

某型飞机发动机起动中断的研究

Research on Engine Starting Interruption of a Certain Type of Aircraft

雷霆

Ting Lei

中航西安飞机工业集团股份有限公司 中国·陕西 西安 710089

AVIC Xi'an Aircraft Industry Group Company Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710089, China

摘要: 针对发动机地面无法起动故障, 论文通过分析起动控制系统的原理, 从继电器的选型和使用环境出发, 定位故障原因, 并从多个角度出发阐述各改进方法, 对飞机机电系统的设计具有一定指导意义。

Abstract: According to the unstarting failure on the engine ground, the paper analyzes the principle of the starting control system and the use environment of the relay, and expounds the improvement method from multiple angles, which has certain guiding significance to the design of the aircraft electromechanical system.

关键词: 超压保护; 中断; 故障; 继电器粘连

Keywords: overpressure protection; interrupt; fault; relay adhesion

DOI: 10.12346/etr.v3i6.3702

1 引言

涡轮风扇发动机的特点是推力大、耗油量低、性能可靠, 其控制系统不仅有地面起动、冷转、假起动、地面停车、空中起动功能, 还有地面起动超压保护功能, 在起动气源管路超压时保护发动机。

发动机地面起动多次出现中断问题。在起动压力正常的情况下(起动压力约 0.41MPa), 按压起动按钮后, 起动信号灯燃亮后立即熄灭, 发动机转速和排气温度没有任何变化。持续按压起动按钮, 起动信号灯反复燃亮熄灭。经排查, 故障原因均为起动超压继电器触点粘连。

2 工作原理

发动机起动系统原理简图如图 1 所示, 需要地面起动发动机时, 依次接通起动—空调断路器、起动断路器, 接通起动—空调开关, 将起动选择开关置于起动位置, 按下起动按钮(起动按钮需要按压 2s, 防误触)。主发动机起动控制板向发动机起动箱发出起动信号, 发动机起动箱收到起动信

号, 这时起动信号灯燃亮, 起动箱按给定的程序给出信号, 发动机开始点火并打开空气起动机的恒压风门和附加风门。

空气起动机带动高压压气机和高压涡轮转子转动, 经过一段时间以后, 关断点火电路, 当或者高压压气机转子达到在一定时间达到一定转速, 起动箱程序机构或燃油调液电开关给出信号, 关断空气起动机, 起动信号灯熄灭。

发动机冷转和假起动需要将起动选择开关分别置于冷转和假起动位置, 发动机都是在空气起动机的带动下转动, 使发动机到达一定转速。冷转过程发动机不喷油不火, 发动机仅靠起动机进行被动旋转, 用于排出积气和积油。假起动过程发动机喷油但不点火, 发动机仅靠起动机进行被动旋转, 用于检查燃油系统。

起动过程中, 按下停车按钮, 主发动机起动控制板向发动机起动箱停止起动信号(悬空有效), 控制发动机各部件停止起动。若压力信号器检测到起动空气压力超过 $0.6 \pm 0.04\text{MPa}$, 压力信号器接通, 起动超压继电器 J210—D4N 线圈得电, 常闭触点断开, 向发动机起动箱发出停止

【作者简介】雷霆(1994-), 男, 中国陕西渭南人, 本科, 技术设计员, 从事飞机设计改进研究。

起动信号（悬空有效），控制发动机各部件停止起动。发动机空中停车需应急起动时，按下空中起动按钮（空中起动线路相对独立），发动机在风车带动下有一定转速的条件下重新喷油点火起动。

3 故障原因分析

起动压力继电器选的是 J210—D4N，一种平衡力式继电器，具有负载能力强、体积小、重量轻、动作快、抗冲击性能好等特点，已广泛用于航天航空领域。其负载和寿命指标分别为：阻性负载 $5A \ 4 \times 10^4$ 次，感性负载 $3A \ 1 \times 10^4$ 次。但是由于其本身固有的一些特点，如内含磁铁，其失效原因总遵循一定规律^[1]。

起动压力继电器故障，常开触点粘连，会向起动箱发出停止起动信号，进而导致发动机起动失败。起动压力继电器粘连主要有两方面原因：一是触点电流过大，导致粘连；二是继电器使用条件严酷，频繁吸合 / 断开导致粘连。

从继电器选型分析：起动压力继电器主触点两侧一端接直流应急汇流条，另一端连接发动机起动箱。在起动工作周期之内，起动压力继电器一端接发动机起动箱内的 P2 继电器，P2 继电器控制线圈工作电流不大于 0.3A；在起动工作周期之外，起动压力继电器一端接发动机起动箱悬空。故在

任何状态下流经起动压力继电器的电流远小于自身可承受的额定电流 5A（阻性负载）、3A（感性负载），电性能能满足使用要求。

从继电器使用条件分析：发动机转速越快，飞机飞行速度越快，在空气温度、压力、飞行角度一定的条件下起动管路空气压力越大。当压力信号器检测到气源管路的压力达到 $0.6 \pm 0.04MPa$ 时，压力信号器接通，向起动压力继电器的控制线圈输出 28.5V 信号，起动压力继电器动作，常开触点接通，发动机起动箱收到停止起动信号。若在发动机起动过程中发动机起动箱收到停止起动信号，发动机停止起动，此保护逻辑有效。若飞机空中飞行时（发动机正在工作），发动机起动箱收到停止起动信号对发动机工作无影响。此时 XY—58 仍会在气源管路超压的情况下接通，导致起动压力继电器动作。

针对上述分析情况，针对性查看飞行参数采集器记录的飞行数据，发现飞机空中飞行时，管路空气压力与发动机转速相关，发动机转速越快，管路空气压力越大。发动机转速在 74%~87% 时，管路空气压力达到 $0.6 \pm 0.04MPa$ 。管路空气压力会在 0.6MPa 附近频繁变化，可知压力信号器会在飞机空中飞行时频繁接通，导致起动超压继电器频繁动作。

以上论述说明起动超压继电器易故障的根本原因为：飞

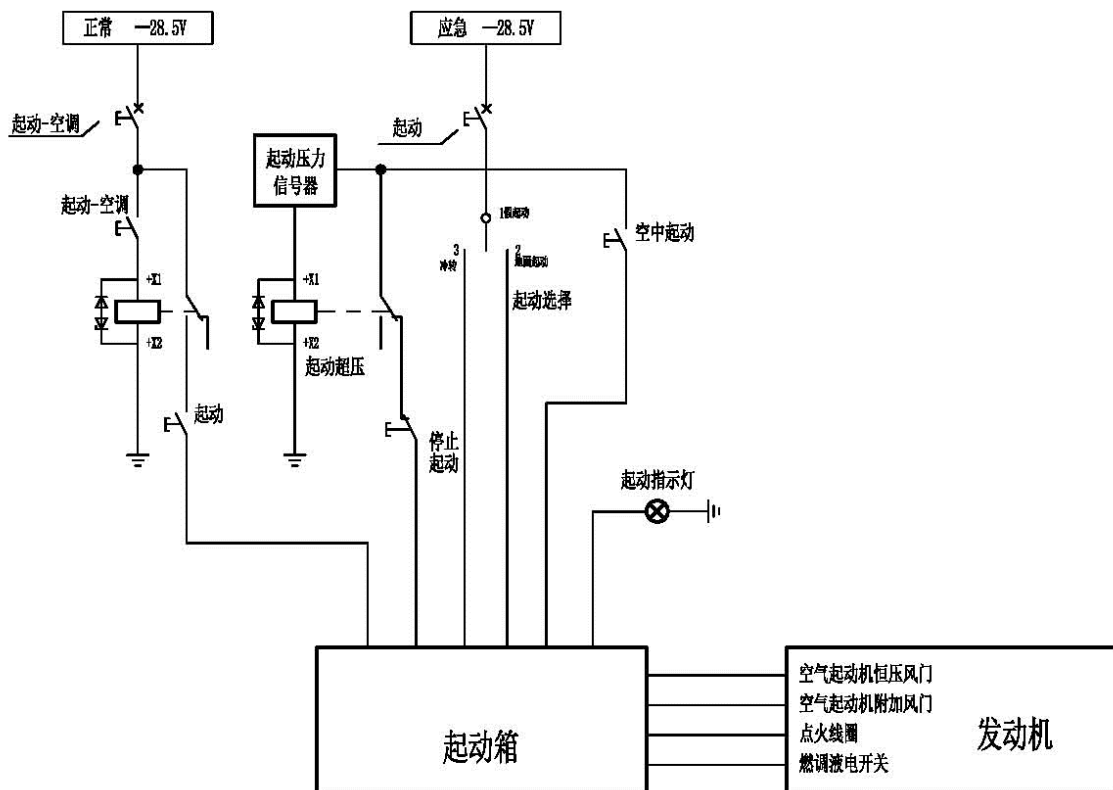


图 1 发动机起动系统原理简图

机空中飞行时起动管路频繁超压, 起动压力继电器频繁动作导致继电器提前到寿。而一般继电器适用于飞机保障系统或连锁电路, 出现火警、结冰等异常情况或者系统供电接通一次。起动超压线路在设计时未充分考虑起动压力继电器使用条件^[2]。

4 起动系统改进方案

起动控制系统改进有两个思路, 一是提高起动超压继电器的寿命; 二是改善高起动超压继电器的使用条件。

4.1 换装固态功率控制器

固态功率控制器相比传统的平衡力式继电器, 具有无触点、无电弧、无噪声、响应快、电磁干扰小、寿命长、可靠性高以及便于计算机远程控制的优点^[3]。不论起动压力信号器怎样动作, 使线路接通或断开, SSPC 均能可靠工作。该方案的优点有: ①固态功率控制器有一定的记忆功能, 可以拆下来统计准确的通电次数, 这样能对飞机飞行状态有更深入的了解, 为日后改装、新研飞机打下坚实基础; ②有成熟的针脚定义并具有一定的自检功能程, 方便飞机参数采集设备检测工作状态, 增加一定控制功能, 例如, 如果确认压力信号器检测到的超压是伪告警, 可以直接切断起动超压继电器控制线圈的电源保证发动机地面正常起动。

该方法理论上可行, 且代表了飞机电气控制专业的发展趋势, 新研飞机宜采用该方案。但针对现有飞机改动量较大, 设计验证周期较长, 成本很高: ①需重新设计控制盒的内部元器件的分布, 势必增加体积和重量, 重新评估飞机重量中心; ②SSPC 电路连接方式与传统的平衡力式继电器不同, 需要增加供电接口、信号地、电源地等电路连线。

现有飞机不宜选用该方法进行改装。

4.2 将起动超压继电器与发动机起动—空调转换逻辑电路交联

发动机起动后, 断开起动—空调开关, 起动超压继电器的控制线圈正端悬空。在不影响发动机地面超压保护功能的前提下, 即使飞机空中飞行时起动气源管路压力超压, 起动

超压继电器也不会拉弧, 大大改善了起动超压继电器的使用条件, 提高了飞机的可靠性。

此方案仅需改进控制盒的内部连线, 设计验证周期较短, 成本很低。针对现有飞机改装可实施性良好。

4.3 将起动超压继电器飞机空地转换电路交联

飞机起飞后空地开关断开, 起动超压继电器的控制线圈正端悬空。在不影响发动机地面超压保护功能的前提下, 即使飞机空中飞行时起动气源管路压力超压, 起动超压继电器也不会拉弧, 大大改善了起动超压继电器的使用条件, 提高了飞机的可靠性。

此方案需改进控制盒的内部连线和飞机电缆, 设计验证周期较短, 成本较低。针对现有飞机改装可实施性较 4.2 方法较差。

5 结语

选用上述方案均可解决由于起动超压继电器频繁动作导致发动机地面起动失败, 针对现场改装实际, 结合改装成本和改装周期, 推荐选择 4.2 方法改装。现有飞机采用 4.2 方法改装后, 该故障均不再复现。

飞机电气控制系统在设计阶段需要对飞机各部件的使用时情况进行评估, 确认能否适应实际需要。如不能, 需要调整飞机部件的参数指标, 或者调整控制逻辑, 满足飞机各系统使用和维护的需求。

参考文献

- [1] (美)J路易斯·布莱科本. 继电保护原理与应用[M]. 中国电力科学研究院有限公司继电保护研究所, 译. 北京: 机械工业出版社, 2017.
- [2] 李仁. 电气控制技术[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1985.
- [3] 陈东林. 航空概论[M]. 北京: 国防工业出版社, 2008.