

DOI: 10.19416/j.cnki.1674-9804.2016.03.007

# 民用运输类飞机最小机组工作量评估中的 评估机组选取研究

## Study of Selection of Evaluation Flight Crew on Minimum Workload Assessment for Civil Transport Category Airplane

屈展文 揭裕文 郑弋源 / QU Zhanwen JIE Yuwen ZHENG Yiyuan

(民航上海适航审定中心, 上海 200335)

(Shanghai Aircraft Airworthiness Certification Center of CAAC, Shanghai 200335, China)

### 摘要:

研究了民用运输类飞机最小机组工作量评估中的评估机组选取问题。通过比较不同飞行人员的服役经历、背景及其在最小机组工作量评估中的差异,给出了一套可行的最小机组工作量评估机组的选取原则。

**关键词:**民用飞机;最小机组;工作量评估;适航;飞行机组

**中图分类号:**V328.3

**文献标识码:**A

[Abstract] This paper presents the study of selection of evaluation flight crew on minimum workload assessment for civil transport category airplane. By comparing the service experience, background and the differences on the minimum workload assessment of different flight personnel, a feasible principle for the selection of evaluation flight crew on the minimum workload assessment is given.

[Keywords] civil airplane; minimum crew; workload assessment; airworthiness; flight crew

## 0 引言

飞行机组工作量的评估是民用运输类飞机驾驶舱设计和适航审查中的重点和难点。工作量太高或太低都会影响飞行机组的绩效,从而引起人为差错,进而导致飞行事故的发生<sup>[1]</sup>。因此设计在不同飞行阶段、不同环境等条件下具有合适的机组工作量的飞机是驾驶舱人为因素设计的一大目标,这就需要在驾驶舱设计的初始阶段和适航取证过程中通过模拟器或飞行试验对不同条件下的机组工作量进行评估。但同时人的绩效也会影响到整个人机系统的性能,也即不同的评估人员由于其背景、经历和身体条件等的不同也会对评估结果产生影响。本文根据不同飞行人员的背景、经历和特征,介绍其在机组工作量评估中的差异,同时根据某型民用飞机机组工作量评估的实例,归纳总结出一套实用的评估机组选择方法。

## 1 飞行人员的种类

根据飞行时间的长短、专业能力的高低和飞机运行类型等因素,飞行驾驶人员可分为学生驾驶员、商用驾驶员、私人驾驶员、航线运输驾驶员、飞行教员和试飞员等。下面主要介绍各类飞行人员所对应的飞行经历和资质。

### 1.1 学生驾驶员

学生驾驶员是指依照 CCAR-61 部相关要求取得学生驾驶员执照的飞行人员,又称飞行学员。学生驾驶员的飞行时间和训练时间一般较短,机型驾驶经验和应急处理能力一般也相对较弱,因此在运行中,对学生驾驶员一般有以下限制:

- 1) 学生驾驶员不得从事下列行为:
  - ① 在载运旅客的航空器上担任机长;
  - ② 在以取酬为目的载运货物的航空器上担任机长;
  - ③ 为获取酬金而担任航空器机长;

④在空中或地面能见度白天小于5km、夜间小于8km的飞行中担任航空器机长；

⑤在不能目视参照地标的飞行中担任航空器机长；

⑥在违背授权教员对于该驾驶员飞行经历记录本中签注的限制的情况下担任航空器机长。

2) 学生驾驶员不得在航空器型号合格审定或实施该飞行所依据的规章要求配备一名以上驾驶员的任何航空器上担任飞行机组必需成员,但在飞艇上和局方批准的某些航空器上接受授权教员的飞行教学,并且该航空器上除飞行机组必需成员外没有任何其他人员时除外<sup>[2]</sup>。

## 1.2 航线运输驾驶员

航线运输驾驶员是指依照CCAR-61部取得航线运输驾驶员执照与等级条件的飞行人员。相比于学生驾驶员,航线运输驾驶员在航空知识要求和运行经验上的要求都要高得多。通常,航线运输驾驶员需掌握规章、气象、空气动力学、导航、航空器运行与空域、重量和平衡的计算和对飞行特性的影响、飞行性能、机动飞行操作程序和应急操作、航空医学、人为因素和机组管理等与适用于所申请航空器类别和级别等级相当的航空知识。另外,航线运输驾驶员一般必须具有至少1500h的驾驶员飞行经历时间,其中至少包括:

1) 500h 转场飞行时间;

2) 100h 夜间飞行时间;

3) 75h 实际或者模拟的仪表飞行时间,其中至少50h是在实际飞行中的仪表飞行时间;

4) 250h 在飞机上担任机长或者在飞行检查员或飞行教员的监视下履行机长职责的飞行时间,其中担任机长的飞行时间至少为100h。该飞行时间至少包括:

① 100h 转场飞行时间;

② 25h 夜间飞行时间。

上述飞行经历要求可以包括不超过100h在飞机飞行模拟机或飞行训练器上的训练时间,但这些飞行模拟机和飞行训练器必须是在经批准的训练课程中使用的。

## 1.3 飞行教员

飞行教员是指依照CCAR-61部取得飞行教员执照与等级条件的飞行人员。飞行教员必须持有商用驾驶员执照或者航线运输驾驶员执照,并带有相应于所申请飞行教员等级的航空器类别和级别等级。除需掌握与飞行相关的专业知识外,飞行教

员还需掌握相应的教学原理和知识,主要包括:

1) 针对基础、经验和能力水平各不相同的学员,准备和实施授课计划;

2) 评价学员的飞行完成情况;

3) 飞行前指导和飞行后讲评;

4) 飞行教员责任和出具签字证明的程序;

5) 正确分析和纠正学员的常见飞行偏差;

6) 完成并分析与所申请飞行教员等级相应的标准飞行训练程序与动作。

## 1.4 试飞员

试飞员是专门担任飞机飞行试验任务的飞机驾驶员。现代飞机日益复杂,尽管有了先进的机载测试设备和地面试验设备,但在评定飞机性能、监控飞机各系统的工作情况等方面试飞员的作用仍然十分重要。

试飞员通常是从飞机设计的初始阶段就参加工作,从使用和安全的角度对设计方案提出意见。在试飞中,试飞员除按要求安全地完成飞行动作外,还要从理论上解释各种飞行现象,准确地报告飞行情况,提出改进建议。在遇到异常现象时,试飞员应能准确判断和及时妥善处置,因此试飞员必须具有熟练的驾驶技术、较高的理论水平、应急处理能力和对问题的诊断处理能力。

试飞员一般是从有经验的飞行员或在优秀的航空院校毕业生中挑选,经过专门的严格培训方能从事相关工作,如最新颁布的中国民航AP-21-AA-2015-33R1《中国民航试飞员和试飞工程师的职责、程序和培训要求》就对从事型号合格审定的民航试飞员的资质、培训、复训和管理等提供了相应的说明和指导。

## 2 不同飞行员的差异

如前所述,不同的飞行员其所完成的培训、飞行经历、背景和个人素质各不相同,因此对于同样的飞机、在同样的评估场景下其所表现的绩效也就不尽相同。下面总结了不同飞行员间的主要差异。

### 1) 操作技能的差异

根据前文所述,不同的飞行员具有不同的培训和运行经历,因此他们的飞行经验和操纵技能也有差异。通常来说,飞行学员的飞行经历最少,相应地他们的飞行技巧和运行经验都较弱;航线运输驾驶员和飞行教员由于具有较多的航线运行经验,他们的运行能力和处理飞机正常运行中遇到的问题的能力都较强;而试飞员由于其相对独特的培养模式,他们的应

变能力、处理特殊飞行时间的能力都较强。

## 2) 情境意识的差异

当飞行员处在变化的情境中,能够对变化的情境有比较准确的了解,就能在动态和变化的环境中进行有效的计划或解决问题。情境意识之所以重要,是因为它与支持情境意识的显示器件和告警器件等的设计有关,同时在探索灾难和事故的原因中也有重要作用。例如,在南美洲哥伦比亚某个山谷发生的客运航班的撞毁悲剧就是因为飞行员失去了对地形地理位置的知觉所造成的(Strauch,1997)。

情境知觉与工作记忆有直接的联系。人们对变化情境的知觉大多存在于工作记忆中。因此,当某个时段(如紧急情况等)飞机所需工作负荷增加,驾驶员所需工作精力增多时,情境意识的水平就会出现下降。但是,诸如飞行教员、试飞员等在遇到这些情况时,由于在长时间记忆中保持了与变化情境有关的信息,因此当需要时,仍然能够有限地根据经验,提取相关信息,做出良好的反映。

情境意识是相对于特定领域而言的。因此,不能简单的说某人“具有良好的情境意识”,而需指出特点的对象。比如,飞行、驾驶、演讲等等。通过良好的专业知识的学习、严格的训练和模拟环境的演练等都可以增强情境意识<sup>[3]</sup>。因此,相对于飞行学员和航线运输驾驶员,飞行教员和试飞员往往具有更好地情境意识,在遇到紧急情形和突发事件时,往往能够更好地发现问题和解决所遇到的困难。

## 3) 诊断能力的差异

由于不同飞行员之间技能和情境意识等的不同,因此他们在应对不稳定的、动态的和异常的条件时,解决问题的能力是不同的,也就是发现故障以及故障诊断的能力是不同的。通常来说,飞行教员和试飞员往往有着更好的故障诊断能力。而在试飞阶段,由于飞机本身的原因以及飞行条件的相对不确定,这种诊断能力的差异往往是非常重要的,有时甚至会影响安全。同时在试飞阶段,为发现飞机存在的问题和解决这些问题,飞行员的主观评价和改进建议对于飞机设计人员来说往往更加直观、有效。

## 3 评估机组的选取

根据以上分析,在最小机组工作量评估中,特别是对新机型的最低机组工作量评估中,为了保证试飞结果和飞行员对飞机评价的准确性,即能够反

映中等技巧的飞行机组的工作量水平<sup>[4]</sup>,提出以下评估机组选取原则和方法:

1)在选取最小机组工作量评估试验机组时应选择具有不同经历和背景 of 的飞行员作为试验机组完成飞行试验。参与最小机组工作量试飞的试飞员应包括:航线飞行员和试飞员(按照规章要求,飞行学员不能参与试飞试验)。其中,航线飞行员又应包括参考机型(相似机型)的航线飞行员和非参考机型航线飞行员;试飞员则包括参与研发试飞的申请人试飞员和局方试飞员;

2)为保证评估结果具有较高的置信率,根据统计学规律,为保证试验结果的正确性和合理性,建议至少应选择 10 组以上的飞行机组;

3)为保证飞行试验的安全和评估结果的合理性,评估机组应至少包括一名参与该机型试飞的试飞员或参考机型(相似机型)的航线飞行员。

不论所选取飞行机组的背景如何,参与最小机组工作量评估试验的飞行机组都应进行针对评估机型的专门培训,以保证其对飞机和飞机操作程序的了解。同时,在进行最小机组工作量评估试验前试验机组应在模拟机或飞机上进行一定时间(建议 10~25 小时)的熟悉性飞行。

另外,在进行最小机组工作量评估试验期间需配备特定的数据采集设备(如心率测量设备和眼动跟踪仪等),在进行熟悉性试飞时即应要求飞行员配备相关采集设备以避免试验时由于试验机组对相关采集设备的生疏和不适应对评估结果产生影响。最后,在制定试验计划时如确定了所采用的评估方法(如 Bedford 评估方法、最小机组 BRS 等级评分法、NASA-TLX 评分法等),需在试验前对试验机组进行相关的培训。

在某型号的最小机组工作量符合性验证中,按照以上选取原则选取的评估飞行员包含:申请方试飞员 6 名、局方试飞员 2 名以及航线飞行员 9 名,总计 17 名飞行员。这 17 名飞行员的平均飞行小时数为 7 173 小时,平均年龄为 39.06 岁。选取好飞行员之后,再将这 17 名飞行员进行组合,最终构成 11 个飞行机组对所确定的 14 个评估场景分别在模拟器和真实飞机中进行机组工作量评估。以评估场景“过  $V_1$  后单发失效”为例,考虑飞行员的 NASA-TLX 评分法结果:8 名试飞员的平均工作负荷为 36.8(SD = 16.3,SD:标准差,反映同类飞行员评分的

(下转第 76 页)



的零部件在设计上采取措施能有效防止维修差错。

可通过描述分析和模拟器试验的方法,表明飞控系统在所有发动机都失效情况下的电源/液压源/作动器配置,仍可提供操纵能力。

### 3.3 25.1309 的等效安全说明

对于“25.1309 等效安全说明”各条款,可通过系统描述来表明飞控系统的设计能够保证在飞机运行和环境条件下完成预定功能,系统故障后可通过简图页、EICAS 信息、PFD 信息将系统的不安全工作情况提供给机组,系统已根据故障的紧急程度设置不同的告警级别。

可通过安全性分析的方法来表明飞控系统发生灾难性失效条件的概率为极不可能( $\leq 1E-9/FH$ ),发生危险失效条件的概率是极小可能的( $\leq 1E-7/FH$ ),发生重大的失效条件是很小可能的( $\leq 1E-5/FH$ )。

## 4 结论

本文介绍了民机电传飞控系统的安全性评估过

(上接第 35 页)

离散程度),而 9 名航线飞行员的平均工作负荷为 46.7( $SD = 20.8$ )。从统计结果可以看出,航线飞行员评估的机组工作负荷要大于试飞员。又如,在评估场景“人工手动飞行”中,传统杆飞行员认为评估机型杆力适中,略微偏重;而侧杆飞行员则认为评估机型杆力偏重,工作负荷较大。

通过评估结果可以发现,各类飞行人员因其背景和经历的差异,其工作负荷也存在差异,这就意味着在选择评估机组时,为更准备地体现设计机型在相应场景下的机组工作量,需要同时考虑选择试飞员和航线飞行员,同时他们的人数也应该相近,这样才能代表完整的飞行员群体。同时,最小机组工作量评估中各类飞行员所反映的问题和意见,对于机组操作程序和飞行员培训手册等的改进和完善都是重要的参考。

## 4 结论

本文针对民用运输类飞机机组工作量评估中的评估机组选取问题展开研究。重点讨论了各类飞行人员的服役经历和资质的差异,分析了其在最小机组工作量评估中的作用和差异。同时,针对规章所要求的“能够反映中等技巧的飞行机组的工作

程,重点说明了需开展的安全性活动及飞机/系统功能层级划分原则。然后针对 FBW 安全性设计特点,总结了适用的适航要求及对应的符合性验证方法。

### 参考文献:

- [1] Society of Automotive Engineers. ARP4754A Guidelines for Development of Civil Aircraft and Systems [S]. 2010.
- [2] Society of Automotive Engineers. ARP4761 Guidelines and Methods for Conducting the Safety Assessment Process on Civil Airborne Systems and Equipment [S]. 1996.
- [3] 中国民用航空局. CCAR25-R4 运输类飞机适航标准 [S]. 北京:中国民用航空局,2011.
- [4] Federal Aviation Administration. FAR/JAR 25.671 FCHWG-ARAC Report (Includes Rule, Advisory Material, & Alternate Recommendations) [R]. 2011.
- [5] Federal Aviation Administration. AC 25.1309-1A-System Design and Analysis [R]. 1988.

量水平”,提出了一套切实可行的评估机组选取原则和方法。该方法对于最小机组工作量型号审查活动的开展,以及后续的机组操作程序、飞行员培训手册等的改进和完善都具有较好的指导作用。

### 参考文献:

- [1] J. C. Geddie, L. C. Boer, R. J. Edwards, and et al., NATO Guidelines on Human Engineering Testing and Evaluation [S]. North Atlantic Treaty Organization, RTO-TR-021, 2001.
- [2] 中国民航局. CCAR-61-R4 民用航空器驾驶员和地面教员合格审定规则[S]. 北京:中国民航局,2014.
- [3] C. D. 威克斯, J. G. 霍兰兹. 工程心理学与人的作业 [M]. 朱祖祥,等译.上海:华东师范大学出版社,2003.
- [4] 中国民航局. CCAR-25-R4 中国民用航空规章第 25 部:运输类飞机适航标准[S]. 北京:中国民航局,2011.
- [5] Federal Aviation Administration. Minimum Flight Crew, AC25.1523-1[S]. US: FAA, 1993.
- [5] Federal Aviation Administration. Minimum Flight Crew, AC23.1523[S]. US: FAA, 2005.
- [6] William H. Corwin, and et al.. Assessment of crew workload measurement methods, techniques and procedures: AD-A217-699, Vol. I[S]. 1989.