

航空发动机装配数字化关键技术分析

孙沐昕

中国航发沈阳黎明航空发动机有限责任公司 辽宁沈阳 110042

摘要: 经济全球化发展,进一步加剧了我国与世界各国之间的贸易往来,而飞机作为现阶段最重要的运输工具之一,其运行状态与质量能够直接影响到航空运输的效率以及机组人员的生命安全。航空运输事业的发展与航空发动机装配技术水平的高低具有直接的关联,而数字化技术与航空发动机装配技术的有机结合,更是大幅度地推动了航空事业的发展。基于此,本文对航空发动机装配技术开展深入分析,研究了传统发动机装配技术之中的不足之处,阐述了数字化关键技术 在发动机装配中的应用。

关键词: 装配工艺;航空事业;发动机装配;数字化技术;虚拟装配

引言

发动机的稳定性、使用周期以及性能等方面质量水平的高低,很大程度上需要依赖于其装配工艺质量以及技术水平。数字化装配技术在航空发动机装配环节的普及应用,不仅全然性地改变了传统装配环节的作业方式,同时也加强了发动机的生产效率以及装配质量。全面数字化装配工艺是航空发动机装配环节必然发展趋势,故而只有加强对数字化技术的认知与了解,依照数字化时代的发展需求,摒弃传统装配工序,才能够持续性地提升航空发动机的装配效率与运行效果,全力推动我国航空事业的发展。

1. 航空发动机装配技术概述

一台航空发动机系统的构成,往往需要成千上万的零散部件以及相关单元体、系统附件、成品构件等。所谓的装配流程,即为根据设计图纸以及安装流程,依次将质检合格的零部件、组件、单元体等进行组合,最终使其构成发动机整机的装配过程。航空发动机装配工序具有一定的复杂性,其工艺流程可以粗浅地归纳为初次装配—试车—拆解检查—故障排除—二次装配—二次试车等一系列作业环节^[1]。

现阶段,我国自主生产的部分航空发动机组件,如涡轮、转子部件等,都需要在实际的总装配环节中完成其各项参数与性能的调整。受制于我国航空发动机设计理念、制造技术水平等方面的不足,导致实际生产出的零部件并不具备足够的互换性,必须经过事先选配与调整后才能够基本满足总装的技术要求。由此需要相关技术机构加强对数字化技术的关注与引入,进而借助数字化技术与装配工艺流程的有机结合,有效摒除传统装配技术的不足,落实装配环节的高效率、高质量作业。

2. 传统发动机装配技术层面上的不足

基于成本与人工工作量层面出发,可以发现航空发动机装配环节的成本约占整体发动机生产成本的40%,而装配技术人员的工作量占据整体生产工作量的半数以上。可以见得,装配工作环节的质量水准能够直接影响到发动机整体生产环节的工作效率。传统航空发动机装配模式存在较大弊端,致使航空发动机装配各环节的整体质量、效率水平、成本等皆无法获得保障。一方面,传统航空发动机装配工作的极度依赖人工,而技术人员工作态度、工作技能等方面的不足便极易催生如装配错误、机组误装、机组漏装等问题;另一方面,尽管人工组装环节存在一定的优势,但其仍旧无法与先进的数字化技术相媲美。故而人工装配在作业效率、作业质量、作业成本等方面都会为发动机生产、装配企业的进步与发展造成一定负担^[2]。为提升航空发动机装配作业的质量水平与效率,同时也是为了促进相关企业与技术人员获得更好的经济收益,应加强对航空发动机数字化装配技术的研究,促进装配作业的持续进步。

3. 航空发动机装配关键技术^[3-5]

3.1 虚拟装配技术

虚拟装配技术是虚拟制造的基础,该技术可以在获取到相关产品信息以及产品装配工艺信息后,完成自动化、数字化的仿真装配流程模拟,同时呈现出直观可视化的交互模型环境,进而帮助相关工作人员加强对装配工艺的了解与控制,落实高质量的装配作业。利用虚拟装配技术,能够有效验证装配设计方案以及装配操作流程的准确性,待发现装配问题后,得以及时修改。虚拟装配技术同时具有一定的灵活性特征,操作人员可以依照其需求,个性化调整系统中的各项参数序列,以演化

出多样化的装配效果。

3.1.1 虚拟装配系统结构的建立

所谓的虚拟装配系统,是以虚拟现实技术为基础的一套软硬件集成系统,具有指导产品设计以及指导产品实际装配的作用。基于CAD系统所构建的虚拟装配环境,可依照相关参数自动、半自动生成各类型几何模型以及发动机零件。相关技术人员可利用虚拟外置设备以及声音识别、手势识别等交互技术对虚拟环境中的装配过程进行干预。虚拟装配系统中包含有坐标变化、形变趋向、以及碰撞检查等多种虚拟计算技术,能够多维度、多细节地开展仿真模型自动生成算法。

该系统可生成输出待装配产品模型、装配痕迹、影响因素、工艺模拟动画、最佳零件装配顺序等多种文件。其中装配工艺流程、装配工艺动画等可用于对发动机装配技术人员的教学与培训,影响因素、装配痕迹等有助于技术人员对实际装配工艺设计方案的推敲。

3.1.2 装配模型建模技术

装配模型建模技术可以对待装配产品进行三维数字化设计,同时能够将相关设计模型转进行二次轻量化处理,进而能够推敲出不同构件、组件之间的聚合关系与结构可行性。通过对作业装备、装配工具以及装配零件等的建模处理,同时设计出与装配工艺相对应的规则设定。通过规则约束仿真装配流程的稳定性,以时序关系的建设凸显对交互流程、交互效果的映射,以此推演出整体性的装配模型。装配模型建模技术赋予了模拟装配作业极大的灵活性,并且进一步落实装配系统的标准化、时序化作业,可以有效降低相关技术人员的操作难度。

3.1.3 仿真化装配流程技术

仿真装配流程即为对实际装配工作的数字化模拟,具有为实际工作提供参考、预先排查装配故障的优势。该技术功能主要包含如下两方面内容:

其一,是基于装配零件的实际规模参数等推演发动机的装配可行性。该功能可以帮助相关技术人员以更直观的方式加强对装配工作的了解,以便其能够及时发现装配流程中的实际问题,进而有针对性地优化其工作设计。同时,该功能可以对实际装配工作进行科学性的验证,以发动机装配实际需求探寻装配工作可行性。

其二,利用公差分析技术,对装配零件尺寸精准度、敏感度等装配精度进行计算与分析。该功能可以在产品的设计阶段对产品的装配精度进行分析与验证,同时能够主动验证装配过程中各种工具对零部件质量、性能等的干预,并依照实际需求生成质量改进方案。

3.2 装配工艺可视化技术

相关技术人员须依照装配工艺设计方案之中的各项参数、标注要求进行装配。传统装配环境中所提供的设计方案大多是“文字+结构简图”的形式,只能简单地阐述笼统性地装配过工艺流程以及装配标准,而无法对技术人员的实际工作提供更多参考。尽管这种传统的工艺设计方案具有方便查看的优势,但是不能为技术人员提供实时的技术指导与细节操作指导,故而需要及时革新。相反的,装配工艺的可视化技术能够直观性地为技术人员呈现零部件的装配流程以及对应的操作技巧、操作误区等信息,可以达成实时监督技术人员装配行为,提供指导的目标。

想要落实可视化的装配工艺,可参考如下内容:首先,应加强对工艺流程信息的录入,须相关技术人员先将装配工艺文字信息、相关二维三维模型等录入至指定系统之中。同时应辅以装配演示动画,意在装配技术人员的作业进行实时指导。其次,应设置一定的提示与警告机制。可以是装配技术人员在既往装配工作中总结出的技术难点与常见问题,也可以是不同工艺之间的衔接处理提醒等。

3.3 航空发动机装配工艺流程数字化柔性设计

3.3.1 实体建模技术

该技术即为对发动机装配产品进行三维化建模处理,同时根据相关技术人员在系统中输入的装配产品尺寸参数进行计算,进而有效分析出不同尺寸装配产品的灵敏度,以计算出关键性尺寸数据。该技术在开展实体建模的过程中,能够以较快的速度获取整体构件的关键尺寸以及各个细小零件的关键尺寸,可以有效降低工作人员在实际装配环节的工作误差,不仅能够提升装配工作的精准度,保障工作质量,同时能够减轻装配工作人员的工作负担,构建高效且轻松的装配机制。

3.3.2 工艺流程技术设计

根据航空发动机装配工艺的普遍特征,可初步完成对其工艺流程的设计,具体可参考下文内容:

①由工作人员在系统交互界面中输入产品整体需求以及零部件特征等数据信息,系统在储存相关信息的同时,自动生成数字化工艺设计方案。

②依照发动机装配产品参数、装配标准、坐标定位等推演出自动化装配流程,构建仿真装配环境。同时生成防碰撞路径、拆装顺序轨迹等内容,以为后期的实际装配工作提供参考。

③基于上述内容构建可视化装配建模,随后进入个

性化装配工艺调整环节,进一步完成对零部件之间装配关系的分析、对装配工艺准确性、方便性的分析。

④利用公差分析技术系统,建立公差分析计算环境,对零部件尺寸,尺寸敏感性等进行计算与分析,进一步推敲整体装配工艺流程的可行性。完成故障监测、排查后,生成可视化装配工艺指导书、技术报表、BOM工艺文件等。

⑤结合相关数据信息建立航空发动机装配工艺流程的数字化三维模型、构件标准参数等内容的资料库,有利于相关内容的循环使用,以及模型的直接调取,实现即时模拟、快速设计、快速装配的作业方式。

3.3.3 以形位公差为基础的装配容差技术分析

本技术是指利用系统计算功能,能够对含有构件容差与装配整体容差的产品装配模型开展计算与分析。例如,在不考虑零件表面圆滑度、粗糙度等影响下,将两个零件配合装配,直至完全贴合。当其中一个零件表面不够光滑、存有误差时,其与另一个零件之间的接触即为点与面的接触,因而需要针对这一零件容器的选择进行个性化与特殊化处理^[6]。相关技术人员应该要依照不同零部件的实际特点落实装配作业的容器选择工作,由此才能够最大程度地保障装配作业的有效性。

4. 航空发动机装配制造数字化展望

数字化装配技术不同于传统的人工装配,它是一项更具复杂性、系统性与时代性的工作。数字化装配作业不仅需要相关的工作人员具有极强的装配技巧以及一定的作业经验,同时还需要其能够熟练掌握数字化技术的应用能力以及具备终身学习、持续进步的工作素养。现阶段,我国的数字化装配作业受制于技术、人工等方面的不足,始终没有达到全自动的作业水准^[7]。故而,基于装配人员层面出发,须针对性地加强其装配技能,以保障半自动化装配作业的稳定性与质量。基于数字化技术层面,需要相关技术人员能够结合不同型号航空发电机的实际需求有针对性地为其配置、开发相应的数字化技术。同时还应积极研究装配工艺,科学性地应用装配工艺开展实践工作,依托于新时代信息技术的升级,进

一步推动数字化装配技术的成熟发展,助力于航空事业的稳定进步。

5. 结束语

总而言之,数字化装配技术可以有效保障航空发动机装配环节的作业质量以及生产效率,对我机组人员生命安全的保障以及整体航空事业的发展亦有一定的积极影响。但受制于技术水平的发展进程,使得现阶段的数字化技术仍无法全然性地满足航空发动机装配环节的全部需求,因而需要相关技术人员充分发挥其工作职能,持续性地优化数字化装配技术,在促进数字化装配技术快速发展的基础上,落实数字化技术与装配工艺的有机结合,仅望本文能够为相关技术人员提供一定工作灵感。

参考文献:

- [1]夏存江,詹于游. 航空发动机数据驱动法气路故障诊断研究进展[J]. 科学技术与工程,2022,22(05):1741-1750.
- [2]刘兴松,王坤东,巩哲. 航空发动机及测试技术研究进展[J]. 自动化与仪器仪表,2022,(01):1-6.
- [3]李勇,马震宇,韩非非,马遥力,单晨晨. 航空发动机控制系统课程虚拟仿真实验教学平台建设建议与研究[J]. 高教学刊,2022,8(01):5-8.
- [4]沈伟. 航空发动机机械系统技术的探讨[J]. 内燃机与配件,2022,(01):68-70.
- [5]郝宇. 航空发动机自动化安装检测和定位算法研究[D]. 北京交通大学,2021.
- [6]高鸽,张晗,王海宁,郭桃都. 航空发动机精益装配线探讨[J]. 航空动力,2020,(01):32-34.
- [7]孙惠斌,颜建兴,魏小红,常智勇. 数字孪生驱动的航空发动机装配技术[J]. 中国机械工程,2020,31(07):833-841.

作者简介:孙沐昕(1989.06-),男,汉族,辽宁沈阳人,工学学士,中国航发黎明发动机装配厂技术管理室副主任,研究方向:航空发动机装配技术。