

文章编号: 1674-8190(2023)02-091-06

民用飞机驾驶舱门抵御穿透要求适航符合性评估方法

马骏, 李松泽, 赵许微

(中国商用飞机有限责任公司 上海飞机设计研究院, 上海 201210)

摘要: 民用飞机驾驶舱门系统安装在飞机舱内, 用于阻隔驾驶舱和客舱, 除供机组人员正常进出驾驶舱外, 必须具备防弹及防侵入功能, 防止非机组人员抢夺飞机控制权, 为机组成员提供安全保护。从驾驶舱门系统抵御穿透适航条款解读入手, 对适航审定要求进行研究, 提出一种民用飞机驾驶舱门抵御穿透试验方法, 给出子弹选择、危险弹道确认、枪击点筛选、试验件构型准备等试验实施细节和要求, 并以某型民用飞机驾驶舱门系统研发以及抵御穿透适航审定为基础对其进行验证。结果表明: 本文提出的驾驶舱门抵御穿透试验方法有效, 满足条款符合性, 能够为飞机驾驶舱门设计研发以及适航符合性分析验证和相关条款的适航审定工作提供参考。

关键词: 民用飞机; 驾驶舱门; 适航试验; 抵御穿透

中图分类号: V221+.91

文献标识码: A

DOI: 10.16615/j.cnki.1674-8190.2023.02.10

Evaluation method of airworthiness compliance of civil aircraft flight deck door against bullet penetration

MA Jun, LI Songze, ZHAO Xuwei

(Shanghai Aircraft Design and Research Institute, Commercial Aircraft Corporation of China, Ltd., Shanghai 201210, China)

Abstract: The civil aircraft flight deck door system is installed in the aircraft cabin to block the cockpit area and cabin area. In addition to providing normal access to the cockpit, it must have bullet proof and intrusion prevention functions to prevent non-crew members from seizing control of the aircraft and provide safety protection for crew members. Proceeding from the interpretation of the airworthiness provisions for the flight deck door system to resist penetration, the airworthiness certification requirements are restudied, and an evaluation method of civil aircraft flight deck door to resist penetration is proposed. The test implementation details and requirements such as bullet selection, dangerous trajectory confirmation, shooting point screening and test piece configuration preparation are given, and the method is verified based on the development of a civil aircraft flight deck door system and the airworthiness certification for resisting penetration. The results show that the proposed method is effective and meets the compliance of the clauses, which can provide reference for aircraft flight deck door design and development, airworthiness compliance analysis and verification, and airworthiness certification of relevant clauses.

Key words: civil aircraft; flight deck door; airworthiness test; bullet penetration

收稿日期: 2022-05-31; 修回日期: 2022-07-07

通信作者: 马骏, buaa_majun@163.com

引用格式: 马骏, 李松泽, 赵许微. 民用飞机驾驶舱门抵御穿透要求适航符合性评估方法[J]. 航空工程进展, 2023, 14(2): 91-96.

MA Jun, LI Songze, ZHAO Xuwei. Evaluation method of airworthiness compliance of civil aircraft flight deck door against bullet penetration[J]. Advances in Aeronautical Science and Engineering, 2023, 14(2): 91-96. (in Chinese)

0 引言

在驾驶舱门适航条款方面,考虑到劫机威胁和任何未经授权而进入驾驶舱的事件会严重干扰飞行机组正常工作,美国联邦航空管理局(Federal Aviation Administration,简称FAA)认为对新设计的运输类飞机需要更加关注驾驶舱的安全性。因此,FAA于1972年9月14日发布FAR25-33修正案^[1],增加了25.772条,对飞机上的驾驶舱门提出了总体要求,并于1990年6月26日发布FAR25-72修正案修订25.772条,明确该条款适用客座量超过20的飞机^[2]。

“9·11”恐怖袭击事件的发生,给全球运输安全性提出了新的问题和挑战^[3]。FAA于2001年10月发布了特殊联邦适航要求^[4],要求强制性地加固驾驶舱门,并且禁止乘务员拥有驾驶舱门的钥匙;2002年1月,FAA发布了《运输类飞机驾驶舱门设计的安保事项》的最终法则,颁布了FAR25-106修正案^[5],要求采用增强型防侵入和抵御穿透(防弹)舱门(25.795条);2008年10月,FAA颁布了FAR25-127修正案^[6],在保留针对驾驶舱门的要求外,还增加了其他针对安保方面的要求。目前民用飞机驾驶舱均加装了满足25.795条要求的驾驶舱门。

在驾驶舱门适航条款方面,我国针对驾驶舱门安保的规章要求和美国FAA的规章非常相近,具体到25.772和25.795条中针对飞机驾驶舱门的内容是完全一致的^[7]。此前,国内早期设计的民用飞机(运10和运7系列)的驾驶舱门设计未按照25.795条款设计,仅要求舱门必须是可锁的,不得妨碍旅客或其他机组成员使用应急出口,必要时隔离空气流动措施,舱门卡住时能确保机组成员进入客舱。舱门一般是采用塑料板制成的,即便被锁上,也能较容易地将其撞开。

ARJ21-700飞机是国内第一次完全按照国际规章开展驾驶舱门验证的机型。我国自主研制的C919大型客机已在审定基础中纳入安保相关适航标准确保C919飞机的安保水平。新舟60飞机增装了满足适航要求的驾驶舱门,MA700飞机也要在审定基础中纳入安保相关的适航标准^[8]。

在驾驶舱门抵御穿透试验验证方面,国外经验较多,开展了多种型号驾驶舱门的抵御穿透试验,FAA以及美国汽车工程师学会(Society of Au-

tomotive Engineers,简称SAE)对民用飞机驾驶舱门设计需求进行了研究^[9-10],FAA咨询通告文件AC25.795-2A^[11]对驾驶舱门抵御穿透试验提出了一些试验建议,但具体试验方法、试验流程未见公开资料公布。国内在民用飞机驾驶舱门设计研发方面经验不足,刘文成^[12-13]对驾驶舱门适航要求及验证进行了研究;安琳琳^[14]对驾驶舱门进行了基于功能的危险性评估;马健等^[15]对民用飞机驾驶舱保护适航要求进行了研究;王哲等^[16]对驾驶舱门设计要求进行了简述;甘亚东等^[17]对民用飞机舱门试验进行了综述。但上述研究没有涉及民用飞机驾驶舱门防弹试验方法。

本文以某国产民用飞机驾驶舱门系统设计研发以及抵御穿透适航审定为基础,对民用飞机驾驶舱门系统抵御穿透适航验证要求进行研究,提出一种可行的民用飞机驾驶舱门抵御穿透试验方法,并以某型民用飞机驾驶舱门系统研发以及抵御穿透适航审定为基础对其进行验证,以期为民用飞机驾驶舱门适航符合性分析验证和相关条款的适航审定工作提供参考。

1 驾驶舱门抵御穿透条款

1.1 条款基本内容

国产ARJ21-700飞机在型号合格审定申请时,CCAR-25-R3没有25.795条款要求。鉴于CCAR121部运营中,对驾驶舱门的要求是强制性的,在其审定时建立了该专用条件作为审定基础的一部分。专用条件的要求来源于美国FAR25部第106号修正案,其目的是防止未经授权闯入驾驶舱以及加强驾驶舱门对于轻型武器及爆炸装置的防范。

CCAR-25-R4增加了25.795条款要求,其中对于抵御穿透的要求25.795a)2)条款如下:抵御轻型武器的火力和爆炸装置的穿透,达到中国民用航空局适航部门的要求。

上述条款仅提出要求,未涉及其他内容,需要自行研究制定符合性验证方法。目前民用飞机驾驶舱门抵御穿透试验一般依据FAA发布的咨询通告AC25.795-2A开展验证试验,即门体应能抵御轻型武器的火力和爆炸装置的穿透:

(a) 能够抵御全金属外壳子弹以最小速度436 m/s的冲击,该子弹直径为9 mm,名义质量为

8.0 g;

(b) 或者能够抵御半壳体中空子弹以最小速度 436 m/s 的冲击,该中空子弹为 44 号大酒瓶形,名义质量为 15.6 g。

美国国家司法研究所 NIJ 标准将防弹保护等级分为 7 级。Ⅲ A 级是表明 25.795a 2) 条款符合性的可接受等级。该等级可防护绝大多数手枪的子弹,其防弹试验可采用两种不同的子弹:

(a) 9 mm 的圆头全金属被甲弹(FMJ RN),标称质量 8.0 g,基准速度 436 m/s(1 430 ft/s);

(b) .44 马格南被甲空尖弹(JHP),标称质量 15.6 g,基准速度 436 m/s(1 430 ft/s)。

两种子弹如图 1 所示。

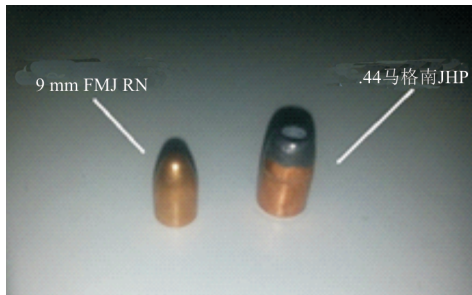


图 1 民用飞机驾驶舱门抵御穿透试验所用子弹
Fig. 1 Bullets used in penetration resistance test of civil aircraft flight deck door

1.2 试验基本要求

AC25.795-2A 对驾驶舱门抵御穿透试验的试验设备、试验环境和枪击要求给出建议。

1.2.1 试验设备

驾驶舱门抵御穿透试验设备包括炮筒/枪管,计时屏,验证纸板等设备,如图 2 所示,测量精度 ± 1 mm。

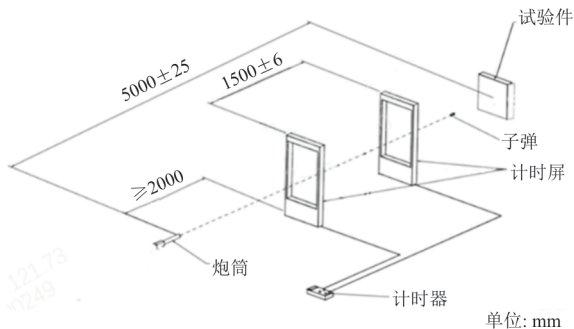


图 2 驾驶舱门抵御穿透试验台架示意图
Fig. 2 Schematic diagram of flight deck door penetration resistance test jig

对于枪管允许使用真实的枪支,或者试验用枪管,需要能够保证射击位置、射击方向和射击速度。计时屏设备(计时屏+计时器)用于测量子弹速度,测量误差小于 3 m/s(即计时精度需小于 23.5 μ s)。第一面计时屏应放置在距离枪管至少 2 m 远的位置,第二面计时屏应放置在距离第一面计时屏 $1.5 \text{ m} \pm 6 \text{ mm}$ 的位置处,试验件应放置在距离枪管 $5 \text{ m} \pm 25 \text{ mm}$ 的位置处。

试验过程中需要将合适的验证纸板(牛皮纸或者等同的材料)应放置在试验件后 152.4 mm (6 in) 的位置处。如果纸板发生穿透,则认为试验件已经被穿透;如果小块弹片没有足够能力穿透纸板,则不认为发生了穿透。

1.2.2 试验环境

驾驶舱门在试验前须在要求的试验环境下放置至少 24 h。具体环境要求如下:

(a) 温度: $(21 \pm 2.9) ^\circ\text{C}$, 即 $(70 \pm 5) ^\circ\text{F}$;

(b) 相对湿度: $50\% \pm 20\%$ 。

1.2.3 枪击要求

(a) 入射角偏差 $\pm 5^\circ$;

(b) 入射速度偏差 $\pm 9.1 \text{ m/s}$;

(c) 试验件置于试验弹道末端 $5\ 000 \text{ mm}$ ($196.85 \text{ in} \pm 25 \text{ mm}$ (1.0 in)) 处;

(d) 试验件的方位需根据入射角的需求进行调整;

(e) 试验件后方 152.4 mm (6.0 in) 处应放置一个验证板。

2 符合性评估方法

2021 年之前,国内没有开展过民用飞机驾驶舱门抵御穿透试验,AC25.795-2A 未给出具体试验方法和流程。本文基于某国产化飞机驾驶舱门防弹研发工作,提出一种民用飞机驾驶舱门抵御穿透试验验证方法,其重点在于试验件的选择以及射击点的选择。

2.1 试验件

本文将驾驶舱门防弹试验分为两类。

第一类试验为防弹材料级试验,主要验证材料的防弹性能。试验件为一块平板,该平板代表产品中使用的防弹材料的最薄厚度。该试验件可

在外围尺寸、几何形状及边界条件上做简化,简化合理且与实际飞机构型相比,更加保守。试验件数量至少 2 件。

第二类试验为细节特征试验,主要验证局部特征对驾驶舱门防弹性能的影响。试验件选择反应驾驶舱门局部特征的结构,或者直接采用整个驾驶舱门进行试验。试验件数量按需,每个局部特征试验件至少 2 件,分别用于 2 种试验弹。

表 1 第一类试验射击情况
Table 1 Type I test consideration

试验系列	试验子弹	子弹质量/g	子弹直径/mm	基准速度/($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	0°入射角 射击次数	30°入射角 射击次数	每个试验 件射击数	总射击数
1	9 mm FMJ RN	8.0	9 (0.355 in)	436 (1 430 ft/s)	4	2	6	12
2	.44 马格南 JHP	15.6	10.9 (0.429 in)	436 (1 430 ft/s)	4	2	6	

第二类试验射击点选择在没有防弹材料的位置、防弹材料不连续的位置以及防弹材料切口或边缘位置(一般防弹材料边缘 50.8 mm (2 in) 范围内防弹性能较弱),例如间隙、锁、铰链、格栅等。试验中选用 .44 马格南和 9 mm 两类试验弹进行试验。射击角度选择 0° 或者 30° 或者其他角度,具体角度需根据具体的细节特征确定。对影响驾驶舱门开关的关键部位,如泄压锁、电磁锁等区域,虽有防弹材料保护,仍需规划射击点,以便验证子弹冲击下是否会造成上述设备的故障,进而造成门体或泄压板打开。第二类设计点一般需要单独形成射击点选择报告并经过局方批准。

2.3 试验通过判据

当试验满足以下条件时则判定产品试验成功。

- (a) 满足抵御穿透试验要求;
- (b) 子弹入射速度相当或超过速度限制而没有完全穿透验证板;
- (c) 驾驶舱门没有出现任何可使人通过的破坏或变形。

试验条件(a)即试验大纲中的要求,包括试验环境、枪机要求、射击点精度要求、试验设备要求等。对于验证板,没有明确要求,一般使用牛皮纸或者薄瓦楞板等。另外试验后即使没有穿透,但

2.2 射击点的选择

射击点的选择与防弹试验类别有关。第一类试验选用 .44 马格南和 9 mm 两类试验弹,每种试验弹进行 6 次射击。每个射击点均匀分布在试验件上,射击点中心距离试验件边缘至少 76 mm,射击点之间的距离至少 51 mm,其中 2 次射击的入射角为 30°,其余射击入射角为 0°,如表 1 所示。

是如果导致门体锁定功能被破坏使得门体可以被打开或者门体泄压板打开,导致人员可以从客舱进入驾驶舱,那么试验也是失败的,因此有上述第三条判据。

2.4 驾驶舱门防弹适航验证案例分析

本文所研究的试验方法应用于某国产飞机驾驶舱门抵御穿透验证试验,得到了民航局批准。

某国产驾驶舱门设计构型如图 3 所示。

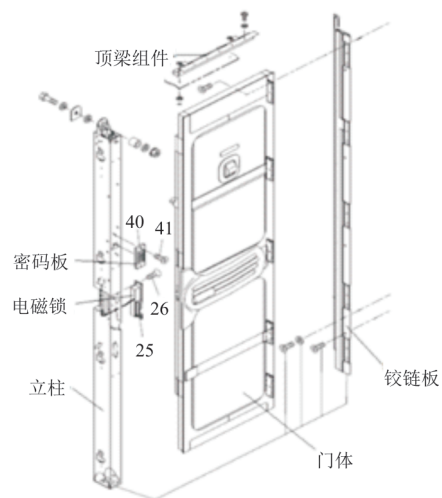


图 3 某国产飞机驾驶舱门示意图
Fig. 3 Schematic diagram of flight deck door of a domestic aircraft

驾驶舱门构型包含立柱、门体、密码板、电磁锁、铰链板、顶梁组件等部分。在开展抵御穿透试验之前考虑确认危险弹道以及筛选射击工况。

危险弹道是一种子弹运动路径,从乘客可接近的任何舱内空间击发的子弹,如果可以穿过驾驶舱内对飞行安全有重要影响的区域(例如飞行员所在位置、飞行关键设备/系统),则认为是危险弹道。因此对于驾驶舱门抵御穿透试验,需要明确驾驶舱中哪些设备为关键设备,不允许被打坏,明确驾驶舱成员所在位置,最终确定危险弹道。

对于设计工况的筛选,根据危险弹道和舱门的设计特征,筛选射击工况,确定射击点、射击角度和子弹类型。对于第一类试验件,可接受的方式为试验件按 2.2 节要求均匀分布 6 个枪机点;对于第二类试验件,需筛选影响驾驶舱门开关的关键部位,如泄压锁、电磁锁等区域要布置射击点,另外对于典型结构部位,如门体与立柱的间隙、门体与铰链板的间隙、有紧固件的部位、门框等位置等需要布置射击点。某国产民用飞机驾驶舱门抵御穿透试验第一类试验和第二类试验部分枪击点布置如图 4~图 5 所示。

在确定枪击工况后,按照试验要求开展驾驶舱门抵御穿透试验。试验件固定在工装上,枪击点通过激光定位,试验过程中枪管位置不变,通过改变试验件在工装的位置来改变枪击点。某国产民用飞机驾驶舱门枪击后如图 6~图 7 所示。

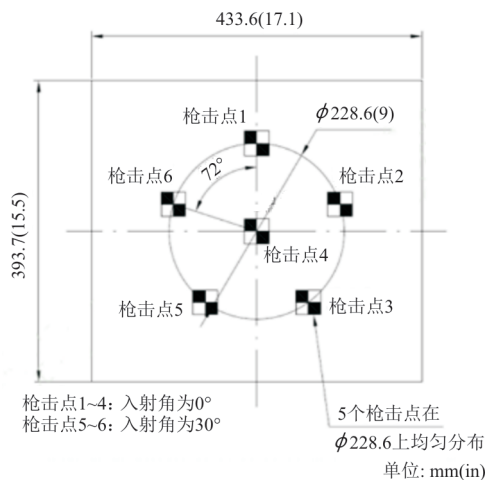


图 4 某国产飞机驾驶舱门抵御穿透试验枪击点布置 (第一类试验)

Fig. 4 Layout of shooting points for penetration resistance test of flight deck door of a domestic aircraft (type I test)

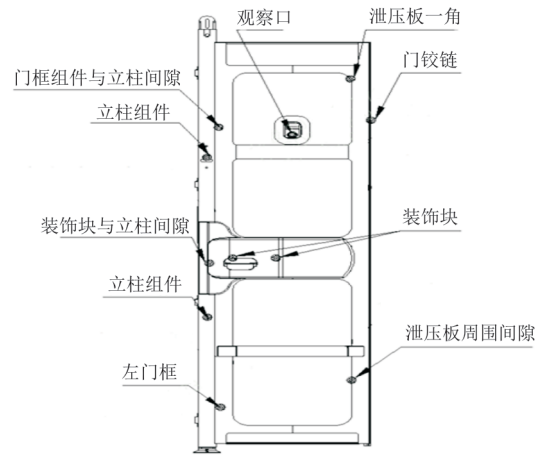


图 5 某国产飞机驾驶舱门抵御穿透试验部分枪击点布置(第二类试验)

Fig. 5 Layout of some shooting points for penetration resistance test of flight deck door of a domestic aircraft (type II test)

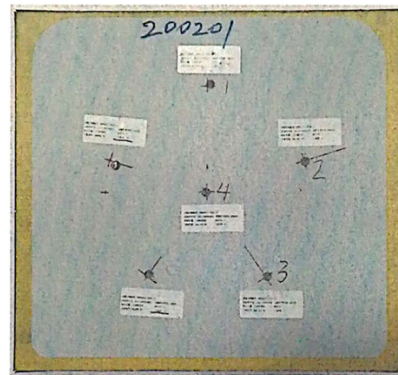


图 6 某国产飞机驾驶舱门抵御穿透试验结果 (第一类试验)

Fig. 6 Penetration resistance test results of flight deck door of a domestic aircraft (type I test)

从图 6 可以看出:第一类试验件按照既定要求共计射击 6 发子弹,子弹未穿透试验件,试验通过。

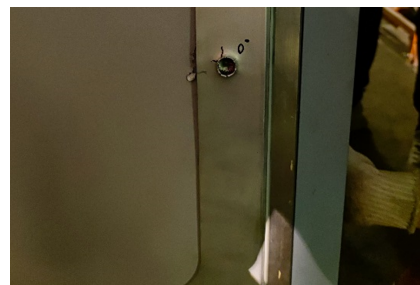


图 7 某国产飞机驾驶舱门抵御穿透试验结果 (第二类试验门框位置)

Fig. 7 Penetration resistance test results of flight deck door of a domestic aircraft (door frame position of type II test)

从图 7 可以看出:子弹穿透门框表面金属板,但未穿透门框,试验通过。

采用本文提出的抵御穿透验证方法开展了抵御穿透适航验证试验,分别进行了材料试验以及典型结构特征试验,试验方法与试验过程满足适航要求,试验结果有效,试验通过,可以验证符合性。

3 结 论

本文针对民用飞机驾驶舱门抵御穿透适航要求,提出了一种试验验证方法,并以某型民用飞机驾驶舱门系统研发以及抵御穿透适航审定为基础对其进行了验证,结果表明方法有效,填补了国内民用飞机驾驶舱门抵御穿透适航审定试验的空白,可以为其他型号民用飞机驾驶舱门抵御穿透适航审定工作提供参考。

参考文献

- [1] FAA. Pilot compartment doors: amendment No. 25-33 [S]. USA: FAA, 1972.
- [2] FAA. Pilot compartment doors: amendment No. 25-72 [S]. USA: FAA, 1990.
- [3] 李清. “9·11”事件对航空安全产生重大影响[J]. 国际航空, 2001(12): 39-41.
LI Qing. Terrorist attack changes aviation safety concept [J]. International Aviation, 2001(12): 39-41. (in Chinese)
- [4] FAA. Flight crew compartment access and door design: No. 92[S]. USA: FAA, 2001.
- [5] FAA. Security considerations: amendment No. 25-106[S]. USA: FAA, 2002.
- [6] FAA. Security considerations: amendment No. 25-127[S]. USA: FAA, 2008.
- [7] 中国民用航空局. 运输类适航标准: CCAR-25-R4[S]. 北京: 中国民用航空局, 2011.
CAAC. Airworthiness standards for transport category airplanes: CCAR-25-R4[S]. Beijing: CAAC, 2011. (in Chinese)
- [8] 张柱国. 运输类飞机安保事项[J]. 民用飞机设计与研究, 2012(4): 52-54.
ZHANG Zhuguo. Security considerations of transport category airplane[J]. Civil Aircraft Design and Research, 2012(4): 52-54. (in Chinese)
- [9] FAA. Certification of strengthened flightdeck doors on transport category airplanes[S]. USA: FAA, 2002.
- [10] SAE. Enhanced security flight deck doors-commercial airplanes[S]. USA: SAE, 2002.
- [11] FAA. Flight deck penetration resistance: AC25.795-2A [S]. US: FAA, 2008.
- [12] 刘文成. 民用运输类飞机驾驶舱门适航要求及验证[J]. 民用飞机设计与研究, 2018(1): 6-9.
LIU Wencheng. Airworthiness requirement and verification of flightdeck door for transport[J]. Civil Aircraft Design and Research, 2018(1): 6-9. (in Chinese)
- [13] 刘文成. 民用运输类飞机驾驶舱门静力试验验证研究[J]. 航空标准化与质量, 2014(2): 24-25.
LIU Wencheng. Research on static test verification of cockpit door of civil transport aircraft[J]. Aeronautic Standardization & Quality, 2014(2): 24-25. (in Chinese)
- [14] 安琳琳. 基于功能危险性评估的民用飞机驾驶舱门设计探讨[J]. 民用飞机设计与研究, 2015(1): 53-57.
AN Linlin. The design and discussion of civil aircraft flight deck door based on function hazard assessment[J]. Civil Aircraft Design and Research, 2015(1): 53-57. (in Chinese)
- [15] 马健, 高斌元, 解江. 民用飞机驾驶舱保护适航技术研究[J]. 中国民航大学学报, 2021, 39(5): 61-64.
MA Jian, GAO Binyuan, XIE Jiang. Airworthiness technology of civil aircraft cockpit security [J]. Journal of Civil Aviation University of China, 2021, 39(5): 61-64. (in Chinese)
- [16] 王哲, 孙巍, 孙熙. 民用飞机驾驶舱门设计研究[J]. 航空标准化与质量, 2018(4): 50-53.
WANG Zhe, SUN Wei, SUN Xi. Study on design of civil aircraft flight deck door [J]. Aeronautic Standardization & Quality, 2018(4): 50-53. (in Chinese)
- [17] 甘亚东, 姚雄华, 刘万春. 民用飞机舱门试验研究综述[J]. 航空工程进展, 2022, 13(5): 28-35, 68.
GAN Yadong, YAO Xionghua, LIU Wanchun. Research overview for door tests of civil airplane [J]. Advances in Aeronautical Science and Engineering, 2022, 13(5): 28-35, 68. (in Chinese)

作者简介:

马 骏(1990—),男,硕士,高级工程师。主要研究方向:民用飞机结构设计。

李松泽(1989—),男,硕士,高级工程师。主要研究方向:民用飞机结构设计。

赵许微(1989—),女,硕士,工程师。主要研究方向:民用飞机结构设计。

(编辑:丛艳娟)