

通航飞机直流电源系统原理及常见故障分析

Principle and Common Default Analysis of Direct Current Power System of General Aviation

中国民航飞行学院新津分院 任可

[摘要] 针对典型通航飞机直流电源系统的组成、结构、功能和工作原理进行论述,对近三年该系统出现的各类故障按照机载蓄电池、发电机及电源控制组件和供电网络三大子系统进行详细分析,统计各子系统故障次数及故障原因,并找出引起该系统故障的主要影响因素——发电机系统及供电网络。

关键词: 通航 直流电源系统 发电机控制组件 供电网络

[ABSTRACT] For the typical aviation direct current system, the constitution, construction, function and principle is introduced. The default from three sub-systems-airborne battery, generator and power control unit and supply network in the latest three years is particularly analyzed. The frequency and causes of the three subsystems are counted, the main factors causing the system failure-the alternator system and supply network are found out.

Keywords: General aviation Direct current power system Alternator control unit Supply network

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2015.07.080

直流电源系统由于直流电能可以存储,易于并联供电,供电电压低,重量轻等优点而广泛应用于各类通航飞机。其主要包括机载蓄电池、(交)直流发电机、应急直流电源、供电网络及保护装置等。通常小型通航飞机只配有一套直流电源系统,该系统发生故障会对飞行员和飞机造成极大安全威胁和致命伤害^[1]。

1 小型通航飞机直流电源系统原理及结构

以广泛应用于飞行训练、观光旅游等各个行业的 Cessna172 单发活塞飞机为例,该型飞机电源系统包括主电源、备用电源和供电网络 3 大部分,如图 1 所示。

(1)主电源:包括一个 28V 直流,额定电流 60A 的交流一直流发电机和一个电源控制组件。电源控制组件内部装有一个发电机控制组件(ACU),用于电源的控制和保护功能,内有调压器和反流断路器;一个外部电源插座;电池、发电机、起动机和外接电源的继电器。

(2)机载蓄电池:包括一个 24V,12.75AH (5h 放电速率),12 单元体的铅酸主电池和一个 24V 应急电池。

当主电源断电时,由机载蓄电池供电;且当主电池也断电时,由应急电池向主飞行显示器、大气数据计算机、姿态航向基准系统、1号通信/导航组件、应答机、音频板供电,至少可保证系统工作 30min 以上。

(3)供电网络:主要包括两个主汇流条和两个电子汇流条、主电门和电子设备电门以及相关跳开关。其中,1号主汇流条向遮光板照明、驾驶舱顶灯、礼貌灯、点火开关、辅助电动燃油泵、着陆灯、尾翼防撞灯、襟翼马达等部件供电。2号主汇流条向转弯侧滑仪、空速管加温、航行灯、滑行灯、频闪灯、地图灯、仪表照明等部件供电。1号电子汇流条向电子设备冷却风扇、GPS 接收机、音频控制板、1#导航/通信收发机等部件供电。2号电子汇流条向 2#导航/通信收发机、应答机、ADF 接收机等部件供电。

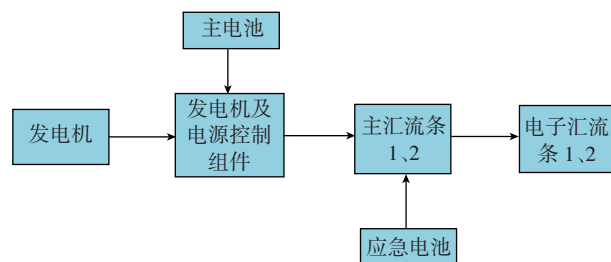


图1 某通航飞机直流电源系统结构
Fig.1 Power system structure of general aviation

2 故障分析及排除

2.1 故障统计和分类

在对 25 架该型飞机近 3 年的使用维护中,统计出该直流电源系统故障共计 84 起。这些故障涉及机载蓄电池、发电机及电源控制组件、供电网络等各个组成部分,其中既包括一些单因素常规故障,还包括一些多因素复杂故障,主要故障的描述如表 1 所示。

2.2 故障原因分析和排除

2.2.1 机载蓄电池

机载蓄电池故障主要集中在电压低、容量不足以及线路问题等。

在某次地面面试车中,按下起动开关后发现电池电压由 23.8V 迅速减小到 15.2V,虽然起动机能够带动螺旋桨旋转但始终不能使发动机工作,停车后再次通电发现

表1 电源系统故障描述表

	故障描述
机载蓄电池	<ul style="list-style-type: none"> · 电压低,不能正常启动发动机 · 接线柱生锈或烧蚀 · 电池缺少电解液,极板硫酸化
发电机及电源控制组件	<ul style="list-style-type: none"> · 发电机不发电 · 继电器粘连 · 发电机励磁接线柱短路 · 过压保护器烧坏
供电网络	<ul style="list-style-type: none"> · 主电门失效 · 跳开关频繁跳起 · 线路磨损造成短路、断路等

电池电压指示为 21.6V,初步判断电池容量不足。拆下该电池,用比重计测量其电解液比重为 1.232,已经低于 1.250~1.295 的规定范围。装上充满电的电池后启动正常。

在某次地面试车时,启动 3s 后电池跳开关跳出,停车后检查发现电池正极接线柱和接线片有不同程度的烧蚀且接线片松动,拆下后去除烧蚀重新安装紧固后工作正常。判断该故障由于正极接线片松动,启动时电池为大功率负载供电时会造成接触不良,从而发生烧蚀并触发保护开关跳出。

2.2.2 发电机及电源控制组件

发电机及电源控制组件内安装有蓄电池继电器、起动机继电器、地面电源继电器、发电机继电器、电压调节器、过压和低压保护等电路。据统计,发电机及电源控制组件故障占该机型电源故障的一半左右,主要集中在发电机及其部件损坏、短路、继电器故障、电压控制器故障等^[2-3]。其原理结构如图 2 所示。

在某次飞行中,飞行员反映发电机不发电,落地后检查发电机外观无烧蚀,励磁线、输入线和地线无松动、烧蚀和短路现象,离线测量输入线电压为 23.8V,基本与电池电压一致,初步判断发电机内部损坏。拆开发电机后发现碳刷过度磨损,其高度已低于最小规定值 6mm,更换新碳刷并重新装机后试车,发电机工作正常。

在某次地面试车中启动发电机后出现非正常的噪

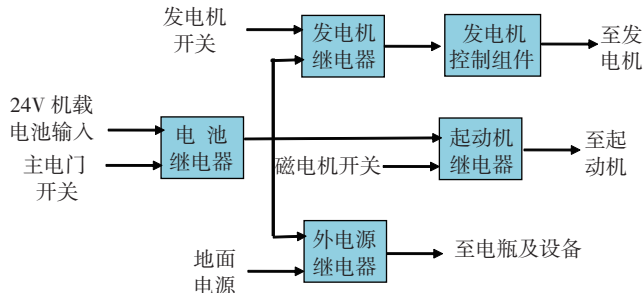


图2 电源控制组件组成结构图

Fig.2 Structure of power control unit

音,且该噪音随着转速的变化而变化,关闭发电机后噪音消失。首先检查发电机上的滤波电容,未发现松动或者断路;然后检查发电机和电源控制组件的接地线,固定可靠未见松动;再次脱开发电机电源输入端和电池负线,用数字万用表负线连接发电机的电源输入接线柱,正线连接地线接线柱,所测值为 0.2,小于正常值范围: 0.8~1.0,判断该发电机内的二极管短路。重新更换发电机试车,未出现噪音。

在某次拆装发电机后地面试车,当按下发电机控制开关后,发动机励磁跳开关立即跳出,初步判断线路上存在短路现象。检查发现发电机励磁线、输入线和地线连接紧固无松动,脱开接线片后按下发电机控制开关,励磁跳开关未跳起且输入线电压为 24.1V,怀疑发电机励磁线圈搭地,测量励磁接线柱和地线柱的电阻为 5.3Ω,符合 3~10Ω 的规定范围,仔细检查发现发电机励磁接线柱上用于隔离发电机壳体与接线片的绝缘胶圈损坏,从而造成励磁接线片一直与壳体搭地。更换绝缘胶圈后发电机工作正常。

在某次定检工作中执行地面通电程序,当接通主电门开关后,起动机就自动工作并带动螺旋桨旋转起来,关闭电源并结合线路图检查发现主电门开关只控制电池继电器的通断,而起动继电器是靠飞机钥匙将磁电机开关扳到启动位时才接通,初步判断起动机继电器故障。由于在未通电的情况下起动机继电器触点未接通,则其电阻理论上应为无穷大,但是测量值却仅为 72Ω,拆下并分解该起动机继电器后发现其两触点已部分烧蚀并粘连在一起,更换该起动机继电器后起动机工作正常。

2.2.3 供电网络

供电网络的故障主要包括单个元件的接触不良、性能老化失效和线路中短路、断丝、断路等情况。

如在某次通电测试中,接通主电门开关,主显示屏被点亮 10s 后出现闪烁并最终熄灭。检查电池电压为 23.9V,满足电压要求,更换主电门开关后通电主显示屏被正常点亮,故障消除。检查拆下的主电门发现其内部触点已烧蚀。

在某次地面试车工作中,一旦接通发电机开关后“ALT FLD”(即发电机励磁)断路器就跳起。首先脱开发电机电源输入端上的滤波电容,接通后故障未变,之后脱开发电机的电源输入端,接通后故障仍存在,然后脱开发电机的励磁线,接通后“ALT FLD”不再跳起,因此判断故障原因为发电机内部励磁电路短路或外部励磁线短路,检查发现发电机到发电机控制组件之间靠近发动机机匣的一段线路绝缘层已磨破,裸露的导线接触到机匣上的螺钉造成了短路。

(下转第 85 页)

```

<Step>
  <StepID>P3_OP_2_S11</StepID>
  <MFID>CL04_UDF_01</MFID>
  <Expressions>
    <Expression Type="Real" Name="InDim">
      39.8</Expression>
    <Expression Type="Real" Name="OutDim">46</Expression>
    <Expression Type="Real" Name="Dep">0.7</Expression>
  </Expressions>
  <Datums>
    <Datum Name="Plane" Type="Plane" ValueType="Pid">
      89c34eab23774ded9aac63195bd12032
    </Datum>
    <Datum Name="Xorientation" Type="Datumaxis" ValueType="Orientation">
      1.0, 0.0, 0.0
    </Datum>
    <Datum Name="Sketchpoint" Type="Point"
      ValueType="Point">
      0.0, 0.0, 0.0
    </Datum>
    <Datum Name="Targetbody" Type="Solidbody">
    </Datum>
  </Datums>
</Step>

```

图4 加工特征基元实例的XML描述

Fig.4 XML example of instances of manufacturing feature elements

信息与工艺内容的自动关联,并借助加工特征基元实例实现了工序模型的生成,为后续工序模型标注和工艺展示提供模型支持。

参考文献

- [1] Qiao L, Zhang J. Integrated process planning based on 3D product models. Key Engineering Materials, Jin Z, 2009: 407-408, 298-302.
- [2] Alemanni M, Destefanis F, Vezzetti E. Model-based definition design in the product lifecycle management scenario. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2011, 52(1-4): 1-14.
- [3] 王宗彦,吴淑芳,秦慧斌.零件的设计模型向毛坯模型转换技术研究.计算机集成制造系统,2004(6): 620-624.
- [4] 石云飞,张树生,成彬,等.工艺语义驱动的序列三维模型构建系统.计算机集成制造系统,2009(11): 2133-2139.
- [5] 王飞飞,盛步云,肖聃.基于三维的工艺变更设计研究与实现.机械制造,2009,47(7): 62-65.
- [6] 万能,常智勇,莫蓉.机加工工艺设计的三维新模式研究.计算机集成制造系统,2011,17(9): 1873-1879.
- [7] 陈刚,常智勇,万能,等.基于信息映射的三维工序模型辅助生成方法.机械科学与技术,2011,30(10): 1649-1653.
- [8] 万能,赵杰,莫蓉.三维机加工序模型辅助生成技术.计算机集成制造系统,2011,17(10): 2112-2118.
- [9] 唐健钧,贾晓亮,田锡天,等.面向MBD的数控加工工艺三维工序模型技术研究.航空制造技术,2012(16): 62-66.
- [10] 葛晨,乔立红.制造特征信息建模及其实例化方法.计算机集成制造系统,2010(12): 2570-2576.

(责编 叶枫)

(上接第81页)

3 故障统计分布分析

对25架该型飞机近3年出现的84起直流电源系统故障分析发现,机载蓄电池子系统故障有16起;发电机及电源控制组件子系统故障有45起;供电网络子系统故障有23起。而引起各子系统故障的因素又分别分为两类,具体故障原因分布如表2所示。

从表2可以看出,发电机及电源控制组件故障占了系统故障的一半多,供电网络次之,机载蓄电池最少。而发电机及其部件又在所有故障原因中占有最大份额,这反映了发电机作为通航飞机电源系统的主要动力源,由于工作负荷大、时间长,环境较差等原因,故障率最高。其次是电源控制组件故障和供电网络的线路故障,断路器、继电器、过压保护器和电子线路相对机械结构稳定性较差,再加上温度、湿度、振动等环境因素的影响,极易出现各类故障。

表2 故障原因统计分布表

机载蓄电池		发电机及电源控制组件		供电网络	
电压低、容量不足	电池线路	发电机及部件	电源控制组件	电子线路	电门、跳开关故障
12	4	31	14	14	9
14.3%	4.8%	36.9%	16.7%	16.7%	10.7%
19.2%		53.6%		27.4%	

4 总结

通航飞机直流电源系统相对于大型运输机来说具有结构较简单,安全冗余度较低、故障率较高等特点。通过对典型通航飞机直流电源系统近3年发生故障的详细分析,找出了该系统故障的最大影响因子——发电机及电源控制组件以及3个关键因素——发电机及部件、电源控制组件和电子线路。该结果对其他通用航空类飞机的日常使用和维护都具有较好的参考意义和价值。

参考文献

- [1] 周波.波音737飞机电源系统故障分析.中国民用航空,2011,124: 66-67.
- [2] 冯又欣.老龄飞机电子系统线路故障的维修及预防.航空维修与工程,2010(3): 49-51.
- [3] 许鹰.飞机电气部件产生故障的一般规律和排除方法.航空维修与工程,2007(4):29-30.

(责编 一帆)