

# 数据挖掘技术在光伏储能系统 电力故障检测与诊断中的应用

萧海明

(深圳市天健能源科技有限公司, 广东 深圳 518000)

**摘要** 本研究依托先进的数据挖掘技术, 全面分析太阳能光伏发电与储能系统中的电力故障检测与诊断问题, 通过对大规模数据集进行深度挖掘有效地识别出系统中的故障模式, 研究中应用了多种数据挖掘算法如机器学习和深度学习技术, 对光伏系统的运行数据进行分析, 从而有效地预测和诊断系统中可能出现的潜在故障, 此外, 还探讨了如何将这些技术集成到现有的系统监控框架中, 以期为系统的维护和持续优化提供坚实的科学依据和技术支持。

**关键词** 数据挖掘技术; 太阳能光伏; 储能系统; 故障检测; 诊断分析

**中图分类号**: TM732; TP311.12

**文献标志码**: A

**文章编号**: 2097-3365(2024)12-0025-03

随着可再生能源行业的快速发展, 太阳能光伏发电系统的可靠性与维护日益受到重视, 数据挖掘作为一种高效的数据分析技术, 其在故障检测与诊断方面的应用显得尤为重要。本研究针对数据挖掘技术在光伏系统故障诊断中的应用进行深入分析, 旨在为提高故障预测的准确性与效率提供借鉴。

## 1 数据挖掘技术在光伏系统中的应用

### 1.1 数据采集与预处理

在光伏系统中, 数据采集和预处理是确保后续分析准确性的关键步骤, 数据源的选择涵盖了从光伏面板输出的电压和电流数据, 到环境数据如温度和光照强度等多种类型, 这些数据对于评估光伏面板的效能和诊断可能的故障至关重要, 数据采集系统的设计需要考虑采样频率、存储容量和传输方式, 以确保数据的及时性和完整性。一旦数据被收集, 接下来的预处理步骤包括彻底的数据清洗, 目的是移除数据中的噪声和异常值, 这一步骤可能涉及使用统计方法识别离群值或者应用领域知识来判断数据的合理性。

归一化处理是另一个关键环节。通过将数据标准化到一个共同的尺度可以避免模型在处理时对某些变量给予不当的重视, 针对数据集中的缺失值采用插值或基于模型的预测方法进行处理, 以保证数据集的完整性, 这是确保后续机器学习算法能够有效运行的基础, 在这个过程中需要谨慎选择合适的归一化方法和缺失值处理策略, 以避免引入偏差或扭曲原始数据的分布特征。

### 1.2 故障检测方法

故障检测是光伏系统数据挖掘应用中的核心环节, 使用机器学习算法对采集的数据进行模式识别, 是其中的关键技术支持, 向量机(SVM)和决策树等算法因其在分类问题中的高效性而被广泛应用, SVM通过找到数据点之间的最优边界, 帮助区分正常状态和可能的故障状态, 而决策树通过简单的决策规则对问题进行层层划分, 使得问题的解决变得直观易懂。

此外, 集成学习方法如随机森林, 通过组合多个决策树减少过拟合的风险, 提高故障检测的准确性, 随机森林的每一个树模型都是在数据集的一个随机子集上训练得到的, 它们的预测结果将通过投票得到最终判定, 这种方法能够有效提高单个模型可能忽视的少数情况的识别准确率。

### 1.3 故障诊断策略

故障诊断策略的设计是提高光伏系统可靠性的另一重要环节, 基于规则的故障诊断方法利用历史故障数据来制定诊断规则, 例如, 如果某一传感器检测到的温度连续超过安全阈值, 则系统可判定为温度异常故障, 这种方法的优点是直观且易于实施, 但它依赖于规则的完整性和准确性。

为了解决更复杂的故障模式识别问题, 深度学习模型尤其是卷积神经网络(CNN), 被用于分类任务, CNN通过自动学习数据中的高层特征, 较传统机器学习模型更擅长处理图像和序列数据, 在光伏系统中, CNN可以用于识别和分类由多种因素引起的复杂故障模式,

如由于组件老化、安装错误或环境因素影响导致的故障，训练 CNN 能够识别出微小的变化，这些变化可能预示着潜在的系统故障，从而在问题发生之前采取预防措施。

这些高级数据挖掘技术的应用不仅增强了光伏系统的故障诊断能力，还大大提高了系统的运行效率和安全性，为光伏行业的技术进步和可持续发展提供了有力支撑<sup>[1]</sup>。

## 2 储能系统的故障分析

### 2.1 储能设备的故障模式

储能系统尤其是电池存储设备，是现代能源系统中不可或缺的一环，它们对于平衡供需、提升能源效率和增强系统的稳定性起着至关重要的作用，然而，这些设备在运行过程中可能会出现多种故障模式，这些故障模式会严重影响整个系统的运行效率和安全性，常见的故障类型包括电池过充、过放及温度异常等问题，可能会损坏电池结构从而缩短电池的整体使用寿命，此外，温度异常无论是由外部环境还是内部电流过大引起的热量积累所造成，都可能导致电池效率降低，甚至发生安全事故。

为了有效地识别和预防这些故障，采用数据驱动的方法进行故障模式识别尤为关键，通过实时收集电池的电压、电流、温度等关键数据并利用数据挖掘技术，可以系统地分析和识别出导致故障的特定模式，例如聚类分析可以将电池的运行状态划分为正常、预警和故障三种状态，这样的分类不仅有助于监控电池的健康状况，还可以在问题初期就进行干预，避免故障的进一步发展。

此外，采用异常检测算法如孤立森林和一类支持向量机等，能够有效地识别数据中的异常行为，这些算法通过分析电池行为模式的偏差能够及早预警潜在的故障，为能源管理提供了强有力的技术支持，通过持续的数据分析和模式识别可以更精确地了解电池的性能波动和趋势，进而制定更有效的维护策略和优化措施，确保储能系统的高效和安全运行。

### 2.2 数据驱动的故障预测模型

在储能设备的运维过程中构建一个有效的时间序列预测模型是至关重要的，因为这能显著提高设备的维护效率和预防故障的能力，时间序列预测模型通过分析历史数据中的时间依赖性，能够预测未来一段时间内储能设备的状态。

长短期记忆网络 (LSTM) 作为一种特殊的循环神经网络 (RNN)，是构建这种时间序列预测模型的核心技术之一，它特别适合于处理和预测那些具有长期依

赖关系的时间序列数据，这在储能设备的性能监测中尤为重要，输入历史的电池性能数据 LSTM 模型能够学习和识别数据中的长期趋势和周期性变化，这些学习成果让模型能够有效地预测未来的电池状态，识别出可能导致故障的模式。

例如，LSTM 可以通过分析电池的历史充电和放电周期、温度变化等关键参数，预测电池因过充或过热等因素进入危险状态的时间点，这种预测能力允许运维团队不仅在故障发生前采取预防措施，而且还能优化维护计划和资源分配，从而显著减少系统的停机时间和运营成本。

此外，随着技术的不断进步和数据处理能力的提升，时间序列预测模型的精确度和效率正在不断提高，有助于降低整个系统的运维成本，这对于推动可再生能源系统的广泛应用和经济性具有重要意义，同时也支持了能源系统向更加可持续和高效的方向发展，凭借这些数据驱动的预测模型，可再生能源系统的可靠性、效率和经济性都将得到显著提升，从而更好地满足现代社会对能源系统的要求<sup>[2]</sup>。

## 3 系统集成与优化

### 3.1 整合数据挖掘与监控系统

为提高太阳能光伏及储能系统的监控效率和故障响应速度，整合数据挖掘技术与现有的系统监控平台是至关重要的步骤，这一整合过程包括将高级数据挖掘模块与系统监控工具无缝对接，确保所有数据流在一个统一的平台上实时处理和分析。

此外，集成的数据挖掘模块利用从多个传感器和设备收集的数据，应用预测模型和故障检测算法，自动识别潜在的系统风险和性能下降的迹象，这不仅提高了故障诊断的准确性，也大幅度缩短了问题响应时间，提升了系统的整体可靠性和安全性，实时数据分析和故障预警系统能够帮助运维团队提前采取措施防止故障扩大，减少潜在的经济损失和安全风险<sup>[3]</sup>。

### 3.2 系统性能评估

系统性能评估是确保数据挖掘技术在实际应用中达到预期效果的关键环节，通过定期对系统进行全面性能评估可以有效地验证数据挖掘模型的有效性和准确性，确保新模型能够提供比现有方法更高的准确度和效率。

在进行性能评估时，研究团队会特别关注模型在预测系统故障和性能趋势方面的表现，利用从实际操作中收集的实验数据可以详细分析模型在不同条件和场景下的响应能力和预测准确性，这些数据可以对模型进行必要的微调和优化，以提高其预测的精度和响

应速度, 评估模型在长期运行中的稳定性和可靠性。

此外, 性能评估的结果还提供了重要的反馈信息, 有助于改进数据采集和处理流程, 可以帮助研发团队识别并解决现有流程中的瓶颈和不足, 进一步优化数据处理和分析方法, 这种系统性的评估和改进提高了整个系统的运行效率, 为未来的技术升级和系统优化提供了科学的依据和方向指导。数据挖掘技术能够持续支持系统的高性能和稳定运行。

### 3.3 优化策略的制定

基于数据挖掘技术和系统性能评估的结果, 制定有效的系统维护和升级策略对于提升系统的稳定性和效率至关重要, 在制定这些策略时不仅要考虑技术的可行性和成本效益, 还需综合考虑系统的长期运行需求, 这种全面的策略制定包括定期的硬件升级、软件更新以及对运维流程的持续改进, 保证所有组件都能与技术进步同步。

优化策略在考虑成本效益的同时也需要考虑环境因素和系统的可持续运行, 例如通过引入更高效的能源管理技术不仅可以减少能耗, 还可以通过实施更先进的数据分析工具, 提高故障检测和预防的准确率。此外, 对现有设备进行智能化升级, 如安装能够自动调节能量输出以适应需求变化的智能控制系统可以进一步提高能效并降低维护成本。

随着技术的不断进步, 凭借持续的系统评估与优化并结合最新的技术进展, 太阳能光伏和储能系统的管理与维护可以实现更高效、更可靠的运行水平, 这不仅增强了系统的经济效益, 还为可持续能源解决方案的实施和未来能源结构的优化提供了坚实的技术支持, 推动整个行业向更高效、更环保的方向发展<sup>[4]</sup>。

## 4 未来展望与挑战

### 4.1 技术进步的可能影响

随着人工智能、大数据技术、物联网和云计算等技术的不断发展和成熟, 它们在光伏系统中的应用前景日益广阔, 这些技术能够显著提升光伏系统的运行效率、安全性和智能化水平, 尤其在故障检测与诊断领域的应用将推动传统能源管理向更高效、更自动化的方向发展。

通过应用人工智能和机器学习算法, 可以更准确地分析和预测光伏系统中的能量产出和消耗模式, 优化能源分配和利用, 同时, 大数据技术的应用可以实时收集和来自成千上万的传感器的数据, 不仅提高了故障检测的实时性和准确性, 还使得系统能够预测和预防潜在故障而不仅仅是被动响应。

此外, 随着技术的进步, 故障检测与诊断技术将越来越多地采用深度学习等复杂算法, 这将进一步提高故障识别的精确度并能够处理更复杂的故障情况, 例如深度学习可以通过分析历史故障数据和运行参数, 识别出微小的异常模式, 这些模式可能在使用传统方法时难以检测到。

### 4.2 数据安全性与隐私保护

在采集和处理大规模数据的过程中, 数据安全性与隐私保护成为一项重大挑战, 光伏系统和储能设施涉及大量敏感数据, 如设备性能、用户消费习惯和运行状态等, 这些数据的安全性直接关系到用户的隐私权 and 企业的商业利益。

面对这一挑战, 必须制定严格的数据保护措施和安全政策, 包括加密传输过程中的数据, 确保数据在传输和存储过程中的安全性; 实施访问控制策略, 确保只有授权人员才能访问敏感数据以及定期对数据安全措施进行审查和更新, 以应对新的安全威胁和漏洞。

未来的技术发展将为光伏系统带来前所未有的机遇, 但同时也伴随着新的挑战, 如何在提升系统性能和效率的同时确保数据的安全和用户的隐私将是行业需要共同努力解决的问题, 技术创新和合理的策略部署可以实现这一目标, 推动可再生能源行业的持续健康发展<sup>[5]</sup>。

## 5 结束语

通过本研究, 加深了对数据挖掘技术在太阳能光伏发电及储能系统故障检测与诊断中的应用理解, 数据挖掘技术提供了一种有效途径, 凭借精准的故障预测与诊断增强系统的可靠性与效率, 未来期望通过技术创新与系统集成进一步提升光伏发电系统的性能与经济效益。

## 参考文献:

- [1] 靳君, 贺明强, 宋德琦, 等. 基于智能技术的电力系统故障检测方法分析[J]. 集成电路应用, 2024, 41(02): 220-221.
- [2] 王思习. 基于频谱分析仪的电力系统故障检测与诊断[J]. 数字通信世界, 2023(11): 91-93.
- [3] 刘立石, 徐承森, 汪健, 等. 基于大数据技术的电力系统故障预测与诊断方法分析[J]. 电子技术, 2023, 52(10): 392-393.
- [4] 郑秋元, 符云, 陈大华, 等. 基于小波理论的电力系统故障诊断研究[J]. 机械设计与制造工程, 2020, 49(10): 68-71.
- [5] 屈子程, 高亮, 康保林, 等. 基于多源数据的电力系统故障全信息诊断模型[J]. 电力系统保护与控制, 2019, 47(22): 59-66.