

# 浅谈机械制造技术与机械制造工艺

江 涛

绵阳沃姆斯科技有限公司 四川 绵阳 621000

**摘要:** 随工业革命浪潮持续推进与科技迭代加速, 机械制造领域变革日新月异。本文围绕机械制造技术与机械制造工艺展开探讨。首先阐述其基本概念, 为后续论述奠定基础。接着详细剖析机械制造的关键技术, 涵盖数控、精密加工、绿色制造、增材制造及工业机器人技术等多个方面。同时, 对轴类、箱体类、齿轮类零件的加工工艺进行设计分析。最后, 展望其未来发展趋势, 指出技术融合将不断深化、可持续发展成为导向以及极端制造有望取得突破, 旨在为机械制造领域的发展提供全面的理论参考与实践指引。

**关键词:** 机械制造; 关键技术; 工艺

引言: 在当今科技飞速发展的时代, 机械制造业作为国家工业体系的核心支柱, 其发展水平直接衡量着一个国家的综合实力与科技竞争力。机械制造技术与机械制造工艺作为该领域的两大关键要素, 紧密相连且相互促进。先进的制造技术为工艺实施提供有力支撑, 而科学合理的工艺设计则能充分挖掘技术的潜力。深入探究机械制造技术与工艺, 不仅有助于提升产品质量与生产效率, 还能推动整个制造业向智能化、绿色化、高端化转型, 对国家经济发展和产业升级具有至关重要的战略意义。

## 1 机械制造技术与机械制造工艺的基本概念

机械制造技术是一门综合性、应用性极强的学科与技术领域, 它融合了机械工程、材料科学、电子技术、自动化控制等多学科知识, 旨在运用各种方法、手段和工具, 将原材料转化为具有特定功能、尺寸精度和表面质量的机械产品。它涵盖了从产品设计、原材料选择、加工制造到产品检测、装配调试以及售后维护等产品全生命周期的各个环节, 是推动工业发展、提升国家制造业竞争力的核心力量。机械制造工艺则是机械制造技术在实际生产中的具体应用与体现, 是关于机械产品制造过程的工艺方法、工艺流程、工艺装备以及工艺参数等的总称。它聚焦于如何将设计图纸上的产品, 通过一系列科学合理、经济高效的加工步骤, 精确无误地制造出来。机械制造工艺需要考虑众多因素, 如零件的材料特性、形状尺寸、精度要求, 生产批量大小, 设备条件以及加工成本等。不同的工艺方案会导致产品质量、生产效率和成本存在显著差异。机械制造技术为机械制造工艺提供了理论指导和技术支撑, 而机械制造工艺则是机械制造技术落地实施的关键环节, 二者相辅相成。只有将先进的机械制造技术与合理优化的机械制造工艺紧密

结合, 才能制造出高质量、高性能且具有市场竞争力的机械产品, 推动机械制造业不断向前发展<sup>[1]</sup>。

## 2 机械制造的关键技术

### 2.1 数控技术与智能化装备

数控技术是现代制造业的核心, 通过数字信息对机械运动和加工过程进行高精度控制。其核心在于数控系统, 集计算机、控制程序、输入输出设备于一体, 能够解释并执行加工指令, 驱动伺服电机实现多轴联动加工。例如, 五轴联动数控机床可同时控制刀具在五个方向运动, 适用于复杂曲面零件的高精度加工, 重复定位精度达0.003mm, 显著提升航空发动机叶片等关键部件的制造水平。智能化装备则融合了数控技术与人工智能、物联网等前沿科技, 具备感知、分析、决策和自适应能力。滨州博海精工工业机器人集成应用系统, 通过机器视觉实现零件精准抓取与装配, 推动汽车零部件制造向柔性化、无人化转型。这些技术突破使装备具备“自感知、自优化”能力, 成为智能制造的基石。

### 2.2 精密与超精密加工技术

精密与超精密加工技术是现代制造业迈向高端化的关键支撑, 其核心在于实现微米级甚至纳米级的加工精度与极低的表面粗糙度。精密加工通常指加工精度在1-0.1 $\mu\text{m}$ 、表面粗糙度Ra0.1-0.01 $\mu\text{m}$ 的工艺, 广泛应用于光学模具、液压件等领域; 超精密加工则将精度提升至0.1 $\mu\text{m}$ 以下, 表面粗糙度Ra  $\leq$  0.001 $\mu\text{m}$ , 是制造航空航天光学元件、半导体芯片掩模版等高精尖产品的核心技术。该技术通过高刚性机床结构、高精度主轴与导轨、微位移驱动系统等硬件保障, 结合在线测量、误差补偿、恒温控制等软件技术, 实现加工过程的极致稳定。离子束抛光技术通过原子级材料去除, 使航天反射镜面形精度达到 $\lambda/100$  ( $\lambda$  为光波长)。随着量子通信、光刻

机等战略领域对器件精度的要求突破0.1nm,超精密加工技术正向原子级操控方向演进,成为衡量国家制造业核心竞争力的重要标志。

### 2.3 绿色制造技术

绿色制造技术是顺应可持续发展潮流,在机械制造领域践行环保理念的关键技术体系。它贯穿产品全生命周期,涵盖设计、生产、包装、运输、使用及回收处理等各个环节,旨在实现资源高效利用与环境影响最小化的双重目标。在生产环节,绿色制造技术通过优化工艺流程,减少能源消耗与废弃物排放。运用高效节能的加工设备,提升能源利用效率。在产品设计阶段,充分考虑产品的可拆卸性、可回收性与可再制造性,便于产品报废后材料的回收与再利用,降低资源浪费。此外,绿色制造技术还注重选用环保型材料,减少有害物质的使用。随着全球对环境保护的重视程度不断提高,绿色制造技术已成为机械制造业转型升级的必然选择。它不仅有助于企业降低运营成本、提升市场竞争力,更能推动整个行业向绿色、低碳、循环的方向发展,实现经济效益与环境效益的双赢。

### 2.4 增材制造技术

增材制造技术,俗称3D打印,是一种颠覆传统减材制造模式的先进制造技术。它基于数字模型文件,通过逐层堆积材料的方式直接构建三维实体零件,实现了从“减法制造”到“加法制造”的跨越。该技术具有诸多显著优势。在设计自由度方面,能够轻松制造出传统工艺难以实现的复杂结构零件,如内部带有复杂流道的航空发动机叶片、具有仿生结构的轻量化零部件等,极大拓展了产品设计空间。在生产效率上,无需模具制备,可快速将设计概念转化为实物,缩短产品研发周期,尤其适用于小批量、个性化定制生产。增材制造技术涵盖多种工艺类型,如激光选区熔化(SLM)、电子束熔化(EBM)、光固化成型(SLA)等,可处理金属、塑料、陶瓷等多种材料。随着技术不断发展,其在航空航天、医疗、汽车等高端制造领域的应用日益广泛,不仅推动了产品创新,也为制造业的智能化、柔性化生产提供了有力支撑,成为现代机械制造领域的关键技术之一。

### 2.5 工业机器人技术

工业机器人技术是机械制造领域智能化变革的核心驱动力之一,它集机械、电子、控制、计算机、传感器及人工智能等多学科技术于一体,通过可编程的自动化机械装置模拟人类操作,实现高效、精准、稳定的制造作业。工业机器人具备高灵活性,可根据不同生产需求快速更换末端执行器,完成焊接、喷涂、装配、搬运、

码垛等多样化任务。其高精度定位与重复作业能力,能将加工误差控制在极小范围内,显著提升产品质量一致性。例如在汽车制造中,机器人焊接可使焊缝质量稳定,减少次品率。随着技术发展,工业机器人正朝着智能化、协作化方向演进。搭载视觉识别、力觉感知等传感器的智能机器人,可自主适应复杂环境变化;协作机器人(Cobot)能与人类在同一工作空间安全交互,共同完成精细操作。此外,工业机器人与物联网、大数据、云计算等技术的融合,构建起智能工厂的“神经末梢”,推动机械制造向柔性化、个性化、无人化生产模式转型,成为现代制造业竞争力的重要标志<sup>[2]</sup>。

## 3 机械制造工艺设计分析

### 3.1 轴类零件加工工艺

轴类零件是机械制造中极为常见且关键的零件类型,广泛应用于各类传动系统中,其加工质量直接影响机械设备的性能与可靠性。轴类零件加工通常遵循“基准先行、先粗后精、先主后次”的原则。粗加工阶段,主要利用车床进行车削,去除大部分余量,为后续精加工提供合适的加工余量和基准。此时需合理选择切削用量,以提高加工效率。半精加工和精加工阶段,对尺寸精度和表面粗糙度要求较高。常采用磨削工艺,如外圆磨床磨削轴的外圆表面,能获得较高的尺寸精度和较低的表面粗糙度。对于有特殊要求的轴,如高精度主轴,还会采用超精加工、研磨等工艺进一步提升精度。此外,热处理工序在轴类零件加工中也至关重要。通过调质处理可改善轴的综合力学性能;淬火处理能提高轴的表面硬度和耐磨性。加工过程中还需安排多次中间检验和最终检验,确保轴的各项技术指标符合设计要求,保证轴类零件的加工质量。

### 3.2 箱体类零件加工工艺

箱体类零件是机械装备中的基础支撑部件,如机床床身、减速器箱体等,其结构复杂、加工面多且精度要求高,加工质量直接影响整机的装配精度和运行稳定性。箱体类零件加工通常遵循“先面后孔”的原则。粗加工阶段,先以主要平面为基准进行定位和夹紧,采用铣削或刨削工艺去除大部分余量,为后续孔加工提供稳定的基准面,同时减少变形对孔加工精度的影响。半精加工和精加工阶段,对孔系的加工精度要求极为严格。一般先加工定位销孔,再以定位销孔为基准加工其他孔系,保证孔系间的位置精度。常用的孔加工方法有钻、扩、铰、镗等,对于高精度孔系,还会采用坐标镗床进行加工。同时,为提高箱体的整体刚性和稳定性,会安排时效处理工序,消除内应力。此外,加工过程中需严

格控制加工环境温度,采用合适的切削液,以减少热变形和刀具磨损。通过合理的工艺安排和严格的质量控制,确保箱体类零件满足设计要求,保障机械装备的可靠运行。

### 3.3 齿轮类零件加工工艺

齿轮是机械传动中传递动力和运动的核心零件,其加工精度直接影响传动的平稳性、噪声和使用寿命。齿轮类零件加工工艺需综合考虑齿形精度、齿向精度、齿距累积误差等多项指标。常见的齿轮加工方法分为成形法和展成法。成形法利用与齿槽形状相符的成形刀具直接切出齿形,如铣齿,适用于单件小批量生产或修配加工,但精度较低。展成法则是基于齿轮与刀具的啮合运动原理加工齿形,如滚齿、插齿,能获得较高的加工精度,是齿轮批量生产的主要方法。滚齿加工效率高,可加工直齿、斜齿圆柱齿轮;插齿则能加工内齿轮、多联齿轮等特殊结构。热处理对齿轮性能至关重要。淬火后齿面硬度提高,耐磨性增强,但会产生变形,因此需安排磨齿工序进行精加工。磨齿能显著提升齿轮精度等级,降低传动噪声。对于高精度齿轮,还会采用研齿、珩齿等超精加工工艺。此外,加工过程中需严格控制机床精度、刀具磨损和夹具定位误差,通过在线检测和补偿技术,确保齿轮各项技术参数符合设计要求,满足机械传动的高性能需求<sup>[1]</sup>。

## 4 机械制造技术与机械制造工艺的未来发展趋势

### 4.1 技术融合深化

未来,机械制造技术与工艺将与新兴技术深度交织。人工智能将深度融入制造系统,实现生产过程的自主决策与智能优化,从工艺参数自适应调整到设备故障自诊断,全面提升制造的灵活性与可靠性。物联网技术让设备、产品与人员互联互通,构建起实时感知、动态响应的智能工厂生态,实现生产数据的全流程追溯与协同。虚拟现实与增强现实技术则革新设计与培训模式,使工程师在虚拟环境中完成复杂产品的设计与验证,操作人员借助AR设备快速掌握高精度操作技能,推动制造效率与质量迈向新高度。

### 4.2 可持续发展导向

可持续发展将成为机械制造的核心准则。制造工艺

将聚焦资源高效利用,通过优化材料选用与加工流程,大幅降低原材料消耗与能源损耗。绿色材料的应用日益广泛,生物基材料、可降解材料逐步替代传统材料,减少对环境的负面影响。同时,制造过程将强化废弃物管理与循环利用,构建闭环生产体系,实现废料的最大化回收与再利用。此外,节能减排技术持续创新,推动制造企业向低碳、零碳模式转型,以符合全球日益严格的环保标准,实现经济与环境的和谐共生。

### 4.3 极端制造突破

极端制造技术将不断突破物理与工程极限。在超精密领域,制造精度将持续向纳米级甚至原子级迈进,满足半导体、光学等高端产业对极致精度的需求。大型装备制造方面,将攻克超大型构件的成形与加工难题,提升重大工程装备的可靠性与性能。微纳制造技术则向更小尺度、更高集成度发展,推动微电子、生物医疗等领域的创新变革。此外,极端环境制造技术将取得突破,使装备能在高温、高压、强辐射等极端条件下稳定运行,为航空航天、深海探测等战略领域提供关键技术支撑<sup>[4]</sup>。

### 结束语

机械制造技术与工艺作为工业发展的基石,始终是推动社会进步的核心力量。从传统加工到智能制造,从粗放生产到绿色低碳,每一次技术跃迁都深刻重塑着产业格局。未来,随着技术融合的深化、可持续发展理念的深化以及极端制造能力的突破,机械制造将迈向更高层次的智能化、柔性化与精密化。这不仅要求企业持续创新工艺方法、升级技术装备,更需行业协同构建开放共赢的生态体系。

### 参考文献

- [1]杨叶.先进机械制造技术的发展现状和发展趋势[J].现代制造技术与装备,2021(11):140-141.
- [2]朱志坤.机械自动化在机械制造中的应用探讨[J].科技经济导刊,2022(23):80.
- [3]李晓娇.浅谈现代机械制造技术与工艺的应用研究[J].科技创新导报,2021,14(06):95+97.
- [4]李海颖.现代机械制造加工新技术探讨[J].科技创新与应用,2022(10):128.