

无人机金属燃油箱的设计方法研究

Metal Fuel Tank Design of Unmanned Aerial Vehicle

胡荣霞 / 南京机电液压工程研究中心航空机电系统综合航空科技重点实验室

摘要:介绍了无人机燃油系统金属燃油箱的基本构成和设计要求,对设计中的关键技术进行了总结,为此类油箱的设计和完善的提供一定的参考和借鉴。

关键词: 无人机; 金属燃油箱; 设计

Keywords: unmanned aerial vehicle; metal fuel tank; design

0 引言

为了满足无人机高空长航时飞行的要求,对其燃油系统特别是燃油箱的设计提出了更高的要求。进行燃油系统中燃油箱设计时,除了要满足飞机的基本功能外,还应力求简单、经济,具有可靠性高、维护性好、工作时间长、自动控制等特点,保证在其飞行范围内都能可靠地工作。

无人机使用的燃油箱主要分为整体油箱和橡胶软油箱两大类。橡胶软油箱存在着制造工序繁琐、复杂,成本高,使用寿命短,重量代价大等

缺陷;复杂的空间和形状使得油箱的可靠性较低,漏油、渗油现象时有发生;因材料较厚、棱角较硬,使得油箱结构空间的容积利用率不高,余油量较大。这些缺陷在一定程度上影响了无人机的使用性能。目前,无人机油箱普遍采用密封胶密封结构形式的整体油箱,金属燃油箱的使用、尤其是在大型无人机上的使用情况报道较少。本文所介绍的金属燃油箱,在结构、工艺、使用要求上与整体油箱相似,高空性能、环境适应性能与整体油箱相当,但对飞机结构的要求比整

体结构油箱低,安装灵活,前期工装投入少,且具有使用和维护性好等明显的优点,目前已逐渐成为无人机燃油系统早期试验验证机及小批量生产无人机的燃油系统的首选。

1 金属燃油箱的构成

金属燃油箱主要由油箱蒙皮、端盖和内部隔板组成。为了满足燃油系统功能的需要,通常在蒙皮、端盖上设置通气口、输油口、加油口、回油口、搭铁片等,图1为无人机一个机翼油箱简单结构示意图。在固定带的帮

由于舰载机长期在气候恶劣的海洋环境中使用和停放,经常受到高温、风暴、狂涛、雷雨等恶劣气象条件和盐雾、湿热、霉菌等腐蚀环境的影响。高温、湿热会加速橡胶光热氧化,盐雾、霉菌会腐蚀橡胶,使橡胶的物理性能降低,甚至完全丧失。因此,选用轮胎胶料时,要采用高耐磨、低生热配方。针对“三防”选用耐高低温、耐臭氧、抗紫外线、抗盐雾、防霉菌等性能较好的原材料,确保舰载机轮胎的胎面、胎侧、胎体、胎圈的性能都在最佳状态,保证轮胎

的舰上使用次数及寿命。

3 结束语

轮胎设计是一项复杂的系统工程,而本文只是对舰载机轮胎的设计做了一些定性的分析,所述的内容也只是设计舰载机轮胎方面的几点思考,希望能够引起轮胎设计人员的一些关注,能为舰载机轮胎设计贡献一点微薄的力量。

AST

参考文献

[1] 龚荣亮. 飞机轮胎的结构及常

见故障探究[J]. 中国高新技术, 2011(27).

[2] 李曰煜. 美国军用飞机轮胎性能规范及主要规格配套厂家[J]. 现代橡胶技术, 2011, 37(3).

[3] 约翰 G 萨默. 工程橡胶制品设计、制造、性能测试[M]. 游长江, 译. 北京: 化学工业出版社, 2010.

[4] 李法华. 功能性橡胶材料及制品[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.

作者简介

饶盛, 助理工程师, 主要从事航空轮胎监制工作。

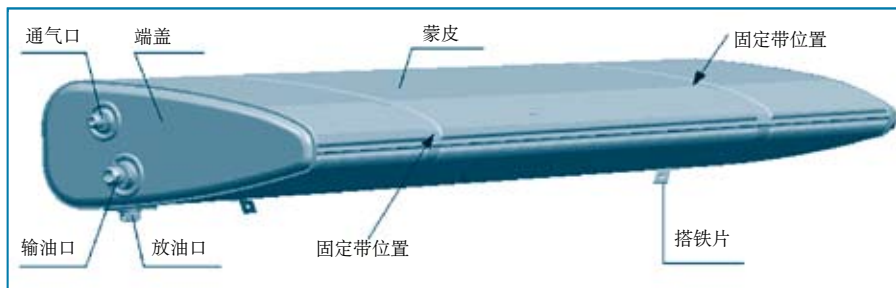


图1 金属燃油箱结构示意图

助下，金属油箱可固定在飞机的结构框架上，油箱固定带的设置点根据油箱在机上的安装位置确定，固定带的强度应能够满足油箱重力、加速度及飞机过载时的要求。

2 金属燃油箱设计的基本要求

无人机燃油系统的主要功能是储存燃油，并保障在一切可能的高度和飞行条件下，按一定顺序向发动机不间断地供给规定压力和流量的燃油。根据无人机总体要求，燃油箱必须充分利用无人机规定的结构空间以获得最大的贮油容积，满足无人机航程和续航时间的要求，同时还要考虑燃油箱与周围静、动部件间隙要求及油箱成型模具的特点来进行燃油箱的外形设计。局部结构需进行特别设计，以满足系统功能需求，部分功能部件的基本设计要求如下。

1) 加油口

加油口主要用来向油箱内加注燃油。在油箱要求的压力下加油口盖应能与其相配合的口座保持密封，取下加油盖应不需要特殊工具。加油口的位置应尽可能布置在对油箱强度影响较小的部位，加油口的口径及数量根据快卸要求设置。加油口内设置燃油过滤器以满足燃油清洁度的要求，加油口附近设置油尺测量口和油尺，用于监控油面高度情况。

2) 通气口

每个油箱均设置有通气口，通气口与燃油系统的通气管路相连接。通气口应设置在尽可能靠近油箱的上顶部，以便能够加进更多的燃油。其中，主油箱和消耗油箱通气管应突出机身上方，保证无人机在使用状态下油箱与大气连通。根据通气能力要求确定管径，依据通气防冰、防水等要求确定其位置。

3) 输油口

每个油箱均设置输油口。输油口应设计在尽可能靠近油箱底部以减少油箱余油量。输油口与系统油路相连接，保证油液能够顺利流进和流出油箱。依据燃油系统加油和输油时的流量以及流速要求确定管径，依据不可用燃油量和油箱防冰防水要求确定输油口位置。

4) 放油口

油箱底部应设有放油口。放油开关关闭时应保证油箱的整体密封性，放油开关开启时则可以顺利地将油箱的余油放出，便于系统清洗。

5) 回油口

是否设置回油口主要根据发动机的特性来决定。根据油温、重心位置、流量等确定回油口口径，无人机发动机回油至装有回油口的油箱。

6) 电搭接

为提高油箱的安全性，金属油箱一般应在每个油箱上表面设置1~2个电搭铁片，通过搭铁线，将油箱与油

箱框架相连接，导除静电，降低爆燃风险。

3 金属燃油箱的关键技术

3.1 燃油箱的轻量化设计

1) 燃油箱外形的确定

为满足无人机高空长航时飞行的要求，油箱设计应尽量轻量化，在承载更多燃油的同时，其外形尺寸还必须保证无人机飞行时燃油重心的变化尽可能小。各个油箱的容积分配一般由系统确定，为保证设计的油箱能够顺利从油箱框架根部装进去而不发生干涉现象，且使得油箱的容积尽可能大，对机型上油箱的外形结构框架型线进行近似拟合，找出各油箱上下蒙皮外形尺寸，从而最大限度地利用燃油储存空间。

2) 燃油箱材料的选择

金属油箱一般可选择铝合金结构、不锈钢结构或钢结构。油箱所选用的材料除满足无人机的结构要求外，还应适应无人机的工作环境，能够耐受由于燃油、盐雾、潮湿以及各种可能环境条件下引起的腐蚀，同时兼顾燃油系统的静电传导，并能承受运输、储存和正常使用寿命期内发生的磨损，并且满足油箱的重量要求。本文所研究的无人机金属油箱，在确保满足其系统所要求的功能的情况下，尝试选用了3A21铝合金材料，尽可能降低油箱体的重量。

3) 燃油箱蒙皮厚度的选择

在选定油箱基本外形和材料后，必须对油箱壁厚进行计算校核，在满足油箱结构强度要求的情况下，应使蒙皮的厚度尽可能小。油箱作为薄壁件，首先按照内压力容器计算壁厚，同时为保证油箱在受到外压后不会失去原有形状而出现压扁或折皱现象，需

要将油箱作为外压力容器对工作压力进行校核。经过计算校核,可基本确定油箱厚度范围,一般消耗油箱由于功能的特殊性,可选择比其余油箱稍厚的板材以提高安全性。本文所研究的无人机金属油箱,除消耗油箱蒙皮选用2.0mm厚度外,其余油箱均选用1.2mm的铝合金板材,比传统铝合金油箱更薄,实现了薄壁油箱的轻量化设计。

3.2 燃油箱变形问题

金属燃油箱作为薄壁件,受压后面临不同程度的变形,尤其是材质较软的铝合金蒙皮,变形问题更为突出。设计中,除了在选材和厚度上保证油箱的强度外,必须采取措施增加其刚度。可将蒙皮做成凸起状,同时在油箱内部相对油箱固定带的位置增加刚性剖面,即内隔板,其余部位隔板骨架的数量和安装方式可根据该部位承力情况适当选择。隔板上均应开有弯边的减轻孔,选用与蒙皮同种材质的板材,厚度不大于蒙皮为宜。另外,在较大容积的油箱的蒙皮上,局部位置可采用加强槽的形式进行加强,减轻其使用过程中的变形量。

3.3 燃油箱的成型和密封性问题

1) 油箱的成型

金属燃油箱的加工主要采用焊接、铆接、胶结等工艺完成。焊接制造工序简单,加工周期较短,成本低,但存在质量不宜保证、焊接残余应力和变形量较大等缺点,设计时应充分考虑。

通过调研和查阅相关资料,本文所研究的无人机金属油箱的加工,是先将不规则油箱蒙皮通过制作模具压制成型,蒙皮与端盖之间的连接采用焊接形式,为保证焊接质量,对焊接强度、电流及焊高等均进行了严格控制。

内隔板骨架之间的连接采用铆接形式。结合金属油箱的结构特点、各类铆钉的用途及油箱的使用环境,选用合适的铆钉及铆接形式。根据铆接夹层厚度,对铆钉的直径、长度进行合理选择,并根据使用条件,对其剪切强度、挤压强度及抗压强度进行校核,铆接工作应仔细进行,保证铆接紧密和墩头适当。

油箱内隔板与蒙皮、内隔板与端盖之间的连接采用胶铆形式。胶铆是胶结与铆接的复合连接方式,综合受力好,可以减震、防磨损,并能更好地保证密封。加工中应严格控制胶铆质量,在密封铆接工艺完成后,必须清除油箱内可能存有的污物、油脂、切屑和胶末等杂质,以满足技术条件所要求的清洁。

2) 油箱的密封性设计

在保证油箱的成型工艺后,细节措施的完善对油箱密封性的保证尤为关键。油箱外部采用熔焊连续焊接,为保证密封,油箱楔形焊缝内应刮涂聚硫密封剂(如XM22),并确保密封剂硫化后具有适当的厚度且连续。另外,通过对油箱的结构及功能进行分析,油箱设计薄弱环节为油箱的焊接部位和油箱的各接头处,实际使用证实,这些接头处是最容易发生渗漏的部位。为保证油箱的密封性,在油箱的各接头处,开口均应采用冲压成型,再与口座焊接,并在薄弱口座周围采用加强板等形式进行局部加强,确保口座部位有足够的刚度。口座焊接后,在焊缝内外涂抹用有机溶剂稀释的聚硫密封剂(如XM22A)并充分硫化。油箱焊接部位在焊接完毕后进行密封试验。油箱制作完成后,要进行压力试验以保证密封。

3.4 燃油箱的易维护性

燃油箱所有的功能口盖设计应尽量简单、标准化,装拆不需要特殊工具,方便日常维护并节约成本。油箱的内隔板骨架底边开有小孔,使油箱内的燃油在使用时相通,同一油箱油面保持在同一高度,维修时便于尽可能多地放出剩余燃油。对于较大容积的油箱,在油箱的蒙皮上设置工艺口,便于油箱的维护和清洗等。工艺口应尽量与结构安装口盖相重叠,同时考虑安装时不会损伤油箱表面。

4 总结

金属燃油箱的设计中,除了满足油箱的基本性能和特殊功能的要求外,设计和加工细节尤为关键。通过对无人机金属油箱设计方法和关键问题的总结,不断完善产品的设计水平,提高加工能力和速度,保证产品质量,降低成本。

AST

参考文献

- [1] 张元明,赵鹏飞.小型无人机用整体油箱的研制[J].工程塑料应用,2004(3):45-47.
- [2] 祝小平,等.无人机设计手册(上册)[M].北京:国防工业出版社,2007.
- [3] 《飞机设计手册》总编委会.飞机设计手册第13册:动力装置系统设计[M].北京:航空工业出版社,2006.
- [4] 《飞机设计手册》第五编写组.飞机设计手册第5册:零件设计[M].北京:国防工业出版社,1980.

作者简介

胡荣霞,工程师,主要从事航空燃油附件的设计工作。