

# 波音 767 飞机设备冷却系统工作原理

戴苗苗

(东航工程技术公司, 上海 200335)

**摘要:** 民航飞机的设备冷却系统, 用于驱散飞机上所有电子设备所发出的热量, 使其在可靠的环境中工作。设备冷却系统的维护相当关键。波音 767 飞机的设备冷却系统可分为前设备冷却系统、后设备冷却系统和娱乐系统冷却系统。其中前设备冷却系统相对独立, 各部件的工作状态随外界条件的变化而复杂多变; 娱乐系统冷却系统则是依靠客舱空调系统提空冷气, 为娱乐设备中心散热; 后设备冷却系统与洗手间/厨房通风系统共用同一套冷却通风系统。由于三个子系统的工作原理不同, 因此在日常维护中除需分清各部件所属的子系统外, 弄清系统发生故障时的外界条件也尤为重要。

**关键词:** 设备冷却系统; 波音; 热量; 故障

**中图分类号:** V271.1

**文献标识码:** A

## 0 引言

随着现代飞机的不断发展, 其电子设备逐渐增多, 电子设备的发热量也越来越大, 因此为保证电子设备的正常工作, 必须引入相关的设备冷却系统。通常机载电子设备都是依靠客舱排气来冷却的, 这样可以减小空调系统的工作负荷, 减少发动机引气的供应量<sup>[1]</sup>。

波音 767 飞机各大系统中, 设备冷却系统属于空调系统中的辅助系统。767 飞机的设备冷却系统大体可以分为三部分: 前设备冷却系统、娱乐设备中心冷却及后设备冷却系统。前设备冷却系统主要向驾驶舱操作台、仪表板、和前/主/中设备舱提供冷却。后设备冷却系统主要给后设备舱 E6 架上的 APU(辅助动力装置)电瓶和 APU 控制组件 ECU(电子控制组件) 等提供冷空气降温。

## 1 设备冷却系统概况

767 飞机设备冷却系统的控制面板位于驾驶舱 P5 板上, 如图 1。选择电门共有三种模式选择。“AUTO”模式, 系统将提供最合适的冷空气冷却电气设备; “STBY”模式, 当系统失效时采取的备用模式; “OVRD”模式, 当系统有烟雾或者火情时选择的人工超控模式, 将烟雾排至机外。当飞机处在地面时通常不使用该模式工作。选择电门的两侧还有四个警告灯, 用于提醒飞行员系统出现的故障情况。“VALVE”灯亮表示系统

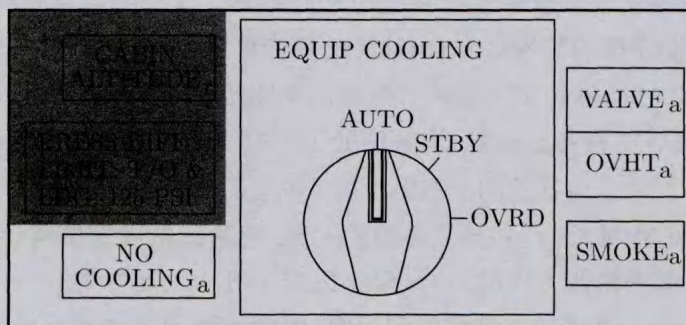


图 1 设备冷却系统控制面板  
Fig. 1 Panel-equipment cooling system

收稿日期: 2013-03-27; 修订日期: 2013-05-02

作者简介: 戴苗苗 (1983-), 男, 上海人, 助理工程师, 学士, 民航维修, 电子邮箱 gentao626@163.com。



中的某个活门故障;“OVHT”灯亮表示系统发生过热或冷却空气流量低的情况;“SMOKE”灯亮表示系统中的烟雾探测器探测到有烟雾。“NO COOLING”灯亮表示在超控模式下设备架没有冷却空气流过。

系统测试电门位于驾驶舱右侧的P61板上,如图2。测试电门用于测试地面测试系统中的流量探测器及烟雾探测器的好坏。

当系统发生故障时,通常会触发控制面板上的警告灯亮和EICAS信息警告。特殊情况下,当系统出现冷却空气低流量的情况或系统中的某个低流量探测器发生故障时,还会触发机组呼叫喇叭的意外响起。

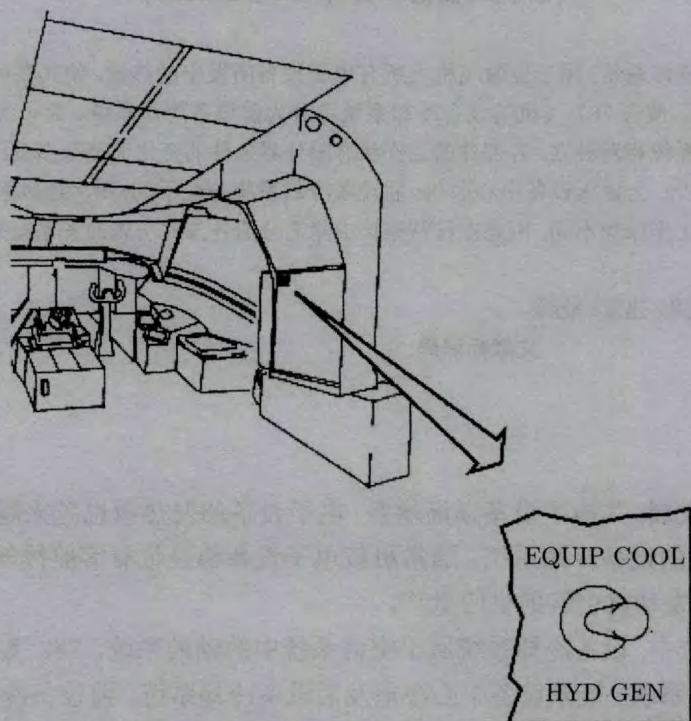


图2 设备冷却系统测试电门

Fig. 2 Test switch-equipment cooling system

## 2 前设备冷却系统

### 2.1 系统部件

前设备冷却系统涉及的部件较多,除了先前介绍的控制面板外,其余大部分部件位于主电子设备舱和前货舱壁板内或地板下方,如图3a和图3b所示。

风扇控制卡和设备冷却指示卡都位于主设备舱的P50板内。左控制卡控制供气风扇,中控制卡控制排气风扇。指示卡用于逻辑控制系统的警告灯与EICAS的警告信息。

风扇电路继电器位于P37板,监控供气和排气风扇的电路是否正常。

压差电门在主设备舱E1\E2设备架前方,当系统处于超控模式时用于探测冷却空气的流量。

供气风扇和排气风扇分别位于前货舱的左右壁板内。风扇后部紧挨着风扇单向活门。

烟雾探测器位于货舱的右侧壁板内,在排气风扇的上游,它通过从供气排气管道内采集的空气来判断系统是否过热或有火情。当烟雾探测器工作时,由风扇将采样空气吹入烟雾集散室。若没有烟雾,探测器的信标灯光束按光的直线传播原理经过采样空气照射到对面,照射不到光敏电阻,这时的电阻值大;若存在烟雾,烟雾微粒的折射作用把光线折射到光敏电阻上,光敏电阻的阻值减少,当达到预定警告值时便输出信号报警。

总管内连活门位于主设备舱内,靠近驾驶舱地板处。活门是两位置电控活门,他将供驾驶舱仪表的冷却空气分为两路。正常情况下,活门将设备冷却管路中的冷空气供至驾驶舱的仪表,进行冷却。当控制电门位

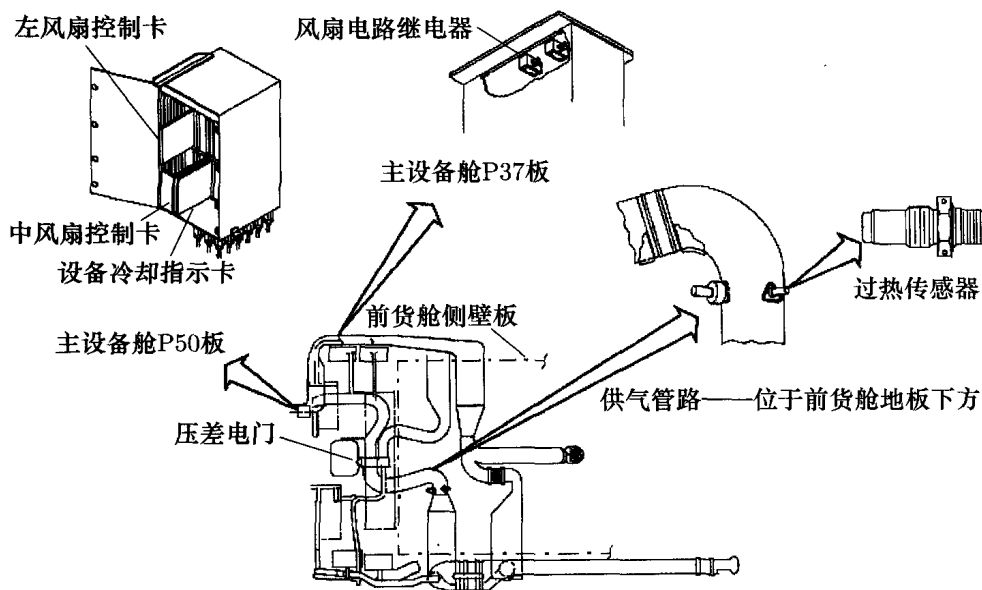


图 3a 前设备冷却系统部件 (1)

Fig. 3a Forward equipment cooling system (1)

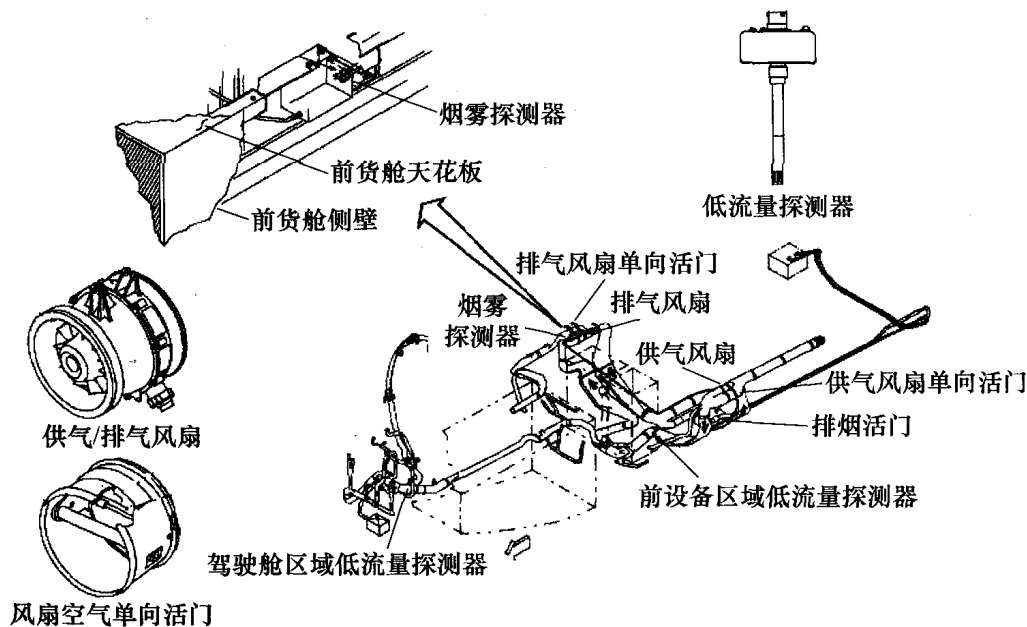


图 3b 前设备冷却系统部件 (2)

Fig. 3b Forward equipment cooling system (2)

于“OVRD”位时,活门将原先气路关闭,驾驶舱仪表由驾驶舱空调分布管内的空气冷却。

机外排气活门,如图4,位于机腹下方。它的作用是:当飞机在地面上,将已冷却过电子设备的空气排出机外。它由电马达作动器、挡板活门、过中心连接机构、人工超控插孔和限制电门组成。

由图4中的线路图分析可得,当飞机处于地面,外界高于7摄氏度(45华氏度)时,电马达作动器得到信号,将活门打开,挡板活门收入排气管道中。当活门关闭时,由过中心连接机构向其锁定。人工超控插孔,用于人工打开或关闭活门。在飞行过程中,活门正常应出于关闭位。当活门位置与系统输入指令不一致时,将触发控制面板“VALVE”警告灯亮并伴有EICAS信息“FWD EQPT VAL”。

## 2.2 系统工作原理

前设备冷却系统的冷却构型取决于系统的控制输入。系统输入则决定了风扇工作与否和活门的位置。而活门的位置又决定了冷却气流的走向。如图5所示。

系统工作情况,见图6。大致可分为以下四种情况:

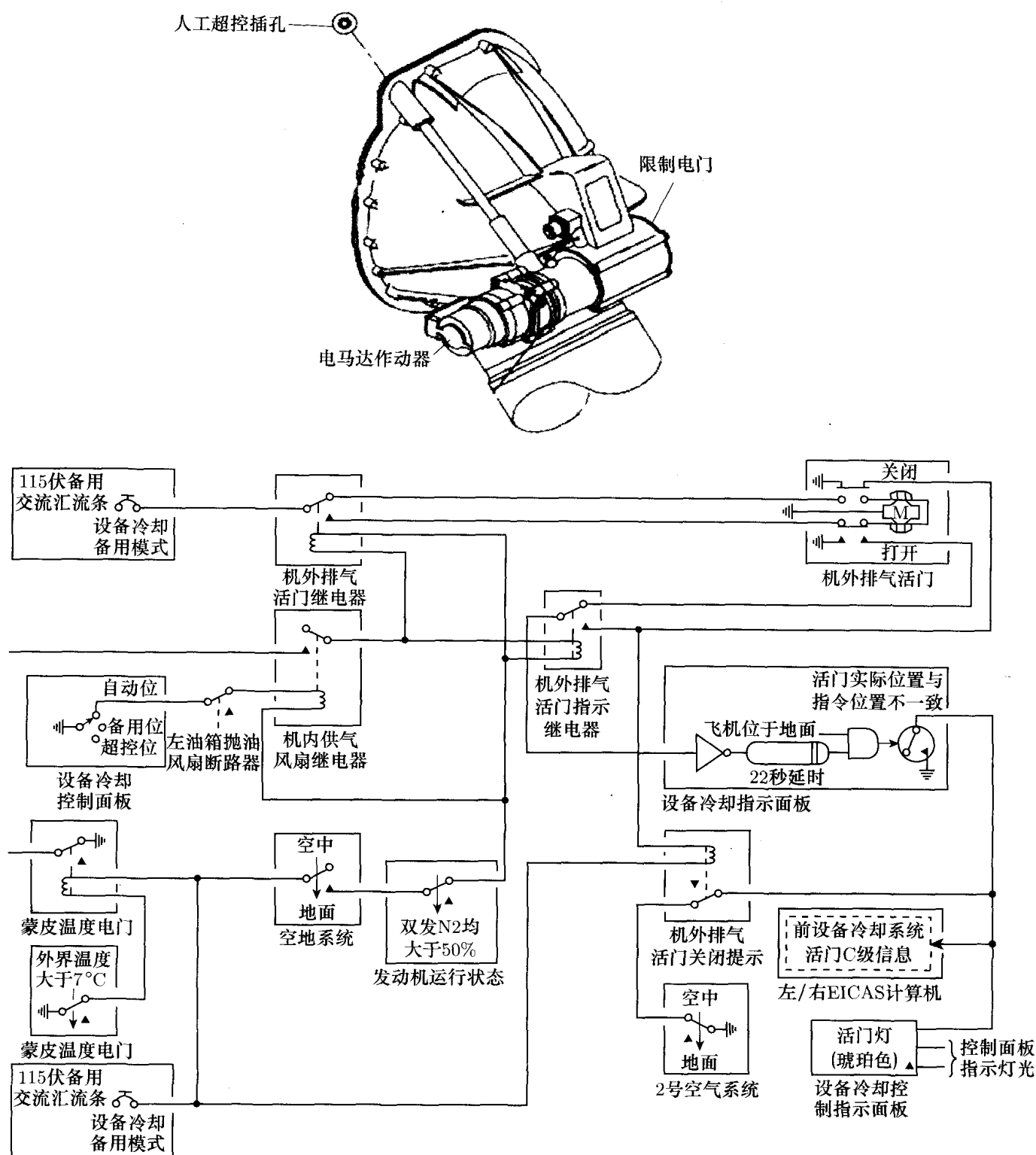


图4 机外排气活门

Fig. 4 Overboard exhaust valve

1) 当飞机处于地面, 控制电门位于“**AUTO**”位且大气温度高于7摄氏度(45华氏度)时, 机外排气活门打开, 旁通关闭活门关闭, 冷空气经各电子设备架之后向机外排除。

2) 当飞机处于地面, 大气温度低于7摄氏度(45华氏度)时, 控制电门位于“**AUTO**”位且双发未启动, 此时机外排气活门关闭, 旁通活门打开, 冷却空气依靠供气、排气风扇抽吸形成内部循环。

3) 当飞机处于地面, 双发运行, 控制电门位于“**AUTO**”位或“**STBY**”位时, 无需考虑外界温度, 机内供气活门和机外排气活门均关闭, 此时旁通活门打开, 系统依靠客舱排气循环给设备提供冷却。

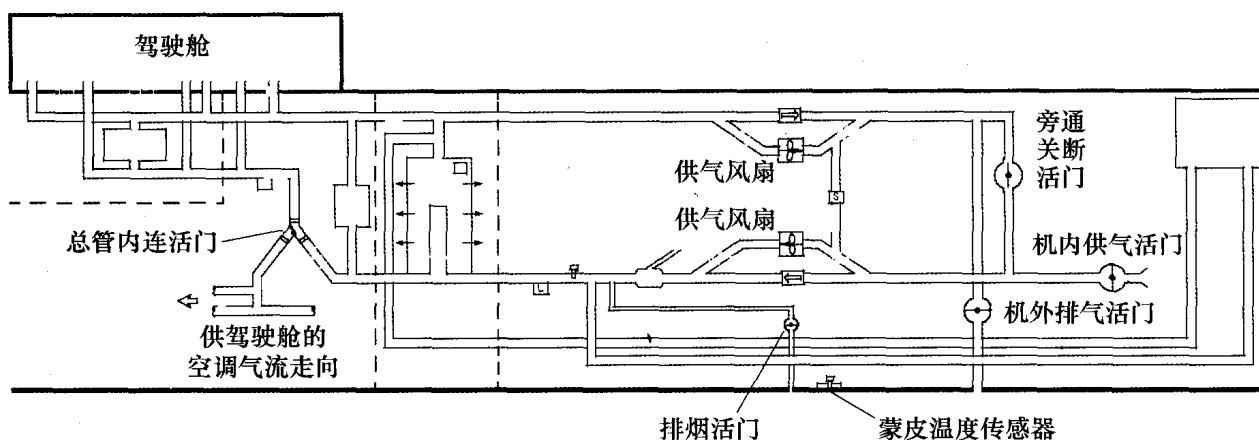


图 5 前设备冷却系统

Fig. 5 Forward equipment cooling system

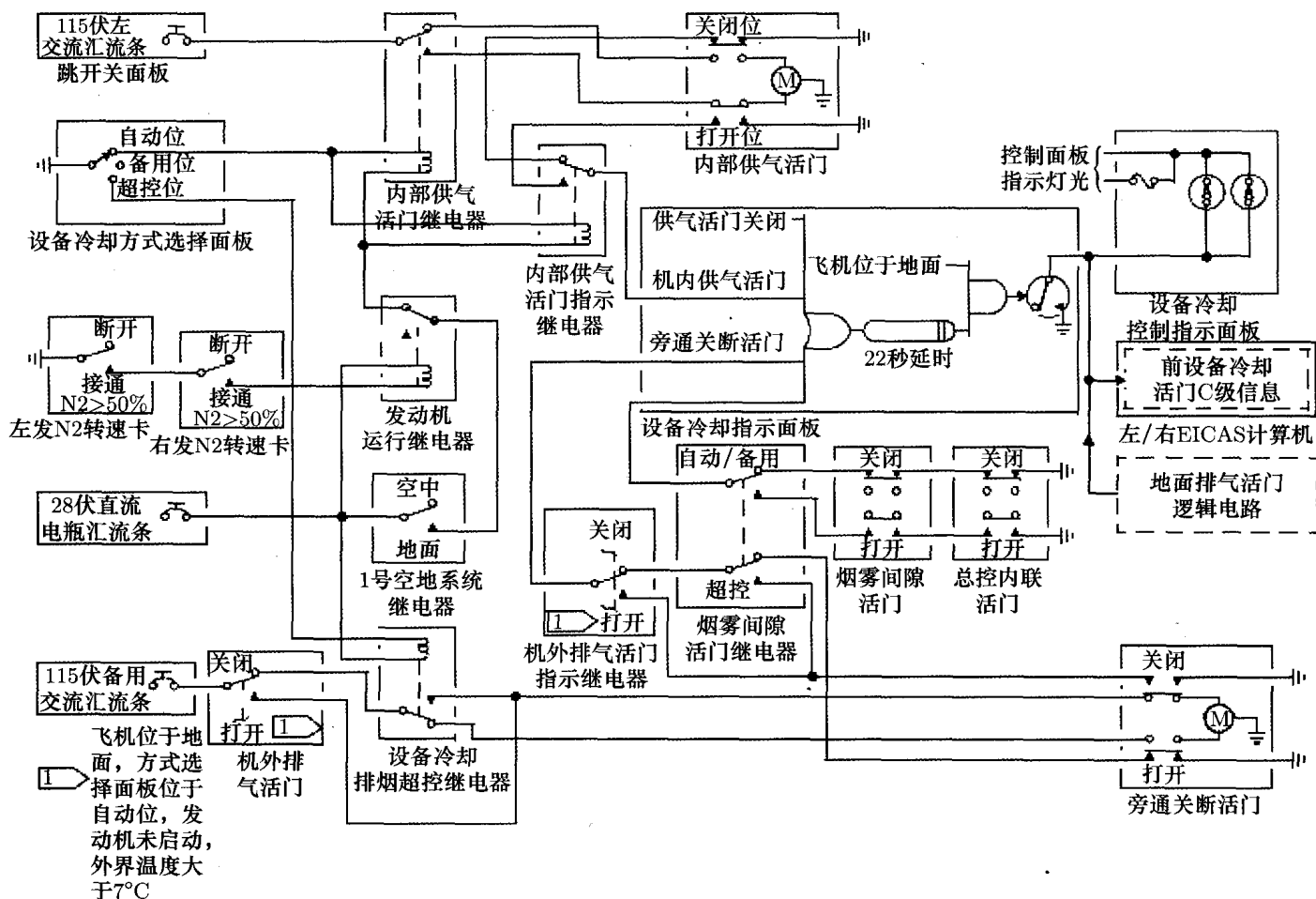


图 6 前设备冷却控制原理

Fig. 6 Theory-forward equipment cooling system

4) 飞行过程中,当控制电门位于“**AUTO**”位时,排气风扇工作,供气风扇作为备份,供气活门与排气活门均关闭。若排气风扇故障,系统自行切换至供气风扇工作。当选择电门位于“**STBY**”位时,供气排气风扇的工作状态与先前相反,其余活门状态均一致。当选择电门位于“**OVRD**”位时,供气排气风扇都停止工作,除总管内连活门和排烟活门打开外,其余活门都关闭。系统依靠反压将烟雾排除机外。

从上述几种情况来看,前设备冷却系统工作原理可归纳为表1。



表 1 前设备冷却系统工作原理  
Tab. 1 Principle of operation-forward equipment cooling system

飞机状态	控制模式	供气风扇	排气风扇	机内供气阀门	机外排气活门	旁通关断活门	排烟活门	总管内连活门	冷却构型
地面	自动模式, 大气温度高于 45 华氏度且双发关断	工作	工作	打开	打开	关闭	关闭	关闭	内部供气, 排除机外
地面	自动模式且大气温度低于 45 华氏度	工作	工作	打开	关闭	打开	关闭	关闭	机内闭环构型
地面	自动模式或备用模式, 且双发运行	工作	工作	关闭	关闭	打开	关闭	关闭	闭环
空中	自动模式	不工作	工作	关闭	关闭	打开	关闭	关闭	闭环
空中	备用模式	工作	不工作	关闭	关闭	打开	关闭	关闭	闭环
空中	烟雾超控模式	不工作	不工作	关闭	关闭	关闭	打开	打开	烟雾超控构型

3 娱乐设备中心冷却系统

IFE(机舱内部娱乐系统) 拥有独立的冷却系统, 冷却空气来源于客舱顶部的空调分部管道。冷却空气流经娱乐设备中心后再由排气风扇排出, 形成冷却空气循环。排气风扇的两端跨接着一个烟雾探测器, 有烟雾时自动切断排气风扇的电源。IFE 冷却系统的输入信号来自于娱乐设备中心 VCC 的电源点门。当娱乐系统开启工作时, 冷却排气风扇也随之工作。当烟雾探测器探测到烟雾或者排气风扇内部电路过热时, 冷却系统电源自动切断。

4 后设备冷却系统

后设备冷却系统与洗手间/厨房通风系统属于共用同一套系统冷却通风, 如图 7。该系统通过两个独立的风扇抽吸形成空气的流动, 给后设备架上的电气设备降温。两个风扇互为交替, 每次仅一个工作。正常情况下, 当驾驶舱 P5 板设备冷却模式选择电门位于“ AUTO ” 位时, 1 号风扇工作; 当 1 号风扇失效或模式选择电门位于“ STBY ” 位时, 2 号风扇将开始工作。若 1 号风扇失效, 会引起 AFT EQ EXH FAN 1 的状态级和维护级信息; 若 2 号风扇失效, 会引起 AFT EQ EXH FAN 2 的状态级和维护级信息; 若两个风扇同时失效, 会触发“ AFT EXHAUST FAN ” 状态级信息。此外, 当后货舱火警预位电门预位时、电器设备自动卸载或机翼油箱的抛油泵工作时, 排气风扇都会自动关断。

5 结论

通过上述对设备冷却系统工作原理的分析, IFE 中心设备冷却和后设备冷却系统的工作原理较简单, 通过厂家的 FIM 手册便可快速找出故障件。而前设备冷却系统由于部件数量多、系统输入条件复杂、故障警告提示也比较笼统, 故障源不易查找。因此, 在前设备冷却系统发生故障时, 维修人员必须了解故障发生时

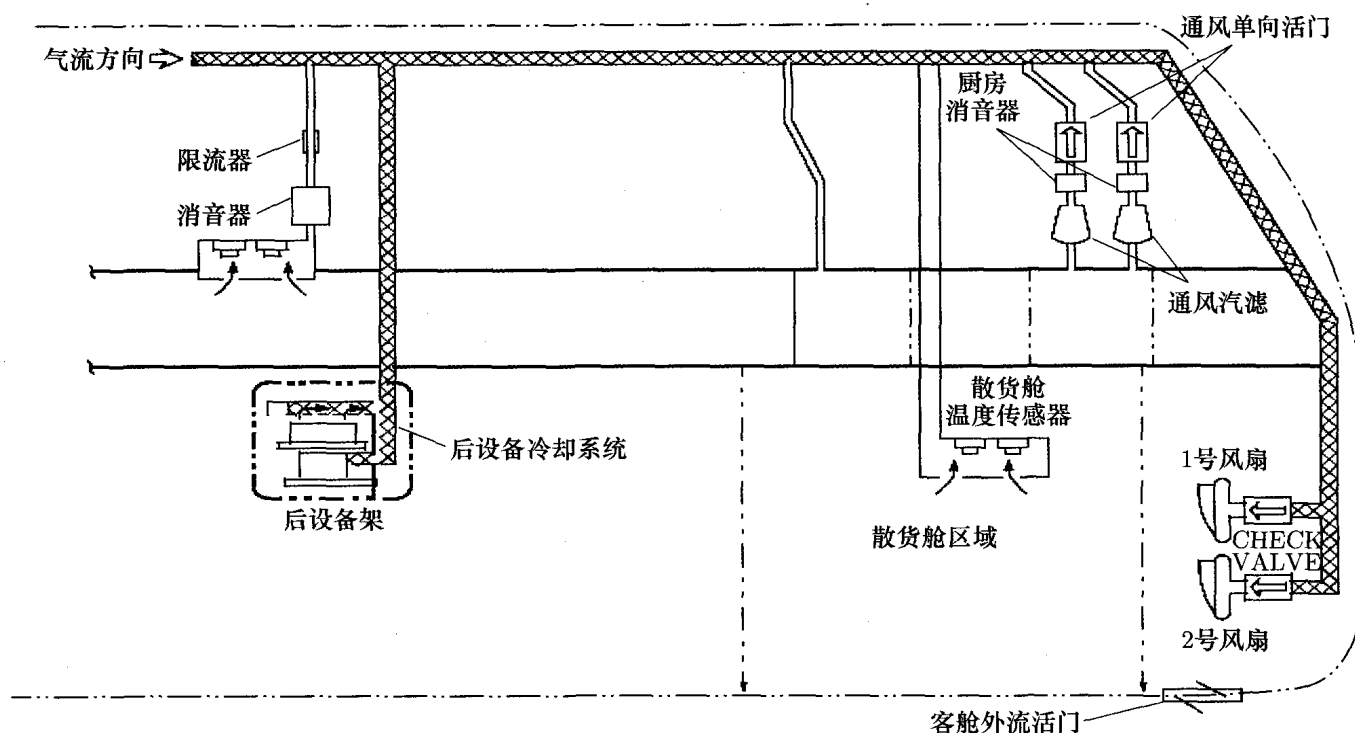


图 7 后设备冷却系统

Fig. 7 After equipment cooling system

的飞机构型、空地逻辑等先决条件,才可依次对各部件作出故障判断。

#### 参考文献:

- [1] 王力强. CFM56-3 型发动机反推系统典型故障的判断与分析 [J]. 民航科技, 2007(2): 143-143.
- [2] 刘得一. 民航概论 [M]. 北京: 中国民航出版社, 2000.
- [3] 张铁纯, 任仁良. 涡轮发动机飞机结构与系统 [M]. 北京: 兵器工业出版社, 2006.
- [4] 刘祖润. 自动控制原理 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.
- [5] 任仁良. 电子技术基础 [M]. 北京: 兵器工业出版社, 2006.

## Analysis of The Working Principle of The Boeing 767 Airplane Equipment Cooling System

DAI Miao-miao

(Engineering Technology Company of China Eastern Airline, Shanghai 200335, P. R. China)

**Abstract:** Civil aircraft equipment cooling system is used for all electronic equipment on the plane to disperse heat emitted. Equipment cooling system enables electronic devices to work in a secure environment. The maintenance of equipment cooling system is so critical. Boeing 767 aircraft equipment cooling system can be divided into foreword equipment cooling system, entertainment equipment cooling system and after equipment cooling system. Where the foreword equipment cooling system is relatively independent, working status of each component with complex changes in external conditions; entertainment equipment cooling system is to rely on empty air-conditioning system to mention, for the entertainment center cooling; after equipment cooling systems and toilet/kitchen ventilation systems share the same set of cooling ventilation system. Since the three subsystems works differently, so in addition to routine maintenance required to distinguish between the various components belong subsystem, the failure to understand the system of external conditions is particularly important.

**Keywords:** equipment cooling system; Boeing; heat; fault