

DOI: 10.19416/j.cnki.1674-9804.2021.01.018

一款国产民机旅客氧气面罩的 防火性能测试

马迪¹ 霍立琴² 汤旭² 雷鸣俊² 李栋梁^{1*}

(1. 邯郸净化设备研究所, 邯郸 056027; 2. 上海飞机设计研究院, 上海 201210)

摘 要: 旅客氧气面罩作为旅客氧气系统的重要组成部分, 是一种常见的为旅客提供应急氧气的分氧装置, 随着国产大飞机项目的深入开展, 依照国际通用标准研制了一款持续气流旅客氧气面罩。由于旅客氧气面罩在民用飞机上的广泛装备, 要求其必须具备优良的防火性能。针对 CCAR-25-R4 的第 25.853 条款和附录 F 第一部分的防火性能要求, 对适航条款进行分析, 通过对所研制面罩主体部分的硅胶和聚氯乙烯材料进行模拟切块制样, 采用 CCAR-25-R4 附录 F 第 I 部分(b)(5)的测试方法对所制备的试样进行水平燃烧试验。结果表明, 面罩材料的水平燃烧试验燃烧速率为 0, 满足 CCAR-25-R4 附录 F 第 I 部分第(a)(1)(iv)条款所规定的水平燃烧试验燃烧速率不得超过 64mm/min 的要求, 研制的旅客氧气面罩防火性能满足适航要求。

关键词: 旅客氧气面罩; 防火; CCAR-25-R4 第 25.853 条款; CCAR-25-R4 附录 F

中图分类号: V255

文献标识码: A

OSID:



0 引言

现代民航客机通常采用涡扇喷气式发动机, 巡航高度普遍在 7 600 m 以上, 座舱为气密增压座舱。当飞机由于增压系统故障或结构破损等原因导致座舱释压时, 在飞机紧急迫降过程中为确保旅客生命安全需要及时通过旅客氧气系统为旅客提供应急氧气^[1-3]。旅客氧气面罩是一种常见的为旅客提供氧气的分氧装置, 化学氧气发生器产生的氧气流通过旅客氧气面罩的供氧软管供给机上乘员。

由于化学氧气发生器产生的是持续的氧气流, 所以与化学氧气发生器配套使用的是持续气流旅客氧气面罩。目前普遍装备在民航客机上且符合 TSO-C64a 的持续气流旅客氧气面罩有两种, 分别由 B/E 航空系统有限公司和 AVOX 系统公司研制^[4-6]。随着国产大飞机项目的深入开展, 旅客氧气面罩也面临着国产化趋势, 基于此, 邯郸净化设备

研究所遵循民航规章以及国际通用标准独立研制了一款民机持续气流旅客氧气面罩。

旅客氧气面罩在设计时通体采用了轻质的高分子材料, 且大量装备在整个客舱内, 为了防止在客舱发生火灾时火势蔓延, 所以必须遵循民航标准规定对所研制的旅客氧气面罩的防火性能进行测试, 以确定其是否达到适航要求。

1 民机旅客氧气面罩适用的适航条款分析

旅客氧气面罩遵循的民航规章及设计标准主要是 CCAR-25-R4 以及 SAE AS8025。

1.1 有关旅客氧气面罩设计的适航条款分析

CCAR-25-R4 是中国民用航空局颁布的运输类飞机适航标准, 其第 25.1447(a) 条规定, 每一位需要补氧的乘员必须有各自的分氧装置, 分氧装置必须设计成能盖住口鼻, 并且必须具有合适的手段将

* 通信作者。E-mail: lidongliang718@163.com

引用格式: 马迪, 霍立琴, 汤旭, 等. 一款国产民机旅客氧气面罩的防火性能测试[J]. 民用飞机设计与研究, 2021(1):111-116.

MA D, HUO L Q, TANG X, et al. Flame retardancy test of domestic passenger oxygen mask equipped on civil aircraft [J]. Civil Aircraft Design and Research, 2021(1):111-116(in Chinese).

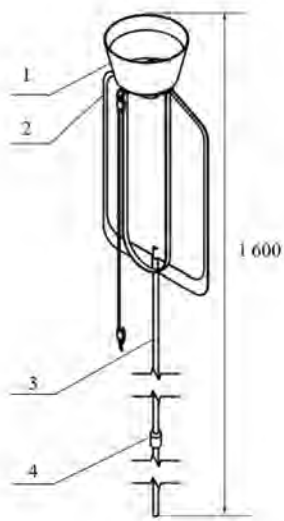
其保持在面部^[7]。

SAE AS8025《旅客氧气面罩》是美国汽车工程师学会对美国联邦航空条例 FAR-25《运输类飞机适航标准》中旅客氧气面罩部分细化后发布的一项航空航天标准,在该标准中对民用商用飞机持续气流旅客氧气面罩的设计、结构和性能确定了最低要求^[8-9]。

SAE AS8025 第 1 条规定,持续气流供氧的旅客氧气面罩为口鼻型面罩,包括一个面罩杯组件、一个面罩悬挂装置、一个储气袋、一个流量指示器和一根供氧软管等。其中面罩杯组件还可以细分为面板、面罩杯、阀片等。

SAE AS8025 第 5.5.1 条规定,当供氧软管连接到出口接头时,面罩组件应能承受施加到面罩本体上的 88.96 N (20 lbf) 静态拉伸力至少 3 s,且面罩组件不能从出口接头脱离。基于此,在 B/E 面罩中,用一根细绳连接在储气袋入口处的伞形连接器和储气袋出口处的卡扣之间,从而承受拉力,但这样的装置结构复杂,并且还包括额外的材料和处理步骤,使得制造时间和制造成本增加。且连接储气袋和面罩杯的连接细绳难以快速组装,使得现场维护人员的维护成本增加。本所研制的旅客氧气面罩中,储气袋通过超声波焊接形成了有一定宽度且倾斜均匀分布的焊缝,这些焊缝可沿水平方向向左和向右分散轴向施加的力,从而使得面罩组件可承受 88.96 N 的拉力,通过焊缝分散应力,无需更复杂的装置,使得面罩维护成本大大降低。

图 1 为邯郸净化设备研究所自主研制的持续气



1-面罩杯组件;2-储气袋;3-供氧软管;4-流量指示器

图 1 旅客氧气面罩示意图

流旅客氧气面罩(只标注主体结构及尺寸)。在面板设计中,摒弃了 AVOX 面罩内外板的设计,而采用了压板设计,既可以维持面罩杯的形态,又减少了面板材料的用量,这种设计不但简约而且减重,更为符合现代民航客机的设计理念。

1.2 有关旅客氧气面罩防火性能的适航条款分析

SAE AS8025 第 3.3.1 条中规定,旅客氧气面罩所使用材料不能对火势传播产生重大影响,材料应具备联邦航空条例 FAR-25.853(a)条款中规定的防火性能。

CCAR-25-R4 第 25.853(a)条款规定了“舱内材料(包括用于材料的涂层或饰面)必须满足本部附录 F 第 I 部分规定的适用试验准则或其它经批准的等效试验方法,无论飞机的客座量是多少。”

CCAR-25-R4 附录 F 第 I 部分“表明符合 25.853 条或 25.855 条的试验准则和程序”中详细列出了舱内材料防火性能试验的材料试验准则以及试验程序。第(a)(1)(iv)条规定“有机玻璃的窗户和标示、整个或部分用弹性材料制成的零件、在一个壳体内装设一个以上仪表的边光照明的仪表组件、座椅安全带、肩带以及货物和行李系留设备,包括集装箱、普通箱、集装板等,凡用于客舱或机组舱内者,在按本附录的适用部分进行水平放置试验时,其平均燃烧率不得超过 64 mm/min(2.5 inch/min)。”

由于旅客氧气面罩属于旅客服务单元的一个零件,安装在客舱内应急使用,大部分采用了聚氯乙烯、硅胶、聚碳酸酯等一类弹性体材料,符合 CCAR-25-R4 附录 F 第 I 部分(a)(1)(iv)中描述的“整个或部分用弹性材料制成的零件”,因此对旅客氧气面罩组件的防火性能测试可采用 CCAR-25-R4 附录 F 第 I 部分(b)(5)规定的水平燃烧试验的方法进行。

2 民机旅客氧气面罩的防火性能验证

2.1 试样制备

旅客氧气面罩组件的主体部分为硅胶材质的面罩杯和聚氯乙烯材质的储气袋及供氧软管。按照 CCAR-25-R4 附录 F 第 I 部分(b)(2)“试样形态”要求,所需材料“都必须从装机制品上切下一块或用模拟切块的试样(例如从板材上切下的试样或制品的模拟件)进行试验”,“试件的厚度不得超过所需鉴定的飞机所使用的最小厚度”,“试样的暴露面积必须至少宽 50.8 mm(2 inch),长 305 mm(12 inch),除非飞机

上的实际使用件小于上述尺寸。”

由于面罩杯和储气袋、供氧软管的尺寸均小于试样所必须的暴露面积,因此采用面罩杯和储气袋、供氧软管的模拟切块的试样进行测试。

a) 面罩杯模拟切块制样

面罩杯为喇叭口形状,材质为经过 RoHS 认证的食品级硅胶,符合最新环保要求,最小厚度在裙边处,厚度 1 mm。

模拟切块制样时,使用热压机模压成片状,片材厚度 1 mm,与面罩杯裙边处相同。从模压片材上剪裁下长 320 mm、宽 90 mm 的试样 4 件备用。

b) 储气袋与供氧软管的模拟切块制样

储气袋与供氧软管同为聚氯乙烯材质,储气袋厚度为 0.15 mm,供氧软管壁厚为 1 mm,选用最小厚度 0.15 mm 作为试样厚度。模拟切块试样从制备储气袋的薄膜上选取,剪裁下长 320 mm、宽 90 mm 的试样 4 件备用。

2.2 测试方法及试验程序

测试方法及试验程序依照附录 F 第 I 部分(b)(5)的水平燃烧试验,试样的安装方式依照标准 HB 5469-2014 要求^[10],如图 2 所示,图中 6#所示位置为

试样夹持部位。试验设备为 HVFAA 燃烧试验箱,试验所用各种器具均处于计量有效期内。测试委托中国民航局第二研究所进行。

试验程序依照以下步骤进行:

a) 将试样放置在温度为 20 °C ~ 22 °C,相对湿度为 50% ~ 55% 的环境中,稳定 25 h;

b) 取出试样(每次只取一个试样);

c) 安装试样,使试样下边缘高出燃烧器顶端 19.1 mm,关闭试验箱门,试验期间不得打开;

d) 本生灯火焰温度为 850 °C 时,点燃试样 15 s,移开,记录试样燃烧长度至 254 mm 时的时间 t,如移开火焰后试样燃烧长度未达到 254 mm 熄灭,记录熄灭时间 t 及燃烧长度 L(为方便测量燃烧长度可用一块干软的布或薄纱,或者用浸有甲醇、乙醇的布或薄纱,去除试样表面的烟灰和污染颗粒);

e) 等所有的燃烧停止后,缓慢打开试验箱门,打开排气扇清除箱内烟雾;

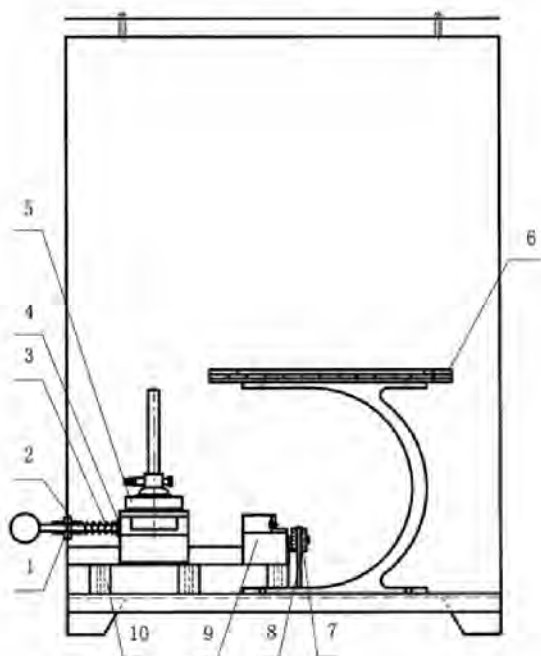
f) 重复上述实验步骤,完成所有试样的燃烧试验。

3 试验结果及分析

试样燃烧前后的形态对比如图 3 所示。

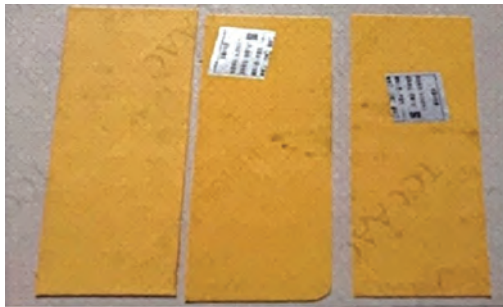
从图 3(a)中可以看到,面罩杯模拟切块的试样在燃烧后边缘呈现白色,为硅胶分解后的氧化硅残渣,燃烧断面几乎没有扩散,根据 HB 5469-2014 中第 8.3.4(a)条中规定“若火焰在其前沿通过 38 mm 标记线前自熄,则该试样的燃烧速率为 0”,故面罩杯模拟切块的试样燃烧速率为 0,达到 CCAR-25-R4 附录 F 第 I 部分(a)(1)(iv)中规定的水平燃烧试验的平均燃烧速率不得超过 64 mm/min 的要求,防火性能测试合格。

从图 3(b)中可以看到,储气袋及供氧软管模拟切块的试样在燃烧后边缘呈现黑色,为聚氯乙烯分解后的碳残渣。碳残渣的存在有助于隔绝空气与可燃物,达到阻燃效果。虽然其中一块试样的碳残渣部分较大,但燃烧断面没有扩散,说明火焰很快自熄。其余两块试样的燃烧断面没有扩散,火焰在其前沿通过 38 mm 标记线前自熄,故储气袋及供氧软管模拟切块的试样燃烧速率为 0,达到 CCAR-25-R4 附录 F 第 I 部分(a)(1)(iv)中规定的水平燃烧试验的平均燃烧速率不得超过 64 mm/min 的要求,防火性能测试合格。



1-拉杆套轴;2-本生灯拉杆;3-弹簧;4-拉杆套轴螺母;
5-本生灯座组件;6-试样夹组件;7-电磁铁调节螺母;8-电磁铁调节底板;9-电磁铁组件;10-导轨圆柱垫

图 2 水平燃烧试验箱结构图

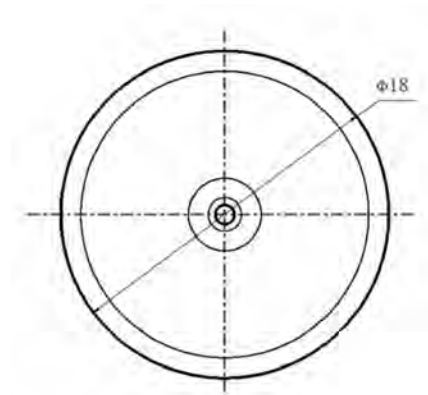


(a) 面罩杯模拟切块燃烧前后形态对比

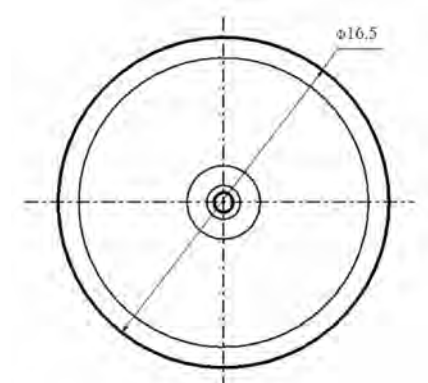


(b) 储气袋模拟切块燃烧前后形态对比

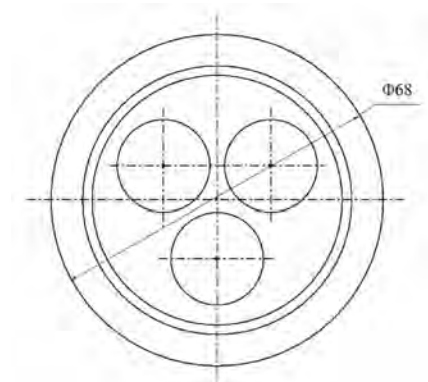
图 3 试样防火性能测试前后形态对比



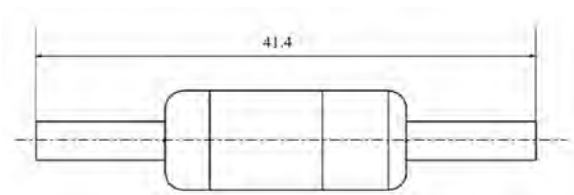
(a) 伞阀 1



(b) 伞阀 2



(c) 面板



(d) 流量指示器

图 4 防火性能测试豁免项

4 豁免项

按照 CCAR-25-R4 附录 F 第 I 部分(a)(1)(v)中规定,对火势蔓延影响不大的小件可进行豁免测试。由于旅客氧气面罩中的阀片、面板、流量指示器等尺寸较小(如图 4 所示,只标注外部最大尺寸),属于对火势蔓延影响不大的小件,无需进行防火性能测试。

5 结论

1) 通过采用附录 F 第 I 部分(b)规定的试验程序对面罩杯的模拟切块试样和储气袋、供氧软管的模拟切块试样进行水平燃烧试验,燃烧速率均为 0,符合 CCAR-25-R4 第 25.853(a)条款和附录 F 第 I 部分(a)(1)(iv)条款的规定。

2) 阀片、面板、流量指示器等小件由于尺寸较小,对火势蔓延无明显影响,防火性能测试豁免。

通过以上试验结果和豁免分析,旅客氧气面罩的防火性能符合 CCAR-25-R4 第 25.853(a)条款和附录 F 第 I 部分(a)(1)(iv)条款的规定,所以旅客氧气面罩的防火性能满足适航要求。

参考文献:

- [1] 余志斌. 航空航天生理学[M]. 西安:第四军医大学出版社,2018.
- [2] 《飞机设计手册》总编委会. 飞机设计手册 第15册:生命保障和环控系统[M]. 北京:航空工业出版社,1999.
- [3] 肖华军. 航空供氧防护装备应用生理学[M]. 北京:军事医学科学出版社,2015.
- [4] FAA. Oxygen mask assembly, continuous flow, passenger(for air carrier aircraft): Technical Standard Order C-64[S]. U. S.: Federal Aviation Administration, 1967.
- [5] CONTINO J J, LANDIS J L, MCKINNON G F. Continuous flow passenger oxygen dispensing unit: United

States Patent 5408995[P]. 1995-4-25.

- [6] WALLIS D E. Passenger oxygen mask having a plurality of fingers and recesses for mounting the mask to an oxygen bag: United States Patent 5265597[P]. 1993-11-30.
- [7] 中国民用航空局. 中国民用航空规章第 25 部运输类飞机适航标准:CCAR-25-R4[S]. 北京:中国民用航空局,2011.
- [8] SAE. Passenger oxygen mask: AS8025 REV. A[S]. U. S.: Society of Automotive Engineers,1999.
- [9] FAA. Airworthiness Standards: Transport category air planes: FAR-25[S]. U. S.: Federal Aviation Administration, 2014.
- [10] 中华人民共和国工业和信息化部. 民用飞机机舱内部非金属材料燃烧试验方法:HB 5469-2014[S]. 北京:中国航空综合技术研究所 2014.

作者简介

马 迪 男,硕士研究生。主要研究方向:密闭空间的生命维持保障系统。E-mail: madi1996nj@163.com

霍立琴 女,硕士研究生,工程师。主要研究方向:民机环控氧气系统。E-mail: huoliqin@comac.cc

汤 旭 男,硕士研究生,高级工程师。主要研究方向:民机环控氧气系统。E-mail: tangxu@comac.cc

雷鸣俊 男,硕士研究生,高级工程师。主要研究方向:民机环控氧气系统。E-mail: leimingjun@comac.cc

李栋梁 男,博士,高级工程师,硕士生导师。主要研究方向:含能聚合物与先进空气再生技术。E-mail: lidongliang718@163.com

Flame retardancy test of domestic passenger oxygen mask equipped on civil aircraft

MA Di¹ HUO Liqin² TANG Xu² LEI Mingjun² LI Dongliang^{1*}

(1. Handan Purification Equipment Research Institute, Handan 056027, China;

2. Shanghai Aircraft Design and Research Institute, Shanghai 201210, China)

Abstract: As an important part of the passenger oxygen system, the passenger oxygen mask is a common oxygen distributing device to provide emergency oxygen for passengers. With the development of domestic large aircraft project, a continuous airflow passenger oxygen mask has been developed according to the international standards. Due to the extensive equipment of passenger oxygen mask in civil aircraft, it is required to have excellent fire performance. According to CCAR-25-R4 Clause 25.853 and Appendix F Part I, the airworthiness clauses were analyzed. The samples of the silica gel and polyvinyl chloride materials of the main part of the designed mask were prepared

by simulated cutting, and the horizontal combustion test of the samples was carried out by using the test method in Appendix F Part I (b) (5) of CCAR-25-R4. The results show that the mask material's test burning rate of horizontal combustion is 0, which meets the requirement of CCAR-25-R4 Appendix F Part I (a) (1) (iv) that the horizontal combustion test burning rate shall not exceed 64 mm/min, and the flame retardancy of the designed passenger oxygen mask meets airworthiness requirements.

Keywords: passenger oxygen mask; flame retardancy; CCAR-25-R4 Clause 25.853; CCAR-25-R4 Appendix F

* Corresponding author. E-mail: lidongliang718@163.com