

人工智能在水利工程与水电站设备运维中的应用研究

贾玉雷

广西广投桥巩能源发展有限公司, 中国·广西 来宾 546119

摘要: 论文聚焦于人工智能 (AI) 在水利设施及水电站设备运维中的实际应用。随着 AI 技术的日益进步和完善, 在提升设备运维效率、降低故障发生率以及优化维护策略方面的潜力愈发显著。论文对人工智能的基本理论与核心技术进行了梳理, 深入剖析了人工智能在水利和水电站设备运维中的具体实践, 涵盖了系统架构、图像识别技术、缺陷检测方法、渗漏探测手段、数据传输流程以及远程监控体系等多个方面。还特别讨论了机器学习算法在故障诊断、温度监测及智能化控制系统开发中的重要作用, 揭示了人工智能如何助力水电站实现更高效、更智能的设备运行与维护。

关键词: 人工智能; 水利工程; 水电站; 设备运维

Research on the Application of Artificial Intelligence in Water Conservancy Engineering and Hydropower Station Equipment Operation and Maintenance

Yulei Jia

Guangxi Guangtuo Qiaogong Energy Development Co., Ltd., Laibin, Guangxi, 546119, China

Abstract: This paper focuses on the practical application of artificial intelligence (AI) in the operation and maintenance of water conservancy facilities and hydropower station equipment. With the continuous advancement and improvement of AI technology, its potential in improving equipment operation and maintenance efficiency, reducing failure rates, and optimizing maintenance strategies is becoming increasingly significant. The paper summarizes the basic theory and core technologies of artificial intelligence, and deeply analyzes the specific practices of artificial intelligence in the operation and maintenance of water conservancy and hydropower equipment, covering multiple aspects such as system architecture, image recognition technology, defect detection methods, leakage detection methods, data transmission processes, and remote monitoring systems. The important role of machine learning algorithms in fault diagnosis, temperature monitoring, and intelligent control system development was also discussed, revealing how artificial intelligence can help hydropower stations achieve more efficient and intelligent equipment operation and maintenance.

Keywords: artificial intelligence; water conservancy engineering; hydropower station; equipment operation and maintenance

0 前言

人工智能技术已成为提高工业设备运维效率和可靠性的核心手段之一。特别是在水利工程与水电站的维护领域, 人工智能的应用极大地提高了设备监测、保养及故障预警的能力。论文旨在通过阐述 AI 的基本原理及其核心技术, 来探讨这些技术在水利设施和水电站中的实际应用案例。技术不仅可以改进传统的维修方式, 还能够运用先进的数据分析与学习模型, 实现对设备状态的即时追踪和前瞻性维护。有利于提升设备的工作效能, 还能显著减少运营开支, 进一步保障设备运行的安全与稳定。

1 人工智能基础理论与技术概述

1.1 人工智能概述

所谓人工智能, 是指在当代科技发展中充分利用先进的互联网技术和模拟计算技术。通过机器操作, 模拟人的意识进行固定思维, 成为一种动作技术。目前, 人工智能的应用非常广泛, 无论是制造企业、互联网企业等, 都开始应用

人工智能技术。人工智能技术的核心是数据的支撑和大功率传输技术的支撑。可以模拟在处理问题过程中的某些思考和决策。通过大量的数据计算, 人工智能的主要特点是精确、高效和严谨。在水利设施与水电站装备的日常管理和维护工作中, 人工智能算法能够预见机械可能出现的问题, 及时调整维护计划, 防止非计划内的停机事件发生, 进而大幅度削减了维修开支并提升了整体系统的稳定性和可靠性。

1.2 人工智能分类

人工智能系统大致可以划分为三类, 限定领域 AI、通用智能 AI 以及超级智能 AI。限定领域 AI, 也叫作专业人工智能, 主要针对特定任务进行优化设计。在水电站中, 这种人工智能能够专门负责监控水流情况, 适时调节涡轮机的速度, 从而保障电力生产的高效与安全。而通用智能 AI 的目的是实现广泛认知功能的自动化处理, 达到与人类相似的认知水平。虽然至今为止, 尚未见证到真正意义上的通用智能诞生, 拓展科技边界有着不可忽视的作用。超级智能 AI 则是一个理论上的概念, 将拥有超越人类智慧的能力, 不

仅限于逻辑思考,还涵盖情感理解和自我认知等高阶心智技能。

1.3 关键技术

人工智能的实现依靠多种关键技术的支持,如机器学习、深度学习、神经网络、大数据分析以及自然语言处理。机器学习作为 AI 的核心技术,通过算法让计算机能够从数据中自主学习而无需人为编写特定程序。在水利工程与水电站的运行维护过程中,利用机器学习可以从海量传感器收集的数据中提取知识,以预测设备可能出现的问题及资源需求情况。深度学习是一种基于模仿人脑神经元连接方式构建模型的方法,擅长解决图像识别和语音识别等问题。借助于这项技术,即使是在复杂多变的工作环境下, AI 系统也能精准地发现水电设施细微的变化。通过对大量运维记录进行深度挖掘的大数据分析为 AI 提供了丰富的背景资料,帮助其洞察隐藏于数据背后的规律性特征。自然语言处理技术则赋予了 AI 理解并生成自然语言的能力,能够从各类文档和技术日志中提炼出关键信息,从而进一步提升决策支持系统的智能化水平。

2 人工智能在水利工程设备运维中的应用

2.1 系统构成

水利工程设备运维系统利用人工智能技术构建的基本框架主要由数据收集层、智能解析层、信息传输与储存层以及远程管理层组成。在数据收集层,各类感应器采集的实时数据如水流速率、压强及温度等关键指标通过物联网技术被即时传送至数据中心。智能解析层作为整个体系的核心部分,运用先进的人工智能算法对获取的数据进行深度分析,旨在提前识别可能发生的故障并评估设备的健康状况。信息传输与储存层的任务是对庞大的实时和历史数据集进行有效压缩、安全存储及稳定传输,确保所有数据既安全又完整无缺。而远程管理层则提供了直观的人机交互界面,使得维护人员能够通过各种终端设备随时掌握水利设施的工作情况,迅速响应任何潜在隐患。

2.2 图像识别与缺陷检测

在水利工程设备的缺陷检测中,图像识别技术已经得到了广泛应用。通过高精度摄像头和无人机等设备,图像识别系统能够全面扫描水利设施表面,捕捉到裂缝、锈蚀及老化等问题。利用深度学习算法对收集到的数据进行处理,系统能够自动辨识并标注出潜在的结构问题。基于机器学习的自适应模型还能根据现有缺陷的发展趋势,预测未来可能出现的问题,为维护人员提供预警信息,支持采取预防性措施。对于水电站中的水轮机叶片、发电机定子以及主轴承等关键部件而言,这种技术尤为重要。因为这些部件长期运转会导致不同程度的磨损,严重时甚至会引发故障。借助于人工智能驱动的图像识别与缺陷检测技术,可以实现 24 小时不间断且无需直接接触的监控,不仅大大减少了停机维修的

时间,也避免了人工检查所带来的安全风险,保证了检测结果的准确性和时效性。

2.3 渗漏检测与定位

渗漏问题是水利工程设备维护过程中经常遇到难以掌控的难题,尤其是在大坝和管道等核心结构中,渗漏不仅会损害设施,还会对周围环境造成威胁。借助人工智能技术进行渗漏识别与定位展现出明显的优势,主要是通过构建传感器网络并运用数据分析方法来实现这一目标。系统在大坝、管道等关键位置安装了监测水位、压力以及温湿度变化的感应器,以便于持续收集相关信息。一旦发现异常的压力波动或湿度改变,系统将立即发出警告信号。对于数据处理而言,机器学习算法能够从复杂的数据中提取出渗漏特征及其演变规律,进而提升确定问题源头的精确度。

2.4 数据传输与远程监控

水利工程设备的智能化运维依赖于高效的数据传输与远程监控。通过运用无线网络和卫星通信技术,能够将设备运行时的状态数据即时传送到控制中心,使得管理人员可以同时多个项目进行实时监测。为了保障长距离数据传递过程中的安全性和准确性,系统采用了加密处理及防丢失策略。远程管理系统会使用智能算法来解析这些数据,在操作界面上展示出装置的工作状况、潜在问题以及故障预警。维护团队成员就可以利用移动电话、平板电脑或个人计算机等工具随时检查设施的状态,迅速应对任何突发状况。平台还具备远程操控能力,让技术人员可以在不亲临现场的情况下调整相关参数,以保证整个系统的稳定运作和安全性。通过这种全面覆盖的信息交换与远程监督机制,不仅大大提高了水利设施管理工作的效率,也大幅度减少了实地作业所需的人力资源。

3 人工智能在水电站设备运维中的应用

3.1 故障特征提取与数据集构建

故障特征提取和数据集构建是水电站设备故障诊断中人工智能应用的基石。通过传感器收集到的电流、电压、振动及温度等核心参数,运维系统能够运用数据分析手段,提炼出设备运行期间可能出现的问题特征。借助信号处理技术(如时频域分析、小波转换等),可以从原始数据中筛选出异常信息,进而辅助故障定位。创建一个高质量的数据集合对于开发有效的人工智能故障检测模型至关重要。理想的数据库应包括各种工作条件下的记录,要覆盖所有可能遇到的故障类型及其具体表现形式。为了确保训练出的模型具备较高的精确度,在准备数据集时通常会执行一系列预处理步骤,如去除杂质信息、减少背景噪声干扰以及对数值进行标准化调整。

3.2 机器学习的故障诊断模型

在故障诊断模型中,机器学习算法发挥了重要作用。通过分析历史数据和故障模式,这些模型能够迅速且精准地

识别设备问题。常见的机器学习方法有支持向量机 (SVM)、神经网络和决策树等。每种算法针对不同类型的设备特性,可以揭示数据中的复杂关系。特别是在水电站的故障检测领域,深度学习技术表现尤为突出,卷积神经网络 (CNN) 和递归神经网络 (RNN), 在处理图像识别和序列数据方面有着优异的表现。借助于对传感器信息进行多维度解析,这些智能系统能够自动发现潜在的问题特征,并做出准确判断。基于机器学习的故障预测工具还具备自我学习与适应的能力,面对设备状况的变化时,能够及时调整自身的诊断逻辑,从而极大地提高了问题识别的精确度和响应速度。

3.3 温度监测与热管理

温度监控与热管理在水电站设备的日常维护中至关重要,特别是在发电机和变压器等核心装置上,温度变化可能引发重大安全隐患。借助人工智能技术,能够使水电站设备的温度监测变得更加精确和高效。通过在这些关键部件上安装传感器,可以实现对设备温度的实时监控,确保运行于安全的温度区间内。运用深度学习及机器学习算法,温度监控系统能够分析历史数据,识别出异常模式。温度突然升高可能是由于内部摩擦增加或散热系统故障所致。基于所收集到的温度信息趋势,人工智能系统能够提前发出警报。通过对温度数据进行智能分析,运维平台还能自动调节设备的工作状态,控制负载,优化冷却系统的运作频率,从而达到有效的热量管理。采用这种智能化的温度监测与热管理系统不仅有助于延长设备寿命,而且大幅降低了因过热而导致的风险。

3.4 智能励磁控制

在水电站发电过程中,励磁系统的调控对于提升发电效率和电能品质至关重要。传统的励磁控制手段主要依靠人工操作或简单的反馈机制,面对负载变化、故障干扰等复杂场景时显得力不从心。随着人工智能技术的发展,为励磁控制带来了革新性的智能化解决方案。通过构建动态模型并应

用智能算法,实现了更加高效稳定的励磁管理。基于 AI 的励磁控制系统能够利用机器学习技术分析实时数据如负荷变动、电网频率及相位信息,自动优化励磁参数。发电机面临频繁的负荷波动时,系统可以精确调节励磁电流,确保输出功率与电压保持稳定状态。引入深度学习后,系统获得了更强的自适应性,在遭遇异常情况时能够迅速做出反应,调整励磁策略以减轻对电力设备和整个电网的影响。

4 结语

论文详细研究了人工智能在水利设施及水电站设备管理中的运用,强调了在故障检测、维护预判以及效能改进方面的核心作用。借助即时数据解析、机器学习算法、温控系统和智能激励调控,人工智能显著提高了设备监管与保养的准确性,为水电站运营提供了更加先进且稳定的技术支撑。随着科技的日新月异和信息处理能力的不断提升,人工智能将在水电站设备管理中扮演愈发重要的角色,为实现可持续发展目标和优化资源配置开拓新的路径。

参考文献:

- [1] 李荣广.人工智能在电气设备运维检修中的应用[J].数码精品世界,2023(5):237.
- [2] 杨铮.人工智能技术在电力设备运维检修中的研究及应用[J].中国科技期刊数据库 工业A,2022(3):151-153.
- [3] 顾乐晋.人工智能技术在电力设备运维检修中的应用[J].信息产业报道,2023(12):121-123.
- [4] 包江民.人工智能技术在变电站运维管理中的应用研究[J].数字化用户,2023(7):9-10.
- [5] 王敏,李雪松,王堃,等.人工智能技术在电力设备运维检修中的研究及应用[J].信息记录材料,2022(1):23.

作者简介: 贾玉雷(1982-),男,中国广西柳州人,本科,工程师,从事水利发电运维研究。