

驾驶舱透明件安装形式分析

Analysis of Transparency Installation for Cockpit

徐丽娜 蒋 裕 / Xu Lina Jiang Yu
(上海飞机设计研究院, 上海 201210)

(Shanghai Aircraft Design and Research Institute, Shanghai 201210)

摘 要:

主要描述了世界上民用飞机驾驶舱透明件(主要是风挡)所采用的三种安装形式,对这三种安装形式的优缺点进行了多方面的分析和对比,并从结构设计的角度进行了客观评价。

关键词:风挡;窗框;压板式;承载式

中图分类号:V223+.1

文献标识码:A

[**Abstract**] This article describes the three installation formats for the transparency of civil aircraft cockpit (windshield) in the world. The merits and faults for the three installation formats are analyzed, contrasted and evaluated objectively from structure design.

[**Key words**] windshield; window frame; plug; hoop-load.

0 引言

飞机驾驶舱透明件(风挡)是一组结构功能件,作为驾驶舱的结构件必须保证飞行机组人员在各种条件下的飞行安全,同时作为功能件要在各种环境中为飞行机组人员提供清晰的外部视野。风挡的形状、尺寸以及在飞机上的位置应在设计初期确定并且要与飞机的总体布局、气动外形、驾驶舱空间和驾驶员的视野要求相协调。

1 各种安装形式简介

按照风挡本身是否与周围窗框结构直接连接和其受力情况,将风挡按照安装形式分为三类:第一类是风挡不直接与周围窗框结构连接的形式,称之为“压板式”;第二类是风挡通过螺栓与窗框结构直接连接,但不传递面内载荷(张力),称之为“非承载螺接式”;第三类是风挡与窗框结构直接连接,且传递面内载荷(张力),称之为“承载螺接式”。

1.1 压板式

压板式风挡与周围结构之间的安装形式如图 1 所示。

目前, Airbus 系列的飞机基本上都是采用了这种安装形式。ARJ21-700 飞机和庞巴迪在研制中的 C 系列飞机也采用了压板安装方式。

压板式风挡的设计理念:风挡只承受作用在其上的气密载荷,而不参与结构传力。风挡承载情况如图 2 所示。

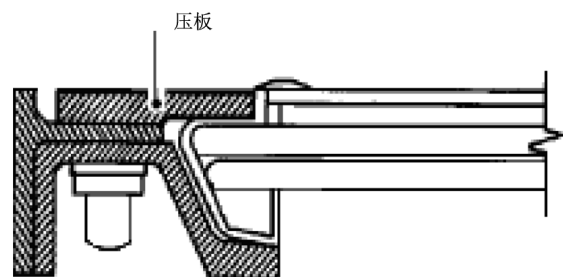


图 1 典型的压板式与结构安装图

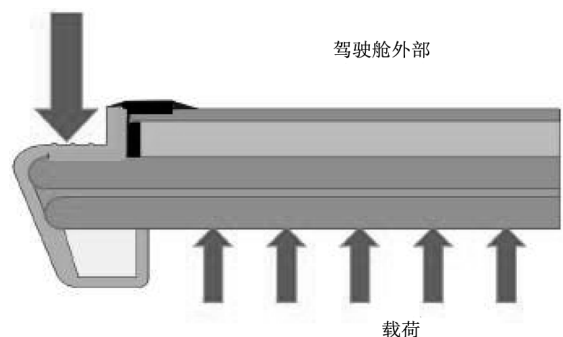


图 2 压板式传力路线图

1.2 非承载螺接式

非承载螺接式风挡与窗框结构之间的安装形式如图 3 所示。

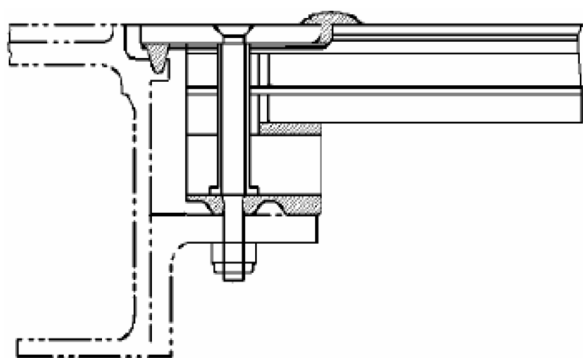


图3 典型的非承载螺栓式与结构安装图

波音系列飞机从波音 707 开始几乎全部采用了非承载螺栓的安装方式,包括在役的波音 737 到波音 777,麦道(MD)系列飞机。

非承载螺栓式风挡设计理念:与压板式相似,仅承受作用在风挡上的气密载荷,不参与结构传力。风挡承载情况如图 4 所示。

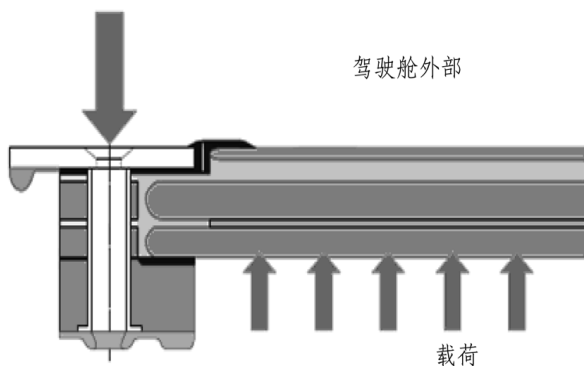


图4 非承载螺栓式传力路线图

1.3 承载螺栓式

承载螺栓式风挡与窗框结构之间的安装形式如图 5 所示。

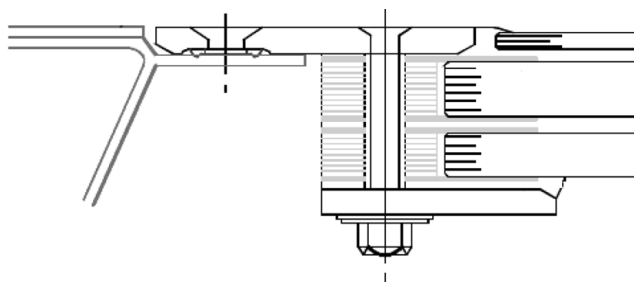


图5 典型的承载螺栓式与结构安装图

CRJ、ERJ 系列采用了承载螺栓形式,新研制的波音 787 飞机也采用了这种结构形式,在研制中的 MRJ 采用了此种形式。

承载螺栓式风挡设计理念:除了承受作用在风挡上的气密载荷外,可参与机头座舱盖的结构传力。风挡承载情况如图 6 所示。

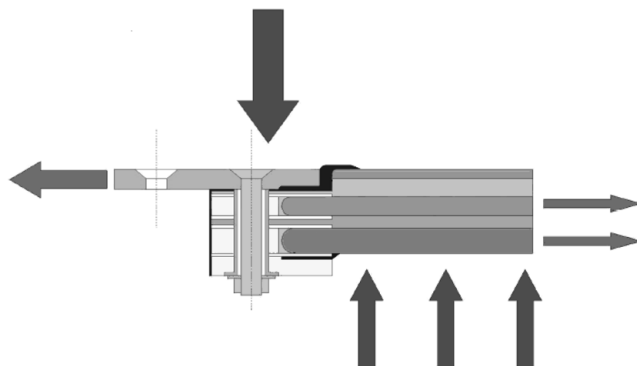


图6 典型的承载螺栓式传力路线图

2 安装形式对比分析

2.1 压板式

2.1.1 压板式安装的优点

(1)压板式安装的风挡只承受作用在其上的气密载荷,并且与周围窗框结构不直接连接,风挡受力形式单纯,可靠性高。根据航空公司提供的飞行数据,平均拆卸间隔时间(MTBR)可高达约 10 万飞行小时。

(2)没有螺栓孔的配合问题,并且压板可以重复使用,因此风挡拆换时间短,运营成本低。

(3)风挡破损时不影响座舱盖整体的结构传力。

2.1.2 压板式安装存在的问题

(1)压板式安装需要隔离座舱盖结构传力路线,因此风挡大开口需要加强,结构重量相对较重。

(2)增压时风挡将载荷首先传到压板,压板再通过连接螺栓传向窗框骨架,而遭遇鸟撞时风挡直接将冲击载荷传向窗框骨架,因此窗框结构利用率稍低。

(3)无螺栓孔等精确定位限制,安装时定位精度稍差,在风挡安装初期增压时,由于边缘的配合问题,可能会出现哨音。

(4)风挡与窗框结构不直接连接,可靠度稍低,如在所有结构层破损时,有可能在增压载荷下风挡与结构脱离。

2.2 非承载螺栓式

2.2.1 非承载螺栓式的优点

(1)压板与风挡连接在一起,压板可设计得相对较弱,减轻一定的重量。

(2)通过螺栓将风挡与窗框结构直接连接,增加了可靠度(出现两个结构层破损时,可以依靠周边螺栓和夹层将风挡拉住)。

(3) 安装时风挡由螺栓孔保证安装位置, 安装精度相对较高, 可有效消减噪音。

2.2.2 非承载螺接式存在的问题

(1) 非承载螺接式同样需要隔离座舱盖结构传力路线, 风挡大开口需要加强, 结构重量较重。

(2) 风挡本身结构较复杂, 四周设置许多螺栓安装孔, 对风挡本身的使用寿命有一定影响。

(3) 风挡与窗框上的螺栓孔配合精度要求高, 互换性稍差。

注: 根据航空公司提供的数据: A320 压板式玻璃拆装需要 3 个人, 大约 2 小时, 共 6 个工时; 波音 737 螺接式玻璃拆装需要 4 个人, 大概 4 小时(不算干胶时间), 共 16 个工时。

2.3 承载螺接式

2.3.1 承载螺接式的优点

(1) 风挡可传递面内载荷(张力), 可以不按照大开口进行加强设计, 因此可有效减轻结构重量, 同时也可简化窗框结构的截面形式。尤其对于大尺寸大弧度的风挡较为有利。

(2) 风挡通过螺栓与周围结构直接连接, 增加了可靠度(出现两个结构层破损时, 可以依靠周边螺栓和夹层以及加强元件将风挡拉住)。

(3) 安装时风挡由螺栓孔保证安装位置, 安装精度相对较高, 可有效消减噪音。

2.3.2 承载螺接式存在的问题

除存在与非承载螺接式相同的螺栓孔配合等问题外, 还存在如下问题:

(1) 风挡本身结构复杂, 有其他材质的加强元件层合其中, 四周设置许多安装孔, 本身又参与结构整体传力, 影响风挡本身的使用寿命。

(2) 当风挡发生破损时, 会对座舱盖的结构传力带来一定的影响。

(3) 成本比压板式高 1.5 ~ 2 倍。

2.4 综合对比

风挡的各种安装形式均有良好的安全性记录, 各种机型风挡安装形式见表 1, 风挡安装形式综合对比见表 2。

3 结论

从本文的对比分析可以看出空客系列的飞机全部采用了压板式的设计安装方式, 包括空中巨无霸 A380 和最新研制中的 A350 飞机; 而波音系列的飞机从 B707 到 B777(包括麦道飞机) 均采用了非

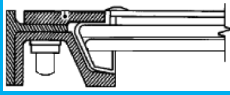
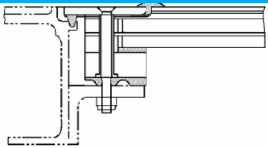
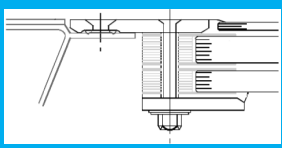
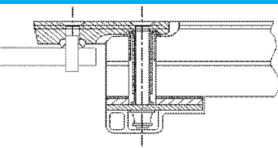
承载螺接式, 新研制的 B787 飞机由于风挡大开口的设计及减重的需求采用了承载螺接式; 在支线飞机中, 由于风挡开口相对于整个机头尺寸较大, ERJ 和 CRJ 均采用了承载螺接式, 而 C 系列则采用了压板式。

综上, 各种机型均须根据各自飞机的特点以及设计的侧重点, 综合考虑各种因素和不同安装方式所带来的优缺点, 选择最适合的驾驶舱透明件安装形式, 以便更好地发挥飞机的性能。

表 1 各种机型风挡安装形式列表

飞机制造商	飞机机型	安装形式
空客	A300/A310/ A330/A340	压板式
	A319/A320/A321	压板式
	A380	压板式
	A350	压板式
	A400M	压板式
波音	B707/B727/B737	非承载螺接式
	B717/MD-90	非承载螺接式
	B747	非承载螺接式(曲面)
	B757/B767/B777	非承载螺接式
	B787	承载螺接式
庞巴迪	CRJ100/200/700 /900/1000	承载螺接式
	Challenger CL600	承载螺接式
	Global Express	承载螺接式
	Lear 45	承载螺接式
	C Series	压板式
巴西航空工业公司	ERJ-135/140/145	承载螺接式
	E-170/175/190/195	承载螺接式
	Lineage/Phenom	承载螺接式
俄罗斯航空工业公司	RRJ	压板式
三菱重工	MC21	承载螺接式
ATR	ATR42-72	压板式
Dehavilland	Dash-7, Dash-8	压板式
Gulfstream	G150/G250	承载螺接式
Cessna	Citation Jets	承载螺接式
洛克希德	L-1011	承载螺接式

表 2 风挡安装形式综合对比表

安装形式				
	压板式	非承载螺接式	承载螺接式 (全玻璃设计)	承载螺接式 (复合设计)
可靠性	★ 非常好, MTBUR 约 10 万飞行小时	较好	MTBUR 约 5 万飞行小时	仅 B787 采用, 无飞行记录
安全性	良好	★ 优异	良好	良好
整个系统 重量(包括 窗框结构)	较重	较重	较轻	★ 轻
骨架制 造成本	骨架制造 成本高	骨架制造成本较高	骨架制造成本较低	骨架制造成本较低
维修性	★ 更换时间较短。	更换时间较长	更换时间较长	更换时间较长
运营成本	★ 较低	较高	比压板式高 1.5 ~ 2 倍	透明件本身成本高
噪音	较高	略高	★ 较低	★ 较低
光学质量	★ 好	较好	较好	稍差

注: 相关的飞行统计数据分别由航空公司提供, ★表示最好。

参考文献:

[1] 工程材料委员会. 工程材料实用手册[M]. 北京: 中国

标准出版社出版, 1989: 187-320.

(上接第 10 页)
用条件和限制。

4 结论

随着电传飞控系统在民用飞机上的普遍应用, 以及发动机、复合材料和航电系统的不断进步, 新型号大型运输类飞机与已有的机型之间存在较大的差异, 本文通过对某型号飞机 CDL 性能资料评估方法的介绍提出了一些典型缺损项目相关性能折算的方法。在制订新型号飞机 CDL 时应结合型号设计特点进行具体分析, 而不必完全照搬已有的方法, 主要是借鉴其思路和验证方法。总的思路是以 S. F. Hoerner 编写的《FLUID-DYNAMIC DRAG》一书中的方法为理论计算基础, 同时结合风洞试验和飞行试验数据对必要的项目进行分析和验证。

此外, 应该特别注意的是在确定 CDL 项目时, 仍然需要保持飞机在项目缺损后对适航规章的符合性。CDL 中的项目涉及到各专业, 涉及到航空器取得型号合格证后的运行与维修, 需要适航审查与 AEG 人员协同工作才能确保 CDL 既满足航空器承运人的实际需求又能保障安全。

参考文献:

- [1] EASA. Certification Specifications for Large Aeroplanes [Z]. European Aviation Safety Agency, 2010.
- [2] FAA. Flight Test Guide For Certification Of Transport Category Airplanes [Z]. Federal Aviation Administration, 2012.
- [3] Sighard. F. Hoerner. Fluid - Dynamic Drag [M]. New York, 1965.