



民用航空器事件调查报告

失控坠机

北大荒通用航空有限公司

BE300/B-10GD 号机

江西省吉安市吉安县澧田镇上湖村

2021 年 3 月 1 日

通用航空较大事故

报告编号: 20210301TFSQ01

中国民用航空华东地区管理局航空安全委员会

2021 年 6 月 16 日

本报告依据《民用航空器事件调查规定》（CCAR-395R2）编写。民用航空器事件调查的目的是查明原因，提出安全建议，防止类似事件再次发生。

当报告同时使用中英文编写时，如有任何文字表述的不一致，则应以中文版为准。

概述

2021 年 3 月 1 日, 北大荒通用航空有限公司 (以下简称: 北大荒通航) BE300/B-10GD 号机在江西省吉安市执行人工增雨作业任务。14:40 分 (北京时, 以下同), 飞机从赣州黄金机场起飞。14:46 分, 飞机转频至南昌区调。15:18 分, 飞机坠落在吉安市吉安县澧田镇上湖村, 飞机坠地后起火燃烧。机上共 5 名人员 (其中 2 名飞行员、3 名气象作业人员) 当场死亡, 飞机烧毁。事件还导致周边民房受损, 地面 1 名村民轻伤。

事发后, 民航华东地区管理局成立事故调查组, 开展了现场勘查、公司人员笔录、目击者访谈、视频监控调取、气象信息获取、海事卫星数据获取、飞行数据译码分析等事故调查工作。

经调查, 导致事故的原因是: 事发飞机在实施人工增雨作业过程中长时间在结冰条件下飞行, 出现机翼和螺旋桨严重结冰, 机组未能对飞机结冰风险进行有效控制, 进而飞机失速并进入螺旋, 最终坠地起火。根据人员伤亡和飞机受损情况, 该事件构成一起机组原因的通用航空较大事故。调查还发现事发飞机经过改装后相关数据资料不全、机组螺旋改出操作动作不规范等问题。

调查组针对事故调查情况, 对北大荒通航在公司安全管理能力、手册管理、安全隐患排查、人员培训等方面提出了 4 条安全建议, 对江西空管分局提出了提升管制人员特情处置能力的安全建议。

1 事实情况

1.1 飞行经过

2021 年 3 月 1 日,北大荒通航 BE300/B-10GD 号机在江西省吉安市执行人工增雨作业任务。14:40 分,事发飞机从赣州黄金机场起飞,前往 JA-10 号作业区域¹执行人工增雨任务。15:18 分,飞机坠毁在江西省吉安市吉安县澧田镇上湖村,机上 5 人(2 名机组,3 名气象作业人员)全部死亡,地面 1 人烧伤。

14:22:34,机组向赣州塔台申请放行,塔台通报使用 07 跑道,修正海压 1014hPa,温度 24℃,能见度 9999,地面风 210°,4 米/秒。

14:40:24,飞机起飞离地。

14:46:20,机组首次联系南昌区调,高度 3600 米上升。

14:48:02,机组申请上升 4800 米,管制员同意。

14:51:00,飞机 4800 米高度保持,自动驾驶仪处于接通状态。

14:59:42,飞行数据记录器记录机组第一次接通除冰系统电门,执行飞机翼面/舵面除冰,持续时间 5 秒,空速 159 海里/小时,左发扭矩 55%,右发扭矩 57%。

15:00:57 至 15:11:51,机组共执行了 8 次翼面/舵面除冰。

15:08:55,副驾驶描述飞机某个白色指示灯亮起。

15:12:47,机组申请航向 100°,此时飞机航向 9°,空速 151 海里/小时,俯仰角 4°。管制员同意后,机组讨论使用航向选择模式右转,之后飞机转向 100°。

15:14:16,飞行数据记录器记录机组最后一次翼面/舵面除冰,除冰持续时间 5 秒。后续,舱音记录器记录了副驾驶描述结冰严

¹ N27°30'E114°10' ; N27°09'E115°24' ; N26°13'E114°48' ; N26°21'E114°03' ; N26°42'E113°57'等 5 点连线区域内。

重,但没有提及除冰设备的使用,也未有除冰记录,之后机长决定上升高度到 5100 米,此时飞机俯仰角 4.14° ,空速 145 海里/小时,左发扭矩 73%,右发扭矩 73%。

15:14:25,机组申请上升到 5100 米,管制员同意。

15:14:40,飞机开始上升,俯仰角开始逐步增加到大约 6° 。期间,左发扭矩由 73%上升到 83%,涡轮级间温度(以下简称 ITT) 820°C (爬升最大限制值);右发扭矩由 73%上升到 84%,ITT 822°C ,一秒后扭矩下降至 77%,ITT 下降至 808°C 。

15:14:45,副驾驶提醒机长发动机 ITT 要超温。

15:15:31,左发扭矩开始下降,由 83%下降到 73%,右发扭矩保持 76%。

15:15:44,副驾驶提出飞机上升率过小,机长判断飞机速度减小,结冰很严重,副驾驶提及“加温还都开着呢”,此时飞机空速 141 海里/小时,俯仰角 5.7° ,左发扭矩 77%,ITT 806°C ,右发扭矩 76%,ITT 808°C ,上升率 80 英尺/分钟。

15:16:18,上升率降低为 0,飞机达到了本次飞行的最大高度 16112 英尺,此时空速 141 海里/小时并开始减小,俯仰角 6.25° ,左发扭矩 73%,ITT 790°C ,右发扭矩 76%,ITT 810°C 。

15:16:45,机组申请右转航向 205° ,飞机空速下降至 130 海里/小时并继续减小,俯仰角 8.3° ,下降率-330 英尺/分钟,并伴有左右 $3-5^{\circ}$ 坡度的横侧摇摆。

15:16:54,飞机自动驾驶仪断开,开始急剧左滚转并俯冲,进入螺旋状态。此时飞机空速下降至 122 海里/小时,俯仰角 9.4° ,下降率-330 英尺/分钟,右坡度 6.17° ,俯仰配平-7.633(最大抬头位置),升降舵 10.85° 。同时,机长要求副驾驶申请下降高度。

15:16:54 至记录截止期间,飞机处于机头向下持续螺旋状态,飞机横侧向左完成了两次完整的滚转,之后坡度伴有大幅度的左

右摇摆, 最大达 90° , 航向多次旋转变换, 旋转圈数为 10 圈, 俯仰角一直向下, 最大值达到 64.7° , 垂直载荷最大值为 $3.91g$, 横向载荷最大值为 $0.66g$, 纵向载荷最大值为 $0.43g$, 在此期间飞行数据记录器记录飞机升降舵有较大抬头方向的偏转, 发动机扭矩持续上升, 左发扭矩由 72% 上升至记录结束时的 109%, 右发扭矩由 76% 上升至记录结束时的 111%。

15:16:59, 飞机出现“BANK ANGLE”(坡度过大)语音警告。

15:17:04, 机组申请下降 4000 米。

15:17:05, 飞机响起第一次失速警告, 在断续响起后持续警报至记录结束。

15:17:12, 管制员指挥飞机下降 3900 米, 机组回复。

15:17:24, 管制雷达显示飞机高度 4070 米, 随后高度显示变为“INV”(雷达信号丢失预告)。

15:17:40, 区域二次雷达显示标牌消失。

15:17:46, 管制员呼叫飞机, 机组回复需要一直下高度并处理特情。

15:18:05, 飞机出现“SINK RATE”(下降率)语音警告。

15:18:08, 飞机出现“PULL UP”(拉起)和近地警告。

15:18:35, 管制员提醒机组注意安全高度, 注意保持 3000 米以上, 机组未回复。

15:19:01, 管制员再次呼叫飞机, 仍未收到机组回复。协调席管制员通报井冈山机场事发飞机失联情况和位置, 要求井冈山机场停止起降, 并协助呼叫联系。同时, 提醒事发飞机可能在井冈山机场降落。

此后, 管制员切换不同频率(包括 121.5Mhz)呼叫飞机, 并通过空中机组转呼, 均未收到回复。同时, 南昌区调通报相关其他航空管制单位, 均未发现该机动态。

15:21:02-15:27:00, 南昌区调与北大荒通航及相关单位沟通, 请求协助联系该机。

15:33:00-15:41:00, 南昌区调向民航各相关单位和江西省应急管理部门进行通报。

15:55, 南昌区调接井冈山机场塔台报告: 井冈山市政府通报发现飞机坠毁, 坠毁地点吉安市吉安县澧田镇。

1.2 人员伤亡情况

该事件造成机上 5 人死亡, 其中 2 名为飞行机组, 3 名为气象作业人员, 另外造成 1 名当地居民体表 10% 以下烧伤, 认定为轻伤。

伤亡情况	机组	旅客	机上人员	其他
死亡	2		3	
重伤				
轻伤/未伤				1

1.3 航空器损坏情况

航空器坠落后, 撞击房屋, 飞机解体燃烧, 零部件散落在房屋及巷内。

1.4 其他损坏情况

航空器坠地后造成周围房屋不同程度受损, 部分房屋有燃烧痕迹。

1.5 人员情况

1.5.1 机组人员情况

左座机长, 持有 I 类体检合格证, 有效期至 2022 年 2 月 12 日, 签注限制: 仅限 CCAR-135/91 部运行。2002 年 10 月毕业于中国飞龙飞行学院, 2003 年-2006 年驾驶运 11 飞机, 2007 年-2014 年驾驶运 12 飞机, 2014 年-2016 驾驶 C90 飞机, 2017 年至今驾驶过大棕熊飞机和 BE300 型飞机。事发前三个月的飞行时间分别为: 18 小时 35 分钟、12 小时 37 分钟、17 小时 8 分钟, 均为 BE300 机型。总飞行经历时间 4353 小时, 其中 BE300 机型约 564 小时, 2020 年 6 月完成 BE300 机型机长熟练检查, 最近一次检查为单发陆地机长仪表熟练检查, 检查时间为 2020 年 10 月。

右座副驾驶, 持有 I 类体检合格证, 有效期至 2022 年 2 月 12 日, 签注限制: 仅限 CCAR-135/91 部运行。2012 年毕业于北大荒通航, 2013 年-2014 年驾驶运 11 飞机, 2012 年-2017 年驾驶运 12 飞机, 2018 年至今驾驶 BE300 型飞机。事发前三个月的飞行时间分别为: 18 小时 35 分钟、12 小时 37 分钟、17 小时 8 分钟 (两名机组近三个月一直共同飞行)。总飞行经历时间 1123 小时, 其中 BE300 机型约 527 小时, 最近一次检查为 BE300 机型机长资格实践考试, 检查时间为 2020 年 4 月。

查阅机长的培训记录, 未发现接受过螺旋进入与改出的训练记录。

1.5.2 维修人员情况

维修人员 1, 持维修人员基础执照, 类别: TA/PA; 具有 BE300 机型签署, 有效期至 2022 年 10 月 21 日; 具有 BE300 机型维修及

放行授权, 授权有效期至 2021 年 4 月。

维修人员 2, 持维修人员基础执照, 类别: TA/PA; 具有 BE300 机型签署, 有效期至 2022 年 12 月 23 日; 具有 BE300 机型维修及放行授权, 授权有效期至 2021 年 4 月。

1.6 航空器情况

1.6.1 航空器基本情况

事发航空器概况见表 1。

表 1: 航空器情况

国籍和登记标志	B-10GD	航空器型号系列	KA350ER ²
航空器出厂序号	FL1014	航空器出厂日期	2015.11.11
航空器制造厂家	美国毫克比奇	航空器制造厂址	美国
适航证	AC8215	适航证颁发日期	2018.02.09
国籍登记证号	NR8079	国籍登记证颁发日期	2018.5.10
电台执照号	N-2018-0985	电台执照颁发日期	2018.05.16
航空器最大起飞重量	17500 磅	航空器最大着陆重量	15675 磅
航空器结构重量	12000 磅	航空器基本重量	9600 磅
航空器最大加油量	4611 磅	发动机制造厂家	普惠
航空器单发马力	1050 马力	发动机装机型号	PT6A-60A

该机出厂日期为 2015 年 11 月 11 日, 截止 2021 年 3 月 1 日共计使用 672 小时 27 分钟/398 飞行循环。螺旋桨无总寿命限制, 翻修间隔 3000 小时/5 年, 机上安装的螺旋桨为 2020 年 11 月 1 日翻修后重新安装上飞机, 翻修后使用小时数为 74 小时 39 分钟。

² KA350ER 为 BE300 机型的另一称谓。

1.6.2 飞机近期维修情况

查阅公司事发机型《飞机检查大纲》，该机型例行检查分日常检查、定期检查，其中日常检查包括航前检查和航后检查，定期检查包括阶段检查和特殊检查项目。阶段检查分为一、二、三、四阶段定检，对应为 200、400、600 和 800 小时定检，特殊检查项目按飞行时间、循环和日历时间等多种控制间隔，且相互组合。

维修记录显示，2020 年 11 月 1 日该机完成了机身一、二阶段检查，机体项目完成 6 个月、12 个月定检和 200H、400H、12 个月润滑定检，发动机完成 200H、600H、600H/12 个月定检。

该机自 2020 年 11 月 1 日完成定检工作至 2021 年 3 月 1 日，共飞行 74 小时 39 分钟/28 循环，除完成例行航线维修外，未发现有不正常的故障记录，飞机没有故障保留记录。最近 15 日内，该机在赣州机场起飞共飞行了 3 个架次，具体为：2021 年 2 月 10 日、2 月 25 日和 2 月 26 日，时间分别为 2 小时 3 分钟、3 小时 9 分钟和 3 小时 6 分钟。

检查公司近期 15 日内有三个日常检查（航前和航后）维修记录，检查记录情况正常，未发现故障记录，日常检查及 3 月 1 日航前工作单中包括失速警告传感器、机翼除冰带和失速带、起落架防冰挡片、除冰带灯及螺旋桨除冰带检查内容，检查记录无不正常情况。

该机 2018 年交付公司后，未收到任何针对该机型的适航指令（AD/CAD），接收该机型服务通告（SB）12 份，其中不适用 6 份，已完成 6 份。发动机服务通告 48 份，其中不适用 42 份，6 份适用，计划发动机大修时完成，符合规章要求。

1.6.3 飞机加油情况

查阅加油单、飞机《飞行记录本》和赣州机场监控视频, 确认该机共加注 652 升航空煤油, 加油过程如下:

13:30 分, 中航油江西分公司赣州供应站加油员收到北大荒通航加油任务通知后, 按机坪运行规定前往保障。

13:50 分, 按加油作业规程开始加油作业, 加油枪由机组人员操作向油箱加油, 加油员负责操作加油车阀门及控制流速。

14:00 分, 加油结束, 共加油 652 升, 加油过程无异常。加油员按规定检查排放油品, 质量合格。

1.6.4 载重平衡情况

本次飞行任务, 机组 2 人、气象设备操作员 3 人, 符合《KA350ER 型飞机 B-10GD (FL1014 架机) 加改装 ZGQKY-350-001 型人工增雨和大气探测设备方案》的要求。

本次飞行任务加油 652 升, 总油量为 2040 升, 符合该机型《飞机飞行手册》的限制。

1.6.5 飞机除防冰系统

该飞机除防冰系统主要由以下部件或系统组成: (1) 发动机进气道外缘加热; (2) 发动机防冰 (进气道排冰叶片); (3) 发动机自动点火; (4) 风挡防冰; (5) 雨刷; (6) 侧窗除雾; (7) 螺旋桨除冰; (8) 热五项 (左右燃油系统防冰, 左右空速管加热, 失速警告加热); (9) 翼面/舵面除冰; (10) 刹车除

冰。与本次事故有关的系统有（2）（7）（9）三项，简要介绍如下：

1.6.5.1 发动机防冰系统

《飞机飞行手册》中对发动机防冰系统描述如下图所示。

防冰

发动机进气道

发动机排气加温可对发动机进气道前缘进行加温。加温的排气通过左排气管内的一个进气口输送到进气道前缘。排气流流过进气道前缘从右排气管排出。只要发动机在运转状态该系统即可运行。

发动机防冰系统

惯性分离系统作为每个发动机进气管道的一部分可防止在结冰条件下水汽进入发动机进气道增压室。系统包括双重致动器和操纵机构。该系统可通过 L ENG ANTI-ICE 和 R ENG ANTI-ICE（绿色的）以及 L ENG ICE FAIL 和 R ENG ICE FAIL（琥珀色的）信号指示器进行监测。L ENG ANTI-ICE 和 R ENG ANTI-ICE 信号指示器燃亮表明系统已启动。L ENG ICE FAIL 或 R ENG ICE FAIL 信号指示器燃亮表明系统未达到理想的状态。L ENG ICE FAIL 或 R ENG ICE FAIL 立即燃亮表明供电中断，延迟燃亮表明一个致动器不工作。无论是何种情况，备用致动器应启动。

图 1：《飞机飞行手册》中发动机防冰系统原理

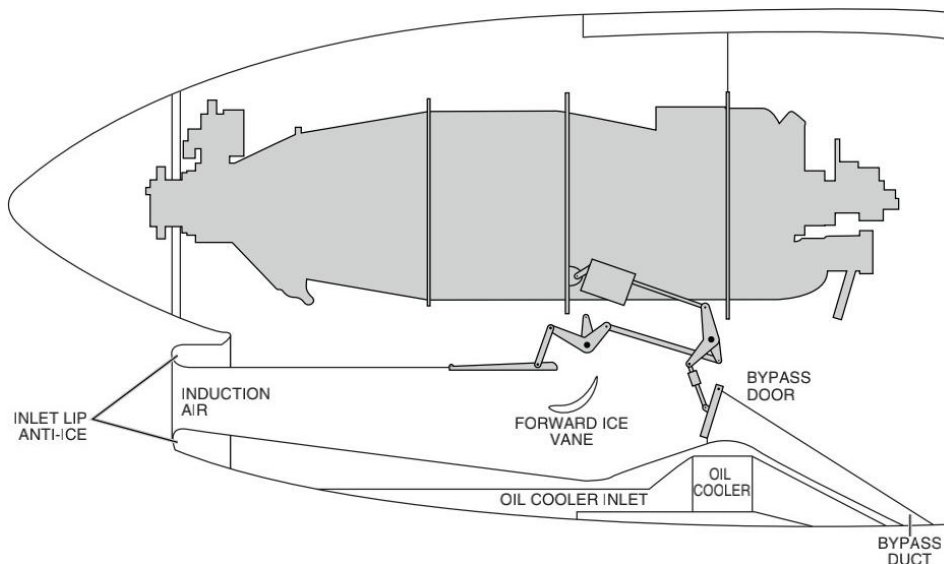


图 2：发动机防冰系统原理图



图 3: 发动机防冰控制电门

若打开图 3 中的控制电门, 发动机防冰系统接通, 信号牌会出现绿色 L/R ENG ANTI-ICE 信息灯, 图 2 中的 BYPASS DOOR 活门打开, 避免冰或其他外来物进入发动机。BYPASS DOOR 活门打开后, 由于会对进气量进行分流, 所以发动机性能会变差。

1.6.5.2 螺旋桨除冰系统

螺旋桨除冰系统通过电加热螺旋桨内侧的除冰加热带来给螺旋桨除冰, 并依靠旋转离心力将热量带至除冰带未附着的叶面上, 来清除附着在螺旋桨上的积冰。螺旋桨除冰可通过调整桨距杆增加螺旋桨转速来提高除冰效果。《飞机飞行手册》中对螺旋桨除冰的描述如图 4、5 所示。

螺旋桨电动除冰系统包括: 电加温除冰带、滑动环和电刷组件、1个自动除冰的定时器、电流表、位于右侧操纵板对除冰控制电路起保护作用的断路器和位于驾驶员右副仪表板上的两个系统自动或手动控制的开关。

正驾右副控制板上有一个标为PROP-AUTO(螺旋桨-自动)的断路器开关, 用于触发系统定时器。定时器每90秒接通1次, 每次系统用大约3分钟的时间完成一个周期。

本机备有一个手动的螺旋桨除冰系统作为自动系统的备份。正驾右副控制板上有1个标为PROP-MANUAL(螺旋桨-手动)的控制开关, 用于控制手动的过载继电器。当选择手动位置的时候, 两个螺旋桨的加热器同时接受供电。这个开关是短时开关, 只允许放在手动位置上大约90秒。当螺旋桨除冰系统使用手动模式的时候, 螺旋桨除冰电流表不指示载荷。但是, 当手动的螺旋桨除冰系统运转的时候, 每个载荷表的载荷指示将有大约10%的增加。

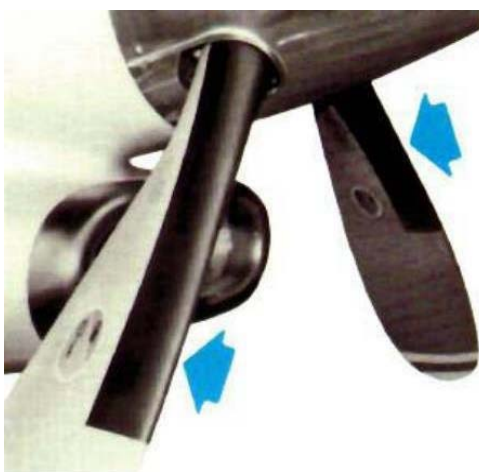


图 4: 螺旋桨除冰系统原理



图 5: 螺旋桨除冰带位置及控制电门

1.6.5.3 翼面/舵面除冰系统

事发飞机大翼和尾翼前缘安装有黑色橡胶材质的除冰带, 如图 6 所示。通过为除冰带充气鼓胀来击破附着在这些部位的积冰。

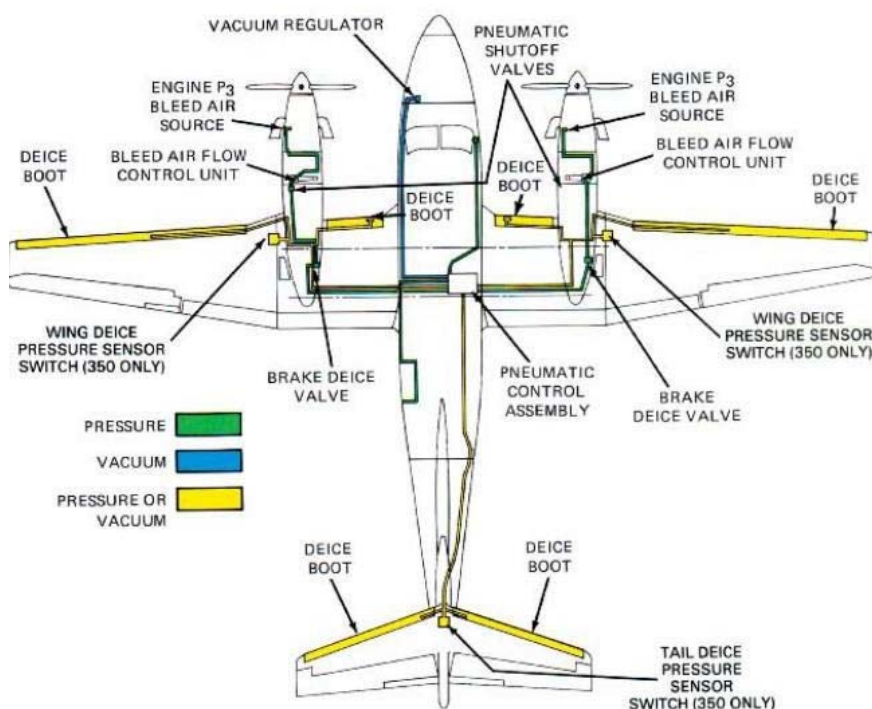


图 6: 事发飞机翼面/舵面防冰区域示意图

《飞机飞行手册》中关于翼面/舵面除冰系统的原理描述如图 7 所示。

机翼和尾翼除冰系统

机翼和尾翼除冰系统清理机翼和水平尾翼前缘的积冰。除冰是通过除冰带交替地膨胀和收缩实现的。调整过压力的发动机引气对除冰带膨胀提供压力。由引气驱动的1个文氏排放管制造负压使除冰带收缩并且在不用时压住它们。为了确保1部发动机故障时系统有效运转，每部发动机的引气管线中都装有一个单向阀以避免不工作的发动机的压气机造成压力损失。膨胀和收缩受一个分配阀的控制。

警告

在环境温度低于零下 40 摄氏度的情况下使用机翼和尾翼除冰系统可能对除冰带造成永久性损伤。

在正驾驶右副控制板上有一个标示为SURFACE DEICE - SINGLE - OFF - MANUAL（翼面除冰-单次-关闭-手动）的三位转换开关控制除冰系统工作。此开关在SINGLE或MANUAL位置上受到回到OFF位置上的弹簧力的作用。当选择SINGLE位的时候，分配阀打开使机翼除冰带膨胀。经过大约6秒的膨胀时间后，1个电子计时器打开分配器使机翼除冰带收缩，同时水平尾翼除冰带膨胀并持续4秒。在这些除冰带膨胀和收缩后，周期结束。

当开关置于 MANUAL 位的时候，所有的除冰带将同时膨胀并且在松开开关前保持膨胀的状态。当松开开关时，开关将回到 OFF 位置。周期结束后，直到被开关再次驱动前，除冰带将保持负压压紧状态。

修订次: 0 日期:15/01/2018	KA350ER 飞机飞行手册	
第七章 系统说明		北大荒通航

可以通过机翼除冰（WING DEICE）和尾翼除冰（TAIL DEICE）信号器监控本系统的运行。除冰带膨胀时信号器燃亮表明工作正常。

为了达到最高除冰效率，在开始除冰前允许形成 1/2 英寸（1.27 cm）的冰层。非常薄的冰层可能不会脱离除冰带，而是断裂并贴住除冰带。接下来的除冰带周期性工作可能会在前缘外形上形成冰壳，从而使除冰不起作用。

图 7：飞机翼面/舵面除冰系

1. 6. 5. 4 起飞前除冰系统检查要求

《飞机飞行手册》中对起飞前除冰系统检查要求如下图 8、9 所示。

	KA350ER 飞机飞行手册	修订次: 0 日期:15/01/2018
第四章 正常程序		
d. 发动机防冰ON (接通) [L ENG ANTI-ICE] 和[R ENG ANTI-ICE]字幕 - 燃亮 16.防冰设备(如果需要)检查 a. 发动机自动点火检查 1)功率杆IDLE(慢车) 2)发动机自动点火开关ARM(准备) [L IGNITION ON]和[R IGNITION ON]字幕 - 燃亮 3)功率杆推杆至超过 17%扭矩 [L IGNITION ON]和[R IGNITION ON]字幕 - 熄灭 4)功率杆IDLE(慢车) [L IGNITION ON]和[R IGNITION ON]字幕 - 燃亮 5)发动机自动点火开关OFF(切断) [L IGNITION ON]和[R IGNITION ON]字幕 - 熄灭 b. 风挡防冰(同时检查正驾驶与副驾驶的风挡防冰) 1)风挡防冰HI (注意观察左和右载荷计上读数上升) 2)风挡防冰OFF, THEN NORMAL(切断,然后正常) (注意观察左和右载荷计上读数上升) 3)风挡防冰OFF(切断) c. 电热螺旋桨除冰检查 注意 螺旋桨静态时不要进行螺旋桨除冰操作。 1) 自动螺旋桨除冰ON(接通) 2) 除冰电表26至32安培 (监控 90 秒以确保自动定时器工作) 3)手动螺旋桨除冰保持在手动位置 a) 两个载荷计上小指针都偏离表示手动系统正在工作。 b) 除冰电表0安培 4) 手动螺旋桨除冰释放 5) 除冰电表26至32安培 6) 自动螺旋桨除冰OFF(切断) 注 螺旋桨除冰电表上不记录手动(备份)系统的电流使用;但是,系统接通时手动(备份)系统的电流使用会作为电气荷载的一部分在载荷计上予以指示(约 10 %)。		

图 8：起飞前除冰系统检查要求 1

修订次: 0 日期: 15/01/2018	KA350ER 飞机飞行手册	
第四章 正常程序		北大荒通航

- d. 翼面除冰..... 检查
- 1) 油门杆..... HIGH IDLE(高慢), 如果需要
 - 2) 冷气系统压力..... 检查
 - 3) 翼面除冰开关..... 单通道和释放
 - a) 冷气系统压力..... 瞬时减小
 - b) [WING DEICE]和[TAIL DEICE]字幕..... 燃亮然后熄灭
 - c) 除冰套..... 可能时目视检查充气并固定住
 - d) 充气时间..... 机翼处 6 秒之后水平安定面处 4 秒。
 - 4) 翼面除冰开关..... 手动和保持
 - a) 冷气系统压力..... 瞬时减小
 - b) [WING DEICE]和[TAIL DEICE]字幕..... 燃亮
 - c) 除冰套..... 可能时目视检查充气
 - 5) 翼面除冰开关..... 释放
 - a) [WING DEICE]和[TAIL DEICE]字幕..... 熄灭
 - b) 除冰套..... 可能时目视检查是否固定住
 - 6) 油门杆..... LOW IDLE (低慢)

图 9: 起飞前除冰系统检查要求 2

1.6.6 失速及结冰条件下性能

1.6.6.1 失速相关资料

《飞机飞行手册》中, 关于失速相关描述如图 10、11、12 所示。

失速警告系统

飞机左机翼前缘装有升力传感器, 它可以通过气动压力判断出攻角。当失速即将来临的时候将会激发声光失速警告。

本系统可以通过使用副驾驶左副控制板上的STALL WARN TEST - OFF - LDG GEAR WARN TEST (失速警告试验-关闭-起落架警告试验) 开关进行飞行前检查。将此开关置于STALL WARN TEST (失速警告试验) 位将会触发失速警告系统。

图 10: 失速警告系统

警告

加热元件避免升力传感器的传感片和面板结冰。但是, 机翼结冰可能改变或干扰气流并妨碍系统准确的指示即将到来的失速。记住当任何飞机有冰堆积的时候失速速度都增大。

图 11: 结冰对失速系统的影响

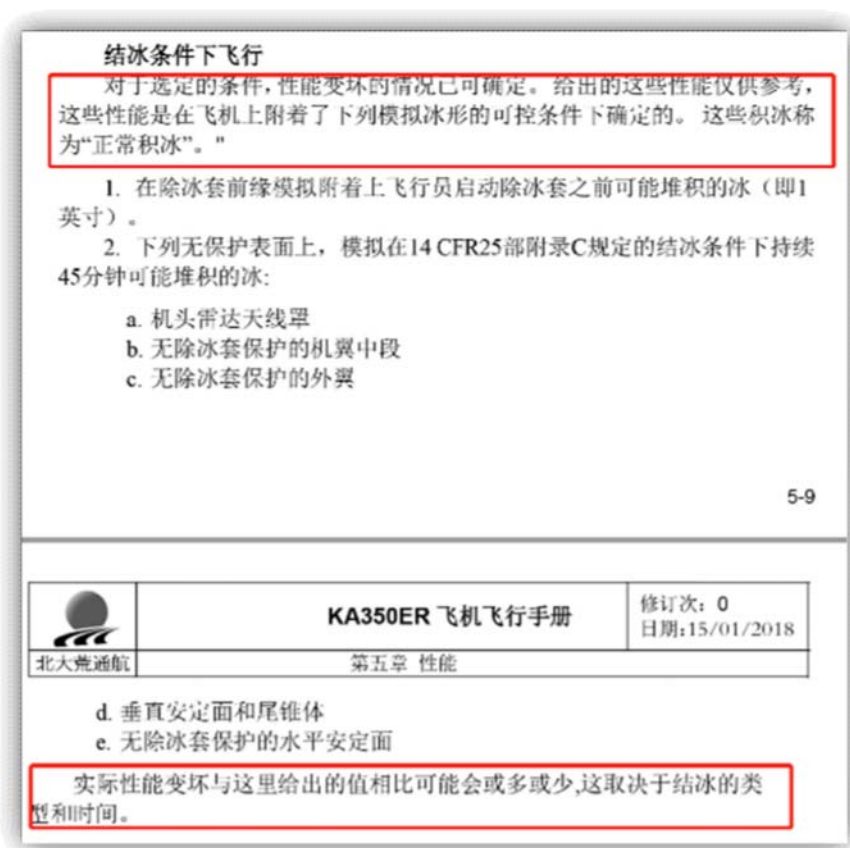


图 13: 结冰条件对飞机性能的影响

结冰条件

警告

由于飞机的机翼翼型变形,前缘上一英寸的积冰会导致爬升率损失每分钟 500 英尺,巡航速度降低最多可达 75 节真空速,以及明显的抖振和失速速度提前(最多增加指示空速 15 节)。即使除冰套循环工作后,除冰套及飞机上未加保护区域上残留的积冰会导致很大的性能损失。同样原因,声音失速警告系统可能会不精确,变得不可信赖。但是,飞机上有积冰后,失速之前会出现明显的空气动力抖振。要保持飞机正常失速速度之上留有相当的空速余量。为了使机翼未加保护的表面上残留最少量的积冰,持续结冰条件下飞行期间要保持最低 140 节的速度。如果风挡结冰,降低空速到 226 节或 226 节以下。在着陆进场之前,让除冰套循环工作将积冰清除。

图 14: 结冰条件下飞行“警告”

	KA350ER 飞机飞行手册	修订次: 0 日期:15/01/2018
北大荒通航	第二章 限制	

结冰限制

除冰套工作的最低环境温度..... - 40℃

持续结冰条件飞行的最低空速..... 140 节

除了进场和着陆，禁止在持续结冰条件下带全襟翼放下的飞行。

环境温度等于或低于+ 5 ℃且当无法保证无可见水汽飞行时，ENGINE ANTI-ICE（发动机防冰）、LEFT（左侧）和 RIGHT（右侧）都应处于 ON(接通)状态。

环境温度等于或低于+ 10 ℃的起飞时，ENGINE ANTI-ICE（发动机防冰）、LEFT（左侧）和 RIGHT（右侧）都应处于 OFF(断开) 状态。

图 15：飞机结冰限制

1.6.7 自动驾驶仪系统

《飞机飞行手册》中关于自动驾驶仪断开的原理描述如图 16 和 17。

修订次: 0 日期:15/01/2018	KA350ER 飞机飞行手册	
第三章 应急程序		北大荒通航

自动驾驶仪配平失效[TRIM]

主飞行显示器上的红色 TRIM 指示灯燃亮，表明自动驾驶仪俯仰配平系统失效。自动驾驶仪不会自动断开，但是可能不会正常工作。

注

俯仰配平失效接着可能会出现配平失误状况。配平失误状态下自动驾驶仪断开时，操纵力会突然改变。

1. 飞行操纵系统..... 稳定保持

2. APDISENGAGE（断开）

3. 如有必要进行重新配平。

4. AP重新接通（如果需要）
（故障清除后，自动驾驶仪将重新接通，TRIM 指示灯灭）

手动断开自动驾驶仪

手动断开自动驾驶仪会发出持续大约 2 秒的声音警报。主飞行显示器上的红的自动驾驶仪故障信号旗闪烁几次然后熄灭。

通过如下方法手动断开自动驾驶仪：

1. 将驾驶杆上的AP/TRIM断开开关推下（偏航阻尼器将断开）。 ■

2. 按下左边功率杆上的Go-Around（复飞）按钮（偏航阻尼器保持接通） ■

3. 按动驾驶杆上的配平电门（偏航阻尼器保持接通）。 ■

4. 按下飞行操作面板上的AP按钮（偏航阻尼器保持接通）。 ■

5. 将飞行操作面板上的YD/AP DISC杆下拉（偏航阻尼器将断开）。

图 16：自动驾驶仪手动断开原理

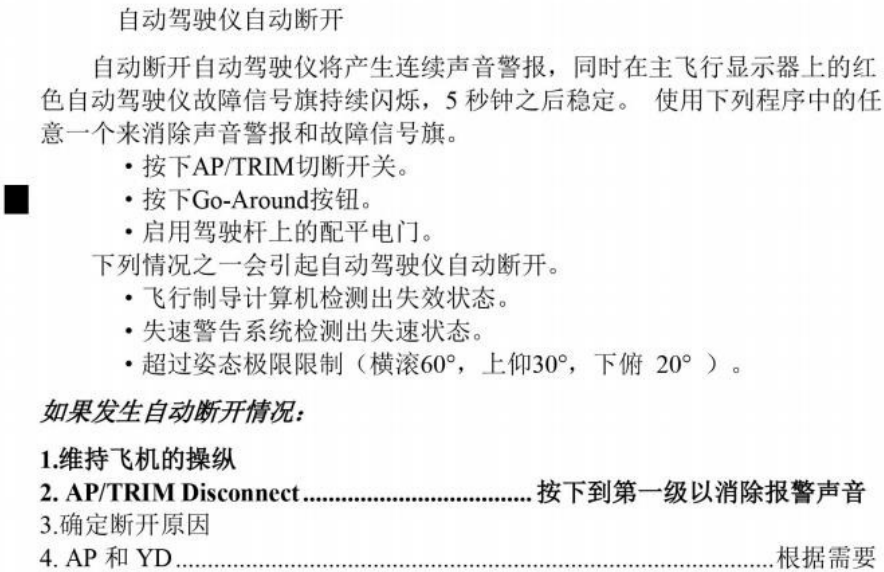


图 17：自动驾驶仪自动断开条件

1.6.8 航空器加改装情况

飞机改装过程分为两次改装。一次在美国 SPEC 公司，安装了 ZGQKY-350-001 型人工增雨和大气探测设备；另一次在河北石家庄实施，加装了人工增雨作业设备和通信设备；2017 年 5 月-2018 年 5 月，根据申请，民航东北地区管理局完成强度、空重、重心和失速速度等 40 个条款的审定工作，并于 2018 年 5 月 25 日颁发补充型号合格证（STC），编号为 STC105-DB。改装方案中主要设备名称见下表 2。

表 2：航空器改装设备信息

序号	设备名称	设备提供-代号	安装要求及位置
1	FCDP 探头	气象局人影中心	安装在右机翼下方，飞机水平飞行时，探头迎向来流，远离气流干扰区
2	2D-S 探头	气象局人影中心	
3	CPI 探头	气象局人影中心	
4	HVPS 探头	气象局人影中心	
5	右机翼焰条播撒器	气象局人影中心	右机翼上方
6	PCASP 探头	气象局人影中心	安装在左机翼下方，飞机水平飞
7	CCPP 探头	气象局人影中心	

8	AIMMS 探头	气象局人影中心	行时, 探头迎向来流, 远离气流干扰区
9	左机翼焰条播撒器	气象局人影中心	左机翼上方
10	总温传感器	气象局人影中心	安装在垂尾左侧, 迎向来流, 远离气流干扰区
11	结冰探测器	气象局人影中心	
12	总含水量仪	气象局人影中心	
13	露点仪	气象局人影中心	机身后部左侧
14	BMI 右侧等速采样头	气象局人影中心	机身上部
15	左侧CVI 大气采样头	气象局人影中心	
16	前部上视微波辐射计	气象局人影中心	
17	北斗天线	气象局人影中心	
18	前部GPS 天线	气象局人影中心	
19	后部GPS 天线	气象局人影中心	
20	B300 GPS 天线	气象局人影中心	
21	海事卫星天线 (HGA-7000)	气象局人影中心	
22	空中国王下投探空仪发射器	气象局人影中心	机身下部
23	下投探空仪 UHF 天线	气象局人影中心	
24	下视激光雷达窗口	气象局人影中心	
25	焰弹播撒器	气象局人影中心	
26	操作柜	气象局人影中心	客舱内
27	控制柜	气象局人影中心	
28	SP-2 控制柜	气象局人影中心	
29	CCN 控制柜	气象局人影中心	
30	激光雷达柜	气象局人影中心	
31	滤膜采样器及通信系统柜	气象局人影中心	
32	下投式探空仪管	气象局人影中心	
33	信号汇集计算机	气象局人影中心	
34	大气积分浊度仪	气象局人影中心	

1.7 天气情况

1.7.1 起飞机场天气情况

当日赣州机场 13:00、14:00 实况符合本场放行条件, 具体如下:

METAR ZSGZ 010500Z 19003MPS 110V260 9999 FEW023 25/16
Q1015 NOSIG

METAR ZSGZ 010600Z 18003MPS 100V210 9999 BKN030 24/16
Q1015 NOSIG

1.7.2 航路天气情况

根据北京时间 14:00 的 FL100-250 重要天气预报图, 事发区域 FL120-190 存在中度结冰, 如图 18 所示。

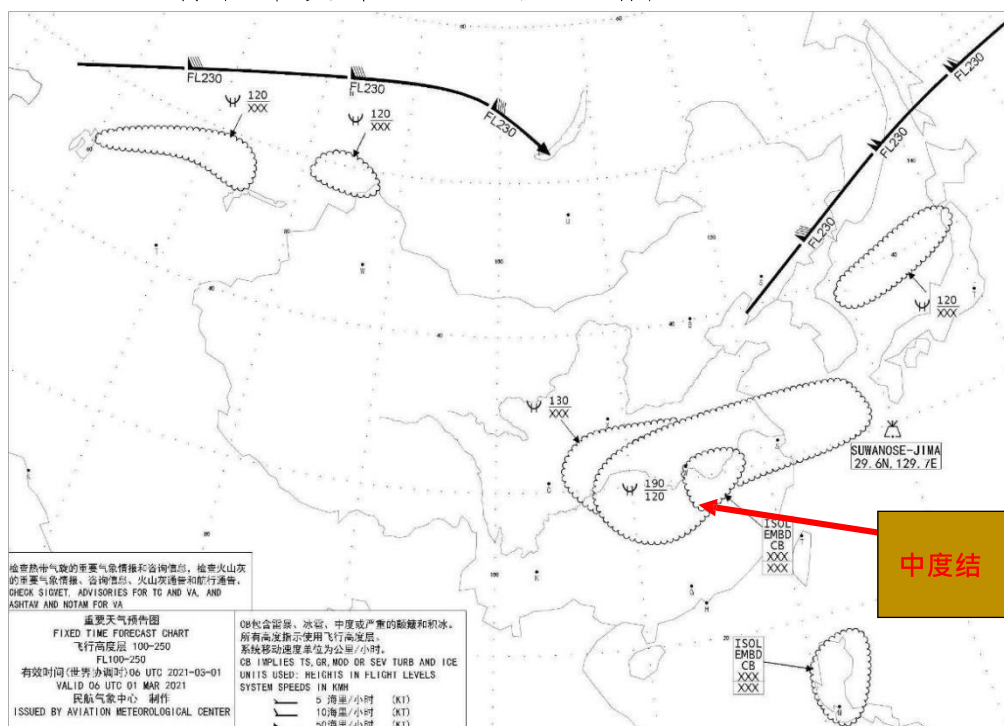


图 18: 事发区域航路天气

经调查, 作业区域天气由江西省人工影响天气领导小组办公室值班中心人员通过微信向机组提供。

1.7.3 江西省气象局提供的作业区域气象资料

根据江西省气象局《关于协助调查 3 月 1 日北大荒通航 B-10GD 号机在吉安坠机事件的复函》, 气象部门综合卫星、雷达、闪电

等观测和数值模拟, 分析确定 15:00 分前后, 失事区域云系为大范围层状云、未检测到积云对流活动, 5 千米高度附近为西南偏西风, 风速约 20 米/秒; 4-6 千米高度上雷达回波强度总体小于 25dBZ, 存在发生轻度结冰(此为气象部门定义的结冰程度)和轻度颠簸的气象条件。卫星监测: 15:15 分失事区域及附近, 卫星红外探测云层均匀, 水平范围较大, 呈幕状, 为层状云, 亮温约 -11.7°C ; 卫星可见光观测云层反照率 60%左右; 有一定的过冷水形成条件。

1.8 导航及目视辅助设施

在此次事件中, 未出现与导航及目视辅助设施设备相关的问题。

1.9 机场情况

赣州黄金机场, 位于中国江西省赣州市真北方位 $61^{\circ}47'$, 距赣州市中心直线距离约 15.5 千米, ICAO 代码为 ZSGZ, 机场标高 134.49 米, 飞行区等级 4C。

1.10 飞行记录器

事发后, 现场勘查寻获事发飞机的舱音记录器(CVDR)和飞行数据记录器(DFDR)。从外观看舱音记录器和飞行数据记录器整体完整, 表面存在烧蚀痕迹。

该机所装的飞行数据记录器为 L-3COM 公司生产的数据/舱音二合一固态记录器, 件号为 2306-1800-00, 序列号 001087159。中国民航科学技术研究院(简称: 航科院)使用 L-3COM 公司 PI/2

下载数据及 BE300 型译码数据库进行译码,译码正常,数据可用;该记录器仅记录了舱音测试信号,未记录事发飞机舱音。

该飞机所装的驾驶舱舱音记录器为 L-3COM 公司生产的固态记录器,件号为 2100-1020-02。舱音记录器有损坏,航科院在 L-3COM 公司的协助下,完成舱音数据的正常读取。

1.11 残骸及事故现场情况

现场勘查发现事发飞机已严重损毁,消防员现场救援过程中,将部分飞机残骸进行了移动。

1.12 医学及病理毒理学情况

由于机上人员遗体烧焦严重,无法采集体液进行化验检测。

1.13 失火

根据现场视频和目击证人介绍,飞机坠地后,猛烈燃烧并伴随爆炸声。坠地点 3 处民房有过火痕迹,房内部分家具烧毁。

1.14 生存和救援情况

事发前飞机上共有 5 人,包括 2 名飞行机组和 3 名人工增雨作业工作人员。2 名飞行机组位于驾驶舱,3 名人工增雨作业人员位于后舱气象设备工作台。

事发当日 15:19 分,吉安县消防救援大队接到火警报告。16:25 分,吉安县天华路消防救援站第一个到达现场展开救援。16:30 分,消防增援力量相继到达现场。16:35 分,现场明火扑灭。

吉安市县公安局、应急管理局等工作人员到达现场后,立即疏散周边围观人员,安抚周边群众情绪,安排受伤群众就医。救援任务结束后,事故现场由吉安县接管,维护事故现场秩序,保护事故现场,禁止无关人员进入事故现场。

1.15 实验和验证

中国石油化工股份有限公司九江分公司对事发飞机加油车油样进行检测,检测结果合格。

1.16 组织和管理

1.16.1 公司情况

北大荒通航成立于1985年,于2021年2月3日完成经营许可证换发。公司经营范围涵盖载客类、载人类和其他类。本次经营活动为其他类中的人工影响天气作业项目,符合资质要求。

1.16.2 载重与平衡有关手册

《一般运行和飞行规则》(CCAR-91)第91.827条规定了,运营人运行手册的内容应包括:确保遵守航空器载重和平衡限制的程序。

公司《飞行运行手册》12.3.3航空器重心的计算规定,根据不同机型所给出的重量与平衡手册,起飞前由机务人员计算出重心位置,并在航空器履历本中做好记录。重量及重心应严格控制在手册规定的范围内。

2018 年 1 月 15 日, 北大荒通航发布的《KA350ER 飞机飞行手册》, 缺少基本空重和平衡表等必要数据, 详见图 19。经查, 本次飞行机务人员未开展载重和平衡计算。

修订次: 0 日期:15/01/2018	KA350ER 飞机飞行手册	
第六章 重量&平衡/设备清单		北大荒通航

基本空重和平衡表-实测值
(交付飞机时将替换该页)
(4 页内容未扫描替换)

	KA350ER 飞机飞行手册	修订次: 0 日期:15/01/2018
北大荒通航	第六章 重量&平衡/设备清单	

抽样载荷
(交付飞机时将替换该页)
(6 页内容未扫描替换)

注

每架机在交付时都提供有抽样载荷, 空机重量和重心以及设备清单, 所有数据都是针对该架机的。机主负责保证任何设备变化都要用新的“重量与平衡表”和“设备清单附表”反映出来。参见“基本空重记录”。

图 19:《飞机飞行手册》关于飞机载重平衡描述

1.16.3 人工增雨作业作业规范

《飞机增雨作业安全规范》(MH/T1075-2020) 4.1 规定, 运营商应制定飞机增雨作业运行手册, 并按照实际情况对手册进行及时更新。公司未制定 BE-300 机型飞机增雨作业手册, 公司《飞行运行手册》未包含人工增雨作业的相关要求和内容。

《飞机增雨作业安全规范》(MH/T1075-2020) 4.6.1 规定, 开展飞机增雨作业的机长应通过增雨作业飞行培训与考核。公司未提供当事机组增雨作业飞行培训和考核记录。

1.16.4 公司手册管理

北大荒通航《91 部运行规范》航空器清单中包含了事发航空器, 但《91 部运行规范》D003 “航空器维修管理与实施” 和 E001 “重量与平衡控制程序” 未包含该机型。

《飞行运行手册》附录 B《飞行任务书》模板中包含了: 飞机结构重量、飞机基本重量、最大起飞重量和最大着陆重量, 但实际使用的《飞行任务书》, 未包含此 4 项航空器重量。

经查, 2020 年 10 月 1 日生效的《飞机增雨作业安全规范》(MH/T1075-2020) 未在公司手册中体现。

1.17 其他资料

1.17.1 人员访谈笔录情况

调查组完成公司相关人员笔录, 具体内容概述如下:

(1) 飞机状况: 飞机状态良好, 空调系统在自动位时温度调节反应较慢, 无保留故障, 无其他故障。

(2) 任务保障: 3 月 1 日 12 点左右, 机组在赣州市气象局用午餐, 没有饮酒。期间, 机组以口述的形式进行准备, 谈到当日的预计飞行时间、航路、对流天气、加油量以及载客人数等有关情况。

(3) 机组外站管理: 公司制定了《机组驻外管理规定》, 其中对于外站机组准备有明确要求。

(4) 载重平衡: 事发飞机为特种作业飞机, 设备、人员是固定的, 在每次起飞前不做重心计算, 机组人员根据人员配比和加

油量进行飞机性能计算, 控制飞机的各项性能数据符合《飞机飞行手册》规定的限制。机长负责计算, 一般是在机载设备 CDU (控制显示组件) 上完成载重平衡性能的计算。载重量取决于载重平衡和机长的决定。除机组外, 有时上 2 人, 有时上 3 人。在飞机改装后, 公司没有按照改装的构型来制定“重量与平衡载荷表(《飞机飞行手册》中的样式)”供机组使用。机务人员不清楚公司《飞行运行手册》12.3.3 “起飞前由机务人员计算重心位置”的要求。北大荒通航接收飞机时, 原托管方口头告知加装设备的重量为 2700 千克, 公司未从原托管方获得改装后航空器的载重平衡等数据文件。飞行员以此数据为依据, 完成机上 CDU 输入。

(5) 作业标准: 公司无事发机型人工增雨作业操作标准。

(6) 飞行训练: 公司制定了《空中国王 KA350ER (BE-300) 型飞机训练大纲》, 每年均有训练。

(7) 飞行技术管理: 公司有飞行管理与技术领导小组, 负责机长和副驾驶资质管理, 改装机型等飞行技术相关的重大事项, 未对各个技术级别需具备的能力提出明确的要求。

(8) 飞行品质监控: 公司没有开展过飞行品质监控。

(9) 公司安全管理: 公司经常通过安全整顿、会议、培训、检查和处罚等多种形式开展安全管理工作, 如开飞前培训、飞行员大会等。

(10) 飞行四个阶段: 《飞行运行手册》有预先准备要求, 但不要求签署检查单。预先准备和航后讲评有, 但没有记录。公司预先准备没有检查单。

1.17.2 飞行任务报备情况

公司于 2021 年 3 月 1 日作业前在通用航空管理系统对本次作业进行了报备。

1.17.3 赣州机场监控情况

经调阅 3 月 1 日赣州机场监控视频，飞机起飞前 24 小时停场期间，监护情况正常，未出现无关人员接触航空器、放置外来物及危险品在航空器等非法干扰情形。

1.17.4 螺旋改出程序

《飞机飞行手册》关于螺旋改出的程序规定如图 20 所示。



图 20：飞机螺旋改出程序

1.17.5 民航相关规章

1.17.5.1 《民用航空器驾驶员合格审定规则》(CCAR-61)

在 G 章商用驾驶员执照第 61.157 条关于飞行技能要求如下:

申请人应当至少在下列操作上接受并记录了授权教员提供的针对所申请航空器等级的地面和飞行训练。

(a) 对于飞机类别等级: (6) 临界大速度飞行, 识别并改出急盘旋下降; 螺旋进入、保持和改出; 大坡度盘旋、急盘旋下降、急上升转弯和懒 8 字。

1.17.5.2《航空器驾驶员低温冰雪运行指南》(AC-91-FS-2013-18)

第五章关于结冰条件下的飞行, 有如下描述:

本章包含了在结冰条件下安全飞行的重要信息, 以及遭遇结冰条件如何避免或脱离的信息。飞行员必须通过查阅 AFM 或具体的飞行员操作手册, 确定所驾驶的飞机在结冰条件下飞行是否经过适航认证。确认可以在结冰条件下飞行的飞机, 应安装了适当的除、防冰设备并且工作正常。飞行员要理解并遵照执行结冰条件下飞机厂商提供的限制和程序。

如果飞机不允许在结冰条件下飞行, 每一次飞行都应制定详细的计划, 以避免结冰条件。飞行计划应避开温度接近或低于冰点的云或降水。在飞行中, 飞行员应当监控可用信息, 同时注意有些情况下可能需要改变飞行计划以避免结冰条件。如果无意中进入了结冰区, 飞行员应采取适当的动作马上脱离结冰区, 必要时与空中交通管制员 (ATC) 联系, 并宣布紧急情况。

1.17.5.3 《民用航空安全管理规定》(CCAR-398)

在第二十条, 要求民航生产经营单位应当建立安全隐患排查治理制度和程序, 及时发现、消除安全隐患。

2. 分析

2.1 事发过程

14:40:24, 飞机从赣州黄金机场起飞离地, 前往作业区作业。

14:51:21, 飞机上升高度 4800 米保持, 期间, 飞行速度在 145-169 节之间变化, 对应发动机扭矩在 55%-73%之间变化, 俯仰角 4° 左右, 自动驾驶仪保持接通。在 14:59:42-15:14:21 期间, 记录显示共使用 10 次翼面/舵面除冰; 飞机除冰期间, 发动机扭矩基本稳定, 飞行参数正常。

15:14:40-15:15:28, 飞机扭矩缓慢增加至 83%, 逐渐爬升至 16000 英尺, 速度从 145 节下降至 140 节。保持高度 16000 英尺, 发动机扭矩减小到 73%, 俯仰角 5.67° 。自动驾驶仪接通。

15:16:15 之后, 飞机速度持续减小, 俯仰逐渐增加。于 15:16:54 速度减小至 122 节, 俯仰角增加至 9.41° , 自动驾驶仪断开。随即, 飞机俯仰迅速减小, 坡度发生急剧变化, 飞机迅速左转并开始下降。俯仰角下俯最大值 -81.48° , 译码显示坡度最大值为 161° , 飞机急剧左转, 进入螺旋。至 15:18:15, 飞机旋转共计 10 圈, 高度下降至 1488 英尺 (无线电高度 876 英尺), 随后, 飞机坠毁。发动机扭矩从飞机下降开始逐渐缓慢增加直至坠毁。飞机下降过程中在时刻 15:17:29, 飞机垂直载荷最大达 $3.91g$ 。飞机最后飞行阶段关键参数如图 21 所示。

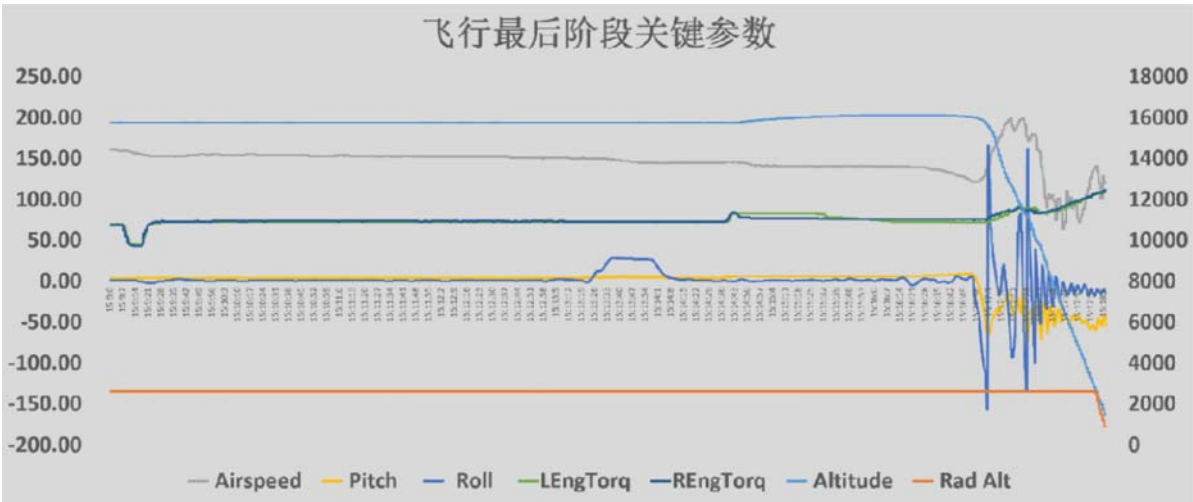


图 21: 飞机最后阶段关键参数

2.2 天气分析

根据江西省气象局提供的材料，事发前飞行区域积冰条件如下：

08:00 探空观测，南昌、赣州 0℃层高度 3600 米，用雷达监测 0℃层亮带估测 14:00-17:00 吉安 0℃层高度 3500 米左右；08:00 南昌、赣州-10℃层高度分别为 5026 米和 5623 米；20:00 南昌、赣州-10℃层高度分别 5514 米和 5520 米。

利用 3 月 1 日 14 时的 NCEP 分析场，计算了 3-6 千米高度的 CIP 积冰可能性。在飞行航线以及周边 170 千米范围内的 4-5 千米高度上，存在积冰可能性大值区（图 22）

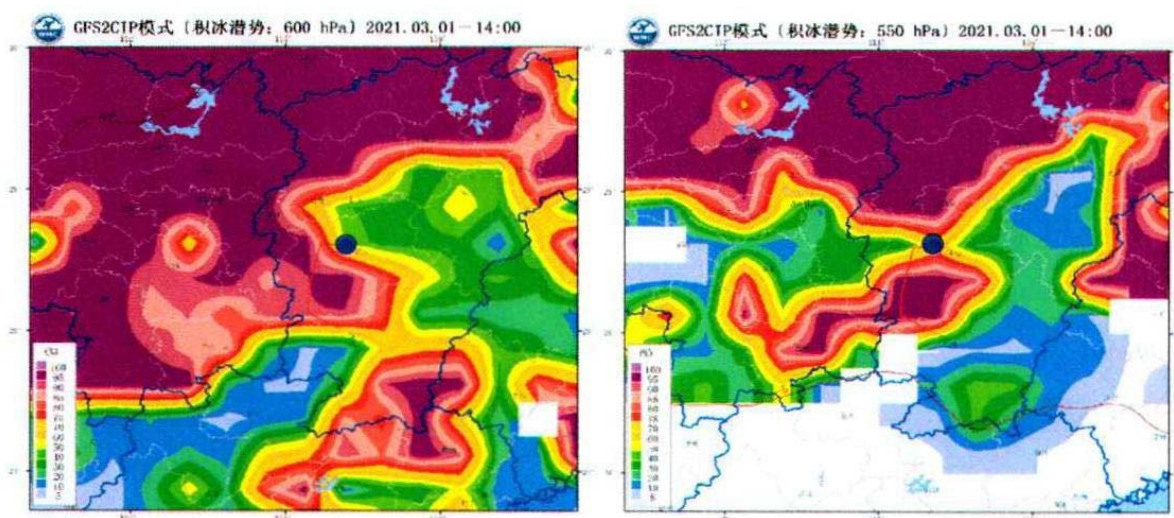


图 22: 结冰可能性分布图

颠簸条件: 基于 GRAPES Meso 5.0 模拟场, 15:00 吉安附近 4-6 千米高空风切变(可与雷达资料反演高空急流互相印证)存在发生轻度颠簸的气象条件,其中 5 千米颠簸指数 4 节/1000 米左右,换算后垂直方向每 300 米约有 2 米/秒的风切变。

综上,事发前飞机飞行区域存在结冰和颠簸气象条件。

2.3 飞机状态分析

2.3.1 平飞阶段功率与速度对比分析

15:00:00 后,平飞阶段功率与速度关系如图 23 所示。从图中可以看出,发动机功率不断增加,而空速却在不断减小,发动机性能持续下降。考虑机组开启发动机防冰后对发动机性能的影响,此性能衰减更符合积冰情况对飞机空气动力和螺旋桨拉力的影响。



图 23：平飞阶段功率与速度关系图

2.3.2 状态指示灯分析

根据舱音中机组对状态指示灯亮起的描述：“白色的”、“对称的”、“一个亮一个不亮”，可以推断是“警示/指示/状态信号板”上的“L PROP PITCH”和“R PROP PITCH”灯中的一个亮起。

如果发动机参数没有明显变化，并且左右两发发动机参数未出现明显的不一致的情况，此信号灯极有可能是由于传感器故障引起。关于传感器的故障，有以下两种可能：

- （1）传感器完全故障。传感器已经不能感知反馈环的实际位置，反馈环的任何位置均可以引起传感器触发信号灯亮起。
- （2）传感器位置稍微偏移或传感器性能改变。正常传感器探测的是桨叶角度略低于飞行低桨距止动的反馈环的位置，如果传感器性能改变，飞机反馈环在临界探测位置时，便能触发传感器工作，则此信息显示螺旋桨角度虽然未低于空中低桨距止动位置，但实际桨叶角已经处于极低的位置，而这个位置对于平飞油门杆的位置是不正常的。

调查认为，造成此种现象应是积冰造成的螺旋桨桨叶污染，阻力增加，转速下降，调速机构为了维持既定转速，便会降低桨

叶角来增加转速。当积冰很严重时,螺旋桨的桨叶角可能会到一个比平时低很多的位置,从而造成螺旋桨拉力下降,发动机性能衰减。

2.3.3 飞机进入失速状态的分析

(1) 飞机速度减小过程分析

15:16:16, 飞机停止上升, 速度逐渐由 140 节降低至 120 节。从飞行数据看, 飞机空速从 140 节降至 130 节, 历时 30 秒; 从 130 节降至 122 节, 历时 9 秒。具体如图 24 和图 25 所示。

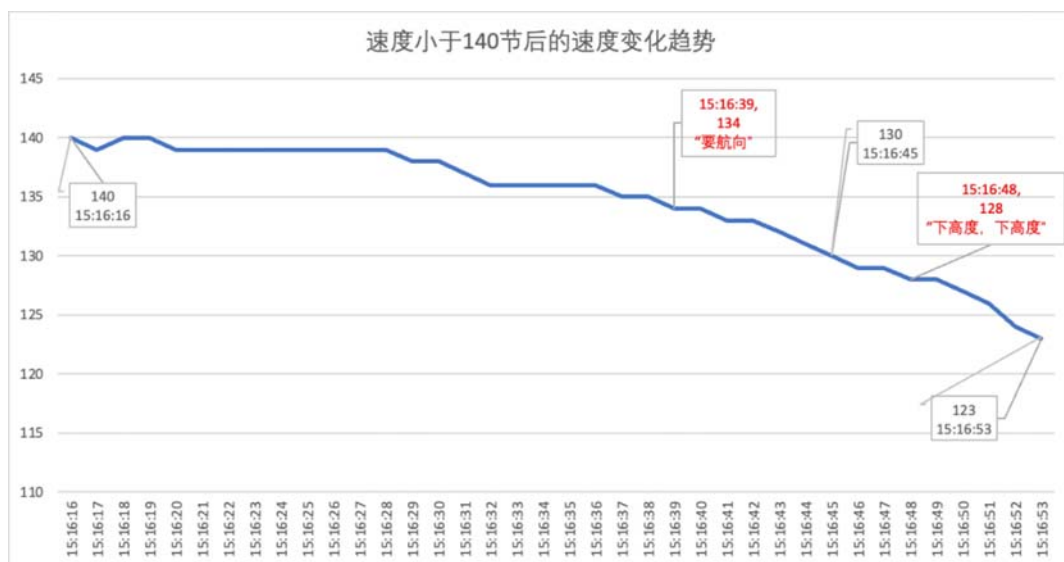


图 24: 飞机速度变化趋势

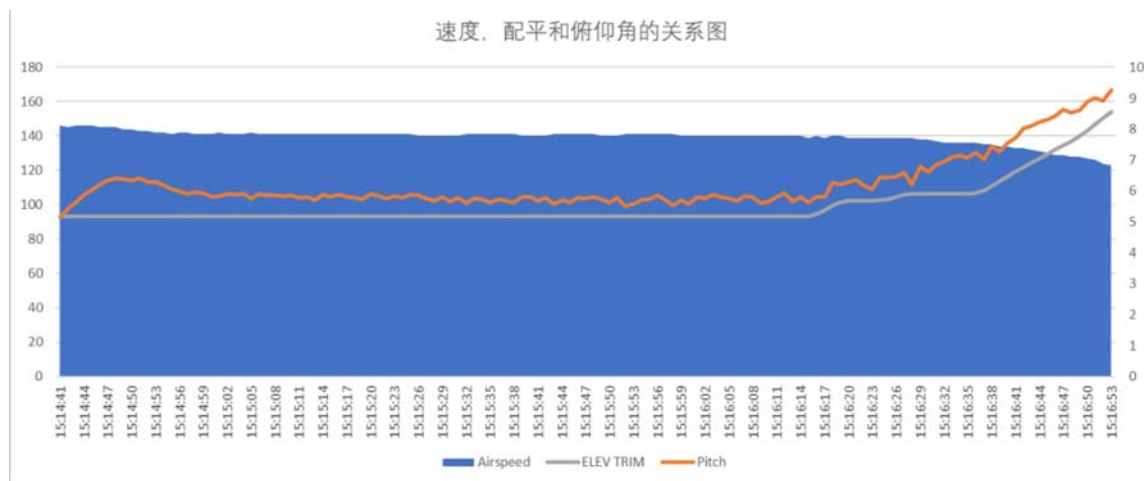


图 25: 速度、配平和俯仰角关系

从现有证据来看, 飞机以爬升功率进行爬升的过程中, 姿态不断增加, 速度不断减小, 高度无法上升, 且呈下降趋势, 说明此时飞机结冰严重, 对性能产生极大影响。虽然无法直接得知机组在发出“要航向”和“下高度”指令的时间段内, 给自动驾驶仪输入了何种指令 (FLC、VS 或者 ALT), 但飞机状态各项参数符合自动驾驶保持高度的逻辑, 由此判断, 机组在最后时刻极有可能使用了高度保持模式 (ALT)。

(2) 进入失速时失速警告未告警原因分析

失速警告探测装置位于左侧机翼前缘的靠近中间的部位。对于失速警告未告警有两种可能: 一是飞机最先失速的部位一般在翼尖, 而失速警告探测装置位于机翼中间部位, 所以当飞机左翼尖失速并向左滚转时, 失速警告未响; 二是飞机表面的积冰情况已经非常严重, 失速警告装置因此变得不可靠。

(3) 未达到光洁失速速度进入失速及进入螺旋的分析

事发飞机起飞重量为 16500 磅左右, 事发时, 飞行时间为 40 分钟左右, 可以推算失速时飞机的重量在 16000 磅左右。通过查阅机型手册性能图表, 得出该重量下, 光洁外形的失速速度在 102 节左右, 考虑积冰条件, 失速速度为 111 节左右。但是手册给出的数据是基于该机型的“正常积冰”条件, 而实际的性能数据会因结冰的类型和时间不同产生偏差。另外, 此数据来源于原型机的性能资料, 改装后的飞机失速速度可能会进一步提高。

2.4 机组操作分析

2.4.1 飞机失速前操作分析

飞机开始爬升时,左发扭矩持续增加至 83%,右发扭矩先增加后减小,逐渐降低至 77%。此后双发扭矩保持差值上升,在飞机即将到达 16000 英尺时,左发扭矩明显减少,右发扭矩产生波动。随后右发扭矩保持稳定,左发扭矩逐渐降低至 73%。如图 26 所示。在这个过程中,飞机上升速度逐渐减小。

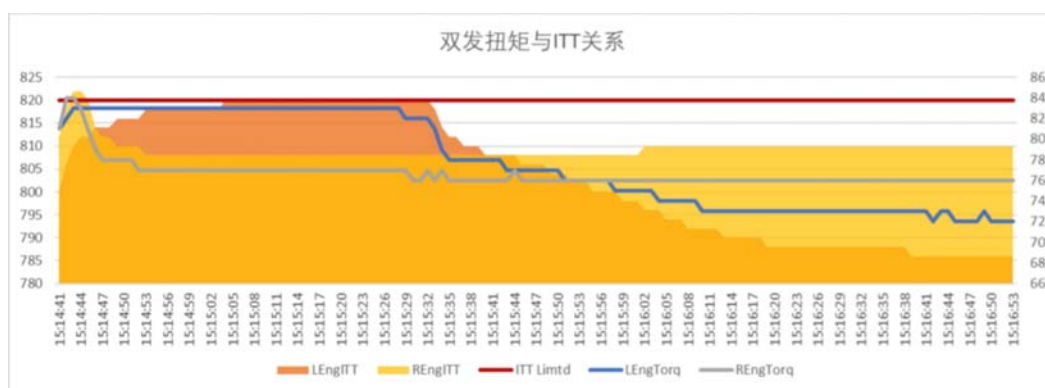


图 26: 扭矩和 ITT 关系

在爬升初始阶段,机组将双发油门同时推至扭矩 82%-84%之间,但是由于右发扭矩上升较快,ITT 瞬时超温,副驾驶此时提醒机长“(ITT)超了、超了”。机长随即收回右发油门杆以降低 ITT 温度。然后让右发维持在扭矩 77%,ITT 温度 810℃的状态。此时左发 ITT 逐渐上升至 820℃,并在仪表显示为警示性颜色,机长随即收回左发油门杆,使左右两侧扭矩显示基本一致。因为操作时机长是同时握持两个油门杆,所以右发扭矩也出现了一个小幅波动。此时双发扭矩数值基本一致。而因左发油门杆是从高功率位降回,在扭矩的表现上具有一定的滞后性,所以左发扭矩继续下降并最

终维持在 73%左右, ITT 降至 785℃左右。综上所述, 飞机此时还有一定的剩余功率, 在性能上与满功率飞行存在一定差距。

在自动驾驶断开前的 5 秒之内, 飞机出现了坡度为正值(右坡度)而航向数值却逐渐减小(机头左转)的与正常情况相矛盾的现象。根据对此时飞机空速、姿态以及发动机扭矩的分析, 可以判定, 此时飞机处于严重结冰且临界失速的状态, 机翼上的升力已经无法为飞机提供转弯向心力, 左侧机翼首先进入临界迎角, 升力减小的同时, 阻力增加, 创造了飞机机头向左侧滚转的条件; 而此时飞机右发扭矩略大于左发扭矩 3%-4%, 不对称的扭矩加大了飞机机头向左滚转的力矩, 也为飞机随后失速进入左螺旋提供了一定的触发条件。

飞机在严重结冰条件下大功率爬升过程中, 出现姿态增大、空速下降、横侧摇摆、高度损失等现象的时候, 机长未能意识到飞机处于临界失速状态, 没有第一时间选择改变飞机姿态、下高度、增加功率等改变飞机性能的动作, 而是先让副驾驶要航向, 继续作业。另外, 机长决定下高度时机偏晚, 且指令不明确, 在副驾驶向管制员申请下高度时飞机已经失速。

另外, 紧急情况时, 飞机的通话和操作可以由机长一人完成, 来保证通信效率。失速前, 机长仍然指挥副驾驶通信, 且指令不明确, 客观上浪费了处置的时间, 说明机长在失速前, 一直未意识到飞机当时积冰的严重程度及可能带来的危害。

在获得管制员改变高度的许可之前, 且飞机状态不断恶化的情况下, 机长未能作出偏离管制指令而改善飞机状态的决策, 也未及时向管制员宣布紧急状况。

2.4.2 机组除防冰使用分析

飞行中, 机组全程未通过改变螺旋桨转速来为螺旋桨除冰, 共进行 10 次翼面/舵面除冰操作。15:14:16, 机组最后一次进行除冰操作, 2 分 33 秒之后飞机失速。无证据表明飞机防除冰系统存在故障, 飞机因结冰造成的性能下降与机组在最后阶段未使用防除冰系统有关。

2.4.3 失速及螺旋的处置分析

飞机进入螺旋和自动驾驶断开初期, 因为仰角很大, 机组施加给升降舵的力使升降舵角度变小, 但是由于飞机迅速进入俯角状态, 升降舵角度又再次上升, 之后升降舵角度处于波动状态, 随后飞机升降舵配平开始向低头力矩持续移动, 升降舵角度先是持续在最大值, 后又持续波动, 在坠毁前又回到最大值范围。具体见图 27 所示。

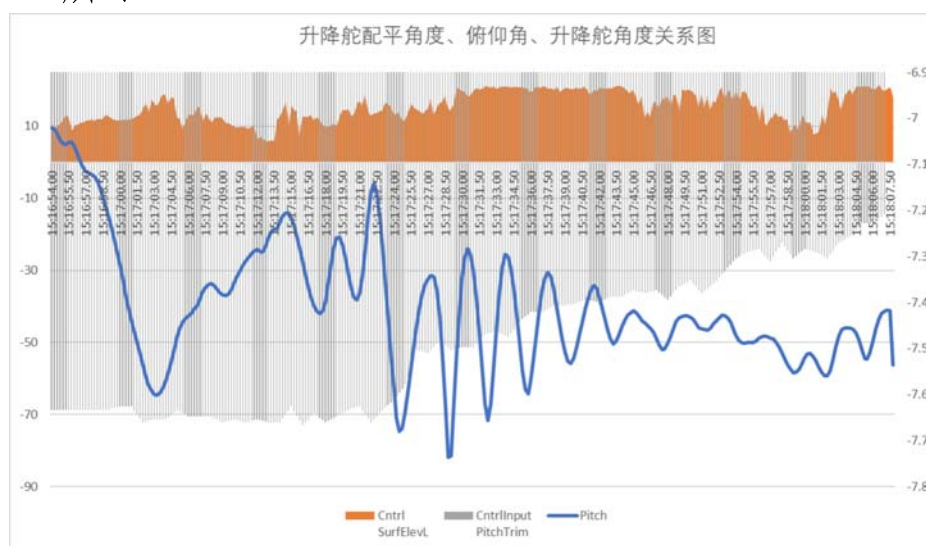


图 27: 飞机升降舵配平角度、俯仰角和升降舵角度关系

从飞机的滚转和副翼的角度关系可以看出, 机组在螺旋阶段一直在按照常规姿态的处置操作在努力控制飞机, 即飞机向左滚

转并带左坡度时，压右盘；飞机向右滚转并带右坡度时，压左盘。如图 28 所示。

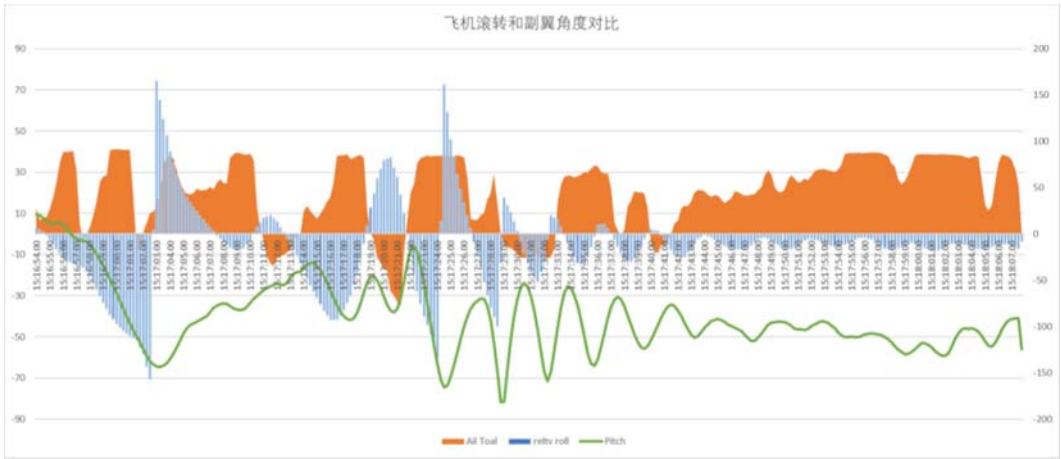


图 28：飞机滚转和副翼角度对比图

在进入螺旋之后，升降舵角度变小有利于空速的增加，而每次空速的增加，都伴随着升降舵角度的再次增加。如图 29 所示。



图 29：空速、升降舵和俯仰角关系图

从发动机数据看，整个螺旋过程中，发动机一直处于最大功率运转，发动机扭矩不断上升，ITT 持续小幅平稳下降，燃油流量持续平稳上升，此现象符合油门杆位置不变，高度降低后，发动机参数的变化规律。如图 30。

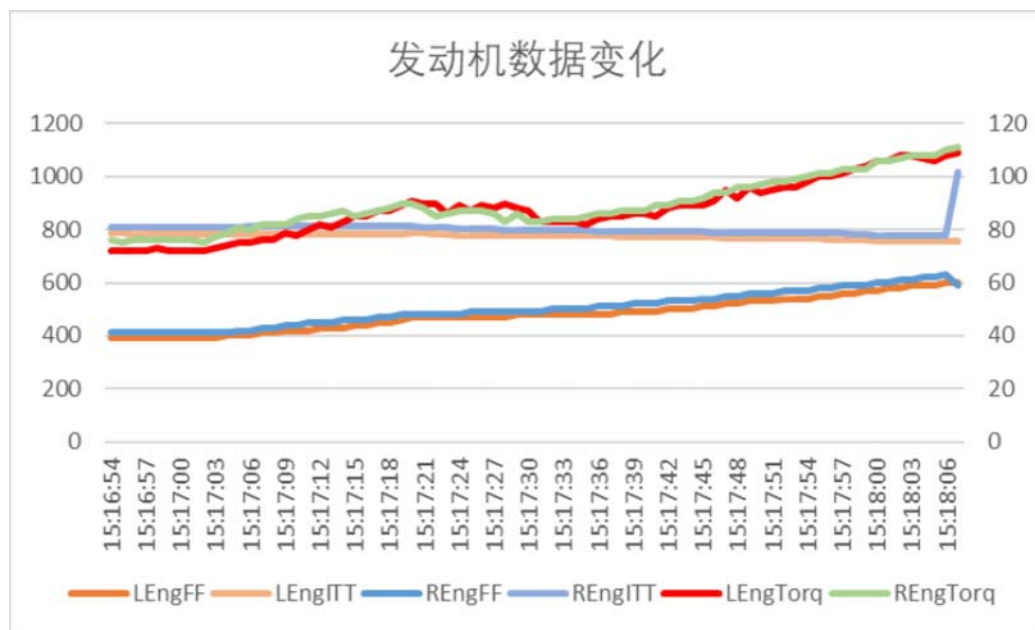


图 30: 发动机数据变化情况

数据记录的最后时刻，右发 ITT 突然升高，燃油流量出现下降，螺旋桨转速突然从 1730 转/分钟下降至 415.625 转/分钟。

综上可以判断，机组在进入失速及螺旋状态后，未按照《飞机飞行手册》推荐的螺旋改出操作动作进行改出。

2.4.4 机组资源管理 (CRM) 分析

根据舱音记录和飞行数据记录，起飞前机组在明知本次飞行会进入积冰条件的情况下，未执行除防冰系统的检查。机组在飞行中观察到积冰严重的情况下，依然让气象人员继续作业。在飞机不能上升高度时，未能识别出飞机性能严重变差的安全风险。在失速螺旋处置期间，副驾驶忙于通讯，机长也未制止。机组在特情处置过程中几乎没有任何的沟通，不能打破个体可能存在的注意力单通道。机组既未宣布紧急状态 (MAYDAY 或 PANPAN)，也

未向管制员报告具体所处恶劣状况, 未能保障特情处置时的免受干扰和可能的外部帮助。

综合分析, 机组对于机组资源管理意识还较为薄弱, 不能利用科学的方法和手段, 及时识别飞行中的威胁和差错, 使安全风险处于可控水平。

2.5 管制员操作分析

事发管制员未能识别出高度显示“INV”和雷达标牌消失, 所反映出飞机可能处于特情的情形, 在机组声音变化和报告“处理一下特情”时, 仍在持续询问机组下高度意图。

在无法联系航空器后, 管制员按应急预案与相关单位沟通, 并向民航各相关单位和江西省应急管理部门进行通报。

2.6 生存因素分析

根据飞行记录器译码数据, 计算从飞机失速到记录结束, 平均下降率约 12000 英尺/分钟。

根据现场勘查及飞机残骸分布情况综合判断, 飞机是以较大俯角、高速撞击残骸主建筑物, 现场发生起火, 导致机上 5 人当场死亡。

2.7 组织管理分析

2.7.1 公司安全管理分析

经查, 公司安委会对安全工作和问题未进行全面闭环管理, 驻外运行检查计划性不足, 飞行前准备情况管控力度不够; 接收

事发飞机不规范, 缺少 BE300 航空器的基本空重和平衡表等必要数据, 机务人员也未按照公司《飞行运行手册》12.3.3 规定在起飞前进行重心计算; 实际使用任务书版式与《飞行运行手册》不相符, 缺少飞机载重平衡相关数据内容; 相关手册未及时修订、更新和报批; 公司安全管理人员配备数量跟不上公司运营规模的发展, 影响了公司对于一线运行的安全风险和安全隐患的辨识和管控。

总体上, 公司安全管理存在系统性、规范性不足的问题, 与一线运行安全风险管控有脱节现象。

2.7.2 人工增雨作业风险及隐患管理分析

在该事件中飞行机组为了满足人工增雨作业气象人员的环境目标需求, 在结冰条件下较长时间飞行, 减小了作业飞行时的安全裕度, 增加了此类作业的安全风险。

经对公司相关手册的查阅, 发现公司未制定事发机型有关人工增雨作业的作业规程或风险管控措施, 导致该机型人工增雨作业过程中, 机组没有有效的风险管控措施可以遵循。

说明公司未能针对事发机型人工增雨这一特定作业开展有效的风险评估, 属于公司在该风险管控的缺失, 构成安全隐患, 公司也未能及时识别和消除该隐患。

2.7.3 公司手册管理分析

北大荒通航《91 部运行规范》航空器清单中包含了事发航空器, 但《91 部运行规范》D003 “航空器维修管理与实施” 中和 E001 “重量与平衡控制程序” 均未包含该机型。

北大荒通航接收飞机后至事发当日, 缺少事发航空器的基本空重和平衡表等必要数据, 特别是缺少加装设备后的飞机重量和重心等的准确数据, 飞行员依照非准确数据进行载重平衡及性能计算存在运行风险。

公司接收航空器至事发当日已超 3 年, 《运行规范》《飞行运行手册》和《KA350ER 飞机飞行手册》多处关键内容长期缺失, 调查组访谈时了解到, 北大荒通航未对手册进行有效评审。

3. 结论

3.1 调查发现

- (1) 人员资质符合要求。
- (2) 事发前赣州机场天气适航。
- (3) 事发飞机“三证”齐全, 有效。
- (4) 事发飞机于 2018 年 5 月 25 日取得补充型号合格证。
- (5) 没有证据表明机组事发前存在饮酒或使用违禁药物情况。
- (6) 没有证据表明, 事发前飞机存在机械故障。
- (7) 气象分析表明, 事发前飞行区域及附近云层均匀, 为层状云, 温度约 -11.7°C , 存在结冰可能性大值区。
- (8) 事发前, 机务人员未根据公司《飞行运行手册》要求计算出重心位置, 并在航空器履历本中做好记录。
- (9) 事发前, 机组未执行除防冰系统的检查。
- (10) 飞机巡航阶段出现结冰, 机组实施 10 次除冰操作。
- (11) 飞机机翼和螺旋桨出现严重结冰后, 失速进入螺旋状态。
- (12) 坠机前 3 分钟, 机组未实施除冰操作。
- (13) 飞机进入螺旋后, 机组未按照事发飞机飞行手册推荐的螺旋改出操作动作进行改出。
- (14) 飞机坠地后发生起火爆炸。
- (15) 机上 5 人遇难, 地面 1 人轻伤。
- (16) 未发现当事机长接受过螺旋的进入与改出的训练记录。

(17) 北大荒通航接收事发飞机时, 未从原托管方获得改装后航空器的载重平衡等数据文件。

(18) 北大荒通航安委会对安全工作和问题未进行全面闭环管理, 驻外运行检查计划性不足, 飞行前准备情况管控力度不够。

(19) 北大荒通航的《KA350ER 飞机飞行手册》, 缺少基本空重和平衡表等必要数据。

(20) 公司未能针对事发机型人工增雨这一特定作业开展有效的风险评估, 构成此风险管控安全管理方面的安全隐患, 公司也未能及时识别和消除该隐患。

(21) 北大荒通航未对《运行规范》、《飞行运行手册》和《KA350ER 飞机飞行手册》等手册进行有效评审。

3.2 调查结论

经调查, 导致该事故的原因是: 事发飞机在实施人工增雨作业过程中长时间在结冰条件下飞行, 出现机翼和螺旋桨严重结冰, 机组未能对飞机结冰风险进行有效控制, 进而飞机失速并进入螺旋, 最终坠地起火。根据人员伤亡和飞机受损情况, 该事件构成一起机组原因的通用航空较大事故。调查还发现事发飞机经过改装后相关数据资料不全、机组螺旋改出操作动作不规范等问题。

4. 安全建议

4.1 对北大荒通航

(1) 建议公司结合三年专项整治方案,完善公司安全管理制度,加强安全管理人员力量,全方位提升公司安全管理、风险识别和隐患排查能力水。

(2) 建议公司进一步开展包括人工增雨作业在内的特种作业的风险识别、风险评估,根据人工增雨作业的特点,制定有关人工增雨作业的标准操作程序,及时和消除此作业相关的安全隐患。

(3) 建议公司加强手册管理的规范性,及时完善更新《运行规范》《飞行运行手册》其他相关手册。

(4) 建议公司依据《航空器驾驶员训练指南-复杂状态预防和改出训练》(AC-91-30)文件要求,加强复杂状态预防及改出训练,尤其在避免深度失速和进入螺旋方面,开展相应的特情训练。

4.2 对江西空管分局

建议中国民用航空华东地区空中交通管理局江西分局对南昌区调管制员进行空中航空器特情相关知识的培训,提高管制员特情处置的管制服务水平。