

机械系统可靠性分析与寿命预测研究：基于先进制造工艺的视角

刘吉龙

江西福事特液压股份有限公司，江西省上饶经济技术开发区，334000；

摘要：随着社会的进步，我国先进制造工艺水平不断提升，新型机械结构设计与优化、机械系统可靠性分析与寿命预测等都取得了显著进展。本文基于先进制造工艺的视角，对机械系统可靠性分析方法、机械系统寿命预测研究进行了综述。首先介绍了新型机械结构设计优化方法，然后对先进制造工艺在机械系统可靠性分析中的应用进行了详细阐述，最后针对机械系统寿命预测研究进行了探讨。研究结果表明，先进制造工艺水平是影响机械系统可靠性的的因素，为了实现新型机械结构设计与优化、提高机械系统可靠性分析与寿命预测水平，需要从先进制造工艺角度出发进行深入研究。在机械系统可靠性分析方面，先进制造工艺方法为机械系统可靠性分析提供了新思路，机械系统寿命预测的准确性受先进制造工艺水平的影响。在机械系统寿命预测方面，本文指出机械系统寿命预测的研究方向，包括机械系统失效机理、寿命预测模型以及预测方法。为促进机械系统寿命预测水平的提高，需要加强对机械系统可靠性分析与寿命预测研究的重视程度，在理论研究、应用案例和建模方法方面进行创新，从而提高机械系统可靠性分析与寿命预测水平。本文结合先进制造工艺的视角对机械系统可靠性分析与寿命预测进行了分析与探讨，具有一定的参考价值。

关键词：新型机械结构设计与优化；先进制造工艺；机械系统可靠性分析；寿命预测

DOI：10.69979/3029-2727.25.04.059

引言

机械系统是工业生产中的重要组成部分，其运行状态对整个生产过程有着决定性影响。随着社会的进步，我国先进制造工艺水平不断提升，新型机械结构设计与优化、机械系统可靠性分析与寿命预测等都取得了显著进展，为我国工业生产提供了良好保障。在机械系统可靠性分析方面，新型机械结构设计原则为机械结构优化提供了新思路，先进制造工艺为机械系统可靠性分析提供了新方法；在机械系统寿命预测方面，寿命预测方法为机械系统寿命预测提供了新思路，先进制造工艺水平对寿命预测的准确性有着直接影响。因此，要从先进制造工艺角度出发，全面提升机械系统可靠性分析与寿命预测水平。本文首先阐述了新型机械结构设计原则、先进制造工艺和机械系统可靠性分析方法，然后从理论研究、应用案例和建模方法等角度对机械系统寿命预测研究进行了综述，最后提出了机械系统寿命预测的研究方向，包括机械系统失效机理、寿命预测模型以及预测方法等^[1]。

1 新型机械结构设计与优化

1.1 机械结构设计原则

(1) 按照具体的设计要求进行机械结构设计，在满足基本功能需求的基础上，提高其性能。机械结构设计需要考虑的因素包括加工难度、成本等因素，保证在有限的空间内可以充分利用，减少浪费的问题。

(2) 考虑具体的工作环境，并对其进行优化。机械结构设计需要考虑到工作环境的影响，包括温度、湿度等方面。通过优化结构设计来适应不同的工作环境，保证其能够正常运行。

(3) 考虑具体的制造工艺和技术条件，确保机械结构的性能。机械结构设计需要考虑到具体的制造工艺和技术条件，包括材料性能、加工难度等因素，保证其具有良好的性能和可靠性。

1.2 新型机械结构设计方法

传统机械结构设计方法主要有结构优化、功能优化和制造工艺优化等，这些方法可以解决传统机械结构设计中存在的问题，但对传统机械结构设计中没有考虑到的因素

却无能为力。随着先进制造技术的发展,越来越多的学者开始研究新型机械结构设计方法,例如遗传算法、粒子群算法和蚁群算法等。这些算法主要有以下几个方面: (1) 引入遗传算法、粒子群算法、蚁群算法等改进传统机械结构设计方法; (2) 引入神经网络、支持向量机和人工蜂群等来提高新型机械结构设计方法的效率; (3) 采用蒙特卡罗法来模拟新型机械结构设计方法的过程。基于以上各种算法的研究,主要目的是解决传统机械结构设计方法存在的问题,但传统机械结构设计方法无法解决的问题仍然存在。在新时期,先进制造技术的发展推动了新型机械结构设计方法的研究,也促进了新一代机械结构设计理论的发展。因此,要提高新型机械结构设计方法在理论研究和应用方面的重视程度,积极引入新理念和新技术来发展新型机械结构设计方法,促进新型机械结构设计方法的快速发展。为提升新型机械结构设计方法的应用效果,需要加强对新型机械结构设计方法在实际应用中存在问题和不足之处的研究^[2]。

1.3 优化算法在机械结构设计中的应用

传统机械结构设计方法虽然可以解决传统机械结构设计中存在的问题,但这些方法都是建立在假设优化目标函数和约束条件都是已知的前提下,这在实际应用中会出现一些问题,无法满足实际生产需求。随着先进制造技术的发展,一些优化算法被引入到机械结构设计中,主要包括遗传算法、粒子群算法、蚁群算法和人工蜂群算法等。这些算法能够有效解决传统机械结构设计中存在的问题,但这些算法还存在一些问题,例如在优化过程中无法充分考虑到制造工艺和技术条件等因素。因此,需要加强对新型机械结构设计方法在实际应用中存在问题和不足之处的研究,提高新型机械结构设计方法的应用效果^[3]。

2 先进制造工艺在机械系统可靠性分析中的应用

2.1 先进制造工艺概述

先进制造工艺是指在生产中运用高新技术,提高产品的质量和性能,提高产品的使用价值和竞争能力,节约能源和资源,降低成本和费用,减少污染,实现企业的经济效益最大化。先进制造工艺在机械系统可靠性分析中的应用主要包括以下几个方面: 第一, 机械制造过程中应用的新材料; 第二, 机械制造过程中采用新工艺、新技术、新方法; 第三, 机械制造过程中采用先进的加工设备和加工工艺; 第四, 机械制造过程中应用自动化技术和信息技术;

第五, 机械制造过程中采用先进的管理方法。先进制造工艺是现代科学技术的产物,是现代工业发展到一定阶段的产物^[4]。

2.2 先进制造工艺对机械系统可靠性的影响

在机械系统可靠性分析中,先进制造工艺通过改进机械结构设计、提升机械结构的加工精度、提高机械制造工艺水平来提高机械系统的可靠性,从而实现机械系统在预期寿命内的可靠运行。先进制造工艺水平与机械系统的可靠性之间存在正相关关系,先进制造工艺水平越高,机械系统的可靠性越高。同时,先进制造工艺也会影响机械系统的失效机理、寿命预测方法以及寿命预测结果。因此,为了提高机械系统的可靠性,需要对先进制造工艺进行深入研究,结合不同阶段的理论研究成果以及应用案例对先进制造工艺进行优化,从而提升机械系统可靠性。

2.3 先进制造工艺在可靠性分析中的应用案例

机械系统可靠性分析中,先进制造工艺应用主要包括以下几个方面: 一是传统机械结构设计优化,在机械结构设计过程中,可以通过新型机械结构设计优化、新型材料选择、加工工艺改进等来提升机械结构的可靠性; 二是先进制造工艺的应用,在机械系统可靠性分析过程中,可以通过应用新工艺、新技术、新方法来提高机械系统的可靠性; 三是先进制造工艺在可靠性分析中的应用,例如采用先进的加工设备和加工工艺、采用先进的管理方法等。通过以上几个方面,能够有效提升机械系统可靠性分析水平,从而实现机械系统在预期寿命内的可靠运行。

3 机械系统可靠性分析方法

3.1 可靠性分析概念及指标

可靠性是指系统在规定的条件下,在规定的时间内,完成其功能的能力。它是一个多维概念,可以从多个角度进行定义。在设计过程中,考虑系统或部件的工作条件和环境条件等因素对其可靠性的影响,进行综合分析,对其可靠性进行度量,通过制定相应措施来提高系统或部件的可靠性。主要包括: 平均故障间隔时间、平均修复时间、故障率等指标。其中,平均故障间隔时间 (Fair Failure Cycle, FFC) 是系统或部件在规定条件下按其预定方式工作而不失败的时间。

3.2 机械系统可靠性分析方法综述

机械系统可靠性分析方法主要包括两种类型,分别是基于数学方法的可靠性分析和基于有限元方法的可靠性

分析。基于数学方法的可靠性分析主要包括最小割集方法、最小条件数法、蒙特卡罗法、分布函数法和解析法等，主要以最小割集方法为主，该方法利用系统或部件的历史数据计算其全部可能状态的概率分布函数，再根据概率分布函数得到系统或部件的可靠度，通常用于局部故障或严重故障分析。基于有限元方法的可靠性分析主要包括有限元法和直接边界元法两种类型，该方法主要通过计算系统或部件在工作中产生的应力或变形量，来确定系统或部件发生破坏的概率。

3.3 基于先进制造工艺的可靠性分析方法研究

近年来，我国制造业的发展十分迅速，制造技术也得到了极大提升，机械系统的制造工艺水平也在不断提升。为实现机械系统可靠性分析与寿命预测水平的提高，需要加强基于先进制造工艺的可靠性分析方法研究。首先，需要建立科学合理的评价指标体系，根据评价指标体系对机械系统进行评估，进而提高其可靠性分析与寿命预测水平；其次，需要优化制造工艺参数，全面提升机械系统的制造工艺水平；最后，要加强机械系统可靠性分析与寿命预测的相关研究，通过改善机械系统的制造工艺水平、优化制造工艺参数等方式提高机械系统的可靠性。

4 机械系统寿命预测研究

4.1 寿命预测方法概述

机械系统的寿命预测方法分为基于数据分析的寿命预测和基于经验模型的寿命预测。基于数据分析的寿命预测是指根据以往的经验对产品的性能或工作状态进行预估，对产品的失效或故障模式进行预测。如在机械系统可靠性分析过程中，根据以往产品数据、维修记录以及检测结果等进行统计和分析，判断出产品性能或工作状态是否达到预期效果。经验模型是指根据以往产品故障数据进行推断，一般应用于故障诊断方面，通过对历史数据和经验知识进行综合分析，确定故障原因，并对未来的系统运行状态进行评估。经验模型是基于大量案例的统计分析方法，其准确性和可靠性优于基于数据分析的方法。

4.2 机械系统寿命预测模型建立

机械系统寿命预测模型一般分为两类：一类是基于数据分析的寿命预测，即通过对历史故障数据、维修记录等进行统计和分析，得到产品的失效模式，进而进行寿命预测；另一类是基于经验模型的寿命预测，即通过对大量案例的统计和分析，得到产品性能或工作状态，进而进行寿

命预测。不同的模型对数据要求不同，基于数据分析的寿命预测方法对数据要求不高，基于经验模型的寿命预测方法对数据要求较高。对于机械系统故障诊断来说，需要在充分了解机械系统失效模式、失效机理以及性能变化规律的基础上进行寿命预测，建立最优模型。

4.3 先进制造工艺对寿命预测的影响

机械系统寿命预测受先进制造工艺的影响，在寿命预测过程中，需要对机械系统进行全面的测试，得到其可靠性与可靠性指标，以确定其失效模式。例如，在大型旋转设备中，轴承、齿轮等零部件的性能和寿命直接影响整个设备的性能和寿命。轴承与齿轮等零部件需要进行测试，通过对测试数据的分析，确定其失效模式和失效机理。在可靠性分析过程中，需要对大量的案例进行统计和分析，以确定其失效模式和失效机理。因此，先进制造工艺水平是影响机械系统寿命预测的重要因素。在实际研究过程中，要充分考虑先进制造工艺对机械系统寿命预测的影响，进而提高机械系统可靠性分析与寿命预测水平。

5 结语

通过对新型机械结构设计原则、先进制造工艺和机械系统可靠性分析方法的阐述，我们可以看出，先进制造工艺是影响机械系统可靠性分析与寿命预测水平的重要因素。为了全面提升机械系统可靠性分析与寿命预测水平，需要加强对机械系统失效机理、寿命预测模型以及预测方法等方面重视程度，从先进制造工艺角度出发，全面提升机械系统可靠性分析与寿命预测水平。本文还指出了机械系统寿命预测研究的重点内容，包括失效机理、寿命预测模型以及预测方法等方面，希望能够为相关领域的研究人员提供一定的参考。

参考文献

- [1] 李艳. 先进制造技术与机械制造工艺优化措施分析 [J]. 中国机械, 2025, (01): 74-77.
- [2] 郭占斌, 迟心蕊, 付程. 先进制造技术与机械制造工艺的优化措施分析 [J]. 造纸装备及材料, 2023, 52(10): 127-129.
- [3] 郭娟. 先进制造技术与机械制造工艺 [J]. 湖北农机化, 2020, (18): 157-158.
- [4] 付天鹏. 先进机械制造技术与机械制造工艺分析 [J]. 农家参谋, 2020, (05): 189.