

# 数控刀具对数控加工工艺的影响及优化

唐赛榔

湖南省湘潭技师学院

**摘要:** 数控刀具作为数控加工技术体系中的关键组成部分,对提升加工效率、保障加工质量、精密零件的制造等方面发挥着至关重要的作用。数控刀具的选择不仅影响切削效率,也对加工过程中的精度和表面质量有直接影响。在航空、汽车、精密制造等行业,合适且优质的数控刀具对于加工高性能零件至关重要。针对不同的加工任务和材料特性,数控工艺策略需进行相应的优化,以实现最佳效果。为此,本文从数控刀具的特点、种类与应用出发,分析了其对数控加工工艺的影响,并提出了优化数控加工工艺的有效措施,包括刀具管理与选择策略优化、加工路径与参数优化、机床状态监控与智能调控以及工艺规程和标准化管理。

**关键词:** 数控刀具; 数控加工; 影响; 优化

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2022.07.215

## 引言

随着制造业向高效率、高精密度和智能化的方向发展,数控(CNC)加工技术成为工业生产中的重要手段。其中,数控刀具作为完成数控加工任务的直接执行者,它的性能直接决定了加工过程中的效率和精度。因此,对数控刀具的特性、选型与应用的深入了解,并通过数控工艺的优化来充分挖掘刀具潜力,对于提高整体加工水平和生产效率具有重要意义。

## 一、数控刀具的相关内容

### (一) 数控加工常用刀具的特点

数控(CNC)刀具凭借其卓越的稳定性和刚性,以及高精度设计,能够执行高速和重负荷切削作业。这些刀具通常拥有更长使用寿命,一方面得益于它们通常由硬质合金或其他高性能材料制成,例如:陶瓷、立方氮化硼、金刚石复合材料以及涂层刀片。在采用高速钢材料时,往往选用含有高浓度钴、钒、铝的高性能合金钢,或粉末冶金生产的高速钢。除此之外,数控刀具拥有高度的互换性,支持快速且简便的换刀操作。多数现代数控刀具支持自动换刀,大幅度降低了机床的辅助时间。以TOYOKONO数控刀具为例,这类刀具不仅拥有上述特点,还特化在精确性方面,极适合加工高精度零件。特别是在采用可转位刀片的场合,刀体与刀片之间的重复定位精度极高,从而保证了优良的加工结果<sup>[1]</sup>。此外,TOYOKONO数控刀具还具备优秀的排屑和断屑能力,这对数控机床的使用尤为关键。用户在加工过程中不能频繁停机清理切屑,而长条状的切屑不仅可能危害操作者安全,还会影响加工效率。TOYOKONO的刀具通过其设计,可以实现高效的切屑管理,保障操作流程的顺畅进

行。

### (二) 数控加工常用刀具的种类

数控(Numerical Control,简称NC)加工是指在加工过程中使用数控机床,根据预先编写的程序自动执行物品加工的一种高效率的加工方式。在数控加工中,刀具的选择对加工效率和加工质量至关重要。刀具种类繁多,可以根据用途和设计来大致分类。以下是数控加工中常用的几类刀具介绍:

第一类,旋转刀具。这是数控加工中应用最广的刀具类型,包括了各种铣刀、钻头、镗刀以及螺纹加工刀具等。旋转刀具可以在数控机床上进行平面铣削、立面铣削、槽铣、齿轮加工、孔加工和螺纹加工等多种加工方式。在选择旋转刀具时,需要考虑刀具的材料、几何形状、涂层以及加工对象的材料类型等多方面因素。例如,硬质合金刀具可用于高速切削和硬材料的加工,钴高速钢刀具则更适用于复杂型面的加工以及热处理前的粗加工<sup>[2]</sup>。

第二类,静止刀具。静止刀具通常用在车削加工中,包括车刀、镶嵌式切削刀片等。与旋转刀具相比,静止刀具的刀具体积相对较小,但是它们在轮廓形状加工、内外圆加工、端面加工以及螺纹车削等方面具有显著的加工优势。在选用静止刀具时,通常考虑刀片材料的硬度与韧性,以适应不同硬度材料的加工需求。同时,刀具的稳定性和散热性能也是重要的选择因素。由于车削过程中的高温高压,耐热耐磨的涂层技术对静止刀具的性能改进起着至关重要的作用。

第三类,特殊刀具。为了满足特定加工需求,数控加工领域还发展了各种特殊的刀具,比如铰刀用于孔的

精加工、镗刀用于去除孔中的毛刺、圆角铣刀用于加工圆角以及形状复杂的模具加工刀具等。特殊刀具的设计往往针对性更强，能满足特殊材料或特殊形状加工的需求。这些刀具通常需要在设计上投入更多的创新，以实现优异的加工精度和表面质量。例如，在航天航空领域，数控加工的精度及其重要，此时所选用的特殊刀具需要具备极高的耐磨性与精确度。随着材料科学的发展，刀具材料和涂层技术的不断进步，特殊刀具的应用范围和加工能力也在不断扩展。

### （三）数控刀具的应用领域

#### 1. 航空航天行业

在航空航天行业，数控刀具扮演着至关重要的角色。这一领域对零件的精度、质量和性能要求极高，且多数构件采用难加工的材料制成，如钛合金、高温合金和复合材料等。使用数控刀具能有效实现这些材料的精密加工和复杂表面的造型。数控刀具可以精确控制切削参数，优化刀具轨迹，实现高效率、高精度、低表面粗糙度的加工目标。在航天发动机涡轮叶片、飞机结构件的制造过程中，数控刀具通过复杂的编程和刀具路径优化，确保了产品的制造精度和重复性，大幅提高了生产效率。

#### 2. 汽车制造业

汽车制造是数控刀具的另一个重要应用领域。数控刀具在汽车零部件的加工中发挥关键作用，如发动机缸盖、缸体、曲轴、凸轮轴等零件的加工。由于这些零件通常要求批量生产，数控刀具能够保证高精度和一致性，而且能够通过程序调整迅速适应不同型号零件的生产需要。数控机床和数控刀具的高效率和自动化程度，显著降低了人力成本和生产时间，增强了汽车行业的竞争力。除此之外，随着汽车行业对燃油经济性、减排和性能的不断追求，数控刀具对于实现零件的轻量化设计提供了可能，通过高精度的加工实现材料的合理利用和优化结构设计<sup>[3]</sup>。

#### 3. 精密制造与模具加工

精密制造业和模具加工业也是数控刀具应用非常广泛的领域，特别是在生产各种精密零部件和模具时。这些行业需要制造尺寸精确、形状复杂、表面光洁度高的零件，例如手机、计算机配件、精密齿轮以及各种塑料模具、压铸模具等。数控刀具在这里的优势体现在能够进行多轴加工，加工多种复杂的曲面和结构，而且通过

精确控制刀具轨迹，可以达到微米级别的加工精度。随着数控技术的发展，数控刀具不断更新，可用于干切削和微量润滑等先进加工技术中，提高了加工效率和零件质量。在高端模具制造中，数控刀具为复杂模具的产出提供了先进的加工方法和解决方案，有效缩短了产品从设计到市场的周期。

### 二、数控刀具对数控加工工艺的影响

数控刀具作为数控加工中的重要组成部分，对完成加工任务的效率、精度和加工质量等方面起着至关重要的作用。其性能直接关系到数控机床能否充分发挥其高速、高效、高自动化的加工特点。数控刀具对数控加工工艺的影响主要体现在以下几个方面：

#### （一）加工精度的保证

数控刀具的精度直接影响到最终加工件的精确度。现代数控刀具经过优化设计，通常具备高刚性、高精度的特点，这使得在高速切削过程中能够保持刀尖的稳定，进而确保工件的加工尺寸和形位公差在允许范围内。同时，现代数控刀具通常采用快速换刀系统，能在极短的时间内完成刀具的更换，减少了换刀误差，提升了加工精度。高质量的数控刀具对于高精度零件的加工更是不可或缺，特别是在航空、汽车及模具制造行业中，其对精准度的要求极高，高品质的数控刀具在此扮演了重要的角色<sup>[4]</sup>。

#### （二）加工效率的提升

数控刀具的设计和材料选择通常遵循高效加工的要求。例如，使用硬质合金、陶瓷、PCBN（立方氮化硼）等材料制成的刀具，其刃口耐磨性强，可以进行高速切割，极大地提升了加工效率。此外，多刃数控刀具也可以进行多轴联动加工，这不仅提高了切削效率，也缩短了加工周期。高效的刀具更能配合数控机床实现复杂路径的快速加工，从而在保证加工质量的同时，缩短产品从设计到成品的整个周期，对提升整个生产的流程效率起到了关键的作用。

#### （三）加工质量的影响

数控刀具的结构设计、材料选择以及涂层技术等都会对加工过程中的刀具寿命和工件表面质量产生影响。优质的数控刀具能有效降低工件表面的粗糙度，提供更好的表面光洁度，增加工件的使用寿命。此外，恰当的刀具材料选择和刀具涂层可以有效抵御热力和机械冲击，抑制刀具磨损，提高加工工件的稳定性和一致性。

而刀具寿命的可预测性对于减少机器的非计划停机时间，提高生产线的可靠性也至关重要，进而确保整个生产系统高效、平稳运行。

### 三、优化数控加工工艺的有效措施

#### (一) 刀具管理与选择策略优化

优化数控机床的刀具管理和选择策略是提升加工效率的重要措施之一。首先，合理的刀具选择对保障产品加工质量及提高加工效率具有至关重要的作用。通过分析工件材料、加工要求及机床性能，选择适合加工材料、耐用度高且可靠性强的刀具是提高加工效率和加工精度的前提。其次，采用先进的刀具预设和测量系统可以减少机床设定时间，通过实施动态刀具生命周期管理，采用计算机辅助的刀具管理系统，持续监测刀具的使用状态，进行预测性维护，从而减少刀具产生的非预期磨损甚至损坏，延长刀具寿命，同时确保加工精度。此外，针对刀具的几何参数、切削参数进行优化调整，通过科学计算得出的最优切削参数，可以在最大程度上提高刀具性能和切削效率，维护良好的工艺状态<sup>[5]</sup>。

#### (二) 加工路径与参数优化

针对数控加工工艺，加工路径的规划及参数的优化直接关联到加工效率和成本。数控编程的高效路径规划可以减少空走时间，提高切削效率，避免冗余和无效移动。在多轴数控加工中，合理规划刀具的运动路径，确保刀具在加工过程中的最佳姿态，可减少机床碰撞的风险，提供连续稳定的切削作业。同时，应用先进的数控编程软件进行刀具路径仿真，提前发现并解决加工过程中可能出现的问题，降低错误频率，减少返工和修正时间，确保加工状态的高效和安全。此外，通过优化切削参数，如切削速度、进给速率和切深，而得到的最佳组合可以在不牺牲加工质量的前提下，最大限度提升加工速度和延长刀具寿命，减少能耗和生产成本。

#### (三) 机床状态监控与智能调控

采用现代传感技术监控数控加工过程中的机床状态，是实现工艺优化的有效手段。基于物联网、大数据分析和机器学习等先进技术的智能监控系统，能够实时采集机床的振动、温度、切削力等关键数据，通过对数据的分析和处理，及时发现数控系统的异常，提前预防潜在的故障。这种近乎实时的反馈调控机制，不仅提高了加工的稳定性和机床的可靠性，还为自适应控制和优

化提供了数据支持。进而可以根据工件与刀具之间的相互作用动态调整切削参数，实现高质量和高效率的加工目标。最终，通过智能化的机床状态监控和调控系统，可以实现加工过程的自优化、自调整 and 自组织，提高生产自动化水平和智能化程度，达到优化加工工艺的目的。

#### (四) 工艺规程和标准化管理

加强工艺规程的科学化、标准化管理，是优化数控加工工艺的有效手段。工艺规程包括工序分解、操作方法、工件装夹、刀具选择及切削参数设定等各个方面。制定一套合理的工艺规程可以显著提升生产效率和产品质量。在工艺规程的制定中，应充分考虑到材料特性、机床性能、生产批量等因素，通过大量的试验和经验积累，选择最恰当的加工顺序和方法，从而形成一套完善的标准化流程。此外，标准化的数据管理也尤为重要，创建和维护一个包含刀具信息、机床性能参数、加工参数等相关数据的数据库，可以为加工工艺的优化提供准确可靠的参考依据。同时，这些数据的收集和分析可以用来定期评估和改进加工工艺，促进持续改进和技术进步。

## 四、结语

数控刀具在现代制造行业中扮演着至关重要的角色，它不仅影响着加工的精度和效率，而且对于提高产品质量、降低生产成本具有显著效果。通过高质量的刀具选择、精确的加工路径规划、合理的切削参数设置以及实时的监测与智能调控，可以有效优化数控加工工艺，提升数控加工的整体性能。随着技术的不断进步和创新，数控刀具和加工技术将为各行各业提供更精准、更高效和更智能的制造解决方案。因此，工业企业在推进生产力发展的过程中应不断追求数控刀具的性能提升和加工工艺的优化。

### 参考文献

- [1] 岳彩旭, 张俊涛, 刘献礼, 等. 薄壁件铣削过程加工变形研究进展[J]. 航空学报, 2022, 43(4): 99-124.
- [2] 姚娟. 数控刀具优化对加工工艺的影响研究[J]. 木工机床, 2022(003): 000.
- [3] 于婷. 基于25钢的数控车削工艺参数多目标优化[D]. 山西: 中北大学, 2022