

Research on Digital Assembly Technology of Hydraulic Valves

Qiang Zhou^{1,2} Le Chang² Jiabin Wang² Jinlong Huang²

1. Northwestern Polytechnical University, Xi'an, Shaanxi, 710072, China

2. Tianjin Institute of Navigation Instruments, Tianjin, 300131, China

Abstract

This study is based on the theory and advantages of digital twins. By modeling key links in the real production process, all BOM files are visualized, reasonable assembly process rules are formulated, structured processes are created, relevant resource assignments are clarified, and the entire assembly process is visualized to achieve one-to-one correspondence between real production and virtual production. Data synchronization is carried out to achieve real-time linkage between the two, aiming to improve the assembly efficiency and quality of products.

Keywords

digital twin; hydraulic valve; visual assembly

液压阀数字化装配技术研究

周强^{1,2} 常乐² 王嘉彬² 黄金龙²

1. 西北工业大学, 中国·陕西 西安 710072

2. 天津航海仪器研究所, 中国·天津 300131

摘要

本研究基于数字孪生的理论和优势,通过对真实生产过程的关键环节进行建模,实现所有的BOM文件可视化,制定合理装配工艺规则,创建结构化工艺,明确相关资源指派,完成装配全流程可视化,以实现真实生产和虚拟生产的一一对应,进行数据同步,完成两者的实时联动,旨在提高产品的装配效率和装配质量。

关键词

数字孪生; 液压阀; 可视化装配

1 引言

随着“中国制造2025”战略的推进,越来越多的国内外学者对数字孪生技术和应用开展了探索与讨论。数字孪生(digital twin,DT)俗称“数字双胞胎”^[1],后经 GLAESSGEN 等^[2]完善,可概括为:数字孪生是以数字化方式创建物理实体的虚拟模型,借助数据再现物理实体在真实环境中的行为,通过虚实交互反馈、数据融合分析等手段,辅助、提升人们认识物理实体。

在液压系统中,液压阀是用来控制系统中油液流动方向,调节系统压力和流量的控制元件。关键件包括阀体和阀芯,两者通过间隙配合形成一组配合副,保障在一定的压力下以实现密封要求。配合副的装配间隙是影响液压系统性能和安全的重要因素,也是电液比例阀装配质量控制的重要指

标。原有的以操作人员装配经验为主的装配工艺管理模式不再适应现阶段的生产需要。需要采用新技术来缩短产品的装配时间,降低生产成本。从而逐步实现企业数字化技术在生产管理广泛应用,实现企业的精细化管理。

本研究以现有液压阀装配过程为物理模型,基于数字孪生的理论和优势,尝试探讨建立高精度液压阀装配过程控制虚拟模型。利用企业现有的信息化平台,对每个生产车间的信息终端进行升级,通过对真实生产过程的关键环节进行建模,以实现真实生产和虚拟生产的一一对应,进行数据同步,完成两者的实时联动,旨在提高产品的装配效率和装配质量。

2 数字孪生理论

数字孪生技术应用需要具备物理空间的物理产品、虚拟世界的虚拟产品以及连接虚拟产品与物理产品的数据和信息3要素。陶飞等^[3]在早期数字孪生物理、虚拟和数据三维模型中增加了孪生连接和服务两个维度,丰富了模型

【作者简介】周强(1979-),男,中国陕西西安人,博士,高级工程师,从事精密仪器的研发和生产研究。

内涵,提出了数字孪生五维模型,五维模型中的5个维度分别指物理实体(PE)、虚拟实体(VE)、服务(Ss)、孪生数据(DD)和连接(CN),每两部之间均可建立连接,确保系统在运行时的合理性和稳定性。数字孪生五维模型结构如图1所示。靳江艳等^[4]用数字孪生技术的相关技术理念,构建基于数字孪生的装配过程模型,综合考虑各种构成元素,以可视化装配工艺指令指导实际装配过程,实现信息交互与反馈。国内多位学者以实际的生产过程为蓝本,于数字孪生的复杂产品装配工艺模型动态构建方法,最后将所提方法应用于实例分析,验证了方法的可行性[5]。

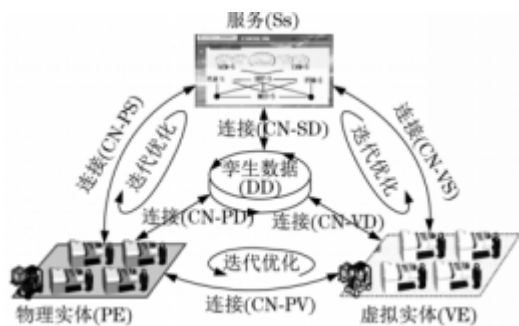


图1 数字孪生五维概念模型

3 数字装配技术

数字化智能制造就是指制造领域的数字化,以设计为中心数字化设计,以控制为中心的数字化制造技术,以管理为中心的数字化装配技术。装配作为产品研制过程中精度控制的最后的保障环节,在实际生产中通产占据平均45%的工作量。数字装配技术是数字制造技术的关键组成部分,通过人机工程,帮助工作人员在不利用制造实物的情况下,利用数字仿真技术和虚拟技术相互结合,进行碰撞检查,干涉分析,及时发现产品设计与工艺过程可能出现的错误和缺陷,提前预测产品装配中遇到的各种问题,提高装配工艺流程的合理性,显示数据可视化效果,实现机械设备数字化装配。

3.1 数字化装配的优势

数字化装配利用先进的技术和系统,减少人为错误和不一致性。通过自动化设备、机器人和传感器技术,可以实现精确的装配操作,提高装配的准确性和一致性。数字化装配采用自动化和智能化的方式,可以大大提高装配效率。自动化设备和机器人可以执行快速而精确的装配任务,节省时间和人力成本。同时,数字化装配系统提供实时数据和反馈,帮助操作人员快速发现问题和解决问题,提高整体装配效率。数字化装配系统集成了质量控制和自动检测功能。通过传感器和检测设备,可以实时监控装配过程中的关键参数,并自动检测装配中的缺陷和错误。有助于及时发现问题并采取纠正措施,提高装配质量。数字化装配系统收集和分析装配过程中的数据,帮助优化装配流程。通过分析数据,

可以发现潜在的问题、改进装配流程,并优化零部件选择和不仅,从而提高装配质量和效率。数字化装配可以实时监控装配过程中的关键参数,并提供实时监控和反馈,这使得操作人员能够快速发现和纠正装配中的问题,提高质量控制和及时调整。

3.2 数字化装配关键技术

3.2.1 数字化装配工艺设计

数字化工艺的设计是以数和对象为基础,以BOM和工艺流程维牵引,将各类工艺资源进行对象化管理,结构化关联和存储,并利用数据约束现场的生产和质量检验,在装配过程中准确掌握质量数据的当前状态,预测质量数据的未来状态,并根据预测结果调整装配过程,最终使得相关质量数据保持在合理的范围内。数字化工艺充分利用上有三维设计模型展开三维工艺的设计并将传统二维电子卡片转换维基于三维模型编制的图文并茂、可交互式的作业指导书。

3.2.2 数字化装配定位技术

采用高精度测量技术对组件的基准部位、关键部位进行测量,自动化定位系统设备在自动化集成控制技术协助下,实现各组件的自动调整姿态定位,尽可能避免对操作人员技能的依赖,保证稳定的质量和生产能力,取代传统的硬式工和装定位方式,增加了施工空间开敞性,提高装配质量和效率,降低劳动强度。

3.2.3 现场可视化装配技术

现场可视化技术是数字化装配技术的重要组成技术之一,通过软件开发、计算机集成技术和网络技术建立从企业数据中心到车间装配现场的网络化系统平台。此系统能生动、直观展示产品的制造过程,可以将生产工艺、人员、设备和工装夹具等资源信息有效的集成,通过界面直观的显示产品的几何模型、设计结构关系和工艺结构关系,显示装配的仿真过程,显示与仿真过程相应的装配操作说明。

4 建立数字模型

4.1 物理模型

现有装配工艺流程可以认为是数字孪生中的物理实体,它是数字孪生模型的底层基础,是建立数字孪生体的前期。装配工艺流程,以图纸为依据,编制装配工艺过程卡。装配人员按照工艺要求进行装配、检验及总装,并按照产品的试验指导书进行严格测试,保障产品质量。装配工艺发展好坏直接影响产品的质量。

以某型电液比例阀为例,该阀由先导阀和主阀两部分组成,见图3所示。先导阀由比例电磁铁、阀套、阀芯和阀体等零部件组成。液压阀的装配工艺设计原则是,依据产品的结构和工艺特点,把所装产品划分成若干个装配单元,尽可能的减少进入总装配的单个零件,以缩短总装配周期。液压阀的装配顺序一般是先下后上、先内后外,先易后难,先重大后轻小,先精密后一般的原则。按装配图先开展组件装

配,如将阀体安装在阀座上,阀芯装在阀套内;再进行部件装配,最后将全部零部件通过各种不同的连接方式装配到一起。合理安排液压阀的装配顺序不仅能保证装配精度而且能缩短装配周期。

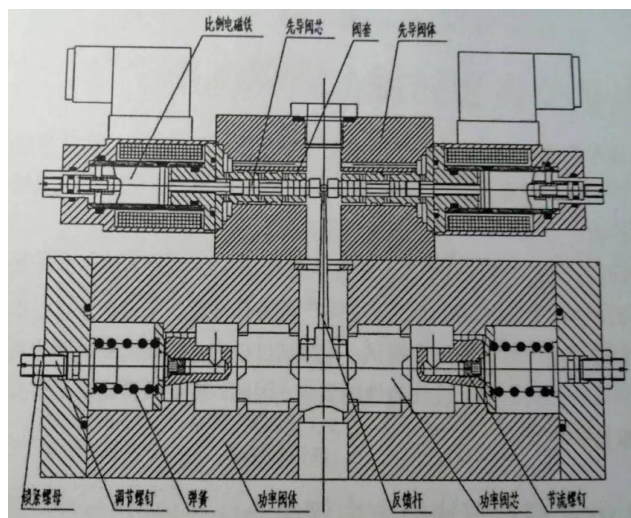


图2 液压阀结构图

4.2 装配工艺要求

阀体装配前要求装配场地保持整洁、无油污、金属屑和杂物等,大零件要放在托板上,不能直接接触地面,装配辅助工具擦拭干净并摆放整齐。装配过程遵循一下原则:相信了解所装配产品的具体结构、装配技术要求和主要事项;根据装配明细单,领取需要装配的零部件,摆放整齐,防止磕碰损伤;零部件装配过程中要轻拿轻放,严禁野蛮操作,损伤零部件;检查领取的零部件,对照装配明细单,检查领取零部件的数量、尺寸、型号,对零部件的外观进行仔细检查,是否存在毛刺、砂眼、锈蚀及磕碰等缺陷;对有铸腔的阀体,用高压清洗机彻底清洗阀体的内外表面;有耐高压要求的,提前用探伤仪进行检查,不合格的直接报废;阀芯和阀体等存在相互运动的表面,装配前在配合副表面均匀涂抹润滑油;以阀体为装配基准,将密封圈装入阀芯各密封槽内,采用专用工装将阀套螺旋式的压入阀体内,避免损伤密封圈;按照装配工艺的要求,依次完成相关零部件的安装;注意安装弹性零件(如弹簧、簧片、卡圈等)时不允许超过弹性限度的最大负荷而造成永久变形。

4.3 虚拟模型

在现实中,虚拟实体和物理实体是实时同步,并且能在线反映实体的运动状况和输出各种位置数据信息。液压阀

装配过程的虚拟实体建模主要包括三维静态模型和动力学动态模型两部分。虚拟实体的三维模型主要包括形状、尺寸、位置、各部分之间的装配关系等。采用UG软件进行三维建模工作,如图3所示。在保证结果精度的前提下,三维模型只包括阀体和阀芯。液压阀数字化装配工艺研究在我们企业还处于探索调研阶段,不具备将物理实体、数字孪生模型、数字孪生数据、服务及上述四部分间的互联互通。无法实现通过虚实信息的交互迭代,物理空间与虚拟空间彼此丰富、融合、完善,最终实现虚实共生、数模共荣。

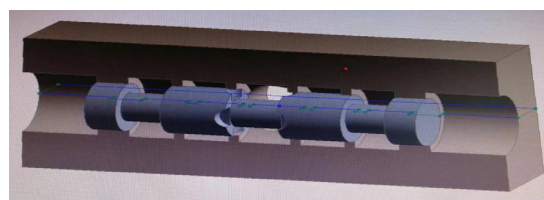


图3 零件数字模拟图

5 结语

数字化装配技术的研究必须与工艺技术、实验技术、现代管理等技术的研究深入结合,实现生产模式和方法的转变。实现所有的BOM文件可视化,制定合理装配工艺规则,创建工艺结构,明确工艺资源指派,完成装配全流程可视化,利用装配软件的判别装配路径的可行性,利用三维动画准确的描述装配过程以及注意事项。通过对装配工艺验证以及现场问题反馈,不断优化提升装配工艺的效率。

参考文献

- [1] GRIEVES M W. Product lifecycle management : the new paradigm for enterprises [J]. International Journal of Product Development,2005,2(1-2): 71-84.
- [2] GLAESSGEN E, STARGEL D. The digital twin paradigm for future NASA and US Air Force vehicle[C]//53rd AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structure 20th AIAA/ASME/ASH Adaptive Structure Conference 14th AIAA,2012.
- [3] 陶飞, 张萌, 程江峰, 等. 数字孪生车间——一种未来车间运行模式[J]. 计算机集成制造系统, 2017, 23 (1) : 1-9.
- [4] 靳江艳, 庞彩珠, 方忆湘, 赵亮, 李景伟. 基于数字孪生的飞机型架可视化装配工艺设计[J]. 航空制造技术, 2023, 66 (1/2) : 92-100.
- [5] 王发麟, 郭耀文, 龚建华, 程世. 基于数字孪生的复杂机电产品线缆装配工艺模型动态构建方法[J]. 计算机集成制造系统, 2023, 29 (6) : 2047-2061.