

# 分析报道

fen xi bao dao



## 浅谈民用客机货舱装饰的设计

霍颖

(上海飞机设计研究院结构设计研究部,上海 200232)

### Discussion of the Civil Aircraft Cargo Compartment Lining Design

Huo Ying

(Structures Department of SADRI, Shanghai 200232)

**摘要:**描述了民用客机货舱装饰的设计要求和功能,以及货舱装饰常用的材料和安装形式。同时指出了货舱装饰设计中的要点,材料的选取和安装形式的确定是货舱装饰设计的关键。

**关键词:**货舱装饰;货舱防火;装饰板破损

**【Abstract】** This article describes the civil aircraft cargo compartment lining design requirement and lining function, and lining typical material and installation type. Simultaneously it points out the essential of lining design, material and installation type choosing are emphases of the cargo compartment lining design.

**【Keywords】** Cargo Compartment Lining; Cargo Compartment Fireproofing; Lining Damage

## 0 引言

货舱装饰虽然不像客舱、驾驶舱装饰那样有复杂的外形设计要求,但是货舱装饰的密闭性要求越来越受到人们的关注。根据过去许多空难事故调查,均显示火势及烟毒是重要的致命因素。因此飞机在设计验证时除了对客舱内各种材料的防火及烟毒测试有要求外,对飞机货舱的防火也成为飞行安全中重要的一环。因为大部分的货舱位于客舱下方,舱内又存放各种可燃物品,如旅客行李、邮件等,一旦发生火灾将严重影响上方旅客的安全。因此在设计时如何避免火势及烟毒穿透至客舱是适航规定努力的目标,也是货舱装饰设计面临的严峻挑战。

## 1 货舱装饰的分布及功能

### 1.1 货舱装饰的分布

民用客机的货舱大多数都位于机身的下腹部,一般有2至3个货舱:前货舱、中货舱和后货舱,图1所示为飞机上有2个货舱的分布情况。货舱可以用来装载散装货物或者集装箱货物,民用客机货舱装载能力的大小已成为航空公司购买飞机时一个重要的考量点。

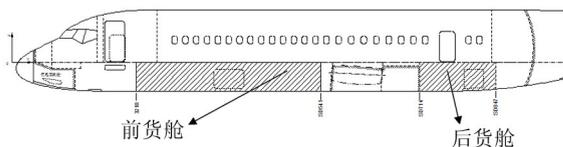


图1 货舱在民机上的布置

货舱装饰设计一般包括:货舱天花板、货舱侧壁

板、货舱前端板和货舱后端板,其位置如图2所示。装饰板和货舱结构地板围成的密闭空间用来储存旅客行李和货物。

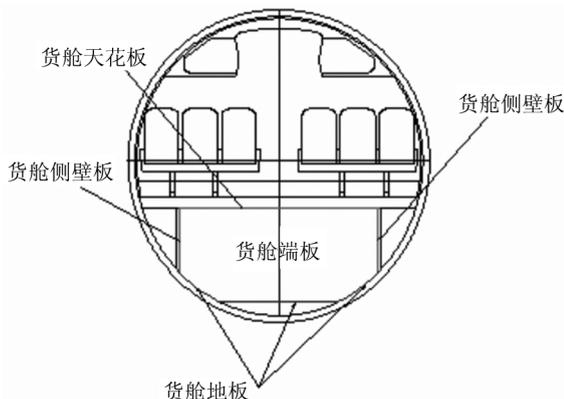


图2 货舱装饰在飞机上的分布

### 1.2 货舱装饰的功能

(1)美观:货舱装饰板一般选用颜色较浅的白色或浅灰色非金属板,为装卸货物的工作人员提供一个舒适、洁净和美观的工作环境。

(2)防火保护:构成货舱装饰的材料应满足CCAR25部附录F I的相关阻燃要求和附录F III的抗火焰烧穿性要求,这样就能在货舱着火的情况下防止火势及烟毒穿透至客舱,危及乘员安全。

(3)飞机部件和货物保护:在货舱装卸货物的过程中,装饰板能保护安装在货舱区域里的管路、导线、设备及飞机结构件等不受货物撞击而损坏,同时也保护在撞击中货物和旅客行李的损坏。

(4)防腐蚀保护:货舱装饰板能够防止货舱内的水和其他腐蚀性物体进入到货舱底部结构而对其

形成严重的腐蚀。因此,始终保持货舱装饰板的完整性是非常重要的。当货舱装饰板破损后,应在航行后及时恢复它们的完整性或做临时性修理。

## 2 货舱装饰设计的要求

货舱装饰的设计除了需要满足总体布局和重量等要求外,还应满足环境、适航、安全性、可靠性和维修性要求。

### 2.1 货舱装饰设计的环境要求

货舱装饰件的材料应按 RTCA/DO-160D 中的 A1 类,满足相关的环境要求如下:

- (1) 温度和高度要求;
- (2) 温度变化要求;
- (3) 震动和撞击安全要求;
- (4) 盐雾试验要求;
- (5) 抗真菌性要求。

### 2.2 货舱装饰设计的适航要求

货舱装饰的设计主要需满足 CCAR25.855 的如下条款的要求:

(1) 855b: 第 25.857 条定义的 B 级至 E 级货舱或行李舱必须有同飞机结构分开的衬垫(但衬垫可与结构连接);

(2) 855c: C 级货舱的天花板和侧壁的衬垫必须满足本部附录 F 第 III 部分规定的试验或其它经批准的等效试验方法的要求;

(3) 855d: 构成货舱或行李舱的所有其它材料必须满足本部附录 F 第 I 部分或其它经批准的等效试验方法规定的适用试验准则。

### 2.3 货舱装饰设计的安全性和可靠性要求

(1) 货舱装饰在飞机飞行使用期间,应确保不

会发生妨碍飞机飞行和着陆安全的任何单独的直接故障或诱导故障。

(2) 货舱装饰的设计应力求消除在使用和维护过程中可能造成对人员的不安全因素。

(3) 货舱装饰板的材料要尽量采用成熟的材料,对不同材料相互接触的零件要防止电化腐蚀。

(4) 货舱装饰件与其它系统之间的接口应密切协调,确保接口的可靠性。

### 2.4 货舱装饰设计的维修性要求

(1) 货舱装饰板的设计不仅要对自己的维护应具有良好的开敞性和可达性,并应为其它结构或系统的维护、检测和拆装提供方便。

(2) 货舱装饰板的拆装、连接、紧固形式等的设计应做到简易、快速和牢靠,应易于拆卸,而其连接件应是不易损坏的,以缩短维修的拆装和工作时间。

(3) 货舱装饰板的维修应尽量减少专用维修工具、设备和维修设施,不应有过高维修条件要求;只要具有中等技术水平的维护人员即可胜任全部的维护工作。

(4) 货舱装饰板表面应易于清洗,并用一般清洗剂清洗不会产生腐蚀。

## 3 货舱装饰的常用安装形式

货舱装饰的金属材料一般选用铝合金或钛合金,非金属材料一般选用“玻璃纤维增强酚醛层压板”(简称层压板)和“NOMEX 蜂窝芯的玻璃纤维面板”(简称蜂窝夹芯板)。常用于货舱装饰的层压板(Gillfab 1367A)的物理和力学性能如表 1 所示,蜂窝夹芯板(Gillfab 4417)的物理和力学性能如表 2 所示。

表 1 层压板(Gillfab 1367A)的物理和力学性能

型	厚度 mm(in)	最大重量 kg/m <sup>2</sup> (lb/ft <sup>2</sup> )	冲击强度 m-N(ft-lb)最小		螺栓连接强度 kg(lb)
					最小平均值各个方向
13	0.33±0.08(0.013±0.003)	0.63(0.13)	34.0(25)	10.8(8)	36.3(80)
20	0.51±0.08(0.020±0.003)	0.98(0.20)	47.5(35)	19.0(14)	77.1(170)
30	0.76±0.08(0.030±0.003)	1.46(0.30)	61.0(45)	21.7(16)	108.9(240)
40	1.02±0.10(0.040±0.004)	2.05(0.42)	67.8(50)	31.2(23)	145.1(320)
50	1.27±0.10(0.050±0.004)	2.54(0.52)	不适用	38.0(28)	不适用
70	1.78±0.10(0.070±0.004)	3.52(0.72)	不适用	47.5(35)	不适用
90	2.29±0.13(0.090±0.005)	4.49(0.92)	不适用	88.1(65)	不适用

表 2 蜂窝夹芯板(Gillfab 4417)的物理和力学性能

序号		1 型	2 型	3 型
1	单位面积重量 kg/m <sup>2</sup> (lb/ft <sup>2</sup> )	2.54(0.52)	3.12(0.64)	3.81(0.78)
2	厚度 mm(in)	9.91 ~ 10.41(0.39 ~ 0.41)	9.91 ~ 10.41(0.39 ~ 0.41)	9.91 ~ 10.41(0.39 ~ 0.41)
3	抗冲击强度 m-N(in-lb)	4(35)	4(35)	4(35)
4	蜂窝压缩稳定性 kg/mm <sup>2</sup> (lb/in <sup>2</sup> )	0.42(600)	1.13(1 600)	1.13(1 600)
5	平板剪切强度 kg(lb)	163.44(360)	265.59(585)	265.59(585)
6	长梁弯曲(Load) kg(lb)	104.42(230)	104.42(230)	145.28(320)

层压板以其重量轻、韧性好被广泛应用在波音飞机上,波音飞机的货舱装饰板材料 90% 以上都是选用层压板。层压板的典型安装结构:货舱装饰板一般用螺钉和金属支架连接,装饰板与支架之间垫有起密封和减震作用的橡胶带,装饰板的四周用胶带密封,如图 3 所示。

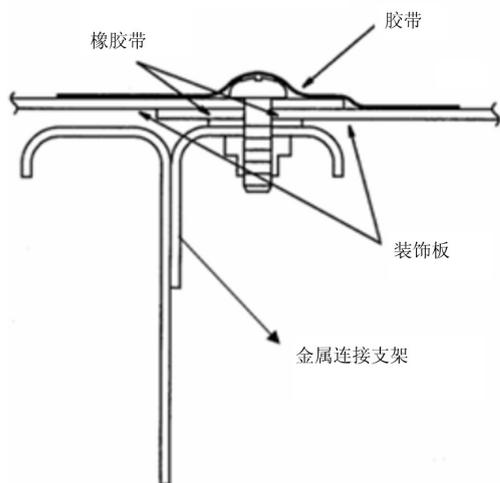


图 3 层压板的典型安装结构

蜂窝夹芯板以其较大的承载能力被大量应用在空客飞机上,空客飞机的货舱装饰材料 95% 以上都是选用蜂窝夹芯板。蜂窝夹芯板的典型安装结构:货舱装饰板一般用快速释放紧固件(如快卸锁)和金属支架连接,装饰板与支架之间垫有起密封和减震作用的橡胶带,如图 4 所示。

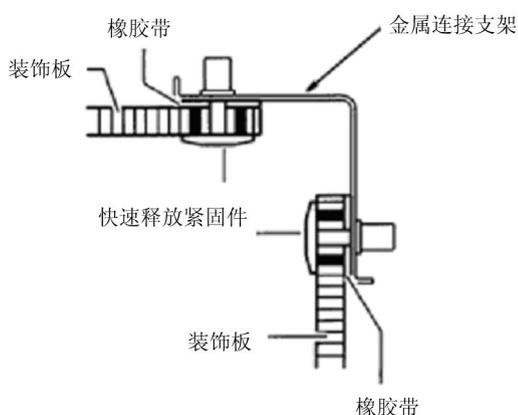


图 4 蜂窝夹芯板的典型安装结构

作为货舱装饰板材料,层压板和蜂窝夹芯板都有各自的优缺点,如表 3 所示。

表 3 两种板优缺点比较

类型	重量	加工及安装成本	维修性	承载能力	推荐适用部位
层压板	面密度小,重量轻	只需一般的机械加工	维修操作简单、成本低	垂向承受货物的载荷小	13 型和 20 型一般用在天花板,30 型和 40 型一般用在侧壁板,50 型和 70 型一般用在货舱地板
蜂窝夹芯板	面密度大,重量重	紧固件连接处需埋嵌件,边缘需灌胶密封处理,制造复杂	维修操作复杂,成本高	垂向承受货物的载荷较大	一般用在货舱前后端板和货舱地板

## 4 货舱装饰设计的要点

### 4.1 货舱装饰板材料的选用

货舱装饰板是选用层压板还是蜂窝板,需根据飞机的总体布局和重量要求,货舱里的货物装载情况,货舱里的电线、管路及其他设备的布置情况等确

定。不易受到货物撞击的部位(如位于货舱顶部的天花板),宜选用厚度薄、重量轻的层压板;临近区域有许多设备的部位(如货舱与设备舱之间的端板),宜选用蜂窝夹芯板,这样可以保护临近区域的设备不易受到货物的撞击而损坏。散装货舱和集装箱货舱装饰板的厚度也是不相同的,一般情况下,对

于同类材料,散装货舱装饰板厚度要比集装箱货舱装饰板的厚度大。

#### 4.2 协调界面多

一般情况下货舱内主要有以下的装备:装载区域灯、防火系统喷嘴、烟雾探测器面板、快速减压面板、环控压力平衡阀、空调通风设备、货舱照明、门网和隔网、系留/拦网连接点等。货舱装饰板在安装时需与以上设备协调安装位置和安装顺序,做好接口界面处的连接和密封。

### 5 结论

据有关资料记录,厦航每架波音 737 飞机平均每年货舱侧壁板因严重破损至少得更换 7 块,而每

块波音侧壁板价格为 4 800 ~ 5 300 美元。如何减少因货舱装饰板破损造成的货舱底部飞机主结构腐蚀及日常维修成本,这不仅需要加强对货物装卸过程的管理,杜绝因野蛮装卸造成的飞机货舱装饰板的损坏,而且需要在货舱装饰设计中合理地选取装饰板材料和安装形式。

#### 参考文献:

- [1] 运输类飞机适航标准. 中国民用航空规章,第 25 部,CCAR-25-R3. 中国民航总局,2001. 5.
- [2] 刘建浩. 飞机内装防火要求之研究[J]. 民航季刊. 2003, 3(1).



(上接第 24 页)

#### ②外襟翼内作动器的计算

舵面偏转角度  $41.5^\circ$ ,  $a, c, b_0$  坐标详见表 5, 从表中可知:

$$ab_0 = 366.7194, ab_{41.5} = 634.2202$$

$$cb_0 = R =$$

$$\sqrt{(4761.5560 - 4759.2732)^2 + (4656.4348 - 4618.3045)^2 + (-428.3348 + 49.7671)^2} = 380.4900$$

$$ac = \sqrt{(4761.5560 - 4864.5132)^2 + (4656.4348 - 4302.6570)^2 + (104.4220 + 428.3308)^2}$$

$$\alpha_{10\%} = \arccos(647.7567^2 + 380.4900^2 - 393.4695^2) / 2 \cdot 647.7567 \cdot 380.4900 = 33.8154$$

$$\alpha_1 = \arccos(647.7567^2 + 380.49^2 - 366.7194^2) / 2 \cdot 647.7567 \cdot 380.4900 = 29.2979^\circ$$

$$\Delta_2 = 33.8154^\circ - 29.2979^\circ = 4.5175^\circ$$

#### ③两舵面角度误差 $\Delta$

$$\Delta = \Delta_1 - \Delta_2 = 4.5289^\circ - 4.5175^\circ = 0.0114^\circ$$

### 4 结论

(1)按上述方法既可以计算出一块襟翼中两个作动器驱动舵面运动产生的角度误差,尤为重要的是,又可以对内、外襟翼舵面运动角度误差进行检验。

(2)按上述方法可选择多点进行计算,得出两作动器运动时舵面偏转角度的误差曲线(见图 5),并得出误差的最大值及其相应的偏度。

$\therefore$  运动全行程:

$$b_0 b_n = 634.2202 - 366.7194 = 267.5008$$

作动器在全行程 10% 时的位置:

$$ab_0 + 10\% \cdot b_0 b_n = 366.7194 + 26.7501 = 393.4695$$

(3)将设计的襟翼运动角度最大偏差值与允许值(一般  $< 0.03^\circ$ ) 进行比较,以判断其襟翼运动的同步性是否达到要求。

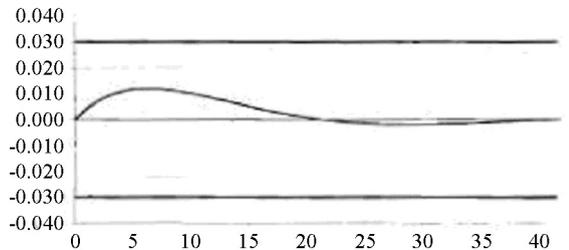


图 5 内、外作动器运动时产生的偏角误差曲线

#### 参考文献:

- [1] Rudolph, Peter K. C. High Lift Systems on Commercial Subsonic Aircraft, NASA Contractor Report 747& September 1996.
- [2] 黄建国. 后缘襟翼运动型式的选择及其分析[J]. 民用飞机设计与研究, 2009, (3): 6-12.