

减少机械加工误差提高机械加工精度

程昊东 王博 王小会

中航西安飞机工业集团股份有限公司 陕西 西安 710089

摘要: 机械加工误差是影响产品质量和生产效率的关键因素,而提高加工精度则是提升产品竞争力的重要手段。本文首先分析了机械加工误差的主要来源,包括机床制造误差、定位误差、工具使用误差等,并在此基础上提出了针对性的改进措施。通过优化设备选型、调整工艺参数、加强人员培训等措施,可以有效减少机械加工误差,提高加工精度。

关键词: 机械加工; 误差; 提高精度

引言

随着制造业的快速发展,机械加工在工业生产中占据着举足轻重的地位。然而,机械加工误差的存在一直是制约产品质量和生产效率的关键因素。机械加工误差不仅会导致产品尺寸的偏差,还会影响产品的性能和可靠性,甚至引发安全事故。因此,减少机械加工误差、提高机械加工精度已成为当前制造业亟待解决的问题。

1 机械加工误差产生因素

1.1 机床制造误差

机床在长期服役过程中,其内部配件如轴承、齿轮、导轨等因持续承受载荷与摩擦,会逐渐产生磨损,这是导致机床精度下降的主要原因之一。主轴作为机床的核心部件,负责驱动刀具或工件进行旋转运动,其回转精度直接决定了加工零件的圆度、同轴度等关键尺寸精度。主轴回转误差,即主轴实际回转轴线相对于其理想平均回转轴线的偏移量,这种偏移可能源于多个方面:轴承作为支撑主轴旋转的关键组件,其内外圈、滚动体的制造精度、装配精度以及长期运行后的磨损情况,都会直接影响主轴的回转精度;主轴自身的挠曲变形(挠度)也是误差来源之一,特别是在承受较大径向或轴向力时,主轴的刚性不足会导致明显的挠曲;此外,轴承间的同轴度误差,即各轴承安装位置不在同一轴线上,也会加剧主轴回转误差,进而影响加工精度^[1]。另外,传动链作为机床中传递动力和运动的重要系统,其精度同样对加工质量有着至关重要的影响^[2]。传动链误差主要由两部分构成:一是传动链中各组成元件(如齿轮、带轮、链轮等)在制造过程中的误差,包括尺寸误差、形状误差和位置误差等;二是这些元件在装配过程中形成的累积误差,以及长期使用中的磨损。这些误差会导致传动链始末两端传动元件之间的相对运动轨迹偏离理想状态,进而产生传动误差,传动链误差不仅影

响加工零件的尺寸精度,还可能引起形状误差和位置误差,严重降低产品质量。

1.2 定位误差

一方面,定位副制造不准确误差是由于定位副(通常由工件定位面和夹具定位元件组成)在制造过程中存在的误差所导致的。在机械加工中,工件需要被准确地固定在夹具上,以便进行后续的切削、磨削等加工操作,这个固定过程依赖于定位副的精确配合。然而,由于制造过程中的各种因素,如材料的不均匀性、加工设备的精度限制、操作工人的技术水平等,定位副的制造往往难以达到理想状态,存在一定的误差。这种误差可能表现为定位面的不平整、定位元件的尺寸偏差或形状误差等,当定位副存在制造误差时,工件在夹具中的位置就会偏离理想状态,导致机械零部件在加工过程中发生变形或松动。这种变形或松动不仅会影响工件与夹具之间的紧密配合,还会使机械加工各部件之间的相对位置关系发生变化,进而引发工件最大位置变动量,即定位副制造不准确误差。这种误差会直接影响加工零件的尺寸精度和形状精度,甚至可能导致零件报废。另一方面,基准不重合误差则是另一种常见的定位误差,在机械加工中,为了确定工件上某些几何参数的位置,需要选择一个或多个基准点或基准面作为加工时的定位基准。这些基准通常是根据设计图纸上的要求来确定的,用于保证加工零件的尺寸和位置精度。但在实际加工过程中,由于各种原因(如工艺限制、夹具设计不合理等),所选用的定位基准可能与设计基准不重合,这种不重合会导致加工零件在尺寸和位置上偏离设计要求,产生基准不重合误差。基准不重合误差对加工精度的影响主要体现在两个方面:一是影响零件的尺寸精度,即加工后的零件尺寸与设计尺寸之间存在偏差;二是影响零件的位置精度,即加工后的零件上各几何参数之间的

相对位置关系与设计要求不符。这种误差不仅会降低零件的质量和性能，还可能影响整个机械系统的装配精度和运行稳定性。

1.3 工具使用误差

在机械加工领域，工具的使用是生产流程中不可或缺的一环，其准确性和耐用性直接关系到加工效率与产品质量。随着机械加工工艺技术的不断进步，可用的工具种类日益丰富，功能也更加复杂多样，这些工具不仅涵盖了传统的切削刀具、磨具，还包括了高精度的测量工具、夹具以及各种辅助装置等。正确使用这些机械加工工具，对于提升产品加工效率和保障加工质量具有至关重要的意义。以刀具为例，作为机械加工中最常用的工具之一，刀具的选择与使用直接关系到加工零件的精度和表面质量^[2]。在机械加工过程中，刀具在持续工作状态下会受到磨损，这种磨损是不可避免的，但磨损的程度和速度却可以通过合理的选择与使用来加以控制。刀具的磨损不仅会导致工件形状和尺寸的变化，还会引起切削力的增大、切削温度的升高，从而影响加工过程的稳定性和加工效率。此外，不同种类的刀具，其几何形状、材料特性以及制造工艺的差异，使得它们对机械加工误差的影响也各不相同。一般来说，通用刀具由于其设计上的通用性和标准化，其制造误差通常不会对机械加工误差产生显著影响，这类刀具适用于大批量、标准化的生产场景，能够满足一般加工精度要求。但是，在某些高精度或特殊要求的加工任务中，通用刀具可能无法满足需求，这时就需要使用定制刀具。定制刀具是根据具体加工任务的需求，通过特殊设计和制造工艺生产的，其精度和性能往往远高于通用刀具。但相应地，定制刀具的制造误差也会直接影响工件加工精度，如果定制刀具的制造精度不高，或者在使用过程中未能得到妥善维护，那么其误差就会直接传递到加工零件上，导致加工精度下降，甚至造成废品。

2 提高机械加工精度的措施

2.1 减小原始误差

原始误差是指在机械加工过程中，由于设备、工具、材料、操作等因素引起的，通过合理措施可以减小或消除的误差，这些误差虽小，但累积起来却可能对加工精度造成显著影响，甚至导致产品不合格。因此，采取有效措施减小原始误差，对于提高机械加工效率和产品质量至关重要。（1）在进行机械加工设备的安装时，严格按照说明书和标准进行操作是减小原始误差的基础。设备安装过程中的任何疏忽都可能导致设备在后续使用过程中产生偏差，从而影响加工精度。因此，在安

装过程中，必须确保每个步骤都符合规范，对每一个细节都进行仔细的检查和校准。例如，机床的水平度、垂直度、平行度等几何精度指标都需要在安装过程中进行精确测量和调整，以确保机床的精度满足加工要求。同时，还需要对设备的各个部件进行紧固，防止在使用过程中因松动而产生误差。（2）刀具和夹具作为机械加工中的关键工具，其质量和精度直接影响到加工零件的尺寸和形状精度^[3]。所以，在定制刀具和夹具时，不仅要考虑其适用性，还要关注其制造精度和材料质量。选择有良好信誉和丰富经验的生产厂家，可以确保刀具和夹具的制造精度和性能满足加工要求。并且，在使用之前，还需要对刀具和夹具的材料性能进行检测，以避免因材料缺陷而产生的误差，这包括对刀具的硬度、耐磨性、韧性等性能进行测试，以及对夹具的夹持力、定位精度等性能进行验证。（3）加强操作人员的培训和教育，提高他们的技能水平和质量意识，也是减小原始误差的重要手段。通过培训，操作人员可以更加熟悉机械加工的基本原理和操作流程，掌握正确的操作方法和技巧，从而减少因操作不当而产生的误差。此外，提高操作人员的质量意识，使他们更加注重加工过程中的细节和质量要求，也有助于减小原始误差。

2.2 加工过程中对误差进行预防

为了有效应对和减少加工误差，加工企业需要充分利用人力资源，配置专业的科研人员，对常见的误差进行深入分析和研究，以期提出创新的解决方法和优化加工工艺。第一，专业的科研人员通过对加工过程中的误差进行系统性分析，可以揭示误差产生的根源，如设备精度不足、工具磨损、材料特性变化、操作不当等。基于这些分析结果，科研人员可以探索并提出新的解决方法和加工工艺，旨在从源头上减少或消除误差。例如，通过对机床结构的优化设计，提高机床的刚度和稳定性，从而减小因机床变形而产生的误差；通过改进刀具的几何形状和切削参数，减少切削过程中的振动和摩擦，降低刀具磨损对加工精度的影响；通过优化夹具设计，提高工件的定位和夹紧精度，减少因夹具误差而导致的工件变形等。第二，除了对误差产生原因的研究和解决方法的提出，加工企业还应注重提高基础加工工具的性能。量具、夹具和刀具等作为机械加工中不可或缺的工具，其精度和耐用性直接影响到加工零件的精度和表面质量。因此，企业可以通过对材料改性研究的投入，开发出性能更优异的加工器具。如采用新型高强度、高硬度、高耐磨性的材料制作刀具，可以显著提高刀具的耐用性和切削效率；通过改进夹具的材料和结构

设计,提高夹具的刚度和定位精度,减少因夹具变形或磨损而产生的误差。第三,在加工过程中,科学合理地运用误差转移、分组、平均等方法,也是有效化解误差、提高工件精度的关键手段。误差转移是指将误差从关键部位转移到对加工精度影响较小的部位,从而减小关键部位的误差。在加工轴类零件时,可以通过调整加工顺序和工艺参数,将径向误差转移到轴向误差上,从而降低径向误差对零件精度的影响。分组方法则是根据误差的大小将工件分成若干组,然后对每组工件进行单独加工和测量,以减小组内误差,这种方法特别适用于批量加工中,工件误差分布较为分散的情况。平均方法则是通过多次测量和加工,将误差进行平均化,从而减小单次测量和加工中的误差。

2.3 采取补偿控制技术提高加工的精度

在机械加工领域,误差补偿技术作为一种高效且经济的手段,被广泛应用于提高加工精度。这种技术基于数据测量与收集,通过软件实现误差的补偿,不仅实施成本低,而且操作简便,对于提升产品质量和生产效率具有重要意义。误差补偿法是通过引入一种与原有误差相反或相反的补偿量,来覆盖或抵消原有误差,从而实现误差的缩小。这种方法的核心在于“以形补形”,即根据测量得到的误差分布规律,设计并制造一个与误差形状相反但大小相等的补偿量,将其应用于加工过程中,以达到减小或消除误差的目的。在实际操作中,误差补偿法通常依赖于高精度的测量设备和先进的补偿算法。首先,利用测量设备对加工过程中产生的误差进行精确测量,并将测量结果输入到补偿算法中。然后,算法根据测量结果计算出所需的补偿量,并通过调整加工参数或引入补偿装置来实现误差的补偿,这种方法特别适用于那些难以通过直接改进工艺或设备来消除的误差,如机床的几何误差、热变形误差等^[4]。与误差补偿法

不同,误差抵消法则是利用原始误差和预期误差之间存在的某种关联关系,通过巧妙地设计加工过程或调整加工参数,使得两者在加工结果中相互抵消,从而达到减小误差的效果。虽然这种方法并不能完全消除误差,但它在某些情况下可以显著地减小误差,提高加工精度。误差抵消法的关键在于对原始误差和预期误差之间关系的准确理解和把握,这需要对加工过程进行深入的分析 and 研究,找出两者之间的内在联系,并据此设计出合理的抵消策略。比如,在加工细长轴时,由于热变形和切削力的影响,容易产生弯曲变形。此时,可以通过调整切削参数、优化刀具路径或引入反向弯曲力等方法,使得切削过程中产生的弯曲变形与热变形相互抵消,从而减小最终的弯曲误差。

结语

综上所述,减少机械加工误差、提高机械加工精度是提升产品质量和生产效率的重要手段。通过优化设备选型、调整工艺参数、加强人员培训等措施,可以有效减少机械加工误差,提高加工精度。同时,误差补偿技术、质量控制体系等高级方法的应用,为进一步提升机械加工精度和产品质量提供了有力支持。未来,随着制造业的不断发展,减少机械加工误差、提高机械加工精度将成为制造业持续追求的目标。

参考文献

- [1]王语嫣.机械加工对金属零件加工精度的影响分析[J].南方农机,2020,13(09):129.
- [2]邵玺.提高机械加工精度的措施[J].世界有色金属.2020,26(01):48+50.
- [3]岳伟平.加工工艺对机械零部件加工精度的影响及优化措施[J].内燃机与配件,2021(09):123-124.
- [4]宋林.机械加工工艺对零件加工精度的影响[J].内燃机与配件,2021(11):121-122.