

五轴加工中心在模具加工中的应用研究

郭 龙 曹浩毓 陈垣志 王 晨

陕西飞机工业有限责任公司 陕西 汉中 723213

摘要：随着制造技术的不断发展，五轴加工中心在模具加工领域中的应用日益广泛。通过综合调研和实证分析，对五轴加工中心在模具加工中的优势和最新研究进展进行了深入研究和分析。同时，还探讨了五轴加工中心在模具加工中的潜在应用领域和未来发展趋势。其研究的成果对于推动五轴加工中心技术在模具加工领域的发展、提升加工质量和效率具有一定的实用意义。

关键词：五轴加工；模具加工；应用研究

1 模具加工的重要性

模具加工是制造业中不可或缺的一环，其重要性不容忽视。在现代制造业中，模具被视为“工业之母”，因为几乎所有的制造行业都离不开模具的使用。从汽车、家电、电子产品到航空航天领域，模具加工的质量和效率直接影响到产品的质量和生产成本。第一，模具加工是产品制造的关键环节。在生产过程中，模具用于成型、注塑、冲压等各种工艺，能够高效快速地生产出大量精确、一致的产品。模具的质量和精度直接决定了产品的外观、尺寸和性能，因此，提高模具加工的精度和稳定性是制造高质量产品的必要条件。第二，模具加工技术的不断进步和应用领域的扩大也推动了制造业的发展。随着科技的不断进步，高精度、高效率的模具加工设备和不断涌现，为制造业的发展提供强大的技术支持。同时，模具加工的应用领域也在不断扩大，从传统的汽车、家电领域拓展到航空航天、新能源、生物医疗等领域，模具加工技术的发展对于推动制造业的转型升级和高质量发展具有重要意义。第三，模具加工对于提高生产效率和降低成本也具有重要作用。通过先进的模具加工技术和设备，企业可以大幅度提高生产效率，缩短产品研发周期，降低生产成本，从而获得更多的竞争优势和市场机会^[1]。

2 五轴加工中心的构成和工作原理

五轴加工中心是一种先进的数控机床，具有五个自由度运动轴，能够实现更复杂的加工任务。五轴加工中心主要由机床床身、工作台、主轴头、刀具系统、控制系统和冷却系统等部分组成。其中，机床床身是整个机床的基础，通常采用高强度铸铁或钢板焊接而成，具有良好的刚性和稳定性。工作台主要用于放置工件，可以按照加工需求进行精确的定位和固定。主轴头是机床的核心部分之一，具有高转速和高刚性的特点，可以根

据不同加工需求安装不同类型的刀具。刀具系统则包括刀库、换刀机构和刀具检测装置等部分，用于自动更换刀具和检测刀具状态。控制系统则是五轴加工中心的大脑，它通过读取编程指令，控制机床各部分按照预设的加工路径和参数进行运动，实现精确的加工。同时，冷却系统为加工区域提供冷却液，以降低切削热和延长刀具寿命。五轴加工中心的工作原理基于计算机数控（CNC）技术。首先，根据加工需求，操作员使用CAD软件进行零件设计和编程。然后，生成的数控程序被传输到五轴加工中心的控制系统。控制系统按照程序指令控制机床的各个轴进行精确运动，从而实现复杂形状的加工。同时，控制系统还会实时监测机床的工作状态和加工误差，并进行相应的调整和补偿，以确保加工精度和质量。

3 五轴加工中心在模具加工中的优势

五轴加工中心在模具加工中具有显著的优势，这些优势主要表现在以下几个方面：（1）加工复杂曲面能力强：五轴加工中心具有五个自由度运动轴，可以加工复杂的三维曲面和不规则形状，这使得模具的制造变得更为容易和高效。与传统的三轴加工中心相比，五轴加工中心能够更好地适应模具复杂曲面的加工需求。（2）提高加工精度和稳定性：五轴加工中心具有高精度、高稳定性的特点，可以实现高精度的切削和加工。通过使用五轴加工中心，模具的精度和质量可以得到显著提升，从而提高产品的质量和一致性。（3）减少加工时间和成本：五轴加工中心具有高效率的特点，可以大幅度缩短模具的加工时间和成本。由于五轴加工中心可以实现多面、多轴联动加工，可以同时完成多个面的加工，从而提高了加工效率。此外，五轴加工中心的自动化程度较高，可以减少人工干预和操作时间，进一步降低加工成本^[2]。（4）提高加工灵活性：五轴加工中心可以适

应不同类型的模具材料和加工需求,具有良好的加工灵活性。它可以处理各种硬度、韧性和复杂结构的模具材料,并能够根据不同的加工需求进行定制化配置和调整。(5)缩短产品研发周期:由于五轴加工中心具有高精度、高效率 and 自动化程度高的特点,它可以大幅度缩短产品研发周期。通过使用五轴加工中心,企业可以在短时间内完成模具的设计、加工和调试,从而更快地将新产品推向市场。

4 五轴加工中心在模具加工中的应用分析

4.1 五轴加工中心在模具加工中的工艺流程

五轴加工中心在模具加工中的工艺流程如下:(1)前期准备:首先对模具图纸进行工艺分析,确定加工方案和工艺流程。根据模具材料和结构特点,选择合适的刀具、切削参数和加工策略。(2)粗铣加工:使用五轴加工中心对模具进行粗铣加工,去除大部分多余材料,为后续精加工创造良好的基础。粗铣过程中要注重切削效率与切削质量的平衡。(3)半精铣加工:粗铣完成后,进行半精铣加工,进一步去除多余材料,为精铣做好准备。半精铣过程中要注意保留精铣所需的余量,并保证模具型腔的轮廓精度。(4)精铣加工:在半精铣的基础上进行精铣加工,着重提高模具表面的质量和精度。合理选择刀具和切削参数,确保切削后的表面光洁度和平行度满足要求。(5)后处理:精铣完成后,根据需要进行去毛刺、抛光等后处理工序,进一步提高模具的表面质量和使用性能。(6)检测与验收:完成所有加工工序后,对模具进行检测与验收。检查模具的尺寸、形位公差、表面质量等是否符合设计要求,并进行必要的修正和调整。

4.2 五轴加工中心在模具加工中的优化和改进

随着制造业的不断发展,模具加工的需求也在不断变化。为了满足市场需求,五轴加工中心在模具加工中的优化和改进成为了一个重要的研究方向。五轴加工中心在模具加工中需要高精度和高稳定性的支持。通过优化机床结构、提高运动控制精度、采用先进的热管理系统等技术手段,可以提高五轴加工中心的加工精度和稳定性,进一步提升模具的加工质量^[3]。随着工业4.0和智能制造的推进,模具加工的智能化和自动化成为了一个重要的发展趋势。通过引入先进的传感器、数控系统和自动化设备,实现五轴加工中心的智能化和自动化,可以提高加工效率和降低人工干预,进一步提升模具加工的质量和效率。随着不同行业 and 不同产品的多样化需求增加,模具的加工也需要更高的灵活性和适应性。通过个性化和定制化的服务和配置,五轴加工中心能够更好地满足各种特殊需求,扩展其在模具加工中的应用领

域。五轴加工中心的技术升级和创新也是优化和改进的重要方面。随着新材料、新工艺、新技术的不断涌现,模具加工的挑战也在不断变化。通过持续的技术升级和创新,五轴加工中心能够适应新的市场需求和技术要求,保持其在模具加工中的竞争优势。在环保意识日益加强的背景下,五轴加工中心的优化和改进还需要关注绿色环保和可持续发展。通过采用节能技术、环保材料和优化生产过程等措施,减少加工过程中的废弃物和碳排放,提升五轴加工中心的环保性能和可持续性。

4.3 五轴加工中心在模具加工中的成本效益分析

五轴加工中心作为高端数控加工设备,在模具加工中具有显著的成本效益优势。

4.3.1 直接成本:(1)加工效率提升:五轴加工中心具备高转速、大扭矩和高精度的特点,能够快速高效地完成模具的铣削、钻孔、攻丝等多种加工。通过提高加工效率,可以缩短生产周期,从而降低单件产品的加工成本。(2)刀具成本降低:五轴加工中心采用多轴联动技术,可以减少刀具数量和换刀次数,降低了刀具成本。由于切削条件的优化,刀具磨损速度减缓,使用寿命延长,进一步节约了刀具成本。(3)材料利用率提升:五轴加工中心可以加工复杂曲面和异形结构,提高了材料的利用率。通过合理的排料和加工策略,可以最大限度地减少材料浪费,降低原材料成本。(4)减少人工成本:五轴加工中心自动化程度高,减少了人工干预和操作时间。同时,加工精度和稳定性的提升也减少了后道工序和返工的成本,从而降低了人工成本。

4.3.2 间接成本:(1)提升产品质量:五轴加工中心的高精度和高稳定性保证了模具零件的质量和一致性。通过提高产品质量,可以减少后续生产过程中的废品率和不良品率,间接降低了生产成本。(2)缩短产品上市时间:五轴加工中心的高效加工能力可以缩短模具的开发周期。在市场竞争激烈的今天,早一日将产品推向市场就意味着更多的商业机会和利润空间。因此,五轴加工中心间接提升了企业的竞争力^[4]。(3)技术竞争力提升:随着制造业技术的不断发展和进步,五轴加工中心作为先进技术的代表之一,可以帮助企业跟上技术发展的步伐,提升整体技术竞争力。通过掌握高端加工技术,企业可以获得更多的商业机会和竞争优势。(4)维护与保养成本:虽然五轴加工中心的前期投资较大,但其具备高稳定性和低维护特点。合理的维护与保养措施可以延长机床的使用寿命,降低长期运营成本。

5 五轴加工中心在模具加工中的发展趋势和展望

随着科技的飞速发展和制造业的不断升级,五轴加

工中心在模具加工领域的应用日益广泛。作为现代制造技术的代表，五轴加工中心以其高效、高精度和高度灵活性的特点，深刻影响着模具加工的未来发展趋势。

5.1 技术发展趋势

随着硬件技术的突破，五轴加工中心的硬件性能将进一步提升，包括更高的转速、更大的扭矩以及更稳定的动态性能；同时，智能化软件的发展将进一步优化五轴加工中心的加工过程，通过智能化的算法和数据分析，实现加工过程的自动优化和智能控制。未来的五轴加工中心将更加注重复合加工与多轴联动的技术发展。通过优化多轴联动算法，提高切削效率，降低刀具磨损，进一步缩短加工周期。同时，复合加工技术的进步将使五轴加工中心能够处理更复杂的模具结构，满足高端制造业的需求。未来五轴加工中心将引入更智能的检测技术和误差补偿机制；通过实时检测和补偿，可以显著提高加工精度，减少误差。智能检测技术还可用于加工过程的监控和故障预警，进一步提高设备的可靠性和稳定性。随着模具市场的多样化需求增加，五轴加工中心将更加注重个性化定制和模块化设计；企业可以根据客户的需求进行定制化配置，满足不同行业的特殊需求。同时，采用模块化设计可简化设备的维护和升级过程，提高生产效率。随着环保意识的提升，未来的五轴加工中心将更加注重环保设计和可持续发展；采用更环保的材料、降低能耗、减少废弃物排放将成为五轴加工中心发展的重要方向，以实现绿色制造和可持续发展。

5.2 市场发展展望

随着制造业的转型升级和市场需求的不断增长，五轴加工中心的市场规模将持续扩大；企业应抓住市场机遇，加大研发和创新投入，推出更具竞争力的产品，满足市场需求。由于全球化进程的加速，国际市场将成为五轴加工中心的重要战场；企业应关注国际市场动态，加强国际合作与交流，提升品牌影响力和市场竞争力，拓展

国际市场份额；面对激烈的市场竞争，五轴加工中心行业将出现整合与合作的趋势。企业间可通过合作、兼并等方式实现资源共享和优势互补，共同应对市场挑战，实现共赢发展。未来的市场竞争将更加注重客户的个性化需求和售后服务体验；企业应提供定制化的服务和完善的售后服务体系，增强客户黏性，提升客户满意度和忠诚度。五轴加工中心的发展不应局限于单一领域，而应关注跨界融合与创新驱动。企业应关注新兴技术领域如人工智能、物联网、大数据等，将其与五轴加工中心技术相结合，推动创新发展，开辟新的应用领域和市场机会。

结束语

随着科技的不断进步和制造业的持续发展，五轴加工中心在模具加工中的应用将越来越广泛。作为现代制造技术的代表，五轴加工中心具有高效率、高精度、高灵活性的特点，能够满足复杂模具的加工需求。未来，五轴加工中心的发展将更加注重技术创新和智能化应用，不断提升设备的性能和智能化水平。同时，随着制造业的转型升级和市场需求的不断增长，五轴加工中心的市场前景将更加广阔。此外，还需要关注环保和可持续发展，推动绿色制造和低碳经济的发展，为建设美好的制造强国做出贡献。

参考文献

- [1]王华侨.五轴加工中心在模具加工中的应用研究[J].精密制造与自动化,2021(2):40-44.
- [2]王凡,杨权.五轴加工中心技术在模具领域的应用探究[J].中国机械工程,2021,34(2):318-325.
- [3]刘丹,马旭辉.五轴加工中心技术在复杂模具加工中的应用研究[J].中国设备工程,2021(6):95-96.
- [4]王刚,张杰.五轴加工中心在注塑模具高效加工中的应用研究[J].制造技术与机床,2021(4):33-37.