

某型飞机应急舱门装配协调研究

陈俊文* 屈春晖 仓定西

(上海飞机制造有限公司,上海 201324)

摘要:随着工业水平发展和科技的进步,飞机制造装配也逐步从模拟量传递向数字量传递转变。高度数字化带来的灵活性、快速性、准确性使得数字化装配协调方式成为了未来发展的趋势,但目前国内数字量传递方式技术上还不够成熟。通过对某型号飞机应急门的装配协调方式进行研究和验证,探索数字量与模拟量相结合在飞机舱门装配中的应用。通过结合实际情况对比分析,选择采用数字量-模拟量的协调方式,在数字量装配的过程中适当引入标准工装辅助完成应急舱门的装配工作。并对比在目前技术水平条件下,数字量传递方式与数字量-模拟量传递方式对舱门装配协调产生的影响,验证了数字量-模拟量协调方式的优化效果,为其他型号飞机或其他舱门的装配协调工作提供参考。

关键词:舱门;数字量传递;模拟量传递;装配技术

中图分类号: V223+.9

文献标识码: A

OSID:



0 引言

制造水平的提高以及计算机技术应用的推广,使得数字化装配已逐渐成为航空制造业发展的方向。数字化装配具备的种种优势正好适应了目前我国航空产品面临精度高、任务重、周期短的特点,也因此,我国民用飞机协调装配技术也逐步由模拟量传递向数字量传递转变,逐步建立起了全机数字化协调装配技术体系^[1]。

数字量的协调装配方法特点在于独立制造,每个零部件之间由独立的偏差要求控制,但飞机整个系统装配十分复杂,飞机的装配协调性与各协调部件之间的约束关系、装配顺序、部件层级密切相关,各项误差累积的结果最终反馈在大部段之间的协调性^[2]。因此,全数字量传递无法直接保障最终对接的协调性,只能通过提高每个独立部件的制造精度来减少后续的误差累积成本。而模拟量传递的优点恰好是直接保障装配协调性,对关键对接要素直接进行控制,特别是应用在大部件之间的装配协调。我国航空业数字化装配发展时间不长,整体制造能

力在国际上也尚未达到先进水平,目前靠全数字量装配实现全机的装配协调存在一定难度^[3],本文在数字量装配的环境下,研究模拟量装配协调方法的引入对某型客机应急舱门装配协调一致性的影响。

1 应急舱门的装配协调要求

某型飞机应急门开门形式为提升外移式,如图1所示,舱门结构为铆接铝合金封闭盒式承力结构,五根横梁由上至下依次排列,每一根横梁方向沿航向、两端布置一组止动接头组件,门体通过“L”形主

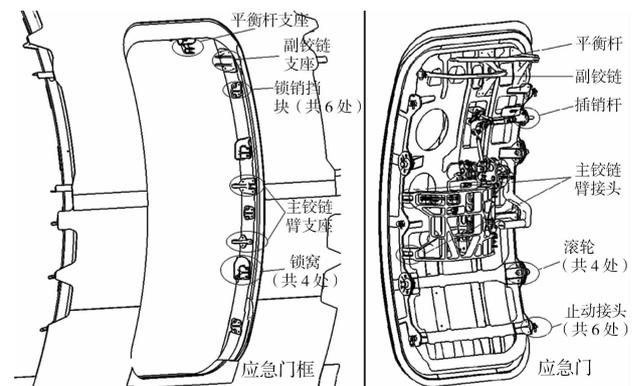


图1 舱门与门框装配协调关系

* 通信作者. E-mail: gavin_chenjw@sina.cn

引用格式: 陈俊文,屈春晖,仓定西. 某型飞机应急舱门装配协调研究[J]. 民用飞机设计与研究,2022(3):128-132. CHEN J W, QU C H, CANG D X. Study on assembly coordination of emergency hatch door of an aircraft[J]. Civil Aircraft Design and Research,2022(3):128-132(in Chinese).

铰链臂以及副铰链、平衡杆与门框相连,门上均匀分布4个滚轮,相应门框上位置固定4个锁窝,锁窝上带有导向槽,通过滚轮在导向槽内的相对位置保证常压状态下舱门与门框的协调关系。

舱门组件装配完成后进行机上安装调试,为保证舱门实现其功能性需求,需满足间隙、阶差、密封性等要求。而上述要求,由舱门与门框的协调来保证,包括铰链臂与支座同轴度位置度、滚轮与锁窝位置度、平衡杆与支座位置度、副铰链臂与支座位置度、止动钉与止动块位置度、插销杆与插销挡块位置度、舱门与门框外蒙皮开口大小、舱门与门框外蒙皮外形轮廓度等。

2 装配协调方法对比

2.1 全数字量传递

数字量传递方法的特点是采用独立制造原则,能够保证产品符合性,工程数据集通过数字量直接传递到产品、工艺装备,可使用数字化标准工装^[4]取代实物标工。相比传统模拟量传递减少了形状、尺寸的传递转换环节^[5],提高了制造准确度,同时也减少了实体标工的制造成本。也正因此,产品的协调性只能通过提高制造的水平来实现。如图2所示,应急门与门框最终的协调性依靠每一个独立环节的制造准确性保证,舱门与门框接口处的协调误差 Δ 为:

$$\begin{cases} \Delta_1 = \Delta_{\text{零件1}} + \Delta_{\text{装配1}} \\ \Delta_2 = \Delta_{\text{零件2}} + \Delta_{\text{装配2}} \\ \Delta = \Delta_1 + \Delta_2 \end{cases} \quad (1)$$

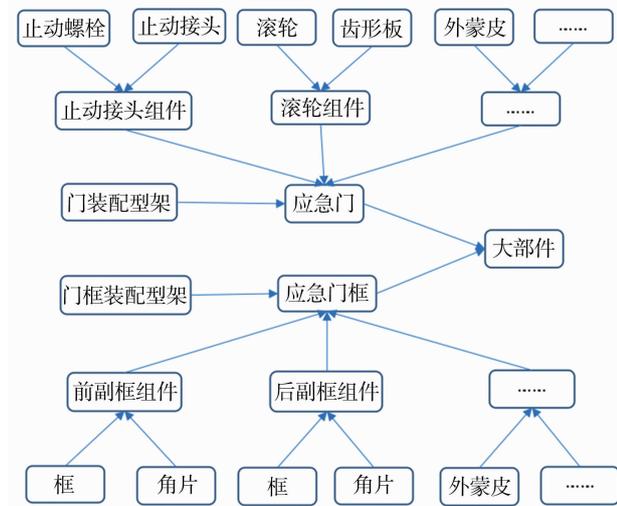


图2 应急门与门框装配公差传递图示

其中, Δ_1 、 Δ_2 分别为舱门、门框的累积误差, $\Delta_{\text{零件1}}$ 、 $\Delta_{\text{零件2}}$ 分别为舱门、门框制造误差累积, $\Delta_{\text{装配1}}$ 、 $\Delta_{\text{装配2}}$ 分别为舱门、门框在接口处的装配误差累积。应急门或者应急门框的零件制造、装配误差,必然会直接体现在最终舱门与门框的协调。舱门与门框对接时的协调误差,等于每一个独立环节的误差之和。

另外,现阶段国内数字化装配协调方式发展时间尚短,缺乏一定的实施经验;相比波音空客等大型飞机制造企业,我国航空制造技术存在一定差距,数字化装配体系也还不够完善^[6]。技术能力达到一定水平后也很难在短时间内有较大突破,为保证装配精度,需提高零组件制造精度,而往往小幅度的质量提升需要投入的是呈指数型增长的成本,这也一定程度上限制了产品协调准确性的提高。

2.2 模拟量传递

传统模拟量传递通过各类标准工艺装备将关键尺寸、装配要素传递给模具以及装配工装,相比数字量传递方法,单个零件的制造精度降低,误差层层累积,导致最终产品准确度大打折扣。且实体标工精度要求比较严格,随之而来的是制造周期长以及制造成本提高^[7]。而产品进行优化时往往会牵动标工的返修或新制,耗费大量人力、物力的同时还影响生产进度。

但模拟量传递的优势在于国内发展时间已久,技术也已比较成熟,目前已经成为我国飞机生产体系中一种最基本的技术模式^[8],各大飞机制造商也都有了较为完善的体系以及大量的技术积累。且模拟量传递的特点在于关联制造,即使单个产品的制造准确不高,最终也可能满足协调准确性要求。因此,模拟量传递方式也具有靠数字量传递无法实现的优势。

2.3 数字量-模拟量传递

数字量传递优势在于保证产品制造准确,而模拟量传递特点在于关联制造。在不同的制造装配阶段合理分配不同的协调方法,能够最大程度地利用各类方法的优势并减少对最终产品的负面影响。舱门、门框独立制造时关键在于保证制造准确度,适合采用数字量协调方法;而门与门框对接时需要保证装配协调性,适合采用模拟量协调方法^[9]。如图3所示,采用数字量-模拟量传递时,舱门与门框接口处的协调误差 Δ' 为:

$$\begin{cases} \Delta'_1 = \Delta_{\text{零件1}} + \Delta_{\text{标工1}} \\ \Delta'_2 = \Delta_{\text{零件2}} + \Delta_{\text{标工2}} \\ \Delta' = \Delta'_1 + \Delta'_2 \end{cases} \quad (2)$$

其中, Δ'_1 、 Δ'_2 分别为舱门、门框的累积误差, $\Delta'_{\text{零件1}}$ 、 $\Delta'_{\text{零件2}}$ 分别为舱门、门框制造误差累积, $\Delta'_{\text{标工1}}$ 、 $\Delta'_{\text{标工2}}$ 分别为舱门标工、门框标工在接口处的误差累积。与数字量传递方法相比, 相对误差 δ 为:

$$\delta = \Delta' - \Delta = (\Delta_{\text{标工1}} + \Delta_{\text{标工2}}) - (\Delta_{\text{装配1}} + \Delta_{\text{装配2}}) \quad (3)$$

由于标工具有很高精度, $\Delta_{\text{标工1}}$ 、 $\Delta_{\text{标工2}}$ 值较小, 而装配误差累积 $\Delta_{\text{装配1}}$ 、 $\Delta_{\text{装配2}}$ 值较大, $\delta < 0$, 因而目前数字量-模拟量传递方式协调精度理论上要优于数字量传递。

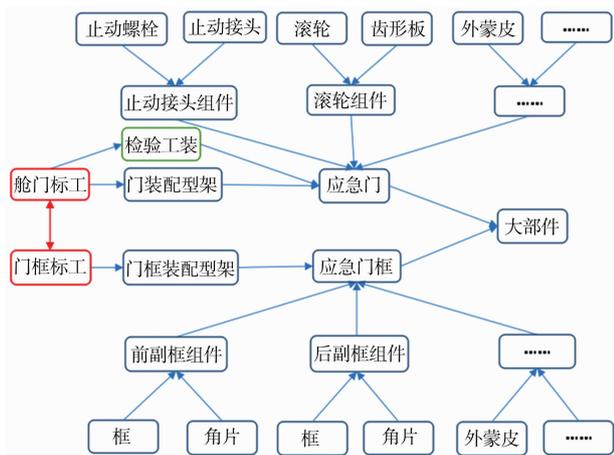


图3 应急门与门框装配公差传递图示(数字量-模拟量)

3 应急舱门的协调方案设计

应急门与应急门框的装配协调是舱门安装的最后一个环节,也是误差积累最大的装配阶段,工艺优化之前该环节频繁出现协调问题。

原先舱门装配协调方案大多按数字量传递方式进行,依据三维数模制造产品、工装零件并进行装配,对于舱门与门框装配的关键协调要素并没有特殊的控制要求。舱门与门框分别独立制造,虽然保证了单个产品各自的准确性,但没有在两者之间建立联系,门与门框接口处误差累积大,协调精度不够,导致后续门装配时与门框不协调。

工艺优化选用数字量-模拟量传递方法,采用数字量协调方式分别进行应急门、应急门框零部件的制造工作。依据三维数模分别制造、装配应急门、应急门框标工,如图4和图5所示,门标工与门框标工

之间相互协调。

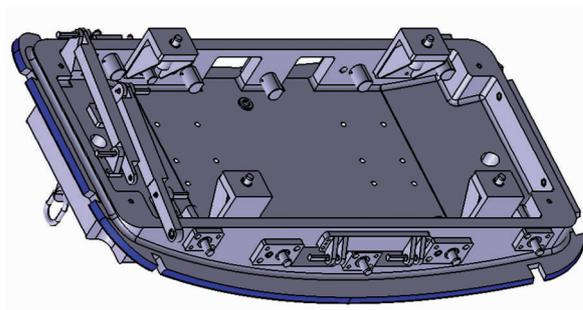


图4 应急门实体标工示意图

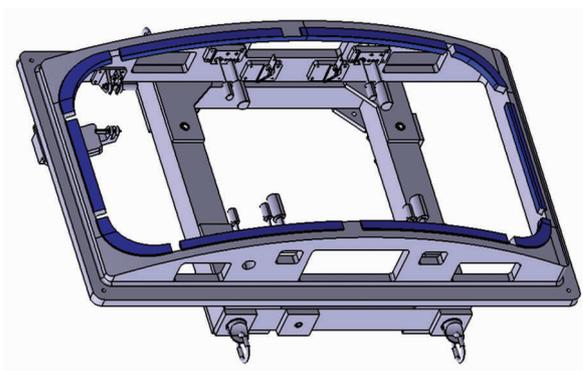


图5 应急门框实体标工示意图

舱门标准量规与门装配型架上主铰链臂、副铰链臂、平衡杆、滚轮、止动接头和插销杆接口处配合。门框标准量规交点、锁销轴线位置按舱门标准量规制造,与门框装配型架上主铰链接头定位部、副铰链接头定位部、平衡杆接头定位部、锁窝定位部、插销挡块定位部相协调。标准量规均带有局部蒙皮外形,保证各交点与飞机外形之间的相互协调^[10],用于协调舱门与门框装配型架上外形卡板。标工部分协调要素如表1所示。

表1 标工部分协调要素

序号	协调要素
1	主铰链接头处交点相对于理论轴线同轴度
2	主铰链接头处衬套端面 Z 向位置度
3	滚轮组件位置度
4	外形轮廓度
5	副铰链接头处交点相对于理论轴线同轴度
6	副铰链接头处衬套端面 Z 向位置度
7	平衡杆接头处交点相对于理论轴线同轴度
8	平衡杆接头处衬套端面 Z 向位置度

协调标工分别对门与门框的装配型架进行返

修,使用改进后的装配型架完成门、门框的装配工作。

4 应急门装配协调验证

舱门完成装配后,对比工艺优化前后的装配协调性。

在同一套检验工装上,以相同的测量要求连续测量55架飞机(编号1-55)应急门阶差、间隙以及开关门等功能。其中,1-29为按数字量传递方式完成装配,30-55为按数字量-模拟量方式完成装配,统计单架机产生偏差问题数,如图6所示。

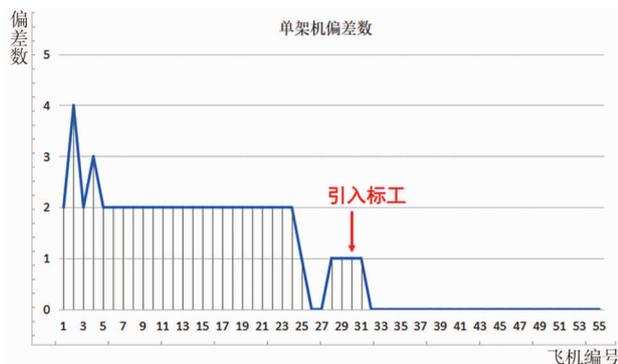


图6 单架次飞机应急门偏差问题数

根据统计结果,引入实体标工之前,几乎每架份飞机应急门均存在装配协调问题,影响舱门与门框的对接;而通过实体标工协调后,后续架次已不再产生偏离。由此验证,实体标工的引入改善了舱门的装配协调性。

5 结论

从长远来看,随着制造水平的提高和关键技术的突破,数字化装配协调方法是未来发展的必然趋势。但我国尚处于模拟量传递向数字量传递过渡的时期,仍需要一定时间的技术沉淀和经验积累。在当前阶段一味追求数字化往往难以达到预期效果。本文通过研究在某型号飞机应急门数字化装配形式中,适当地对关键协调要素引入模拟量传递方法,通

过实体标工在舱门装配与门框装配之间建立了联系关系,尝试了数字量与模拟量结合的新方式,找到了一种更适用于现阶段生产水平的装配协调方法;经过多架次飞机实际生产的验证,表明了该种新方法使得舱门的装配协调性得到了一定的提高。

参考文献:

- [1] 唐水龙,卢鹤. 飞机装配数字化协调与模拟量协调的对比分析[J]. 航空制造技术,2012(10):26-29.
- [2] 郭飞燕,邹方,李志欣,等. 飞机数字量装配协调控制方法研究[C]//第八届中国航空学会青年科技论坛. 北京:中航出版传媒有限责任公司,2018.
- [3] 薛翔,张彤阳. 现代飞机装配工艺及展望[J]. 现代制造技术与装备,2018(10):184-185.
- [4] 刘志存,孟飙,范玉青. 飞机制造中数字化标准工装的定义与应用[J]. 计算机集成制造系统,2007,13(9):1852-1858.
- [5] 周秋忠,范玉青. 基于数字标工模型的飞机数字化协调方法[J]. 计算机集成制造系统,2008,14(4):683-689.
- [6] 刘善国,李晶,程志军. 航空制造技术学科发展报告:中国航空学会[C]. 北京:中国科学技术出版社,2014.
- [7] 冯新明,张因. 数字化技术在新支线项目研制中的应用[J]. 航空制造技术,2006(10):56-60.
- [8] 王建华. 探索中国飞机制造装备技术的发展道路[J]. 航空精密制造技术,2010,46(1):2-4.
- [9] 洪海. 干线飞机研制中的工艺装备协调[J]. 航空制造技术,2002,(1):44-46;60.
- [10] 张克明. 飞机生产中产生不协调问题的原因及解决办法[J]. 南京航空航天大学学报,1995(2):221-228.

作者简介

陈俊文 男,学士,助理工程师。主要研究方向:机身装配工艺。E-mail: gavin_chenjw@sina.cn

屈春晖 男,学士,工程师。主要研究方向:机身装配工艺。E-mail: quchunhui@comac.cc

仓定西 男,学士,工程师。主要研究方向:机身装配工艺。E-mail: cangdingxi@comac.cc

Study on assembly coordination of emergency hatch door of an aircraft

CHEN Junwen * QU Chunhui CANG Dingxi

(Shanghai Aircraft Manufacturing Co. , Ltd, Shanghai 201324, China)

Abstract: With the development of industry level and science and technology, aircraft manufacturing and assembly have gradually changed from analog to digital transfer. Due to the flexibility, rapidness and accuracy brought by high digitalization, digital assembly coordination has become the trend of future development. However, the technology of digital quantity transmission in China is not mature enough at present. This paper explores the application of combining digital quantity and analog quantity in aircraft door assembly by studying and verifying the assembly and coordination method of an aircraft emergency door. According to the comparison and analysis of the actual situation, the digital-analog quantity coordination method was chosen, and the standard tooling was introduced to assist the assembly of the emergency hatch door. In addition, the influence of digital quantity transfer mode and digital-analog quantity transfer mode on door assembly and coordination was compared under the current technological level, and the optimization effect of digital-analog quantity coordination mode was verified, which provides reference for the assembly and coordination work of other aircraft or other doors.

Keywords: hatch door; digital transfer; analog transfer; assembly technology

* Corresponding author. E-mail: gavin_chenjw@sina.cn