

机械加工维修与精度控制探讨

陈佰全

郑州机电工程研究所 河南 郑州 450000

摘要: 机械加工精度直接影响产品质量与生产效率, 维修与精度控制是保障机械加工稳定运行的关键环节。设备磨损、故障以及润滑密封问题频发, 对加工精度造成干扰。通过合理选型安装设备、科学运用刀具夹具、优化加工工艺, 配合强化设备维护管理、引入先进技术及完善质量控制体系, 可有效提升机械加工精度与维修效率, 实现机械加工的高质量发展, 为制造业转型升级提供技术支撑。

关键词: 机械; 加工维修; 精度控制

引言

在现代制造业中, 机械加工精度是衡量产品质量的核心指标之一, 直接关系到企业的市场竞争力。随着工业生产复杂度提升, 设备磨损、故障等维修问题日益凸显, 严重影响加工精度与生产连续性。润滑与密封失效也会引发设备性能下降, 增加加工误差。本文深入探讨机械加工维修与精度控制要点, 从设备选型安装、工艺优化等多个维度提出提升策略, 旨在为行业提升加工精度、保障设备稳定运行提供理论参考与实践指导。

1 机械加工精度概述

机械加工精度是衡量机械制造水平的核心指标, 指零件加工后实际几何参数与理想几何参数的符合程度, 涵盖尺寸精度、形状精度和位置精度三大维度。尺寸精度控制零件线性尺寸的精确程度, 依赖于机床传动系统的精度与刀具磨损控制, 例如精密轴类零件的直径公差常控制在微米级; 形状精度聚焦零件表面宏观几何形状的准确性, 包括直线度、平面度、圆度等参数, 加工过程中机床导轨精度、刀具运动轨迹以及切削力引发的弹性变形都会对其产生显著影响, 如磨削平面时需严格控制砂轮的旋转精度与进给稳定性以确保平面度要求; 位置精度则关注零件各表面间相对位置的准确性, 诸如平行度、垂直度和同轴度等, 在箱体类零件加工中, 多工位加工的定位基准选择与夹具设计直接决定各孔系间的位置精度。机械加工误差来源复杂且相互耦合, 机床自身的几何精度、运动精度与热变形构成基础误差源。机床主轴回转精度影响孔加工的圆度与圆柱度, 导轨直线度误差会导致平面加工的平面度缺陷。刀具的磨损与破损改变切削刃的几何形状, 进而影响零件尺寸与表面质量, 例如硬质合金刀具在高速切削高温合金时的磨损速率直接关系到加工尺寸稳定性。工件材料的物理力学性能同样不可忽视, 材料的硬度、韧性差异致使切削力波

动, 引发加工振动, 破坏加工精度。加工工艺系统的受力变形遵循胡克定律, 切削力作用下机床、刀具、工件构成的弹性系统产生位移, 形成加工误差, 而工艺系统热变形则会导致零件尺寸与形状的热态偏差, 特别是在精密加工中, 温度变化带来的微小尺寸波动都可能超出公差范围。通过误差补偿技术、优化加工参数和改进工艺系统结构等手段, 可有效提升机械加工精度, 满足现代制造业对零件高精度、高性能的严苛要求。

2 机械加工常见维修问题

2.1 设备磨损问题

机械加工设备在长时间运行过程中, 各运动部件间持续产生摩擦与碰撞, 导致设备磨损问题普遍存在。这种磨损主要包括磨粒磨损、粘着磨损、疲劳磨损等类型。磨粒磨损源于加工过程中产生的金属碎屑或外界侵入的硬质颗粒, 它们如同微型刀具, 不断切削部件表面, 致使表面粗糙度增加, 尺寸精度下降。粘着磨损则是在部件接触压力大、润滑不足时, 金属表面局部发生粘着, 随后在相对运动中被撕裂, 造成表面损伤。疲劳磨损通常出现在高频率交变载荷作用下, 部件表面产生微小裂纹, 裂纹逐渐扩展, 最终导致材料剥落。设备磨损不仅影响加工精度, 使工件尺寸超差、表面质量恶化, 还会增加设备运行能耗, 降低设备使用寿命, 严重时甚至引发设备故障停机, 影响生产进度与效率^[1]。

2.2 设备故障问题

机械加工设备故障问题涵盖机械、电气、液压等多个系统。机械系统故障常表现为传动部件的断裂、变形, 如齿轮轮齿折断、轴类零件弯曲, 这会破坏设备的传动精度与稳定性, 使加工过程出现振动、异响。电气系统故障则可能由电气元件老化、短路、接触不良等原因引发, 导致设备无法正常启动、控制失灵或出现异常停机现象。例如, 接触器触点氧化会造成接触电阻增

大，引发设备启动困难；电机绕组绝缘损坏，易出现短路故障，烧毁电机。液压系统故障多与液压油污染、液压元件磨损有关，液压油中的杂质会堵塞液压阀，导致压力不稳定、流量不足，影响液压缸的运动精度与响应速度。设备故障一旦发生，不仅会中断生产，还可能因故障引发的异常工况对设备其他部件造成二次损坏，增加维修难度与成本。

2.3 润滑与密封问题

润滑与密封对于机械加工设备的正常运行至关重要。良好的润滑能够有效降低部件间的摩擦系数，减少磨损，同时带走摩擦产生的热量，起到冷却作用。若润滑不当，如润滑油选用不符合设备要求、加注量不足或未及时更换，会使润滑效果大打折扣。润滑油粘度不合适，无法在部件表面形成有效的油膜，导致金属直接接触摩擦加剧；长期不更换润滑油，油中杂质增多、性能下降，无法发挥润滑作用。密封问题同样不容忽视，密封失效会导致润滑油泄漏、液压油流失，不仅造成油料浪费，还会污染工作环境。外界的灰尘、水分等杂质易通过密封失效部位进入设备内部，加剧部件磨损，影响设备性能。例如，旋转轴密封失效会使润滑油泄漏，导致轴承因润滑不良而损坏；液压缸密封件老化，会出现液压油内泄，降低系统工作压力，影响设备的加工能力。

3 机械加工精度控制要点

3.1 设备选型与安装

设备的选型与安装直接决定机械加工精度的基础水平。在选型时，需综合考量加工零件的材料特性、几何尺寸、加工批量及精度要求等因素。对于高精度零件加工，优先选择具备高刚性、高动态响应性能的数控机床，其先进的伺服驱动系统与精密滚珠丝杠副，可有效降低传动误差，保障定位精度与重复定位精度。机床的热稳定性也是关键，采用对称式结构设计、热变形补偿技术的设备，能减少因温升导致的机床部件变形，维持加工精度的稳定性。设备安装过程中，基础的构建不容忽视，需根据设备参数浇筑高强度混凝土基础，并通过地脚螺栓与机床稳固连接，利用水平仪等工具对机床水平度进行精细调整，确保机床处于最佳工作状态。定期对设备进行维护保养，检测关键部件精度，及时修正设备精度误差，是持续保障加工精度的重要举措。

3.2 刀具与夹具的合理使用

刀具与夹具作为直接参与加工过程的重要部件，其合理使用对加工精度影响深远。刀具的材质、几何参数与磨损状态决定切削过程的稳定性与加工表面质量。高速钢刀具适用于低速、复杂型面加工，而硬质合金刀

具在高速切削中表现优异，涂层刀具则能显著提升刀具耐磨性与切削性能。选择刀具时，需依据加工材料的硬度、塑性等特性匹配刀具前角、后角等几何参数，以优化切削力分布，减少切削振动。夹具的作用在于精准定位与可靠夹紧工件，其定位精度直接传递至工件加工精度。设计与选用夹具时，遵循六点定位原理，确保工件在夹具中完全定位，同时根据工件形状、尺寸及加工要求，合理选择夹紧方式与夹紧力大小，避免因夹紧力过大导致工件变形，或夹紧力不足引发加工过程中的位移与振动。定期对刀具磨损情况进行检测与更换，对夹具定位元件进行精度校准，是维持加工精度一致性的必要手段^[2]。

3.3 加工工艺优化

加工工艺优化是提升机械加工精度的核心途径。从零件的加工路线规划来看，合理的加工顺序能够有效减少加工应力与变形累积。对于复杂零件，采用粗、精加工分开的工艺，粗加工去除大部分余量，释放内应力，精加工则保证最终的尺寸精度与表面质量。在切削参数选择方面，切削速度、进给量与切削深度的合理搭配至关重要。过高的切削速度会加剧刀具磨损与切削热产生，影响加工精度；过大的进给量与切削深度则易导致切削力增大，引发工件振动与变形。通过工艺试验与仿真分析，结合加工材料特性与刀具性能，确定最优切削参数组合，既能提高加工效率，又能保障加工精度。引入先进的加工工艺方法，如微量润滑切削、高速铣削、电火花加工等，可针对不同零件与加工要求，突破传统加工工艺的精度限制，实现更高水平的加工精度，同时减少加工过程中的能源消耗与环境污染。

4 提升机械加工维修与精度控制的策略

4.1 加强设备维护与管理

(1) 设备日常点检与状态监测是确保机械加工精度的基础环节。通过采用振动分析、红外热像仪等检测手段，能够实时捕捉设备运行中的异常信号，及时发现轴承磨损、齿轮箱异常发热等潜在故障，避免因设备带病运行导致加工误差扩大。建立设备运行档案，详细记录设备的运行时长、故障维修情况及性能参数变化，为后续的维护决策提供数据支撑。(2) 科学合理的润滑管理对设备的稳定运行和精度保持至关重要。依据设备使用手册和工况要求，选择适配的润滑剂，并严格按照规定的周期和方法进行加注与更换。定期清理润滑系统，防止杂质堵塞油路，确保润滑效果。对关键运动部件如导轨、丝杠等，采用油雾润滑或油气润滑等先进润滑方式，减少摩擦磨损，提高设备运动精度。(3) 设备的

校准与精度补偿是保障加工精度的关键步骤。定期使用激光干涉仪、球杆仪等高精度测量仪器,检测校准设备几何精度与定位精度。针对检测出的精度偏差,利用数控系统反向间隙补偿、螺距误差补偿等功能修正。同时对设备机械结构优化调整,如调导轨平行度、丝杠同轴度,确保设备始终处于高精度运行状态^[3]。

4.2 引入先进技术与设备

(1) 高速切削技术的应用能够显著提升机械加工效率和精度。高速切削时,切削力减小,切削热大部分被切屑带走,降低了工件的热变形和残余应力,从而提高了加工表面质量和尺寸精度。配合高精度的主轴系统和进给系统,可实现微米级甚至亚微米级的加工精度。此外,高速切削技术还能加工传统加工方法难以加工的硬脆材料和复杂型面零件。(2) 五轴联动加工中心的引入为复杂零件的加工提供了更高效、更精准的解决方案。该设备可在一次装夹中完成零件多个面和复杂曲面的加工,避免了多次装夹带来的定位误差,保证了零件的整体加工精度。其配备的先进数控系统和驱动装置,能够实现高速、高精度的插补运动,使刀具始终保持最佳切削状态,有效提高加工表面光洁度和轮廓精度。(3) 在线检测技术与加工设备的集成,实现了加工过程的实时质量控制。通过在机床安装高精度测头系统,加工时对工件尺寸、形状和位置实时测量,反馈数据给数控系统,其依偏差自动调参修正误差,确保精度达标。在线检测技术还可对加工刀具磨损情况监测,及时提醒换刀,保证加工质量稳定。

4.3 完善质量控制体系

(1) 建立全面的加工过程质量控制流程,对机械加工的各个环节进行严格把控。从原材料的检验入库开始,确保材料的性能和尺寸符合加工要求。在加工过程中,对关键工序设置质量控制点,采用首件检验、巡检和末件检验相结合的方式,及时发现和纠正加工过程中

的质量问题。对加工设备的运行参数进行实时监控,保证加工过程的稳定性。(2) 运用统计过程控制(SPC)方法对加工质量进行分析和改进。通过收集加工过程中的质量数据,绘制控制图,分析数据的分布规律和波动趋势,判断加工过程是否处于稳定受控状态。当发现异常波动时,及时查找原因并采取纠正措施,如调整加工参数、更换刀具等。利用SPC数据进行质量预测,提前预防质量问题的发生,提高加工质量的稳定性和一致性。

(3) 加强加工现场的环境管理,为高精度加工创造良好条件。控制加工车间的温度、湿度和洁净度,避免因环境因素导致设备精度下降和工件变形。对加工设备和测量仪器进行定期清洁和保养,防止灰尘、油污等杂质影响加工精度和测量准确性。合理规划加工现场的布局,减少设备运行和人员操作产生的振动干扰,确保加工过程的稳定性和精度^[4]。

结语

综上所述,机械加工维修与精度控制是一项系统性工程。面对设备磨损、故障等常见问题,需从设备选型、工艺优化等多方面着手,加强设备维护管理,引入先进技术与设备,并完善质量控制体系。只有全方位把控各个环节,才能有效提升机械加工精度,保障设备可靠运行,推动机械加工行业朝着智能化、高精度化方向迈进,助力制造业高质量发展。

参考文献

- [1]刘智.机械模具加工精度控制研究[J].内燃机与配件,2022(06):149-151.
- [2]张立荣,孟祥海,张伟.机械加工过程中金属材料表面质量及精度控制方法[J].中国金属通报,2022(02):52-54.
- [3]李玉霞.机械模具加工精度控制探析[J].内燃机与配件,2022(03):211-213.
- [4]王子硕.矿山机械加工维修与精度控制策略分析[J].中国金属通报,2022(1):49-51.