

机械制造中的模具设计与制造技术研究

冯志勇¹ 孙林²

1. 宁波裕民机械工业有限公司 浙江宁波 315803

2. 宁波路宝交通设施有限公司 浙江宁波 315800

摘要: 随着制造业智能化转型加速推进,机械制造中的模具设计与制造技术正迎来革新发展。本文围绕机械制造中的模具设计与制造技术展开深入研究。先概述模具在机械制造里的基础地位与作用,接着深入剖析模具设计核心技术,如数字化设计、智能优化算法等,展现设计环节的创新与优化。同时,详细探讨模具制造关键技术,涵盖高速精密加工、增材制造等,体现制造过程的先进与高效。最后,对模具设计与制造技术的未来发展趋势进行展望,包括技术融合创新、材料性能突破及产业生态重构等,为机械制造领域模具技术的发展提供理论支持与实践参考。

关键词: 模具设计; 模具制造; 关键技术; 发展趋势

引言

在机械制造蓬勃发展的当下,模具作为核心工艺装备,其设计与制造水平是衡量一个国家制造业实力的重要标志。从日常用品到高端装备,模具的身影无处不在,其质量直接决定产品的性能与品质。随着科技的飞速进步,传统模具设计与制造技术面临诸多挑战,难以满足市场对产品多样化、个性化及高精度的需求。因此,深入探究模具设计与制造技术,紧跟时代步伐,把握未来发展趋势,对于提升我国机械制造产业的竞争力,推动制造业向高端化、智能化迈进具有至关重要的意义。

一、机械制造中的模具的概述

模具是机械制造领域中用于成型物品的重要工艺装备,被誉为“工业之母”。它通过特定形状的型腔和型芯,使原材料在压力、温度等作用下发生塑性变形或相变,从而获得所需形状、尺寸和性能的零件。模具种类繁多,依据成型加工工艺的不同,可分为冲压模具、注塑模具、压铸模具、锻造模具等。冲压模具用于金属板材的冲裁、弯曲、拉伸等加工;注塑模具则适用于热塑性或热固性塑料的成型;压铸模具可将液态金属在高压下快速填充型腔,成型出精密金属零件;锻造模具用于金属的锻造加工,提高金属的力学性能。模具在机械制造中具有不可替代的作用。它能够高效、批量地生产出形状复杂的零件,保证产品质量的稳定性和一致性,大大提高生产效率,降低生产成本。同时,模具的设计与制造水平直接反映了机械制造的技术能力,先进的模具

技术可以推动新产品的开发,提升产品的附加值和市场竞争能力^[1]。

二、机械制造中的模具设计核心技术

(一) 数字化设计技术

数字化设计技术是机械制造中模具设计的核心驱动力,其本质是通过计算机平台构建产品的数字化模型,覆盖设计、分析、装配、制造等全生命周期环节。该技术以三维建模为基础,利用SolidWorks、CATIA等专业软件实现模具结构的精确表达,使设计师能直观观察每个细节,减少设计错误。参数化设计技术则赋予设计高度灵活性,通过调整模型参数快速创建和修改设计,提高设计效率与可追溯性。虚拟仿真技术可在计算机环境中模拟实际制造和运行过程,无需物理原型即可测试模具性能,提前发现潜在缺陷并优化方案。此外,数字化设计技术还支持多学科协同优化,结合CAE分析对模具进行结构强度、热力学性能等多维度评估,确保设计方案的可行性与可靠性,为后续制造环节提供精准数据支撑。

(二) 智能优化算法

智能优化算法是机械制造模具设计中的关键技术,它借助计算机模拟自然界的生物行为或物理过程,自动搜索模具设计的最优解。遗传算法模仿生物进化机制,通过选择、交叉、变异等操作,在庞大的设计参数空间中逐步筛选出更优的模具结构方案,有效提升模具的成型质量与使用寿命。粒子群优化算法模拟鸟群觅食行为,让设计参数“粒子”在解空间中不断调整位置,以寻找

全局最优解，可快速优化模具的浇注系统、冷却系统等关键结构布局。模拟退火算法则借鉴金属退火原理，在搜索过程中允许接受一定程度的劣解，避免陷入局部最优，从而找到更接近全局最优的模具设计方案。

（三）绿色设计理念

绿色设计理念在机械制造模具设计中愈发重要，它贯穿于模具设计全流程，旨在实现资源高效利用与环境友好。在设计阶段，绿色设计注重从源头减少资源消耗。通过优化模具结构，简化零件形状，降低材料使用量，同时选用可回收、可降解或低能耗加工的材料，如新型环保钢材、生物基塑料等，减少对不可再生资源的依赖。在功能设计上，考虑模具的节能与高效。合理规划模具的冷却系统，提高冷却效率，缩短成型周期，降低能源消耗；优化模具的排气结构，减少废气排放，提升生产环境的清洁度。此外，绿色设计还关注模具的全生命周期管理。

（四）逆向工程技术

逆向工程技术是机械制造模具设计中的一项关键技术，它打破了传统从设计到制造的正向流程，而是通过对已有实物模型进行测量、数据处理和重构，获取其三维几何模型，进而用于模具设计。该技术首先借助三坐标测量机、激光扫描仪等高精度测量设备，快速、准确地采集实物模型表面的点云数据。随后，运用专业的数据处理软件对点云数据进行滤波、去噪、精简等处理，提高数据质量。接着，通过曲面拟合、特征提取等技术手段，将点云数据转化为精确的三维CAD模型。逆向工程技术能够快速获取复杂实物模型的设计信息，尤其适用于对现有产品进行改进设计、仿制设计以及快速原型制造。它不仅缩短了模具设计周期，降低了设计成本，还能帮助企业快速响应市场需求，提升产品竞争力^[2]。

（五）集成化设计平台

集成化设计平台是机械制造模具设计领域的重要技术支撑，它将模具设计过程中涉及的多种软件、工具和技术集成于一个统一的环境中，实现数据的无缝流通与协同工作。该平台整合了三维建模、有限元分析、模具结构优化、工艺规划等多种功能模块。设计师可以在同一平台上完成从模具的初步构思到详细设计的全过程，无需在不同软件之间频繁切换和数据转换，大大提高了设计效率。同时，集成化设计平台支持多学科团队的协同设计，不同专业背景的人员可以实时共享设计数据，进行在线讨论和修改，确保设计方案的科学性和合理性。

三、机械制造中的模具制造关键技术

（一）高速精密加工技术

高速精密加工技术是机械制造模具制造的核心手段。它依托高转速主轴、高进给速度的数控机床以及高性能刀具。高转速主轴可使切削速度大幅提升，切削力显著降低，进而减少模具加工中的热变形与残余应力，让模具表面质量更优、尺寸精度更高。高进给速度加快了材料去除速率，极大缩短加工时间。高性能刀具具备出色的耐磨性与切削性能，能在高速加工中保持稳定，确保加工精度。先进的数控系统能精准控制机床各轴的运动，实现复杂曲面的高精度加工。该技术广泛应用于各类模具制造，无论是汽车覆盖件模具，还是电子产品的精密注塑模具，都能凭借其高效、高精度的特点，满足模具对高质量、短周期的需求。同时，高速精密加工技术还能降低加工成本，提高模具制造企业的市场竞争力，推动模具制造行业向高效、高质方向不断发展。

（二）增材制造技术

增材制造技术为机械制造模具制造带来了全新思路。它通过逐层堆积材料的方式构建模具，无需传统模具制造所需的复杂刀具和夹具。该技术可直接依据三维模型，将金属粉末、塑料丝材等材料逐层堆积成型，能轻松制造出具有复杂内部结构和外形的模具，大大缩短了模具的设计与制造周期。增材制造可使用多种材料，满足不同模具的性能要求。例如，金属增材制造可制造出高强度、耐高温的模具，适用于航空航天等高端领域。而且，它能实现个性化定制，根据客户特殊需求快速制造出专属模具。此外，增材制造在制造过程中材料利用率高，减少了浪费，降低了制造成本。随着技术不断进步，增材制造在模具制造中的应用从原型制造逐步拓展到小批量生产，成为模具制造行业的重要发展方向。

（三）智能装配技术

智能装配技术在机械制造模具制造中意义重大。它借助先进的传感器、机器人和自动化控制系统，实现模具装配过程的自动化与智能化。传感器能实时感知装配过程中的各类参数，如零件位置、装配力大小等，确保装配精度和质量。机器人具有高精度、高灵活性的优势，可精准抓取、搬运和装配模具零件，完成复杂且重复的装配任务，提高装配效率。自动化控制系统对整个装配流程进行精确调度和优化，实现各环节的协同工作。智能装配技术不仅减少了人工操作带来的误差和疲劳，提高了装配的一致性和稳定性，还降低了劳动强度和生产成本。同时，它能够快速适应不同类型模具的装配需求，

提升模具制造企业的生产灵活性和市场响应能力，推动模具制造向智能化、高效化迈进。

（四）精密检测技术

精密检测技术是保障机械制造模具质量的关键环节。它运用高精度的检测设备和先进的检测方法，对模具的尺寸精度、形状精度、表面质量等进行全面、精准检测。三坐标测量机是常用的精密检测设备，它能以极高的精度测量模具的三维尺寸，为模具的质量评估提供可靠数据。激光扫描仪可快速获取模具表面的点云数据，通过软件处理生成精确的三维模型，直观展示模具的表面形貌。此外，还有各种光学检测设备和接触式测量工具，从不同角度对模具进行检测。精密检测技术能及时发现模具制造过程中的缺陷和误差，为模具的修正和改进提供依据。

（五）柔性制造技术

柔性制造技术在机械制造模具制造中展现出强大的适应性和灵活性。它通过集成数控机床、机器人、自动化仓储系统等设备，结合先进的计算机控制系统，实现模具制造过程的自动化和柔性化。柔性制造系统能够根据不同的模具订单需求，快速调整生产流程和工艺参数，无需大规模更换设备和模具。例如，当需要生产不同类型、规格的模具时，系统可自动更换刀具、夹具，调整加工参数，实现多品种、小批量的高效生产。这种灵活性使得模具制造企业能够更好地应对市场的快速变化和客户的个性化需求。同时，柔性制造技术还具备高度的自动化和智能化水平，减少了人工干预，提高了生产效率和产品质量^[3]。

四、机械制造中的模具设计与制造技术未来发展趋势

（一）技术融合创新

未来模具设计与制造技术将深度融合数字化、智能化与跨学科技术。CAD/CAM/CAE一体化技术持续升级，结合人工智能算法优化模具设计流程，通过机器学习分析历史数据自动生成最优方案，提升产品良率。物联网与大数据技术实现模具全生命周期智能管理，实时监测生产参数并自适应调整。增材制造技术突破复杂结构制造瓶颈，缩短研发周期，而数字孪生技术推动模具设计、制造、运维全流程可视化，加速向“黑灯工厂”演进。

（二）材料性能突破

材料性能突破是模具技术升级的核心驱动力。轻量化材料如铝合金、镁合金及碳纤维复合材料普及，推动

模具向高耐磨、高导热方向升级，多腔模具与流道优化技术显著提升材料利用率。生物基塑料与可降解材料的应用推动绿色制造转型，减少环境污染。同时，新型模具钢与表面处理技术提升模具寿命与稳定性，例如激光表面处理技术替代传统电镀工艺，降低废水排放。材料性能的突破将支撑模具在极端制造领域的应用，如航空航天纳米级精度模具需求。

（三）产业生态重构

模具产业生态正从“单点突破”向“系统协同”重构。产业链上游，模具钢、标准件等关键材料国产化率提升，降低对进口依赖；中游，头部企业通过技术积累与资本整合形成“技术+规模”优势，中小企业则聚焦细分领域打造“小巨人”企业；下游，客户与模具企业联合研发模式普及，缩短产品迭代周期。区域协同方面，长三角、珠三角聚焦高端研发，中西部形成“东部研发+西部制造”梯度转移模式。全球化布局加速，企业通过海外建厂与技术并购提升国际竞争力，参与全球价值链重构^[4]。

结束语

机械制造中的模具设计与制造技术研究，是推动工业发展的关键力量。从传统设计制造到如今数字化、智能化技术的深度融合，从单一材料应用到新型高性能材料的不断突破，再到产业生态从分散走向协同重构，每一步进展都凝聚着创新与探索。这些技术革新不仅提升了模具的质量与效率，降低了成本，更拓展了模具的应用边界。未来，随着技术持续融合创新、材料性能不断突破、产业生态进一步优化，模具设计与制造技术必将为机械制造行业注入更强动力，引领产业迈向更高质量的发展阶段。

参考文献

- [1] 赵广杰. 浅谈机械设计与机械制造技术[J]. 电大理工, 2022(02): 23-27.
- [2] 高关胜, 涂祖蕾. 机械设计与机械制造技术研究[J]. 今日制造与升级, 2022(01): 62-64.
- [3] 贾洪波, 倪飞. 论CAD在机械设计中的应用及机械制造技术的新发展[J]. 造纸装备及材料, 2021, 50(04): 101-103.
- [4] 曾耀东. 农业机械设计与机械制造技术思考[J]. 南方农业, 2021, 15(05): 188-189.