

飞机舱门失效乘客减载计算方法的探讨

冯静* 李凯

(中国南方航空股份有限公司机务工程部,广州,510470)

摘要:从适航当局、航空器制造商要求出发,从适航角度探寻了飞机舱门失效时需要进行旅客人数减载的原因。根据 FAA、EASA、CAAC 对各种机型舱门失效的要求,对比分析了各民航体系的要求差异,总结了舱门失效时计算旅客人数减载量的方法。在舱门失效对旅客人数进行减载时,航空公司需要综合考虑航班是否为跨水航班、舱门性能、救生筏性能。根据实际飞机客舱布局,结合航班的销售情况,在满足适航要求的同时,将因客舱门失效带来的经济损失降到最低。通过公式和表格,可以比较迅速地完成旅客人数减载量计算和减载区域指定。最后根据分析和实例计算,发现 FAA 体系下计算方法简单,但是对减载区域的限制比较严格;EASA 计算方法比较繁琐,但在指定减载区域时比较灵活。

关键词: 舱门失效;减载;主最低设备清单

中图分类号: V223.9

文献标识码: A

OSID:



0 引言

民用飞机客舱空间狭小、人员密集,各国民航局要求在设计飞机客舱布局时必须保证旅客在紧急情况下可以快速、安全地从飞机上撤离。中国民用航空局(CAAC),美国联邦航空局(FAA)和欧洲航空安全局(EASA),在各自的适航规章第25部规定,对客座量大于44座的飞机,在满员的情况下所有乘员必须能在90秒钟内从飞机撤离至地面^[1-3]。为了满足这个要求,CAAC、FAA、EASA各自在25部对飞机客舱舱门的类型、大小、数量、位置,以及机身每侧特定类型舱门最大允许乘客座位数做出了规定。

在局方批准的机型型号合格证中,对最大乘客座位数、客舱舱门有明确的定义,表明这种客舱构型是满足审定要求的。航空公司必须在此基础上设计自己客户化的客舱布局。由于航空公司被批准的客舱布局,也就是允许搭乘的旅客数与飞机上可用舱门数量以及门上配备的救生筏数量有关,因此如果在营运过程中出现舱门失效的情况,航空公司必须对旅客数量进行减载,否则飞机将不符合适航要求,

不能继续营运。

1 各民航局对舱门失效的规定

FAA对舱门失效的规定比较严格,对于窄体机,FAA不允许营运飞机存在舱门失效的情况^[4-5];对于宽体机,允许1个舱门失效,但需要对旅客进行减载,并执行必要的机务维护、飞行操作措施^[6-7]。

EASA的要求则较为宽松,只要对旅客进行减载,并执行必要的维护、飞行操作措施,EASA允许窄体机或宽体机上的1个舱门失效^[8-10]。

CAAC目前对于取中国民航型号合格证的窄体飞机,不允许舱门失效。对于从FAA、EASA进口的航空器产品,沿用原体系下的要求。

2 舱门失效乘客减载计算方法

为了便于航空公司执行适航当局的要求,飞机制造商在飞机的主最低设备清单中(MMEL)中详细说明了舱门失效时的运行条件、限制和程序,包括旅客减载要求、飞行机组和维修人员操作程序。航空

* 通信作者。E-mail: cher-ryfj@sina.com

引用格式: 冯静,李凯. 飞机舱门失效乘客减载计算方法的探讨[J]. 民用飞机设计与研究,2020(4):47-51. FENG J, LI K. Calculation method of passenger reduction with exit door inoperation[J]. Civil Aircraft Design and Research,2020(4):47-51(in Chinese).

公司依据 MMEL 并结合自身航空器客舱构型、运行程序和条件编写自己的最低设备清单(MEL),明确减载和操作要求。由于 FAA、EASA 对待舱门失效的要求不同,某一机型在不同法规体系下获批的 MMEL,对舱门失效要求、减载计算方法会不一样。如波音 737 飞机,FAA 批准的 MMEL 不允许舱门失效,但在 EASA 批准的 MMEL 中则允许 1 个舱门失效。

2.1 FAA 减载计算方法

FAA 允许宽体机有一个舱门失效。在计算舱门失效旅客减载数时,FAA 要求将与失效舱门正对的舱门也视为失效。如果 2L 失效了,那么 2R 也视为失效。在计算减载时,有以下基本规则:

1) 中线减载要求:以失效的舱门到相邻前和后舱门距离中线为界,这两条界线之内的旅客座椅需要抑制隔离。如果失效的是飞机上最前面(或最后面)的舱门,那需要抑制隔离座椅的区域是从失效的舱门开始,向后(或向前)到相邻舱门之间的中线位置。需要抑制隔离的座椅应该包含该排的所有座椅。

2) 飞机容量要求:(1)对于非跨水航班,减载后乘客座位数不能超过剩余所有成对的舱门最大允许乘客座位数之和。(2)对于跨水航班,由于舱门上还配备有紧急撤离时的救生筏,舱门失效也就意味着救生筏失效,那么减载后乘客座位数除了要满足舱门最大允许乘客座位数要求,还不能超过剩余所有救生筏的额定载员之和,或者剩余所有救生筏中再失效一个额定载员最大的救生筏时,剩余救生筏超额载员之和。

在计算减载时,必须满足上述这两条基本规则。基于这两条规则,当一个舱门失效后,减载人数可用下述公式表述:

$$PR = \max \{ HF, (CP - RDC), (CP - RNC), (CP - ROC) \} \quad (1)$$

式中:PR 为减载人数;HF 为根据中线减载要求要减员的人数;CP 为客舱满员乘客数;RDC 为剩余成对舱门最大允许乘客座位数之和;RNC 为剩余所有救生筏额定载员数之和;ROC 为剩余所有救生筏中的一个最大额定载员救生筏也损坏时,剩余救生筏的超额载员数之和。

当 CP-RDC、CP-RNC、CP-ROC 大于 HF 时,实际抑制隔离座椅区域的界线要在 HF 的基础上继续

向可使用舱门方向移动。当比 HF 多出的座位数不足整排时,要抑制隔离该排的所有座椅。确定抑制隔离座椅区域后,需要用与客舱内饰颜色对比强烈的带子或绳子将相关的座椅阻拦、隔离,但是不能阻拦客舱主过道、横向通道以及舱门区域。

2.2 EASA 减载计算方法

与 FAA 一样,在计算减载时 EASA 将失效舱门和与它正对的舱门都视为失效。EASA 定义了飞机容量、单独区域容量、连续区域容量这三个数值。每种机型的这三个数值仅与该机型取证时的客舱构型有关,与飞机实际客舱布局无关。当舱门失效时,剩余旅客人数必须同时满足这三个数值的限制要求。

1) 飞机容量。飞机容量的要求与 FAA 计算方法中的规则 2 中的要求相似。飞机容量由剩余可用舱门的最大允许乘客座位数或剩余可用救生筏的容量决定。

(1) 非跨水航班:失效 1 个舱门后,剩余飞机容量为“剩余舱门最大允许乘客座位数之和”与“机型取证最大乘客座位数-失效舱门最大允许乘客座位数”中的较小值。一般某机型取证最大乘客座位数与所有舱门最大允许乘客座位数之和相同,但可能不同。如 A380 飞机,它上舱有 3 对舱门,最大允许乘客座位数之和为 275 人,取证最大乘客座位数也是 275 人;它主舱有 5 对舱门,最大允许乘客座位数之和为 550 人,但取证最大乘客座位数仅为 538 人。对于 A320 系列飞机,还有一个额外要求,当剩余可用门只有 1 对 C 型门时,这时该 C 型门降级为 I 型门。如 A320 飞机是前后两套 C 型门,以及翼上两套相邻的 III 型门。若 1 套 C 型门失效,那么剩余那套 C 型门要降级到 I 型门,最大允许乘客座位数从 55 降到 45。

(2) 跨水航班:除了需要考虑上述非跨水航班的限制要求,还要考虑剩余可用救生筏容量的限制。即剩余所有救生筏的额定载员之和;或者假设剩余所有救生筏中再失效一个额定载员最大的救生筏时,剩余救生筏超额载员之和。飞机容量取这三个数中的最小值。

2) 单独区域容量。单独区域指两套舱门之间的区域,或者一套门与客舱起点或终点之间的区域。单独区域容量是该区域可用舱门最大允许乘客座位数之和。EASA 还引入了死胡同区域(dead-end zone,简称 DEZ)的概念。死胡同区域是指该区域只

有一套可用舱门,另一头是客舱起点、终点,或不可用的舱门。死胡同区域单独区域容量仅可取该区域可用舱门最大允许乘客座位数之和的75%,并向下取整。

3)连续区域容量。连续区域容量是该连续区域所有可用舱门最大允许乘客座位数之和。上述死胡同区域的概念不适用于计算连续区域容量。

4)各区域实际人数。依据上述三个数值,航空公司可以根据客舱布局、实际航班销售情况,选择制定不同的减载方案。但无论制定怎样的减载方案,都必须满足上述三个数值的限制要求。

在制定减载方案时,航空公司可以要求尽可能保留前舱舒适座位,抑制隔离后舱座椅。根据这个原则,我们可以得到如下每个区域允许旅客数的计算公式:

$$APA_x = \min \{ ZCA_x, ZMCA, (SZMCA - APA_{x-1}), (ICA - \sum_{n=0}^{x-1} APA_n) \} \quad (2)$$

式中: APA_x 为某区域允许旅客数, x 为区域数,从1开始。由于不存在编号为0的区域,因此 $APA_0 = 0$; ZCA_x 为某区域实际座位数; $ZMCA$ 为某区域单独区域容量; $SZMCA$ 为待计算区域及其之后区域这两个连续区域容量; ICA 为飞机容量。

使用该公式时,要从最前面的区域开始计算。在计算得出每个区域最多允许的乘客数后,再计算出每个区域的最低减载人数。同FAA的要求一致,在减载时要抑制隔离该排的所有座椅。

3 具体客舱布局减载分析

通过上述分析,再配合计算表格的使用,比较迅速地完成旅客减载量计算和减载区域指定。

图1是某宽体机客舱布局示意图。该布局乘客总人数288人,各区域乘客人数、排列见表1。表2是该飞机舱门、救生筏规格。

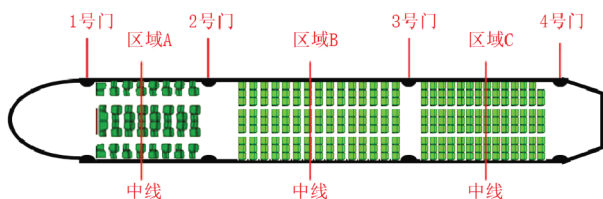


图1 某宽体机客舱布局示意图

表1 各区域乘客人数

区域	座位数	排数	布局
区域A	28	7	1-2-1
区域B	135	15	3-3-3
区域C	125	14	3-3-3

表2 舱门、救生筏规格

舱门	舱门类型	许可最大乘客数	救生筏额定容量	救生筏超载容量
1号门	A	110	65	78
2号门	A	110	55	68
3号门	I	45	0	0
4号门	A	110	65	78

3.1 FAA 减载计算

根据FAA的中线减载要求,表3列出了一个舱门失效后应该减载的旅客数量。根据FAA飞机容量要求,表4列出了一个舱门失效后应该减载的旅客数量。综合表3和表4的结果,根据该飞机是否执行跨水航班,表5列出了该飞机最终旅客减载数量。

表3 FAA 中线规则旅客减载数量

	1号门失效	2号门失效	3号门失效	4号门失效
中线减载量	12	83	153	59

表4 FAA 飞机容量规则旅客减载数量

飞机容量规则	飞机容量与减载量	1号门失效	2号门失效	3号门失效	4号门失效
舱门容量限制	飞机容量 减载量	265 23	265 23	330 0	265 23
救生筏额定载员限制	飞机容量 减载量	240 48	260 28	370 0	240 48
救生筏超额载员限制	飞机容量 减载量	214 74	234 54	370 0	214 74

表5 FAA 规则下最终旅客减载数量

舱门失效	减载量	
	非跨水航班	跨水航班
1号门失效	23	74
2号门失效	83	83
3号门失效	153	153
4号门失效	59	59

3.2 EASA 减载计算

表 6 是该飞机容量、单独区域容量以及连续区域容量数值。表 7 是根据 EASA 规则计算出的各区域理论减载数量。同样,在实际减载时,还要满足抑制隔离的座椅应该包含该排的所有座椅的要求。

表 6 飞机容量、单独区域容量、连续区域容量

飞机容量、单独区域容量 与连续区域容量		1 号门 失效	2 号门 失效	3 号门 失效	4 号门 失效
飞机容量	非跨水航班	265	265	330	265
	跨水航班	214	234	330	214
单独区域 容量	区域 A	82	82	220	220
	区域 B	155	33	82	155
	区域 C	155	155	82	33
连续区域 容量	区域 A	82	82	220	220
	区域 A + B	155	155	220	265
	区域 B + C	265	155	220	155

表 7 EASA 减载结果

非跨水航班与跨水航班 各区域		1 号门 失效	2 号门 失效	3 号门 失效	4 号门 失效
非跨水 航班	区域 A	28	28	28	28
	区域 B	127	33	82	135
	区域 C	110	122	82	20
	区域 A 减载数	0	0	0	0
	区域 B 减载数	8	102	53	0
	区域 C 减载数	15	3	43	105
	总减载数	23	105	96	105
	区域 A	28	28	28	28
跨水 航班	区域 B	127	33	82	135
	区域 C	59	122	82	20
	区域 A 减载数	0	0	0	0
	区域 B 减载数	8	102	53	0
	区域 C 减载数	66	3	43	105
总减载数	74	105	96	105	

4 结论

1) 在 FAA 体系下,计算乘客减载时需要考虑的因素不多,计算方法比较简单。FAA 对减载区域的限制比较严格,必须是失效舱门附近的连续区域。

这样有可能导致飞机上的头等舱、公务舱这些舒适区域的座椅全被抑制隔离。

2) 在 EASA 体系下,乘客减载的计算方法比较繁琐。在指定减载区域时 EASA 比较灵活,航空公司可以根据实际航班销售情况,划定抑制隔离的座椅区域。

参考文献:

- [1] 中国民用航空局. 运输类飞机适航标准: CCAR-25-R4 [S/OL]. (2016-03-17) [2020-04-24]. http://www.caac.gov.cn/XXGK/XXGK/MHGZ/201606/t20160622_38638.html.
- [2] FAA. AIRWORTHINESS STANDARDS: TRANSPORT CATEGORY AIRPLANES [S/OL]. Washington D. C. : Federal Aviation Administration, 2014 [2020-04-24]. https://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=de254f576b6c3144c61f07eb1b8d0889&mc=true&tpl=/ecfrbrowse/Title14/14cfr25_main_02.tpl.
- [3] EASA. Certification Specifications and Acceptable Means of Compliance for Large Aeroplanes; CS-25 Amendment 24 [S/OL]. Cologne, Germany: European Aviation Safety Agency, 2020 [2020-04-24]. <https://www.easa.europa.eu/document-library/certification-specifications/cs-25-amendment-24>.
- [4] BOEING. 737 MMEL R60 [EB/OL]. Washington D. C. : Federal Aviation Administration, 2018. [2020-04-24]. <https://fsims.faa.gov/PICDetail.aspx?docId=M%20B-737%20R60>.
- [5] AIRBUS. A318/A319/A320/A321 MMEL R28 [EB/OL]. Washington D. C. : Federal Aviation Administration, 2019. [2020-04-24]. <https://fsims.faa.gov/PICDetail.aspx?docId=M%20A-320%20R28>.
- [6] BOEING. 787 MMEL R16 [EB/OL]. Washington D. C. : Federal Aviation Administration, 2019. [2020-04-24]. <https://fsims.faa.gov/PICDetail.aspx?docId=M%20B-787%20R16>.
- [7] AIRBUS. A330 MMEL R19 [EB/OL]. Washington D. C. : Federal Aviation Administration, 2019. [2020-04-24]. <https://fsims.faa.gov/PICDetail.aspx?docId=M%20A-330%20R19>.
- [8] BOEING. 737-600/-700/-800/-900 MMEL [EB/OL]. Cologne, Germany: European Aviation Safety Agency, 2013. [2020-04-24]. https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/EASA-MMEL%20S%29-Boeing_737%20C_600%20C_700%20C_800%20C_900-19-27022013.pdf.

- [9] AIRBUS. A320 MMEL [EB/OL]. Airbus, 2020. [2020-04-24]. https://w3.airbus.com/1T40/document/464261_PDF_C/toc?itemId=464261_PDF_C_1_1&itemFormat=BINARY&itemType=TOC&wc=actype:A318;actype:A319;actype:A320;actype:A321;customization:CSN;doctype:MMEL.
- [10] AIRBUS. A330 MMEL [EB/OL]. Airbus, 2020. [2020-04-24]. https://w3.airbus.com/1T40/document/464216_PDF_C/toc?itemId=464216_PDF_C_1_1_5_23_3&itemFormat=BINARY&itemType=TOC&wc=actype:A330;actype:A340;customization:CSN;doctype:MMEL.

1_1_5_23_3&itemFormat = BINARY&itemType = TOC&wc = actype: A330; actype: A340; customization: CSN;doctype:MMEL.

作者简介

冯静女, 硕士, 工程师。主要研究方向: 飞机机身系统。

E-mail: cher-ryfj@sina.com

李凯男, 硕士, 工程师。主要研究方向: 飞机客舱工程。

E-mail: likai81119@163.com

Calculation method of passenger reduction with exit door inoperation

FENG Jing* LI Kai

(M&E Division, China Southern Airlines, Guangzhou 510470, China)

Abstract: Based on the requirements of airworthiness authorities and aircraft manufacturers, this paper explains the reason why the number of passengers needs to be reduced when the cabin exit door fails. According to the requirements of FAA, EASA and CAAC for cabin exit door inoperation, this paper compares and analyzes the requirement of different aviation authorities, and provides the calculation method of passenger reduction. When the door fails to reduce the number of passengers, airlines need to consider whether the flight is an overwater flight, exit door capacity and slide raft capacity. Based on actual cabin layout, combined with the flight sales situation, the economic loss caused by the failure of the passenger door is minimized while meeting the airworthiness requirements. By using calculation formula and calculation form, passenger reduction value and passenger reduction area can be obtained quickly. After analysis and calculation, FAA passenger reduction method is simple, but passenger reduction area appointing is strict and EASA passenger reduction method is complex, but passenger reduction area appointing is more flexible.

Keywords: exit door inoperation; passenger reduction; main minimum equipment list

* Corresponding author. E-mail: cher-ryfj@sina.com