

The Research and Analysis of the Causes of Stall Accidents/Events of Airbus Series Aircraft Based on AD and SB

Yan Su¹, Yong Wang¹, Zhiqiang Zhao², Zhanwen Qu², Jinjun Wang¹, Xuerui Liang¹

¹Civil Aviation Institute, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing Jiangsu

²Aircraft Airworthiness Certification Centre of Shanghai, Civil Aviation Administration of China, Shanghai
Email: suyannj@nuaa.edu.cn

Received: Feb. 10th, 2019; accepted: Feb. 24th, 2019; published: Mar. 4th, 2019

Abstract

This paper collects reports of unsafe incidents in the stalls of Airbus series aircraft at home and abroad in recent years. According to the airworthiness directive issued by EASA and the service announcement issued by Airbus, this paper analyzes them. It is hoped that through the analysis of this report, the potential non-safety status and problems of the Airbus series aircraft stall systems will be found, and suggestions for improving the safety of flight operations are proposed.

Keywords

Airbus Series Aircraft, Stall, Airworthiness Directive, Service Bulletin

基于AD与SB空客系列飞机失速事故/事件原因研究分析

苏艳¹, 王勇¹, 赵志强², 屈展文², 王晋军¹, 梁学瑞¹

¹南京航空航天大学民航学院, 江苏 南京

²中国民用航空上海航空器适航审定中心, 上海

Email: suyannj@nuaa.edu.cn

收稿日期: 2019年2月10日; 录用日期: 2019年2月24日; 发布日期: 2019年3月4日

摘要

飞机失速对飞行安全具有重要影响, 研究分析空客系列飞机失速系统设计特点及相关适航符合性问题,

文章引用: 苏艳, 王勇, 赵志强, 屈展文, 王晋军, 梁学瑞. 基于 AD 与 SB 空客系列飞机失速事故/事件原因研究分析[J]. 国际航空航天科学, 2019, 7(1): 11-16. DOI: 10.12677/jast.2019.71002

对提高现役飞机和新研制飞机的飞行运行安全具有重要意义。为降低飞行失速事件和事故率, 本文研究 EASA 发布的适航指令以及空客公司发布的服务通告, 分析近年来国内外空客系列飞机在失速方面发生的不安全事件和事故, 给出空客系列飞机失速系统潜在的不安全影响因素, 针对不安全影响因素提出新研制飞机失速系统适航符合性设计建议, 以提高飞机运行安全。

关键词

空客系列飞机, 失速, 适航指令, 服务通告

Copyright © 2019 by authors 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

在危及飞行安全的各种因素中, 失速是对飞机飞行安全的重要影响因素之一, 许多飞行事故都是由进入失速引起的[1]。有数据表明, 大约 52% 的通用航空事故中与失速有直接的关系[2]。飞机失速是飞机迎角超过临界迎角, 机翼升力面出现严重的气流分离, 导致飞机升力骤然下降, 阻力急剧增大的现象。伴随着飞机失速, 还会出现抖振, 操纵杆、脚蹬抖动, 并出现非指令性的转动, 如机翼下坠, 机头上仰, 俯仰震荡等现象[3]。

空客飞机在中国市场中占比有着绝对的优势。在中国内地运营的空客飞机达到 1533 架, 约占中国内地 100 座级以上现役飞机总数的一半, 其中包括 1305 架 A320 系列飞机、208 架 A330 系列飞机, 其余为 A380 飞机、货机和空客公务机等, 约占市场份额 47.01% [4]。研究分析空客系列飞机失速系统设计特点及相关适航符合性问题, 发现空客系列飞机失速系统潜在的非安全状态和问题, 提出飞机失速系统适航符合性设计的建议, 对提高现役飞机和新研制飞机的飞行运行安全具有重要意义, 目前国内还缺少这方面的研究。研究与之相关的适航指令是发现和避免飞机失速系统可能存在问题的有效手段。

本文通过研究欧洲航空安全局 (European Aviation Safety Agency EASA) 颁布的适航指令 (Airworthiness Directive AD) (对应中国民用航空局发布的 CAD) 以及空中客车公司颁布的服务通告 (Service Bulletin SB), 从近年来国内外空客飞机实际运行中所发生的失速事故和事件的文件中, 分析导致失速事故的因素以及环境条件, 以便提出飞机失速系统适航符合性设计的建议。

2. 基于 AD 的空客系列飞机失速事故/事件原因分析

收集空客系列飞机失速相关 AD [5] (和 CAD [6]) 文件, 并对失速相关 AD 文件进行了研究分析, 发现空客系列飞机失速事件/事故的主要影响因素有 6 类: 1) 恶劣环境原因; 2) 磨损裂纹; 3) 迎角探头问题; 4) 皮托管故障问题; 5) 空速源差异问题; 6) 设备故障问题。对收集的 29 份空客系列飞机失速相关 AD 文件进行统计分析, 统计分布如图 1 所示。由图 1 可见, 迎角探头出现的问题最多, 达到了 11 起故障; 其次是恶劣环境原因引起的故障(事故), 共计有 8 起; 设备故障问题有 6 起; 磨损裂纹、皮托管故障问题、空速源差异问题引起的故障(事故)均为 4 起。

对收集到的 AD 文件进行研究分析, 发现迎角探头出现的问题最多, 具体问题主要体现在: 1) 迎角 - 风标位置解算器的静子和转子部件之间有残余滑油造成迎角数据不准确, 这种残余滑油是由于在迎角解算器制造过程中机械加工滑油不正确的清洁造成, 低温时残余滑油变粘(典型的如在巡航时), 引起迎角风

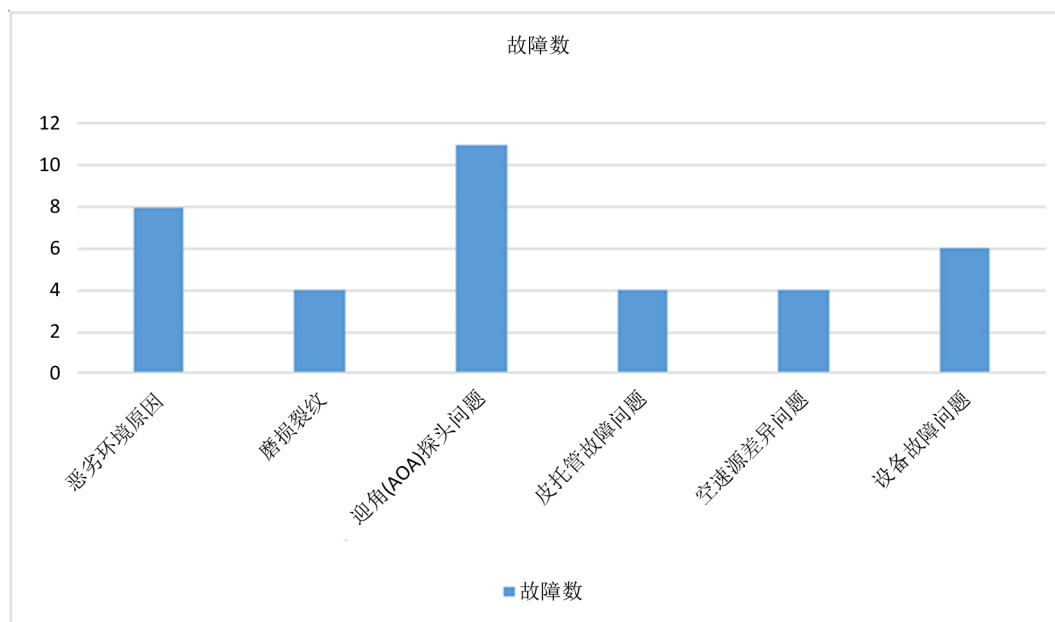


Figure 1. Statistical analysis of stall events/accident causes of airbus series aircraft based on AD
图 1. 基于 AD 的空客系列飞机失速事件/事故原因统计分析

标的指针移动；2) 飞机装有某些 UTC Aerospace 公司的迎角传感器、或者某些 SEXTANT/THOMSON 公司的迎角传感器，比起最新的 Thales 迎角传感器在不良环境条件下更敏感，导致在严酷天气条件下空速指示有差异；3) 迎角探头的锥形盖板导致堵塞。而恶劣环境条件、严重结冰条件等环境可能出现以下问题：1) 飞机长时间暴露在超出审定范围的严重结冰条件下，导致飞机失控；2) 飞机上安装的 Thales Avionics 皮托管探头比安装的 Goodrich 皮托管探头显得对不利环境条件更为敏感，导致空速指示差异；3) 大翼油箱压力活门由于水汽积聚在其外侧部件上而发生结冰，从而引发虚假的低压力指示；4) 在发动机推力下降时，发动机风扇或第一级压气机上的常规结冰或冰晶增加，当发动机加速时可变引气活门关闭，这些冰会脱落进入发动机的核心机内，吸入的冰会增加水/空气的比率，致使发动机熄灭，从而带来不安全事件/事故。设备故障问题主要有：1) 由于防失速活门衬套的不适当安装引起的冲压空气涡轮(RAT)泵失效；2) 机翼前缘防冰笛型管端盖(Anti-icing Piccolo Tube End Cap)缺失和损坏；3) 由于水分侵入滚珠螺母，导致水分结冰时滚珠转接管路发生卡阻引气 THSA 的滚珠螺母处松脱；4) 由于机翼防冰系统笛形管(piccolo tubes)制造缺陷引气不易被探测的机翼严重结冰；5) EEC 部件内部一些钽电容器短路；6) 3号肋处排水系统(WSS)可能出现结冰，导致发动机出现瞬间燃油流量限制，导致 EPR (发动机增压比)瞬间降低，可能会引起发动机失速。

此外，磨损裂纹与皮托管故障问题也是发生失速的因素之一。磨损裂纹主要存在以下几种情况：1) 活塞杆内腔积水可引起结冰，成为对活塞杆材料造成强大环向拉伸应力的潜在来源，进而导致在活塞杆上形成纵向裂纹的扩展，这种情况如不及及时发现并纠正，可在着陆或滑出时导致主起落架失效，进而导致飞机受损及乘客受伤；2) RVDT 齿轮箱轮齿和驱动齿圈的磨损是由于润滑脂中的金属碎屑磨蚀造成的，来自受腐蚀区域的金属碎屑在转动衬套正常润滑过程中被带入润滑脂中，润滑脂中含水可使润滑脂结冰，从而导致齿轮箱卡阻，这种情况如果得不到纠正可导致飞机偏离转弯方向，并且/或使主接头筒体中的腐蚀扩散不受控；3) 活塞杆内部空间积水并结冰，是杆材料中产生潜在高强度环向拉伸应力的来源，并导致纵向裂纹沿活塞杆体扩展，如果不检查并纠正这种状况，可能导致主起落架在着陆或滑出期间失效，飞机和人员会随之受到损坏和伤害；4) 按照 SB A300-53-6029 R08 执行的超声波检查无法可靠的检查出

向下扩展的深裂纹,这一状况,如果不能发现并纠正,会降低机身的结构完整性。皮托管存在的故障问题主要有以下几种情况:1)皮托管有缺陷,导致低电流探测系统有可能无法探测到皮托管加温电阻的失效状况,也无法探测出由于电阻不在标准范围内造成的不能正确提供皮托管防冰的故障;2)皮托管加热器电阻发生对地短路。皮托管的防冰性能将会降低,引气空速指示不可靠;3)在极端的结冰条件下,皮托管可能导致错误的空速指示;4)由于设备制造时出现了受影响接头的扭矩错误,导致皮托管探头上的空气快速断开接头出现松动现象,空速源出现差异时会出现空客 A330 或 A340 飞机的飞行控制将转换到备用法则,自动驾驶(AP)和自动推力(A/THR)自动断开,且飞行指引(FD)条自动移走,然而,有时候 AP 指令不恰当,例如可能突然给出过大的俯仰指令。

3. 基于 SB 的空客系列飞机失速事件/事故研究分析

收集空客系列飞机失速相关的 SB [7]文件,对收集的 33 份相关 SB 文件进行了研究分析,得到空客公司针对飞机失速事件/事故的调查后发布的服务通告包括事故原因以及预防改善措施分别体现在以下 7 个方面:1)迎角传感器问题;2)混合迎角配置飞行;3)暂停安装迎角圆锥版;4)磨损/裂纹/腐蚀;5)环境影响;6)更新标准;7)可配平水平安定面(THS)执行器故障。对收集的 33 份空客系列飞机失速相关 SB 文件进行统计分析,统计分布如图 2 所示。由图 2 可见,更新标准类报告发布最多,共发布了 16 次;其次是迎角传感器问题和磨损/裂纹/腐蚀问题,均发布了 8 次报告;可配平水平安定面(THS)执行器故障发布了 4 次报告。暂停安装迎角圆锥版发布了 3 次。混合迎角配置飞行和环境影响均发布了 2 次报告。由此我们可知更新标准是非常重要的一项预防和改善飞机发生失速事件的措施,同时迎角传感器问题和部件的磨损裂纹腐蚀是较为严重的故障类问题。

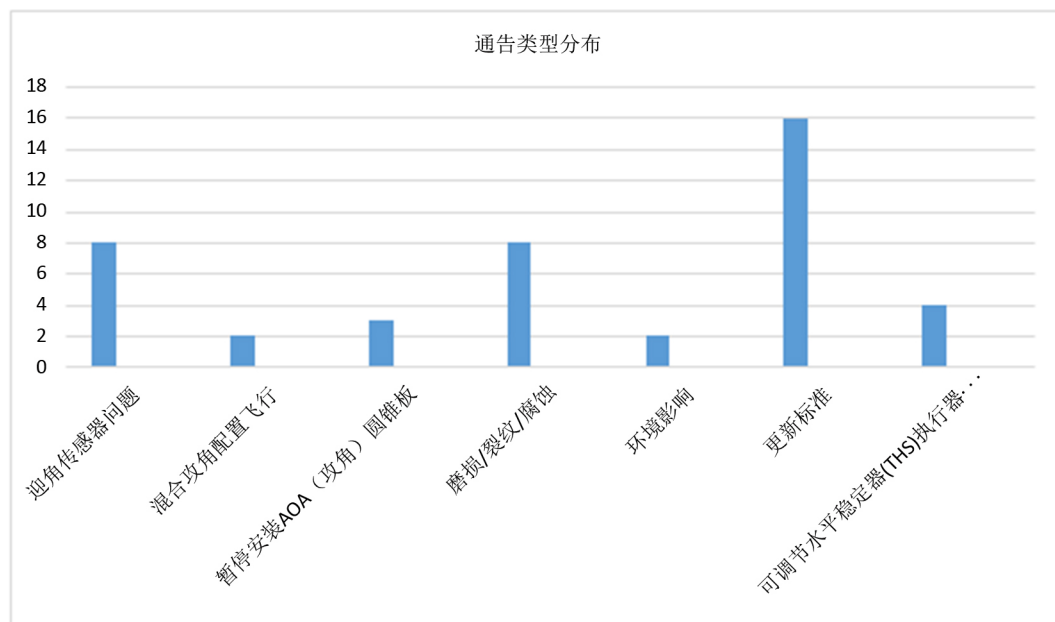


Figure 2. Statistical analysis of SB files related to stalls of airbus series aircraft

图 2. 空客系列飞机失速相关 SB 文件统计分析

研究分析发现,更新标准类服务通告发布频率最高,主要体现在:1)更新了飞行控制主计算机(FCPC)标准使得飞机在未检测到错误的无线电高度(RA)信息的情况下改善飞行器行为;2)更新了新的飞行控制主计算机(FCPC)标准来改进迎角监测;3)为了改进迎角监视,开发出新的飞行控制主计算机标准;4)为

了防止在大气数据/惯性基准单元(ADIRU)输出不稳定时飞机出现异常行为,重新定义了飞行控制主计算机(FCPC)2K2 硬件上的新标准 W12; 5) 为了将新发动机选件(NEO)调节用于飞行控制和当前发动机选件(CEO)改进,更新了了新升降舵副翼计算机系统(ELAC)标准(STD)。迎角传感器问题主要包括以下几个方面: 1) 加热元件的老化问题; 2) 迎角数据在飞行中的生产测试中的不准确性; 3) 改善冰晶环境下对迎角传感器的保护以满足结冰适航规定的符合性。磨损/裂纹/腐蚀问题主要由于: 1) RVDT 齿轮箱(5104GC/5105GC)的前起落架(NLG)齿轮环上的轮齿出现了磨损,同时,在 NWS 旋转套筒下发现了镀铬剥落和 NLG 主配件筒的大面积腐蚀; 2) 主起落架收放作动筒的活塞杆断裂; 3) 在全尺寸疲劳试验期间,在 FR47 左右上半径 48,000 次模拟飞行中发现裂缝。环境影响因素同样严重威胁到飞机的运行安全,主要体现在: 1) 恶劣天气条件下引起的发动机熄火; 2) 大量降雨条件下飞行时引起空速差异。此外,可配平水平安定面(THS)执行器的故障也是导致飞机失速的潜在因素。在可配平水平安定面(THS)执行器有一个滚珠螺母,它形成主要负载路径,螺母作为辅助负载路径。两者都在螺杆轴上运行。如果主负载路径发生故障,负载将转移到辅助负载路径。当加载辅助螺母时,由于材料特性,钛螺母和钢螺钉之间的摩擦力增加。THSA 辅助螺母如若不能按预期锁定 THSA,而是继续以高摩擦力运行。这会导致螺钉和辅助螺母损坏。如果 THSA 效率降低,则飞行控制主计算机(FCPC)检测次级负载路径的操作,使得超过位置误差监视阈值。如果这种情况仍未检测到,则主要负载路径故障可能导致螺钉和辅助螺母损坏,并且在极端情况下,导致执行器故障。为了改善迎角圆锥板对迎角传感器的影响,预防迎角传感器出现问题,空中客车发布公告要求暂停根据 OIT 编号 999.0086/12 安装 AOA (迎角)圆锥板,此改装要求去除圆锥板,并安装平板。此外,还需要更换存放在 2 号飞行套件中的 3 个迎角传感器保护罩。为了飞机迎角传感器工作的准确性与精确性,发布了服务通告允许航空公司以混合迎角配置飞行,提高飞机飞行安全。

4. 失速系统适航符合性设计建议

根据研究分析 EASA 颁布的 AD 以及空中客车公司颁布的 SB 文件,可以发现空客飞机失速事故/事件原因主要体现在迎角探头、皮托管、齿轮箱等设备在发生老化、磨损、恶劣环境等情况下发生故障,造成迎角数据不准确、空速指示错误、齿轮箱卡阻等一系列问题。

根据以上研究分析,针对新研制飞机失速系统适航符合性设计,提出以下建议:

1) 对于在位置分向器的定子和转子零部件之间有滑油剩余的 AOA 传感器导致的飞机的迎角(AOA)数据不精确,要求更换为安全状态的 AOA 传感器。

2) 对于 A330 和 A340 系列飞机由于 AOA 探头阻塞而导致迎角保护,要求修正相应的飞机飞行手册程序。

3) 对于迎角传感器(AOA)堵塞的事件。需要运用新的飞行控制主计算机(FCPC)软件标准和升降舵副翼计算机(ELAC)标准来增强对迎角 AOA 的监控。

4) 对于已安装的皮托管探头在不利环境条件下表现的更为敏感,导致在严酷天气条件下空速指示有差异的事件。需对飞机更换为经受恶劣环境下的表现鲁棒性更好的皮托管探头。

5) 对于当空速源之间有显著差异时, A330 飞机的飞机控制转换到备用逻辑的情况,要求更新安装空客公司开发的新的主飞行控制计算机(FCPC)软件标准,将禁止在空速信息不可靠条件下接通自动驾驶。

6) 对于在发动机小推力下降时,发动机风扇上的冰脱落进入发动机的核心机内。导致增加水/空气的比率,致使发动机火焰熄灭的情况,颁布了紧急适航指令强制有关操作程序,要求在严酷的天气条件下,飞机下降时增加发动机燃油/空气比率。

7) 对于防失速活门衬套的不适当安装引起的冲压空气涡轮(RAT)泵失效情况,要求检查以确保 RAT 防失速活门在泵座体中的安装正确,并做 RAT 地面功能测试,根据结果采取相应的纠正措施。

8) 对于可配平水平安定面作动筒(THSA)的滚珠螺母处松脱的情况,要求对在役飞机的所有件号 P/N 的 THSA 重复检查,并润滑和更换故障型号的 THSA。

9) 对于配备 Trent700 发动机飞机存在燃滑油热交换器(FOHE)接口的燃油流量被冰限制的风险,要求对 FOHE 进行重新设计,使得它能容纳更多的冰。并要求安装在所有 Trent 700 发动机。

10) 对于主起落架出现活塞杆内腔出现积水结冰和裂纹,要求强制使用新设计的无通气孔的空心活塞杆,以避免潮气的进入,同时进行详细目视检查以及对活塞杆全长进行一次超声波纵向和环向检查以确保活塞杆整个内部的任何部分不存在严重腐蚀。

11) 对于润滑脂中的金属碎屑磨蚀造成的旋转变量差异传感器(RVDT)齿轮箱轮齿和驱动齿圈的磨损。要求对前轮转弯系统转动衬套下进行检查以确认是否有腐蚀。对转弯环进行额外的封严工作和加装新的转弯环和衬套以改善润滑。

12) 对于发现 47 框上部半径范围(upper radius)有裂纹萌生的情况,要求对 A300-600 飞机,按照空客公司 SB A300-53-6029 R12 的要求,对左侧和右侧机身 47 框前接头上部半径范围进行一次特殊详细检查。

13) 对于皮托管加热器电阻发生对地短路导致空速指示不可靠事件,要求更新使用新的 ECAM SGU 标准 W32。

5. 结论

本文通过对欧洲航空安全局(EASA)颁布的适航指令(AD)以及空中客车公司颁布的服务通告(SB)进行研究,统计分析了近年来国内外空客飞机实际运行中所发生的失速事故和事件,给出了其中导致失速事故的影响因素,并提出了飞机失速系统适航符合性设计的建议,为新研制飞机失速系统适航符合性设计提供参考。

基金项目

2016 年民航安全基金项目“空客飞机失速保护系统设计符合性研究”。

参考文献

- [1] 王勇, 王岩乐, 梁远东. 民用飞机失速试飞研究[J]. 科技创新导报, 2013(1): 1-1.
- [2] Aircraft Owners and Pilots Association. Air Safety Institute 2010. Aircraft Owners and Pilots Association, America.
- [3] 马乔兵, 任剡. 飞机失速告警系统发展技术综述[J]. 西安航空学院学报, 2012, 30(1): 1-1.
- [4] 北京. 中国报告网[EB/OL]. <http://baogao.chinabaogao.com/banyunshebei/385158385158.html>, 2018-12-03.
- [5] European Aviation Safety Agency. Airworthiness Directive. European Aviation Safety Agency, Belgium.
- [6] 中国民用航空局. 适航指令[R]. 北京: 中国民用航空局.
- [7] AIRBUS. Service Bulletin. AIRBUS, France.