

机械加工工艺过程质量控制模型的研究

赵艳敏, 祁海波, 刘 鹏, 沈其明

(辽宁忠旺铝合金精深加工有限公司, 辽宁 辽阳 111000)

摘要: 目前, 在各领域内的生产企业将其产品质量作为保证企业长远发展的关键性要素, 也是企业关注的重点内容。其中, 制造过程又是保证产品质量的关键。随着现代化技术的普遍应用及发展, 机械制造业中采用的相关技术也不断升级, 推动机械制造业取得了较快发展。机械加工期间, 受多种因素的影响, 无法避免误差情况的存在, 在降低机械零件质量与合格率的同时, 上述误差还会影响工艺能力。文章通过分析研究机械加工工艺过程中质量控制模型, 为实际应用提供参考。

关键词: 机械加工; 加工工艺; 质量控制; 模型

中图分类号: TH162

文献标识码: A

文章编号: 1674-1064 (2022) 03-190-03

DOI: 10.12310/j.issn.1674-1064.2022.03.064

当前, 在对机械加工工艺的质量控制与研究期间, 大多是集中在单一工序的研究方面, 极少将工艺过程视为一个整体, 综合考虑其质量控制内容。机械加工中, 普遍存在因工序公差设计不合理而致使工艺能力降低的情况, 致使加工工序中出现的废品也相对较多, 上述加工过程中被剔除的废品零件有部分如果经后续工序加工, 能够得到合格零件^[1]。

文章基于误差传递思想与灰色理论模型喜爱, 结合工艺过程中的设计与质量控制, 将各加工工艺过程作为一个整体, 结合各工序加工能力影响其加工精度, 合理制定工序的公差, 保证各工序的合格率, 提高成品率^[2]。

加工能力主要指工序的 6σ 值, 该值如果较小, 则加工能力高, 反之则较低。无论何种工序, 其加工能力会随着加工过程的变化而改变, 通过检测工序 6σ 值, 及时、合理调整该工序的公差, 保证该工序的工艺能力。应用上述方法主要是通过动态调整加工期间的工序, 提高其成品率, 在机械加工工艺过程中实现质量控制。

1 机械加工工艺过程质量控制的重要性

随着经济发展与人们生活水平的提高, 机械制造业在发展过程中方向的选择性也明显增多, 但是, 质量控制仍是其发展过程中的重要问题。产品质量会影响消费者的购买意向, 因此, 产品的质量控制是机械制造业在发展期间面临的首要问题。在我国的经济发展中, 机械制造企业发挥着关键性作用, 其制造过程中的质量控制, 也与国家、企业、消费者等的利益密切相关^[3]。目前, 机械制造期间涉及的质量控制有关的理论、技术体系等相对较多, 质量好坏也会严重影响本企业, 甚至国家的经济利益, 也是我国机械制造科技水平与质量管理先进性的重要体现。在机械加工工艺过程中质量控制模型的建立中, 其方法主要包

括抽样检验、统计过程控制与智能质量控制, 如图1、图2、图3所示。科学化的质量控制, 有助于促进企业经济效益的提升, 对机械制造企业正常运营状况的维持, 及其长远发展等具有一定的推动作用^[4]。因此, 在机械制造业中, 质量控制是至关重要的, 并与企业的生存、发展密切相关, 要严格依照相关标准、制度规范等, 合理控制机械加工工艺过程, 保证其产品合格率。



图1 抽样检验

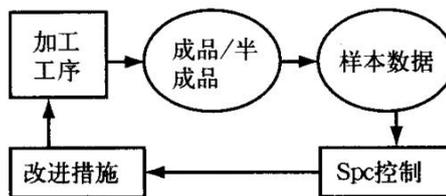


图2 统计过程控制

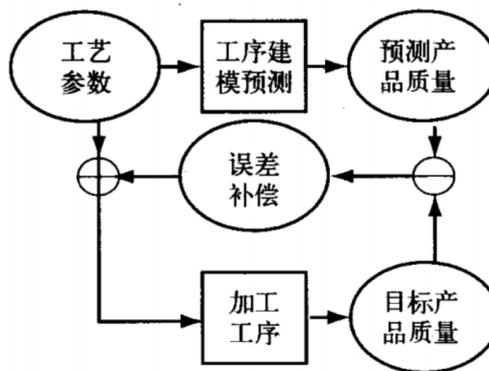


图3 智能质量控制

2 机械加工工艺流程影响质量控制因素

2.1 加工精度

无论何种机械产品，大多是由多种零件共同组成，因此，零件加工质量会严重影响机械产品的生产质量，加工精度又能直接反映零件加工质量。企业在生产期间，零件的加工精度越高则花费的成本相对较高，生产效率也会相应降低。在机械制造期间，有关设计人员要依照设计规范与标准，确立零件加工精度，防止由于盲目追求高精度而导致花费成本增加，甚至出现影响加工效率的情况^[5]。加工工艺操作人员要依照设计规范，选用合理的工艺方法，把加工精度控制在规定范围内，提高企业生产效率，投入成本随之降低。

2.2 加工误差

机械制造加工期间，具有一套相对完整的加工系统，如夹具、机床、工件、刀具等，这也是人们常说的工艺系统。无论何种机械加工，存在误差是难以避免的，原始误差是指在工艺系统中已存在的误差，例如调整、原理误差等。上述误差的存在虽然无法避免，但是可以通过采取措施进一步减少误差，达到提高加工精度的目的。

2.3 外部因素

在开展机械切削加工操作时，受重力、切削力等的影响会使得工艺系统中的刀具、机床发生变形，会导致夹具、刀具等处于静态时的位置与切削成形存在的正确集合发生改变，最终导致出现加工过程中误差情况。温度及摩擦产生的热量等也导致工艺系统出现不同程度的变形，对刀具、工件等位置出现错位或破坏，加大加工误差。

3 机械加工工艺流程质量控制模型

3.1 单工序误差传递模型

机械加工工艺流程中产生的误差是理想几何参数与实际几何参数的差值，工序步骤较多，涉及内容较为复杂，无论是在原始误差还是加工期间产生的误差，都会在一定程度上受到误差传递的影响。即便是单工序工艺加工，也会有多种加工误差情况的存在，以上误差通过彼此间的不间断传递，影响产品的几何参数。针对上述情况，为准确测算每道工序中的加工误差，则引入单工序误差传递模型进行调整。

大多数情况下，工序的加工误差是指： $Y = f(X) + d$ ，其中， d 指工序的原始误差， X 指工序输出尺寸， $f(X)$ 则为输入尺寸 X 与输出尺寸 Y 的传递函数关系， Y 指工序的输入尺寸。由此可见，任一工序的操作较为复杂，展开单工序的误差传递模型。例如， X_0 、 Y_0 分别为 X 、 Y 的基本尺寸，其对应的传递函数则为 $f(X) = f(X_0) + f'(X_0)/1!(X - X_0) + f^{(k)}(X_0)/k!(X - X_0) + \dots$

结合上述公式，获得对应单工序误差传递模型的计算方法： $y_i = a_i x_i + d_i$ ，其中， a_i 为误差传递系数， $a_i x_i$ 为实际传递误差，结合上述公式准确计算，即可获得在加工期间存在的总误差值，及时调整，减少误差情况发生。

3.2 多工序误差传递模型

与单工序误差传递相比，多工序误差传递更加复杂，在对其进行传递模型建立期间，也要综合考量其中存在的多种问题。机械加工作为系统性的一项工作，由多种不同工序联合组成，且各工序间存在密切联系，无论何种工序，都无法轻易更改。因此，在已知对应工序的输出尺寸与误差的情况下，可获得下一工序输入尺寸及其误差。开展多道工序的加工时，上述误差会伴随加工工艺而发生传递性的改变，因此，可依据加工顺序对其工序采取合理化排列，用 n 表示，单工序输入误差为 $X_i = Y_{i-1}$ 。结合该公式，多工序误差传递模型为 $y_n = a_n x_n + d_n$ 。

3.3 工序尺寸公差模型

机械加工产品具备明显的流动性特点，通过将最终输出误差在每道工序内分解为多个部分，因受每道工序具备的原始误差影响，其输出误差虽会不断增加，如果按照工序尺寸的公差模型修正输出误差，则会使得误差存在情况逐渐缩小，使其最终的成品误差虽存在但却明显缩小，最终仍符合设计要求。通过结合有关研究结果综合分析，工序尺寸工程模型为： $T_i = T_p - (T_p - T_c) [M_1 + M_2 + \dots + M_i/M]$ 。上述公式中， T_i 指某道工序的公差， i 指工序顺序， M_i 指公差分配系数， T_p 指零件产品毛坯公差， T_c 指成品公差。

3.4 空间误差模型

借助空间误差模型的应用，补偿加工工艺中存在的误差，通过视零件产品机加工为独立加工空间，可凭借其空间中的刀具总误差，改变刀具的具体位置，制造出一种新的人为误差，抵消加工工艺中的原始误差。

在构建空间误差模型期间，要采用齐次坐标变换技术与刚体运动学理论相结合的方案，在加工空间中，通过采取建立三维立体坐标的方法，凭借函数实现刀具位置与原始误差间存在紧密联系，获得误差源。经由刀具位置，建立空间误差通用模型，可解决工艺中的原始误差，但因不同零件产品的加工工艺具有显著区别，因此，在建立空间误差模型期间也可依照实际情况建立。

3.5 零件切削误差模型

对补偿误差期间，零件切削误差模型也是一种较为有效的实施方案。但与前者不同的是，零件切削误差模型的建立主要借助切削试验与软件建模分析法实现。大部分情况下，零件切削试验的应用较为广泛，凭借其对于零件产品在加工工艺中受到的各种切削力加以确定，结合实验结果建立切削力仿真模型，对加工期间可能会受到的切削力进行仿真模拟，通过分析切削过程，分析可能发生的误差变

形情况，并作出误差补偿。

4 机械加工工艺过程质量控制对策

4.1 检查与控制机械产品

机械制造涉及很多制造工艺与技术，大部分机械制造经过锻造—连接—组装的过程，通过严格控制制造期间的每道工序环节，并依照相关规范与标准执行，方可使得加工制造期间的产品质量得到保证，这也是使得整体制造质量得以提高的关键。

加工制造的每道工序环节都要接受严格检查，严格控制其工序质量，采取科学化、合理性的检测与试验方法，确保机械制造质量得到控制，要与既定的设计图纸中的标准数据对照实验结果，判定机械产品质量。

要通过分析综合信息，明确其中存在的问题，找出关键解决方案。与此同时，要由专业人员进行定期抽检与检查工序交接情况，控制机械制造产品质量。对于不合格的情况，相关人员要及时掌握其资料信息，实时跟踪机械返修情况，确保整改合格。机械加工工艺的每道工序都经过严格检验，并做好相关的质量控制，使得机械加工的制造工艺与相关标准要求吻合，推动下一步操作的顺利实施。

4.2 零件变更与质量监控

机加工过程中，如果由于单位需求改变而更改设计方案，则监理工程师要严格审核设计变更情况，待征得建设单位同意后，方可与原设计单位沟通，做好相应的修改。有关部门负责人也要妥善保管好已制作完成的零部件，避免保管不当出现损坏。

4.3 机械装配与整体性能检测

在机械产品出厂之前，要对其整体的性能、装配以及调整等的各步骤开展合理化检测，使其产品质量符合有关标准。如果使得设备运输期间的质量状况得到保证，则针对易损件要做好相关的包装工作，采取合理化的运输方式，并监控运输期间的相关环节，确保机械产品完好无损

地到达目的地。

5 结语

机械加工开展质量控制期间，要采取质量控制与加工工艺设计相结合的方法，将其工艺过程视为整体，结合各工序加工能力与加工精度等产生的影响，在结合误差模型的基础上合理制定工序公差，确保各个工序的工艺能力得到明显提升，保证成品合格率。加工中，应用误差模型预测工序加工能力的变化情况，通过及时调整公差实现对工艺过程质量的动态化、合理性控制。

结合现代化的质量管理理论，在质量检验、全面质量管理等多个阶段取得快速发展后，产品质量并不是依靠检验所得，与产品的形成过程、操作人员、原材料、加工工艺等要素紧密相关，要通过合理化控制各个质量要素，避免出现生产误差。通过应用机械加工中的质量控制模型，减少误差等情况，实现各个工序质量的严格控制，提高产品合格率，对于提高机械加工企业的经济效益具有积极的推动作用。

参考文献

- [1] 周涵,鄢萍,裴洁,等.滚刀主轴振动位移与加速度响应模型研究与验证[J].机械工程学报,2020(7):72-85.
- [2] 徐晟,黄立新,马盼.激光增材与精密切削加工铝合金技术的发展[J].轻工机械,2020(1):14,17.
- [3] 张铁,吴圣和,蔡超.基于浮动平台的机器人恒力控制研磨方法[J].上海交通大学学报,2020(5):515-523.
- [4] 李俊焯,卢慧,苏宁宁,等.大涡模拟Smagorinsky模型用于磨粒流精密加工喷嘴的质量控制研究[J].中国机械工程,2020(10):1169-1174.
- [5] 廖小平,陈楷,鲁娟.基于磨损监测保持切削加工表面质量稳定的实时控制研究[J].机械工程学报,2020(11):240-248.