

运输机机身尾段对接设计研究

严西鹏*, 伍小亮, 王晓辉

中航工业第一飞机设计研究院, 陕西 西安 710089

摘要: 对国内外运输类飞机机身尾段和后段的对接设计进行了分析总结, 归纳出了3种典型对接形式。对各种对接形式进行了分析, 从结构传力、工艺性、维修性和重量等方面阐述了各种对接形式的优缺点, 可为运输类飞机机身设计提供借鉴。

关键词: 运输机; 尾段; 对接设计

中图分类号: V214.1+2; V271.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-5453 (2014) 03-0027-4

运输机机身尾段(以下简称尾段)位于机身最后面,在尾翼机身对接区和机身气密区等主受力盒段之后,起到尾部整流作用。军用运输机尾段一般布置有雷达、天线等电子设备,民用运输机尾段一般布置有APU、雷达和天线等电子设备。尾段不参与飞机的总体受力,无气密载荷,只承受局部气动载荷和惯性载荷,属于次承力结构件。为了减重,尾段这类次承力构件采用了复合材料结构,其壁板结构形式有加筋板层压结构,例如A380飞机和国内某运输机;也有蜂窝夹芯结构,例如A400M飞机。尾段和后段的对接设计是尾段结构设计的一个重要环节,其不仅是尾段受力比较薄弱的部位,而且对尾段的总体重量、工艺性和维修性影响比较大。因此,需对运输类飞机尾段和后段的对接设计进行研究,以便为运输类飞机机身设计提供借鉴。

1 典型对接形式

尾段和后段的对接基本上都在机身后段框上对接,有

按工艺分离面设计,例如国外某运输机和国内某运输机,也有按设计分离面设计,例如A400M、A350飞机和A380。对接形式有三种,分别为带板式对接、套合式对接和接头式对接。

(1) 带板式对接

以国外某运输机为例进行说明,其尾段壁板为帽形长桁加筋板的层压结构,在对接区尾段蒙皮逐渐加厚,长桁逐渐过渡成板。机身后段框为工字形机加框。对接时,尾段已装配成桶形结构,用带板将桶形尾段和后段框缘连接起来,对接带板沿周围共3个,对接形式见图1。

(2) 套合式对接

以国内某运输机为例进行说明,其尾段壁板为T形长桁加筋板的层压结构,在对接区尾段蒙皮逐渐加厚,长桁在对接框处截止,立筋斜削,底面局部加宽,每个长桁用2个铆钉和蒙皮相连。机身后段框为工字形框,对接时,尾段装配成桶形结构,套在后段框上,尾段壁板和后段框用两排螺栓相连,对接形式见图2。

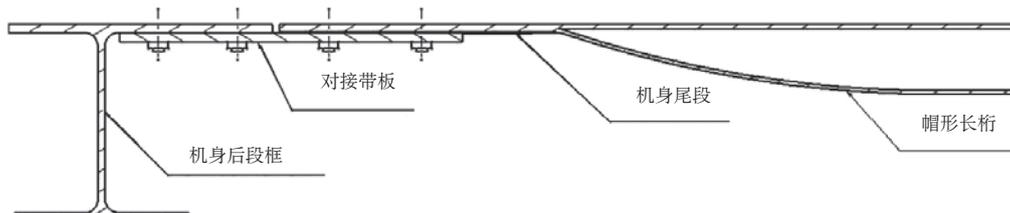


图1 国外某运输机尾段和后段对接示意图

Fig.1 Connection diagram of tail section and rear section for a foreign aircraft

收稿日期:2013-08-08; 退修日期:2013-11-30; 录用日期:2014-02-28

*通讯作者. Tel.: 029-86832328 E-mail: yanxp3394@sina.com

引用格式: YAN Xipeng, WU Xiaoliang, WANG Xiaohui. Research of fuselage tailcone abutting design for airlift[J]. Aeronautical Science and Technology, 2014, 25(03):27-30. 严西鹏, 伍小亮, 王晓辉. 运输机机身尾段对接设计研究[J]. 航空科学技术, 2014, 25(03):27-30.

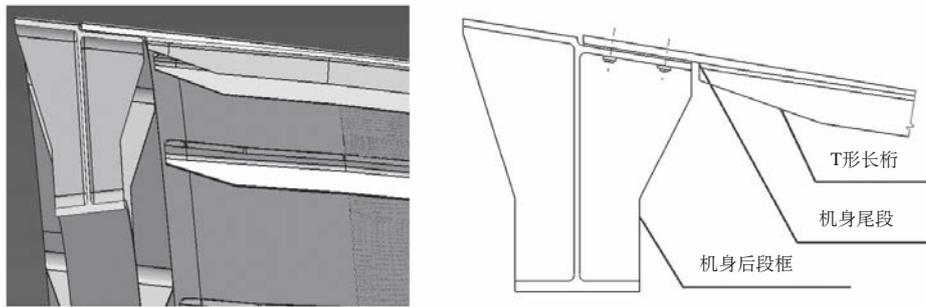


图2 运输机尾段和后段对接示意图

Fig.2 Connection diagram of tail section and rear section for a aircraft

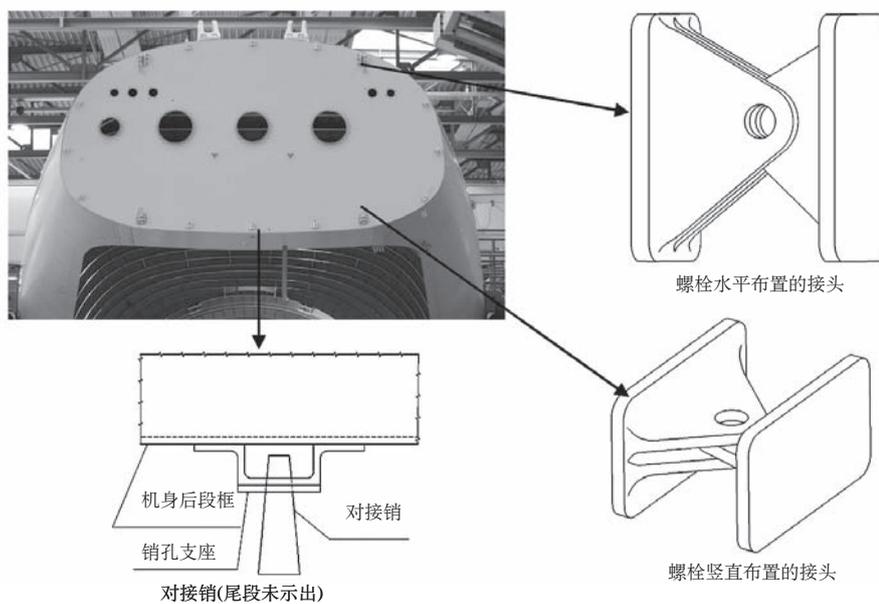


图3 A400M飞机机身后段对接框、对接接头和对接销座

Fig.3 Docking, butt,butt pin and seat of rear fuselage for A400M

(3) 接头式对接

以A400M飞机为例进行说明,A400M机身后段框为C形机加框,既是大开口的后端框,也是气密舱的后端框。尾段壁板为复合材料蜂窝夹芯结构,在尾段前端布置对接框。用4组接头和12个对接销将尾段和后段连接在一起。4组接头分别为单双耳接头,上面两组接头上的螺栓水平布置,下面两组接头上的螺栓垂直布置。12个对接销均匀布置在尾段框上,销孔支座布置在后段框上。在后段和尾段的壁板上4个接头的位置处分别布置纵向结构,将接头上的轴向力扩散到壁板上,其后段框、对接接头和对接销见图3。特别值得一提的是,机身后段框上的对接销孔没有直接设计在框体上,而是设计在销孔支座上,这是一个巧妙的设计,有三个优点:第一,减小了销子长度;第二,在制造和装配过程中,如果销孔有偏差和裂纹,只需更换销孔支座,机身后段框不受影响,偏差处理比较方便,互换性好;第三,在对接时,减

少了销子碰伤机身后段框的可能性,装配工艺性好。

2 三种对接形式传力分析

2.1 带板式对接

带板式对接尾段上的剪力、扭矩和弯矩都通过螺栓直接传到机身后段框上,再由后段框传递给后段壁板上。竖直方向剪力和竖直面内弯矩传递见图4(a),侧向剪力和水平面内弯矩传递见图4(b),航向惯性载荷和扭矩传递见图4(c)。套合式对接和带板式对接的传力路线相同。

2.2 接头式对接

接头式对接,竖直方向的剪力由对接销和上面的接头传给机身后段框,再由机身后段框传递给后段两侧壁板,竖直面内弯矩分别由上下接头以力偶的形式传递给后段的纵向件上,再由纵向件扩散到后段壁板上,见图5(a);侧向的剪力由对接销和下面的接头传给机身后段框,再由机身后

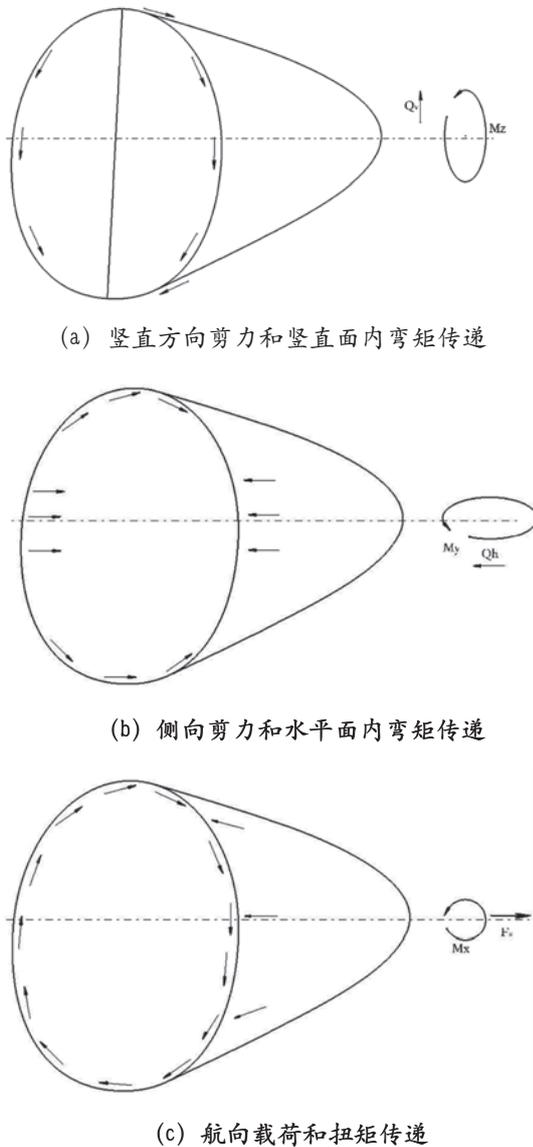


图4 带板式对接尾段传力形式

Fig.4 Force transmission form of belt-type butt tailcone

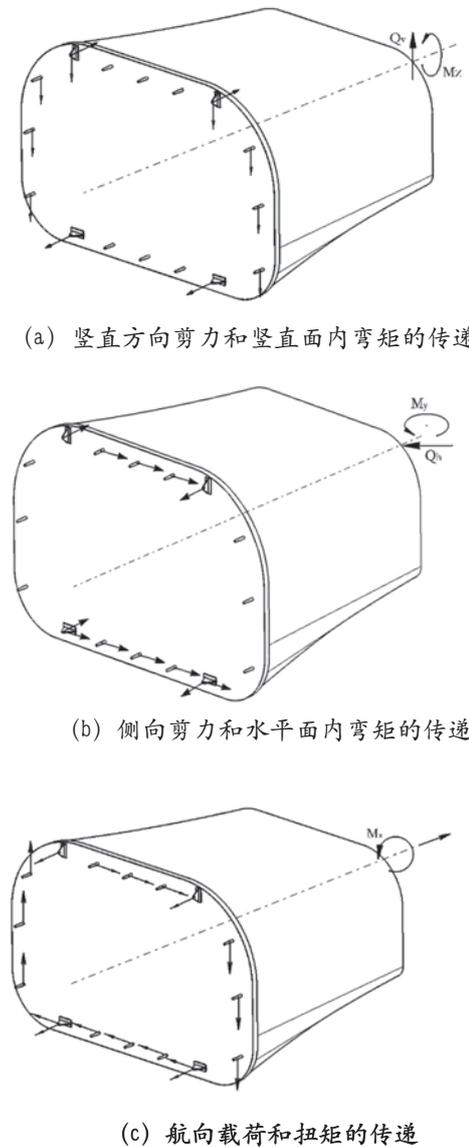


图5 接头式对接的尾段传力形式

Fig.5 Force transmission form of joint-type-connection tailcone

段框传递给后段上下壁板，水平面内弯矩分别由左右接头以力偶的形式传递给后段的纵向件上，再由纵向件扩散到后段壁板上，见图5(b)；航向的惯性载荷由4组接头传递给后段的纵向件上，再由纵向件扩散到后段壁板上，扭矩由12个对接销传递给机身后段框，再由机身后段框扩散到后段壁板上，见图5(c)。

3 三种对接形式特点分析

3.1 带板式对接

带板式对接的优点传力直接，对接工艺简单，对接时，后段和尾段已装配成为桶形结构，只要将后段和尾段桶形

结构对接一起，利用带板将两段连接在一起。

带板式对接的缺点如下：

- (1) 连接区带板、壁板和框缘比较厚，螺栓为单面受剪，螺栓上的附加弯矩较大，螺栓孔容易被挤压变形；
- (2) 重量重，在某运输机论证时，仅对接带板重量5.6kg；
- (3) 后段加强框上的螺栓孔多，框上的疲劳源较多；
- (4) 尾段不易更换，后段和尾段的对界面为工艺分离面，连接为多钉连接，不仅拆装的螺栓多费时，而且容易碰伤螺栓孔。

3.2 套合式对接

套合式对接的优点传力直接,没有对接带板和对接接头,重量轻。

套合式对接的缺点如下:

(1) 对接工艺不好,对接时前后两段已成为桶形结构,尾段壁板为复材结构,为了保证机身外形,壁板的模具为阴模,复材壁板的厚度公差和变形难控制,如果厚度公差偏向正值较大,后段的框缘外形公差也偏向正值,装配时,尾段很难插进后段,甚至干涉。为了解决此公差问题,在对接区预留间隙,增加工艺垫板;

(2) 第二个缺点和带板式对接一样,壁板和框缘比较厚,螺栓为单面受剪,螺栓上的附加弯矩较大,螺栓孔容易被挤压变形;

(3) 第三、第四个缺点和带板式对接一样即加强框上疲劳源多、尾段不易更换。

3.3 接头式对接

接头式对接的优点如下:

(1) 传力直接,由于采用了多个接头和对接销,属于多传力路径,符合破损安全的设计原则;

(2) 后段和尾段的对接面为设计分离面,尾段拆装比较方便,维修性比较好;

(3) 螺栓孔比较少,框上的疲劳源也较少。

接头式对接的缺点是因后段和尾段在接头处布置较强的纵向件,尾段在对接处布置对接框,所以重量比较重。

4 结束语

尾段和后段三种对接形式传力直接,都能满足后段和

尾段的对接要求,各有优缺点。就维修性而言:接头式对接最好,带板式对接次之,套合式对接较差;就重量而言:套合式对接重量最轻,带板式对接次之,接头式对接重量最重。如果尾段有互换性要求,适宜选择接头式对接,如果重量控制要求比较严格,适宜选择套合式对接。设计时,应权衡各种设计因素,选择合适的对接形式。 **AST**

参考文献

- [1] 陶梅贞. 现代飞机结构设计 [M]. 西安:西北工业大学出版社, 1997.
TAO Meizhen. Structure Design of Modern Aircraft[M]. Xi'an: Northwestern Polytechnical University Press, 1997. (in Chinese)
- [2] 孙侠生. 民用飞机结构强度刚度设计与验证指南[M]. 北京:航空工业出版社, 2012.
SUN Xiasheng. Structure Strength and Stiffness Design and Validation Guideline for Civil Aircraft[M]. Beijing: Aviation Industry Press, 2012. (in Chinese)

作者简介

严西鹏(1974—) 男,高级工程师。主要研究方向:飞机结构设计。

Tel: 029-86832328

E-mail: yanxp3394@sina.com

Research of Fuselage Tailcone Abutting Design for Airlift

YAN Xipeng*, WU Xiaoliang, WANG Xiaohui
AVIC The First Aircraft Institute, Xi'an 710089, China

Abstract: The abutting joint design between fuselage tailcone and rear fuselage of several domestic and foreign transport aircraft are analyzed. And three typical abutting joint forms are concluded. With the comparison of these structures, the advantages and disadvantages of all the abutting joint forms are demonstrated on the aspect of load delivering, manufacturing, maintainability and weight. It can provide reference to the design of transport aircraft.

Key Words: airlift ;fuselage tailcone; abutting joint design

Received: 2013-08-08; Received: 2013-11-30; Accepted: 2014-02-28

* Corresponding author. Tel.: 029-86832328 E-mail: yanxp3394@sina.com