

A320/319/321 与 B737-800 型客机 飞行员操作程序的对比研究

靳慧斌, 蔡亚敏, 洪 远

(中国民航大学 国家空管运行安全技术重点实验室, 天津 300300)

摘要:大量航空事故的调查结果表明,飞行员没有遵守操作程序是造成事故的重要原因。结合飞行员操作程序的特点,设计了评估的维度和量表。根据 A320/319/321 与 B737-800 型客机飞行员的问卷和访谈结果,对比分析了这两种机型在飞行员操作程序上存在的一些异同点,探讨了飞行员操作程序中可能存在的深层次问题。得到的结论可以为我国大型客机飞行员操作程序的设计提供支持,减少由飞行员操作程序设计不合理原因引起的飞行事故。

关键词:空客;波音;飞行员操作程序

中图分类号:V219 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2014)04-0115-05

近年来,伴随我国经济持续增长和经济全球化趋势的深入,中国民航进入快速发展期,航空运输保持16%以上的年均增长^[1]。2011年运输飞行事故征候万时率为0.372^[2]。在航空事故率不变的情况下,机队建设的增大必然导致事故绝对数量的增加。

据我国民航局调查统计,62%左右的民航飞行事故是由飞行员的原因导致的^[3]。众多航空事故统计分析也表明,飞行员没有按照规定操作程序驾驶飞机是导致飞行事故的一个重要原因^[4]。

程序是每个操作过程的核心部分,程序之所以重要是因为它们提供了可以遵循的规章和标准化了的安全记录。一些学者对操作程序的评估开展了研究。Jinkyun Park, Jaewhan Kim 和 Wondea Jung^[5]利用步骤复杂度测量(Step Complexity measure, SC measure),发现当操作者利用程序完成任务时,步骤复杂度得分和压力条件下的操作行为数据之间存在统计学的、有意义的联系,证明了步骤复杂度测量能量化评估操作程序。Asaf Degani 和迈阿密大学的 Earl L. Wiener^[6]认为操作程序没有内部一致性并且缺少清晰的操作逻辑时会导致飞行机组人员偏离操作程序,同样给操纵不同飞机的飞行员增加了过渡训练时的难度。文献[7]以波音 737NG 飞机为例,建立了飞行员操作程序综合评价指标体系,并对飞行员操

作程序进行了综合评价。

飞行员操纵飞机是一个人机交互的过程,人机接触界面的不完全匹配导致了运行差错的产生。为使我国大型客机飞行员操作程序的设计逻辑更加清晰、更具内在联系性,有必要对现役大型客机飞行员操作程序进行评估,从中发现存在的问题。

本文通过访谈和问卷形式对现役大型客机(A320/319/321 与 B737-800 型飞机)飞行员操作程序的进行对比研究,了解两种主力大型客机的标准操作程序特点,发现其中存在的深层次问题,以期为我国大型客机飞行员操作程序的设计提供建议。

1 方法

采用焦点团体座谈会方法,通过对 A319/320/321 和 B737-800 的一线飞行员进行问卷和实地访谈,结合两种主力机型的飞行员操作程序特点,在定性研究的基础上对调研问卷进行统计分析,发现飞行员操作程序中存在的一些问题。

1.1 评价量表的形成及说明

评价量表的设计依赖于所要解决的问题,本文中飞行员操作程序评价量表参考了人因工程、核工业等众多专业和行业的有关程序评价方法,并同时结合了飞行员操作程序特点^[8-10]。

首先通过近 20 年来国内外有关飞行员操作错误

收稿日期:2014-01-16

基金项目:973 计划项目(2010CB734105)

作者简介:靳慧斌(1976—),男,河北邢台人,中国民航大学国家空管运行安全技术重点实验室,副研究员,博士,研究方向:民航安全、航空中的人为因素。

引发的典型事件和事故,熟悉了 A320(标准操作程序、非正常和应急程序、补充程序)和 B737-800(正常程序、辅助程序、正常和非正常检查单)的基本操作程序^[9-11],列出飞行员操作过程中可能出现的 100 多种差错,对错误进行分析归纳后设计出最初的评价量表,之后经过包括资深飞行员、民航安全专家在内的 10 名业内专家的评审,形成了最终的飞行员操作程序评价量表。

评价量表从全方位角度对程序整体进行评估,从更加宏观的角度对已有操作程序进行综合判断,发现其突出问题,对比两类客机飞行员操作程序特点。评价量表包括“内容”和“形式”两个方面,其中“内容”分为“内容完整”、“内容适用”、“内容逻辑”、“负荷分配”、“内容繁琐”五个维度;“形式”分为“形式的条理性”、“重点醒目”、“标准单位统一”三个维度(具体见附表 1)。

1.2 实验对象的选取

根据中国民航局 2012 年的统计数据,截至 2011 年末,我国有民用运输飞机 1 810 架,其中 A319/320/321 客机共 640 架, B737-800 客机共 424 架^[14],占我国民用客机总数的 58.8%。这两种机型主要分布在国航、东航和南航三大国有航空公司,具体见表 1。

表 1 A319/320/321 和 B737-800 客机的分布^[12]

	A319/320/321(架)	B737-800(架)
国航	88	88
东航	149	17
南航	178	109

由于东航的 B737-800 客机数量较低,为了调研方便,本次研究选取的调查对象为国航和南航。

2 结果分析

2.1 量表的信度分析和效度分析

本次研究在这两家航空公司针对这两种机型的飞行员共发放调研问卷 150 份,收回 121 份,有效问卷 101 份。具体数据为 A319/320/321 客机问卷 61 份, B737-800 问卷 67 份,其中两者都回答的 27 份。

2.1.1 信度分析

信度(reliability)主要评价量表的精确性、稳定性和一致性。基准研究中, α 系数在 0.8 以上,被认为信度较高^[13]。本问卷的信度分析主要采用 SPSS17.0 统计软件中分析功能里的可靠性分析进行判断,计算结果为空客飞机的 $\alpha = 0.962$,波音飞机的 $\alpha = 0.922$,都远大于 0.8,说明空客和波音飞机的飞

行员操作程序调查问卷都达到了一致性的要求。

2.1.2 效度分析

1)内容效度分析。内容效度意在反映某测量工具是否有效地测定到了它所打算测定的内容,即实际测定结果与预想结果的符合程度^[14]。本次问卷的编选邀请了有经验的飞行员和专家共同对问卷进行评估,并应用德尔菲法^[15]对问卷进行评价,使所有条目都能较准确地表达所要研究的内容,确保问卷具有较高的内容效度。

2)结构效度分析。本问卷的结构效度分析主要采用 SPSS 17.0 统计软件中分析功能里的因子分析进行判断,得到的累计贡献率均大于 80%,说明空客和波音飞机的问卷都具有好的结构效度^[16-17]。

2.2 Airbus-Boeing 的量表维度对比分析

文章采用 SPSS17.0 统计软件对不同维度进行差异性检验,确定有明显差异的维度进行详细分析。为了更直观的看出有差异维度之间的均值差别,将 8 个维度列到一张雷达图上。对没有显著性差异维度采用两种机型在此维度得分的均值表示;有显著性差异的维度所示的值,为每种机型此维度包含具体问题得分的平均值,见图 1。

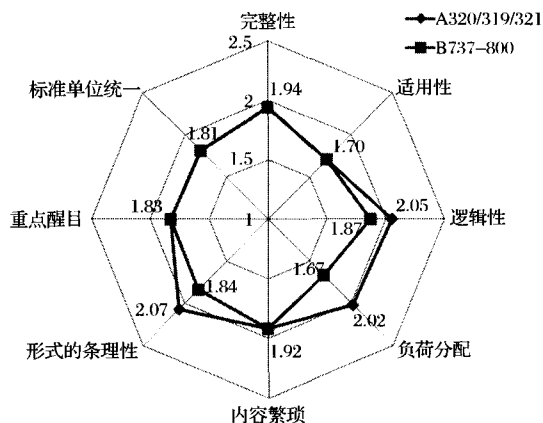


图 1 维度雷达图

从维度雷达图可以发现,在内容的内在逻辑性,负荷分配和形式的条理性三个维度,空客飞机的均值都在 2 分以上,远高于波音机型的均值。因此,可以认为,空客飞机在这三个维度的问题比波音机型严重(解释:分值越高,问题越严重)。

在维度 3(内容内在的逻辑性),空客飞机得分均值要比波音的高出 10% 左右。标准操作程序手册内容的逻辑性不强会使飞行员耗费更多的时间和精力阅读;不容易理解具体的操作步骤含义,也使得某些程序存在被遗漏或错误执行的可能;当遇到紧急情

况,由于操作的排序和设置不符合人的认知规律,短时间内无法快速找到所需要的内容,造成巨大的安全隐患。

造成这种情况的可能原因是两种机型的设计理念和设计过程不同。波音飞机的标准操作程序是根据飞行员经验逐步完善而成的,内容和逻辑上的不合理之处可以及时得到改善;空客飞机出现时间较短,飞行操作手册由设计人员制定,有些不符合飞行员认知习惯的内容未能及时改进。另外,空客飞机自动化程度高,技术较先进,手册表面之下隐藏的东西较多,很多操作的原因未在手册中列明,导致飞行员理解困难。所以,空客飞机的飞行员操作程序在这些方面明显没有波音飞机优秀。

在维度4(负荷分配),空客均值比波音的高出21%,可以认为,空客机型在负荷分配问题上与波音机型差距较大。可能的原因是空客与波音飞机在设计理念上存在差异,导致驾驶舱布局不同及由此产生的飞行员操作程序差异。同时,空客机型飞行程序的逻辑性较差,导致飞行员操作时间增加,同一时间段的任务负荷加重。

空客的自动化程度较高,技术先进,需要人为介入的程序操作相对较少,平时飞行员任务负荷较小。但由于并存电子检查单和纸质手册,且两套系统的逻辑性不完全匹配,一旦有非正常情况发生,容易造成飞行员负荷加重。此外,为了整个系统的可追溯性,飞行员除了正常的飞行活动外还要做许多辅助性工作,导致飞行员在某时段或驾驶员之间任务分配不均。例如:飞行操纵检查任务繁重;航班结束后统计时间,填写任务书、记录本(专人负责)任务较重;进近中,PF(操纵飞机的飞行员)操作MCDU(多功能控制显示组件);在发生非正常情况时,PF负责的内容过多。相比之下,波音飞机的技术较为成熟。因此,合理分配正副驾驶的分工和调整不同时段的任务量,就可以有效地解决负荷分配不合理的问题。

在维度6(形式的条理性),空客的得分要比波音的高出约13%,形式的条理性问题较严重。例如:大小写字体分不清楚;驾驶舱出现烟雾时候的程序较乱;FCOM3(飞行机组使用手册)非正常程序和燃油泄露程序的操作步骤和解释说明之间没有间隔,使人一眼无法看清;发动机的冷转程序无法快速找到以及非正常情况比较混乱等。出现这些情况的原因大部分是由于航空公司自己排版的问题,造成格式较乱,目录设置和字体不统一等情况,还有缺少类似的承接提示等。空客飞机的操作程序手册章节,知识点散

乱,执行程序时要翻好几本手册,较繁琐。波音的内容和形式比较规整化,翻译也相对简单,查找程序很方便。总体上来说,在形式的条理性维度上,波音飞机的操作手册要比空客好一些。

除了有显著差异的三个维度,其他显著性差异不突出的维度中得分较高的有内容完整性维度和内容繁琐维度,都在1.90以上,两种机型都存在较为严重的问题。适用性、重点醒目、标准单位统一等问题则相对较少,不再做详细分析。

在内容完整性维度,空客和波音飞机出现的问题都比较多,其中一个很重要的原因是程序的翻译问题,使得原版航空器标准操作程序手册客户化后出现了遗漏和错误执行的问题。还有一个造成程序不完整的原因是原版的手册缺少必要的解释和说明,虽然两大飞机制造商经过了几十年的经验积累,也没有达到尽善尽美的地步,所以程序上还是有瑕疵的。

在内容繁琐维度,虽然波音飞机比空客要好些,但两者没有显著性差异,两种机型都存在内容繁琐的程序,在紧急情况下飞行员就不能快速准确的理解,导致飞行员操作时间的增加。

2.3 Airbus-Boeing 的量表问题对比分析

利用SPSS 17.0统计软件对问卷数据进行分析,以检验空客和波音两种机型在每个问题上差异的显著性。此量表为Likert等距离量表,所以采用魏氏一曼一惠特尼U检验(Wilcoxon-Mann-Whitney U test),并对有显著差异的问题进行重点分析^[18]。

为了从整体上把握20个问题对两种机型飞行员操作程序问题的反映程度,以两种机型在每个问题的均值大小作为衡量依据,对比两种机型的飞行员操作程序在每个问题上的严重性。一个问题的平均分值越大,表明飞行员操作程序在该方面的问题越严重。

结果表明,两种机型在Q9、Q15、Q17、Q18四个问题上得出的相伴概率值分别为0.015、0.040、0.005、0.035,均小于显著性水平0.05,存在显著性差异(具体分析见附表2)。而在其他16个问题,两种机型的飞行员操作程序不存在显著性差异。

3 结论

通过以上对这两种机型的飞行员操作程序的对比研究,得出如下几点主要结论:

1)由于中英文翻译的不准确、不专业,空客和波音飞机的飞行员操作程序存在一些逻辑性不良、信息不完整的问题;且国内飞机的标准操作手册制作粗糙,在格式排版方面也都存在问题。

2)两种机型设计理念和设计过程不同导致波音

飞机在内容的内在逻辑性维度上比空客要好;在负荷分配维度和形式的条理性维度上,波音飞机比空客飞机更合理。

3)在内容的完整性上,波音飞机比空客要好些,但两种机型都存在较多的问题,有很多不完整的操作程序,而且都存在内容繁琐的程序。

两大飞机制造商的飞行员操作程序上还存在瑕疵,发现这些瑕疵隐藏的深层次问题,可以为我国大型客机飞行员操作程序的设计提供借鉴,使其尽可能完善,从而减少由飞行员操作程序原因引起的飞行事故,提高我国民航的安全运行水平。

参考文献

- [1] 王英伟. 民航空中交通安全管理现状、问题与对策研究[J]. 中国民用航空, 2010(1):40—42.
- [2] 中国民航总局航空安全办公室. 中国民航不安全事件统计分析报告(2011年)[R]. 北京, 2012.
- [3] 张典, 李猛. 试析民航飞行员职业安全意识的影响因素[J]. 赤峰学院学报, 2010(1):156—158.
- [4] JIN HUI-BIN, DU HONG-BING, FENG LIPU. Analysis of A320/319/321 and B737NG Aircraft Pilot Operation Procedure Based on Accidents/Incidents[C]. ICTIS 2011:2062—2069.
- [5] JINKYUN PARK, JAEWHAN KIM, WONDEA JUNG. Comparing the complexity of procedural steps with the operator's performance observed under stressful conditions[J]. Reliability Engineering and System Safety, 2004, 83:79—91.
- [6] DEGANI ASAF, WIENER EARL L. Design and operational aspects of flight-deck procedures [C]//OLIVER JAMES LISSITZYN. Proceedings of the International Air Transport Association (IATA) Annual Meeting, Montreal: IATA, 1998:5—13.
- [7] WANG LI-JING, GUO FEN-FEI, HE XU-EL, et al. Comprehensive evaluation of pilot operation procedures for commercial airliner[J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2010, 36(11):1266—1270.
- [8] 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.
- [9] 中国国际航空公司. 飞行机组操作手册(A318/A319/A320/A321)[Z]. 北京: 2008.
- [10] 中国国际航空公司. 737—800 机组使用手册[Z]. 北京: 2008.
- [11] 中国国际航空公司. 737 快速检查单(QRH)[Z]. 北京: 2005.
- [12] 中国民用航空局发展计划司. 从统计看民航[M]. 2012:29—45.
- [13] TAVAKOL MOHSEN, DENNICK REG. Making sense of Cronbach's alpha[J]. International Journal of Medical Education, 2011, 2:53—55.
- [14] 蒋小花, 沈卓之, 张楠楠. 问卷的信度和效度分析[J]. 现代预防医学, 2010, 37(3):429—431.
- [15] GRISHAM THOMAS. The Delphi technique: a method for testing complex and multifaceted topics[J]. International Journal of Managing Projects in Business, 2009, 2(1):112—130.
- [16] 杨中荣, 毛广运, 臧桐华. 用 SAS 和 SPSS 软件进行主成分分析[J]. 中国卫生统计, 2009, 26(2):212—213.
- [17] 史静玲, 莫显昆, 孙振球. 量表编制中内容效度指数的应用[J]. 中南大学学报, 2012, 37(2):152—155.
- [18] LANCASTER JEFF A. Investigating Pilot Performance Using Mixed-Modality Simulated Data Link[D]. Virginia: Virginia Polytechnic Institute and State University, 2004.

附表1 评价量表维度说明

	维度	解释说明
内容	完整性	程序是否全面, 是否存在重大缺失。程序条目是否完整, 每个条目的信息是否完整, 是否缺少增加内容透明性的解释性文字。
	适用性	规定的程序无法完全解决出现的问题, 有时需要飞行员自行掌握, 容易引起风险。
	逻辑性	程序的排序是否符合人的认知习惯。
	负荷分配	有没有明确的任务分工, 正副驾驶负荷分配是否合理, 不同时间段负荷分配是否合理
	繁琐	程序步骤过于繁琐冗长, 限制过多, 造成程序执行效率低下的情况, 紧急情况下会诱发差错。
形式	条理性	程序表达的透明性和清晰程度, 文本编写和翻译质量。
	重点醒目	重要的内容是否可以马上找到。
	标准单位统一	单位不统一, 容易引起混乱。

附表 2 量表显著性差异问题具体分析

	空客 A320/319/321	波音 737—800
Q9. 当发生某些危险的异常情况时,找到相应的操作程序可能花费不少时间		
对比结果	波音飞机在发生危险的异常情况时,找到相应操作程序花费的时间要比空客的少	
原因	①空客的手册乱,翻起来很麻烦,造成其检查程序顺序性不强 ②MSN 号不同、页太多 ③手册常用的页面破损,造成缺损后某些程序执行起来要花费不少的时间 ④MEL 方面也会出现这种情况,例如无灯光系统和设备目录,寻找具体程序会花费很多时间	波音的手册系统化、程序化水平高,翻译比较简单。其检查程序从左到右,从上到下,顺序固定,不容易发生混乱,但是偶尔也会由于页面磨损,破损,以及排版,目录等问题时出现上述情况,例如双发失效,空中启动时
Q15. 客户化后的手册,相对于原版的航空器操作手册,是否有交叉繁琐、或者遗漏的项目		
对比结果	波音飞机的手册客户化相对于原版手册出现遗漏和错误执行的情况要比空客少	
原因	①手册客户化后的翻译问题,翻译错误较多,造成与原手册交叉繁琐,或者是遗漏某些项目 ②某些航空公司对 QAR 数据等限制太严也会造成遗漏某些项目	总体来说,波音原版手册客户化后翻译较空客简单,使得波音飞机在这方面要比空客好
Q17. 在某一时段,一个驾驶员很忙,而另一个驾驶员却比较清闲		
对比结果	波音飞机飞行出现这种情况要比空客少	
原因	空客的自动化程度比较高,有些情况只需要一个驾驶员操作就行了,而另一个就比较清闲了	由于机械化操作较多,自动化程度不高,需要飞行员亲自介入,直接操作的程序就多。由于飞机的设计理念,技术使用等方面存在较大差异,使得两种机型在负荷分配上存在差异
Q18. 有的时段操作任务非常繁重,有的时段却无事可做		
对比结果	波音飞机出现这种情况比空客要少	
原因	飞行操作手册是有技术人员出身的设计师设计制定的,实际经验少,由此造成了飞行员任务量在某些时段分配不均匀	操作程序都是根据飞行员的经验及切身体验一步步设计制定出来的,对飞行员自身的考虑较多

Comparative Study of Pilot Operation Procedure Between A320/319/321 and B737—800

JIN Hui-bin, CAI Ya-min, HONG Yuan

(National Key Laboratory of Air Traffic Operation Safety Technology, Civil Aviation University of China, Tianjin 300300, China)

Abstract: A number of accident investigation results in Civil Aviation indicate that the major reason of accidents is pilot not following pilot operation procedure. Combined with the characters of pilot operation procedure, evaluation perspectives and questionnaire were designed. Based on the questionnaires and interview results of pilots of A320/319/321 and B737—800, differences on pilot operation procedure between the two models were comparatively analyzed, and deep-seated problems in pilot operation procedures were discussed. The results can provide some suggestions for the pilot operation procedure design on large passenger aircraft, moreover, reduce the number of the flight accident caused by unreasonable pilot operation procedures.

Key words: Airbus; Boeing; pilot operation procedure