

Study on reliability guarantee method of heavy CNC machine tool

Yongchao Zhao Jiuzhu Shen

Shenyang Machine Tool Zhongjie Friendship Factory Co., Ltd., Shenyang, Liaoning, 110142, China

Abstract

The beginning of the in-depth analysis of heavy CNC machine tool high precision, large bearing characteristics, as well as the assembly link of the site equipment requirements, precision control difficult particularity. Subsequently, the assembly process process is optimized in turn, the assembly quality control is comprehensively controlled, the assembly process monitoring and fault diagnosis are innovated and explored, and a scientific assembly process reliability evaluation system is constructed. Finally, the effectiveness of the proposed method is verified by combining the actual cases of specific enterprises. The results of this research not only enrich the relevant theories, but also provide practical reference for enterprises in the industry to improve the reliability of assembly process and promote the high-quality development of heavy CNC machine tool industry.

Keywords

heavy-duty CNC machine tool; assembly process; reliability guarantee; fault diagnosis

重型数控机床装配工艺可靠性保障方法的研究

赵永超 申久祝

沈阳机床中捷友谊厂有限公司, 中国·辽宁 沈阳 110142

摘要

开篇深入剖析重型数控机床高精度、大承载的特性,以及装配环节对场地设备要求高、精度控制难度大的特殊性。随后,依次对装配工艺流程进行优化设计,对装配质量控制进行全面把控,对装配过程监测与故障诊断进行创新探索,并构建科学的装配工艺可靠性评估体系。最后,结合具体企业的实际案例,验证所提方法的有效性。本研究成果不仅丰富了相关理论,也为行业内企业提升装配工艺可靠性,推动重型数控机床行业的高质量发展提供切实可行的实践参考。

关键词

重型数控机床; 装配工艺; 可靠性保障; 故障诊断

1 引言

重型数控机床作为国家级高精端装备制造业中的重要生产设备,在航空航天、船舶等领域被大量应用。机床装配工艺的可靠性直接影响了机床的质量和性能。在目前重型数控机床装配还存在装配周期长、装配精度难保证、出现故障等问题,严重阻碍了行业发展,因此,对重型数控机床装配工艺可靠性保证的研究方法进行研究,对我国高端装备制造业发展,增强产业核心竞争力有着重要的现实意义。

2 重型数控机床概述

2.1 重型数控机床的特点与应用

2.1.1 结构与性能特点

重型数控机床体型庞大,床身、立柱等部件采用高刚性设计,以承受巨大的切削力和重力。其主传动系统功率强

大能实现大切削量,具有较高的精度,采用高精度的导轨、丝杠等,从而保证高的加工精度,具有上述优点,重型数控机床在加工大件、复杂零件有突出的优势,例如航空发动机叶片、船舶螺旋桨的加工。

2.1.2 应用领域

在航空航天领域,用于加工飞机机身框架、机翼等大型部件;船舶制造中,实现螺旋桨、船用曲轴等关键零部件的精密加工;能源电力行业,对大型发电机转子、汽轮机叶片进行高效加工,助推国家重大项目建设^[1]。

2.2 重型数控机床装配的特殊性

2.2.1 装配环境与设备要求

重型数控机床装配需要较大的车间场地,需要有行车、龙门吊等大型起重机可以满足零件的吊运,对车间温、湿度等环境条件要严格保证,以防环境变化影响其装配质量。

2.2.2 装配精度控制挑战

在装配过程中很难定位调整到位。如大型床身、立柱的装配,小小的误差就会造成机床整体精度降低,对装配人员的技术水平、装配工艺都有很高要求。

【作者简介】赵永超(1992-),男,中国辽宁锦州人,本科,助理工程师,从事机械类(机床装配工艺)研究。

2.2.3 装配过程的复杂性与周期

重型数控机床装配过程中包含大量的部件，装配工序繁重且工序之间存在着互相联系和影响。从部件清洗、部件预装配到部件总装、调试等过程所需时间长，加大了装配过程中所存在的不明确性。

3 重型数控机床装配工艺流程分析

3.1 装配工艺流程设计原则

3.1.1 科学性与高效性结合

装配工艺流程应遵循机械装配的基本原理，合理制定装配工序，尽可能少做多余的工序，提高装配效率，如尽可能采用模块化装配，即将相关的零部件装配成模块，再进行总装配，以缩短总装配周期。

3.1.2 可操作性与质量保障

设计的装配工艺流程要便于装配工人操作，降低劳动强度。同时，明确各装配环节的质量要求和检验标准，确保装配质量。

3.2 典型装配工艺流程分析

3.2.1 部件装配

以主轴部件装配为例，首先对主轴、轴承、齿轮等零部件进行清洗和检查，去除表面油污和杂质。然后进行预装配，调整轴承的间隙和预紧力，确保主轴的回转精度。最后进行正式装配，将主轴部件安装到机床主体上，并进行精度检测^[2]。

3.2.2 总装配

总装时按由下至上的顺序，由内向外安装床身、立柱、工作台等主体构成。在安装的同时采用定位销、螺栓等将各部件连接并使用调整垫铁、楔铁等调节位置确保其间的位置精度。

3.2.3 调试与检测

装配后电气调试，检查电气系统的接线是否无误、参数是否合理。然后进行机械性能调试，测试主轴的转速、进给系统的运动速度等。最后进行精度检测，包括几何精度、运动精度以及工作精度检测，确保机床达到设计要求。

3.3 装配工艺流程的优化

3.3.1 基于工业工程的流程优化

运用流程程序分析方法，对现有的装配工艺流程进行分析，找出不合理环节，如不必要的搬运、等待时间等，并进行优化。通过动作分析，改进装配工人的操作方法，提高装配效率。

3.3.2 并行工程在装配中的应用

在装配设计阶段，采用并行工程的理念，让设计人员、工艺人员和装配工人共同参与，提前考虑装配过程中的各种问题，优化装配设计。例如，设计便于装配的零部件结构，减少装配难度。

4 重型数控机床装配质量控制

4.1 装配质量控制体系

4.1.1 质量目标与组织架构

明确装配质量控制的目标，如机床的各项精度指标、

可靠性指标等。建立质量管理组织架构，明确各质量部门及每个岗位质量人员的职责；制定质量管理体系文件和操作规程；形成全员参与质量管理氛围^[3]。

4.1.2 质量控制流程与标准

制定从原材料采购到成品交付的全过程质量控制流程，包括零部件检验、装配过程检验、成品检验等环节。制定详细的质量检验标准，明确检验项目、检验方法和验收准则。

4.2 装配过程中的质量控制方法

4.2.1 零部件质量检验

对装配过程中进入装配的配件实行外观抽检、尺寸检验、性能检验等严格把关措施，做好配件的质量检查工作，运用抽样检查与质量抽查的工作模式，确保配件的质量达标。

4.2.2 装配精度控制

装配过程中，采用激光干涉仪、三坐标测量仪等高精度测量仪器进行装配过程的测量与控制，通过调整装配工艺参数，包括装配力、装配顺序等，控制装配精度。

4.2.3 关键工序质量控制

确定装配过程中的关键工序，如主轴装配、导轨磨削等，对关键工序进行重点监控。设立质量控制点，对关键工序的操作人员、设备、工艺参数等进行严格管理。

4.3 质量追溯与问题处理

4.3.1 质量追溯系统建立

通过信息化手段建立装配质量追溯系统，对零部件添加二维码或条形码，在零部件上标识零部件的生产批次、供应商、装配人员等信息，对装配过程实现全过程追溯。

4.3.2 质量问题分析与整改

发生质量问题时，利用鱼骨图、故障树等进行分析，分析出问题原因，制定对问题有效的解决方案，及时对质量问题予以整改，跟踪验证整改效果。

5 重型数控机床装配过程监测与故障诊断

5.1 装配过程监测技术

5.1.1 传感器技术应用

装配时安装力传感器、位移传感器、温度传感器等，实时对装配力、装配位置、零部件温度等进行监控，根据参数对装配是否合格进行判断。

5.1.2 视觉检测技术应用

通过机器视觉检测，实现对装配过程的可视化。如通过视觉检测手段检测到装配件的装配姿态、装配间隙等，及时发现装配过程中的异常情况。

5.1.3 数据采集与传输系统

为了实现对大件数控机床装配的全面感知，建立一个完善的传感、采集、传输体系。系统将各类传感器、视觉系统所采集的装配力、装配位置以及零部件装配状态等数据，通过有线以太网或无线 Wi-Fi、蓝牙等传输方式，实时传输至监控中心。在传输过程中采用数据校验、冗余传输等方式，在噪音工业环境下实现传输信息的稳定、可靠，为后续装配过程的数据分析、故障诊断提供可靠的数据。

5.2 装配故障诊断方法

5.2.1 基于数据挖掘的故障诊断

在重数控机床装配过程中,利用数据挖掘的方法,可以对传感器监测、监视系统获取的装配数据进行分析。在分析时,运用关联规则挖掘、聚类分析等算法,挖掘装配数据中隐藏的关系和模式,梳理数据间的潜在规律。根据分析挖掘的结果,利用机器学习的算法建立符合实际情况的故障诊断模型,从而实时对装配过程进行监视,捕捉可能存在故障的异常数据,进行分析,对装配故障进行预测,在故障发生的时候,能够及时准确地进行诊断,将故障造成的损失降低。

5.2.2 人工智能技术在故障诊断中的应用

在重型数控机床装配故障诊断领域,神经网络和专家系统等人工智能技术发挥着重要作用。神经网络是基于神经元的深度学习,学习大量历史故障样本,构建高度复杂且准确的故障模式与故障原因映射关系模型,借此快速判断新出现的故障情况。专家系统则通过收集、整理领域专家的知识 and 丰富实践经验,搭建规则库。在发生故障时,根据故障信息在故障规则表中进行推理,找出故障原因,有效地指导维修人员对所发生的故障问题进行快速诊断与分析。

6 重型数控机床装配工艺可靠性评估

6.1 装配工艺可靠性评估指标体系

6.1.1 指标体系构建原则

在构建重型数控机床装配工艺可靠性评估指标体系时,严格遵循科学性、完整性和实践性的建立原则。科学性原则要求指标体系的构建基于机械装配原理与可靠性理论,确保逻辑严密、科学合理;全面性原则强调从装配品质、装配效率、装配稳定性等多个方面考虑,包含了装配合格率、装配周期稳定性等多方面不同的评价指标,有效实现了从多角度评价重型数控机床装配工艺的可靠性程度。可操作性原则注重所选取的指标数据易于采集,评估方法简单可行,便于企业在实际生产中运用,借助对采集数据的深入分析,准确评判装配工艺的可靠性。

6.1.2 评估指标选取

在构建重型数控机床装配工艺可靠性评估体系时,精选装配合格率、装配周期稳定性、故障发生率等关键指标。装配合格率指合格装配产品数量占总装配产品数量的比例,直观反映装配过程中产品质量的达标程度,衡量装配质量控制成效。装配周期稳定率反映每次装配耗时变化幅度,其值越小说明该工艺在外界干扰越小,稳定性越强。装配失败率是指单位时间内装配过程中出现产品不合格的频次,装配失败率越低,反映其工艺水平的可靠性越高,三种指标从不同角度全方位体现装配工艺的可靠性水平。

6.1.3 装配工艺可靠性评估方法

(1) 层次分析法确定指标权重。在构建重型数控机床装配工艺可靠性评估体系时,运用层次分析法,对评估指标进行系统分层。将装配工艺可靠性作为目标层,从质量、效

率、稳定性等维度设立准则层,再围绕准则层,细化出装配合格率、装配周期稳定性等具体指标,形成指标层。通过设计成对比较问卷,邀请行业专家针对同一层次各指标的相对重要性进行两两打分。之后,构建判断矩阵,运用特征向量法等数学方法,对判断矩阵进行运算,求解出各指标的权重系数,量化各指标在评估体系中的重要程度。

(2) 模糊综合评价法进行评估。在对重型数控机床装配工艺可靠性进行综合评价时,利用模糊综合评价法。首先,根据行业标准以及实际生产的要求,合理划分评价级数,如可靠、较可靠、一般、不可靠等,建立了易于辨识的评价标准。其次,通过层次分析法,确定各评价指标的权重值,利用大量实验数据和专家经验建立评价矩阵。最后,利用模糊数学运算方法计算出装配工艺可靠性的综合评价结果,实现对装配工艺客观、全面的评判。

6.2 评估结果应用与改进

6.2.1 制定改进措施

在获取装配工艺可靠性评估结果后,运用系统分析方法,深度剖析数据,精准定位装配工艺中诸如装配顺序不合理、关键环节把控不足等各类薄弱环节。对这些问题的出现提出有针对性的解决方案。通过优化装配工艺,消除不合理的装配工序,优化装配流程,减少装配时间,提高装配效率;借助加强质量控制,在关键工序设立质量监测点,严格检验标准,提升装配质量,以此推动装配工艺可靠性的全面提升。

6.2.2 持续优化装配工艺

借助科学合理的装配工艺可靠性评估体系,定期对重型数控机床装配工艺展开全面、深入的评估。基于评估所暴露的流程缺陷、质量隐患、效率瓶颈等问题,制定针对性的改进策略,如完善装配流程、改进装配工装设备、加强装配人员培训。及时解决装配工艺中的技术问题,不断增强和完善装配工艺的工艺和可靠性的评价及水平,减少装配工艺的故障,最终保证了重型数控机床的生产质量和为重型数控机床的实际运行提供了保障,助力机床在实际运行中发挥卓越性能。

7 结语

本文通过对重型数控机床装配工艺可靠性保障方法的研究,提出了一系列有效的措施和方法。这些研究成果有助于提升重型数控机床的装配质量和效率,增强企业的市场竞争力。未来,随着科技的不断进步,还需进一步探索新的装配技术和方法,推动重型数控机床装配工艺的持续发展。

参考文献

- [1] 孙井泉,姜华. 数控机床液压系统分析与装配工艺实践 [J]. 机械研究与应用, 2024, 37 (03): 118-121+125.
- [2] 周进. 数控机床制造中的机械组件装配工艺及调试 [J]. 今日制造与升级, 2022, (09): 177-180.
- [3] 果长明. 重型数控机床装配工艺可靠性保障方法的研究 [J]. 山东工业技术, 2018, (22): 39.