

基于人工智能的机械传动系统优化与性能提升技术研究

卜庆东

浙江双环传动机械股份有限公司，浙江台州，310000；

摘要：本文探讨了基于人工智能技术的机械传动系统优化与性能提升方法。通过引入机器学习、遗传算法等智能优化算法，对机械传动系统的运行参数、结构设计进行优化，以提高系统效率、降低能耗并减少故障率。研究表明，人工智能技术在机械传动系统优化中具有显著优势，能够显著提升系统性能，为工业领域的机械传动系统优化提供了新思路。

关键词：人工智能；机械传动系统；优化算法；性能提升

DOI: 10.69979/3041-0673.25.06.007

引言

随着工业自动化的快速发展，机械传动系统作为工业生产中的核心组成部分，其性能优化对于提高生产效率和降低能源消耗具有重要意义。传统的机械传动系统优化方法往往依赖于经验公式和手动调整，难以应对日益复杂的系统结构和多变的工况条件。而人工智能技术的引入，为机械传动系统的优化与性能提升提供了新的解决方案。本文旨在探讨基于人工智能的机械传动系统优化与性能提升技术，以期为提高工业生产效率、降低能耗提供理论依据和技术支持。

1 人工智能在机械传动系统优化中的应用现状

1.1 智能优化算法的应用

遗传算法通过模拟生物进化过程中的选择、交叉和变异等操作，不断迭代更新参数组合，以寻找最优解。在齿轮传动系统的优化中，遗传算法可以对齿轮的模数、齿数、压力角等关键参数进行优化。通过设定合适的适应度函数，如传动效率最大化或噪声水平最小化，遗传算法能够在众多可能的参数组合中快速找到最优解。这不仅提高了齿轮传动的效率，还降低了噪声水平，提升了系统的整体性能。粒子群优化算法通过模拟鸟群或鱼群等自然群体的行为，实现问题最优解的搜索。^[1]在机械传动系统的结构优化中，粒子群优化算法可以对传动轴、轴承等部件的形状、尺寸和布局进行优化。通过设定合适的粒子位置和速度更新规则，算法能够在多维参数空间中快速收敛到最优解。这有助于提升系统的承载能力和稳定性，延长系统的使用寿命。在机械传动系统中，往往需要考虑多个目标，如传动效率、噪声水平、成本等。模拟退火算法通过模拟固体退火过程中的热力学原理，能够在多个目标之间找到平衡，找到满足所有

目标的最佳参数组合。这使得机械传动系统在设计上更加灵活，能够更好地适应不同的工况需求。

1.2 数据驱动优化方法

在机械传动系统运行过程中，各类传感器实时收集着振动信号、温度信号、转速信号、负载信号等多维度数据。这些数据蕴含着系统运行状态的丰富信息，是后续分析的基础。例如，振动信号能够反映齿轮、轴承等部件的磨损情况，温度信号则与系统的摩擦、润滑状态密切相关。利用机器学习算法，如决策树、支持向量机、神经网络等，对数据进行特征提取与模式识别。以神经网络为例，它能够自动学习数据中的复杂非线性关系，构建出系统性能与运行参数之间的映射模型。^[2]通过这个模型，可以预测系统在不同运行参数下的性能表现，为优化提供有力依据。若分析发现某齿轮在特定转速和负载下振动异常，通过调整齿轮的齿形、材质或润滑方式等参数，可有效降低振动水平，提升系统稳定性。同时，数据驱动的优化方法还支持对系统的动态调整。在实际运行过程中，根据实时监测数据，系统能够自动调整运行参数，以适应不同的工况变化，始终保持最优性能状态。随着系统运行数据的不断积累，分析模型能够持续优化，提高预测精度和优化效果。这种基于数据的持续优化机制，使得机械传动系统能够不断适应新的运行环境和需求，实现性能的持续提升，为工业生产的高效稳定运行提供坚实保障。

1.3 智能控制技术的应用

神经网络具有强大的非线性映射能力和自学习能力，能够根据系统的实时运行状态和负载变化，动态调整控制参数。例如，在复杂的机械传动系统中，神经网络可以通过学习大量的运行数据，建立起系统输入与输出之间的精确映射关系。当系统面临不同的工况时，神

神经网络能够迅速做出反应,调整控制策略,确保系统始终运行在最优状态。这不仅提高了系统的控制精度,还增强了系统的鲁棒性,使其能够更好地应对各种干扰和不确定性。模糊逻辑能够处理不确定性和模糊性的信息,根据系统的模糊输入,如“速度快”“负载重”等,进行模糊推理和决策。在机械传动系统的速度控制中,模糊逻辑控制可以根据实时的速度偏差和偏差变化率,调整控制器的输出,使系统速度快速、平稳地达到设定值。与传统的控制方法相比,模糊逻辑控制不需要精确的数学模型,能够更好地适应系统的非线性特性和复杂工况。专家系统集成领域专家的知识 and 经验,能够根据系统的故障现象和运行数据,进行故障诊断和决策支持。当机械传动系统出现故障时,专家系统可以迅速分析故障原因,并提供相应的解决方案,帮助维修人员快速排除故障,减少停机时间。

2 基于人工智能的机械传动系统优化方法

2.1 运行参数优化

建立准确的系统模型涉及到对机械传动系统中各个部件的特性进行深入分析,包括齿轮的齿形、材质,轴承的摩擦系数、刚度,以及传动轴的强度和刚度等。利用这些信息,结合力学原理和数学方法,构建出能够准确反映系统运行状态的数学模型。该模型不仅要考虑静态特性,还要充分考虑动态特性,以便更全面地评估不同运行参数对系统性能的影响。在建立好系统模型后,便可以运用智能优化算法对运行参数进行优化搜索。^[3]以遗传算法为例,它通过模拟生物进化过程,在参数空间中不断迭代寻找最优解。在优化过程中,设定合适的目标函数是关键。目标函数可以根据实际需求进行定义,例如以传动效率最高、能耗最低或噪声水平最小为目标。遗传算法会根据目标函数的值对参数组合进行评估和筛选,逐步淘汰性能较差的参数组合,保留并优化性能较好的参数组合。粒子群优化算法通过模拟粒子群体的行为,在多维参数空间中快速搜索最优解;模拟退火算法则能够在考虑多个目标的情况下,找到满足所有目标的最佳参数组合。

2.2 结构设计优化

构建精确的系统结构模型,涵盖了对传动轴、轴承、齿轮、箱体等关键部件的详细建模,充分考虑其几何形状、材料特性、受力状态及边界条件。利用三维建模软件与有限元分析(FEA)技术,能够准确模拟系统在不同工况下的应力分布、变形情况及动态响应,为后续的优化设计提供可靠依据。基于构建的结构模型,可运用

智能优化算法对结构参数进行深度优化。例如,采用遗传算法对齿轮的齿形参数、传动轴的直径与长度、轴承的布置方式等进行优化搜索,以找到在满足强度与刚度要求下,重量最轻、成本最低的结构方案。同时,粒子群优化算法与模拟退火算法等也可应用于结构形状优化、拓扑优化等领域,通过自动调整结构布局,实现材料的最优配置,提升系统的整体性能。优化后的结构应便于加工、装配与检测,降低制造成本与周期。^[4]例如,通过优化箱体结构,减少不必要的加工面与连接件,提高装配效率;通过合理设计润滑与密封结构,延长轴承与齿轮等关键部件的使用寿命,降低维护成本。随着轻量化与节能环保理念的深入人心,结构设计优化还需关注材料的选用与结构的轻量化设计。采用高强度轻质材料,如铝合金、复合材料等,结合先进的结构优化技术,能够在保证系统性能的前提下,显著降低系统重量,提高能源利用效率,减少环境污染。

2.3 故障诊断与预测维护

故障诊断技术旨在通过实时监测机械传动系统的运行状态,及时发现并定位潜在的故障隐患。传统的故障诊断方法往往依赖于人工经验和定期巡检,难以做到实时、精准地诊断。而基于人工智能的故障诊断技术,则能够通过采集系统的振动、温度、声音等多源异构数据,利用机器学习、深度学习等算法对数据进行深度挖掘和分析,从而实现对故障模式的精准识别和定位。例如,通过训练卷积神经网络(CNN)对振动信号进行特征提取和分类,可以有效识别齿轮磨损、轴承故障等常见机械故障,大大提高了故障诊断的准确性和效率。预测维护则是在故障诊断的基础上,进一步利用数据分析和预测模型,对机械传动系统的未来运行状态进行预测,并提前制定维护计划,避免突发故障导致的生产中断和安全事故。^[5]预测维护技术通过构建系统的健康度评估模型,结合历史运行数据和实时监测信息,对系统的剩余使用寿命进行预测。当预测到系统即将出现故障或性能下降时,系统会自动发出预警,并给出相应的维护建议,如更换磨损部件、调整运行参数等。这种前瞻性的维护策略,不仅能够有效降低运维成本,还能显著提高系统的可靠性和可用性。为了实现高效的故障诊断与预测维护,还需要建立完善的数据采集与传输系统,确保数据的实时性、准确性和完整性。同时,加强跨领域合作,融合机械工程、数据科学、人工智能等多学科知识,不断优化故障诊断与预测维护算法和模型,提高技术的智能化水平和实用性。未来,随着物联网、大数据、云计算等技术的进一步发展,故障诊断与预测维护技术将

更加智能化、自动化，为机械传动系统的稳定运行提供更加坚实的保障。

3 基于人工智能的机械传动系统性能提升案例研究

3.1 齿轮传动系统的优化案例

以某大型工业设备的齿轮传动系统为例，该系统在长时间运行后出现了传动效率下降、噪声增大以及齿轮磨损严重等问题。为了提升系统性能，研究人员采用了基于人工智能的优化方法。

他们对齿轮传动系统进行了全面的建模和分析，包括齿轮的几何参数、材料特性、啮合状态以及负载变化等。通过构建精确的数学模型和仿真模型，研究人员能够深入了解系统的运行机理和性能瓶颈。利用遗传算法对齿轮的模数、齿数、压力角等关键参数进行了优化搜索。遗传算法通过模拟生物进化过程，不断迭代更新参数组合，以寻找使传动效率最高、噪声水平最低且齿轮磨损最小的最优解。经过多次迭代和优化，研究人员成功找到了一组优于原始设计的齿轮参数。为了进一步提高系统的性能，研究人员还采用了齿面修形技术。通过对齿轮齿面进行微观修整，如渐开线修形、螺旋角修形等，有效改善了齿轮啮合过程中的接触行为，减小了表面接触应力，降低了传递误差和噪声水平。优化后的齿轮传动系统在实际运行中表现出了显著的性能提升。传动效率提高了约 15%，噪声水平降低了约 10dB，齿轮的磨损速度也明显减缓。这不仅提高了设备的工作效率和稳定性，还降低了维护成本和停机时间，为企业带来了显著的经济效益。

3.2 带传动系统的优化案例

带传动系统作为一种常见的机械传动方式，广泛应用于各种工业设备中。近年来，借助人工智能技术对带传动系统进行优化，已成为提升系统性能的重要途径。以下是一个典型的带传动系统优化案例。

某工厂的一台大型生产设备中的带传动系统，在运行过程中出现了带频繁磨损、传动效率下降以及传动不稳定等现象，严重影响了设备的正常运行和生产效率。为了解决这些问题，工厂决定采用基于人工智能的优化方法对带传动系统进行改进。技术人员对带传动系统进行了全面的检测和分析，收集了带的类型、长度、张紧力、带轮的形状和尺寸等关键参数。同时，利用传感器对系统运行过程中的各种数据进行了实时监测，包括带的速度、加速度、张力变化等。基于收集到的数据，技

术人员运用粒子群优化算法对带传动系统的结构参数进行了优化。粒子群优化算法通过模拟鸟群或鱼群等自然群体的行为，在多维参数空间中快速搜索最优解。在这个案例中，算法对带的类型、长度、张紧力以及带轮的形状和尺寸等参数进行了优化调整，以找到使系统性能最优的参数组合。经过多次迭代优化，最终确定了一组最优参数。技术人员按照这组参数对带传动系统进行了改造。改造后的系统运行效果显著提升，带的磨损程度明显降低，传动效率提高了约 12%，传动稳定性也得到了极大改善。为了进一步提高系统的可靠性，技术人员还引入了智能监测系统。该系统能够实时监测带的运行状态，当发现异常情况时及时发出警报，提醒维护人员进行检修。这大大减少了因带故障导致的生产中断，提高了设备的整体运行效率。

4 结束语

本文探讨了基于人工智能的机械传动系统优化与性能提升技术，包括智能优化算法的应用、数据驱动的优化方法以及智能控制技术等。通过案例研究展示了这些技术在提高机械传动系统性能方面的显著优势。随着人工智能技术的不断发展和完善，相信其在机械传动系统优化与性能提升领域的应用前景将更加广阔。未来，我们将继续深入研究人工智能技术在机械传动系统中的应用，为推动工业领域的智能化发展贡献力量。

参考文献

- [1] 季永乐, 王林清. 液压机械传动控制系统在机械设计制造中的应用研究[J]. 办公自动化, 2025, 30(04): 115-117.
- [2] 张强, 冯晖. 基于多维高斯贝叶斯的造纸机械传动系统故障识别[J]. 造纸科学与技术, 2025, 44(01): 83-87.
- [3] 陈学亮. 高效节能型农业机械传动系统结构设计研究[J]. 机械管理开发, 2024, 39(12): 118-120+124.
- [4] 张琪. 机械传动系统的优化设计与分析[J]. 中国设备工程, 2024, (20): 118-120.
- [5] 官鑫. 自动化辅助设计技术在机械传动系统优化中的应用[J]. 集成电路应用, 2024, 41(07): 214-215.

作者简介：卜庆东，1983 年 11 月，男，汉族，辽宁抚顺人，学历：本科，职称：工程师，研究方向：计算机系统集成。