

某型飞机配平控制器故障浅析

Failure Analysis on Trimmer Controller for a Certain Type of Aircraft

■ 王凯 赵珍 / 中航工业西飞

摘要: 针对某型飞机飞行控制系统上电时副翼配平控制器多次故障的情况,在机上排查了故障现象,分析了故障原因,同时配合承制厂家解决了成品故障,有效保障了飞机安全和质量。

关键词: 配平; 控制器; 故障

Keywords: trim; controller; fault

在某型飞机地面通电检查过程中发现,当飞行控制系统首次上电、副翼配平打开且处于中立位置时,配平控制板副翼配平中立位置指示灯燃亮后迅速熄灭;系统重启后指示灯不再燃亮,因而不能正确指示副翼配平所处位置。由于副翼配平中立位置指示灯是空勤读取并判断飞行操控特性的重要信号,其故障对安全飞行具有重大影响,因此有必要仔细分析该故障情况。

1 配平系统简介

配平^[1]主要用于飞机巡航状态,其作用在于消除飞行时的不平衡力矩和稳态时的杆力,通过调整配平片的位置,能够使舵面压差达到平衡状态,从而减轻飞行员驾驶疲劳。副翼是安装在机翼翼梢后缘外侧的一块可动翼面,是飞机的主操作舵面,通过操纵副翼使机翼产生滚转力矩^[2],可实现飞机横滚机动。副翼配平即为副翼控制系统增加配平功能,以此达到在副翼操纵过程中减轻飞行员操作负担、改善飞行性能之目的。

图1为某型飞机配平系统组成结构框图,其中配平控制器主要进行配平指令的解算,并将配平指令送到伺服放大模块进行信号放大处理,放大后的伺服马达指令输入到配平控制板进行伺服驱动分配,并最终送至配平作动器(马达)

实现配平驱动。与此同时,配平作动器将副翼配平机构的位置检测信号上传给配平控制板,配平控制板内设有配平中立位置检测电路,当配平控制板检测到副翼配平处于中立位置时,将输出一路信号点亮该控制板^[3]上的中立位置指示灯,供空勤读取和判断。

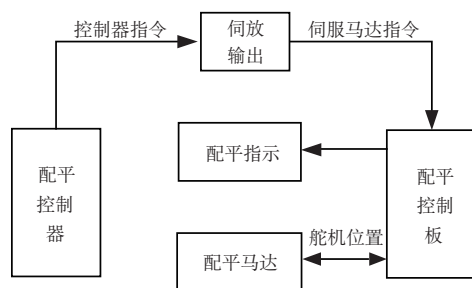


图1 配平系统组成结构框图

2 故障描述

故障发生时,该型飞机正在进行飞行控制系统地面通电检查。故障具体表现为当其副翼配平处于中立位置时,配平控制板上的中立位置指示灯在系统上电后呈现先燃亮而后迅速熄灭的情况,且系统重新上电后该指示灯不再燃亮。根据图1所示系统组成框图可以看出,副翼配平中立位置指示灯在控制逻辑上只受配平控制板输出的中立位置信号影响,此外灯珠的燃亮还需要特定的电源电压(28V机上直流电压),据此通过如图2所示故障树分析,初步判断故障原因如下。

- 1) 配平控制板在系统上电时电压波差(电压闪变),从而引起灯珠故障;
- 2) 指示系统设计缺陷引起故障;
- 3) 中立位置检测电路故障;
- 4) 控制板中立位置检测电路或指示灯驱动电路故障。

3 故障分析

根据故障树分析结果,结合之前若干架次飞机通电功能检查的情况,可以排除是功能设计缺陷引起的故障。断开飞机上的配平控制板,通过示波器监测配平控制板的上电波形,以确认是否由于控制板上电瞬间的电压波形畸变^[4]而引起灯珠故障,多次通电发现飞机上的直流电压稳定,上电瞬间电压波动范围符合GJB-181A-2003《飞机供电特性》关于飞机电能质量的规定,其上电瞬间电压波形如图3所示。通过检查飞机成品技术协议,确认配平控制板在设计、验证、制造和出厂过程中均符合相关要求,因而排除由配平控制板电压波形差而引起灯珠损坏的情况。

为进一步查清故障原因,将发生故障的配平控制板上的中立位置指示灯拆下进行单独检测,发现指示灯在通入28V直流电后能够燃亮,据此可以认定故障点位

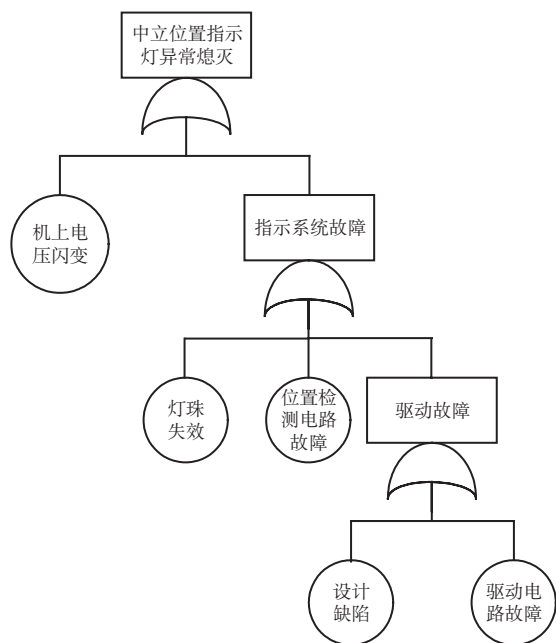


图2 中立位置指示灯异常熄灭的故障树

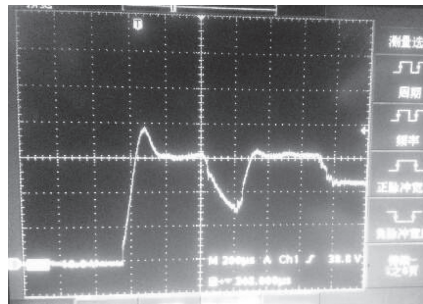


图3 副翼配平控制板上电时的电压波形于中立位置检测电路或指示灯驱动电路。

该型飞机所采用的副翼配平中立位置检测电路结构较为简单。副翼配平作动器上有微动开关，当副翼配平处于中立位置时，微动开关接通，切断了传递给副翼配平中立位置指示灯驱动电路的28V信号，此失电信号通过驱动电路点亮指示灯。在飞机上断开配平控制板，通过手动按压配平作动器上的微动开关，在配平控制板连接电缆插头上相应针脚，测量发现，当按下微动开关时28V输出同步断开，因而排除副翼配平中立位置检测电路故障。将故障件更换为一块新的配平控制板，该配平控制板通电后故障现象依旧，且呈现出和原装机件相同

的情况。对厂家提供的产品电路图进行分析，指示灯驱动电路主要由光耦以及电流放大电路组成，其结构如图4所示。R1和R2是光耦GO的上拉电路^[5]，主要用于限制光耦流通电流，保证其处于安全工作区；R3是BG1的上拉电阻，用于配置三极管BG1工作于线性放大区。正常情况下，当副翼配平处于非中立位置时，控制端得到28V电压信号，此时光耦GO启动，三极管BG1导通，将后端的三极管BG2基极电压拉低，BG2同步截止，中立信号灯熄灭；

当副翼配平处于中立位置时，控制端失去28V电压信号，此时光耦GO关断，三极管BG1截止，后端的三极管BG2基极获得28V电压信号，BG2导通，中立信号灯燃亮，表明副翼配平处于中立位置。

在查找故障点的过程中，首先断开负载—中立信号灯，此情况下为+28V控制端通入额定28V直流电，按照由后到前的顺序逐级检查各测试点。首先检查信号灯位置两端的电压，发现两端电压为零，此刻产品即处于故障状态，说明三极管BG1处于导通状态。断电后检查光耦输

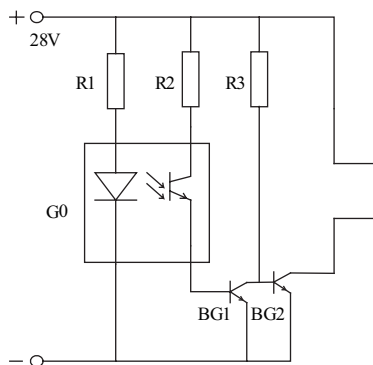


图4 副翼配平中立位置指示灯驱动电路结构示意图

出，发现其断开时输出绝缘状态良好，单独检测三极管BG2，发现其也处于正常状态，由此将故障点定位于三极管BG1上。单独检测BG1，发现其发射极—集电极一直处于导通状态，仔细目视检测后发现产品存在发射极—集电极过焊短路情况。重新进行焊接处理后再测试发现，在不通电的情况下发射极—集电极处于断开状态，装机测试后能够正常工作。

4 结论

由上述分析检查可以判断，当配平控制器首次通电前三极管BG1的发射极—集电极处于临界导通状态，通电时过焊的焊锡受热后进一步发展，使发射极—集电极短路，从而导致上述故障情况的出现。为此要求承制厂家在后续的生产过程中加强质量管控，细化产品出厂检验，切实保证产品质量，以防类似故障再次出现。

AME

参考文献

- [1] 于磊, 施红, 王瑜, 等. 飞机空气配平系统应力补偿及校核分析[J]. 航空制造技术, 2011(7).
- [2] 张平, 陈宗基. 飞机滚转运动的控制冗余与重构[C]// 中国航空学会飞行控制与操纵学术会议, 1997.
- [3] 刘思远. 波音737NG水平安定面配平功能简介及一起故障分析[J]. 文摘版: 工程技术, 2015(49): 270—271.
- [4] 陈艳, 陈亮, 陈永禄, 等. 飞机电源波形畸变对机载用电设备影响的分析与研究[J]. 电子测试, 2016(11).
- [5] 沈继忠, 苏卫鸣. TTL集成电路OC门的上拉电阻的研究[J]. 浙江大学学报(理学版), 1994(3): 286—290.

作者简介

王凯, 助理工程师, 主要从事航空机载设备测试和故障诊断工作。