

大型水陆两栖飞机制造/装配方法分析

闫平*, 王尉舟

中航通飞研究院有限公司, 珠海 519040

摘要: 在对现代民用飞机制造装配方法特点进行分析的基础上, 根据大型水陆两栖飞机自身外形、使用环境及机队数量, 分析了两栖飞机与普通民用飞机的制造装配方法差异, 主要体现在耐腐蚀性材料选择、机身船底制造装配和水密性要求三方面, 大型水陆两栖飞机制造装配方法能满足增加维修间隔、便于维护及后续改装的要求。

关键词: 水陆两栖飞机; 装配; 制造; 民用飞机; 耐腐蚀性; 水密

中图分类号: V262.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-5453 (2014) 02-50-4

大型灭火/水上救援水陆两栖飞机是为国家航空应急救援体系研制的一种大型水陆两栖飞机, 以满足我国森林灭火和水上救援的迫切需要。目前日本、俄罗斯和加拿大等国已研制并广泛使用大型水陆两栖飞机, 同时形成了一套不同于其他类型飞机的制造和装配方法。大型水陆两栖飞机因为自身外形、使用环境和机队数量等特点, 不能简单地复制大型民用飞机的制造/装配方法, 而在结构设计之初就针对飞机使用环境和成本加以考虑。本文从材料选择、机身船底制造装配、水密要求三个方面对大型水陆两栖飞机制造装配方法进行了分析研究。

1 现代大型民用飞机制造/装配特点

现代大型民用飞机的制造/装配, 具有以下特点:

- 1) 模块化, 大型民用飞机全球制造性决定了飞机必须按模块化制造及装配, 机身分为多段制造, 在总装厂总装^[1]。
- 2) 整体化, 各段机身在各自的装配工厂按壁板化制造/装配。
- 3) 在金属零件上大量应用钣金成型, 提高材料利用率, 具体体现在除加强框、梁外的结构件, 均采用钣金成型, 减少机械切削加工带来的高成本和高耗时^[2]。
- 4) 尽可能的采用复合材料, 以达到减轻重量及连接零

件数量的目的。在整流罩、舵面采用碳纤维、玻璃钢及混杂的复合材料制造。

5) 基于计算机辅助设计(CAD)及制造(CAM)的虚拟装配和自动化装配技术^[3]。

2 大型水陆两栖飞机制造/装配方法

大型水陆两栖飞机可以大量借鉴大型民用飞机的制造/装配方法, 在全机可采用模块化制造、虚拟装配和自动化装配技术, 机身上部可采用整体壁板设计及钣金零件, 在机身整流罩、舵面采用复合材料设计。大型水陆两栖飞机与陆机主要不同之处在于带船底的机身设计。机身除具有一般飞机机身的主要作用外, 还应具有以下功能: 1) 提供飞机满足灭火水量要求的整体水箱及安装汲水装置; 2) 机身结构水密形成浮力供水上起降。

机身设计应考虑在满足承载和完成任务功能(海上救援及灭火)的前提下, 具有较轻重量和较低生产成本。此外还应满足密防沉、恶劣环境下防腐蚀等要求。因水陆两栖飞机所具有独特的地方, 导致民用陆上大型飞机的制造/装配方法不能全部照搬应用在大型水陆两栖飞机上, 其差异具体体现在以下三个方面: 1) 使用环境不同导致材料选择的特殊性; 2) 特有的机身船底的制造/装配方法; 3) 零部

收稿日期: 2013-07-31; 录用日期: 2013-08-26

*通讯作者: Tel.: 0756-7688269 E-mail: 18688191229@163.com

引用格式: YAN Ping, WANG Weizhou. Manufacture/Assembly method of amphibious aircraft[J]. Aeronautical Science & Technology, 2014, 25(02):50-53. 闫平, 王尉舟. 大型水陆两栖飞机装配/制造方法分析[J]. 航空科学技术, 2014, 25(02):50-53.

件设计及整机装配的水密要求。

2.1 耐腐蚀材料选择

选用的材料首先应符合运输类飞机适航规章第25部《运输类飞机适航标准》(CCAR-25-R3)CCAR25.603的要求^[4]。其次应根据大型水陆两栖飞机严苛的服役环境,重点考虑材料的腐蚀性能,尤其是高强度合金的抗应力腐蚀性能和腐蚀疲劳性能,选择合适的热处理方式。优先选用具有成熟民机使用经验的材料。此外所选材料的品种、规格等应尽量标准化,以利于系列管理和降低成本。主要腐蚀区域如机身、浮筒结构铝合金材料选用如下:

1) 水线以上蒙皮:薄板,主要受拉载荷,考虑抗疲劳性,外表面适当考虑耐腐蚀性。蒙皮厚度基本在1~2mm范围内。排除耐腐蚀性能差的和疲劳性能差的,在2024-T3、2024-T42、7075-T73中选择。机身上表面主要考虑抗疲劳性,水线上适当考虑耐腐蚀性即可,选择2024-T3或2024-T42。

2) 水线以下蒙皮:薄板,主要受压载荷、冲击载荷及剪切应力,考虑稳定性,外表面要有良好的耐腐蚀性。蒙皮厚度基本在1~2mm范围内。排除耐腐蚀性能差的和屈服值低的。在7075-T73、7075-T76中选择。7075-T73在剥蚀、ST方向(短横向)的耐应力腐蚀较好,屈服值较7075-T76略低,考虑到力学性能的要求,且7075-T76耐腐蚀性能已能满足使用环境要求,选择7075-T76。

3) 长桁和梁:型材,上部长桁主要受拉载荷,适当考虑抗疲劳性和耐腐蚀性,考虑长桁需提供对蒙皮的支持,故选择力学性能比蒙皮稍强的材料;下部长桁主要受压,考虑稳定性,和需要较好的耐腐蚀。在7075和7050之间选择综合性能较好的7050。在7050-T73511、7050-T74511、7050-T76511中,上部长桁/梁主要受拉应力,选择7050-T74511,下部长桁/梁考虑压缩性能,选择7050-T76511^[5]。地板长桁与滑轨同样使用7050-T74511。

具体部位选材见表1。

2.2 机身船底制造/装配方法

大型民用飞机的机身制造受批量、成本的影响,主承力系统的框及长桁采用钣金制造,环向机身结构几乎一样,局部根据开口和载荷加强。

大型水陆两栖飞机机身下半部为船底外形,起飞着陆和外岛停靠时均浸没与水中,对船底的刚度、水密及防腐蚀要求较高,为保证飞机的耐腐蚀性能和维修间隔,一般采用骨架装配,船底框采用机械加工成形,一方面可以减少因刚度要求带来的重量增加(可变厚度结构),另一方面可以减少连接,避免应力腐蚀和电化学腐蚀出现在连接区域(大量

表1 机身和浮筒结构材料选用

Table1 The fuselage and pontoon structure material selection table

部件	零件	材料	品种
蒙皮	水线以上	2024-T3(包铝)	薄板
蒙皮	水线以下	7075-T76(包铝)	薄板
长桁	上部长桁	7050-T74511	挤压型材
长桁	下部长桁	7050-T76511	挤压型材
梁	上部	7050-T74511	挤压型材
梁	下部	7050-T76511	挤压型材
框	框	7050-T7451	板材
地板	滑轨	7050-T74511	挤压型材
地板	长桁	7050-T74511	挤压型材
地板	地板蒙皮	7075-T76(包铝)	板材
窗、门框架	窗、门框架	7050-T7451	板材
登机舱门	蒙皮	7075-T76(包铝)	板材
登机舱门	框	7050-T7451	板材
连接件	连接角片	2024-T42、2024-T62	钣金
连接件	连接角盒	7050-T7451、7475-T7351	机加
浮筒	蒙皮	7075-T76(包铝)	薄板
浮筒	长桁	7050-T74511	挤压型材
浮筒	梁	2024-T62(包铝)	板弯长桁
浮筒	隔框	2024-T62(包铝)	板材
浮筒	组合框	7050-T74511	机加

减少连接铆钉)。Be200飞机的机身船底框及大型水陆两栖飞机机身下部船底框模型见图1。采用整体机械加工成型,仅在预留装配间隙的区域布置钣金过渡件,自身无需模具及工装型架^[6],但却带来单件零件绝对成本增加、加工时长、材料利用率低等问题,因为大型水陆两栖飞机的机队数量(30~50架)、研制周期(4年左右)均与大型民用飞机(100架以上,7~8年)不同^[7],大批量生产需要的模具和工装型架的费用不能摊薄到数量众多的机队上,且制造装配时间短。长远来看,大量采用整体机械加工成形相对大型水陆两栖飞机来说是较合适的。

2.3 满足整机装配水密要求的设计方法

抗沉性的要求使得机身在设计上要保证地板上下方的空间是相互隔绝的,地板下的空间用来充当类似船的浮力舱,且分割成单独的几部分,以保证船底部分相邻两舱破损后飞机依然能够漂浮。以上要求使得飞机机身在整个吃水线加上半波高的区域内均需要达到水密的要求,在装配时需高于大型民用飞机的淋雨密封的要求。

防水密封设计的要求如下:

1) 吃水线上半波高以下区域的机体(特别是系统设备



图1 Be200飞机的机身船底框和大型水陆两栖飞机机身下部船底框模型
Fig.1 Be200 bottom frame and amphibious aircraft bottom frame model



图2 装配前密封涂胶工艺
Fig.2 Seal coating process before assembly

舱处)结构,应采取密封装配;

2) 地板处及水密舱段框地板下区域应进行防水密封;

3) 结构防水密封设计应采用合理的结构形式,并用密封材料堵塞结构上的渗漏渠道(孔和缝),防止水进入机体。

防水的密封形式,应根据实际情况并通过试验对比,在如下四种防水密封形式中进行选取。

1) 缝内密封,共有以下三种类型:在零件间敷设膏状密封胶,涂胶层一般为0.3~0.5mm,弧形配合面为0.5~0.8mm,接头与骨接架之间一般为0.8~1.2mm;在结构间敷设胶膜;缝内沟槽密封,如图2所示。

2) 缝外密封,将黏稠度较大的密封材料,涂在两个相连零件的边缘上和紧固件周边上。涂胶后应使型面光滑流线,不允许出现凹边。

3) 表面密封,将稀释的密封材料,涂在密封区表面及铆钉头、螺栓头周围。可用灌注法、涂刷法、喷涂法和挤注刮抹法进行涂抹,涂抹胶层的厚度一般应为0.2mm。

4) 混合密封,将上述两种或三种密封形式搭配使用,通常用在单独使用某一种密封形式不易保证密封要求的部位。

4 结束语

大型水陆两栖飞机在研制过程中,为了达到使用维护、耐腐蚀性、水密性要求,提高飞机使用寿命,在产品阶段采用特殊的材料是非常重要的,通过面向制造/装配的设计方法可以满足飞机在装配及使用中的不同于普通民机的要求,能有效减少飞机因水密要求带来的重量增加,增加客户在使用中的维修间隔,便于飞机运行后的维护等,同时满足客户后续改装成多功能平台的要求,对产品的市场推广同样具有重大意义。

AST

参考文献

- [1] 赵庆玉, 等. 中国民用飞机手册[M].北京: 航空工业出版社, 1991:89.
ZHAO Qingyu, et al. Chinese Civil Aircraft Manuals [M]. Bei Jing Aviation Publishing,1991:89.(in Chinese)
- [2] 王保忠, 等. 飞机设计手册第十册[M].北京: 航空工业出版社, 1999:161.

- WANG Baozhong, et al. Aircraft Design Manual Book 10[M] Bei Jing Aviation Publishing,1999:161.(in Chinese)
- [3] 许国康. 大型飞机自动化装配技术[R]. 中国航空学会2007年学术年会, 深圳: 中国航空学会, 2007.
- XU Guokang. Large aircraft automated assembly technology[R]. China Aviation Society 2007 Annual Meeting, Shen Zhen: China Aviation Institute, 2007.(in Chinese)
- [4] 中国民用航空局. 中国民用航空条例第25部, CCAR-25[S]. 中国民航总局, 2001.
- Civil Aviation Administration of China. Article 25 of China Civil Aviation Regulations. CCAR-25[S]. Civil Aviation Administration of China, 2001.(in Chinese)
- [5] 江武. 大型灭火/水上救援水陆两栖飞机材料选用目录[R].GD D0060T007C1. 中国特种飞行器研究所, 2010.
- JIANG Wu. Large extinguishing / water rescue amphibious aircraft material selection catalog[R].GD D0060T007C1. Special Vehicle Institute of China, 2010.(in Chinese)
- [6] 叶树林. 别-200多用水陆两栖飞机设计特点[J]. 特种飞行器研究, 2010, (1): 43.
- YE Shulin. Be-200 Multi-purpose amphibious aircraft design features[J]. Special Vehicle Institute of China, 2010,1:43.(in Chinese)
- [7] 顾诵芬, 解思适, 等. 飞机总体设计[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2001: 21.
- GU songfen, JIE Sishi, et al. Aircraft Design[M]. Bei Jing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press,2001:21.(in Chinese)

作者简介

闫平(1982—) 男, 硕士, 工程师, 主要研究方向: 水陆两栖飞机机身结构及腐蚀防护设计, 通用飞机结构设计。

Tel: 0756-7688269

E-mail: 18688191229@163.com

王尉舟(1987—) 男, 助理工程师, 主要研究方向: 通用飞机结构设计, 公务机结构设计。

Tel: 0756-7688780

E-mail: wangweizhou2008@163.com

Manufacture/Assembly Method of Amphibious Aircraft

YAN Ping*, WANG Weizhou

China Aviation Industry General Aircraft Institute, Zhuhai 519040, China

Abstract: On the analysis of modern civil aircraft assembly manufacturing method characteristics, according to the shape, service environment and fleet number of large amphibious aircraft, the manufacture/assembly method difference of amphibious aircraft and general civil aircraft was analyzed detailedly, mainly in corrosion resistance material selection, manufacture/assembly of fuselage bottom and watertight requirements three areas. The method can meet the requests of increasing maintenance intervals, convention for operation, maintenance and follow-up modification .

Key Words: amphibious aircraft; assembly; manufacture; civil aircraft; corrosion resistance; water tightness

Received: 2013-07-31; Accepted: 2013-08-26

*Corresponding author. Tel. : 0756-7688269 E-mail: 18688191229@163.com