

T尾飞机翼尖整流罩结构设计要点分析

何 勇 张 网 杨 帆

陕西直升飞机股份有限公司 陕西 西安 710199

摘 要: 现阶段大量飞机采用T尾布局,如C17,ATR72,Q400等。T尾飞机的翼尖整流罩相比于低平尾飞机整流罩在设计和制造上都更加复杂。通过搜集整理各类T尾飞机的翼尖整流罩设计资料,并结合自身结构设计经验,介绍T尾飞机翼尖整流罩的结构设计思路并就其要点进行分析。

关键词: T尾;翼尖整流罩;防鸟撞;防排水;闪电防护

引言

T尾布局是指飞机平尾布置在垂尾尖部的一种飞机尾翼结构布置形式,T尾布局是大型飞机尾翼设计中较多采用的一种对称结构布局形式。T尾布局的飞机由于平尾与垂尾的浸湿面积减小,飞行性能提高^[1]。

对于T型尾翼布局,在平、垂尾结合处通常安装有翼尖整流罩,以改善结构周围流场的流动特性^[2]。翼尖整流罩主要对垂平尾连接区进行气动整流,减小空气阻力,保证飞机的气动外形要求。翼尖整流罩内部既有垂平尾对接头这样重要的结构件,也有液压管路、EWIS线缆、环控管路等系统设备,外部还要安装照明设备和放电刷,结构复杂,使得T尾飞机翼尖整流罩的功能性及重要性更突出。因此,在设计之初了解到T尾飞机翼尖整流罩的设计要点显得尤为重要。本文主要对T尾飞机翼尖整流罩的设计要点进行列举和阐述,对后续此类型的整流罩设计具有一定的参考价值。

1 设计要点

1.1 强度与刚度要求

翼尖整流罩结构属于次承力结构,主要的作用是调整气流,减小空气阻力,维持飞机气动外形,其结构主要由壁板和骨架结构组成。翼尖整流罩主要承受侧向气动载荷和平尾侧偏带来的载荷。载荷主要由壁板承担,并通过传递给骨架结构,再由骨架结构扩散至平垂尾翼盒。翼尖整流罩主要的设计原理为刚度设计,其结构应遵循在限制载荷作用下,不出现有害的永久变形;在极限载荷作用下,结构不破坏的强度和刚度设计原则,同时兼顾结构件的变形不会阻碍、干扰舵面的转动,不会在相邻结构中产生次应力的设计原则。

1.2 选材设计要求

作者简介: 何勇(1987-),男,汉族,湖南衡阳人,硕士研究生,工程师,研究方向:复合材料结构设计。
E-mail:hy6960360@163.com

整流罩结构为次承力结构,整流罩结构应在满足强度、刚度、寿命和损伤容限要求并具有高可靠性的前提下,使结构的重量尽可能轻。

现代飞机结构用材料主要有金属材料和复合材料。相比于金属材料,复合材料具有比强度高,比模量大及优良的减振特性等优点,被大面积应用在大型构件和复杂型面构件上。其中夹层结构由于重量轻,具有较大的弯曲刚度及强度,主要用于飞机舵面和整流罩等部位^[3]。同时夹层结构具有吸能特性,可以有效减轻飞机振动带给结构的影响。

鉴于整流罩的复杂曲面外形及刚度设计要求及所处的振动环境,现役机型的整流罩大部分采用复材夹芯蒙皮与金属骨架的组合结构形式来满足设计和制造的要求。为了减轻结构重量减少机械连接,复材夹芯蒙皮尽量设计成整体件,由于蜂窝芯重量较轻以及优异的吸能性,复材夹芯蒙皮主要选用蜂窝夹芯蒙皮,但在一些曲率较大外形处,蜂窝芯成形困难,可用泡沫芯替代蜂窝芯,保持蒙皮的整体性。

1.3 防鸟撞设计要求

垂平尾整流罩区域内布置大量的液压、环控管路、电气线缆,液压管路及线缆主要控制舵面操纵、环控管路用于平尾前缘除冰,如果这两个功能出现故障,将直接影响飞机的安全。此外垂平尾对接接头承受鸟体的冲击也存在破坏的可能性,也将影响飞机的安全性,因此需对垂平尾对接区域进行防护,即对翼尖整流罩进行防鸟撞设计。

为了使得翼尖整流罩结构满足防鸟撞要求,可以从两方面对整流罩结构进行完善:一、整流罩前部采用蜂窝夹层蒙皮,蜂窝夹层结构具有吸能作用,能减轻鸟体对后部骨架的冲击;二、整流罩前部蒙皮可以采用钛合金等金属蒙皮,其金属延展性较好,也能起到延缓鸟体冲击的作用。三、对整流罩内部骨架加强设计,可在鸟

撞冲击方向横向布置防鸟撞板来延缓鸟体冲击。加强后的结构需通过动强度计算及试验验证,保证结构不被鸟体打穿,达到保护系统管路和线缆以及对接头等重要结构的作用。图1为某型机翼尖整流罩的防鸟撞骨架设计,蒙皮为蜂窝夹层结构(已隐藏),红色区域为需要防鸟撞区域。

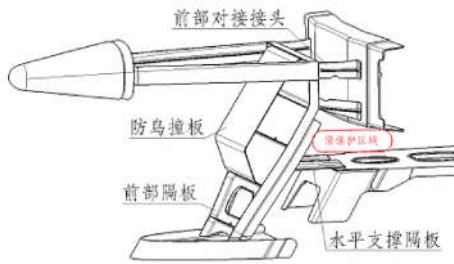


图1 某型机翼尖整流罩防鸟撞骨架设计

1.4 系统安装与维护要求

翼尖整流罩处于整个飞机的最高处,且其尺寸比较大,便于布置防撞灯、航行灯等电气设备,因此翼尖整流罩结构应该提供放电刷、防撞灯和航行灯等电气设备的安装空间,提供液压管路、除冰管路、EWIS线缆的通路。

为了满足飞机维修性设计要求,便于维修人员检查电气设备、系统管路、线缆及重要结构件。翼尖整流罩应根据飞机功能要求设计合理的口盖,口盖开口不得有尖锐边角,保证维修人员通过肢体安全;在维修间隔期间,应保证口盖拆卸安装的便利性。翼尖整流罩上的口盖尺寸大小应该能保证人员和工具的操作要求。翼尖整流罩上的口盖应具有防差错设计,以免发生安装错误。图2为某型机系统设备布置及口盖位置示意图。

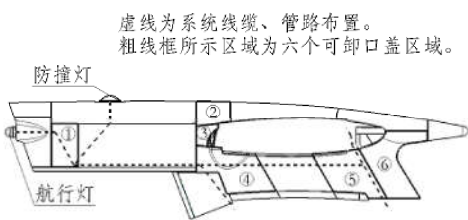


图2 某型机系统设备布置及口盖位置示意图

1.5 密封、排水设计要求

翼尖整流罩内部有垂平尾对接接头重要零件和各系统元件,如果结构进水,会影响各系统件安全,同时在结构低洼处形成积水,将引起结构和零件的腐蚀,从而造成结构零件破坏。影响飞机飞行安全。所有翼尖整流罩结构设计需考虑防排水设计。

翼尖整流罩区域气流复杂,除了局部气动载荷作用外,还可能会有涡流、激波的影响。如果翼尖整流罩密封出现问题,气流将会在整流罩空腔内窜动,从而产生

周期性载荷引发结构振动,造成结构疲劳破坏,影响飞行安全^[4]。因此,翼尖整流罩的密封设计也显得尤为重要。图3为密封带防水示意图。

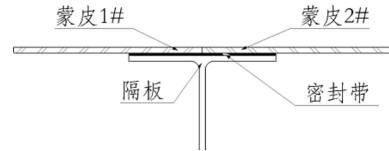


图3 密封带防水示意图

1.6 翼尖整流罩密封设计:

(1)与蒙皮连接的骨架结构需做好贴合面密封设计,如图3所示;(2)蒙皮对缝之间均涂覆密封胶进行填角密封;(3)复合材料零件边缘处均涂覆密封胶进行边缘密封;(4)无拆卸要求的结构连接采用密封胶湿装配;(5)翼尖整流罩蒙皮与其他部件之间的间隙可采用特制密封件进行密封设计,如P型,刀型等密封件。且可拆卸部件上的密封件应便于目视检查与更换。

翼尖整流罩排水设计:

①在整流罩的零组件易积水的区域开直径不小于8mm的排水孔,其位置应能使积水有效排出,排水孔周围结构需有效密封;②在结构零组件最低处留有排水间隙,保证不存留积水。

1.7 闪电防护设计

翼尖整流罩位于闪电分区1区,应具有保护措施,以防止闪电造成部件破坏。如果翼尖整流罩的蒙皮及骨架为金属结构,则不需要进行闪电防护设计,因为金属结构自身具有良好的导电性,整个结构形成了良好的电通路;如果翼尖整流罩包含有复材蒙皮或者骨架,整流罩应提供闪电防护功能,因为复合材料的导电率非常低,碳纤维的导电率仅相当于传统航空铝合金的1/1000左右,因此复合材料结构的闪电防护问题非常重要。

基本的闪电防护措施

(1)火焰喷涂:火焰喷涂金属技术,即在复合材料蒙皮的外表面喷涂一层金属(一般为金属铝)使其表面导电良好且连续。此方案不受表面外形限制,便于修理。但是涂层厚度及质量取决于操作人员的技术水平,工艺稳定性不佳^[5]。

(2)铺贴金属网:将金属网和复合材料预浸料一起固化成型,和蒙皮形成一个整体。此方案的优点是既能起到闪电防护的作用也在一定程度上加强了蒙皮的强度性能,受外形限制较少,易于成型。目前在复合材料的闪电防护领域应用较多。

(3)金属箔:在蒙皮外表面铺贴金属箔。此方案导电性均匀。但是金属箔增重较多、复杂形状难以成型,工

艺性较差。因为整流罩结构外形复杂，且重量指标小，此方案不适合整流罩结构的闪电防护设计。

T尾飞机的翼尖整流罩处于垂尾尖部，是处于闪电防护1区，为雷击关键区域，需对结构进行闪电防护设计，结合翼尖整流罩的大区率外形及几种闪电防护方法的工艺性，大部分现有机型的翼尖整流罩结构均在蒙皮表面铺覆金属网进行闪电防护设计。同时，安装于翼尖整流罩外部的传感器或设备，应具有良好的电导率，以保证安全传输闪电电流。紧固件将蒙皮与骨架装配连接后需进行处理，保证导电通路的流畅性。整流罩结构与主结构对接处存在缝隙处，采用电搭接保证导电通路。

1.8 制造工艺性分析

整流罩蒙皮不仅要满足上述强度等基本结构功能，也要具有良好的工艺性。结构件良好的工艺性可以减少工艺制造、装配难度，提升结构制造装配效率，提升飞机经济性。

(1) 分块设计：在考虑整流罩内部系统元件安装以及内部结构的检查维护需求时，需对整流罩蒙皮进行分块设计。为保证整流罩结构连接的可靠性，应尽量减少可卸蒙皮数量，因此，蒙皮分块时需综合考虑到以上因素，保证设计的合理性。

(2) 工装分离面的确定：在保证产品气动外形的前提下，基于零件的安全脱模和装配便利性来确定工作分离面^[6]。

(3) 工艺设计：翼尖整流罩处于垂平尾交汇处，气流复杂，为了保证产品外形流畅光滑，在具体制造过程中应优先采用阴模成形；遇到锥形外形面或者曲率较大的外形面，造成零件预浸料不好铺贴或模具不好脱模则采用阳模

成形。目前，民用航空复合材料整流罩零件的制造工艺主要采用热压罐成型工艺，热压罐成型工艺有技术成熟，树脂固化均匀，致密性好，工艺稳定性好等优点^[7]。

结论

T尾飞机的翼尖整流罩处于飞机的关键位置，其重要性也尤为突出。虽作为次承力部件，不仅自身要有足够的强度刚度，还要保护内部的系统结构件不受损坏，维护飞机飞行安全。因此，结构设计时除考虑强度因素外，还必须进行防鸟撞设计，系统安装与维护设计，防排水设计，密封设计，闪电防护设计，制造工艺性设计等。

参考文献

- [1]钟近曦.运输机T尾布局稳定性影响因素分析[J].民用飞机设计与研究.2004,1. 3-9.
- [2]程芳.整流罩对T型尾翼低速颤振特性影响分析[J].第十一届全国空气弹性学术交流会会议论文集.2009,08.103-106.
- [3]飞机设计手册第10册结构设计[M].北京:航空工业出版社.2000.
- [4]袁芳.民用飞机翼根整流罩结构密封优化设计研究[J].科技信息.2013,20.400-401.
- [5]常海洋.飞机复合材料结构闪电防护技术研究[J].飞机设计.2014,34(5):11-14.
- [6]赵伟超.小型无人机中机身复合材料成型技术研究[J].中国胶粘剂.2016, 9.57-58.
- [7]何国亮.一种飞机复合材料整流罩工艺性结构设计[J].中国科技信息.2018,07.39-40.