

提升机械零件加工质量检验技术的策略分析

范亚南 刘顺凯 鲁传学

摘要: 随着现代工业的快速发展,机械零件的加工质量对于制造业的生产效率和产品可靠性至关重要。高精度、高质量的机械零件是保障装备性能和延长其使用寿命的关键因素之一。尤其在航空航天、汽车制造、电子等高新技术产业中,零件的微小缺陷都可能对整体设备性能产生巨大影响。因此,如何提升机械零件的加工质量检验技术,确保零件精度和一致性,已成为制造业亟待解决的重要课题之一。本研究旨在分析当前机械零件加工质量检验技术存在的主要问题,探讨提升检验技术的有效策略,以期推动我国机械制造产业的高质量发展。

关键词: 机械零件;加工质量;检测技术;提升策略

引言

机械零件加工质量检验技术的发展直接受益于制造业技术的进步。传统的质量检验技术多依赖于手工操作和经验判断,但这种方式精度有限,检验效率低且容易受人为因素影响,难以满足现代工业对零件高精度、高一致性的要求。随着智能制造、工业4.0的推进,以及高端设备制造需求的提升,机械加工行业对质量检验技术提出了更高的要求。目前,国际先进制造业在机械零件加工质量检验方面普遍应用自动化、智能化检测设备和先进的检测算法,能够实现实时、高精度的零件质量控制。相比之下,我国机械零件的加工质量检验技术仍存在较大提升空间。一方面,部分企业检验设备和方法相对落后,检测精度不足;另一方面,智能化检验技术的应用尚处于初级阶段,检验流程标准化程度不高。

一、机械零件加工质量检验技术概述

1. 机械零件加工质量检验的基本概念与要求

机械零件加工质量检验对于保证零件加工过程及最终产品满足设计要求及行业标准具有十分重要的意义,基本概念主要集中在加工精度、材料性能以及产品一致

性等方面的检验。质量检验既要注重尺寸精度和形位公差这类几何特性的检测,又要考核零件表面粗糙度,硬度和强度这类物理性能,保证其在实际使用过程中能够承担工作负荷和达到使用寿命要求。为了实现准确的质量控制,在检测过程中一般都会使用到先进的测量技术与检测手段,其中主要有接触式三坐标测量仪、非接触式影像测量仪、激光扫描仪以及其他各类检测设备。这些装置能提供高精度测量数据并帮助科学地评价零件质量。另外,在制造业不断发展的背景下,机械零件质量检验也逐渐向自动化与智能化方向迈进,并借助计算机视觉、人工智能的引进,实现产品缺陷快速准确识别与分析、检测效率与质量控制一致性高。质量检验要求一般涉及到严格操作规范、标准化过程,以保证各部件质量检测结果真实可信,同时根据数据分析及反馈结果对生产工艺进行改进,最终促进制造过程高效化,品质不断提高。

2. 传统质量检验方法及其局限性

传统的机械零件加工质量检验方法主要依赖人工检测和判断,常用的手段包括游标卡尺、千分尺、量块等接触式工具,这些工具虽能提供一定的精度,但在微小尺度的精确测量上受到限制,难以满足现代工业对高精度和一致性的要求。人工检验方式操作繁琐,依赖检验人员的技能水平与经验,因此检测结果容易受到主观因素的干扰,导致误差较大。在批量生产环境中,人工检测效率较低,不适合高效率和大规模的检测需求。此外,传统方法通常只能在加工完成后进行检验,而难以及时发现并纠正生产过程中的偏差,导致不合格品可能积累到生产末期才被识别,从而浪费资源并增加生产

作者简介:

1. 范亚南(1989.01—)男,汉族,本科学历,高级工,主要从事航天产品零件质检工作;
2. 刘顺凯(1990.01—)男,汉族,本科学历,高级工,主要从事航天产品零件质检工作;
3. 鲁传学(1998.01—)男,汉族,本科学历,中级工,主要从事航天产品零件质检工作。

成本。面对复杂零件的形状、结构和表面特性，传统方法的局限性愈发明显，无法实现全面的质量控制和检测数据的数字化处理，这在很大程度上制约了生产自动化和智能化的发展。

二、机械零件加工质量检验的关键技术

1. 精密测量技术

精密测量技术是机械零件加工质量检验的核心，它通过高精度设备和先进测量方法对零件的尺寸、形状和位置等几何特性进行精确评估。激光测量技术是其中重要的一环，利用激光非接触特性对零件表面轮廓和微小特征进行快速扫描，可以达到微米级精度。激光测量具有速度快、精度高的优势，特别适用于检测复杂零件的外形和表面粗糙度。影像测量技术也是精密测量中应用广泛的一种方法，通过光学镜头与计算机视觉系统，影像测量可以在非接触的情况下获取精确的零件二维图像，再通过软件分析边缘和特征点来测量尺寸，适用于微小零件或柔性材料的检测。三坐标测量技术（CMM）则是传统精密测量的重要代表，依靠探针接触零件表面，采集各点的空间坐标信息，并通过计算得出零件的具体形状和尺寸。三坐标测量设备拥有极高的测量精度，能够全面分析零件的尺寸、形位公差等关键参数，是复杂零件检测的标准工具。精密测量技术逐渐发展出自动化、智能化的趋势，通过整合多种技术和数据处理算法，不仅提高了检测效率，还提升了数据的可靠性和分析的全面性，为机械加工质量控制提供了强有力的技术支持。



图1 三坐标测量仪

2. 无损检测技术

无损检测技术在机械零件加工质量检验中至关重要，它能够在不破坏工件结构的前提下检测内部和表面的缺陷，确保产品性能和安全性。超声检测技术是一种应用

广泛的无损检测手段，利用高频声波穿透材料，当遇到内部缺陷时会产生回波，通过分析回波的特征（如幅度、频率等）来确定缺陷的位置和大小。超声检测的深度穿透能力可达数百毫米，适用于金属、塑料等多种材料的内部缺陷检测。X射线检测则利用高能射线穿透物体并在探测器上形成图像，通过观察密度差异显现的图像可发现材料内部的裂纹、孔洞等缺陷。工业CT（计算机断层扫描）作为X射线检测的升级版，能够生成零件内部的三维图像，分辨率可达到微米级，适合精密复杂结构的缺陷检测和尺寸测量。涡流检测是针对导电材料的无损检测方法，通过在零件表面产生涡流，遇到裂纹或缺陷时涡流变化，从而检测缺陷位置。此方法适用于表面或近表面缺陷的检测，尤其在检测导电性较好的金属零件时表现出色。无损检测技术具有高效、安全和无污染的优点，能够实时、连续地提供检测数据，不仅提高了生产质量管理水平，还为关键零件的长周期使用提供了保障。

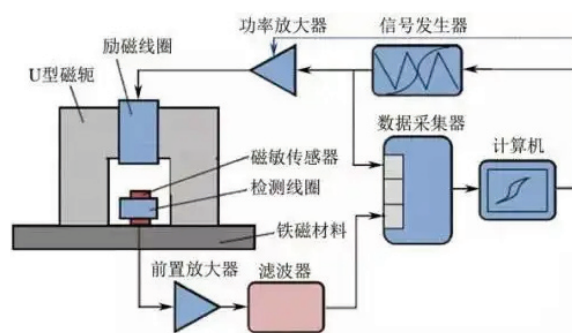


图2 无损检测技术示意

3. 数字化与自动化技术

数字化与自动化技术在机械零件加工质量检验中的应用日益广泛，极大提升了检测效率和精度。计算机视觉技术是这一领域的重要组成部分，它通过高分辨率相机获取零件表面图像，并利用图像处理算法分析尺寸、形状及表面缺陷，实现非接触、实时的高精度检测。机器学习和人工智能算法在质量检测中也发挥了关键作用，能够通过对大量历史检测数据的分析识别复杂缺陷并预测潜在质量问题。自动化检测系统的引入，使生产线上的在线检测成为可能，借助机器人手臂和自动传输设备，零件在各个生产环节均可进行全自动的精度检验与实时反馈。通过嵌入式传感器和物联网技术，自动化检测系统还能将各类检测数据上传至中央控制系统，实现集中化数据管理与分析。智能化数据分析软件在数字化管理中不可或缺，能够对检测数据进行全面处理，生成趋势

分析和质量报告，为工艺改进提供科学依据。通过云计算平台，不同工序的检测数据可以进行跨部门共享和整合，为企业实现全面质量监控和产品追溯提供支持。数字化与自动化技术的整合推动了质量检测的精准化、实时化和智能化，为机械零件的生产制造提供了强大的技术保障。

三、提升机械零件加工质量检验技术的策略

1. 提升自动化检测水平

提升自动化检测水平是现代机械加工行业提高质量和生产效率的重要措施。通过引入高精度自动化检测设备，可以实现对零件的实时在线检测，大幅减少人为操作带来的误差，提高检测结果的一致性和可靠性。自动化检测设备如三坐标测量机（CMM）、激光扫描仪和影像测量仪等，能够对复杂零件的尺寸、形状、位置和表面缺陷等参数进行高精度测量，这些设备与机器人和传感器的集成，能实现无缝的自动化检测流程。使用机器人手臂进行零件的自动传送和定位，使得检测过程可以完全嵌入生产线，检测精度达到微米级，同时大幅缩短检测时间。在信息化管理系统的支持下，检测数据可以自动传输到中央数据库，进行实时分析和反馈，从而在早期阶段识别生产问题，减少不合格品的产生。通过优化自动化检测流程，如设置自动报警和分拣装置，不合格零件可以及时剔除，避免进入后续生产环节，保障了生产过程的连续性和稳定性。自动化检测系统的实施还能够降低检测人员的劳动强度，使技术人员可以集中精力在设备维护和数据分析等增值环节，从而全面提升制造企业的质量控制能力和生产效益。

2. 推动智能化技术的应用

推动智能化技术的应用是提升机械零件加工质量检验水平的关键所在。通过人工智能（AI）和机器学习技术的深度应用，检测系统能够快速识别并分类各种缺陷，实现自学习、自适应的检测能力。在检测过程中，计算机视觉技术结合深度学习算法，可以分析复杂表面特征和细微缺陷，例如表面微裂纹、凹痕和异物等，即使在复杂背景下也能准确区分出异常区域。AI算法还能够根据检测数据进行缺陷类型的智能分类，利用历史检测数

据不断优化算法精度，提高检测系统的敏感性和准确性。智能化技术的应用让设备能够自我调整检测参数，适应不同批次或不同型号的零件，减少了人为干预的需求。基于物联网（IoT）的传感器可以实现检测数据的实时采集和传输，结合云计算平台，所有检测数据可即时汇总并进行大数据分析，生成质量趋势、统计报表和预测模型，为生产管理提供数据支持。通过边缘计算技术，可以实现对检测信息的快速处理和分析，不仅减少了数据传输延迟，还提高了检测效率和实时性。智能化检测的实施使得制造过程更加灵活与高效，为生产线上快速检测与决策反馈提供了有力支持，极大提高了质量控制水平并降低了生产成本。

结束语

机械零件加工质量检验技术的提升对于制造业高质量发展具有重要意义。在当前全球制造业竞争日益激烈的背景下，通过引入自动化和智能化检测技术、优化检测流程、推进数据分析与信息化管理，机械加工企业能够大幅提升产品的质量控制能力，实现生产过程的高效化和精准化。现代精密测量、无损检测、数字化和智能化手段的有机融合，不仅显著提高了检测效率和检测精度，也为企业的工艺改进和创新提供了数据支撑与技术保障。

参考文献

- [1] 卢金平. 机械零件数控加工精度的保障策略分析[J]. 汽车博览, 2023: 34-36.
- [2] 李婷. 机械数控加工技术水平提升策略[J]. 湖南造纸, 2022(002): 051.
- [3] 王博. 数控铣加工模具零件工艺优化策略探析[J]. 中文科技期刊数据库(引文版)工程技术, 2022(4): 4.
- [4] 苏立青, 李亚哲, 刘云辉. 汽车零部件机械加工数控技术运用探析[J]. 大众汽车, 2024(2): 0043-0045.
- [5] 姜健. 数控高速切削加工技术在机械制造中的应用策略[J]. 数码精品世界, 2023: 352-354. DOI: 10.12277/j.issn.1009-0428.2023.12.118.