

DOI: 10.19416/j.cnki.1674-9804.2019.02.017

# 民用飞机飞控通电自检测安全性研究

## Flight Control PBIT Safety Analysis for Civil Aircraft

李 棋<sup>1</sup> 薄珊珊<sup>2</sup> 张明峰<sup>1</sup> 王晓梅<sup>1</sup> / LI Qi<sup>1</sup> BO Shanshan<sup>2</sup> ZHANG Mingfeng<sup>1</sup> WANG Xiaomei<sup>1</sup>

(1. 上海飞机设计研究院, 上海 201210; 2. 上海航天智能装备有限公司, 上海 201112)

(1. Shanghai Aircraft Design and Research Institute, Shanghai 201210, China;

2. Shanghai Aerospace Intelligent Equipment Co., Ltd., Shanghai 201112, China)

### 摘 要:

民用飞机飞控通电自检测安全性分析周期假设为 20 FH (Flight Hour, 飞行小时), 不能覆盖 24 h, 飞机全天利用率高, 在下次执行飞控通电自检测之前可能会出现飞控通电自检测过期告警。为了提高飞机维修性, 有必要对飞控通电自检测安全性进行研究。通过建立飞控系统失效条件关联的故障树并更新飞控通电自检测的暴露时间, 在符合飞控系统 I~IV 类失效条件等级故障概率要求和千分之一判据情况下, 安全性分析结果表明飞控通电自检测周期可以提高到 30 FH。

**关键词:** 通电自检测; 安全性分析; 民用飞机

**中图分类号:** V233.7

**文献标识码:** A

**OSID:**



[Abstract] By safety analysis, the interval time of flight control PBIT (power-up built-in test) for civil aircraft is supposed as 20 FH (Flight Hour), which can not cover 24 hours. If the utilization rate of aircraft is high in a whole day, a FLT CTRL PBIT EXPIRED message may be displayed before doing flight control PBIT test next time. To improve the maintenance performance of aircraft, it is necessary to have a safety analysis for flight control PBIT. The safety analysis result shows that it can improve the interval time of flight control PBIT as longer as 30 FH by means of building fault trees of related flight control failure condition and updating exposure time of flight control PBIT events, and under the failure probability requirement of category I~IV flight control failure condition and 1 in 1000 criterion.

[Keywords] power-up built-in test (PBIT); safety analysis; civil aircraft

## 0 引言

民用飞机飞控通电自检测安全性分析周期假设为 20 FH (Flight Hour, 飞行小时, 缩写为 FH), 不能覆盖 24 小时, 理论上飞机全天上电运行 (利用率高) 可能在下次执行飞控通电自检测 (每天航前第一次上电要求执行飞控通电自检测) 之前会出现飞控通电自检测过期告警。为了提高飞机维修性, 有必要对飞控通电自检测安全性进行研究, 目的是提高飞控通电自检测周期。

## 1 条款要求

为了符合 CCAR25.1309 和 CCAR25.671(c)(2)<sup>[1]</sup>

的安全性评估要求, 需要表明通过飞控通电自检测功能探测且影响 I、II、III 和 IV 类飞控失效条件的隐蔽故障需要满足飞控失效条件等级故障概率要求。失效条件的影响等级与失效概率之间的关系<sup>[2-3]</sup>见表 1。

表 1 失效条件的影响等级与失效概率之间的关系

影响等级	允许的定量概率: 每飞行小时的平均概率
灾难的 (I)	<1.0E-9
危险的 (II)	<1.0E-7
较大的 (III)	<1.0E-5
较小的 (IV)	<1.0E-3
无安全性影响 (V)	无概率要求

根据 AC/AMJ25.1309 草案特殊风险判据<sup>[4]</sup>,通过飞控通电自检测功能探测且影响 I 和 II 类飞控失效条件的重要隐蔽故障需要满足专用条件千分之一判据。千分之一判据是指在飞控系统发生任一单故障(不管其概率大小)后,与该故障组合发生时能够阻止继续安全飞行和着陆的任一附加故障状态(后来的或之前存在的)的发生概率必须小于千分之一(1.0E-3)。如果发生单故障,这个附加要求保证存在最低安全水平的安全性。符合本要求的概率

计算应考虑最坏情况的概率,即  $p = \lambda t$ ,而不是平均概率  $p = \lambda t/2$ 。

## 2 安全性分析

在飞控系统安全性分析报告故障树结构基础上<sup>[5]</sup>,对通电自检测关联底事件暴露时间由 20 FH 更新为 30 FH 并更新关联的固定模型事件故障概率。

主飞控系统 I ~ IV 类失效条件的符合性见表 2。

表 2 主飞控系统 I ~ IV 类故障失效条件验证矩阵

功能	危险说明	功能危险编号	影响等级	概率要求	故障树索引	通电自检测关联底事件暴露时间为 20 FH 的故障概率/FH	通电自检测关联底事件暴露时间为 30 FH 的故障概率/FH	备注
滚转控制功能	丧失两个副翼滚转控制功能或丧失单个副翼且丧失所有多功能扰流板辅助滚转功能	27-1-1b	I	<1.0E-9	FT22	4.8E-10	4.82E-10	满足概率要求
	任一多功能扰流板非指令性振荡超过限制	27-1-4c	I	<1.0E-9	FT10	6.68E-10	9.6E-10	满足概率要求

注:表 2 仅例举部分 I 类故障失效条件验证矩阵,II ~ IV 类失效条件均符合故障概率要求,此表略。

I ~ II 类失效条件故障树分析中通电自检测故障底事件暴露时间由 20 FH 更新为 30 FH,千分之一判据的符合性见表 3。

表 3 千分之一判据的符合性

编号	故障描述	失效率 r/FH	对应底事件编号	1/1000 判据分析
1	监控支路指令比较 监控器未能探测到故障	5.1E-8	ACE030-LIB-ELV	$r \times T = 1.53E-6$ , 符合 1/1000 判据。
2	监控支路 EHSV 电 流监控器未能探测到故障	2.09E-7	ACE031-LIB-ELV	$r \times T = 6.27E-6$ , 符合 1/1000 判据。

## 3 结论

基于系统安全性分析的故障树结构更新通电自检测底事件暴露时间和关联的固定模型事件概率,经过本文分析,在不影响飞机安全性的情况下,为提高飞机的维修性,可将民用飞机通电自检测周期从 20 FH 提高到 30 FH。

### 参考文献:

- [1] 中国民用航空局. 中国民用航空规章第 25 部,运输类飞机适航标准:CCAR-25-R4[S]. 北京:中国民用航空局,2009.
- [2] 李亚男,金平,王兴波. 民用飞机飞行控制系统失效状态等级确认方法分析[J]. 民用飞机设计与研究,2013(S2): 77.
- [3] 王晓梅,龚孝懿,李棋. 民用飞机电传飞控系统功能危害性评估方法研究[J]. 民用飞机设计与研究,2017(4):

35-41.

[4]. 1309-1B system design and analysis: AC/AMJ 25 [S]. USA: Federal Aviation Administration,2002.

[5] 逮军. 民机飞行控制系统的安全性评估和分析研究 [D]. 中国民航大学,2009.

#### 作者简介

李 棋 男,硕士,工程师。主要研究方向:民机飞控系统

设计。E-mail: liqi5@comac. cc

薄珊珊 女,硕士,工程师。主要研究方向:制冷研究。E-mail:boshanshan1987@163. com

张明峰 男,硕士,高级工程师。主要研究方向:民机飞控系统设计。E-mail: zhangmishngfeng@comac. cc

王晓梅 女,硕士,研究员。主要研究方向:民机系统功能危害性评估和飞控系统需求确认。E-mail: wangxiaomei@comac. cc