

湾流 G650 飞机电瓶充电器排故研究与分析

刘英刚

北京航空有限责任公司, 北京 100621

摘要 : 湾流 G650 飞机作为一款高性能的公务机, 其主电瓶充电器对于保障飞机主电瓶电源系统的稳定运行起着关键作用。本文针对湾流 G650 飞机电瓶充电器在实际运行中可能出现的故障进行深入探讨, 详细分析了故障现象、故障原因, 并提出了相应的排故方法与预防措施。通过对实际排故案例的研究, 总结经验教训, 旨在为航空维修技术人员提供有价值的参考, 提高湾流 G650 飞机电瓶充电器的维修效率与可靠性, 确保飞机飞行安全。

关键词 : 湾流 G650 飞机; 主电瓶充电器; 排故

Research and Analysis on Troubleshooting of Main Battery Charger for Gulfstream G650 Aircraft

Liu Yinggang

Beijing Airlines Co., Ltd. Beijing 100621

Abstract : As a high-performance business jet, the Gulfstream G650 aircraft's main battery charger plays a key role in ensuring the stable operation of the aircraft's main battery power system. This article explores in depth the possible faults that may occur in the main battery charger of the Gulfstream G650 aircraft during actual operation, analyzes in detail the fault phenomena and causes, and proposes corresponding troubleshooting methods and preventive measures. By studying practical troubleshooting cases and summarizing lessons learned, the aim is to provide valuable reference for aviation maintenance technicians, improve the maintenance efficiency and reliability of Gulfstream G650 aircraft battery chargers, and ensure aircraft flight safety.

Keywords : Gulfstream G650 aircraft; main battery charger; troubleshooting

引言

湾流 G650 飞机以其卓越的性能和豪华的配置在公务航空领域占据重要地位。其主电瓶电源系统的稳定运行依赖于多个关键部件, 主电瓶充电器便是其中之一。主电瓶充电器负责为飞机主电瓶充电, 维持主电瓶在合适的电量水平, 以保证在飞机交流电源系统故障时和启动辅助动力装置 APU 等关键时刻能够提供可靠的备用电源支持。一旦主电瓶充电器发生故障, 可能导致主电瓶无法充电、飞机主电瓶电源系统电压不稳定甚至影响飞行安全。因此, 深入研究湾流 G650 飞机电瓶充电器的排故技术具有重要的现实意义。

一、湾流 G650 飞机电瓶充电器位置、组成和工作原理概述

(一) 湾流 G650 飞机电瓶充电器位置和组成

湾流 G650 飞机电瓶充电器采用先进的充电技术, 飞机上安装了 2 个主电瓶充电器, 左右主电瓶各一个, 主电瓶充电器安装在飞机的尾舱后部, 前面板包含 LED 显示屏、故障和状态按钮。主电瓶充电器在 115 VAC、400 Hz、由左和右主交流汇流条提供的三相电源下运行。主电瓶充电器由电源、充电器和控制电路组成^[1]。

(二) 湾流 G650 飞机电瓶充电器工作原理概述

电源电路从主交流总线或冲压涡轮 RAT 接收 115 VAC 输入并将其转换为 270 VDC。充电器电路从电源电路获得 270 VDC 的输出, 并将其转换为 24 至 30.5 VDC, 用于主电瓶充电。其主要工作过程包括输入滤波、整流、功率转换、电压电流调节以及控制与保护等环节。在充电过程中主电瓶充电器通过监测主电瓶电流、电压温度, 并根据主电瓶状况和温度确定正确的充电模式^[2]。

作者简介: 刘英刚 (1979.02-), 男, 内蒙古呼伦贝尔市人, 汉族, 本科, 工程师, 研究方向: 飞机维修计划与控制。

控制电路包含一个处理器, 控制主电瓶充电器操作的所有方面。处理器监控主电瓶电流、电压温度, 并根据电池状态和温度确定正确的充电模式。

处理器监视以下各项:

- 交流输入电压和相位
- 主电瓶温度、温差、充电器温度、温度传感器状态
- 充电器直流电源电压
- 充电器中央处理器操作
- 充电器电压和电流
- 充电器风扇的运行

每个主电瓶充电器面板上的 LED 显示器显示主电瓶和充电器的状态。当为充电器提供可接受的电源时, 充电 LED 灯 (CHARGER LED) 点亮。当可接受的输入电源不再可用或充电器内部故障, 充电 LED 灯 (CHARGER LED) 熄灭。

系统故障监控是在飞机通电自检时进行的, 检测到的状态存储在内存中并显示在 LED 显示器上。按下显示系统状态的故

障按钮，进入激活故障显示。如果探测到故障，显示屏将显示 BatFault- 探测到电瓶故障、ChgrFault- 探测到充电器故障或 BusFault- 探测到交流汇流条故障；如果不存在故障，显示屏将显示 SystemOK- 系统状态正常。同时按下故障和状态两个按钮可进入高级显示器。模式显示屏显示当前充电模式，包括：

- TR 变压整流模式激活
- BULK- 批量模式激活
- Topping- 顶部模式激活
- TRICKLE- 滴流模式激活
- SHUTDOWN- 检测到主要故障并关闭充电器

二、常见故障现象及原因分析

(一) 充电电流异常

1. 故障现象：

- 充电电流过大，可能导致主电瓶过热，甚至损坏主电瓶。
- 充电电流过小，无法使主电瓶正常充电，长时间会导致主电瓶电压低于标准，影响 APU 启动和辅助泵工作。
- 无充电电流，主电瓶无法正常充电。

2. 可能原因：

- 主电瓶充电器内部故障，导致充电电流过大或过小。

(二) 充电电压异常

1. 故障现象：

- 充电电压过高，会缩短主电瓶使用寿命。
- 充电电压过低，电瓶无法充满电，影响其容量和性能。

2. 可能原因：

- 电压调节电路故障，不能对输出电压进行精确调整。可能是由于电压调节电路的电阻、电容等元件损坏故障。
- 变压器或整流器故障，影响电压的转换和整流效果，导致输出电压异常。

(三) 充电器过热

1. 故障现象：

- 充电器外壳温度过高，可能伴有异味或冒烟现象，严重时会导致充电器内部元件烧毁。

2. 可能原因：

- 散热风扇故障，无法正常散热，热量在充电器内部积聚。
- 功率器件长时间工作在高负荷状态，如充电电流过大或充电器持续工作时间过长，产生过多热量而散热不及时。
- 散热通道堵塞，如灰尘、杂物等堆积在散热片或通风口，阻碍热量散发。

(四) 充电器无输出

1. 故障现象：

- 电瓶充电器连接正常，但无直流充电电压和电流输出，主电瓶无法充电。

2. 可能原因：

- 输入电源故障，如飞机交流电源供应异常，没有正常的交流电输入到充电器。
- 主电瓶充电器故障，可能是由于主电瓶充电器内部故障导致保护电路切断电源输出。

- 跳开关断开或者线路故障，导致主电瓶无法正常充电。
- 双通道通用输入 / 输出模块 DGIO 故障，导致主电瓶无法正常充电。
- 充电器模式控制继电器故障，导致主电瓶无法正常充电。

三、排故方法与流程

(一) 故障隔离与初步检查

1. 当接到主电瓶充电器故障报告后，维修人员首先应检查飞机的维护记录，了解该主电瓶充电器之前是否有过类似故障或维修历史。
2. 对主电瓶充电器的外观进行检查，查看是否有明显的损坏迹象，如外壳破裂、烧焦痕迹、元件松动等。
3. 检查机组警告系统 CREW ALERTING SYSTEM(CAS) 是否有相关的故障信息。
4. 检查中央维护计算机 Central Maintenance Computer(CMC) 上是否有相关的故障记录。
5. 检查主电瓶充电器显示屏上是否有故障信息。
6. 检查主电瓶电源系统中是否有跳开关弹出，如果跳开关弹出，应先查明跳开关弹出原因，排除短路故障。
7. 检查主电瓶充电器的输入电源连接，确认飞机交流电源供应正常，测量输入电压是否在规定范围内^[3]。

(二) 使用测试设备进行深入检测

1. 利用万用表等测试仪器对充电器的关键电路参数进行测量。例如，测量充电电压、充电电流、控制信号电压等，与正常工作参数进行对比，判断是否异常。
2. 检查控制电路中的继电器、电阻和电容等元件，查看是否有虚焊、短路、断路等情况。对于怀疑有故障的元件，可以采用替换法进行验证，即使用正常的元件替换可能故障的元件，观察充电器是否恢复正常工作。

(三) 故障定位与修复

1. 根据测试结果，确定故障的具体位置和原因。如果是主电瓶充电器故障，则更换主电瓶充电器。
2. 对于电压调节电路或电流调节电路的故障，仔细检查相关控制电路的元件等，修复或更换损坏的元件，然后重新测试电路参数，确保充电电压和电流能够正常调节。
3. 如果是散热系统故障，如散热风扇损坏，应更换风扇；对于散热通道堵塞的情况，清理散热片和通风口的灰尘、杂物，确保良好的散热效果。

(四) 修复后测试与验证

1. 在完成故障修复后，对主电瓶充电器进行全面的测试。首先进行地面通电测试，观察充电器的工作状态，测量充电电压、电流是否正常，检查是否有异常报警信号。
2. 模拟不同的电瓶状态，如低电量、满电量等，验证充电器是否能够正常进行充电，并且在充电过程中各项保护功能是否正常。
3. 进行长时间的稳定性测试，观察充电器在连续工作一段时间后的温度、电压、电流等参数是否稳定，确保故障已被彻底排除，充电器能够可靠地运行。

四、实际排故案例分析

(一) 案例一：右主电瓶充电器故障

1. 故障现象：

– 在对湾流 G650 飞机进行日常维护检查时，发现显示 R Main Battery Charger 故障信息。

2. 排故过程：

– 维修人员首先检查了主电瓶和 EBHA 电瓶接头是否连接，未发现异常；然后检查主电瓶充电模式控制跳开关已闭合，检查 PDB 处的主电瓶充电器跳开关已闭合；使用万用表测量验证主电瓶充电器 115 Vac 输入电源正常；将主电瓶充电器模式控制继电器与另一侧互换，故障现象依旧；检查主电瓶充电器和 DGIO 之间的接线正常；将主电瓶充电器与另一侧互换故障现象转移，判断为主电瓶充电器故障^[4]。

– 更换主电瓶充电器后，测试正常，故障排除^[5]。

(二) 案例二：使用辅助泵操作襟翼时出现 R Main Battery Charger 故障信息

1. 故障现象：

– 机组人员反映飞机右主电瓶电压低于标准。

2. 排故过程：

– 维修人员检查发现显示 R Main Battery Charger 故障信息，右主电瓶充电器工作不正常。维修人员依据排故程序完成故障隔离，左右对串主电瓶充电器，故障转移为 L Main Battery Charger，更换右主电瓶充电器后，完成测试程序，在使用辅助泵操作襟翼时，再次出现 R Main Battery Charger 故障信息。依据湾流技术组意见，依次对串 BPCU 和左右主电瓶故障依旧；检查 AUX JUNCTION BOX 里面相关的接触器 contractor 安装状态正常；测量 battery contactor 与 charger 之间线路通断性正常。判断为故障信息是由于多次使用辅助泵操作襟翼引起的。

– 经湾流技术组评估此故障信息只有在使用辅助泵多次操作襟翼时出现，此情况不会造成故障锁定，且在辅助泵关闭后故障信息可以清除，此情况可以接受，湾流正在考虑通过产品改进来彻底解决这个问题。

(三) 案例三：右主电瓶故障导致出现 R Main Battery Charger 故障信息

1. 故障现象：

– 机组人员反映出 R Main Battery Charger 故障信息。

2. 排故过程：

– 维修人员首先检查了主电瓶插头和跳开关状态，检查结果正常。检查右主电瓶充电器 LED 显示屏上出现 BatFault 故障信息，探测到右主电瓶故障。维修人员将左右主电瓶对串，通电测试故障显示为 L Main Battery Charger。

– 更换右主电瓶后，通电测试正常，故障排除。

(四) 案例四：散热通道堵塞导致左主电瓶充电器无输出

1. 故障现象：

– 左主电瓶充电器外壳温度过高，无直流充电电压和电流输出，左主电瓶无法充电。

2. 排故过程：

– 维修人员检查发现线路接线正常，左主充电器外壳温度过高。

进一步检查充电器散热通道，发现大量灰尘堆积在散热片和通风口上，无法正常散热，热量在充电器内部积聚，导致充电器不能正常工作。

– 维修人员将充电器拆下，清除掉堆积在散热片和通风口上的灰尘，重新安装左主电瓶充电器，通电测试正常，故障排除。

(五) 案例五：右主电瓶充电器内部电路短路导致跳开关弹出故障

1. 故障现象：

– 机组人员反映飞机右主电瓶充电器无法为电瓶充电，地面检查发现右主充电器无直流输出电压和电流。

2. 排故过程：

– 维修人员检查输入电源，发现交流输入电压正常。接着检查跳开关，发现其中一个跳开关弹出。进一步检查发现充电器内部电路短路，导致跳开关弹出。

– 更换右主电瓶充电器后，恢复弹出的跳开关，通电测试正常，电瓶开始正常充电。

五、预防措施与维护建议

1. 定期对湾流 G650 飞机电瓶充电器进行维护检查，包括外观检查、清洁散热片和通风口、检查连接线路是否松动等。使用干净、柔软的湿布擦拭充电器外壳和通风口，去除灰尘、油污等污渍。避免使用尖锐或粗糙的物体刮擦外壳，防止损坏表面涂层。

2. 按照飞机制造商的要求，通过机组警告系统 CREW ALERTING SYSTEM(CAS) 上显示的故障信息、中央维护计算机 Central Maintenance Computer(CMC) 上存储的故障信息和主电瓶充电器显示屏上的信息实时监控主电瓶充电器的工作稳定性。

3. 建立完善的飞机维修记录系统，对主电瓶充电器的维修历史、故障现象、排故方法等信息进行详细记录，以便在后续维修中参考，快速定位和解决类似故障。

4. 加强对飞机维修人员的培训，提高其对湾流 G650 飞机主电瓶充电器工作原理、故障诊断与排除方法的掌握程度，提升维修技能和效率。

六、结论

湾流 G650 飞机电瓶充电器的故障排查是一项复杂而重要的工作，需要维修人员具备扎实的专业知识、丰富的实践经验以及严谨的工作态度。通过对常见故障现象、原因的分析，以及排故方法、流程的研究，并结合实际排故案例的经验总结，能够有效地提高主电瓶充电器的维修效率和可靠性。同时，采取相应的预防措施和加强维护管理，可以降低故障发生的概率，保障湾流 G650 飞机主电瓶电源系统的稳定运行，为飞机的安全飞行提供有力支持。在未来的航空维修领域，随着技术的不断发展，还需要持续关注新的故障类型和排故技术，不断提升维修水平，适应航空事业的发展需求。

参考文献

- [1] 湾流 G650ER 飞机维修训练手册 MAINTENANCE TRAINING MANUAL(0.6), 2018-03.
- [2] 湾流 G650ER 飞机系统描述手册 System Description Manual(14), 2024-10-30.
- [3] 湾流 G650ER 飞机故障隔离程序 Gulfstream MyCMP diagnostics.
- [4] 湾流 G650ER 飞机接线图手册 Wiring Diagram Manual(18), 2024-10-30.
- [5] 湾流 G650ER 飞机维修手册 Aircraft Maintenance Manual(19), 2024-10-30.