

A320 系列飞机燃油系统常见故障 签派放行处置研究

孙晓静 刘松延 王航臣* 郑方麒 赵笑竹

(中国南方航空股份有限公司 北京分公司, 北京 102600)

摘 要: 针对 A320 系列飞机不同机型燃油系统构型存在差异, 不便于签派放行处置的问题, 提出了 A320 系列各机型常见故障的签派放行处置方法。首先, 系统总结了 A320 系列飞机各机型燃油系统的布局、供油部件和供油逻辑, 指出了各机型可能出现的故障类型和引起故障的机理。其次, 分析了可能影响航空公司运行的常见故障, 以供油的原理和逻辑为基础, 根据构型不同指出对运行影响最大的两个部件为中央燃油泵和传输活门。再次, 提出了不同故障条件下签派员的处置方法。最后, 以飞机处于签派放行阶段、起飞阶段、中央油箱燃油部分消耗阶段和中央油箱无油阶段为例分别进行分析, 进行算例分析说明。结果表明, 所提方法能够有效指引签派员处置中央燃油泵或传输活门出现常见故障。

关键词: A320; 燃油系统; 中央燃油泵; 喷泵; 签派放行

中图分类号: V355

文献标识码: A

OSID:



0 引言

燃油系统是飞机的重要组成部分, 承担着存储燃油、燃油指示、供油、循环冷却、减轻机翼弯曲颤振和重心调整(空客宽体机型可用, 窄体机不可用)的作用。燃油系统出现故障时, 存在部分燃油不可用的风险, 从而可能导致可用燃油不满足局方规章规定的油量政策、航班返航备降和航班恢复困难等问题。如何精准评估燃油系统的常见故障, 从而将其对运行安全效能等的影响降至最低, 是航空公司运控部门需要解决的问题。

2016 年, CHEN Jie 等^[1]提出了一种基于卡尔曼滤波的先进故障预测方法, 以解决现实世界中的不确定性问题, 并通过飞机燃油供给系统健康监测实例仿真。2018 年, LI Tongyang 等^[2]在文献[1]的基础上做出进一步改进, 提出了一种自适应顺序粒子滤波预测方法来解决航空中泵的寿命预测问题。2021 年, 牛伟等^[3]通过信息物理融合技

术, 提出了一种可离线执行的协同决策保障方法。刘佳奇等^[4]基于事件树方法建立了飞机故障成本评估模型, 并以某型飞机的燃油系统为例进行分析。Khan 等^[5]对故障预测技术进行了总结, 并提出了以模型预测代替人工检修的思路。Balakrishnan 等^[6]提出了一种基于鲸鱼优化算法的人工神经网络技术的飞机发动机和燃油系统健康监测新技术。Ahmed 等^[7]总结了辅助动力装置(auxiliary power unit, 简称 APU)与燃油系统的关联, 以及未来飞机对创新故障诊断技术和声学测量的需求。2022 年, 解宁等^[8]研究了飞机燃油系统的原理、结构和告警处置问题, 并通过事故树的方法诊断告警的原因。

综上所述, 现有文献主要研究燃油与发动机系统的故障诊断方法、预测方法、成本估算模型等方面, 缺乏对具体机型的分析和相应的签派放行中故障处置措施。所以, 在已有基础上进行创新思考, 具体如下:

* 通信作者。E-mail: wanghangchen@csair.com

引用格式: 孙晓静, 刘松延, 王航臣, 等. A320 系列飞机燃油系统常见故障签派放行处置研究[J]. 民用飞机设计与研究, 2022(4):120-126. SUN X J, LIU S Y, WANG H C, et al. Research on dispatch of common faults in A320s fuel system[J]. Civil Aircraft Design and Research, 2022(4):120-126(in Chinese).

1) 系统阐述了 A320 系列飞机的供油与用油逻辑,并指出了系列中每个机型可能影响航空公司运行的故障;

2) 对于所有可能影响运行的故障,均对飞行机组操作手册(flight crew operation manual,简称 FCOM)和最低设备清单(minimum equipment list,简称 MEL)中的规定条款进行解读;

3) 给出了故障分级、分类的方法,并给出了签派员的操作指引。

1 A320 系列飞机的燃油系统

1.1 油箱分布

目前在中国投入运行的 A320 系列飞机主要有 A319、A320、A321 等几个飞机型号。其中 A319 和 A320 的油箱分布相似,而 A321 及其改进型 NEO 则与前者不同。如图 1 和图 2 所示。

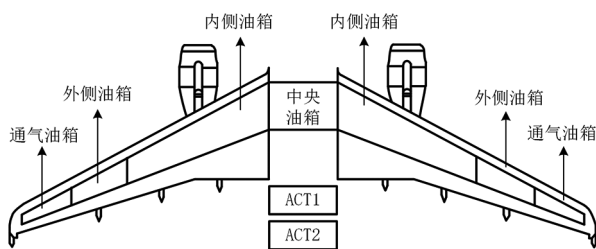


图 1 A319、A320 飞机的油箱分布

如图 1 所示, A319 和 A320 飞机包括 1 个中央油箱、2 个主油箱和 2 个通气油箱。其中主油箱又分为内侧油箱和外侧油箱。通气油箱(vent tank)不加油,主要用于内外侧油箱加油到最大油箱容量后,燃油可有 2% (升温 20 ℃) 的膨胀空间而不会溢出。可以选装附加中央油箱(Additional Centre Tank,简称 ACT),一般只有较新的机型,如 NEO 一般才会加装。根据是否安装中央燃油泵,又可分为有中央燃油泵的飞机和无中央燃油泵的飞机。前者以较早的 A320/319 系列为代表,如 A319-112、A319-115、A320-223 等机型;后者以较新的 A319/320NEO 为代表,如 A319-153N、A320-253N、A320-271N。有中央泵的供油系统,中央油箱燃油由中央泵直接输送至发动机。无中央燃油泵的机型通过喷泵(JET PUMP)进行传输。

A321 系列飞机和 A320、A319 的区别在于不分内侧和外侧油箱,在 FCOM 中统一称为机翼油箱,如图 2 所示。所有 A321 系列机型,均采用无中央

燃油泵的布局,通过传输活门将中央油箱的油传输到主油箱进行消耗。

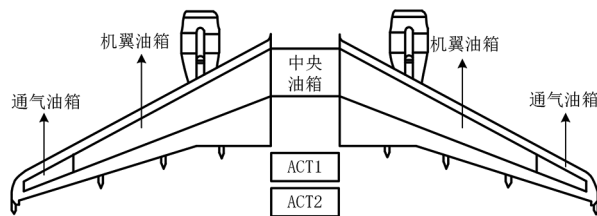


图 2 A321 飞机的油箱分布

1.2 供油的主要部件

A320 系列飞机燃油系统的供油主要部件如下所示:

燃油泵(fuel pump):位于两侧机翼油箱中,一边 2 个,正常工作中,每台发动机由其同侧机翼油箱的两个燃油泵供油。(A319NEO 等机型装配 2 个中央油箱泵,中央油箱也可直接向发动机供油)。交输供油活门(x-feed valve):使燃油能从一侧供给两台发动机或从两侧供给一台发动机。发动机低压活门(LP valve):可以关闭活门以切断发动机燃油流量,可通过发动机主电门或 ENG FIRE PUSH(发动机火警)按钮关闭。喷泵(jet pump):对于 A321 系列机型,开启以形成抽吸流路使中央油箱燃油进入机翼油箱。APU 燃油泵(APU pump):开启以使得燃油向 APU 供给。ACT 传输泵(ACT XFR pump):开启以使得 ACT 燃油进入中央油箱。抽吸活门(suction valve):如机翼油箱燃油泵失效时,活门可以使发动机靠重力供油,中央(CTR)油箱无抽吸活门。

影响签派放行的飞机 MEL 主要集中在燃油泵和传输活门上。这两个部件直接影响中央油箱油量的可用性。为了提升加油效率,A320 系列飞机一般采用自动加油,燃油被同时输送到 ACT、中央油箱和机翼油箱。自动加油从外侧油箱或机翼油箱开始,预选的加油量超过机翼油箱的最大容量,中央油箱同时加油。在一些较短的航线,预选的加油量没有超过机翼油箱的容量,此时只会往机翼油箱中加油,中央油箱为空,此时燃油泵/传输活门故障对航班运行没有影响;如果航线较长,中央油箱内有油,则需要根据故障发生的时机进行进一步的判断和决策。

1.3 320 系列各机型供油的主要区别

A320/319 为有中央油箱泵的发动机供油逻辑,系统有 6 个主燃油泵,有 2 个位于中央油箱,两侧机

翼油箱各有 2 个,如图 3 所示。主燃油泵系统从中央油箱或机翼内侧油箱向发动机提供燃油。未安装 ACT 或中央油箱无油时,直接由内侧油箱供油。如果有 ACT,ACT 将油传输给中央油箱,再由中央油箱燃油由中央泵直接输送至发动机。其中中央油箱燃油的控制逻辑:每个中央油箱泵停止工作,直至相应的内侧燃油箱消耗约 500 kg(1 100 lb)燃油(即油面到达欠满传感器)。中央油箱燃油耗尽后,先消耗内侧油箱,至剩余 750 kg 燃油,外侧油箱燃油通过传输活门至内侧油箱。综上所述,这种机型中央油箱燃油的使用需要中央油箱燃油泵的驱动,而中央油箱中装有 2 个燃油泵,所以常见的 MEL 有“一个油箱泵不工作”和“两个油箱泵不工作”。

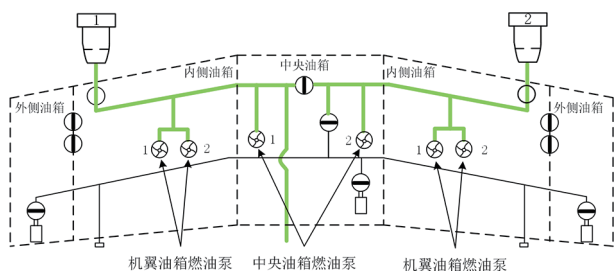


图 3 有中央油箱燃油泵的供油逻辑

A320/319 为无中央油箱泵的发动机供油逻辑,系统有 2 部喷泵位于中央油箱中,开启以形成抽吸流路使中央油箱燃油进入机翼油箱,4 部主燃油泵,分别位于两侧的机翼油箱中,如图 4 所示。主燃油泵系统从内侧油箱向发动机供油。未安装 ACT 或中央油箱无油时,直接由内侧油箱供油。中央油箱传输活门的控制逻辑:当内侧油箱满时,燃油液面感应控制组件(fuel level sensing control unit,简称 FLSCU)自动关闭相应的中央油箱传输活门。使用内侧油箱的油量,用到 500 kg(1 100 lb)时(当油面达到燃油不满的传感器时),FLSCU 重新打开中央油箱传输活门。

喷泵受控于大翼传输活门,所以传输活门失效将使喷泵不可使用。综上所述,无中央油箱泵 A320/319 可能出现以下两个影响放行的 MEL,分别为:“左侧大翼传输活门一个或两个都不工作,燃油不可用”和“右侧大翼传输活门一个或两个都不工作,燃油不可用”。

A321 飞机的燃油系统布局与无中央油箱泵 A320/319 飞机类似,部分部件位置存在差异。A321 飞机也拥有 2 部喷泵位于中央油箱,4 部机翼油箱

燃油泵分别位于两个机翼油箱中。A321NEO 系列飞机配备 ACT1,在起落架收上 30 min 后开始工作,保证中央油箱在 5 000 kg~5 750 kg 之间,直至空。其他未安装 ACT 或中央油箱无油时,直接由机翼油箱供油。中央油箱传输活门控制逻辑:机翼油箱全满时,相应侧消耗约 250 kg,停止使用相应机翼油箱油量。

A321 飞机的 MEL 项虽然与无中央燃油泵的 A320/319 飞机不同,但本质都是关于传输活门的 MEL,影响也类似,它可能会出现以下 3 个影响放行的 MEL,“中央油箱传输活门一个不工作在关闭位”、“中央油箱传输活门两个都不工作都在关闭位”和“一个或两个都不工作在打开位”。

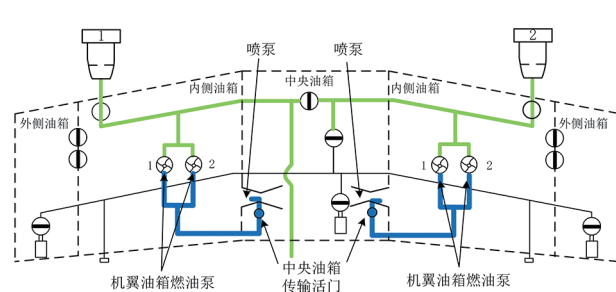


图 4 无中央油箱燃油泵的供油逻辑

2 影响签派放行的常见 MEL 及其处置

2.1 有中央燃油泵

2.1.1 中央油箱燃油泵一个不工作

在 1.3 中,可知有中央燃油泵时,影响签派放行的 MEL 为“一个中央油箱泵不工作”和“两个中央油箱泵不工作”。第一个 MEL 手册的要求:允许一个不工作,但要求飞行航路能确保在中央油箱仍有燃油而另一个中央油箱泵也故障的情况下,有合适的备降机场。根据手册的要求,可以做进一步的解读:查询各油箱油量,明确放行飞机时中央油箱内是否加油,如有,须按上述要求考虑。考虑最极限情况为一起飞即中央油箱的燃油不可用,需考虑剩油能否满足整个航程需要,满足可正常放行,如不满足需设置决策点,以中央油箱中的燃油可运行的航程作为决策点。综上,可以分为 4 种情况。分别为飞机在签派放行阶段出现故障提示、刚起飞系统出现故障提示、中央油箱燃油耗尽/中央油箱无燃油时出现故障提示、飞机起飞后中央油箱消耗部分燃油后出现故障提示。

情况 1:飞机在签派放行阶段出现“一个中央油箱泵不工作”的提示。签派员可以正常制作飞行计划,判断当飞行计划总油大于两个机翼油箱总油量,中央油箱加油时,需要与机组共同制订航路备降预案。可以通过调整载量来降低油耗,但由于减载缺乏经济性,在天气、通告允许的情况下,可以通过改近备降场来节省油量以使机翼油箱的油量满足运行要求,如无法满足优先考虑更换飞机,如无法更换飞机可以参照情况 2~情况 4 放行航班。中央油箱无需加油时可正常放行航班。

情况 2:飞机刚起飞系统出现“一个中央油箱泵不工作”的提示。分以下步骤处理:

1) 计算机上可用油量,如式(1)所示。

$$F_A = \rho(2C_{OUTER} + 2C_{INT}) - F_{WI} \quad (1)$$

式中: F_A 表示机上可用燃油量,单位 kg。 C_{OUTER} 表示一侧机翼油箱外侧油箱可用燃油量,单位 L。 C_{INT} 表示一侧机翼油箱内侧油箱的可用燃油量,单位 L。 ρ 为燃油密度,不同机场的油品质不同,燃油密度也存在差别,单位 kg/L。按 1.3 节耗油逻辑,起飞过程中机翼油箱会消耗部分燃油,所以可用燃油要减去已消耗掉的 F_{WI} 。

2) 判断机上燃油是否满足油量政策。任何一次飞行都需要满足中国民航局颁布的《大型飞机公共运输航空承运人运输合格审定规则》R7 版关于油量政策的规定。在计算出机上可用燃油 F_A 后,需要与放行所需燃油 F_D 进行比较,如式(2)所示。由于酌情携带油 F_{DISC} 是签派员根据实际的天气、通告和设施设备等条件决定携带的附加燃油,即使为 0 也满足油量政策,所以满足式(1)则满足油量政策,可以继续飞往目的地机场,转步骤 3。如果不满足式(2),可尝试改近备降场或取消备降场,如上述操作后仍不满足则需要返航或备降,转步骤 4。

$$F_A \geq F_D - F_{DISC} \quad (2)$$

3) 检验飞机限重。航班选择返航还是备降取决于飞机的限重。设起飞机场四字码为 AAAA,目的机场为 BBBB,可选备降场为 CCCC。计算返航限重,如式(3)所示,式中 W 表示飞机起飞时的重量, W_P 表示飞机的性能限重, W_S 表示飞机的结构限制的最大着陆重量(maximum landing weight,简称 MLDW),如果满足式(3),就可以返航备降,但一般飞机刚起飞时重量较大,且 A320 系列飞机无空中放油系统,所以一般在情况 2 返航不可行。计算目

的地机场限重, $F_{AAAA \rightarrow BBBB}$ 表示由起飞机场 AAAA 到目的机场 BBBB 的消耗油量,如满足式(4),可继续飞往目的地机场。同理可计算备降机场的条件,如式(5)所示。

$$W \leq \min(W_P, W_S) \quad (3)$$

$$W - F_{AAAA \rightarrow BBBB} \leq \min(W_P, W_S) \quad (4)$$

$$W - F_{AAAA \rightarrow CCCC} \leq \min(W_P, W_S) \quad (5)$$

4) 飞机备降。由于不满足油量政策,不能继续飞往目的地机场,可根据机场的修复能力、流控情况和天气可靠情况综合燃油可用时间选择备降机场。与此同时,需要满足备降机场的限重条件,即式(5)。

情况 3:中央油箱消耗部分燃油后出现“一个中央油箱泵不工作”故障提示。这种情况介于备降与继续向前飞之间。分以下步骤处理:

1) 按式(6)计算机上剩余可用燃油。

$$F_{FOB} \leq F_D - F_C \quad (6)$$

式中: F_{FOB} 为机上剩余燃油(Fuel on Board,简称 FOB), F_C 为已消耗的燃油,单位 kg。

2) 按式(7)计算不可用燃油量。

$$F_N \leq F_{FOB} - F_A \quad (7)$$

式中: F_N 表示不可用燃油重量,单位 kg。

3) 评估油量是否满足油量政策。通过式(8)判断是否满足油量政策。

$$F_N \leq F_{DISC} \quad (8)$$

如果不满足可通过改近备降场,取消备降场增加油量,仍不满足需要找合适的备降机场进行备降。如果满足,可进一步评估目的地机场和航路的天气和变化趋势,若乐观可继续飞往目的地机场;若目的地机场无相关机型的维修能力,可考虑返航,若决策继续飞行,应争取上高高度、直飞减少耗油,沿途设置备降机场,提前做好备降后修复和恢复预案。如果航线距离较短,备降机场可根据经验选择,如果航线距离较长,如一些国际航线,也可以抽象为网络图进行计算机运算。如将航线及其航路备降场抽象为 $G = (N, A, C)$,其中 N 表示机场的集合,其中包括航路备降场、目的地机场和目的地备降场, A 表示航路的集合, C 表示航路长度的集合,在计算时可通过设置条件,调用最短路算法,计算出必须经过某点的最短路算法(某机场为决策点,必须经过),不能经过某点的最短路算法(某机场在《运行规范》中没有获批为备降机场,不能前往备降)等,这类算法在文献[9]中有详细介绍。

情况 4: 飞机起飞后中央油箱燃油耗尽/中央油箱无燃油时出现“一个中央油箱泵不工作”故障提示。故障发生时, 中央油箱燃油已经耗尽或者航程较短中央油箱无燃油, 中央油箱泵故障对机翼油箱无影响, 剩余燃油都可使用, 对航班无影响, 这种情况可以继续飞往目的地机场。

2.1.2 中央油箱燃油泵两个不工作

这种情况 MEL 手册中给出的描述为: 中央油箱内无燃油, 或将中央油箱内的燃油视为不可用, 并作为无油重量(zero fuel weight, 简称 ZFW)的一部分, 且在确定重心(center of gravity, 简称 CG)时将其考虑在内^[10]。根据手册要求, 可按如下步骤处理:

1) 评估不可用燃油的重量, 如式(9)所示。

$$F_N = F_D - \rho(2C_{\text{OUTER}} + 2C_{\text{INT}}) \quad (9)$$

2) 计算飞机的 ZFW。将不可用燃油重量计算在 ZFW 中, 飞行计划设置性能限制的最大起飞重量(regulated take off weight, 简称 RTOW)的最大无油重量(maximum zero fuel weight, 简称 MZFW) W_{RTOW} 为式(10), 由于不可用燃油算作 MZFW 的一部分, 导致实际可用的 W_{RTOW} 减小, 所以需减去不可用燃油 F_N 。无需更改油量及预计无燃油重量(estimated zero fuel weight, 简称 EZFW), 并检查是否满足式(11), 如满足需与机组沟通, 放行达成一致; 如业载受限, 则按限载流程处理;

$$W_{\text{RTOW}} = W_{\text{MZFW}} - F_N \quad (10)$$

$$W'_{\text{MZFW}} + F_N \leq W_{\text{MZFW}} \quad (11)$$

3) 检验是否满足油量政策。根据 2.1(1) 情况 2 中的算法进行检验, 如不满足, 可适当减少额外油, 适当减少载量, 按极限航程航班放行。之后仍不满足的, 需要更换飞机执行。

2.2 无中央燃油泵

由 1.3 可知, 部分较新的 A319/A320 以及全部的 A321 均属于无中央燃油泵的构型。对于 A319/A320, 可能出现的影响签派放行的故障是: “左侧大翼传输活门一个或两个都不工作, 燃油不可用”或“右侧大翼传输活门一个或两个都不工作, 燃油不可用”。这两个故障 MEL 手册给出的处置说明为: 要求将外组油箱内的燃油视为不可用, 且作为 ZFW 的一部分。这种情况与 2.1.2 类似, 限于篇幅不再赘述。对于 A321 飞机, 可能出现的故障是: “中央油箱传输活门一个在关闭位”或“中央油箱传输活门两个都在关闭位”。根据手册的描述, 前者的要

求是: 允许一个不工作在关闭位, 但要求飞行航路能确保在中央油箱仍有燃油而另一个中央油箱传输活门也故障的情况下, 有合适的备降机场。与 2.1.1 中的情况 2 是一样的, 后者手册的描述为: 允许两个都不工作在关闭位, 但要求中央油箱内无燃油, 或将中央油箱内的燃油视为不可用, 并作为 ZFW 的一部分, 且在确定 CG 时将其考虑在内。可知与 2.1.2 中的处置流程相同, 不再赘述。

2.3 算例说明

某日以 B1801/A320 飞机执行从机场 AAAA 飞往机场 BBBB 的航班, 飞机的重量和油量信息如表 1 所示, B1801 飞机油箱构型为有中央燃油泵型, 各油箱容量表如表 2 所示且无 ACT, 备降场已为最近。按 2.1(1) 中的 4 种情况进行讨论。

表 1 航班基本数据

重量类型	重量/kg	油量类型	油量/kg
ETXW	82 261	航程燃油	10 700
MTXW	89 400	备降燃油	2 283
ETOW	81 991	最后储备燃油	1 500
MTOW	89 000	滑行燃油	270
ELDW	71 291	不可预期燃油	606
MLDW	75 500	额外燃油	0
EZFW	65 402	酌情携带燃油	1 500
MZFW	71 500	放行油量	16 859

表 2 B1801 飞机油箱数据($\rho = 0.785 \text{ kg/L}$)

	外侧油箱	内侧油箱	中央油箱
容积/L	867 × 2	7 092 × 2	8 248
重量/kg	680 × 2	5 567 × 2	6 474

情况 1: 航班在签派放行阶段, 提示一个中央燃油泵故障。根据表 2 和式(1)可计算机翼油箱的容量为:

$$\begin{aligned} F_A &= \rho(2C_{\text{OUTER}} + 2C_{\text{INT}}) \\ &= 0.785 \times (2 \times 867 + 2 \times 7 092) \\ &= 12 495 \text{ kg} \end{aligned}$$

由表 1 飞行计划放行油量为 16 859 kg, 所以中央油箱油量为 $16 859 - 12 495 = 4 364 \text{ kg}$, 载量对于油量的影响一般小于 100 kg/t, 即每减少 1 t 货物, 油量节省少于 100 kg, 所以减少油量不可行, 又由于备降场已为最近, 所以应更换飞机执行。

情况 2:航班在刚起飞时,提示一个中央燃油泵故障,可按如下步骤处理:

1) 计算机上可用油量,根据表 2 和式(1)可得 $F_A = 12\ 495\ \text{kg}$ 。

2) 判断机上燃油是否满足油量政策。根据式(2)进行计算,可得

$$F_D - F_{\text{DISC}} = 16\ 849 - 1\ 500 = 15\ 349\ \text{kg}$$

由式(2)可知 $F_A \leq F_D - F_{\text{DISC}}$,即酌情携带油设为 0,也不能满足油量政策,又由于备降场已为最近,无法通过调整备降场减少油量。

假设目的地机场天气满足取消备降场的标准,如果取消备降场,根据 CCAR121 部规定,备降燃油 2 283 kg 变为 15 min 的等待油,即 1 500 kg。此时:

$$F_{\text{DISC}} = 1\ 500 + (2\ 283 - 1\ 500) = 2\ 283\ \text{kg}$$

$$F_D - F_{\text{DISC}} = 14\ 566\ \text{kg}$$

仍不满足式(2),即仍不满足 CCAR121 规定的油量政策,所以航班不能继续向 BBBB 飞行。

3) 检验飞机限重。返航 AAAA 机场重量为 $W = 81\ 991\ \text{kg}$ (起飞时重量),超过结构限制的 $W_s = 75\ 500\ \text{kg}$,故飞机不能返航。

4) 飞机备降。

$$W - W_s = 6\ 491\ \text{kg}$$

由式(5)变形可得,

$$F_A - F_{\text{AAAA} \rightarrow \text{CCCC}} \geq W - \min(W_p, W_s)$$

$$F_A - f_{\text{AAAA} \rightarrow \text{CCCC}} \geq 6\ 491\ \text{kg}$$

所以需要消耗 6 491 kg 的重量。根据 B1801 飞机的典型燃油消耗率 2 730 kg/h,APU 的空中耗油率为 80 kg/h,综上这些燃油可用 138 min。所以从 AAAA 机场起飞后航路 138 min 飞行距离圈附近制定符合着陆条件机场为预案机场 DDDD,且充分考虑飞机维修能力和后续航班调配、恢复方案,例如北京大兴机场(AAAA)-三亚凤凰机场(BBBB)航线,可选长沙黄花机场(DDDD)作为预案机场。

情况 3:飞机起飞后燃油消耗 4 246 kg 时,提示“一个中央燃油泵不工作”故障,可按如下步骤处理:

1) 按式(1)计算机上剩余可用燃油

$$\begin{aligned} F_{\text{FOB}} &= F_D - F_C \\ &= 16\ 859 - 4\ 246 \\ &= 12\ 613\ \text{kg} \end{aligned}$$

2) 按式(7)计算不可用燃油。由于已经完成起飞,所以保守取 $F_{\text{WI}} = 1\ 000\ \text{kg}$ 。

$$\begin{aligned} F_N &= F_{\text{FOB}} - F_A \\ &= 12\ 595 - (12\ 495 - 1\ 000) \\ &= 1\ 100\ \text{kg} \end{aligned}$$

3) 评估是否满足油量政策。 $F_{\text{DISC}} = 1\ 500\ \text{kg}$,可知 $F_N < F_{\text{DISC}}$ 满足油量政策。但此时酌情携带油仅为 382 kg,此时需评估 BBBB 机场的天气和通告,若较为乐观可继续飞往 BBBB,若 BBBB 无维修能力,可考虑返航或备降便于后续恢复调整。如果决策继续飞行,争取协调上高高度、申请直飞减少耗油。

情况 4:飞机起飞后中央油箱燃油耗尽时出现“一个中央油箱泵不工作”故障提示。此时中央油箱为空,消耗的燃油来自机翼油箱,故剩余的燃油都可使用,对航班无影响,航班可以继续飞往 BBBB。

3 结论

通过研究 A320 系列飞机燃油系统,可知常见的的影响签派放行的燃油系统故障为中央燃油泵故障和大翼传输活门故障,以上故障带来的影响总结如下:

1) 中央油箱燃油泵 1 个不工作。考虑最极限情况为一起飞即中央油箱的燃油不可用,需考虑剩油能否满足整个航程需要,是否可正常放行,如不足需设置决策点,以中央油箱中的燃油可运行的航程作为决策点。

2) 中央油箱燃油泵 2 个不工作。将不可用燃油重量计算在 ZFW 中,飞行计划设置 RTOW 最大无油重量为 MZFW-不可用燃油(“死油”占了一部分重量,导致可用的最大起飞重量即 RTOW 减小),无需更改油量及 EZFW,需与机组沟通,放行达成一致;如业载受限,则按限载流程处理。

3) 大翼传输活门一个或两个都不工作。流程与中央油箱燃油泵 2 个不工作的情况相同,注意若航线较长时除去外侧油箱的油量不满足放行的燃油政策,则不能放行航班,需更换飞机。

希望通过本文的分析和研究,能对 A320 系列飞机燃油系统故障签派处置提供一些思考和建议,以更好的提升特情处置运行安全效能。

参考文献:

- [1] CHEN J, MA C, SONG D, et al. Failure prognosis of multiple uncertainty system based on Kalman filter and

- its application to aircraft fuel system[J]. *Advances in Mechanical Engineering*, 2016, 8(10): 1-18.
- [2] LI T Y, WANG S P, SHI J, et al. An adaptive-order particle filter for remaining useful life prediction of aviation piston pumps[J]. *Chinese Journal of Aeronautics*, 2018, 31(5): 941-948.
- [3] 牛伟, 成娟, 赵建平. 数据驱动的航空装备协同分析与智能保障决策方法[J]. *科学技术与工程*, 2021, 21(24): 10531-10535.
- [4] 刘佳奇, 冯蕴雯, 薛小锋, 等. 飞机故障的运行后果及成本分析方法[J]. *航空工程进展*, 2021, 12(2): 72-79.
- [5] KHAN K, SOHAIB M, RASHID A, et al. Recent trends and challenges in predictive maintenance of aircraft's engine and hydraulic system[J]. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 2021, 43(8): 1-17.
- [6] BALAKRISHNAN N, DEVASIGAMANI A I, ANUPAMA K R, et al. Aero-engine health monitoring with real flight data using whale optimization algorithm based artificial neural network technique[J]. *Optical Memory and Neural Networks*, 2021, 30(1): 80-96.
- [7] AHMED U, ALI F, Jennions I. A review of aircraft auxiliary power unit faults, diagnostics and acoustic measurements [J]. *Progress in Aerospace Sciences*, 2021, 124: 100721.
- [8] 解宁, 安刚. 某型飞机燃油油量系统异常告警故障分析与处理[J]. *机械设计与制造工程*, 2022, 51(2): 57-60.
- [9] 王航臣. 基于动态网络流方法的空域通行能力优化研究[D]. 天津: 中国民航大学, 2020.
- [10] 姚莉君. 民用飞机辅助燃油箱系统燃油转输油出口位置研究[J]. *民用飞机设计与研究*, 2021(3): 49-55.

作者简介

孙晓静 女,本科,高级工程师。主要研究方向:航空公司运行管理。E-mail: xjsun@csair.com

刘松延 男,本科,工程师。主要研究方向:航空公司运行管理。E-mail: liusongyan@csair.com

王航臣 男,硕士,工程师。主要研究方向:航空公司运行管理。E-mail: wanghangchen@csair.com

郑方麒 男,硕士,工程师。主要研究方向:航空公司运行管理。E-mail: zhengfangqi@csair.com

赵笑竹 女,本科,初级工程师。主要研究方向:航空公司运行管理。E-mail: zhaoxiaozhu@csair.com

Research on dispatch of common faults in A320s fuel system

SUN Xiaojing LIU Songyan WANG Hangchen* ZHENG Fangqi ZHAO Xiaozhu

(Beijing Branch, China Southern Airlines, Beijing 102600, China)

Abstract: To solve the problem caused by different layout of fuel systems of A320 series, the disposal method of common malfunctions of A320 series was put forward. Firstly, the layout, fuel supply components and logic in fuel supply system of A320 series aircraft were systematically summarized. Secondly, the common malfunctions that may affect the operations were analyzed. According to different layouts, it is pointed out that the two components that have the greatest impact on operations are the central fuel pumps and transfer valves. Thirdly, the disposal methods of dispatchers under different fault conditions were put forward. Finally, an example was given to illustrate the aircraft in the dispatch stage, take-off stage, no fuel stage in the central tank and the consumption stage of the fuel in the central tank. The results show that the proposed method is systematic and comprehensive, and can effectively guide the dispatch and disposal to deal with common malfunctions of the central fuel pump or transfer valve.

Keywords: A320; fuel system; central fuel pump; jet pump; dispatch

* Corresponding author. E-mail: wanghangchen@csair.com