

关于不规则零件的数控机床加工工艺研究

李松霞

玉林市机电工程学校 广西 玉林 537000

摘要：本文研究了不规则零件的数控机床加工工艺，分析了不规则零件的特点与加工难点，阐述了数控机床的工作原理和加工工艺要素，重点探讨了不规则零件的数控机床加工工艺技术，包括定位与夹紧技术、刀具路径规划技术、切削用量优化技术以及加工过程中的监测与调整技术。对不规则零件数控机床加工的质量控制进行了分析，并提出了提高加工精度和表面质量的措施。

关键词：不规则零件；数控机床；加工工艺；质量控制

引言：随着现代制造业的快速发展，不规则零件在航空航天、汽车制造、模具加工等多个领域的应用日益广泛。这类零件由于形状复杂、尺寸多变，给传统加工方式带来了巨大挑战。数控机床以其高度的自动化和精确的控制能力，成为加工不规则零件的理想选择。因此，研究不规则零件的数控机床加工工艺具有重要意义。

1 不规则零件的特点与加工难点

1.1 不规则零件的定义与分类

不规则零件，是指那些形状、尺寸或结构不符合常规、标准化特征的零件。这类零件往往无法用简单的几何图形或标准的尺寸规格来描述，其外形轮廓复杂多变，可能包含曲面、凹槽、凸起等多种特征。在工业生产中，不规则零件广泛存在于航空航天、汽车制造、模具加工等多个领域，是构成复杂机械结构和产品的重要组成部分。根据不规则零件的形状特征，我们可以将其初步分为几类：一类是具有复杂曲面的零件，如叶轮、叶片等，这类零件的表面形状复杂，加工难度较大；另一类是具有不规则凹槽或凸起的零件，如某些机械零件的内部结构，这类零件的加工需要精确的刀具路径规划和严格的加工控制；还有一类是尺寸变化较大的零件，如某些大型铸件或锻件，这类零件的尺寸和形状都可能存在较大的差异，加工过程中需要考虑的因素较多。

1.2 不规则零件的加工特点

不规则零件在形状、尺寸、材料等方面都具有特殊性，这些特性对加工过程产生了显著的影响。在形状方面，不规则零件的外形轮廓复杂多变，无法用简单的几何图形来描述。这使得在加工过程中，刀具路径的规划变得尤为困难。加工人员需要根据零件的具体形状，制定出合理的刀具路径，以确保加工出的零件符合设计要求。在尺寸方面，不规则零件的尺寸可能存在较大的差异。这种尺寸上的差异不仅体现在零件的整体尺寸上，

还可能体现在零件的各个部分之间。这就要求加工设备具有足够的加工范围和精度，以适应不同尺寸的零件加工需求。在材料方面，不规则零件可能采用各种不同类型的材料制成，如金属、塑料、复合材料等。不同材料的加工性能各不相同，对加工设备、刀具和加工工艺都提出了不同的要求。加工人员需要根据材料的特性，选择合适的加工设备和刀具，并制定出合理的加工工艺参数，以确保加工出的零件具有良好的质量和性能。

1.3 加工难点分析

不规则零件在数控机床加工中可能遇到多个难点。一是定位问题。由于不规则零件的形状复杂多变，很难用常规的定位方法来准确确定零件在机床上的位置。加工人员需要根据零件的具体形状和特征，设计出合适的定位装置和夹具，以确保零件在加工过程中的稳定性和准确性。二是夹紧问题。不规则零件的夹紧也是加工过程中的一个难点。由于零件的形状和尺寸差异较大，夹紧力的大小和分布都很难控制。过大的夹紧力可能导致零件变形或损坏，而过小的夹紧力则无法保证零件在加工过程中的稳定性。加工人员需要根据零件的具体情况 and 加工要求，选择合适的夹紧方式和夹具，以确保零件在加工过程中的夹紧效果。三是刀具路径规划问题^[1]。不规则零件的刀具路径规划是加工过程中的另一个重要难点。由于零件的形状复杂多变，刀具路径的规划需要考虑多种因素，如刀具的类型、切削用量、加工顺序等。加工人员需要根据零件的具体形状和加工要求，制定出合理的刀具路径规划方案，以确保加工出的零件符合设计要求并具有良好的质量和性能。

2 数控机床加工工艺基础

2.1 数控机床工作原理

数控机床，作为现代制造业的精密加工利器，其工作原理与组成结构均彰显了高科技的非凡魅力。其核心

优势在于高度的自动化与精确的控制能力，这背后是其复杂而精妙的构造所支撑。数控机床主要由数控系统、伺服驱动系统、机床本体及一系列辅助装置构成。数控系统，堪称数控机床的灵魂，它负责接收并精准解读操作人员输入的加工指令。这些指令以数字化的G代码和M代码形式呈现，详尽描述了加工过程中的每一步操作，如刀具路径、主轴转速、切削液开关等。数控系统通过内部的高效计算与处理，将这些指令转化为精确的控制信号，为加工过程提供精准导航。伺服驱动系统则是数控机床的动力核心。它依据数控系统的控制信号，驱动机床本体部件进行精确运动。伺服系统包含主轴控制系统和进给控制系统，分别负责主轴的旋转控制和刀具在X、Y、Z等方向的移动控制。伺服系统具备高度的响应速度和精度，确保机床部件能按预定轨迹和速度运动，实现精密加工。机床本体是数控机床的主体，包括床身、导轨、主轴、刀具库等关键部件。其结构设计和制造精度直接影响加工质量和效率。在设计与制造过程中，对机床本体的要求极为严苛，必须确保其具备足够的刚性和精度，以承受加工过程中的各种力和振动。控制系统作为数控机床的神经中枢，协调管理数控系统、伺服驱动系统与机床本体之间的协同工作，确保各部分紧密配合，高效完成加工任务。

2.2 加工工艺要素

在数控机床加工过程中，刀具、切削用量和加工路径是关键要素，直接影响着加工质量和效率。刀具是数控机床加工的直接工具，其类型、规格和几何参数的选择对加工结果有着至关重要的影响。不同的刀具适用于不同的加工材料和加工方式，在选择刀具时，必须充分考虑被加工材料的性能、加工要求以及刀具的耐用度等因素。切削用量包括切削速度、进给量和切削深度等参数，的选择需要根据被加工材料的性能、刀具的耐用度以及加工要求等因素进行综合考虑。合理的切削用量选择可以在保证加工质量的前提下，提高加工效率，降低加工成本。加工路径是指刀具在加工过程中相对于工件的运动轨迹。合理的加工路径规划可以减少加工时间，提高加工精度和表面质量，并降低刀具磨损和加工成本。

2.3 加工工艺规划

加工工艺规划是数控机床加工前的重要准备工作，它涉及对零件的全面分析、工艺路线的制定、刀具的选择以及切削用量的确定等多个方面。零件分析是加工工艺规划的第一步，它要求对零件的形状、尺寸、材料和技术要求等进行详细的研究和分析。通过零件分析，可以明确加工目标和要求，为后续的工艺规划提供准确的

依据。工艺路线的制定是加工工艺规划的核心环节，要求根据零件的分析结果，制定出合理的加工顺序和加工方法。工艺路线应包括加工阶段的划分、装夹方式的选择、加工设备的确定以及加工过程中的检测和控制等内容。合理的工艺路线可以确保加工过程的顺利进行，提高加工效率和质量。刀具选择和切削用量的确定是加工工艺规划中的重要环节。它们的选择需要根据被加工材料的性能、加工要求以及刀具的耐用度等因素进行综合考虑。合理的刀具选择和切削用量确定可以在保证加工质量的前提下，提高加工效率，降低加工成本。

3 不规则零件的数控机床加工工艺技术

3.1 定位与夹紧技术

对于不规则零件，准确的定位和可靠的夹紧是确保加工精度的前提。由于不规则零件的形状各异，传统的定位方式往往难以满足要求。需要采用更为灵活多样的定位方法^[2]。例如，可以利用零件上的特定特征（如孔、槽等）进行定位，或者设计专用的定位夹具来适应零件的形状。在夹紧装置的选择上，需要考虑零件的材料、形状以及加工过程中的受力情况。对于易变形的零件，应采用柔性夹紧装置，以减少夹紧力对零件形状的影响。

3.2 刀具路径规划技术

不规则零件的刀具路径规划是加工过程中的关键环节。合理的刀具路径不仅可以提高加工效率，还能保证加工质量。对于不规则零件，通常采用粗加工、半精加工和精加工相结合的加工策略。在粗加工阶段，主要关注的是快速去除多余材料，可以选择较大的切削用量和较简单的刀具路径。在半精加工阶段，需要对零件进行进一步的形状修整，此时应适当减小切削用量，并采用更为精细的刀具路径。而在精加工阶段，目标是达到最终的加工精度和表面质量，因此需要选择合适的刀具和切削参数，并精心设计刀具路径，以确保加工出符合要求的零件。

3.3 切削用量优化技术

切削用量对加工效率和质量有着至关重要的影响。对于不规则零件，由于形状复杂、曲面多变，切削用量的选择更为困难。需要根据零件的材料、形状、加工阶段以及刀具的性能等因素，综合考虑切削速度、进给量和切削深度的选择。为了优化切削用量，可以采用试验法、经验公式法或数值模拟法等方法进行研究和计算。通过优化切削用量，可以在保证加工质量的前提下，提高加工效率，降低加工成本。

3.4 加工过程中的监测与调整技术

在加工不规则零件的过程中，需要对加工过程进行

实时监测,以及时发现和解决问题。例如,可以利用传感器对切削力、切削温度等参数进行监测,以判断加工过程是否稳定。还需要根据监测结果对加工参数进行调整,以确保加工质量和效率。为了应对不规则零件加工过程中的不确定性因素,还可以采用在线测量和补偿技术。通过在加工过程中对零件进行实时测量,可以及时获取零件的实际形状和尺寸信息,并根据这些信息对加工路径和切削用量进行调整,以确保最终加工出的零件符合设计要求。

4 不规则零件数控机床加工的质量控制

4.1 加工精度分析

加工精度是衡量不规则零件加工质量的重要指标之一。影响不规则零件加工精度的因素众多,主要包括机床精度、夹具精度、刀具磨损、切削参数选择、工件材料特性以及加工工艺规划等。机床精度是加工精度的基础。数控机床的定位精度、重复定位精度以及各轴之间的垂直度和平行度等,都会直接影响零件的加工精度。定期对机床进行维护和校准,确保机床处于良好状态,是提高加工精度的关键。夹具精度同样不可忽视。不规则零件形状复杂,夹具的设计和制造精度直接影响零件的定位准确性。夹具应具有良好的刚性和稳定性,能够确保零件在加工过程中不发生位移或变形。刀具磨损也是影响加工精度的重要因素。刀具在加工过程中会逐渐磨损,导致切削力变化,进而影响加工精度。合理选择刀具材料、切削参数,以及定期更换刀具,是控制刀具磨损、提高加工精度的有效措施。切削参数的选择、工件材料特性以及加工工艺规划也会对加工精度产生影响。切削速度、进给量和切削深度的选择应根据工件材料、刀具性能以及加工要求综合考虑。加工工艺规划应合理,避免加工过程中的干涉和碰撞,确保加工路径的准确性和光滑性。

4.2 表面质量控制

表面质量对不规则零件的性能有着重要影响。良好的表面质量可以提高零件的耐磨性、抗腐蚀性以及疲劳强度,延长零件的使用寿命。控制表面质量的方法主要包括合理选择刀具和切削参数、优化加工工艺、采用合适的切削液以及加强加工过程中的监测和调整^[3]。刀具

的几何参数和切削参数的选择应充分考虑工件材料的特性和加工要求,以确保切削过程的稳定性和表面质量的优良。加工工艺的优化可以减少加工过程中的振动和变形,提高表面质量。切削液的选择和使用可以冷却刀具和工件,减少切削热对表面质量的影响。加工过程中的监测和调整可以及时发现和解决表面质量问题,确保加工出的零件符合设计要求。

4.3 质量检测方法

不规则零件加工质量的检测是确保零件满足设计要求的重要环节。质量检测方法主要包括尺寸测量、形状测量、表面粗糙度测量以及无损检测等。尺寸测量是检测零件各部位尺寸是否符合设计要求的基本方法。可以采用游标卡尺、千分尺等常规测量工具,也可以采用三坐标测量仪等高精度测量设备。形状测量是检测零件形状是否符合设计要求的关键步骤。对于不规则零件,可以采用光学测量仪、激光扫描仪等先进测量设备,对零件的形状进行精确测量和分析。表面粗糙度测量是评价零件表面质量的重要指标。可以采用表面粗糙度仪对零件的表面粗糙度进行测量,以确保表面质量符合设计要求。无损检测是检测零件内部是否存在缺陷的重要方法。可以采用超声波检测、X射线检测等无损检测技术,对零件的内部质量进行检测和分析。

结束语

不规则零件的数控机床加工工艺是一个复杂而精细的过程,需要综合考虑多种因素以确保加工质量和效率。通过深入研究不规则零件的特点和加工难点,掌握数控机床的工作原理和加工工艺要素,灵活运用定位与夹紧技术、刀具路径规划技术、切削用量优化技术以及加工过程中的监测与调整技术等手段,可以有效提高不规则零件的加工质量和效率。

参考文献

- [1]冉虹红.关于不规则零件的数控机床加工工艺分析[J].内燃机与配件,2022,(09):67-69
- [2]刘丽明,张伟.关于不规则零件的数控机床加工工艺研究[J].中国设备工程,2021,(19):151-152
- [3]王洪益,赵凤,官涛.探讨不规则零件的数控机床加工工艺[J].内燃机与配件,2021,(16):107-108