

运输类飞机漂浮装置浮力增值研究

易朋飞, 张敏, 芮杰

(湖北航宇嘉泰飞机设备有限公司 技术中心, 襄阳 441046)

摘要: 漂浮装置是运输类飞机在水上应急迫降时乘员逃生的重要安全设备,开展漂浮装置浮力增值研究有助于解决漂浮装置在允许的服役期限内浮力衰减的问题,可提升漂浮装置持续适航能力。以某型按漂浮装置标准设计的漂浮座椅垫为研究对象,分析其结构组成、浮力设计方法与实际使用场景,确定浮力衰减关键影响因素;通过对同材料、同比例构造且已服役的座椅垫开展物理参数与浮力性能测试,结合测试数据分析得出漂浮装置浮力衰减的原因,确定适配该型漂浮装置的浮力增值,并验证其适用性。研究形成的浮力增值确定方法,可为其他类型漂浮装置的浮力设计提供参考与借鉴。

关键词: 漂浮装置;漂浮座椅垫;安全设备;浮力;增值

中图分类号: V244.21

文献标识码: A

Research on the buoyancy increment of flotation devices for transport aircraft

YI Pengfei, ZHANG Min, GUO Jie

(Technology Center, JIATAI Aircraft Equipment Co., Ltd., Xiangyang 441046, China)

Abstract: Flotation devices are essential safety equipment for occupant evacuation during emergency water ditching of transport-category aircraft. Research on the buoyancy increment of flotation devices helps solve the problem of insufficient buoyancy within the specified service life and improve the continuous airworthiness of flotation devices. Taking a certain type of flotation seat cushion designed in accordance with flotation device standards as the research object, this paper analyzes its structure, buoyancy design and service scenarios to identify the key factors affecting buoyancy attenuation. By testing the physical parameters and buoyancy performance of used seat cushions with the same material and proportional construction, the causes of buoyancy attenuation are revealed, the applicable buoyancy increment for this type of flotation device is determined and its suitability is verified. The method for determining buoyancy increment formed by this study can provide a reference for the buoyancy design of other types of flotation devices.

Key words: flotation device; flotation seat cushion; safety equipment; buoyancy; increment

收稿日期: 2026-02-15; 修回日期: 2026-06-10

通信作者: 易朋飞(1982—), 男, 硕士, 高级工程师。Email: yipf@avic.com

引用格式: 易朋飞, 张敏, 芮杰. 运输类飞机漂浮装置浮力增值研究[J]. 航空工程进展.

YI Pengfei, ZHANG Min, GUO Jie. Research on the buoyancy increment of flotation devices for transport aircraft[J]. Advances in Aeronautical Science and Engineering. (in Chinese)

0 引言

漂浮装置是陆上飞机或自特定机场起飞/着陆时,飞机的起飞或者进近航迹处于水面上空时需配置一种安全设备^[1-2]。通常情况下,漂浮装置是在运输类飞机既未满足水上迫降规定,又无经批准的救生衣时,为每个乘员配置的个人安全设备。根据要求,该种漂浮装置必须放在每个就座乘员易于取用的部位,并且能够快速从飞机上取下^[3]。1963年,美国联邦航空局(Federal Aviation Agency)基于漂浮装置标准化审查需求颁布了TSO-C72^[4](Technical Standard Order),明确规定漂浮装置最低性能要求,首次提出了漂浮装置所需浮力值要求。为满足漂浮装置安装位置可达性和乘员可快速取用的要求,行业内通常将漂浮功能集成在座椅坐垫上,形成兼具乘坐与漂浮功能的漂浮座椅垫。从1963年起,美国联邦航空局航空医学办公室就开始组织对航空器旅客座椅垫材料、使用环境、提供浮力和持续时间等漂浮特性进行研究,并于1966年发表AM66-13^[5]研究报告。1966年美国联邦航空管理局(Federal Aviation Administration)升级了漂浮装置最低性能标准要求,颁布了TSO-C72a^[6],并且首次提出漂浮装置在浮力验证时需考虑长期使用而造成浮力损失的增值要求,但并未明确浮力增值大小。从1978年开始美国联邦航空管理局先后出版与漂浮座椅垫相关的FAA-AM-78-1^[7]和DOT/FAA/AM-95/20^[8]研究报告,主要对漂浮座椅垫物理特征及使用方法进行了研究,不涉及漂浮座椅垫增加浮力增值内容。当前美国联邦航空管理局颁布且有效关于漂浮装置的最低性能标准为TSO-C72c^[9],但仍然未明确浮力增值的大小。2003年中国民用航空局颁布了CTSO-C72c^[10](Chinese Technical Standard Order)对漂浮装置的浮力增值规定与TSO-C72c一致。近年来,涉及漂浮座椅垫的相关研究主要有:杨欢等^[11-12]通过动态对比试验研究座椅垫替换的动态冲击试验方法,并通过材料压缩试验研究非漂浮型和漂浮型座椅垫动态压缩力学性能;吕峥烨等^[13]研究了座椅垫燃烧试验方法;贾克帅等^[14]通过介绍与漂浮座椅垫相关的试验项目对漂浮座椅垫适航取证方法进行了研究;解江等^[15]针对仿真冲击模型中座椅垫变形引发的问题,建立了座椅垫集中参数模型。

综上所述,国内外针对漂浮座椅垫的研究主要集中于座椅垫材料物理性能、漂浮座椅垫的使用、动态压缩力学性能、适航取证试验方法等方面,而对漂浮座椅垫浮力增值的系统性研究未见报道。为此,本文通过分析漂浮座椅垫结构、浮力设计、使用场景对浮力的影响,结合服役座椅垫物理参数与残余浮力的测试,确定适配该型装置的浮力增值并验证适用性,形成可复用的浮力增值确定方法,以期同类漂浮装置浮力设计提供参考。

1 漂浮装置浮力特性分析

1.1 漂浮装置浮力值要求

当前运营与适航规章主要对漂浮装置的配备、放置位置与取用便捷性进行了规定,而关于漂浮装置浮力值的要求,则通过适用的最低性能标准要求给予明确。根据CTSO-C72c对漂浮装置浮力性能要求规定,漂浮装置的浮力值应满足TSO-C72c中规定的《美国联邦航空局标准—单独漂浮装置》第5.0.1节要求的漂浮装置在85°F淡水中持续8 h提供的浮力不得低于62.3 N及第7.0.1节要求的非充气式漂浮装置(例如座椅垫)需通过预处理措施,模拟长期使用过程导致浮力衰减,或增加足够的浮力增值,以补偿使用过程中的浮力衰减,并且对漂浮装置进行浮力验证方法及预处理等提出了要求。

1.2 漂浮装置的构造

根据美国联邦航空管理局颁布的Cabin Safety Subject Index Rev. 49^[16]阐述以及行业通用做法,都是将漂浮座椅垫作为典型的漂浮装置。对漂浮座椅垫而言,除了需要满足自身漂浮性能外,同时作为座椅系统上重要部件还需随座椅系统满足座椅系统CTSO-C127c^[17]标准规定的乘员乘坐、乘员防护及防火要求。为满足上述功能要求,漂浮座椅垫在构造材料选用时需综合考虑材料的漂浮、碰撞吸能及防火性能,因此漂浮座椅垫使用的材料会是多种材料的组合;同时考虑到乘员乘坐需求及座椅安装等要求,漂浮座椅垫外形轮廓通常会综合考虑座椅宽度及结合乘员臀部曲线进行优化设计,确保乘员乘坐的舒适性和适配性,所

以漂浮座椅垫是多种材料构造且外形轮廓较为复杂的组合体。目前行业中的漂浮座椅垫通常由聚氨酯泡沫、聚乙烯泡沫、防火层和外套组成,并带有手带,如图1所示,其中聚氨酯泡沫为开孔泡沫,聚乙烯泡沫为闭孔泡沫,聚氨酯泡沫与聚乙烯泡沫按一定比例粘接在一起组成泡沫芯,如图2所示,防火层通过粘胶剂将泡沫芯包覆,并且将尼龙搭扣和手带与防火层粘接在一起,如图3所示。



图1 某型漂浮座椅垫示意图

Fig. 1 A flotation cushion type Schematic

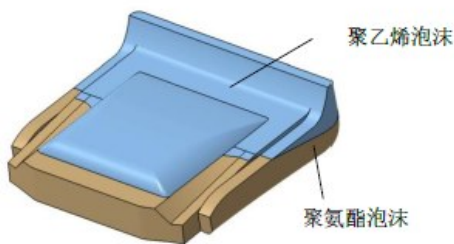


图2 某型漂浮座椅垫泡沫芯示意图

Fig. 2 Foam core of a flotation cushion type schematic



图3 某型漂浮座椅垫泡沫组件示意图

Fig. 3 Foam core assembly of a flotation cushion type schematic

1.3 漂浮装置浮力值的设计方法

漂浮座椅垫的浮力主要由漂浮座椅垫的泡沫芯提供,同时考虑到组成泡沫芯的聚氨酯泡沫的

开孔及聚乙烯泡沫的闭孔特性对浮力的影响和两种泡沫材料组成比例等,因此漂浮座椅垫的浮力值初步设计时,需考虑聚氨酯泡沫和聚乙烯泡沫体积比例,假设为 k ;同时考虑聚氨酯泡沫开孔吸水特性影响其浮力转化情况,假设转化率为 n ,该值与所选聚氨酯泡沫供应商相关;根据阿基米德定理,浮力公式为: $F = \rho g v$,漂浮座椅垫泡沫芯体积为 v ,同时考虑上述聚氨酯和聚乙烯两种泡沫间比例值 k 和聚氨酯泡沫吸水后浮力转化率值 n ,则漂浮座椅垫泡沫产生的浮力公式为 $F = \frac{1 + kn}{1 + k} \rho g v$,该浮力值计算公式未考虑漂浮座椅垫其它部件对浮力值的影响。

1.4 漂浮装置运用场景分析

漂浮座椅垫在其生命周期中主要使用场景可分为正常运营场景与应急使用场景两类。正常运营场景下,漂浮座椅垫随座椅装机使用并且作为主要受力支撑部件,主要承受乘员乘坐压力反复压缩和回弹作用,同时持续暴露在客舱温度循环、湿度变化、乘员汗液、皮肤油脂、饮料泼溅等复杂环境中,这些因素共同导致漂浮座椅垫的泡沫老化、结构退化、开孔堵塞、体积收缩等问题。应急使用场景仅发生在飞机水上迫降后,乘员需迅速取下漂浮座椅垫作为个人水上漂浮安全设备,此时要求漂浮座椅垫在长期衰减后仍具备足够浮力。由此可见,正常运营场景中的长期载荷与环境作用是导致浮力衰减的根本原因,也是必须开展漂浮座椅垫浮力增值研究的核心依据。

1.5 漂浮装置浮力值影响因素分析

根据漂浮座椅垫构造特征、材料特性以及使用场景分析,可系统的识别出漂浮座椅垫浮力值的主要影响因素:一是长期反复压缩导致漂浮座椅垫泡沫芯的永久变形,造成漂浮座椅垫体积变形;二是漂浮座椅垫泡沫芯中开孔泡沫在使用过程中受环境作用而堵塞等,吸水后浮力转化也受影响;三是漂浮座椅垫泡沫芯材料在长期使用过程出现老化等情况导致的泡沫内部出现结构断裂,从而影响了漂浮座椅垫持续浮力保持能力。在上述因素共同作用,使漂浮座椅垫浮力随服役时间呈现持续衰减趋势,若设计阶段未预留合理

浮力增值,将出现服役中后期浮力不满足适航要求的严重问题。

2 漂浮装置浮力增值研究

2.1 漂浮装置浮力增值研究需求说明

根据第1.5节漂浮座椅垫浮力影响因素分析可知,长期服役使用会直接导致泡沫芯的有效体积 V 以及持续提供浮力能力下降,同时聚氨酯泡沫浮力转化率 n 呈现复杂非线性退化,无法通过理论模型精确计算。为确保漂浮座椅垫在规定服役期限内持续的满足最低浮力要求,必须结合服役使用的漂浮座椅垫样本开展浮力值的相关研究,通过测量样本的体积变化以及实际残余浮力,并且与新生产样件的体积及浮力值进行比较,最终确定满足适航要求的浮力增值。

2.2 研究方法说明

此次针对漂浮装置浮力增值的研究主要以图1漂浮座椅垫为研究对象,在研究过程选取同种泡沫材料构造及比例的座椅垫进行研究,分别取新生产座椅垫和正常服役使用3年的座椅垫,对座椅垫的体积和浮力进行测量和测试,分析座椅垫经使用后在体积和浮力上的变化情况以及漂浮座椅垫泡沫老化或开孔泡沫堵塞等影响浮力转化率等。

注: 所选取研究座椅垫由于座椅系统在运营时配置了救生衣,因此座椅垫未按漂浮装置要求表明浮力的符合性,在此仅用于研究浮力增值。

根据SAE ARP9013/1^[18]表A1-等风险点取样方案进行取样要求,选择批量大于等于5 000和风险点是10%时对应的样本量是7个,选取使用过的座椅垫取7件。同时新生产座椅垫取3件作为对比对象。

2.2.1 取样过程描述

根据对漂浮装置浮力增值研究需要,结合漂浮座椅垫聚氨酯和聚乙烯泡沫材料供应商对两种泡沫材料使用寿命限制建议,协调从国内某航空公司运营飞机上且已正常使用3年的座椅垫进行置换,该批座椅垫装配的飞机日平均运行时间大于10小时,飞机上座率大于90%,更多取样座椅垫的飞机信息如表1所示。

表1 座椅垫取样飞机信息表
Table 1 Seat cushion sampling aircraft information

序号	项目	信息
1	飞机型号	A320
2	飞机日平均运行时间/h	>10
3	飞机上座率	>90%
4	总飞行小时/h	11 169

新生产座椅垫与使用过的座椅垫外观对比如图4所示,左侧为新生产座椅垫,外观平整、无塌陷、无污渍;右侧为使用过的座椅垫,表面呈现发灰发暗,内部存在明显塌陷等老化痕迹。



图4 座椅垫俯视图

Fig. 4 Top view of the seat cushion

2.2.2 样件描述

此次漂浮座椅垫浮力增值的研究涉及座椅垫样件共10件,并且对相关座椅垫进行标记,具体座椅垫的信息如表2所示。

表2 座椅垫取样信息表
Table 2 Seat cushion sampling information

编号	名称	状态	编号	名称	状态
A	座椅垫	新件	3	座椅垫	使用件
B	座椅垫	新件	4	座椅垫	使用件
C	座椅垫	新件	5	座椅垫	使用件
1	座椅垫	使用件	6	座椅垫	使用件
2	座椅垫	使用件	7	座椅垫	使用件

2.3 座椅垫浮力值变化研究

2.3.1 座椅垫研究模型搭建

由于这些用于研究的座椅垫外形为非规则曲面,无法采用常规量具直接测量出体积,因此在此采用逆向工程技术建立数字化三维模型,从而实现体积参数的精准测量。建模流程为:首先在座椅垫表面均匀粘贴高精度靶标点,再采用手持激光三维扫描仪对靶标点与整体外形进行全方位扫

描,获取点云数据;随后通过专业逆向软件进行点云预处理、曲面重构、实体建模,最终生成与实物1:1匹配的三维数字模型,三维模型搭建过程如图5所示。



图5 使用过座椅垫建模过程图

Fig. 5 The process for modelling the used seat cushion

2.3.2 座椅垫体积变化测量

基于搭建了座椅垫模型和座椅垫设计模型,分别测量出新生产座椅垫与使用过座椅垫的体积,将新生产座椅垫的体积作为比较基准,将收集到使用过座椅垫的体积数据与新生产座椅垫体积进行对比,计算出体积变化率,具体内容如表3所示。

表3 座椅垫体积变化数据表
Table 3 Seat cushion volume variation data

编号	三维数模体积/cm ³		体积变化率/%
	新生产座椅垫	使用过座椅垫	
1	12 775	12 392	3
2	12 775	12 371	3.2
3	12 775	12 541	1.8
4	12 775	12 635	1.1
5	12 775	12 570	1.6
6	12 775	12 357	3.3
7	12 775	12 336	3.4

将新生产座椅垫体积与使用过座椅垫体积相减后再除以新生产座椅垫体积得到体积变化率,通过表3可知,使用过的座椅垫体积变化率最大为3.4%。

2.3.3 座椅垫浮力计算

根据第1.3节确定漂浮座椅垫泡沫芯浮力计算公式,分别计算出新件与使用件泡沫芯体能够提供的理论浮力,同时所有研究样本需扣除外套、防火层、手带等附件对浮力产生的反方向作用力。经实际称重,该型座椅垫附件总质量约0.25 kg,对应的反向作用力为2.45 N,根据计算公式需求代入 k 和 n 值,计算出座椅垫理论浮力值,理论浮力计算结果如表4所示。

表4 座椅垫浮力值计算数据表
Table 4 Seat cushion buoyancy calculation data

编号	泡沫芯的理论浮力值/N	外套等作用力/N	座椅垫理论浮力值/N
A	72.61	2.45	70.16
B	72.61	2.45	70.16
C	72.61	2.45	70.16
1	70.44	2.45	67.99
2	70.32	2.45	67.87
3	71.28	2.45	68.83
4	71.82	2.45	69.37
5	71.45	2.45	69.00
6	70.24	2.45	67.79
7	70.12	2.45	67.67

2.3.4 座椅垫浮力变化值测量

按照CTSO-C72c引用TSO-C72c中引用的《联邦航空标准-单独漂浮装置》第7.0.1节规定的试验方法对座椅垫进行浮力测量,在对座椅垫进行浮力试验时,以30 min为时间测定间隔和记录浮力值。如果连续4次测得的浮力值稳定在的某一数值,则试验结束。否则必须进行8 h试验,每隔半小时对试验件的浮力进行一次测定,最后测定浮力为座椅垫的浮力值。注:试验时记录的浮力值精确到1 N。

根据策划分别对此次所有10个样件进行浮力值测量。座椅垫浮力测试试验过程如图6所示。此次座椅垫浮力试验收集浮力值参见表5所示内容。

使用过的座椅垫浮力变化率为新生产座椅垫的浮力值与使用过的座椅垫的浮力值之差再与新生产座椅垫的浮力值之比,具体如表5所示。



图6 座椅垫浮力试验图

Fig. 6 Seat cushion test diagram

表5 座椅垫浮力试验浮力值数据
Table 5 Seat cushion buoyancy test data

编号	名称	实测浮力值/N	浮力值变化/%
A	座椅垫	70	/
B	座椅垫	70	/
C	座椅垫	70	/
1	座椅垫	64	8.6
2	座椅垫	63	10
3	座椅垫	62	11.4
4	座椅垫	61	12.9
5	座椅垫	63	10
6	座椅垫	65	7.1
7	座椅垫	65	7.1

从表5可以看出:使用过的座椅垫的浮力变化最大为12.9%。

2.3.5 试验结果分析

对表3及表6座椅垫体积及浮力值变化数据汇总进行分析,如图7所示。

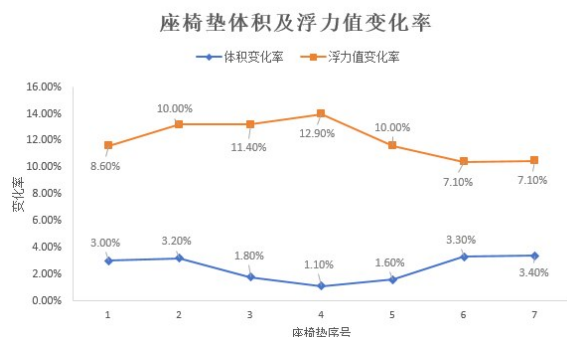


图7 使用过座椅垫体积及浮力值变化分布曲线图

Fig. 7 Curve of volume and buoyancy changes for used seat cushions

表6 理论与实测浮力值差异汇总表
Table 6 Differences between theoretical and tested buoyancy values

编号	座椅垫理论浮力值/N	座椅垫试验浮力值/N	相差值/N
A	70.16	70	0.16
B	70.16	70	0.16
C	70.16	70	0.16
1	67.99	64	3.99
2	67.87	63	4.87
3	68.83	62	6.83
4	69.37	61	8.37
5	69.00	63	6.00
6	67.79	65	2.79
7	67.67	65	2.67

从图7可以看出:4号使用过座椅垫浮力值变化最大为12.9%,对应的座椅垫体积变化最小为1.10%;而7号使用过座椅垫体积变化最大为3.40%,但是其浮力值变化却最小为7.10%。同时观察其它编号的使用过的座椅垫浮力值与体积变化情况显示使用过的座椅垫体积变化与浮力值大小可以得出两者之间没有直接的线性关系,以及结合表6浮力值相差数据显示的使用过的座椅垫浮力实测值与理论计算值偏差过大,最大偏差超过8 N,也反映出使用过的座椅垫体积变化不是唯一影响使用过座椅垫浮力值的因素。造成该种现象的主要原因是座椅垫中的开孔聚氨酯泡沫造成的,在长期使用过程聚氨酯泡沫受环境作用产生较为严重老化现象,如图8所示为对使用过的座椅垫聚氨酯泡沫不同部位取样情况。



图8 使用过的座椅垫内部泡沫芯取样

Fig. 8 Sampling of the foam core inside the used seat cushion test diagram

从样件状态可以看到,聚氨酯泡沫内部结构降级比较严重,这种情况对座椅垫浮力值影响比

较复杂,造成浮力值与体积变化关系很难确定,因此造成使用过的座椅垫浮力值大小无法通过体积测量体现。所以仅依靠体积变化进行浮力补偿远远不足,必须基于真实在役样本的浮力衰减数据确定浮力增值,才能保证座椅垫全生命周期安全。

2.4 座椅垫浮力值增值的确定

2.4.1 浮力增值计算

通过对表5中使用过的座椅垫浮力值变化统计确认可知,使用过的座椅垫浮力值衰减最大为12.9%,同时考虑产品制造公差 $\pm 3\%$ 等因素,为确保所有产品在全服役周期内均满足最低浮力62.3 N要求,该型泡沫材料与配比的漂浮座椅垫,浮力增值建议取值不低于16%。

2.4.2 研究局限性与适用边界

1) 本研究依据 SAE ARP9013/1 标准抽取7件服役件、3件新件,满足统计抽样最低要求,但样本量仍有限,因此16%为针对本次样本的保守最小值,工程应用中可根据审查要求适当提高;

2) 材料适用边界:研究结论仅适用于本次采用的聚氨酯开孔泡沫与聚乙烯闭孔泡沫复合体系及设计配比,若更换材料供应商、泡沫型号、配比比例,必须重新开展在役样本测试与浮力增值计算;

3) 环境适用边界:样本取自内陆常规客舱环境,未包含沿海高盐、热带高湿、高原低温等严苛环境,此类环境会加速泡沫老化,因此浮力增值可在16%基础上再作适量增加。

3 漂浮装置浮力增值的验证

3.1 基于浮力增值的漂浮装置初步设计

根据上述研究结果确定的漂浮座椅垫浮力增值,该款漂浮座椅垫的浮力设计时应考虑16%的浮力增值,因此该款漂浮座椅垫浮力设计值的最小要求浮力值62.3 N加上16%的浮力增值即为72.3 N,同时考虑到漂浮座椅垫需考虑外套等对浮力产生的负作用,该型漂浮座椅垫外套等重量约为0.25 kg,对浮力值产生2.45 N的反方向作用力,因此该款漂浮座椅垫泡沫芯最终需要提供的浮力值为漂浮座椅垫最低浮力值加上抵消外套等作用的力值,所以该款漂浮座椅垫泡沫芯需提供的浮力值应为74.75 N。

将上述确定的漂浮座椅垫泡沫芯需要提供的浮力值及 k 和 n 值等代入第1.3章节规定的漂浮座椅垫泡沫浮力计算公式,计算出该型漂浮座椅垫泡沫芯最小所需的体积为13 151 cm^3 。

当在设计时不考虑浮力增值时,漂浮座椅垫泡沫芯需提供的浮力值为62.3 N加上外套等产生的2.45 N反向作用力,一共为64.75 N,此时计算出该型漂浮座椅垫泡沫芯的体积为11 392 cm^3 ,在考虑浮力增值和不考虑的两种情况下,泡沫芯的体积少了1 759 cm^3 。表面上看,当不考虑浮力增值时,漂浮座椅垫呈现出更薄与重量更轻的优势,但是却不能在规定的服役周期中持续的提供满足规章要求的浮力,所以可以确认这类漂浮座椅垫是不安全的设备。

3.2 漂浮装置浮力值验证

根据第3.1节确定漂浮座椅垫泡沫芯最小体积要求,结合确定的聚氨酯和聚乙烯泡沫比例 k ,生产3个漂浮座椅垫按照第2.3.4节要求进行浮力试验,漂浮座椅垫数模体积、浮力理论计算值及试验收集浮力值等信息如表8所示,其中浮力理论值已经减去外套等作用的2.45 N力。

注:根据第3.1节确定漂浮座椅垫泡沫芯最小体积应为13 151 cm^3 ,但实际上为确保该款漂浮座椅垫能够与后续安装座椅宽度等适配,在此漂浮座椅垫泡沫芯体积最后取值为13 622 cm^3 ,此对漂浮座椅垫的理论计算值和试验值之间的研究无实在影响。

表8 漂浮座椅垫浮力验证结果

Table 8 Flotation seat cushion buoyancy verification results

序号	数模体积/ cm^3	浮力计算值/N	浮力理论值/N	判据/N	浮力试验值/N
1	13 622	77.43	74.98	72.3	76
2	13 622	77.43	74.98	72.3	75
3	13 622	77.43	74.98	72.3	77

3.3 漂浮装置浮力数据分析

从表8可以看出:3件验证样件实测浮力分别为76、75、77 N,均远高于72.3 N的设计判据值,满足含16%增值的浮力要求;理论值与试验实测值最大偏差为2.02 N,主要来源于泡沫密度波动、胶层重量差异、制造尺寸公差等正常工程分散性,不影响最终符合判据的要求。

4 结 论

1) 长期服役使用会导致漂浮座椅垫出现泡沫体积收缩、开孔堵塞与材料老化等情况,是漂浮座椅垫浮力衰减的主要原因,且浮力衰减与体积变化无显著线性关系。

2) 对服役使用样件测试表明,该款漂浮座椅垫最大浮力衰减率为12.9%,综合制造公差,该型座椅垫浮力增值应不低于16%。

3) 该款漂浮座椅垫浮力按16%增值设计的验证试验样件,实测浮力值满足最低性能要求,证明该浮力增值合理可行。

4) 本研究建立的漂浮座椅垫浮力增值确定方法,可为同类航空漂浮装置的浮力设计与验证提供参考。

参 考 文 献

- [1] 中国民用航空局. 一般运行和飞行规则: CCAR-91-R4[S]. 北京: 中国民用航空局, 2022.
Civil Aviation Administration of China. General operating and flight rules: CCAR-91-R4[S]. Beijing: Civil Aviation Administration of China, 2022. (in Chinese)
- [2] 中国民用航空局. 大型飞机公共航空运输类承运人运行合格审定规则: CCAR-121-R8[S]. 北京: 中国民用航空局, 2024.
Civil Aviation Administration of China. Rules for the qualification of large aircraft public air transport operators: CCAR-121-R8[S]. Beijing: Civil Aviation Administration of China, 2024. (in Chinese)
- [3] 中国民用航空局. 运输类飞机适航标准: CCAR-25-R4[S]. 北京: 中国民用航空局, 2011.
Civil Aviation Administration of China. Airworthiness standards of transport category aircraft: CCAR-25-R4[S]. Beijing: Civil Aviation Administration of China, 2011. (in Chinese)
- [4] Federal Aviation Agency. Individual flotation devices: TSO-C72[S]. Washington, D. C.: Federal Aviation Agency, 1962.
- [5] Ernest B, McFadden M S, James M. Simpson. flotation characteristics of aircraft passenger seat cushions: AM66-13[R]. Virginia: Federal Aviation Agency Office of Aviation Medicine, 1966.
- [6] Federal Aviation Agency. Individual Flotation Devices: TSO-C72a[S]. Washington D. C.: Federal Aviation Agency, 1966.
- [7] McFadden E B. Flotation and survival equipment studies: FAA-AM-78-1[S]. Washington, D. C.: FAA Civil Aeromedical Institute, 1978.
- [8] Funkhouser G E, George M H. Alternative methods for flotation seat cushion use: DOT/FAA/AM-95/20[R]. Oklahoma: FAA Civil Aeromedical Institute, 1995.
- [9] Federal Aviation Administration. Individual flotation devices: TSO-C72c[R]. Washington, D. C.: Federal Aviation Administration, 1990.
- [10] 中国民用航空局. 单独漂浮装置: CTSO-C72c[S]. 北京: 中国民用航空局, 2003.
Civil Aviation Administration of China. Individual flotation devices: CTSO-C72c[S]. Beijing: Civil Aviation Administration of China, 2003. (in Chinese)
- [11] 杨欢, 牟让科, 王亚锋, 等. 基于刚性座椅的航空可替代座椅垫动态冲击试验方法研究[J]. 科学技术与工程, 2017, 17(19): 290-294.
Yang Huan, Mou Rangke, Wang Yafeng, et al. Research on dynamic impact test methodology of the aircraft replaceable seat cushion based on rigid seat[J]. Science Technology and Engineering, 2017, 17(19): 290-294. (in Chinese)
- [12] 杨欢, 舒挽, 张宇, 等. 非漂浮型和漂浮型航空座椅垫动态压缩力学性能研究[J]. 科学技术与工程, 2020, 20(18): 7524-7530.
Yang Huan, Shu Wan, Zhang Yu, et al. Research on the dynamic compression mechanical properties of the nonflotation and flotation aviation seat cushions[J]. Science Technology and Engineering, 2020, 20(18): 7524-7530. (in Chinese)
- [13] 吕峥烨, 黄卫星, 侯振国, 等. 民机座椅垫及座椅结构燃烧试验差异分析[J]. 民用飞机设计与研究, 2020(4): 81-84.
Lyu Zhengye, Huang Weixing, Hou Zhenguo, et al. Differences in burner tests between seat cushion and seat structure[J]. Civil Aircraft Design & Research, 2020(4): 81-84. (in Chinese)
- [14] 贾克帅, 刘蕾杰, 高攀升. 航空漂浮座垫适航论证方法的探究[J]. 民用飞机设计与研究, 2024(2): 8-12.
Jia Keshuai, Liu Leijie, Gao Pansheng. Airworthiness certification research for aviation floating seat cushion[J]. Civil Aircraft Design & Research, 2024(2): 8-12. (in Chinese)
- [15] 解江, 钟欣言, 石膏鹏, 等. 航空座椅垫集中参数模型研究[J]. 中国民航大学学报, 2024, 42(5): 9-13, 27.
Xie Jiang, Zhong Xinyan, Shi Xiaopeng, et al. Research on lumped parameter model of aviation seat cushion[J]. Journal of Civil Aviation University of China, 2024, 42(5): 9-13, 27. (in Chinese)
- [16] Federal Aviation Administration. Cabin safety subject index: Rev. 49[R]. Phoenix: FAA, 2024.
- [17] 中国民用航空局. 旋翼航空器、运输类飞机和小飞机座椅系统: CTSO-C127c[S]. 北京: 中国民用航空局, 2024.
Civil Aviation Administration of China. Rotorcraft, transport airplane, and small airplane seating systems: CTSO-C127c[S]. Beijing: Civil Aviation Administration of China, 2024. (in Chinese)
- [18] Society of Automotive Engineers. Statistical product acceptance requirement using isolated lot sampling methods: SAE ARP9013/1[S]. Washington, D. C.: Society of Automotive Engineers, 2005.

(编辑: 马文静)