



A350XWB 客机研制新进展

New Progress for Development of A350XWB

北京航空航天大学 范玉青



范玉青

教授、博士生导师, 享受国家特殊津贴。1963年毕业于北京航空航天大学的飞机制造专业, 毕业后留校任教。1981年11月~1984年2月作为访问学者在英国学习。长期从事飞机制造技术和数字化技术应用的的教学和研究工作, 同时在这一领域培养了百余名硕士、博士和博士后, 其中包括10名外国留学生。出版了《现代飞机制造技术》等书籍。

空客公司在 A350XWB 客机上采用碳纤维复合材料, 这一设计理念能够通过选择最合适的纤维覆盖层数和蒙皮厚度来减轻飞机的重量, 同时更易于维护和修理; 而且得益于全新的复合材料机翼设计, A350XWB 客机的巡航速度可以达到 0.85 马赫, 与 A380 客机的巡航速度相同。

A350XWB 机身材料的变更

空客公司原来的 A350XWB 设计方案是在 A330 飞机基础上进行的, 计划复合材料沿用 A380 的技术, 略有发展。但由于长期以来公司内部对机身段采用复合材料部件有着不同看法, 在这方面技术储备也不够, 因而机身仍是以铝合金铆接结构为主, 机翼主要采用碳纤维复合材料 (Carbon Fibre Reinforced Plastic, CFRP) 制造, 机体复合材料用量仅增大到 35%。这样一来, A350 复合材料用量远远落后于波音 787 的机体复合材料用量, 是十

分保守的做法。

由于 A350 的原始设计方案中, 机身主要部件仍然采用金属材料。这样机身要分成很多段, 零件数量大增, 导致金属材料机身原有的种种问题仍然存在, 并造成制造和维护困难, 对此很多航空公司表示强烈不满。航空公司十分希望机身段是整体结构, 如波音 787 飞机一样, 由碳纤维复合材料组成。在 2005 年, 出于波音 787 客机竞争的原因, 空客公司在它的客户航空公司的抱怨和压力下, 空客 A350 的研制处于困境之中, 不得不重新回到设计室, 一次次修改 A350XWB 的总体方案。

直到2007年2月,空客公司在法国图鲁兹(Toulouse)宣布A350XWB机身全部壁板蒙皮采用碳纤维复合材料结构。这样一来,A350XWB客机机体结构复合材料制造用量提高到52%,即原来计划由铝锂合金制造的机身,也不得不改成复合材料制造。空客公司在A350XWB客机上采用碳纤维复合材料,这一设计理念能够通过选择最合适的纤维覆盖层数和蒙皮厚度来减轻飞机的重量,同时更易于维护和修理;而且得益于全新的复合材料机翼设计,A350XWB客机的巡航速度可以达到0.85马赫,与A380客机的巡航速度相同。直到此时A350XWB客机的最终设计方案才算确定。由于A350客机机身全部采用碳纤维增强塑料壁板蒙皮的全新设计,以及由此对制造技术带来的困难,A350客机的研制计划不得不推迟整整3年,也使A350XWB的研制费增加了1倍,达100亿欧元。所以,波音787机体复合材料的先进应用方案与A350XWB机体原保守方案的巨大差异性,造成了空客公司在与波音公司的竞争中如此严重的被动局面。

A350XWB 机身段的复合材料结构

空客公司于2008年10月冻结A350XWB的设计,计划于2013年推出首架,到第3年每月生产13架。它的机身段不像波音787那样是整段缠绕而成,而是由4块复合材料壁板壳体结构组成,即所谓的“壁板化”结构。机身框由铝合金制成,由它们把4块复合材料壁板连接装配成机身段,每块复合材料壁板蒙皮尽可能越长越好,以便减少连接件数量及减轻飞机的重量。

由于空客A350XWB的机身采用复合材料,机身结构的分段就要充分考虑到复合材料的优越性,单

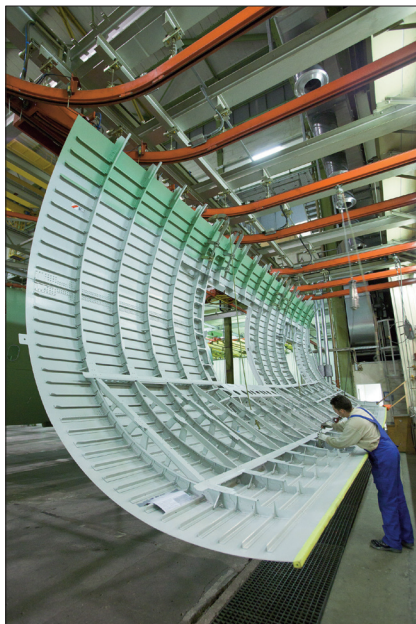


图1 空客A350XWB机身复材使用情况及特点

段机身就可以尽可能长些。因此,空客公司设计人员把A350的8个机身段实际设计成5个机身段。它把机身的13和14段通过4块13m长的复合材料壁板装配成一体而成。机身15段是单独一段,主要由4块长18m复合材料壁板装配成。16、17和18段由4块16m长的复合材料壁板装配成一体组成。因机尾19段是锥形筒体结构,难以利用直机身段复合材料壁板的方法来制造,不能由4块复合材料壁板壳体结构组成,而要利用A380尾段的整体制造技术。图1所示为A350XWB的复合材料机身壁板与

金属框的连接结构情况。

机身段复合材料部件的制造及装配

A350XWB客机项目于2008年年底已完成细节定义,详细设计已冻结。并且开始总装线厂房的施工,这些都表明A350XWB客机项目正在稳步推进,为已推迟到2014年正式交付飞机奠定了基础。

面对波音和空客等公司如此大面积的复合材料部件机身和机翼的应用,为保证机身和机翼蒙皮壁板整体构件的复合材料铺放的质量和制造效率,作为铺放制造复合材料整体构件的自动铺带机(Automated Tape Laying, ATL)与自动铺丝机(Automated Fiber Placement, AFP)得到青睐。于是它们在技术上快速发展,工程上得到广泛的应用,成为现代先进大型飞机制造的关键设备。在本世纪初,有美国Cincinnati机床公司和Ingersoll公司能向飞机制造业提供大型ATL/AFP机床,美国ADC(Automated Dynamics Corp.)公司能够提供AFP机床。近10多年来,大型飞机制造业对复合材料构件制造技术的迫切需求,推动了ATL/AFP机床的发展和广泛工业应用。

空客公司和它的合作伙伴先前采购了14台MAG Cincinnati复



图2 技术人员操作自动铺丝机的情况



图3 机身16~18段壁板的铺放情况



图5 制造好的中机身壁板



图4 中机身复合材料壁板的铺放情况



图6 中机身壁板铆接装配情况

合材料系统,其中4台VIPER自动铺丝机AFP和10台自动铺带机ATL,用来生产A320、A330、A340、A380和A400M飞机的复合材料部件,自动铺丝机AFP可以生产较复杂的复合材料曲面壁板。空客公司后来又订购了MAG Cincinnati复合材料系统的6台VIPER 6000系列自动铺丝机AFP,用来生产A350 XWB客机复合材料机身部件的壁板,其中最大的MAG Cincinnati自动铺丝机AFP能生产直径达6.3m的复合材料机身部件的壁板,自动铺带机ATL能铺宽达152.40~304.80mm的复合材料带。AFP和ATL一样都是利用滚压辊将预浸料纤维“束带”精确地铺放到确定位置上。

图2所示是技术人员在操作制造机身复合材料壁板的自动铺丝机

的工作情况。空客公司在这类机床上进行机身部件整体壁板的复合材料铺放工作,如图3~图4所示。然后把它放在成形模具上在热压罐中将其固化成形。图5所示是成形完成的中机身15段壁板。成形完成后的复合材料壁板还需进行与机身铝合金框的铆接装配,如图6所示。

图7所示是首个机身13~14段在德国Premium Aerotec公司多块复合材料壁板在装配型架中进行装

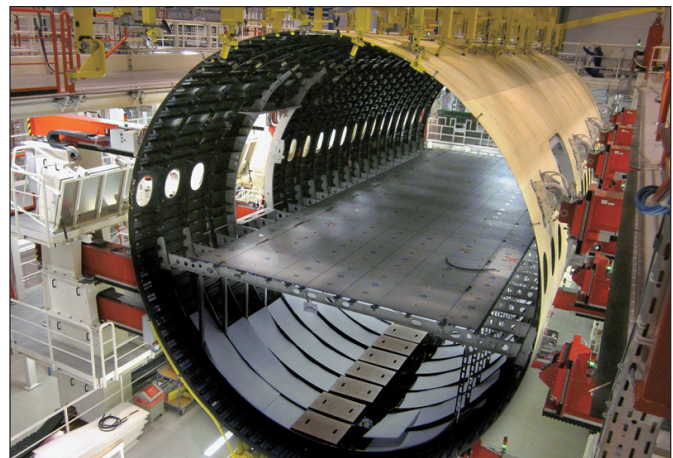


图7 A350XWB机身13~14段装配情况

配的情况,装配好后于2011年9月运到法国的圣纳泽尔(St-Nazaire)空客公司进行后续的装配工作。Premium Aerotec公司是A350XWB飞机全球最大的机身结构供应商,该公司的核心业务是开发和生产金



图8 装配完成后的机身19段

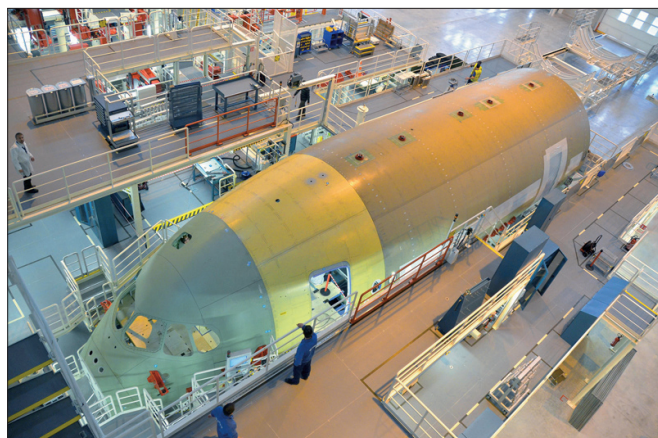


图9 前机身段的对接装配



图10 装配完成的A350XWB的后机身段

属和碳纤维复合材料飞机结构,以及相关的设备和生产系统。该公司为新的A350XWB客机筹备一系列的生产。A350XWB飞机第一块碳纤维复合材料机身壁板的生产,于2010年6月份在该公司位于德国的诺登哈姆的工厂进行,其奥格斯堡工厂不久之后也将紧随其后。

用A380尾段的整体制造技术,即整段缠绕而成。在热压罐中将其固化成形后,再进行与铝合金框的铆接装配,装配完成后的机身19段如图8所示。

空客公司利用大型运输机“大白鲨”,运送A350前机身的11和12段到法国圣纳泽尔空客公司去进

A350 XWB飞机后机身段(机身段16~18)的大尺寸外侧壁板在奥格斯堡工厂进行生产,而整个前部机身结构(机身段13~14)的生产,包括集成工作,都在诺登哈姆工厂进行。

行部件装配。图9所示是前机身的11、12段与13~14段在圣纳泽尔空客公司的工装中进行对接装配的情况。

A350XWB 进入总装阶段

2012年1月4日,A350XWB的第一个主要部件——前机身段装配完成后,由大型运输机“大白鲨”运往图鲁兹总装配线,中机身段也被运往图鲁兹总装配线。图10所示是在2012年3月15日装配完成

的A350的后机身段。



图11 A350XWB的机身前段和中段总装对接

空中客车公司于2012年4月5日宣布,该公司在位于法国西南部城市图卢兹的总装线上开始第一架A350XWB客机机身前段和中段的对接装配工作,这标志着首架A350XWB客机开始总装,如图11所示。

虽然A350XWB客机的研制总进度推迟了3年半,但从A350XWB客机研制的进展情况来看,空客公司较好地解决了机身的大型复合材料壁板的制造与装配关键技术,为空客公司能方便地制造复合材料机身段奠定了良好的基础,使A350XWB客机能顺利地进入总装配阶段。

结束语

虽然A350XWB客机的研制总进度推迟了3年半,但从A350XWB客机研制的进展情况来看,空客公司较好地解决了机身的大型复合材料壁板的制造与装配关键技术,为空客公司能方便地制造复合材料机身段奠定了良好的基础,使A350XWB客机能顺利地进入总装配阶段。

(责编 夏宛)