

Fault Analysis and Error Correction of a Fuel Oil Solenoid Valve Not Working for a Short Time

Liying Zhu

China Aviation Development Changchun Control Technology Co., Ltd., Changchun, Jilin, 130000, China

Abstract

During the ground starting test of a certain type of fuel solenoid valve with the main engine, the engine reported a fault, and the product was found to be short-time malfunction. Combined with product structure and working principle, fault tree and other tools are used to analyze, locate and correct faults.

Keywords

fuel solenoid valve; fault analysis; working principle

某型燃油电磁阀短时不工作故障分析及纠错

朱丽颖

中国航发长春控制科技有限公司, 中国·吉林 长春 130000

摘要

某型燃油电磁阀随主机发动机进行地面起动试验过程中, 发动机报故, 发现产品存在短时不工作故障。结合产品结构和工作原理, 利用故障树等工具进行故障分析、定位及纠错。

关键词

燃油电磁阀; 故障分析; 工作原理

1 概述

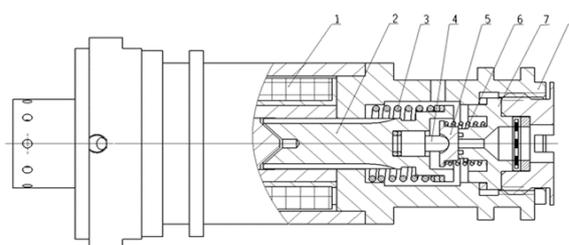
2021年58号发动机, 当日第一架次地面起动过程中报“回路故障”, 发动机整机转备份, 转备份后起动成功。故障发生后, 发动机进行再次试车验证, 故障未复现。根据系统数据报送, 建立“Lm回路故障”判定“主燃油电磁阀工作异常”, 据此公司对此台产品展开排查工作。

2 产品结构及工作原理

某型燃油电磁阀为两位两通常闭电磁阀, 主要由线圈组件、衔铁、顶杆、大弹簧、小弹簧、活门、活门座和导套等零组件组成, 详见图1。

产品断电常闭, 按综合电子调节器发出的占空比信号, 改变燃油电磁阀输出的流量。当产品通电时, 衔铁在电磁力作用下向左运动, 直至衔铁底端面与导套底端完全贴合, 该距离为行程 h , 活门在小弹簧力作用下向左运动, 打开产品油路; 断电释放时, 衔铁在大弹簧力的作用下向右运动, 推

动活门克服液压力与小弹簧力, 使活门与活门座贴合, 关闭产品油路。



1——线圈组件; 2——衔铁; 3——大弹簧; 4——顶杆; 5——活门; 6——小弹簧; 7——活门座; 8——导套。

图1 产品结构示意图

3 产品故障树

根据系统故障现象判定“主燃油控制电磁阀工作异常”, 现结合产品工作原理, 确定故障顶事件为“产品短时不工作”, 形成故障树见图2, 共有8个底事件。

根据故障树, 对故障树底事件进行了排查, 排查方法如表1所示。

【作者简介】朱丽颖(1986-), 女, 中国吉林松原人, 硕士, 工程师, 从事产品质量管理和分析研究。

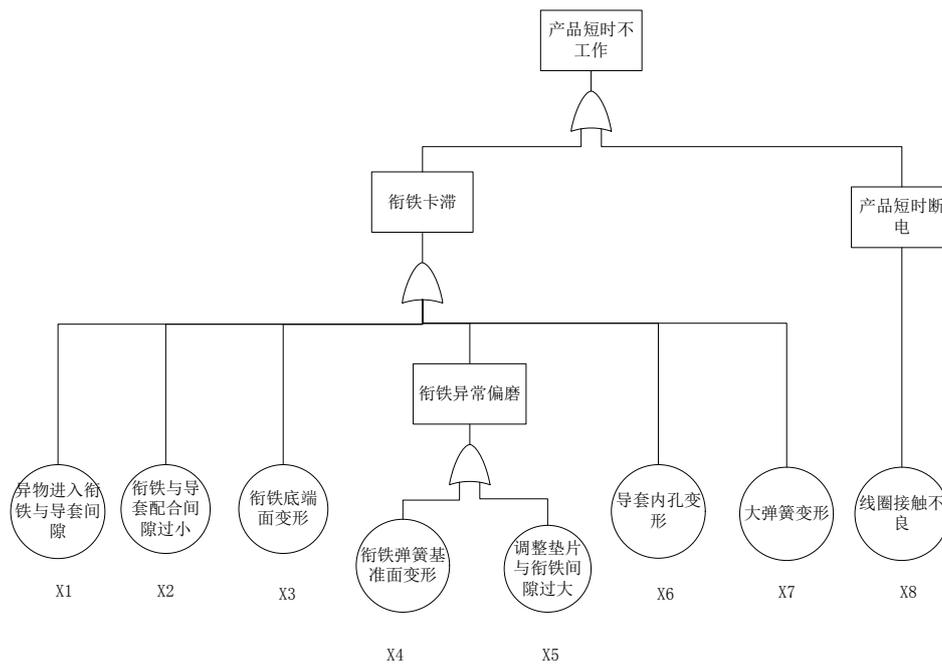


图2 产品短时不工作故障树

表1 产品短时不工作故障底事件排查表

底事件序号	底事件名称	确认内容	确认方法
X1	异物进入衔铁与导套间隙	产品衔铁与导套内孔之间是否存在异物	X1-1) 复查设计图纸, 检查电磁阀进口是否有过滤结构设计, 防止外部异物进入电磁阀内部; X1-2) 复查装配过程, 是否有多余物防护要求; X1-3) 对产品进行分解, 并检查衔铁与导套配合间隙是否存在异物
X2	衔铁与导套配合间隙过小	产品衔铁与导套内孔配合位置间隙	X2-1) 复查设计图纸中衔铁外圆与导套内孔配合尺寸; X2-2) 对产品衔铁外圆与导套内孔的尺寸进行测量
X3	衔铁底端面变形	衔铁底端面是否存在变形情况	X3-1) 复查设计图纸, 衔铁外径是否有技术要求; X3-2) 对产品进行分解, 检查衔铁底端面是否存在变形; X3-3) 检查衔铁靠近底端面外圆尺寸是否符合图纸要求
X4	衔铁弹簧基准面变形	衔铁弹簧基准面是否存在变形情况	X4-1) 复查设计图纸, 此平面是否有技术要求; X4-2) 复查加工过程, 此平面是否加工不合格导致变形; X4-3) 复查装配过程, 此平面是否可能发生变形; X4-4) 对产品进行分解, 检查衔铁弹簧基准面是否存在变形
X5	调整垫片与衔铁间隙过大	调整垫片与衔铁配合位置间隙	X5-1) 复查设计图纸中调整垫片与衔铁配合尺寸; X5-2) 对产品调整垫片内孔及衔铁外圆的尺寸进行测量
X6	导套内孔变形	导套内孔是否存在变形	X6-1) 复查设计图纸, 导套内孔是否有技术要求; X6-2) 对产品进行分解, 检查导套内孔是否存在变形; X6-3) 检查导套内孔尺寸是否符合图纸要求
X7	大弹簧变形	大弹簧是否存在变形	对大弹簧进行检查, 检查是否存在变形情况
X8	线圈接触不良	线圈是否存在接触不良的情况	X8-1) 对产品性能进行测试, 检查产品是否正常工作; X8-2) 测量产品电阻值是否符合要求

4 故障排查工作

4.1 设计复查

①经复查产品设计图纸, 电磁阀进口处装有滤网, 可防止污染物进入电磁阀内部造成衔铁运动卡滞。(X1-1可排除)

②经复查产品设计图纸, 电磁阀运动部件之间配合尺寸给定符合公司电磁阀设计标准。(X2-1可排除)

③经复查产品设计图纸, 衔铁外径有圆柱度 0.005 等形位公差要求。(X3-1可排除)

④经复查产品设计图纸, 衔铁弹簧基准面有垂直度 0.03 等形位公差要求。(X4-1可排除)

⑤通过装配状态及对衔铁、弹簧及调整垫片配合尺寸的计算^[1],按照产品图样,衔铁与垫片之间间隙为 0.3 ~ 0.81,最大间隙为 0.81,在极限尺寸下弹簧仍与调整垫片接触,因此不会造成弹簧陷入调整垫片和衔铁之间,不会直接导致衔铁异常偏斜磨损。(X5-1 可排除)

⑥经复查产品设计图纸,导套内孔有圆柱度 0.005 等形位公差要求。(X6-1 可排除)

4.2 实物质量复查

产品原材料供应商,均在合格供应商名录中,并按要求实施入厂复验,物资均经检验合格。生产过程中涉及的不锈钢热处理工艺、化学热处理工艺、化学镀镍工艺、真空浸漆工艺为特殊工艺,均进行了特殊过程确认,保证工艺的质量满足规定的要求^[2]。对计量器具、试验检测设备进行检定,均在检定周期内且合格,产品零(组)件尺寸、技术条件和表面质量状态符合产品图样和工艺文件要求,无代料、不合格品审理、性能偏离等情况。(X4-2 可排除)

4.3 装配复查

①经复查产品装配工艺规程,工艺规程中明确要求在装配前对零组件进行清洗去除油封油。清洗完成后对零组件外表面进行目视检查,工艺检查方法明确,装配前对导套、衔铁等零组件均有检查要求,防止有污染物、有划伤的零组件被装配到产品。(X1-2 可排除)

②对比工业 CT 检查结果与分解检查情况基本一致。根据此现象,复查图纸及装配过程,图纸中对冲点深度要求为 0.3~0.5mm。装配时由冲压工装保证^[3]。

衔铁装于工装中使用“一字”型冲头,两个角向各冲一次,形成“十字”型锁紧,打冲点后拨动顶杆检查锁紧情况,顶杆不应松动^[4]。根据故障件衔铁可以看出,水平冲点明显较竖直冲点宽,通过对故障件计量,槽宽最大为 0.67mm,冲头宽度为 0.6mm,分析应是多次冲击所致。由于衔铁材料 DT4 硬度较低,且承力位置接触面较小,如多次大力冲压会引起衔铁弹簧安装基准面变形,出现衔铁弹簧安装基准面(承力位置)上翻变形、上部孔口内缩变形的情况。(X4-3、X4-4 不可排除)

③该台产品吸合电流、释放电流、线圈电阻均合格,符合技术要求,可以排除线圈接触不良因素。(X8 可排除)

4.4 试验过程

外场使用时在发动机转备份起动故障后,检查主燃油占空比电磁阀无异常;发动机进行再次试车验证,未出现转备份后起动情况,故障未复现,此台产品返厂后,按产品规范要求对产品进行性能复试,各项性能指标均符合要求,产品工作正常。(X8-1 及 X8-2 可排除)

4.5 分解情况

①产品在分解后,对衔铁与导套配合间隙进行检查,未发现存在异物。(X1-3 可排除)

②对衔铁及导套配合尺寸进行测量,尺寸及配合间隙

均符合图纸要求。(X2-2 可排除)

③对衔铁靠近底端面外圆部位尺寸进行测量,合格无变形情况。(X3-2 及 X3-3 可排除)

④对导套内孔进行检查及测量,合格无变形情况。(X6-2 及 X6-3 可排除)

⑤对调整垫片内孔及衔铁外径尺寸进行测量。合格无变形情况。(X5-2 可排除)

⑥对大弹簧进行检查,合格无变形情况。(X7 可排除)

5 故障定位

通过对产品衔铁卡滞故障树的所有 8 个底事件进行了逐一排查,排除了 7 项底事件。衔铁弹簧基准面变形 1 项底事件不能排除。

6 纠正措施

对产品衔铁打冲点工装进行改进设计。改变打冲点时的承力位置,由工装限定冲点深度(0.4~0.5)mm。

分析认为减小调整垫片与衔铁之间的间隙,可抑制弹簧不垂直的情况,避免衔铁被弹簧带动发生偏斜。因此更加垫片内径为 $\phi 7.35 \sim \phi 7.4$,内控弹簧内径为公差的中下限,衔铁弹簧定位处外径 $\phi 7.25 \sim \phi 7.3$ 。

7 验证情况

按照纠正措施采用新工装后对衔铁实施打冲点操作,测量衔铁 $\phi 6+0.12 0$ 内孔尺寸,平面度与打冲点前无变化。由测量结果可知,纠正措施有效。

8 结语

通过开展故障树分析、设计复查、装配复查以及分解检查等工作,确定了产品发生短时不工作故障原因是:由于操作者缺乏足够的装配经验且力量相对较大,在衔铁与顶杆装配后打冲点进行锁紧的过程中,故障件衔铁经大力多次敲击,导致衔铁安装弹簧基准面变形,使弹簧在压缩时出现不垂直状态,衔铁被弹簧带动发生偏斜。偏斜的衔铁在运动过程中与导套发生偏磨,随着工作时间的增加,衔铁与导套内孔边缘位置磨损程度逐渐加大,衔铁靠近锥底一侧外圆与导套内孔空刀槽 $\phi 6.1$ 尺寸位置接触,此时衔铁所受摩擦力进一步加大,可引起衔铁瞬间卡滞,产品发生短时不工作故障。针对原因采取的对产品衔铁打冲点工装进行改进、调整垫片尺寸改进等措施经验证有效。

参考文献

- [1] 查亚玲,袁牧,罗刚.新形势下的供方质量管理思考[J].航天标准化,2012(9):56.
- [2] 承文.航天产品质量隐患的防范[J].中国质量,2012(3):78-79.
- [3] 朱苏.A320 飞机气动活门故障分析[J].航空维修与工程,2016(6):23-24.
- [4] 丁同堂,马辰,高梅.A320 系列飞机发动机防冰活门故障分析[J].科技展望,2014(3):31-33.