底事件连接器故障底事件

通过机上原位检查控制盒连接插头,保险销均处于正确有效位置,可排除插头未拧紧可能。采用万用表对拆下的控制盒连接器应急放开关电路进行测量,控制盒连接器2~3针孔之间偶发不导通(应急放开关处于收起状态),分别3人进行测量均存在偶发不导通情况,与飞机无法收起起落架偶发故障现象吻合,事件风险较高,发生概率较大<sup>[15]</sup>。

综上所述,可定为控制盒连接器存在个体故障。

### 3.12 底事件12 控制接口单元故障

动作杆收放控制功能由控制接口单元内部继电器实现,如果控制接口单元产品故障,会导致动作杆电磁阀失电,动作杆无法放下,从而导致起落架未收起。

通过对飞机进行机上电路检查,地勤人员对动作杆控制电路中经过的工艺连接器进行了摇摆和晃动后,飞机上电且起落架手柄处于“收起”位置时,测量了动作杆收放电路中部分测量点电压,其中发现收放电磁阀2针孔无电压,同时,与压接头等电位测量点的针孔无电压,而控制接口单元在压接头后端,故可排除控制接口单元故障导致收放电磁阀失电的可能。随后,在飞机上电且起落架手柄处于“收起”位置时,再次测量收放电磁阀2针孔电压正常。可排除控制接口单元故障。

### 3.13 底事件13 线路发生断路,底事件14 线路发生短路

断开机上对接插头、断开配电装置插头,断开控制盒插头、断开控制盒连接器插头,目视检查所有连接插头与插孔的外观,无缩针,倒针等现象,测量下列线束的导通,结果无异常;检查线路电阻值,结果均符合要求。

检查压接点和压接点,通过压接点观察窗口检查结果无异常,分解插头将对应针孔抽出无异常。抽出后测量电路无断路现象。事件风险较高,发生概率也较大。综上所述可以排除线路发生断路、短路底事件<sup>[16]</sup>。

## 4 故障结论及处理

通过上述分析,现已定位左辅助仪表板控制盒连接器偶发故障,该控制盒故障可导致起落架无法收起,与飞机在飞行及地面检查过程中故障现象符合。

基于以上分析,建议将机上控制盒连接器返处理,更换控制盒连接器后排除故障。

## 5 结 论

在航空航天领域中,依据事件的紧急性、严重性和影响性,对系统失效状态采用故障树分析的方法,进行机能性的危险分析和故障处理,以达到全面、快速、准确的处理问题,如这次案例,通过深入了解起落架主要组件附件及功能实现过程,建立起落架故障树,经过综合的风险分析处理,完成了多型号多架次飞机调试和试车过程中的故障排查和快速处理,在实际工作中进行了几十次的应用验证,节省大量时间和人力资源,提高了生产进度。建立的故障树同时也作为新员工的普遍学习材料,辅助他们快速进入技术状态,拓宽了技术人员的排故思路,对相关人员进行一定的指导意义。

### 参考文献

- [1] 朱武峰,李旭东,丁文勇,等. 飞机起落架收放液压系统仿真分析与维修应用[J]. 液压与气动,2013,6:87-90.
- [2] JI G M,ZHANG L,DONG M. Dynamic simulation on retraction extension system of an aircraft[C]. 2nd International Conference of Artificial Intelligence, Management Science and Electronic Commerce, Piscataway:IEEE Press,2011:3939-3944.
- [3] 白若水. 起落架:飞机安全起降的支柱[J]. 大飞机,2014(6):106.
- [4] 袁心,高振兴. 民机近地面飞行建模与起降阶段事故复现研究[J]. 飞行力学,2015,33(3):269-273,279.
- [5] 印寅,聂宏,魏小辉,等. 飞机起落架收放系统动力学分析与试验[J]. 振动、测试与诊断,36(4):641-646.
- [6] 吉国明,董萌,付珍娟. 某型飞机起落架收放机构性能仿真[J]. 火力与指挥控制,2012,37(3):169-173.
- [7] 唐婷,高峰娟,刘敏. 飞参数据在故障分析中的应用[J]. 设备管理与维修,2019(5):53-53.
- [8] 施浩,刘海宁. 基于动态故障树的 A330 起落架系统排故[J]. 现代经济信息,2016(1):362-363.
- [9] 徐丙凤,黄志球,胡军,等. 一种状态事件故障树的定量分析方法[J]. 电子学报,2013(8):1480-1486.
- [10] 周颖,郑国梁,李宜东. 面向模型检验的 UML 状态机语义[J]. 电子学报,2003,31(12A):2091-2095.
- [11] BAIER C, HAVERKORT B, HERMANN S H, et al. Model-checking algorithms for continuous-time Markov chains [J]. IEEE Transaction on Software Engineering,2003,29(6):524-541.
- [12] Proceedings. Second international conference on the quantitative evaluation of systems[C]. International Conference on the Quantitative Evaluation of Systems, IEEE Computer Society, 2005.
- [13] 姚成玉,饶乐庆,陈东宁,等. T-S 动态故障树分析方法[J]. 机械工程学报,2019,16(55):22-32.
- [14] 屈耶如,刘吉,武锦辉,等. 某型导弹电气控制装置芯线检测技术[J]. 国外电子测量技术,2021,40(9):137-142.
- [15] 余晓霞,汤宝平,魏静,等. 强背景噪声条件下自适应图卷积神经网络的航空发动机附件机匣故障诊断方法[J]. 仪器仪表学报,2021,42(8):78-86.
- [16] 胡业林,代斌,宋晓. 基于小波包和 AFSA-SVM 的电机故障诊断[J]. 电子测量技术,2021,44(2):48-55.

### 作者简介

- 胡庆丰,本科,工程师,主要从事机械方向工作。  
 邱波,本科,高级工程师,主要从事机械方向工作。  
 王小凌,本科,高级工程师,主要从事无线电方向工作。