

# 机械加工工艺技术误差及改进途径研究

施敏 屠继刚

嘉兴职业技术学院 浙江 嘉兴 314000

**【摘要】**：机械加工工艺偏差直接关联机械产品的精度水准、使用效能与服役时长，管控偏差并优化工艺流程是提升加工品质的核心，厘清其偏差类型与形成根源，结合实际加工工况拟定专属改进方案，能有效削弱偏差干扰，保障产品质量的稳定。本文剖析机械加工工艺偏差的主要呈现形态与生成机制，探究偏差管控的核心要义，给出切实可行的改进举措，为机械加工领域提升工艺层级、缩减偏差提供理论支撑与实践指引。

**【关键词】**：机械加工；工艺误差；改进途径；精度控制

DOI:10.12417/2705-0998.26.03.049

## 引言

机械加工工艺的精准程度直接决定机械产品的核心竞争力，工艺偏差常会造成产品尺寸偏移、形位公差超标，进而干扰产品装配精度与使用效能，增加生产成本、拉低生产效率，甚至诱发安全隐患，精准管控工艺偏差、探寻科学合理的改进路径是机械加工领域稳步发展的重要课题，工艺偏差的产生关联加工设备、工艺参数、操作规范、材料属性等多个维度，需系统梳理偏差类型与形成根源。结合加工实况完善工艺方案，厘清偏差管控的核心与改进方向，可推动加工工艺迭代升级，提升产品品质，契合各行业对机械产品愈发严格的精度标准，助力机械加工行业实现高质量发展。

## 1 机械加工工艺技术误差的核心类型

### 1.1 机械加工工艺误差的主要类型

#### 1.1.1 尺寸误差

尺寸误差是机械加工中最常见的工艺偏差，指加工后零件实际尺寸与设计图纸规定尺寸的偏离，超出允许范围会导致零件无法正常装配使用，其产生与多种加工因素相关，刀具磨损会使自身尺寸渐变进而引发零件尺寸偏差，长时间连续加工中磨损累积会干扰尺寸精度，设备定位精度不足如主轴径向跳动、工作台移动偏移，会使刀具与工件相对位置错位，工艺参数设置不当及材料热胀冷缩也会造成尺寸偏离设计要求。

#### 1.1.2 形位误差

形位误差指零件加工后实际形状、位置与设计图纸规定的偏差，分为形状误差与位置误差两类，形状误差体现为实际几何形状与理想形状的偏离，如平面度、圆度等偏差，机床工作台平面度不足、刀具切削轨迹不均会导致加工平面凹凸不平，位置误差是零件各要素实际位置与理想位置的偏离，如平行度、同轴度等，机床主轴与工件中心线不重合会导致轴类零件偏心，装夹、设备精度等均会引发此类偏差<sup>[1]</sup>。

#### 1.1.3 表面质量误差

表面质量误差指加工零件表面粗糙度、硬度、残余应力等

指标与设计要求的偏离，直接影响零件耐磨性、耐腐蚀性和疲劳强度及产品使用寿命，表面粗糙度超标最为常见，由切削刃形状、切削速度等决定，切削参数不当、刀具刃口磨损会破坏表面完整性，切削热会改变表面金相组织影响硬度均匀性，切削力产生的过大残余应力可能导致表面裂纹，降低零件承载能力与使用寿命。

## 2 机械加工工艺技术误差的主要成因

### 2.1 加工设备自身精度不足

加工设备作为机械加工的核心载体，自身精度直接决定工艺偏差幅度，设备精度欠缺是工艺误差的主要诱因，机床几何精度缺陷会直接干扰加工精度，床身导轨直线度偏差、主轴回转精度不足，会让刀具与工件相对运动轨迹偏离理想状态，进而引发尺寸与形位偏差，机床传动系统精度不足同样会产生误差，传动齿轮、丝杠等部件磨损、间隙过大，会使运动传递出现滞后或偏移，影响加工稳定性与准确性，设备安装调试不到位如水平度失调、地脚螺栓松动，会让机床加工时产生振动，导致刀具切削不稳，长期缺乏有效维护保养会加剧零部件老化磨损，进一步降低设备精度，提升工艺误差出现几率。

### 2.2 工艺参数设置不合理

工艺参数是机械加工过程中的核心控制指标，参数设置不当会直接诱发工艺误差，影响加工品质，切削参数选择不合理是主要表现，切削速度、进给量、背吃刀量的搭配失衡，会导致切削过程中材料去除不均，产生尺寸偏差与表面质量偏差，切削速度过高会使切削热激增，引发工件与刀具热变形进而出现尺寸偏离，切削速度过低则会增大切削力，加快刀具磨损同时让零件表面留下明显刀痕，影响表面粗糙度，进给量过大会导致表面粗糙度超标，过小则会降低加工效率且可能因切削不充分产生尺寸偏差，背吃刀量设置不当会造成加工余量不均，影响尺寸精度同时增加刀具负荷，加剧磨损间接引发误差<sup>[2]</sup>。

### 2.3 工件装夹与定位偏差

工件装夹与定位是机械加工的关键环节，装夹定位偏差会导致工件与刀具相对位置错位，进而产生工艺误差，定位基准

选择不当是主要诱因,定位基准与设计基准不重合会产生基准不重合偏差,导致加工尺寸与形位精度偏离设计要求,装夹时定位元件精度不足如定位销、定位块磨损变形,会让工件定位不准出现偏移或倾斜,夹紧力大小与方向设置不合理也会引发偏差,过大可能导致工件发生弹性或塑性变形,加工后恢复原状产生尺寸与形位偏差,过小则会让工件加工时松动、位移,使切削轨迹偏离理想状态,装夹前未清除工件表面毛刺、油污,会导致定位不稳定,间接增加装夹定位偏差。

### 3 机械加工工艺技术误差的控制核心要点

#### 3.1 强化加工设备精度管控

强化加工设备精度管控是控制工艺偏差的基础,需覆盖设备选型、安装调试、维护保养等多个环节以保障设备精度稳定,选型阶段结合加工需求挑选精度达标机床,优先选用精度等级高、稳定性优的设备,规避设备自身精度欠缺引发的偏差,安装调试时严格遵循安装规范,调整机床水平度、主轴回转精度、导轨直线度等关键指标,确保设备处于最佳运行状态,减少安装调试偏差带来的工艺误差,建立完善的设备维护保养机制,定期检查、润滑、维修机床传动、定位、切削系统,及时更换磨损老化零部件,定期检测校准设备精度,发现偏差及时调整,保障设备长期维持稳定加工精度。

#### 3.2 优化工艺参数配置

优化工艺参数配置是控制工艺偏差的关键,需结合加工材料、零件结构、刀具类型等要素,科学设定切削参数以保障加工过程稳定,依据加工材料的硬度、韧性等特性选择适配切削速度,硬度较高材料可适当提高切削速度,减少切削力与切削热,韧性较强材料可适当降低切削速度,避免积屑瘤影响加工精度<sup>[3]</sup>。结合零件尺寸与表面质量要求,合理确定进给量与背吃刀量,平衡加工效率与精度,规避参数设置不当引发的偏差,批量加工前进行试加工,通过试加工检测零件尺寸、形位及表面质量,依据检测结果调整工艺参数,直至达到最佳配置,确保批量加工偏差处于允许范围。

#### 3.3 规范工件装夹与定位流程

规范工件装夹与定位流程可有效减少装夹定位偏差,降低工艺误差,合理选择定位基准,优先选用设计基准作为定位基准,若设计基准无法直接使用,通过换算确定定位基准,确保两者重合度,减少基准不重合偏差,选用精度达标的定位元件,定期检查维护定位销、定位块等,及时更换磨损变形元件,保障定位精度,结合工件结构与材质,确定合适的夹紧力大小与方向,避免夹紧力过大导致工件变形或过小引发工件松动,装夹前彻底清除工件表面毛刺、油污与杂质,确保定位稳定,对易变形工件采用柔性装夹方式,减少装夹变形带来的偏差。

## 4 机械加工工艺技术误差的有效改进途径

### 4.1 升级加工设备与工艺装备

升级加工设备与工艺装备是改进工艺偏差的重要手段,引入先进加工设备与高精度工艺装备能从根源上提升加工精度、缩减偏差,逐步淘汰精度低、稳定性差的老旧设备,引入数控车床、加工中心等高精度自动化设备,这类设备定位精准、加工稳定且偏差小,可有效降低人为操作与设备自身精度欠缺引发的工艺偏差,配套升级工艺装备,选用高精度刀具、夹具和量具,刀具选用硬度高、耐磨性优的材质,减少磨损带来的偏差,夹具采用模块化高精度设计提升装夹定位精度,量具定期校准保障检测精准,同时引入高速切削、精密磨削等先进技术,优化加工流程,提升加工精度与表面质量,减少工艺偏差。

### 4.2 完善工艺管控体系

完善工艺管控体系,通过规范化、标准化管理保障加工过程有序开展,减少工艺偏差,建立健全工艺文件管理制度,明确各加工工序的工艺要求、参数设置、操作规范与质量标准,确保操作人员严格遵循工艺文件加工,规避操作不规范引发的偏差,加强加工过程质量检测,设置关键工序检测点,实时检测零件尺寸、形位精度与表面质量,及时发现偏差并调整,防止误差累积,建立工艺偏差分析机制,系统分析加工中出现的偏差,明确成因并制定针对性改进措施,将分析结果应用于工艺优化,完善工艺方案,减少同类偏差重复出现,加强操作人员培训,提升其专业技能与责任意识,确保熟练掌握设备操作与工艺要求,规范操作流程<sup>[4]</sup>。

### 4.3 优化加工环境与材料管控

优化加工环境与材料管控,可减少外部因素对加工精度的干扰,进一步改进工艺偏差,营造稳定加工环境,控制车间温度、湿度与振动,温度变化会导致设备与工件热变形,需安装恒温系统将温度控制在合理范围,湿度过高易造成设备生锈、零件表面氧化,需做好防潮措施,振动会影响刀具切削稳定性,需采取隔振措施减少外界干扰,加强加工材料管控,严格把控材料质量,选用符合设计要求的材料,确保硬度、韧性、尺寸精度等指标达标,规避材料质量问题引发的工艺偏差,材料加工前进行退火、正火等预处理,消除内部应力,减少加工中变形带来的偏差,同时检测材料尺寸,确保余量均匀,为后续加工奠定良好基础。

## 5 机械加工工艺技术误差改进的实践应用与成效保障

### 5.1 结合加工场景优化改进方案

机械加工工艺技术误差改进需贴合具体加工场景,依据零件类型、加工标准及现有生产条件,制定针对性改进方案,保障改进措施兼具可行性与实用性,不同类型零件的加工难度、精度标准存在差异,偏差成因也各不相同,需结合零件结构特点与加工工艺,剖析偏差主要类型与根源<sup>[5]</sup>。针对性选取改进手段,

精度要求较高的精密零件,可重点升级高精度加工设备与工艺装备,优化工艺参数并强化过程检测,批量生产的常规零件,可重点完善工艺管控体系,规范操作流程,在提升加工效率的同时管控偏差,改进方案实施前需充分论证与试应用,通过试加工检验方案有效性,结合试应用结果调整优化,确保改进措施能有效降低工艺偏差,满足加工标准。

### 5.2 强化改进过程的动态管控

工艺偏差改进是持续优化的过程,需强化改进过程的动态管控,及时发现问题并调整改进措施,保障改进成效稳定,建立改进过程跟踪机制,实时跟踪改进措施实施情况,记录加工过程中的偏差数据、设备运行状态及操作细节,分析改进措施的实施效果,定期评估改进成效,对比改进前后的工艺偏差、产品质量水平与生产效率,判断改进措施是否达成预期目标,若改进效果未达预期,需重新剖析偏差成因,调整改进方案并补充完善措施,若改进措施有效,需总结经验并将方案固化为标准工艺,应用于后续加工,同时关注加工过程中的各类变化,如材料批次、设备状态、环境波动等,及时调整改进措施,确保偏差始终处于允许范围。

### 5.3 建立长效改进与提升机制

建立长效改进与提升机制,能确保工艺偏差改进工作持续

推进,不断提升机械加工工艺水平,将工艺偏差改进纳入日常生产管理,定期开展工艺优化研讨,剖析加工过程中出现的新问题、新偏差,持续探索更高效的改进途径,加大技术研发投入,关注行业内先进加工技术、设备与工艺,积极引入并应用新技术、新方法,不断提升工艺水平与偏差管控能力,建立技术交流与培训机制,组织操作人员与技术人员开展交流活动,学习先进偏差管控经验与操作技能,提升团队专业素养,同时建立激励机制,鼓励技术人员与操作人员主动参与工艺优化和偏差改进,对提出有效改进建议的人员予以表彰奖励,推动改进工作持续深入。

## 6 结语

本文聚焦机械加工工艺偏差及改进路径开展研究,厘清工艺偏差的核心类型与形成根源,提出针对性的控制要点与改进举措,构建覆盖设备、工艺、装夹、环境等维度的偏差改进体系,工艺偏差的控制与改进兼具系统性与关联性,需紧扣加工实际从设备升级、工艺优化、流程规范、环境管控等多维度协同推进,落实各项改进措施可有效缩减工艺偏差,提升加工品质与生产效率,助推机械加工行业迈向高质量发展,需结合具体加工场景迭代改进方案,健全长效提升机制,持续精进工艺技术水平,契合各行业对机械产品日益严苛的精度需求。

## 参考文献:

- [1] 王平.机械加工工艺中零件加工精度的影响因素及其控制策略研究[J].造纸装备及材料,2025,54(08):61-63.
- [2] 付晓.机械加工与手工制茶对茶叶品质影响的对比分析[J].福建茶叶,2025,47(08):22-24.
- [3] 贾俊良.机械加工质量影响因素及控制措施[J].造纸装备及材料,2025,54(03):73-75.
- [4] 曾志阳.机械加工工艺对零件加工精度的影响及控制措施分析[J].造纸装备及材料,2024,53(10):127-129.
- [5] 唐晓莲.机械加工工艺对零件加工精度的影响因素研究[C]//香港新世纪文化出版社有限公司.2023年第七届国际科技创新与教育发展学术会议论文集(第三卷).南京科技职业学院,2023:284-287.