

基于深度学习的生活污水处理过程监测与故障诊断技术研究

杨红明

易门铜业有限公司

DOI:10.12238/eep.v8i8.2776

[摘要] 随着城市化进程的加快,生活污水处理成为环境保护的关键问题之一。传统的污水处理方法往往难以应对复杂多变的处理环境和不断升级的处理要求。本文探讨了深度学习技术在生活污水处理过程监测与故障诊断中的应用。通过构建深度学习模型,自动提取特征并学习数据模式,实现了对污水处理过程的实时监测和故障的及时诊断。

[关键词] 深度学习; 生活污水处理; 过程监测; 故障诊断

中图分类号: U664.9+2 **文献标识码:** A

Research on Deep Learning-Based Monitoring and Fault Diagnosis Technology for Domestic Wastewater Treatment Processes

Hongming Yang

Yimen Copper Industry Co., Ltd

[Abstract] With the acceleration of urbanization, domestic sewage treatment has become one of the key issues in environmental protection. Traditional sewage treatment methods often struggle to cope with complex and variable processing environments and increasingly stringent requirements. This paper explores the application of deep learning technology in the monitoring and fault diagnosis of domestic sewage treatment processes. By constructing deep learning models to automatically extract features and learn data patterns, real-time monitoring of the sewage treatment process and timely fault diagnosis are achieved.

[Key words] Deep learning; Domestic wastewater treatment; Process monitoring; Fault diagnosis

随着环保法规的日益严格和公众环保意识的提高,生活污水处理的质量标准不断提升,传统的污水处理技术已经难以满足高效、精确的处理需求。近年来,深度学习作为人工智能领域的前沿技术,以其强大的数据处理能力和自学习性,在图像识别、自然语言处理等领域取得了显著成就。将深度学习技术应用用于生活污水处理过程监测与故障诊断,有望实现对复杂处理系统的高效管理和优化。

1 生活污水处理的重要性

生活污水处理的重要性无法被低估。在现代社会,随着人口的增长和城市化的加速,生活污水的产量急剧增加,其处理变得尤为关键。生活污水主要包括居民日常生活中产生的各种废水,如厨房洗涤水、浴室污水和洗衣水等。这些污水通常含有多种污染物,如有机物、病原体、营养盐(如氮、磷)以及其他化学物质。如果未经处理或处理不当就直接排放到自然环境中,会对水体造成严重污染,破坏水生生态系统,影响水质,导致水资源的减少和水环境的恶化。

2 生活污水处理技术

2.1 物理处理方法

物理处理方法在生活污水处理中主要通过物理作用去除污水中的悬浮物质和固体颗粒。常见的技术包括格栅、沉淀、过滤和浮选等。格栅技术是初步处理,用于拦截污水中较大的固体杂物,如树枝、纸张等,防止其进入后续处理流程造成设备堵塞。沉淀利用重力作用使污水中的泥沙等固体颗粒沉到池底,通过清理沉淀物达到净化水质的目的。过滤则是通过砂石等滤料层的阻隔作用,去除细小悬浮物。浮选方法通过向水中通气,形成气泡,使得一些小颗粒物质或油脂上浮到水面,进而被移除。这些物理处理方法通常作为污水处理的预处理步骤,旨在改善水质,为深层次的化学或生物处理做准备。

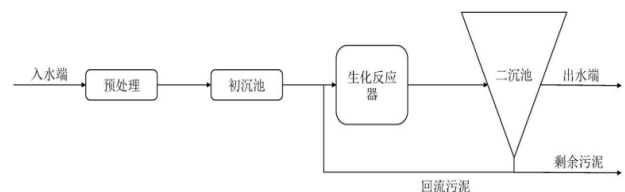


图1 污水处理过程流程图

2.2 化学处理方法

化学处理方法在生活污水处理中扮演着重要角色,主要通过化学反应来去除或分解污水中的污染物。常用的技术包括混凝、中和、氧化还原和吸附等。混凝是通过加入混凝剂(如聚合氯化铝或硫酸铁等)使污水中细小悬浮颗粒凝聚成较大絮凝体,以便于去除。中和是指调整污水的pH值,对于酸性或碱性污水,通过加碱或酸进行中和反应,以达到适合进一步处理的标准。氧化还原方法通过加入氧化剂或还原剂来改变污水中污染物的化学状态,从而将其转化为无害或易于去除的物质。吸附法则是利用活性炭等吸附剂的多孔性质,吸附污水中的有机物质、色素及某些重金属离子。

2.3 生物处理方法

生物处理方法利用微生物的代谢作用来分解转化污水中的有机污染物,是生活污水处理中最为常用且有效的技术之一。根据微生物代谢方式的不同,主要分为好氧生物处理和厌氧生物处理两大类。好氧生物处理,如活性污泥法、生物膜法、滴滤法等,通过保持污水中有充足的溶解氧,使得好氧微生物能够将有机物氧化分解为二氧化碳和水。这种方法反应速度快,处理效率高,但需要提供足够的氧气并消耗较多的能量。厌氧生物处理,如厌氧消化、厌氧滤池等,适用于处理高浓度有机污水。在无氧条件下,厌氧微生物能够将有机物质分解为甲烷和二氧化碳等气体。该方法不仅能够减少能耗,还会产生沼气作为能源回收利用。

3 基于深度学习的生活污水处理过程监测系统设计

3.1 系统架构设计

3.1.1 硬件架构

硬件架构主要包括传感器模块、数据采集单元、通讯接口及中央处理单元。传感器模块负责收集污水处理过程中的各种物理、化学以及生物参数,如温度、pH值、溶解氧等,这些参数对于后续的数据处理和分析至关重要。数据采集单元则负责将传感器收集的信息转换为数字信号,并通过通讯接口传输至中央处理单元。中央处理单元通常为工业计算机或高性能服务器,配备必要的计算和存储资源,用于运行深度学习模型和数据处理算法^[1]。

3.1.2 软件架构

软件架构则包括数据预处理、深度学习模型训练与推理、用户界面和系统维护等模块。数据预处理模块主要负责对采集的数据进行清洗、归一化等操作,以提高数据质量并减少噪声干扰。深度学习模型训练与推理模块是系统的核心,采用先进的神经网络模型对输入数据进行处理和分析,识别可能的异常模式,并生成相应的报警或建议。用户界面则为操作人员提供直观的监控视图和操作平台,使非专业人员也能轻松管理和操作系统。系统维护模块则确保软件的更新和硬件的维护工作能够按计划执行,保障系统的长期稳定运行。

3.2 数据采集模块设计

3.2.1 传感器选择与布置

首先需要确定监测的参数,这通常包括流量、pH值、浊度、

化学需氧量(COD)、氨氮等关键指标。根据这些参数的特性选择合适的传感器类型,如电磁流量计用于流量测量、玻璃电极用于pH值测量等。传感器的布置位置也至关重要,通常需要放置在能代表整个处理过程状态的位置,同时避免死角和流体不稳定的区域。此外,考虑到污水处理环境的腐蚀性和潮湿特点,所选用的传感器还需具备良好的防水和耐腐蚀性能^[2]。

3.2.2 数据采集策略

设计合理的采样频率和数据传输机制。采样频率的设定应根据监测参数的变化特性和处理工艺的要求来定,既要足够高以捕捉快速变化,又要避免不必要的过高频率导致的资源浪费。数据传输机制则需要保证数据在传输过程中的安全性和完整性,通常采用有线或无线通讯方式将数据实时传送至中央处理单元。

3.3 数据预处理模块设计

3.3.1 数据清洗

数据清洗的目标是去除数据中的错误和噪声。在生活污水处理过程中,由于设备故障、通讯问题或环境因素干扰,采集到的数据可能包含错误值或异常值,如负值、极端值或明显的离群值。数据清洗首先需要识别这些异常数据,然后采取适当的处理方法,例如删除错误记录、用平均值或中位数替换异常值,或者采用更复杂的插值方法来估计缺失的数据点。目前存在的噪声有以下几种:高斯噪声、随机噪声、均匀分布噪声和椒盐噪声等。具体噪声的详细细节如表1所示:

表1 噪声对比表

名称	特征
高斯噪声	概率密度函数服从正态分布,一般用于图像
随机噪声	背景噪声,动态起伏累积而成,随机性强,不可控
均匀分布噪声	在一个频域内均匀分布,相当于正则化
椒盐噪声	黑白相间的亮暗点噪声,多数用于图像处理

3.3.2 数据标准化

数据标准化的目的是将不同范围和单位的数据转换到统一的尺度上。由于生活污水处理涉及多种参数,这些参数的量级和单位可能完全不同(如温度单位可能是摄氏度,而化学需氧量单位可能是毫克/升),直接将这些原始数据输入深度学习模型会导致模型难以收敛。数据标准化通常采用Z得分标准化(即数据减去平均值后再除以标准差)或最小-最大标准化(将数据缩放到0-1之间)等方法,使得每一特征都处于相同的尺度,从而加快模型的训练速度并提高模型的准确率。

3.4 监测参数确定

3.4.1 关键性能指标(KPI)

关键性能指标(KPI)是指能够反映生活污水处理过程中关键性能和处理效果的参数。这些参数通常包括化学需氧量(COD)、氨氮(NH₃-N)、总悬浮固体(TSS)、pH值、溶解氧(DO)

等。这些指标能够直观反映处理过程中的有机物降解、氮磷去除效率以及污泥沉降性能等关键信息^[3]。

3.4.2 监测参数的选择依据

监测参数的选择依据主要基于对污水处理工艺的深入理解和实践经验。首先,需要分析污水处理过程中各个阶段的特点和关键影响因素,确定影响处理效果和系统稳定性的关键参数。其次,考虑到监测系统的可行性和经济性,应优先选择那些对系统影响显著且易于监测的参数。例如,在初级处理阶段,可能重点关注TSS和pH值;而在生物处理阶段,COD和NH₃-N则成为更为关键的监测指标。最后,还需要根据具体的处理工艺和排放标准来确定监测参数的具体阈值和报警级别。

4 深度学习模型在生活污水处理故障诊断中的应用

4.1 故障特征提取

通过学习大量正常与异常工况下的数据,模型能够识别出那些最具代表性和区分度的特征,这些特征可能包括传感器读数的突变、数据趋势的偏离、特定频率的信号成分等。例如,利用卷积神经网络(CNN)可以有效地从传感器数据中提取空间特征,而循环神经网络(RNN)和长短时记忆网络(LSTM)则擅长处理时间序列数据,捕捉数据中的时序特征和长期依赖关系。通过这些深度学习模型,可以自动识别出数据中隐藏的复杂模式和微妙变化,这些变化可能预示着潜在的故障或性能下降。

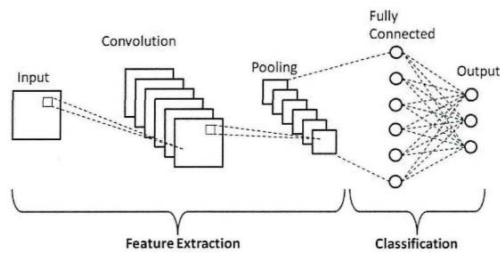


图2 CNN结构图

4.2 故障诊断模型构建

构建准确的故障诊断模型是实现生活污水处理系统自动化监测的核心环节。这一过程始于对历史数据的深入分析,以识别能够表征不同故障状态的独特模式和关联特征。这些数据包括但不限于流量、压力、温度、化学成分等参数,它们在各种故障情景下表现出不同的变化趋势和特点。利用深度学习技术,如卷积神经网络(CNN)和循环神经网络(RNN),可以构建能够处理复

杂数据关系的故障诊断模型。这些模型通过学习大量标注的正常运行和故障状态数据,自动提取高层次的特征表示,从而识别故障的早期迹象^[4]。

4.3 模型评估与验证

这一阶段的目标是通过一系列严格的测试和评估,确保模型在实际部署前具备高度的准确性和稳定性。评估过程通常开始于模型在独立测试集上的性能表现,该测试集包含了从未在训练过程中使用过的数据,用以模拟现实世界中的未知数据。通过比较模型的预测结果与实际标签,可以量化模型的准确性、精确度、召回率以及F1分数等指标。除了基本的精度指标外,还需要对模型的泛化能力进行评估,即模型对新数据的适应能力。这通常通过交叉验证等方法来实现,其中模型需要在不同的数据子集上进行训练和验证,以检验其在不同情况下的表现一致性。进一步地,为了评估模型在极端条件下的表现,还可以进行压力测试,故意引入噪声数据或模拟故障状态,观察模型是否能够正确响应。

5 结语

深度学习模型不仅能够自动提取关键特征,还能学习和识别复杂的数据模式,从而实现对生活污水处理过程的高效监控和故障的快速诊断。这一技术的应用,不仅提高了污水处理的效率和安全性,还为污水处理设施的智能管理提供了新的解决方案。未来,随着深度学习技术的进一步发展和优化,其在污水处理及其他环保领域的应用前景将更加广阔,为实现可持续发展和环境保护目标提供有力支持。

[参考文献]

- [1]陈树龙,黎志伟,黄祖安,等.基于BiLSTM深度学习模型的污水处理厂水质预测[J].当代化工研究,2024,(05):96-98.
- [2]郝志航,张小咏.基于改进的FasterR-CNN污水处理厂目标提取[J].河南理工大学学报(自然科学版),2024,43(1):68-77.
- [3]陆造好,满奕,李继庚,等.基于深度强化学习的造纸废水处理过程多目标优化[J].中国造纸,2023,42(03):13-22+103.
- [4]周小凯,姜怡杰,邓迎,等.基于深度学习的集成化污水处理装置设计[J].中国科技信息,2022,(13):133-139.

作者简介:

杨红明(1974--),男,汉族,云南易门人,环境工程师、注册安全工程师,研究方向:铜冶炼企业土壤污染防治方法的应用。