

# 人工智能技术在风力发电领域的应用

任利健

河北华电冀北新能源有限公司, 河北 张家口 075000

**[摘要]** 全球能源需求持续增长, 环境问题日益严峻, 促使风力发电成为应对气候变化与能源危机的重要方案。随着风电机组规模的不断扩大及其运行环境的复杂化, 传统管理模式在面对这些新挑战时显现出了不足之处。人工智能技术凭借其在大数据处理与智能决策方面的独特优势, 正在为风电行业的管理与运营带来革命性的变化。智能化应用在优化机组运行、故障预测及功率调度等方面表现出了显著的优势。随着这些技术的不断深入发展, 风电行业正朝着更高效、更可靠的方向迈进。文中将探讨人工智能技术在风力发电领域的应用, 旨在为行业智能化转型提供理论支持与实践指导。

**[关键词]** 人工智能; 运行监测; 故障诊断; 优化调度

DOI: 10.33142/hst.v8i1.15157

中图分类号: TM614

文献标识码: A

## The Application of Artificial Intelligence Technology in the Field of Wind Power Generation

REN Lijian

Hebei Huadian Jibei New Energy Co., Ltd., Zhangjiakou, Hebei, 075000, China

**Abstract:** The continuous growth of global energy demand and increasingly severe environmental problems have made wind power an important solution to address climate change and energy crisis. With the continuous expansion of wind turbine scale and the complexity of its operating environment, traditional management models have shown shortcomings in facing these new challenges. Artificial intelligence technology, with its unique advantages in big data processing and intelligent decision-making, is bringing revolutionary changes to the management and operation of the wind power industry. Intelligent applications have shown significant advantages in optimizing unit operation, fault prediction, and power scheduling. With the continuous development of these technologies, the wind power industry is moving towards greater efficiency and reliability. The article will explore the application of artificial intelligence technology in the field of wind power generation, aiming to provide theoretical support and practical guidance for the intelligent transformation of the industry.

**Keywords:** artificial intelligence; operation monitoring; fault diagnosis; optimize scheduling

### 引言

全球气候变化日益严峻, 风力发电作为清洁能源的重要来源, 已逐步成为多个国家能源战略中的核心组成部分。然而, 在风电行业快速发展的同时, 许多问题仍然制约着其可持续性。风电机组的高故障率、功率波动及其发电的不稳定性, 已成为困扰风电场高效运营的主要难题。面对这些挑战, 传统的维护与管理模式显得力不从心, 无法适应日益复杂的运行环境。与此同时, 人工智能技术的迅猛发展为这些问题提供了新的解决方案。借助先进的人工智能技术, 数据处理、模式识别及故障预测等能力得到了大幅提升, 从而为风电场提供了强有力的技术支持。智能化风电管理系统通过对实时数据的分析, 能够准确地监控设备状态、预测故障并优化功率调度, 极大地提升了风电场的运营效率与稳定性。随着人工智能技术的进一步应用, 风电行业的未来发展前景愈加光明。

### 1 风力发电系统的组成与关键技术

风力发电系统是机械、电气与信息技术相结合的综合性能能源系统, 其高效运转取决于各部分的有机协作。风电机组作为核心单元, 用于将风能转化为电能, 主要包括叶

片、发电机、齿轮箱以及塔架等结构部件。电能通过变电站集中处理并升压, 从而在输送至电网时确保其稳定性与安全性。运行状态的实时监测与功率输出的动态调整则由控制系统负责, 而输配电网络的作用在于高效分配电能, 以满足不同负载的实际需求<sup>[1]</sup>。在风电系统运行过程中, 场址选择的科学性依赖于风资源评估的准确性, 而优化设计的机组能够有效提升能量转化的效率。运行控制与功率调度通过调整运行参数, 平衡了系统性能与电网需求之间的关系。需要特别指出的是, 数据采集与分析、设备状态感知及实时控制等技术被认为是实现上述功能的关键支撑。

### 2 人工智能技术在风力发电领域的应用

#### 2.1 智能化风资源评估与选址优化

传统的风资源评估方法通常依赖于人工经验与有限的信息, 这不仅容易导致评估的误差, 还存在低效的问题。随着人工智能技术的发展, 风资源评估过程得到了显著的改进。通过结合机器学习与神经网络模型, 多维度数据如风速、气象条件以及地形信息被综合分析, 从而更精准地评估风资源的分布情况。AI 还能够利用历史数据进行风速变化趋势的预测, 为风电场选址提供更为科学的

优化方案。

## 2.2 风电机组运行状态监测与故障诊断

传统的机组状态监测方法主要依赖人工巡检,然而这种方式难以及时发现潜在的故障问题,且容易受到人为因素的影响。随着人工智能技术的应用,通过实时分析振动、温度等传感器数据, AI 系统能够迅速识别出异常信号,并提前预测可能的故障<sup>[2]</sup>。基于深度学习的故障诊断技术可以对机组的运行状态进行全面监控,准确诊断潜在问题,并在问题发生之前发出警告。随着技术的不断进步,故障诊断的精度不断提高,这不仅减少了机组停机时间,还有效降低了维护成本,提升了整体运行效率。

## 2.3 风电场预测性维护系统

在传统的风电场维护模式中,设备通常按照预定的时间进行定期检查,但这一方式无法根据机组的实际运行状态进行及时的调整。人工智能的引入,使得风电场可以实施预测性维护。通过对风电机组实时运行数据与历史维护记录的全面分析, AI 能够在问题发生前识别潜在的故障风险,从而制定出更为精准的维护计划。预测性维护不仅帮助减少了突发故障的发生,还避免了不必要的维护开支。通过提前采取必要的修复措施,风电场的整体运营效率得到了显著提升。

## 2.4 风电功率预测与优化调度

风电功率的不确定性一直是电网调度面临的难题,传统的调度方法在面对风电功率波动时显得力不从心。借助人工智能,风电功率预测得到了显著的优化。通过机器学习与深度学习技术, AI 系统能够结合历史数据、气象条件以及风电场的实时数据,精确预测风电功率的变化趋势。预测结果被用于优化风电场的功率输出,并与调度系统紧密配合,实现电网功率的动态调整,提高电网的稳定性,还有效提升了电网的经济性<sup>[3]</sup>。通过人工智能,风电场与电网之间的协调得到了增强,调度过程更加灵活,进一步降低了电网波动的风险。

## 2.5 数据驱动的风电控制策略

人工智能技术的应用使得风电机组的运行效率得到了大幅提升。 AI 技术通过实时采集数据并进行分析,为风电机组制定出最优化的运行控制策略。通过强化学习等算法,风电机组能够根据实时变化的气象条件进行灵活调整,以确保最大限度地提高发电效率。此外,基于数据驱动的控制策略还能够有效延长风电机组的使用寿命,减少设备磨损。随着 AI 技术的不断进步,未来的数据驱动控制策略将在风力发电系统中发挥更加重要的作用,为风电场的经济效益最大化提供精确的支持。

# 3 人工智能在风电机组运行与维护中的应用

## 3.1 风电机组运行状态在线监测

传统方法依赖人工定期检查,这种方式存在着无法及时捕捉故障信号的局限,且难以有效预防潜在的设备问题。

随着人工智能技术的引入,结合智能传感器与 AI 算法,风电机组的状态监测获得了显著提升<sup>[4]</sup>。智能传感器能够实时采集温度、振动、转速等关键信息, AI 算法通过对这些数据的分析,迅速发现潜在的异常,不仅提高了异常识别的准确性,还能够对微小的变化做出即时反应,为运维人员提供有效的预警。通过实时反馈,运维团队可以在问题初现时便采取措施,避免故障的扩展,从而大大降低了停机时间并提高了系统的稳定性。

## 3.2 故障预测与预防性维护

在风电机组的维护过程中,故障预测与预防性维护已成为确保其长期稳定运行的重要手段。传统的维护方式主要依赖定期检查,但此方法往往不能及时发现设备潜在故障,且维修效率低下。人工智能的应用,通过实时数据分析和故障模式识别,彻底改变了这一现状。 AI 系统通过对海量运行数据的深度挖掘,能够识别出设备的潜在故障,并提供预警。这种系统不仅能够分析历史数据,还能根据实时信息预测设备可能发生的故障,从而提前制定相应的维护策略。通过这一智能化的预测机制,风电机组的故障率显著降低,同时提高了设备的可靠性与安全性,延长了其使用寿命。

## 3.3 风电机组关键部件的寿命预测

在风电机组的运行过程中,轴承、齿轮箱等关键部件的老化程度直接影响到机组的稳定性与运行寿命。利用人工智能技术,基于温度、振动等多项数据,能够精确预测这些部件的老化过程。 AI 系统通过对历史运行数据与当前状态的综合分析,识别出关键部件的老化信号,进而预测其剩余使用寿命。此技术为备件管理与维护计划提供了科学依据,确保了更精准的维护决策。通过优化备件的管理,减少了突发故障的风险,同时提高了风电机组的运行效率。 AI 技术的应用,不仅使关键部件的更换和维护更加精细化,也有效降低了过度维修的成本。

## 3.4 智能化远程诊断系统

风电机组的故障诊断工作通常需要依赖现场检查,但这一方式不仅费时且效率较低。随着人工智能技术的快速发展,远程诊断系统逐渐成为解决这一问题的关键。 AI 技术与远程诊断系统的结合,使得运维人员能够在不亲自到达现场的情况下,通过实时数据远程分析机组故障。智能系统通过历史数据与当前运行状态的对比分析,能够迅速定位故障源,并给出具体的修复建议。借助这一智能诊断方式,运维人员能够更加高效地处理问题,减少了现场检查的时间消耗及人工操作的依赖。远程诊断系统的引入,大幅提升了故障处理的速度与准确性,有效降低了运维成本。

## 3.5 人工智能驱动的自适应控制技术

风电机组的运行状态受到环境因素如风速、风向等的影响,传统的控制方法难以应对这种动态变化。人工智能技术推动了自适应控制技术的发展,使风电机组能够在不

同的环境条件下自动调整运行参数。AI 通过实时监测风速、转速等多个变量,能够基于不断变化的环境因素动态调整机组控制策略,确保机组始终在最优工作状态下运行。通过强化学习等方法, AI 不仅能自动优化机组的运行效率,还能最大限度延长其使用寿命。自适应控制技术的应用,大幅提升了风电机组的发电效率与稳定性,同时降低了维护需求,推动了风电行业的智能化进步。

#### 4 人工智能在风力发电领域应用的关键技术

##### 4.1 机器学习与深度学习在风电维护中的应用

机器学习与深度学习是人工智能技术的重要组成部分,它们在风电机组的维护过程中发挥着关键作用。通过对传感器采集的海量数据进行深度分析,这些技术能够识别出机组运行状态中的复杂模式,及时发现潜在的故障风险。机器学习能够学习历史数据中的规律,预测故障发生的时机及位置;而深度学习则通过多层次的数据处理,能从更为复杂的运行数据中捕捉异常。随着人工智能技术的不断发展,基于数据驱动的智能维护系统得到了广泛应用,它们能够在设备发生故障之前做出预警,减少停机时间,提高设备运行的安全性与可靠性。与传统的定期维护方式相比,智能化维护显著提升了风电机组的运营效率,有助于延长设备寿命。

##### 4.2 边缘计算与物联网技术

边缘计算与物联网技术在现代风电机组的智能化管理中起着至关重要的作用。通过在接近数据源的位置进行信息处理,边缘计算有效地降低了数据传输的延迟,确保了实时性和响应速度。而物联网技术则通过设备间的互联互通,使得风电机组能够共享实时数据,为运维人员提供了精准的设备状态信息。随着这些技术的不断优化与应用,风电场不仅能够实时监测机组的运行状况,还能通过智能算法进行动态调度,提升系统的稳定性与运行效率,增强了风电机组的运维能力,帮助降低了人工操作的成本,并推动了风电产业向更加智能化的方向发展。

##### 4.3 大数据分析技术在风电维护中的整合应用

风电场运营过程中产生的海量数据为大数据分析技术提供了丰富的资源。通过大数据分析技术,能够对这些数据进行深度挖掘,提取出有价值的信息,从而为风电机组的故障预测、功率优化等提供科学依据。基于历史数据,风电场能够精确预测设备的故障风险及电力输出变化趋势,提前进行调度与维护,从而减少了停机时间,确保了电网的稳定性。此外,数据分析还能为风电场提供决策支持,优化风电功率的调度,使得风电场能够更好地适应环境变化,提升运行效率。在风电产业的发展中,大数据技术的广泛应用已经成为提高运维管理水平的重要手段。

##### 4.4 数字孪生技术与虚拟仿真系统的协同应用

数字孪生技术通过虚拟模型实时映射风电机组的物

理状态,为机组运行与维护提供了直观的可视化支持。结合虚拟仿真系统,风电场可以模拟不同运行场景,评估操作方案的可行性与效果。这种技术不仅能帮助运维人员提前发现潜在的故障问题,还能在机组出现问题时,快速定位故障点,并提供有效的解决方案。虚拟仿真技术的引入,使得风电机组的优化工作更加精确,减少了设备故障的发生率,并为制定更加科学的运维策略提供了有力的工具。数字孪生与虚拟仿真系统的结合,使风电机组的运维工作更加高效,提升了风电场管理的智能化水平。

#### 5 人工智能在风力发电领域应用的优化路径

##### 5.1 多技术融合的系统集成优化

在风电管理效率提升的过程中,通过融合机器学习、大数据分析与边缘计算技术,构建了一体化的智能管理平台,能够对风电机组进行实时监控,并利用对海量数据的分析,精确预测故障并进行有效预防。应用边缘计算技术后,数据传输延迟得到了显著减少,系统响应速度得到了有效提升,从而保证了快速处理与更高效的管理。多技术的协同作用,使得风电场的整体运行效率得到了大幅提高,系统稳定性也有了显著增强,推动了行业向智能化迈进。

##### 5.2 推进技术标准化与平台化

随着人工智能技术在风力发电中的不断普及,通过制定统一的技术标准,可以确保各类风电设备与系统之间的兼容性与数据共享的高效性,这为信息的准确传输提供了可靠保障。同时,标准化也推动了技术的发展,使得整个行业能够在规范化的框架下健康发展。平台化的建设则为不同设备与系统之间的互联互通奠定了基础,进而促进了更高效的资源配置。通过这一整合过程,不仅提高了风电行业技术的统一性,还加速了技术创新与应用的传播,从而推动了整个产业的进步。

##### 5.3 强化技术与产业链协同发展

为更好地推动人工智能技术在风力发电中的应用,加强技术与产业链的深度协同显得至关重要。单一的技术力量无法满足日益增长的行业需求,只有产业链各方紧密配合,才能有效促进技术的广泛应用。通过加强产学研结合,人工智能技术能够迅速从理论阶段转化为实践成果,推动风电行业快速发展。各环节的紧密合作不仅提高了技术的实施效率,也为新技术的推广与普及创造了良好的条件。为加速产业的智能化转型,促进政府、企业与科研机构之间的深入合作,无疑将为技术成果的快速转化提供更加有力的支持,推动风电产业持续、稳步发展。

#### 6 结语

人工智能技术在风力发电领域的应用,正推动行业走向智能化、数字化的新时代。通过智能技术的集成,风电机组的运行监控、故障诊断与维护管理等方面取得了显著进展。风电行业正在快速向智能化、自动化方向发展,随着机器学习、大数据分析 & 边缘计算等技术的融合应用,

行业效率与可持续性得到了大幅提升。然而,尽管人工智能在风电领域已取得了许多显著成果,但在数据安全、技术标准以及产业链协同等方面,依然面临诸多挑战。未来,推动产学研合作、完善技术标准以及优化产业链协同将是风电行业发展的关键。

[参考文献]

[1]谢瑶滨.人工智能在风力发电领域的应用探讨[J].科技资讯,2021,19(10):41-43.

[2]张冬冬,单琳珂,刘天皓.人工智能技术在风力与光伏发电数据挖掘及功率预测中的应用综述[J].综合智慧能

源,2021,12(12):22-23.

[3]苏彦龙,陈然,胡雨,等.基于人工智能技术的电网用能侧协同自动调度方法[J].自动化技术与应用,2022,12(12):22-23.

[4]蒲天骄,赵琦,王新迎.电力人工智能技术研究框架、应用现状及展望[J].电网技术,2020,12(11):12-19.

作者简介:任利健(1992.12—),毕业院校:华北理工大学轻工学院,所学专业:电气工程及其自动化,当前工作单位:河北华电冀北新能源有限公司,职务:风机专工,职称级别:工程师。