

文章编号:1674-8190(2017)03-354-05

民用飞机飞行机组非正常操作程序编制研究

王媛媛¹, 周瑾², 张雅杰²

(1. 上海飞机客户服务有限公司 飞行运行支援部, 上海 200241)

(2. 上海飞机客户服务有限公司 技术出版物部, 上海 200241)

摘要: 非正常操作程序是指在飞机或系统功能非正常情况下, 飞行机组安全操作飞机的重要依据, 是保证飞行安全最重要的因素之一。非正常操作程序的编制耗时且涉及多个技术领域, 是一项复杂的系统工程。通过研究国外相关资料, 结合成熟机型程序的编制经验, 提出非正常操作程序编制流程。首先, 系统地介绍非正常操作程序的组成和功能、程序项目的确定方法以及程序格式; 然后, 定义非正常操作程序编制过程的四个阶段、各阶段的工作内容以及人员资质; 最后, 结合国产新支线客机实例证明所提非正常操作程序编制流程的有效性。本文提出的非正常操作程序编制流程对民用飞机主制造商非正常操作程序的编制具有指导意义。

关键词: 非正常操作程序; 编制流程; 飞行机组操作程序; 程序组成; 民用飞机

中图分类号: V323

文献标识码: A

DOI: 10.16615/j.cnki.1674-8190.2017.03.017

Research on the Development of Flight Crew Non-normal Operating Procedure

Wang Yuanyuan¹, Zhou Jin², Zhang Yajie²

(1. Flight Operations Support Department, Shanghai Aircraft Customer Service Co., Ltd., Shanghai 200241, China)

(2. Technical Publications Department, Shanghai Aircraft Customer Service Co., Ltd., Shanghai 200241, China)

Abstract: The non-normal operating procedures are the important basis for the operating crew to operate the airplane safely, and one of the most important factors to ensure the flight safety. The non-normal procedures involve many technical fields, so it takes long time to develop them and the development of the procedures is a complex system engineering. By analyzing the relevant international documents and reports, and according to the experience in the procedure development of the new type of airplane, the composition and function of the non-normal operating procedures, the method of procedure confirmation, and the format of the procedures are introduced firstly. Then four stages of the non-normal operating procedures development, the contents of work at each stage and the personnel qualification are defined. Finally, the workflow of the non-normal operating procedures development is proved to be effective in operating the domestic new regional aircraft. It can be used as guidance for the non-normal operating procedures development by the civil airplane manufacturer.

Key words: non-normal operating procedure; develop workflow; flight crew operating procedure; composition of the procedure; civil aircraft

0 引言

飞行员操作程序是在环境—飞机—飞行员系统中, 从人机界面(显示界面—飞行员—控制界面)

描述、说明航空电子系统功能, 飞行员操作与飞机状态、环境关系的技术文件。飞行机组操作程序是指导飞行员如何操作, 以使整个航空电子系统乃至全机进入飞行员所需的最佳状态, 使飞行员快捷、简便、有效地完成任务^[1]。

在民用航空领域, 飞机主制造商向航空公司提供飞行机组操作手册(FCOM)和/或快速检查单(QRH)等运行手册。为了保证飞行安全, 飞行员

必须严格按照手册来执行操作程序。非正常操作程序作为飞行员处理紧急状况的依据,其格式、组成、内容质量等均须对标国外成熟机型。因此,飞机主制造商必须明确非正常操作程序的内容,并建立一套合理的编制流程以保证非正常操作程序的质量。非正常操作程序的编制工作涉及飞机各系统原理、飞行操作技术、驾驶舱资源管理(CRM)、航线运行理论、程序验证和手册编写标准等多个技术领域,是一项复杂的系统工程。探索飞行机组操作程序的编制流程和方法是一个昂贵、漫长且困难的过程。

国外,A. Degani 等^[2]提出了驾驶舱程序设计的4P理论——“理念、政策、程序和验证”理论;CAA CAP 676《关于应急和非正常检查单设计、样式和使用指南》是针对主制造商、运营者、飞行员以及适航部门的关于非正常检查单的设计和使用的指南,其中给出了建议的非正常检查单中各要素的属性要求^[3]。

国内,谢辉松^[4]提出了飞行机组操作程序设计的一般流程和方法;AC-91-24《航空器的运行文件》中对操作程序提出了基本的编制和管理要求^[5]。但就总体而言,目前国内仍缺乏有关非正常操作程序及其编制阶段对所需人员资质要求的研究。某国产新支线客机未能通过第一次转机型训练(T5测试),其主要原因就是非正常操作程序的组成和格式定义不清晰、程序可操作性差。

本文在国外有关飞行机组非正常操作程序研究成果的基础上,尝试清晰定义非正常操作程序的组成和表现形式,并结合某国产新支线客机飞行机组操作程序的编制经验,提出一套具有指导意义的非正常操作程序编制流程,以期为主制造商编制飞行机组非正常操作程序提供借鉴。

1 非正常操作程序定义

飞行机组操作程序用于各飞行阶段、在飞机正常和非正常情况下,飞行机组安全操作飞机各系统^[6]。飞行机组操作程序是保证飞行安全的最直接、最重要的因素之一。

针对不同的飞机状况和环境,飞行机组操作程序可分为正常程序、非正常操作程序和补充程序等。正常程序供飞行机组执行每次飞行任务使用,假设飞机的所有系统均能正常工作且自动功能均

能正常使用。补充程序是指在非标准构型或特殊环境下的操作程序。非正常操作程序是指在飞机或系统功能非正常情况下(例如失效、丧失余度等),需要飞行机组采取的措施。其中,根据飞行员采取动作时间的紧急程度,需要机组立即决策并采取保护措施以保护乘员和飞机免遭严重伤害的非正常操作程序又称为应急程序。

2 非正常操作程序组成

根据非正常操作程序的定义,结合ATA2300规范的相关要求以及国外主流机型的飞行机组操作程序,本文定义非正常操作程序共包含五部分,其具体功能和要素如下。

(1) 故障状况:用于证明机组选择了正确的操作程序。对于机组告警系统(CAS)信息对应的操作程序,故障状况应提供简要描述CAS信息的触发条件;对于无CAS信息对应的操作程序,故障状况应提供帮助机组了解执行程序的原因。

(2) 目标说明:简要概述飞行机组完成操作程序后所能达到的效果。

(3) 操作步骤:包含飞行机组对故障的隔离及纠正措施。对于不同的手册,操作程序可采用叙述格式、扩展式程序或检查单格式。

(4) 相关不工作项目:提供在故障隔离和处理完成后丧失或余度下降的部件/设备名称。应注意,无需提供所有丧失或余度下降的部件/设备名称,仅提供影响飞机后续飞行阶段(例如进近、着陆或复飞)性能或动作的部件/设备名称。

(5) 延迟程序:提供故障隔离和处理完成后,后续飞行中受影响的正常操作程序的动作和性能。延迟程序应提供下降、进近、着陆以及复飞中的一个或多个飞行阶段或子飞行阶段。

任一非正常操作程序应根据具体情况针对上述组成进行。

3 非正常操作程序的格式

根据ATA2300、AC25.1581、CAP 676等标准中对操作程序格式的规定,将飞行机组非正常操作程序的格式分为以下三类。

(1) 叙述格式

叙述格式易于建立操作程序所需的顺序,该格

式仅用于表述故障的处理逻辑和相关限制内容。

(2) 扩展式程序

扩展式程序应包含两方面内容:①机组动作。机组动作应采用“询问—应答(Challenge-Response)”的形式。“询问”指执行动作的操作对象,主要为驾驶舱面板开关/按键、系统/部件名称、性能参数名称;“应答”指执行动作后的确认项目,即处置响应或者状态。②扩展信息。扩展信息包含系统响应、限制和飞机性能数据。

(3) 检查单格式

检查单格式仅提供机组动作。

在民航领域,运输类飞机飞行机组操作程序一般在飞行手册(AFM)、FCOM 和 QRH 中根据不同目的以不同的形式描述。通常,若某一机型同时提供 AFM、FCOM 和 QRH 三本手册,则其操作程序应依次为叙述格式、扩展式程序、检查单格式。

4 非正常操作程序编制流程

非正常操作程序的编制伴随着飞机的整个研制周期,且需要设计人员、飞行员、飞行工程师以及技术出版物人员等多专业共同参与。根据任务特点和逻辑关系,将非正常操作程序全寿命编制过程划分为以下四个阶段。

4.1 程序理念制定

在编制新机型的非正常操作程序之初,应首先确定新机型的操作理念。例如,需要明确自动操作仅为辅助飞行员操作的工具之一,或自动操作优于飞行员操作。

4.2 程序编写规范

为了保证主制造商操作程序之间表达的一致性,以及与其他主流机型的操作程序的共通性,在设计程序内容之前应明确程序分类、格式和通用表述规范。同时应确定飞行类手册所依据的国际标准,并研发相应的数字化编制系统和业务规则。

4.3 程序内容设计

非正常操作程序的内容设计是非正常操作程序编制流程中周期最长、参与人数最多、工作量浩大的一个阶段。本文详细定义了程序内容设计的各子阶段的工作内容和所需人员资质,如图 1 所

示。同时,给出了各阶段的相关注意事项。

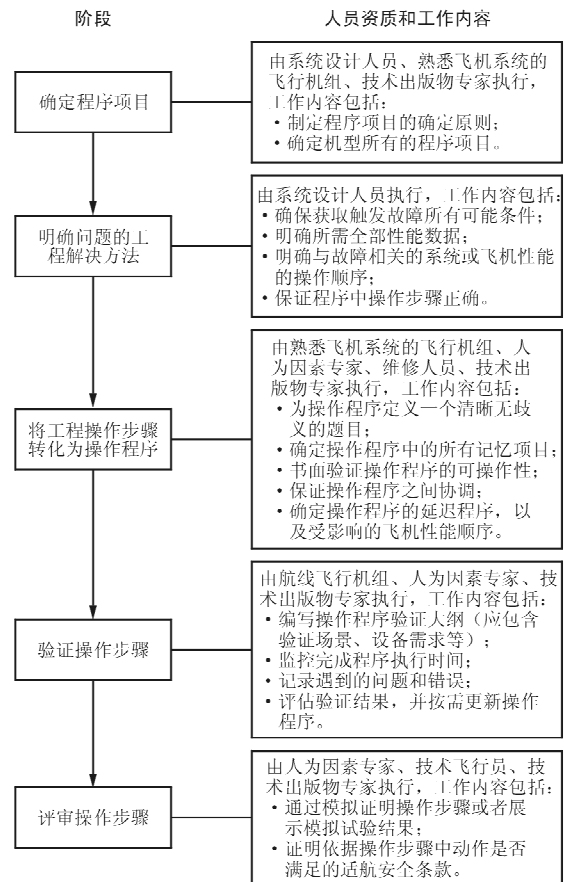


图 1 非正常操作程序内容设计流程图

Fig.1 Design flow chart of non-normal operating procedure content

(1) 确定程序项目

为了保证程序的全面性,确定非正常操作程序项目既需要合理的人员配置,还亟需定义明确的操作程序项目确定原则。

随着飞机设备/部件与航电系统高度集成的推进,当发生设备/部件故障或特殊环境时,驾驶舱电子告警系统将提示飞行员需采取相应的措施。为了进一步缩短飞行员采取动作的时间间隔和人为差错,电子检查单成为必然趋势。20 世纪 90 年代,波音飞机公司发明了 B777 电子检查单(ECL)^[7]。

基于 ATA2300 标准和国外程序机型研究,建议基于飞机电子设备告警系统的非正常操作程序项目确认原则为:

①EICAS 信息对应的操作程序。其中,警告级别 EICAS 信息为应急程序,警戒级别 EICAS 信

息为非正常操作程序。

②单纯音响告警或目视对应的操作程序。例如,交通防撞系统语音告警、烟雾等。

③其他。飞行员无法意识到的故障对应的操作程序(例如机组失能),或者一些非正常条件下完成的操作程序等。

(2) 明确问题的工程解决方法

系统设计人员提供的故障工程处理方法是非正常操作程序内容从无到有的基石,也是保障非正常操作程序安全性的重要阶段。

非正常操作程序工程解决方法的确定应与飞机系统研发同步并建立良好的沟通反馈机制,可将程序编制过程中暴露的故障告警逻辑不合理、人为因素等问题及早反馈至系统进行优化,相对于飞机批量生产后发现问题,可大幅降低问题优化的时间和经济成本。

(3) 将工程操作步骤转化为操作程序

故障处理方法的可操作处理是为了保证程序与飞行员界面的友好型,是提升操作程序可操作性的重要阶段。

为了保障操作程序满足航线运行的飞行场景和人为因素需求,邀请具有不同机型飞行经验且具备中等飞行技术的航线飞行员自始至终参与操作程序内容编制。

(4) 验证操作步骤

验证旨在保证操作程序的正确性和可操作性,最终满足飞行员在不同运行场景下的操作需求。

操作程序验证方法包含书面验证和操作验证。书面验证是将非正常操作程序内容与设计数据、试飞数据、飞机实际技术状态等进行书面对比,确保内容的正确性;操作验证是完全按照非正常操作程序进行操作,用于确保程序的可操作性。操作验证方法可分为模拟机验证、试飞验证、真机航线验证和地面操作验证等。

应针对每一个非正常操作程序建立相应的验证方案,明确操作验证方法验证和验证设备需求。例如,烟雾程序所需烟雾发生器、外电源使用所需电源车等。

(5) 评审操作步骤

评审操作步骤是一个考核过程,最终判定程序是否满足运行需求。应建立一个合理的操作程序综合评价方法,量化操作程序的可操作性。

4.4 操作程序持续完善

在投入运行后,随着飞机新构型的不断出现以及运行条件的多样化,非正常操作程序将面临着持续大量的更改。

为了及时有效地完成操作程序的更改,主制造商应成立专门委员会,执行非正常操作程序的更改评估和编制工作,该委员会由技术飞行员、系统设计人员、技术出版物专家等组成,其工作流程如图 2 所示。

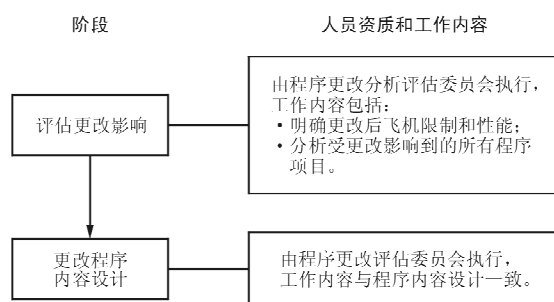


图 2 操作程序持续完善流程图

Fig. 2 Flow chart of operating procedure continue to improve

5 国产客机非正常操作程序编制实例

国产新支线客机 ARJ21-700 第一次 T5 测试过程中的非正常操作程序暴露出操作性差和正确性无法保证等问题。造成出现上述问题的主要原因是主制造商未建立非正常操作程序编制流程以保证质量。

因此,在第二次 T5 准备阶段,主制造商重新启动非正常操作程序设计过程:针对每一个飞机系统,按照本文提出的非正常操作程序项目确认原则制定操作程序项目;以程序分析表为工程解决方法的记录载体,由设计人员负责填写;飞行员、飞行工程师、设计人员和技术出版物人员集中办公,基于程序分析表,将工程解决方法转化为操作程序;在飞行工程师针对每一个程序评估验证方法后,由飞行员实施验证;最后经过第二次 T5 测试评价非正常操作程序的质量。在上述流程的限定下,ARJ21-700 飞机非正常操作程序质量在 T5 测试过程中获得了中国民用航空局认可,在商业运营期间表现良好,也获得了客户认可。

此外,大型客机 C919 的非正常操作程序编制

工作也借鉴了本文中的流程持续开展,程序设计与工程研发建立了良好的沟通反馈机制,有效地保障了大型客机非正常操作程序的质量,并可提高飞机操作界面的用户满意度。

6 结束语

本文在总结国外有关非正常操作程序编制理论、ATA2300 标准以及成熟机型相应程序的基础上,明确定义了非正常操作程序的项目格式和组成。基于国内民用飞机制造商的现状,在分析非正常操作程序编制工作特点的基础上,提出了非正常操作程序的编制流程,并结合国产新支线客机实例证明了所提非正常操作程序编制流程的有效性。但是,非正常操作程序编制流程中还存在以下问题有待进一步研究和探讨:①操作程序验证方案的合理性和经济性有待进一步研究。主要包括操作方法的选取原则、验证人员资质要求以及验证场景规划等;②非正常操作程序综合评价方法有待进一步研究。非正常操作程序评价方法应综合、系统考虑各因素,建立一个具有可操作性的评价体系,合理量化非正常操作程序的安全性和操作性。

参考文献

- [1] 《飞机设计手册》总编委会. 飞机设计手册:第17册——航空电子系统及仪表[M]. 北京:航空工业出版社,2001.
General Editorial Board of *Aircraft Design Manual*. Aircraft design manual: Vol. 17—avionics system and instruments[M]. Beijing: Aviation Industry Press, 2001. (in Chinese)
- [2] Degani A, Wiener E L. On the design of flight-deck proce-

dures[EB/OL]. (1994)[2016-06-29]. https://www.researchgate.net/publication/245881216_Design_and_Operational_Aspects_of_Flight-Deck_Procedures.

- [3] Civil Aviation Authority. CAP 676 Guidance on the design presentation and use of emergency and abnormal checklists [S]. London: CAA, 2008.
- [4] 谢辉松. 民用飞机飞行机组操作程序设计探讨[J]. 航空工程进展, 2013, 4(1): 90-96.
Xie Huisong. Discussion on the design of flight crew operating procedures for civil airplanes[J]. *Advances in Aeronautical Science and Engineering*, 2013, 4(1): 90-96. (in Chinese)
- [5] 中国民用航空局飞行标准司. AC-91-24 航空器的运行文件 [S]. 北京:中国民用航空局, 2014.
Division of Flight Standards, Civil Aviation Administration of China. AC-91-24 Operation document of aircraft [S]. Beijing: CAAC, 2014. (in Chinese)
- [6] Air Transport Association of America. ATA2300 Data exchange standard for flight operations [S]. America: Air Transport Association of America, 2014.
- [7] 张 Jianwen. 电子检查单的特点[J]. 中国民航飞行学院学报, 2001, 12(4): 31-34.
Zhang Jianwen. Characteristic of electronic checklist[J]. *Journal of China Civil Aviation Flying College*, 2001, 12(4): 31-34. (in Chinese)

作者简介:

王媛媛(1985—),女,硕士,高级工程师。主要研究方向:飞行类技术出版物编写。

周 瑾(1977—),女,高级工程师。主要研究方向:技术出版物编写与翻译。

张雅杰(1969—),女,硕士,研究员。主要研究方向:技术出版物体系规划和管理。

(编辑:马文静)