

浅析数字化柔性装配生产线的建设方法与管理策略

Analysis of the Construction Method and Management Strategy of Digital Flexible Assembly Line

徐鹤洋 刘东

Heyang Xu Dong Liu

中国运载火箭技术研究院 中国·北京 100076

China Academy of Launch Vehicle Technology, Beijing, 100076, China

摘要: 制造业的快速发展给航空航天领域带来了新的发展机遇, 要持续加速推进制造强国的建设, 并加速推进高端制造业的发展, 大力发展智能数字化生产线, 推动新一代信息技术与制造业的深度融合, 实现制造业从大到强的历史性飞跃。在航天产品柔性装配生产线中, 采用了多种技术, 而数字化技术则是这些技术的核心, 这种技术能通过各种手段, 使得生产线能够以很小的代价应对产品的变更, 并能使航天产品的设计自动重新组合, 并在此基础上, 建立相应的模组, 以实现软件的数字化、自动化, 此系统的最大优势在于, 可避免或减少零件的使用, 可有效地提高航天产品模具的制造质量与效率。论文主要对数字化柔性装配生产线关键技术和现状加以分析, 进一步对其建设方法和应用进行一系列的探讨, 并提出了一些优化管理措施, 旨在确保航天数字化柔性装配生产线得到进一步发展。

Abstract: The rapid development of manufacturing aerospace has brought new opportunities for development, to continue to accelerate the construction of manufacturing power, and accelerate the development of high-end manufacturing, vigorously develop intelligent digital production line, promote a new generation of information technology and the depth of the manufacturing fusion, manufacturing historic leap from big to strong. In aerospace products flexible assembly line, using a variety of technologies, and digital technology is the core of these technology, this technology can through various means, make the production line to cope with product changes, and can make the space product design automatically recombination, and on this basis, establish the corresponding module, to realize the software digitization, automation, the biggest advantage of the system is that can avoid or reduce the use of parts, can effectively improve the quality of aerospace products mold manufacturing and efficiency. This paper mainly analyzes the key technology and current situation of the digital flexible assembly line, further discusses its construction method and application, and puts forward some optimization management measures, aiming to ensure the further development of the aerospace digital flexible assembly line.

关键词: 数字化; 柔性装配生产线; 建设方法; 应用

Keywords: digitization; flexible assembly line; construction method; application

DOI: 10.12346/etr.v5i5.8074

1 引言

航天装备制造作为中国航天科技工业体系的坚强基石和核心能力, 是中国航天可持续发展的基础, 先进的工艺技术和制造能力是确保各项科研生产任务顺利完成的重要保障。

航天产品一般由多个零部件组成, 其结构十分复杂, 由于航天零部件的体积较大、刚性较小, 在装配时极易发生变

形。另外, 航天产品需要大量的相互配合的零部件, 并有较高的装配精度, 为确保产品的精确性和一致性, 必须采用数字化柔性装配生产线, 实现工艺优化、资源整合和生产组织优化。航天制造业应该跟上数字化转型的趋势, 积极运用新一代信息技术, 从实际问题入手, 逐步开展数字化柔性装配生产线的系统建设, 实施创新驱动发展战略, 实现产业转型。

【作者简介】徐鹤洋(1987-), 男, 中国北京人, 硕士, 工程师, 从事先进制造研究。

2 数字化柔性装配生产线概述

传统的航天产品装配方式为手动制孔连接、基于模拟量传递的交互协调检查等进行生产。随着信息化技术的不断进步,数字化技术已被广泛运用于现代航天产品的生产过程,航天产品装配技术得到了快速的发展,数字化柔性装配已经成为一种新型的航天产品装配模式。数字化柔性装配生产线是航天产品装配的重要组成部分,由软件和硬件两部分构成,包括以先进的数控钻铆接系统为代表的自动连接装置,以激光跟踪仪为代表的数字化检测设备,以MES为代表的生产管控系统。该生产线采用数字装配数据与数控程序相结合的方式实现了航天产品的自动装配。目前,数字化柔性装配生产线是人工和机械的有效组合,它把生产过程中的输送系统、夹具、检测设备等有机地组合在一起,以最大程度提升生产资源的利用率和效率。航天产品的多型号和小批量的生产特征决定了航天产品的装配生产线必须具备一定的灵活性,以适应不同种类产品的装配需求,因此,在同一生产线上,既可用于同一型号、同一批次的航天产品的装配,又可用于同一型号的航天产品的改进改型,以满足装配生产线上的产品的产量需求^[1]。

3 数字化柔性装配生产线的重要性

新一代航天产品需要长期、可靠、低成本的高速发展,迫切需要采用数字化柔性装配生产线。数字化柔性装配生产线的重要性主要体现在以下几个方面:①发展并使用数字化柔性装配生产线,是当今航天产品制造技术的发展方向。柔性装配线的开发与应用,将极大地提升装配质量与效率,成为现代航天工业发展的重要特征。②发展数字化柔性装配生产线,推动数字化柔性装配技术的应用,是满足下一代航天产品长寿命、高可靠性等方面的迫切需求。③发展数字化柔性装配生产线,有利于构建航天产品多系统测试平台与综合检验体系,构建基于数字化装配模式的航天产品装配质量保障与检验新机制,将解决目前检测方式单一、不能实现动态检测、手工记录、与产品设计相脱离、难以保证高精度等问题。④开发数字化柔性装配生产线,积极推动信息化平台的建设,能够解决信息孤岛问题,使产品设计、工艺、装配、检验等各环节的现场管理信息得到整合,提升企业的信息化管理。⑤发展数字化柔性装配生产线,构建装配平台,实现新产品快速试制,为国家高科技武器装备升级提供快速响应能力,可有效地缩短制造准备时间,降低制造费用,提升生产效率。

4 数字化柔性装配生产线发展现状

与国际先进水平相比较,中国航天产品柔性装配线的研发与应用还存在着一些差距,其原因是:已有的产品设计模式与产品特性未充分考虑装备柔性装配线的应用需求,无法适应装备柔性装配线的发展需求;数字化装配技术和管理

方法缺少系统研究和应用,传统的设计方法还只是基于二维的加工设计与装配,还不能很好地与数字产品设计相结合;设计周期长,返工多,需要物理验证,效果不理想,不能适应可视化的柔性装配生产线发展需求。同时,对柔性装配生产线的检测大多采用专用工装、标准量具等仿真仪器,检测效率低、精度低,不能满足对柔性装配线的快速、精确检测与在线检测的需求。此外,在装配生产线平台集成应用技术、配套装备等方面存在不足,导致数字化柔性装配生产线发展迟缓^[2]。

5 数字化柔性装配生产线关键技术

5.1 结构优化设计技术

就柔性装配而言,它是一套包含多个可重构的模块化单元,每一个模块都有各自独特的功能。将一般模块化单位转换成标准模块化单位后,仅需要对特殊模块化单位进行设计,就可以达到快速设计模具的目的。相对于传统的刚性工装,柔性装配在结构上更为复杂,以达到柔性功能。为确保位置的精度,对结构的强度、刚度及稳定性提出了更高的要求。结构优化设计技术具体研究内容包括:轻量化的工装骨架结构优化与刚度校核与变形分析,动态模块应用条件下的变形分析,模块单元结构优化等。

5.2 集成控制技术

数字化柔性装配的位置更为准确,比以前有了很大的改变。如果要进行精密定位,要依靠控制系统来驱动伺服电机来完成精密定位。在设计过程中,要充分考虑测试系统的反馈信息,并与控制指令相结合,提出了一种基于动态定位的重构方法。在航天产品总装中,要对各类运动零件进行精确的定位与固定,就必须要有有一套先进的柔性装配控制系统来支持。所以,对集成控制技术的研究是非常必要的,单纯依靠单一的装置来完成航天产品的柔性装配是非常困难的,为了发挥柔性装配技术优势,还必须与数字化测量系统、伺服控制系统、辅助软件系统等相结合,集成化是柔性装配的主要特点,为了更好的实施,需要对集成控制技术进行深入研究^[3]。

6 数字化柔性装配生产线的建设分析

专业化生产线的构建是一个系统工程,从宏观上看,它可以划分为两个主线:一是以过程为主线的过程技术链,二是将加工技术集中在运行主线上。通过建立产品生命周期、企业业务流程、行业价值链等技术能力架构,以突破虚拟和现实技术相结合的技术障碍。以“改善已知+创造未知+需求驱动”为核心思想,聚焦生产流程,通过对生产过程中的装配要求、系统集成、技术研发、运营支撑等方面的研究,形成一套新型的数字化柔性装配生产线。一方面,充分运用现有的软件工具和重要的工艺设备,充分发挥现有的生产资源优势,最大化的提升软件工具的使用效率,减少模型中的

技术风险,提升企业的总体制造能力。另一方面,转变研究开发方式,建立研发系统环境,在此基础上,提出系统设计方案,通过对生产流程的控制,实现生产线的柔性化。

航天产品的柔性装配,可弥补传统人工装配的缺陷,降低人工成本,缩短装配周期,对推动中国航天工业的快速发展具有重要意义。此外,数字化柔性装配生产线的建设中构建一个企业级的综合管控模型,积极推进信息技术和管理模式之间的相互融合,利用管理信息平台对管理模式的转变路径进行固化和追踪,以管理模式的发展需要为导向,持续地对信息技术能力进行优化和提升,从而可以有效促进装配生产线的运行效率。

7 建设数字化柔性装配生产线的管理策略

7.1 规范数字化设计标准

随着数字技术的发展,航天设备的发展状态、模式和方式都发生了改变,这就要求航天产品生产线的设计水平要不断进行提高。以传统航天装备的设计与制造特性为基础的各类标准,其在实际应用中必然会受到一定的限制,必须针对其设计与制造特性进行相应的调整与修正。以此为依据,通过对航天产品设计、制造、数据模型建立等方面的经验的总结,可以在数字化设计标准的基础上,强化设计规范和要求的制定,并将其与航天产品的数字化设计流程相结合,在此基础上,利用国际先进的技术手段,对中国航天产品的设计成果进行系统的分析和研究,为航天产品的数字化柔性装配生产线的建设提供有力的支持^[4]。

7.2 强化关键技术的应用

在数字化条件下,要使航天产品柔性装配生产线建设得以成功地进行,必须有相应的技术支撑。因此,在进行管理改革的过程中,必须加强对数字化管理技术的研究。具体包括:对装配生产线建设中可能出现的一些问题,如生产状态控制,生产过程控制,合格产品检验控制等进行有关的质量控制技术的研究。只有将质量控制流程与生产流程有机地结合起来,才能有效地提升航天产品柔性装配生产线的总体质量。针对数字化环境下航天产品研发过程中的协同操作特征,强化质量信息收集技术,保证信息来源准确、内容丰富、类型齐全,为航天产品柔性装配生产线建设的质量管理提供充足的信息依据。

7.3 实施精细化审查

数字化环境下,航天产品装配生产线的管理必须具备全过程、全方位、动态性、精细化等特征,才能保证设计与生产过程中各环节的有效融合。在这个过程中,要根据航天产品研发特征,构建研发过程中出现的质量问题应急响应机制,从制度、技术、评审、组织等多个层面对研发过程中出现的质量问题进行有效的控制^[5]。最后,以航天产品的设计需求、技术管理标准和质量控制标准为基础,以先进的科学技术为支撑,将质量审查表集成到航天产品数字化柔性装配生产线的建设中,提升对航天产品的精细化审查能力^[6]。

7.4 提升人员管理能力

随着数字化柔性装配生产线的建设,需要更高层次的控制技术,因此,品质控制工作的组织与执行,需要更多的专业人才。在强化创新的同时,应重视机构改革与队伍建设,提高企业的综合管理水平。

8 结语

通过建立一套完整的数字化柔性装配技术体系,并对软硬件的设计、制造与应用进行系统的理论与技术指导,从而提升航天产品的数字化柔性装配技术水平,并扩大其应用范围,不断地进行技术研究和开发,并加强相应的管理标准,确保数字化柔性装配生产线的高质量运行,促进航天产品总装数字化和自动化的全面发展。

参考文献

- [1] 严胜利,李俊泓,李浩,等.数字化系统在数控设备自动化生产线中的应用[J].科技创新与应用,2022,212(33):165-168.
- [2] 曹永乐,桑庆宏,黄汕,等.信息化、自动化、精益化伺服装配调生产线的实践[J].航天工业管理,2022(9):54-58.
- [3] 严金凤.飞机总装脉动生产线数字化仿真与优化关键技术[J].航天制造技术,2020,63(20):54-60.
- [4] 陈巍,康楠,史磊,等.航天电子数字化微组装生产线物联网应用技术[J].制造业自动化,2020,42(9):5-8.
- [5] 任燕,许辉.基于柔性生产线的数字化工厂系统搭建[J].现代制造技术与装备,2021,57(2):81-82.
- [6] 鄢泳,成翊琳,罗子相,等.脉动式柔性生产线在载运车装配中的应用研究[J].新技术新工艺,2021(12):29-33.