

# A320FAM刹车系统原理分析与排故

闫 栋 洪 伟

西部机场集团宁夏机场有限公司地面服务分公司机务工程队 宁夏 银川 750001

**摘 要：**A320系列飞机的机轮刹车系统是一个容易理解，但又相对复杂、部件众多的系统。为保证刹车系统在必要作动时能够充分作动，刹车系统设置了多重备份系统，不仅液压管路上有多重备份，电子控制系统也有相应的备份设置；其次，机轮刹车系统因为有自动、人工等不同输入，有防滞、不带防滞的不同刹车需求，又有来自于轮速计、惯导的不同反馈信号，电子系统设计和液压系统设计都显得较为复杂；最后，因为刹车系统可由不同的液压系统作动，所以不同液压管路上的相关部件因作用不同也各有不同，所处的相对位置也不尽相同，这给飞机维修的系统识别和部件识别造成了一定的困难。因此，本文主要从原理出发，研究刹车系统故障的排除方法。

**关键词：**刹车系统；BSCU；刹车压力

## 1 工作原理：

A320飞机刹车系统由正常刹车系统、备用刹车系统、停留刹车系统和空中刹车系统四个子系统组成。正常刹车系统与备用刹车系统主要区别是：正常刹车系统使用绿系统压力，备用刹车系统使用黄系统压力，通过自动选择活门自动选择，绿系统压力优先于黄系统压力对系统提供工作压力。正常刹车系统与备用刹车系统各有一套独立的伺服活门和液压保险。

正常刹车系统工作时，绿系统压力经过刹车选择活门→自动选择活门→正常伺服活门进入各刹车装置，刹

车/前轮转弯控制组件（BSCU）控制正常伺服活门开度进行防滞刹车。备用刹车系统工作时，黄系统压力经过自动选择活门→停留刹车操作活门→刹车双分配活门→双梭型活门→备用伺服活门进入各刹车装置，脚蹬信号由备用低压控制系统转变成机械信号，控制刹车双分配活门调节刹车压力大小。停留刹车系统压力经自动选择活门→停留刹车操作活门→双梭型活门→备用伺服活门进入各刹车装置，停留刹车手柄直接电控停留刹车控制活门打开，使停留刹车操作活门保持开位。空中刹车在起落架手柄“UP”位3秒后由绿系统供压进行刹车。

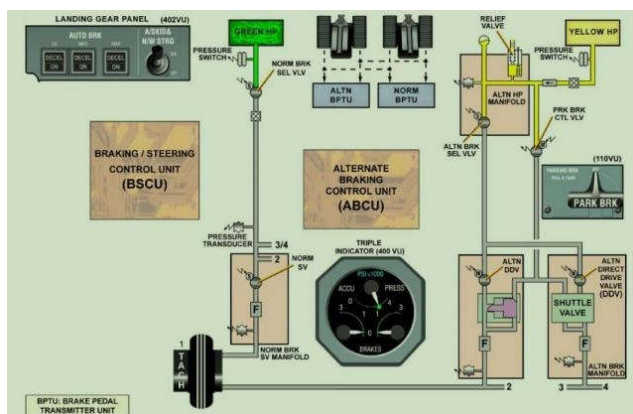


图1

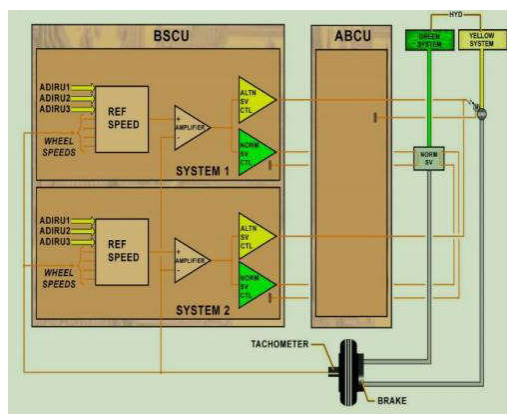


图2

## 2 系统特点：

### 2.1 BSCU对刹车系统工作进行监控

BSCU是刹车系统和前轮转弯系统的核心控制计算机。BSCU接收刹车指令信号，打开或关闭刹车选择活门，完成对刹车指令的响应和刹车方式选择；同时还接收轮速信号以及大气数据和惯性基准组件（ADIRU）的大气数据等信息，调节刹车压力，控制轮速，按照预

定的程序控制自动刹车，以达到最佳刹车性能的目标；并完成对系统监控和自检，向飞机电子中央监控系统（ECAM）、中央故障显示系统（CFDS）发出提示和警告信息以及进行前轮转弯控制等功能。BSCU包括两个系统，一个工作，一个备用，交替工作，这种冗余设计保障了BSCU能够安全可靠的工作。

### 2.2 电控液力系统

A320飞机采用先进成熟的电控液力系统,所有控制信号先转换成电信号,进行传输和计算,再驱动液压元件工作。自动刹车信号通过BSCU打开刹车选择活门;脚踏信号由位置解算器将刹车力信号输入BSCU调节伺服活门开度,进行正常人工刹车;以往的液压伺服控制元件如伺服压力控制模块,由BSCU中的微处理器替代,监控机轮转速、刹车压力、空速、加速度、扰流板位置信号等参数,进行更复杂精确的计算,提高刹车效率与性能。

### 2.3 三针表压力指示系统

显示刹车储压器压力和左右两侧刹车压力大小(只在备用或停留刹车工作时显示),便于监控系统工作和日常维护。

### 2.4 轮温、轮压传感系统

在ECAM上显示轮胎压力和刹车温度,监视轮胎状态和刹车工作,当发生异常时,ECAM产生相应的警告,以利于机组的操作和机务的维护。

### 2.5 BSCU通道及通道切换介绍

BSCU有两个通道,通道1和通道2,每次只有一个通道处于控制通道,另一个通道处于备份,每个通道分为COM channel和MON channel,每个通道均能处理刹车和转弯功能。

在BSCU上电时,先完成初始化的通道是控制通道,如两个通道同时完成初始化时,通道1优先。正常情况下,在空中起落架放出后,BSCU将进行预着陆测试,测试后,BSCU将当时哪个通道是控制通道的信息记录,在下次空中放出起落架,进行预着陆测试之前,BSCU先读取上次预着陆的控制通道,将控制通道切换到上次的备用通道后,再进行预着陆测试。对于刹车、转弯系统故障,在更换部件后,控制通道可能已经变化,如未在故障发生时的控制通道测试,可能导致故障未彻底排除,因此,对于刹车、转弯系统故障,需要人工切换通道,在BSCU的两个通道均进行测试,确认故障排除。

BSCU通道切换的方法:将通道1和通道2的跳开关拔出,将需要测试通道的跳开关先按入;两个系统跳开关按入后,进入BSCU通道1(2)SYSTEM DATA进行确认;进入到某一通道,如此通道的ACTIVE BSCU STATE的前两个字符为FF,这表明此通道是控制通道。

## 3 故障案例分析与排除

### 3.1 系统监测的故障

BSCU监控整个系统工作,通过对刹车选择活门位置、伺服活门后刹车压力等信号的监控,监测系统对指令信号的完成情况,能够及时发现故障,产生如“AUTO BRK FAULT(自动刹车故障)”、“BSCU SYS1 FAULT

(BSCU系统故障)”等视觉警告和语音警告,提醒机组采取相应措施。根据这些故障信息,依据排故手册(TSM)程序进行排故,在地面进行BSCU自测试。

### 3.2 单个主轮刹车温度不正常

如果单个主轮刹车温度较其他主轮都高,说明该主轮刹车不正常,但主轮刹车一直持续工作。由于故障只能影响一个主轮的刹车工作,因此自动刹车选择器以前的液压部件都没有故障,所以这种现象一定是该轮刹车伺服活门以后的部件故障的可能性比较高。故障原因可能有:伺服活门、液力保险、刹车装置故障。通过逐一检查,可以找出故障的真实原因。

飞机着陆后,有一个主轮温度指示小于60°C,而其余的主轮温度均大于150°C。对于这种情况首先检查刹车装置实际是否是工作过,如果是工作过,应该测试刹车温度指示系统,故障的原因可能是由刹车温度传感器、刹车温度监控组件(BMTU)等引起的。否则检查压力是否进入刹车装置,可以从驾驶舱三针表上观察,也可以从刹车装置的作动筒位置来判断,若有压力则排查伺服活门、液力保险、刹车装置三个部件。

### 3.3 停留刹车手柄控制失效

停留刹车松不开,两边刹车压力在三针表上均有指示。因为两边刹车压力传感器同时故障的可能性很小,可以通过对刹车装置的刹车作动筒检查来判断刹车故障是真实存在的或是信号指示有误。若检查发现刹车作动筒伸出,就可以判断故障肯定出在停留刹车控制手柄下的控制电门、控制线路或停留刹车控制活门上,通常控制线路和停留刹车控制活门故障的可能性比较小,手柄下的转动电门是活动的敏感元件,易于出现故障,当手柄在“OFF”位时,如果旋转电门故障,一直给停留刹车控制活门马达供电,刹车储压器的压力就会一直作用在刹车上,导致以上故障现象。同样的道理,如果停留刹车失控,故障原因也可能是上述的原因,若仔细分析,不难找出故障的部件。

### 3.4 三针表指示刹车压力有余压

在绿黄系统无压力的情况下,刹车系统处于紧急模式,由储压器提供压力。这种情况下,很容易将储压器内的压力耗尽。空客因此推出了ZTP MOD-26925改装(ZTP: Zero Torque Pressure零扭矩压力模式)。目的是在没有黄系统和绿系统压力、使用踩脚踏制动情况(如飞机在地面发生非正常位移进行紧急制动)下,避免刹车储压器快速泄压而耗尽压力。ZTP将确保在刹车储压器耗尽之前至少可以踩7次全程的脚踏制动。

ZTP激活条件:

(1) 飞机在地面;

(2) 绿和黄液压系统未增压, 此时刹车系统仅有储压器提供压力。

(3) 刹车踏板松开, 刹车踏板未通过ABCUC控制备用刹车选择活门和备用刹车直接驱动活门。

(4) 停留刹车控制手柄在OFF位, 控制停留刹车控制活门在关闭位, 无液压通过停留刹车控制活门进入停留刹车控制油路。

(5) 前起落架上的刹车转弯控制盒拖飞机控制手柄在正常位(转弯销未插入)。

系统处于ZTP模式时, ABCUC持续的控制备用刹车选择活门打开, 同时控制备用刹车直接驱动活门打开到合适的开度, 控制刹车压力维持在220PSI。备用刹车总管上的刹车压力传感器将压力信号传输到驾驶舱三针指示器, 三针指示器上备用刹车压力表上显示220psi的余压。因此, 当ZTP模式被激活并且踏板被释放时, 三针指示器将始终指示220 psi。

黄系统液压油进入四个刹车作动筒, 220psi的液压压力正好克服黄系统刹车作动筒内弹簧力, 使作动筒伸出并轻微接触刹车盘。但伸出的黄系统刹车作动筒并不会挤压刹车盘(刹车盘不受力), 不会使刹车盘动静片发生接触而产生刹车摩擦力。该现象不会导致刹车温度异常升高。

ZTP功能和正常刹车系统无关, 不使用绿液压系统, 因此当ZTP状态下, 在主起落架的四个刹车上, 可观察到主、备用刹车作动筒的状态并不一致: 绿系统刹车作动筒保持收回, 不与刹车盘接触; 黄系统刹车作动筒则显示伸出并与刹车盘轻微接触。

需要注意的是, 在ZTP激活状态下, 如果储压器下游部件内漏, 在余压的作用下会加速黄系统液压油的消耗和储压器的压力迅速下降。

处置方法:

(1) 当发现三针指示器备用刹车压力指示存在余压(一般为绿区第一段的一半)时, 核实是否满足ZTP激活条件, 如满足则属于正常现象, 无需额外处理。

(2) 当发现四个刹车毂上有一套液压系统刹车作动筒与刹车盘轻微接触, 可在驾驶舱三针指示器上核实刹车是否有220psi余压, 核实核实是否满足ZTP激活条件, 如满足则属于正常现象, 无需额外处理。

(3) 可通过解除ZTP激活条件, 快速判断余压是否是因ZTP模式导致。较为快速高效的方法是在前起落架前轮转弯控制盒上将拖飞机控制手柄放置到拖行位, 查看刹车作动筒是否与刹车盘脱离接触, 检查三针指示器上刹车压力是否归零。如果作动筒与刹车盘脱离接触, 且刹车盘无移动, 检查三针指示器上刹车压力归零, 可进一步验证飞机处于ZTP模式。

(4) 刹车三针表左边刹车压力指示150psi余压(没有使用任何刹车模式)。

引起这种故障现象的可能原因: 左边的刹车压力传感器或三针表、刹车辅助低压系统、刹车双分配活门、两个备用伺服活门或两个液力保险等有故障, 可以通过观察左边两个刹车装置的作动筒的位置来判断左边刹车装置是否有真正的余压存在。如果没有余压, 应是左边刹车压力传感器或三针表故障。如果检查发现确实存在余压, 考虑左侧两个刹车装置上均有余压, 而两个备用伺服活门或两个液力保险同时故障可能性极小, 先考虑刹车双分配活门或刹车辅助低压系统故障。由于刹车双分配活门是受刹车辅助低压系统控制, 所以可从刹车辅助低压系统入手, 可能的原因有刹车主作动筒故障、控制管路中有余压(通过对左边的到刹车双分配活门的控制管路进行放气排除)。

#### 4 排故结论

为保证刹车工作的有效均衡, 刹车系统将刹车压力分别作用于各个主轮上。又由于刹车控制方式不同, 包括正常刹车、备用刹车、停留刹车和空中刹车四个子系统, 各系统的控制组件、供压管路互相关联, 同时各系统又有自身特点和针对不同的刹车控制方式产生响应, 以完成不同的功能, 排故时首先应甄别故障的影响范围, 通常系统故障可以由BSCU检测并产生ECAM警告和CFDS信息, 依照相应的TSM程序完成排故工作; 当故障涉及的功能只是单个、单侧或局部系统时, 结合TSM的同时, 要研究刹车系统的工作原理及部件功用, 先判断最有可能导致故障的部件, 然后再逐一分析、排除, 从而找到真正的故障原因。

#### 参考文献

- [1]空客公司.A320 AMM维护手册.空客公司,2023
- [2]空客公司.A320 TSM排故手册.空客公司,2023
- [3]空客公司.A320 ASM原理图手册.空客公司,2023