

# 机械制造工艺与机械设备加工工艺研究

陈佰全

郑州机电工程研究所 河南 郑州 450000

**摘要:** 在制造业蓬勃发展且对工艺要求日益严苛的背景下, 本文围绕机械制造工艺与机械设备加工工艺展开研究。阐述机械制造工艺基础, 包括概述、分类特点及选择原则; 分析机械设备加工工艺核心要素, 如加工设备、刀具夹具和参数设置; 探讨加工精度控制方法; 展望智能化、绿色、精密加工等发展趋势。旨在为机械制造领域提供全面深入的理论与实践参考。

**关键词:** 机械制造工艺; 机械设备加工工艺; 加工精度控制; 智能化制造; 绿色制造

引言: 机械制造是工业基石, 机械设备加工工艺是关键支撑。从早期手工操作到如今智能化发展, 制造工艺不断革新。随着科技进步, 对机械制造精度、效率、环保等要求日益提高。深入研究机械制造工艺与机械设备加工工艺, 掌握其核心要素与发展趋势, 对提升我国机械制造水平, 推动工业升级, 增强产业竞争力具有重要现实意义。

## 1 机械制造工艺基础

### 1.1 机械制造工艺概述

机械制造工艺是将原材料通过一系列技术手段转化为符合设计要求的机械产品的完整过程。这一过程涵盖了从毛坯制备到零件加工, 再到产品装配与调试的多个核心环节。每一个环节都紧密相连, 共同确保最终产品的质量与性能<sup>[1]</sup>。从历史发展脉络来看, 机械制造工艺经历了漫长而持续的演进。早期, 制造工艺主要依赖手工操作和简单的工具, 生产效率低下且产品质量难以保证。随着工业革命的兴起, 机器的广泛应用推动了制造工艺的机械化进程, 大大提高了生产效率和产品的一致性。进入现代, 电子技术、信息技术和自动化技术的融入, 使得机械制造工艺向智能化、数字化方向迈进。如今, 智能制造、绿色制造等理念逐渐成为主导, 推动着制造工艺不断创新与发展。展望未来, 随着人工智能、大数据、物联网等前沿技术的深度融合, 机械制造工艺将实现更加高效、精准、可持续的发展, 为工业升级和产业变革提供强大动力。

### 1.2 制造工艺分类与特点

制造工艺依据加工方式的不同, 可划分为切削加工、压力加工和特种加工等多种类型。切削加工通过刀具与工件的相对运动, 去除多余材料以获得所需形状和尺寸的零件, 具有加工精度高、表面质量好等优点, 广泛应用于各类金属和非金属材料的加工, 但对刀具磨

损较大, 加工效率受限于刀具性能。压力加工则利用外力使材料产生塑性变形, 如锻造、冲压等, 能够获得强度高、性能好的零件, 适用于大批量生产, 但设备投资大, 对模具精度要求高。特种加工如电火花加工、激光加工等, 突破了传统加工方式的限制, 可加工难切削材料和复杂形状零件, 但加工成本相对较高, 加工效率有待提升。

### 1.3 制造工艺选择原则

在选择制造工艺时, 需综合考虑多方面因素。材料特性是首要考量因素, 不同材料具有不同的物理和化学性质, 如硬度、韧性、导热性等, 这些性质直接影响加工工艺的选择。例如, 硬度为40-50HRC的钢材适合采用切削加工, 而硬度低于200HB的铝合金可采用压力加工。零件形状与尺寸也是关键因素, 复杂形状零件可能需要采用3-5道工序组合加工, 而大尺寸零件则需考虑设备加工能力和工艺稳定性, 如加工长度超过2000mm的轴类零件, 需选用大型车床。生产批量与成本要求同样不容忽视, 大批量生产适合采用自动化程度高、效率高的工艺, 以降低单位产品成本, 当生产批量达到10000件以上时, 自动化生产线可显著降低成本; 小批量生产则更注重工艺的灵活性和适应性, 以减少设备调整和模具制作成本, 小批量生产时模具成本分摊到每件产品上会较高。

## 2 机械设备加工工艺核心要素

### 2.1 加工设备类型与功能

在机械设备加工工艺, 加工设备是关键基础, 不同类型设备承担各异加工任务。金属切削机床是常见且重要的一类, 车床能对回转体零件车削, 实现外圆、内孔、端面等加工, 让零件达所需尺寸精度与表面质量<sup>[2]</sup>。铣床借助铣刀旋转和工件进给, 可加工平面、沟槽、齿轮等复杂形状, 在零件平面和成型加工中作用重要。钻床主要用于孔加工, 通过钻头旋转和轴向进给, 在工

件上钻出各种孔,满足零件装配和功能需求。压力加工设备在金属成型加工中不可或缺。冲床利用冲压模具,对金属板材施压,使其分离或变形,制造出各种形状零件,如汽车覆盖件、电器外壳等,生产效率高、材料利用率高。锻压机则施巨大压力,使金属坯料塑性变形,提高金属力学性能,常用于制造轴类、齿轮类等承受较大载荷零件。特种加工设备为解决难加工材料和复杂形状零件加工问题提供有效手段。激光加工机利用高能量密度激光束,可进行切割、焊接、打孔等加工,加工精度高、热影响区小。电火花加工机通过电极与工件间脉冲放电产生的高温蚀除金属,能加工各种导电材料,尤其适合加工传统方法难加工的复杂型腔和微细结构。

### 2.2 加工刀具与夹具

刀具材料与涂层技术对刀具性能影响显著。优质刀具材料需具备高硬度、高耐磨性、高强度和良好韧性,以适应不同加工条件,如硬质合金刀具硬度可达89-93HRA。涂层技术能在刀具表面形成一层特殊涂层,提高刀具的耐磨性、耐热性和抗氧化性,延长刀具使用寿命,涂层刀具的使用寿命是未涂层刀具的2-3倍。刀具几何参数如前角、后角、主偏角等,对加工质量影响深远。合理选择几何参数,可降低切削力、切削热,提高加工表面质量和刀具耐用度,例如车削钢件时,前角取 $10^{\circ}$ - $20^{\circ}$ 可获得较好的加工效果。夹具设计需遵循一定原则,确保工件在加工过程中定位准确、夹紧可靠。定位方式有多种,如平面定位、孔定位等,根据工件形状和加工要求选择合适定位方式,能保证工件加工精度和重复定位精度,采用一面两孔定位时,可保证工件在平面内的位置精度达到 $\pm 0.02\text{mm}$ 。

### 2.3 加工参数设置与优化

切削速度、进给量、切削深度等参数选择至关重要。切削速度影响刀具磨损和加工表面质量,进给量决定加工效率和表面粗糙度,切削深度则与加工余量和切削力相关。合理设置这些参数,可提高加工效率,保证加工质量。例如,车削外圆时,切削速度选 $50\text{-}100\text{m}/\text{min}$ ,进给量选 $0.1\text{-}0.3\text{mm}/\text{r}$ ,切削深度选 $2\text{-}5\text{mm}$ ,可获得较好的加工效果。参数优化能进一步提升加工效益,通过调整参数组合,可在满足质量要求前提下,缩短加工时间,降低生产成本,优化后加工时间可缩短 $10\text{-}20$ 分钟每件。加工参数与设备性能需相互匹配,设备功率、刚度等性能指标限制了参数选择范围,只有充分考虑设备性能,才能实现高效稳定加工,如功率为 $7.5\text{kW}$ 的车床,切削速度不宜超过 $120\text{m}/\text{min}$ 。

## 3 机械设备加工精度控制

### 3.1 加工误差来源分析

在机械设备加工过程中,多种因素会引发加工误差。机床作为加工的核心设备,其自身的精度状况对加工结果影响显著。机床各部件的制造误差、安装误差以及长期使用后的磨损,都会导致机床运动不准确,进而使加工出的零件尺寸和形状出现偏差<sup>[1]</sup>。刀具在切削过程中扮演着关键角色,刀具误差同样不容忽视。刀具的制造精度有限,不同刀具之间存在尺寸和形状差异。而且在加工过程中,刀具会逐渐磨损,刃口变钝,这都会改变切削条件,影响加工精度。夹具用于固定工件,确保加工时工件位置准确。夹具误差主要体现在定位元件和夹紧元件的制造误差、安装误差上。若夹具设计不合理或使用不当,工件在加工过程中就可能发生位移或变形,产生加工误差。工艺系统在受力时会发生变形,这也是加工误差的重要来源。切削力、夹紧力等外力作用在工艺系统上,会使机床、刀具、夹具和工件产生弹性变形,改变原有的相对位置关系,最终影响零件的加工精度。

### 3.2 精度控制方法与技术

为有效控制加工精度,误差预防技术被广泛应用。提高机床精度是重要举措之一,通过采用高精度制造工艺、严格的质量检测手段,确保机床各部件的精度符合要求。优化刀具设计也能减少误差,例如改进刀具材料、刃口形状和几何参数,提高刀具的刚性和耐磨性。误差补偿技术则是在误差产生后采取的纠正措施。在线检测与补偿技术可实时监测加工过程中的误差,并通过控制系统自动调整加工参数,及时修正误差。软件补偿技术利用计算机软件对加工误差进行模拟和分析,生成补偿指令,指导机床进行精确加工。加工过程监控与调整是保障加工精度的关键环节。通过安装传感器等监测设备,实时获取加工过程中的各种数据,如切削力、振动、温度等。一旦发现异常,及时调整加工参数或采取其他措施,确保加工过程稳定可靠。

### 3.3 精度保持性与稳定性提升

提升设备维护与保养策略的科学性对保持加工精度至关重要。制定详细的设备维护计划,定期对机床进行清洁、润滑、紧固和调整,及时更换磨损部件,可延长设备使用寿命,保证设备精度稳定,1次全面维护可使设备在3-6个月内保持较好精度状态。加工环境对加工精度也有影响。温度变化会导致机床和工件热胀冷缩,湿度过高可能使金属零件生锈,振动会干扰加工过程。因此,需控制加工环境的温度、湿度和振动等参数,为加工创造稳定条件,将加工环境温度控制在 $20\text{-}25^{\circ}\text{C}$ ,湿度

控制在40%-60%，振动幅度控制在0.01-0.02mm以内。操作人员技能水平直接影响加工精度。加强对操作人员的技能培训与考核，使其熟练掌握设备操作方法和加工工艺要求，提高操作熟练度和准确性，能够有效提升加工精度的保持性与稳定性。

#### 4 机械制造工艺与机械设备加工工艺发展趋势

##### 4.1 智能化制造技术

智能化制造正重塑机械制造工艺与设备加工工艺格局。智能制造系统架构涵盖多个层面，从底层设备层的智能感知与控制，到车间层的生产调度与物流管理，再到企业层的决策支持与协同优化，各层级紧密协作，实现制造全流程智能化<sup>[4]</sup>。关键技术如物联网技术让设备实现互联互通，实时采集生产数据；大数据技术对海量数据进行分析挖掘，为决策提供依据；云计算技术提供强大计算能力，支撑复杂智能算法运行。人工智能在制造工艺中应用日益广泛。机器学习算法可对加工过程数据进行学习分析，预测刀具磨损、设备故障等情况，提前采取维护措施，提高生产可靠性。深度学习技术用于质量检测，能快速准确识别产品缺陷，提升检测效率和精度。数字化双胞胎技术为制造工艺带来新变革。通过构建物理实体在虚拟空间的数字映射模型，可在虚拟环境中对制造过程进行模拟、分析和优化。在产品阶段，利用数字化双胞胎进行虚拟装配和性能仿真，提前发现设计问题；在生产阶段，实时监控设备运行状态和产品加工质量，及时调整工艺参数，确保生产顺利进行。

##### 4.2 绿色制造与可持续发展

节能减排技术在制造工艺中发挥着关键作用。高效节能的加工设备不断涌现，采用新型传动系统和节能控制技术，降低能源消耗。优化加工工艺参数，减少切削力和切削热产生，降低能源损耗。环保材料与绿色加工方法受到重视。选用可降解、可回收的环保材料，减少对环境的影响。推广干式切削、低温切削等绿色加工方法，减少切削液使用，降低环境污染和资源浪费。制造过程资源循环利用成为重要发展方向。对加工过程中产

生的废料、废液等进行分类回收处理，实现资源再利用。建立资源循环利用体系，将回收资源重新投入生产过程，降低原材料消耗，推动制造产业可持续发展。

##### 4.3 精密与超精密加工技术

精密加工技术已取得显著进展。高精度机床、精密测量仪器等设备不断升级，加工精度不断提高。纳米级加工技术逐渐成熟，可实现微小尺寸零件的高精度加工。超精密加工技术面临诸多挑战，如加工环境要求苛刻，需在恒温、恒湿、超净环境中进行；加工设备精度要求极高，任何微小误差都会影响加工质量。通过不断研发创新，在超精密加工机床设计、加工工艺优化等方面取得突破，提高超精密加工稳定性和可靠性。精密与超精密加工在高端装备制造中应用广泛。航空航天领域，对零部件精度要求极高，精密与超精密加工技术可确保飞行器安全可靠运行。电子信息产业，芯片制造依赖超精密加工技术实现微小电路的高精度刻蚀，推动电子设备性能不断提升。

##### 结束语

机械制造工艺与机械设备加工工艺研究意义深远。从基础理论到核心要素，再到精度控制与发展趋势，全面剖析了二者内涵。智能化、绿色化、精密化发展趋势为制造产业带来新机遇。掌握这些内容，有助于提升制造水平，优化生产流程，提高产品质量，在激烈市场竞争中占据优势，推动制造产业持续稳定发展。

##### 参考文献

- [1]周峰.机械制造工艺与机械设备加工工艺研究[J].模具制造,2025,25(1):184-186.
- [2]王志琴.机械制造工艺与机械设备加工工艺探讨[J].中国设备工程,2024(7):112-114.
- [3]王伟伦.机械制造工艺与机械设备加工工艺研究[J].中国金属通报,2025(19):164-166.
- [4]王新甲,张燕.机械制造工艺与机械设备加工工艺要点[J].南方农机,2021,52(6):126-127.