

数控加工技术助力机械制造精度提升研究

吴洪汝, 吴洪昌

(山东一润机械有限公司, 山东 聊城 252000)

摘要 数控加工技术作为现代机械制造领域的核心支撑技术, 凭借数字化控制、精准化执行与系统化协同的独特优势, 从加工过程管控、工艺优化升级、误差动态补偿等多维度为机械制造精度提升提供有力保障。本文聚焦数控加工技术与机械制造精度的深度关联, 系统阐释数控技术赋能精度提升的核心要义, 从程序控制、反馈调节、技术融合、工艺协同等层面剖析具体实现路径, 探讨数控系统、加工装备与工艺设计的协同作用机制, 旨在为机械制造行业通过技术创新实现精度升级提供理论参考, 进而推动行业向精细化、高质量发展转型。

关键词 数控加工技术; 机械制造; 精度提升; 协同机制

中图分类号: TH161

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.26.007

0 引言

现代机械制造行业竞争的核心越来越集中到产品精度和质量上, 高精度零部件的稳定生产成了衡量企业核心竞争力的重要指标, 也是高端装备制造、精密仪器研发等领域突破瓶颈的基础。数控加工技术冲破了传统机械加工依靠人工操作的束缚, 用数字化程序指令准确掌控机床运动轨迹、切削参数和加工节奏, 把机械制造由经验推动变成技术引领。集成的伺服控制、智能监测、误差补偿等功能可以有效地克服由于人为操作偏差、环境干扰等造成的加工精度问题, 从设计到成品的整个过程都能得到精度的控制。系统研究数控加工技术促进机械制造精度提高的内在机理和实践途径, 对于推进机械制造行业提质增效、冲破技术壁垒有着十分重要的现实意义, 也给行业回应高质量发展需求提供了技术支撑。

1 数控加工技术助力机械制造精度提升要义

1.1 数控加工技术的精度保障核心属性

数控加工技术的主要特点就是用数字化、标准化的方式实现加工过程的精确控制, 它把设计图纸变成精密的程序指令, 让机床执行切削、成型等加工动作, 每一个环节的参数都可以被准确地设定并保持稳定^[1]。该种技术模式冲破了传统加工中操作者技能水平, 经验判断对于精度的限制, 使加工过程中的进给速度、切削深度、主轴转速等关键要素一直保持一致。数控加工技术依靠数字化程序对加工全过程实施精确的控

制, 把进给速度、切削深度、主轴转速等重要工艺参数加以标准化设定并恒定执行, 完全摆脱了传统加工模式中依靠操作者的技能熟练程度, 经验判断以及人为操作稳定性所存在的局限, 有效地避免了由于操作者操作时力度忽大忽小、定位不准、节奏不稳等造成的各种问题, 从根本上消除了加工过程中随机误差和系统误差, 解决了传统加工中离散性误差大的问题。稳定的可靠性技术特性给机械制造精度提供了基础性且稳定的保证, 使得高精度、一致性加工成果成为常态, 成为现代高精度机械制造不可缺少的重要支撑力量。

1.2 精度提升的全链条技术协同逻辑

数控加工技术对于机械制造精度的提高并不是单一环节的改善, 它是在设计、编程、加工、检测等各个环节中互相配合、共同起作用的。在设计阶段, 采用数字化建模技术可以准确地表现零部件结构的每一个细节, 给后面的加工提供准确的依据^[2]; 编程时利用仿真模拟来改善加工路径, 提前避开可能产生的精度偏差; 加工时伺服驱动系统与数控系统同步工作, 保证刀具的运动轨迹同设计需求保持一致; 检测时依靠高精度在线监测技术, 在加工区域布设各种传感器, 持续收集零部件尺寸偏差、形位公差、表面粗糙度等主要精度数据, 由数控系统迅速加以剖析并立刻传递到加工执行单元, 从而创建“检测—分析—反馈—调整”的闭环管控体系, 保证偏差马上被纠正。设计、编程、加工、检测等各个环节并不是孤立地进行, 而是依靠

作者简介: 吴洪汝 (1985-), 男, 本科, 研究方向: 机械制造。

数字化技术进行深度的协同工作,数据互通、流程衔接、目标统一,一起形成了覆盖全过程的完整精度保证体系,使机械制造精度在每一个环节上都能得到准确的控制和不断的加强,从而达到稳定的、可靠的高精度输出。

1.3 技术赋能精度提升的价值本质

数控加工技术促进机械制造精度提高的价值本质,就是依靠技术创新促使制造模式发生转变,使机械制造由“粗放型”向“精细化”发展。高精度的加工结果不但可以提高机械产品装配的契合度、运行的稳定性和使用寿命,而且可以给高端装备制造、精密仪器生产等提供重要的支撑,打破国外的技术垄断和壁垒^[3]。与此同时,数控加工技术促使机械制造精度得到提高,进而使得产品质量全方位提升,零部件装配匹配度、运行稳定性、使用寿命等各方面均有所改善,凭借更加可靠的产品性能赢得市场认可,从而提升企业的核心竞争力以及市场话语权。精度和质量的双方面提升,并不是单一的企业自身发展所导致的,而是由于产业协同效应使上下游产业链质量得到改善,从而推动整个机械制造行业向高质量、高效率、高附加值方向转变。该过程很好地体现出技术进步与产业升级相融合的情形,给制造业的数字化、智能化转型提供了强劲而持久的核心动力,促使行业在全球竞争中占有有利位置。

2 数控加工技术助力机械制造精度提升的实现路径

2.1 程序化精准控制:筑牢加工精度基础

数控加工技术把加工工艺参数、运动轨迹等作为标准的程序指令,从而对加工过程加以精确的控制^[4]。在实际加工中,程序一旦设定,机床就会按照指令进行各项操作,不会在人工操作时出现定位偏差、力度不均、节奏波动等状况。对复杂的曲面、深孔、薄壁等难加工件进行精确编程,可以改善刀具轨迹,减小切削过程中出现的振动和变形情况,保证所加工零件尺寸精度和轮廓精度满足设计要求。程序化控制模式将标准化指令当作核心,精确地限定加工全过程的工艺参数和运动轨迹,不但可以保证单次加工的尺寸公差、轮廓精度完全符合设计要求,而且可以有效地避免批量生产时由于人工操作的个体差异、环境变化等因素造成的加工质量问题,使每一件零部件的加工质量保持一致。无论是简单的结构件大批量生产,还是复杂的零部件大规模加工,都可以得到稳定的、一致的精度输出,彻底解决了传统加工中批量产品的精度

不一致问题,为机械制造业的高精度、规模化生产打下了坚实而可靠的工程技术基础。

2.2 闭环反馈与误差补偿:动态优化精度表现

高精度数控加工设备一般都配有闭环控制系统,闭环控制系统依靠传感器随时获取加工过程中位置、位移、温度等重要信息,并将这些信息同预先设定的理论值加以比较^[5]。一旦出现偏差,系统就会立即发出一个调整命令给机床,使机床的运动参数得到及时的修正。根据加工过程中存在的刀具磨损、热变形、工装弹性变形等常见的误差源,数控系统可以事先设定补偿算法来预测误差的趋势,并且有针对性地做出相应的调整,从而有效地控制各种干扰因素对精度的影响。依靠嵌入式传感系统和数控算法的紧密联系,在毫秒级的时间内就可以准确地感觉到温度的变化、刀具的磨损、位移的偏差等细微的波动,并且可以和理论基准进行实时比较,瞬间完成微量参数的自动修正和误差抵消。它主动把所有的潜在干扰因素包含在内,最大程度地消除不稳定因素对加工质量的影响,使每一个切削都高度受控、每一道工序都精确对标,从而保证加工过程一直处在高精度、高平稳的控制之中,极大地提高了机械制造精度的稳定性和可靠性。

2.3 多技术融合应用:突破高精度加工瓶颈

数控加工技术不是孤立存在的,它同仿真技术、在线检测技术、智能管控技术等许多领域技术深度融合,共同推进机械制造精度改善。利用仿真技术可以在加工之前模拟出整个加工过程,预测可能存在的精度问题,并对工艺方案进行优化,从而减少试切次数和误差风险;在线检测技术可以实时获得零部件精度数据,给闭环补偿提供准确的数据支持,大数据分析技术可以挖掘出精度影响因素的内在规律,为工艺改进提供支持;智能管控技术是数控加工体系的重要支撑,它把物联网传感设备、实时数据传输模块、智能调控系统集成起来,从而达到对加工环境以及设备运行状况实施全方位、立体化监测并加以动态调节的目的。在加工环境上,通过分布在车间的温湿度传感器、振动传感器、粉尘检测仪等设备,不断采集环境温度波动、外界振动干扰、空气质量变化等重要数据,一旦超过设定的阈值,就会立即启动恒温恒湿调节、减震降噪等干预措施,形成稳定的可控加工环境,在设备状态上,对机床主轴、伺服系统、刀具系统等主要部件的运行参数实施实时采集和分析,准确预知设

备磨损、故障隐患等潜在问题,及时发出预警并执行维护保养或者参数调整程序,保证设备一直处在最好的工作状态之中。全方位的实时监测以及智能调节,从根本上杜绝了由于环境温湿度改变、设备出现故障、外界干扰等因素给加工精度带来的不良影响^[6]。

2.4 工艺与装备协同优化:全面提升综合精度

数控加工技术对于提高机械制造精度来说,不能只依靠工艺设计,还要依靠加工设备的协同改进。从工艺设计上来说,根据零部件材料特性、结构形式和精度要求来选择切削刀具、确定加工余量、规划加工顺序,可以有效地减少切削力、切削热对零部件精度的影响,防止加工变形;从装备配置上说,高精度数控机床、伺服驱动系统、精密夹具等装备的协同配合,可以提高定位精度、重复定位精度,给加工精度提供硬件支持。同时,根据数控加工技术的优势,技术人员对切削速度、进给量、切削深度等主要工艺参数进行细致的调整,并且按照加工装备的性能特点实施有针对性的优化调整,使得工艺方案同装备能力之间存在一定的契合度。在此过程中,依照零部件材质特性及结构状况来调节工艺参数组合,借助校准机床精度,升级伺服系统反应速度,改善夹具定位精确度等手段加强装备性能,使工艺规划的科学性同装备运作的精确性有机融合起来。双向优化和协同适配可以有效地解决工艺和装备不匹配造成的精度损耗问题,使尺寸精度得到精准控制、形状精度得到规范成型、位置精度得到严格对齐、表面质量得到细致均匀,从多个方面同步提高加工精度,全面提升机械制造的综合精度水平,为高精度产品的生产提供有力的支撑。

2.5 数字化建模与仿真:前置把控精度风险

数字化建模与仿真技术属于数控加工的重要前置步骤,对提高加工精度起到重要的作用。三维数字化建模可以准确地再现零部件的几何形状和装配关系,给加工编程提供准确的数据支持,防止因为图纸理解有误造成的精度问题;加工仿真可以模拟刀具运动轨迹、切削过程中受力变形等状况,清楚地表现出干涉、过切等问题,从而提前改进加工路径和工艺参数。前置性模拟和预判依靠的是数字化建模与仿真技术,把零部件的三维结构、刀具运动轨迹以及切削受力状况全部呈现到虚拟环境里,经由全方位的动态推演,清楚地显示加工时会引发的干涉、过切或者变形等风险趋向。技术人员在正式加工之前,就可以根据仿真结

果对编程路径、工艺参数和刀具选择做精细的调整和优化,从源头上消除隐患,保证每一个加工指令都是科学合理的^[7]。该过程不但可以有效地规避由于操作失误造成的精度风险,而且可以大大减少试切过程中所消耗的材料和时间,避免反复调试造成的资源浪费,大大提高正式加工阶段的效率和准确性,为机械制造精度的最终实现打下了坚实的基础。

3 结束语

数控加工技术凭借数字化、精准化、系统化的明显优势,成为推动机械制造精度提高的主要动力,它依靠程序化控制、闭环反馈、多技术融合、工艺装备协同等方式,对机械制造全过程实施精确控制。从本质上讲,数控加工技术提高精度是技术层面的突破,也是制造理念和模式的升级,给机械制造业高质量发展奠定了基础。随着科技的发展,数控加工技术将会越来越精密、越来越智能、越来越高效,与人工智能、大数据、物联网等技术的深度融合,会进一步扩大精度提高的空间,给高端装备制造、精密仪器研发等领域的创新提供新的可能。未来,机械制造行业要不断加强数控加工技术的应用和研究,依靠科技创新和实践探索,不断改善精度提高途径,推进行业向更高质量、更高水平发展,给制造业强国创建提供强劲动力。

参考文献:

- [1] 蒋伟锋.数控加工技术在机械加工制造中的应用[J].中国设备工程,2025(16):246-248.
- [2] 乔立龙.数控加工技术在汽车机械模具加工制造中的应用[J].汽车知识,2025,25(08):125-127.
- [3] 王迪.数控机械设备高精度加工误差补偿技术及应用研究[C]//江西省工程师联合会.第二届智能工程与经济建设学术研讨会论文集(三).温岭市文昌数控机床设备有限公司,2025.
- [4] 陈慧.汽车机械模具加工制造中数控加工技术的应用探析[J].石河子科技,2024(05):46-47.
- [5] 陈静.简析机械模具制造中数控加工技术的应用[J].农业技术与装备,2024(03):8-10.
- [6] 于萍.数控加工技术在机械模具加工制造中的应用[J].现代农机,2021(04):120-121.
- [7] 骆志强.探究数控加工技术在机械模具制造中的运用[J].信息记录材料,2021,22(04):124-125.