

# Analysis and Elimination of Typical Faults in Air Conditioning System of a Flight Simulator

Wei Liu, Jianrong Wu, Yunshui Zhang, Yu Zeng

Zhuhai Xiangyi Aviation Technology Co., Ltd., Zhuhai Guangdong  
Email: shanliangdemou@163.com

Received: Jun. 21<sup>st</sup>, 2019; accepted: Jul. 9<sup>th</sup>, 2019; published: Jul. 16<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

In this paper, based on the typical faults of a certain type of flight simulator air-conditioning system, on the basis of introducing and analyzing the principle of air-conditioning system of simulator, the faults of the air-conditioning components function failure and the cockpit temperature being too low are located and eliminated, which provides a theoretical basis and technical reference for the flight simulator air-conditioning system troubleshooting.

## Keywords

Flight Simulator, Air Conditioning System

---

# 某型飞行模拟机空调系统典型故障剖析与排除

刘 伟, 吴建荣, 张云水, 曾 宇

珠海翔翼航空技术有限公司, 广东 珠海  
Email: shanliangdemou@163.com

收稿日期: 2019年6月21日; 录用日期: 2019年7月9日; 发布日期: 2019年7月16日

---

## 摘 要

本文以某型飞行模拟机空调系统常见典型故障为案例, 通过对模拟机空调系统原理进行介绍分析的基础上, 对空调组件功能失效和驾驶舱温度过低的故障进行定位并排除, 为飞行模拟机空调系统排故提供了理论依据和技术参考。

## 关键词

飞行模拟机, 空调系统

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

为使模拟机中众多电子设备稳定运行及保持驾驶舱适宜的空气温度环境, 稳定可靠的空调系统对于模拟机的正常运行尤为重要, 空调系统一旦故障, 会存在烧坏训练设备的隐患, 驾驶舱温度过高或过低都会直接影响飞行训练甚至会使训练中断。一般, 模拟机驾驶舱温度限定范围为  $19^{\circ}\text{C}\sim 24^{\circ}\text{C}$ 。另外, 模拟飞机引气系统的引气同样是由空调系统来提供, 本文通过两例空调系统典型故障对模拟机空调系统组成及加热控制原理进行了介绍, 并对故障原因及排故过程进行了总结。

## 2. 典型故障案例

故障一、在打开空调组件或调节 overhead panel 上空调通风设备风量大小后, 无风量, 与逻辑不符。

故障二、驾驶舱温度过低, 实际温度值达不到设定目标温度。

## 3. 模拟机空调系统介绍

### 3.1. 概述

模拟机空调系统示意图如图 1 所示[1]:

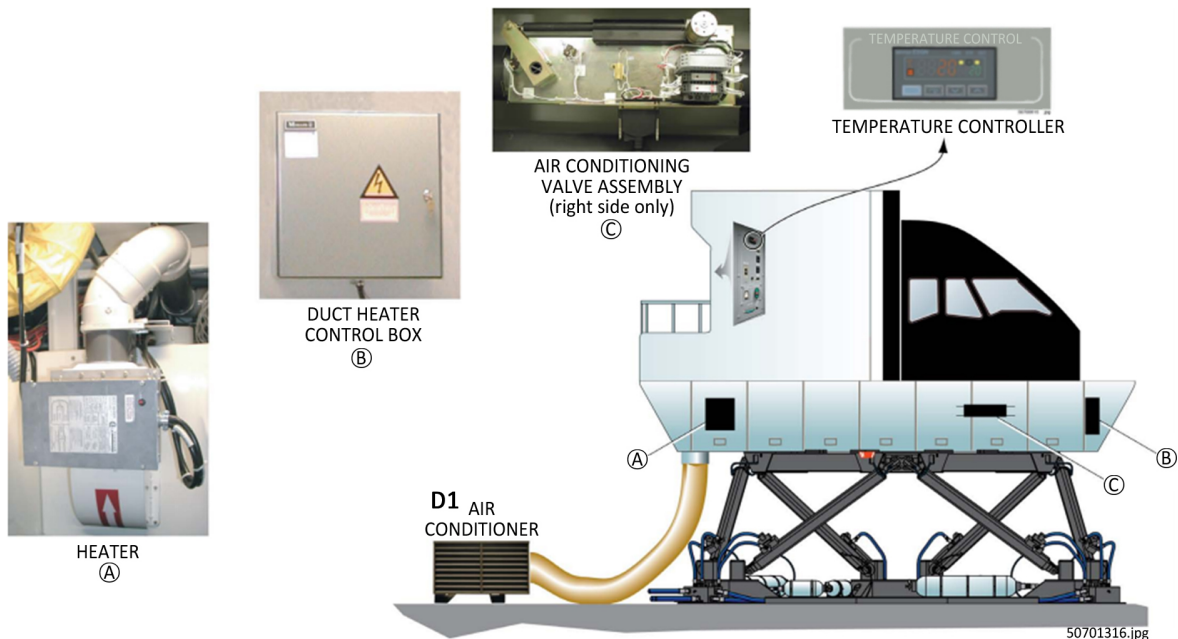


Figure 1. Schematic diagram of the simulator air conditioning system

图 1. 模拟机空调系统示意图

其中, A、加热器, B、加热器控制装置, C、空调阀门组件(Controlled airflow)。

模拟机气流供给有 Continuous airflow 和 Controlled airflow 两种方式:

a) Continuous airflow 持续输出冷却风给电子设备以防止其超温, 保证电子设备及其他发热设备长期稳定的工作状态, 例如: A600 区电路机匣, 驾驶舱飞行显示仪表等。

b) Controlled airflow 提供气流给飞机面板控制相应气流大小变化以模拟飞机引气系统功能。如空调组件 PACK1, PACK2, 设备风量旋钮。当旋转头顶板上空调通风设备冷热风量圈后, 通过软件控制相应作动筒会使 air condition valve 位置发生改变, 从而控制 controlled airflow 的进气量。

### 3.2. 加热器控制模块

模拟机空调冷风加热系统本着节约成本、易于后期维护的特点, 其设计原理较为简单, 如图 1 所示, 通过 D1 空调出来的冷却空气一部分通往电子设备区冷却设备, 通往驾驶舱的冷却风由于温度太低需要通过加热来使冷气温度升高以达到适宜人体的正常温度, 因此引流一部分冷气作为加热系统的气源, 经加热后的气流和冷气混合后经 D1 软管进入驾驶舱形成舱内空气环境, 驾驶舱目标环境温度由温度控制器 (temperature controller) 提前设定, 需要设定好合适的温度范围。如图 2 所示, 当位于驾驶舱的温度传感器探测到实际温度低于设定温度下限时, 触发使能信号通过 TB1(+), TB1(-) 使晶闸管导通, 三相交流电供到加热模块, 加热器开始工作, 驾驶舱内环境温度上升。当检测到驾驶舱温度超过设定温度上限的时候, 温度控制器通过控制晶闸管的关断, 使得加热器停止工作, 驾驶舱温度会慢慢下降, 当温度值再次下降到设定温度下限的时候, 系统开始循环上述控制来实现环境温度在设定范围之内的动态变化。另外, 人工复位开关通过控制接触器 K1M 的通断来实现对加热系统的复位控制, 加热器控制系统原理图如图 2。

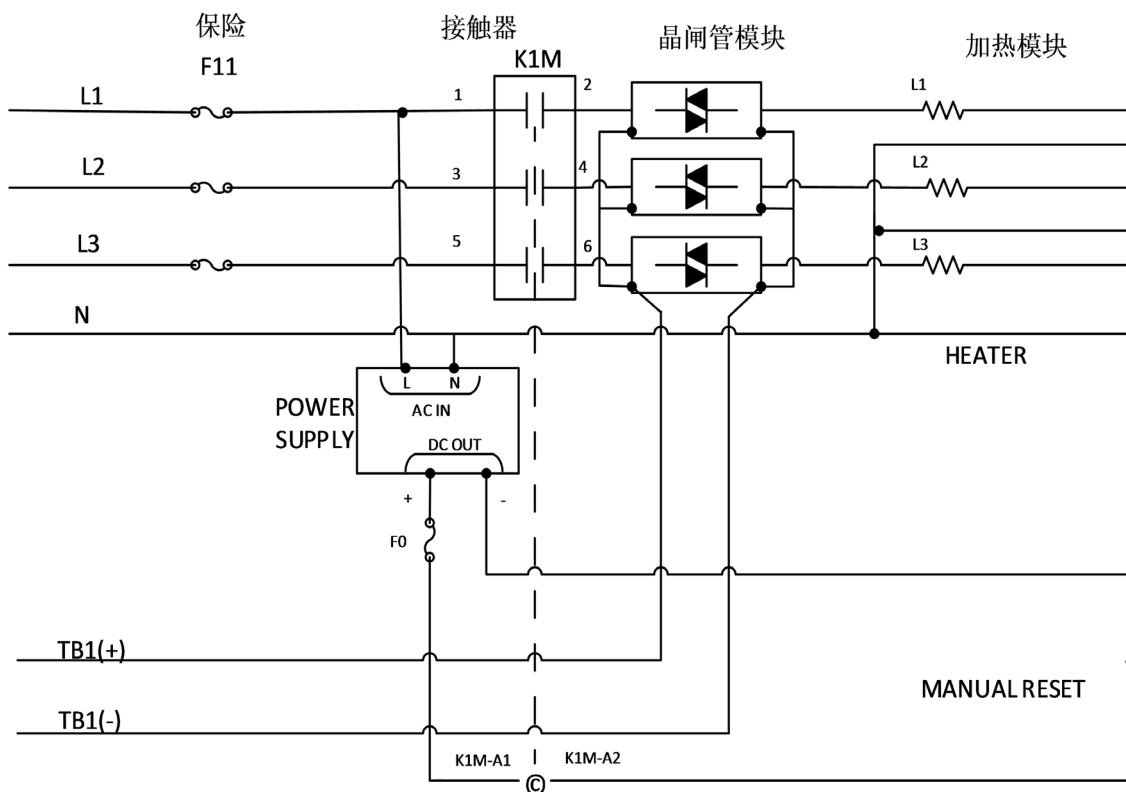
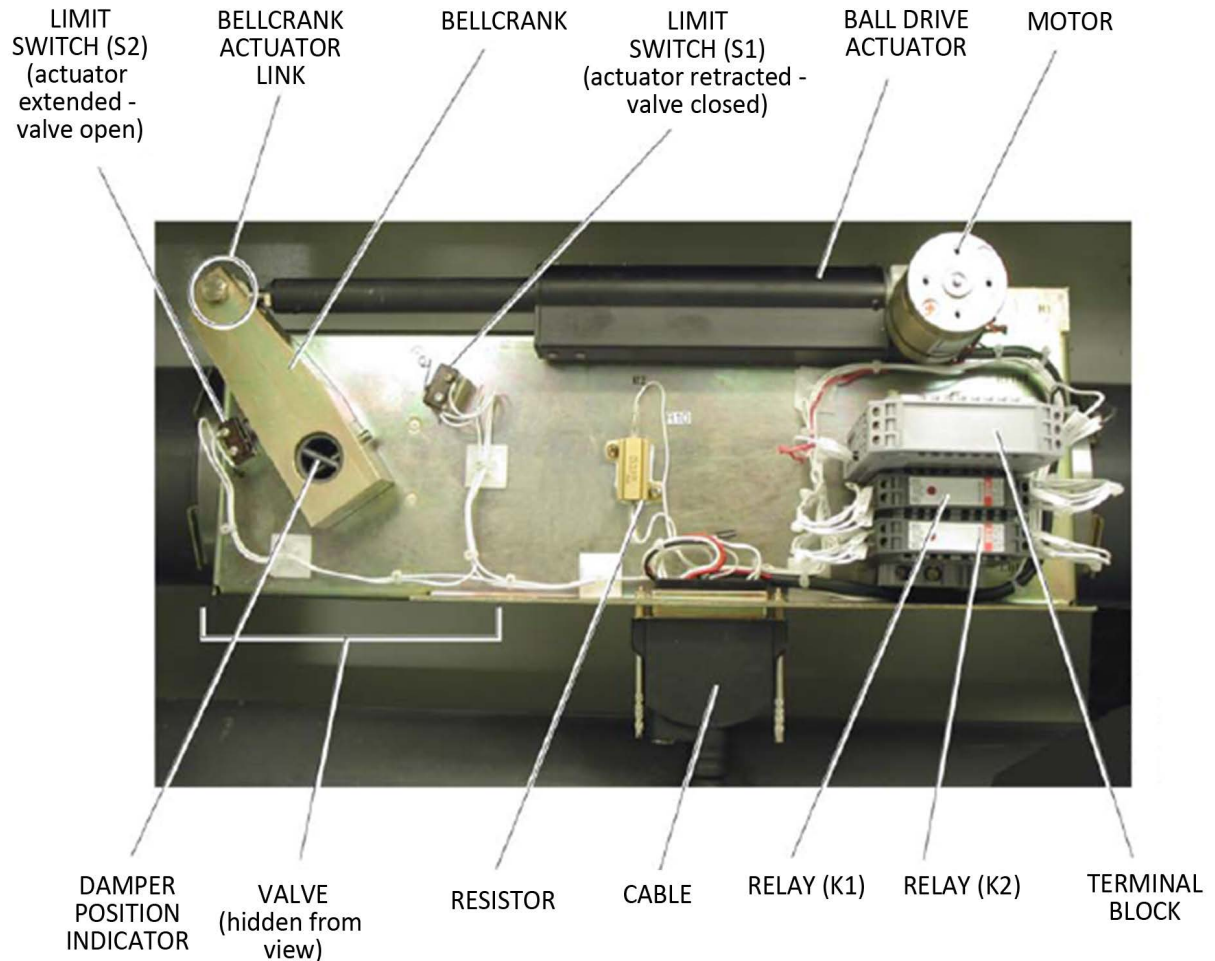


Figure 2. Heater control system

图 2. 加热器控制系统

### 3.3. 空调阀门控制组件

实现 controlled airflow 进气量控制的是空调阀门控制组件(air conditioning valve assembly), 如图 3 所示[1]。



**Figure 3.** Air conditioning valve control components

**图 3.** 空调阀门控制组件

其中, bellcrank(摇臂)一端固定在减震阀的轴上,使其能够转动,另一端连接到滚珠传动执行器,这种连接使得摇臂将执行机构杆的直线运动转换为阀门开启和关闭所需的旋转运动。通过 S1, S2 两个限位(limit switch)开关定义阀门的完全关闭和全开位置,当阀门完全关闭时激活 S1,当滚珠传动执行器杆完全伸出时激活 S2。滚珠传动执行器由直流电机、齿轮和传动杆组成,直流电机驱动齿轮,使杆伸出或缩回,进而控制摇臂的运动。继电器 K1 和 K2 接收来自 GPIM 板卡的 DOP 控制信号,它们为执行器直流电机供电并确定执行器杆的移动方向,当接收到启动电机的控制信号时,继电器 K1 通电闭合,继电器 K2 与 K1 串联,决定执行器杆的运动的位置和运动的方向(retracted 或者 extended),另外,继电器 K2 还与限位开关 S1 和 S2 相连。执行器杆的运动由 24 V 直流电机驱动,驱动电路中接入 10 欧母的电阻,以起到保护执行器电机免受电气浪涌冲击,并保证其平稳启动。另外,执行器还包含一个电位器,用于向 GPIM 卡提供杆位置反馈信号(模拟输入 AI 信号)。空调阀控制线路图如图 4 所示。

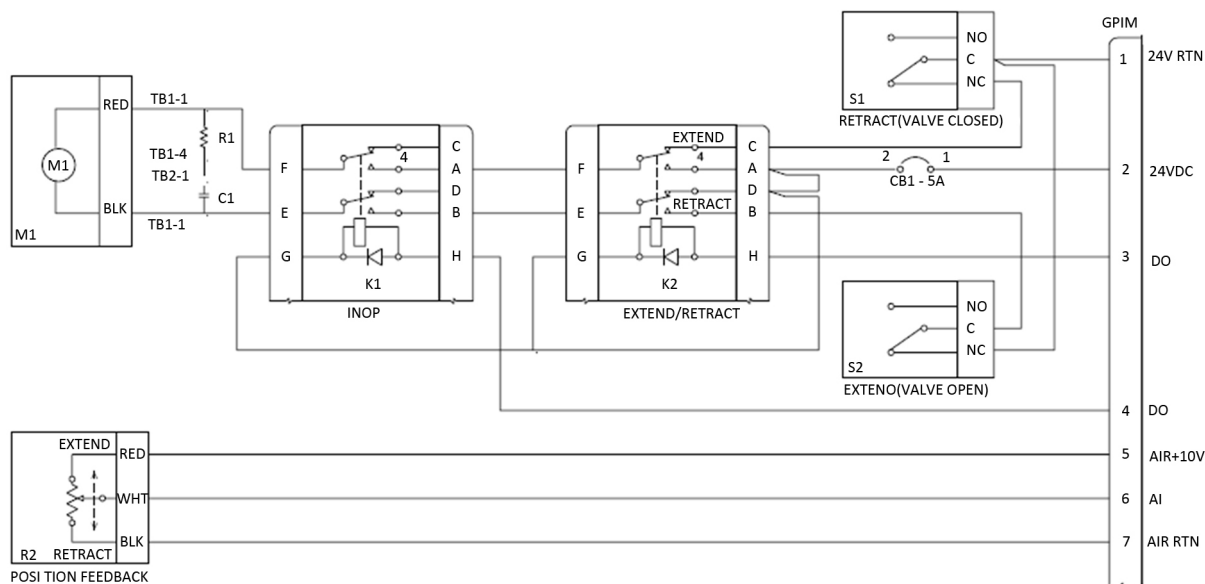


Figure 4. Air conditioning valve control circuit diagram

图 4. Air conditioning valve 控制线路图

#### 4. 故障分析与排除

故障一、在打开空调组件或调节 overhead panel 上空调通风设备风量大小后，实际无风量，与逻辑不符。

由以上空调系统组成及工作原理介绍可知，模拟机空调组件气流是由 controlled airflow 提供，我们通过旋转飞机 overhead panel 上空调通风设备风量圈，相应地，air condition valve 的摇臂角度位置会发生改变，通过摇臂的位置运动从而控制 controlled airflow 的进气量，其控制信号框图如图 5 所示，当调节通风设备风量圈大小后，模拟输入信号(AI)输入到 GPIM 板卡，经 A/D 转换后输入到主机 HOST 进行判断处理，主机接收到信号并进行处理后输出控制信号(DO)至 GPIM 板卡，然后 GPIM 板卡输出信号控制 air conditioning valve assembly 上 K1, K2 的通断来控制电机相应动作，进而控制传动执行器的伸、缩运动改变气流大小。另外 air conditioning valve assembly 提供实时位置反馈 AI(analog input)信号给主机。

故障后在调节风量圈大小过程中通过观察 air conditioning valve 摇臂，发现其一直处于静止状态，因此将问题定位到 air conditioning valve assembly 及其控制环路。通过空调控制组件原理的介绍，可以分析出，导致摇臂始终没有动作的故障主要可能存在以下几个原因：

- 1) 24 V 直流电机故障或电源故障导致电机不工作；
- 2) K1 或者 K2 继电器故障不能正常闭合；
- 3) GPIM 板卡故障；
- 4) 防浪涌保护电阻问题导致电机被烧；
- 5) S1 和 S2 限位开关故障；
- 6) 主机软件故障。

在实际排故当中，一般遵照先隔离最可能引起故障的原因，再到易于操作且耗时短的故障隔离步骤，最后进行较复杂且耗时的隔离步骤。通过重新装载模拟机软件测试故障依旧存在，然后对 GPIM 板卡进行备件隔离，确认 GPIM 卡工作正常，用万用表测量 10 Ω 防电气浪涌电阻正常，测量 S1 和 S2 限位开关触发功能均正常。如图 4 所示，正常工作状态下继电器 K1 吸合后，24 V 直流电会提供到电机，经测



量电机电源输入端无 24VDC 输入电压, 但测量 K2 端 24 V 直流供电正常, 拆下继电器 K1, 对其外部供电检查发现 K1 始终无法吸合, K1 继电器损坏导致 24 V 直流电没能提供给直流电机, 因此在调节风量圈时空调阀门控制组件的摇臂没有任何动作, 在更换 K1 继电器后故障排除。

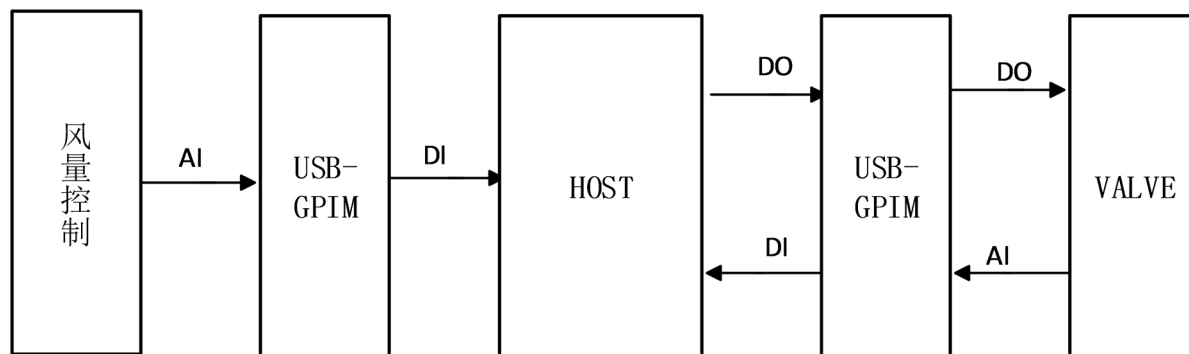


Figure 5. Air conditioning control component signal block diagram

图 5. 空调控制组件信号框图

故障二、驾驶舱温度过低, 实际温度值达不到设定目标温度。

驾驶舱温度过低, 检查温度控制器(temperature controller)设定工作温度范围为 19℃~24℃, 目标温度值为 22.5℃, 设置正常, 而实际检测驾驶舱温度值只有 17℃。加热控制模块如图 2 所示, 三相交流电通过 F11 三路保险、K1M 接触器接到晶闸管模块, 通过晶闸管的通断进而控制后级加热器对冷却风进行加热。根据故障现象和原理分析可知造成驾驶舱温度过低达不到设定温度值的故障原因主要可能有以下几点:

- 1) 加热模块故障;
- 2) 加热控制模块故障, 包括保险、接触器和晶闸管等;
- 3) 温度传感器故障;
- 4) 晶闸管驱动电路故障。

排查过程:

检查驾驶舱温度传感器工作指示灯正常, 将故障定位到加热控制系统。

- 1) 通过复位加热控制器模块发现温度依然保持在低温状态;
- 2) 测量三相输入交流电正常;
- 3) 检查三路接触器 K1M 其状态正常;

4) 万用表测量 F11 三个 FUSE, 发现其中两个 FUSE 已经烧坏, 处于不通状态, 更换新的 FUSE 后加热器工作正常, 驾驶舱环境温度上升到设定范围内, 故障排除。

## 5. 结束语

本文通过对模拟机空调系统结构工作原理以及模拟机两种气流供给方式进行介绍, 分别对两种气流供给方式下的典型故障案例进行分析, 罗列出故障的主要可疑诱因, 针对控制环路中可能出现的故障点进行一一检测和隔离, 最终达到排除故障的目的。在实际排故过程中, 应善于借助软件和硬件工具进行故障诊断, 快速定位故障原因。通过两个典型案例的介绍, 为解决飞行模拟器空调系统故障提供了有效可靠的排故思路和解决方法。

## 参考文献

- [1] Air Conditioning and Equipment Cooling. CAE Full Flight Simulator Maintenance Manual: 3.

### 知网检索的两种方式：

1. 打开知网首页：<http://cnki.net/>，点击页面中“外文资源总库 CNKI SCHOLAR”，跳转至：<http://scholar.cnki.net/new>，搜索框内直接输入文章标题，即可查询；  
或点击“高级检索”，下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2332-6980，即可查询。
2. 通过知网首页 <http://cnki.net/>顶部“旧版入口”进入知网旧版：<http://www.cnki.net/old/>，左侧选择“国际文献总库”进入，搜索框直接输入文章标题，即可查询。

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[iae@hanspub.org](mailto:iae@hanspub.org)