

电厂运行数据价值深度挖掘探析

张 杰

丹阳中鑫华海清洁能源有限公司 江苏 镇江 212311

摘 要：电厂运行数据涵盖了设备状态、能耗、市场交易及风险管理等多源信息，具有数据量大、维度多、更新快等特点，但也面临数据质量参差不齐、隐私与安全保护等挑战。文章分析了数据挖掘技术在电厂中的应用现状，提出通过数据融合、高级算法、可视化平台及安全策略等手段实现数据价值的深度挖掘。实践应用表明，这些方法能优化电厂运营、提升能源利用效率并拓展数据服务与合作，为电厂智能化转型提供有力支持。

关键词：电厂；运行数据价值；深度挖掘

引言：电厂作为能源转换与供应的关键节点，其运行数据蕴含着巨大的潜在价值。这些数据不仅反映了设备的实时状态与能耗情况，更是优化运营、提升效率的重要依据。本文旨在深入探析电厂运行数据的价值挖掘，通过先进的数据处理与分析技术，揭示数据背后的隐藏规律，为电厂的智能化运营、能效优化及多方合作提供有力支撑，推动电力行业向更加高效、环保的方向发展。

1 电厂运行数据概述

1.1 数据来源与类型

(1) 发电设备状态监测数据主要来自安装在燃气轮机、余热锅炉、发电机等关键设备上的传感器，实时捕捉温度、压力、振动、转速等参数。这些数据能即时反映设备运行状态，为设备故障预警和健康评估提供第一手资料，比如通过燃气轮机振动频率变化可提前察觉机械磨损。(2) 能耗数据一方面来自燃料供应系统的计量装置，记录天然气等燃料的消耗量和燃烧效率；另一方面由电力计量仪表收集，包括发电机实时出力、上网电量等，是衡量电厂能耗水平和经济效益的重要依据。(3) 市场交易数据来源于电力交易市场，包含实时电价、交易电量、合约信息等；电力需求预测数据则综合气象数据、社会经济发展数据、历史用电数据等，通过预测模型得出，为电厂制定发电计划和参与市场交易提供指导。(4) 风险管理数据部分来自设备管理系统，统计设备故障次数、故障类型、故障间隔时间等故障率信息；另一部分来自财务部门和维护记录，涵盖维护人工费用、备件成本、停机损失等维护成本数据，助力电厂识别和管控运营风险^[1]。

1.2 数据特点与挑战

(1) 数据量大、维度多、更新速度快。大型燃气电厂日均数据量可达数亿条，涉及设备、环境、经济等众

多维度，实时监测数据更是以秒级甚至毫秒级速度更新，对数据存储和处理技术提出很高要求。(2) 数据格式与质量参差不齐。不同设备的数据格式存在差异，有结构化数据也有非结构化数据；部分传感器受干扰或老化影响，会产生数据缺失、异常等问题，严重影响数据挖掘的准确性，增加了数据预处理的难度。(3) 数据隐私与安全保护问题凸显。电厂运行数据包含核心生产工艺、设备参数等敏感信息，一旦泄露或被篡改，可能威胁电力系统的安全稳定运行，在数据共享和应用过程中需加强隐私保护和安全防范。

2 数据挖掘技术在电厂运行中的应用现状

2.1 数据预处理技术

(1) 数据清洗是数据挖掘的基础环节，通过剔除重复数据、修正异常值、填补缺失值等方式，解决数据中存在的缺失、错误、不一致等问题。例如，针对传感器故障导致的温度数据跳变，采用均值填充或插值法进行修正，确保数据的完整性和准确性。(2) 数据集成旨在整合来自不同源头、不同格式的数据，形成统一的数据视图。燃气电厂中，设备监测系统、能耗计量系统、市场交易平台等产生的数据格式各异，通过建立数据映射关系、统一数据标准，实现跨系统数据的有效融合，为后续分析提供完整的数据基础。(3) 数据变换通过归一化、标准化、离散化等处理，将原始数据转换为适合挖掘的格式。比如，将不同量级的压力、温度等参数归一化到[0,1]区间，消除量纲影响，提升算法模型的收敛速度和分析精度。

2.2 数据挖掘方法与应用案例

(1) 关联规则挖掘通过分析海量数据，发现设备运行状态与能耗之间的潜在关联。例如，挖掘出“燃气轮机振动值超过阈值时，单位发电量气耗上升5%”的规则，为优化设备运行参数提供依据。(2) 分类与聚类

技术中,分类算法可对设备运行数据进行标签化处理,快速识别异常状态;聚类算法能将能耗数据划分为不同群体,发现高能耗机组的共性特征,为节能改造提供方向。(3)预测模型基于历史数据训练,可实现负荷预测、设备故障预测等。通过机器学习算法构建的故障预测模型,能提前72小时预警余热锅炉管道泄漏风险,准确率达90%以上。(4)某大型燃气发电厂应用数据挖掘技术,在设备预测性维护方面,通过分析振动、温度数据,使机组非计划停机次数减少30%;能效优化中,结合关联规则调整燃烧参数,供电气耗下降 $8\text{m}^3/\text{kWh}$;同时搭建数据共享平台,与科研机构合作开发新型预测算法,提升数据价值。

2.3 面临的主要挑战

(1)数据质量问题突出,部分老旧设备传感器精度不足,导致数据噪声大,直接影响挖掘结果的准确性和可靠性,增加了模型训练难度。(2)技术人才短缺,既懂电厂运行工艺又掌握数据挖掘算法的复合型人才匮乏,制约了先进技术的落地应用,多数电厂依赖外部团队提供技术支持。(3)数据安全性与隐私保护压力大,电厂运行数据涉及生产机密和关键基础设施信息,如何在数据共享和挖掘过程中确保保密性、完整性,防止数据泄露和篡改,是亟待解决的问题。

3 电厂运行数据价值深度挖掘方法

3.1 数据融合与集成技术

(1)针对电厂内设备传感器、能耗监测系统、市场交易平台等多源数据,先通过数据标准化处理统一格式,再运用分布式融合算法消除数据冲突。例如,将燃气轮机温度传感器数据与燃料供应系统数据关联,形成“燃烧状态-能耗成本”联动视图,帮助运营人员发现燃烧室温度异常与燃料浪费的隐性关联。同时,建立跨系统数据校验机制,通过多源交叉验证剔除错误数据,确保融合后的数据能全面反映电厂运行全貌。(2)采用数据仓库存储结构化的设备参数、小时级能耗数据等高频调用信息,借助预设的数据模型实现快速汇总分析,满足日常运营监控需求;利用数据湖存储非结构化的设备检修日志、实时监控视频等海量数据,保留原始形态以支撑深度挖掘。通过分层存储架构,既保证核心数据的处理效率,又实现全量数据的长期留存与复用,为多维度分析提供数据基础^[2]。

3.2 高级数据挖掘算法

(1)引入深度学习中的长短期记忆网络(LSTM)处理时序性强的设备运行数据,通过捕捉温度、压力等参数的动态变化规律,其设备故障预测准确率较传统算法

提升20%以上;利用机器学习中的梯度提升树算法分析能耗数据,自动识别影响发电气耗的关键因素,量化各因素的影响权重,为节能调整提供精准依据。这些算法通过持续学习新数据动态优化模型,适应电厂工况的复杂变化。(2)结合电厂负荷波动、设备老化等实际特点优化算法参数。例如,在故障预警模型中增加设备运行年限的权重系数,使老旧机组的预警阈值更敏感;在负荷预测算法中嵌入季节修正因子,提升不同季节的预测精度。通过参数定制化调整,让算法结果更贴合电厂实际运行场景,增强挖掘结果对生产决策的指导价值,避免理论分析与实际操作脱节。

3.3 数据可视化与分析平台

(1)构建三维可视化界面,将燃气轮机、余热锅炉等核心设备的运行参数映射到虚拟模型,通过颜色渐变直观展示温度异常区域、压力超标节点;设计动态仪表盘实时呈现发电量、厂用电率等关键指标,指标异常时自动触发声光报警,帮助运营人员在1分钟内定位核心问题,大幅提升决策效率。(2)平台配备丰富的分析工具,支持从总能耗数据逐层钻取至单台设备的能耗明细,追溯能耗异常的具体源头;提供按时间、机组类型等维度的数据切片功能,便于对比分析不同场景下的运行差异。例如,通过切片分析不同负荷时段的燃气轮机振动数据,可快速发现低负荷运行时的异常振动规律,为优化机组启停策略提供数据支撑^[3]。

3.4 数据安全性与隐私保护策略

(1)制定覆盖数据采集、传输、存储全流程的安全管理制度,明确各环节的操作规范与责任主体。采用国密算法对传输中的数据进行加密,防止传输过程中被非法窃取;对存储数据实施静态加密,即使数据库被攻破也无法解析原始信息。定期开展安全审计,通过日志分析排查异常操作,及时修补潜在漏洞,构建全链条数据安全防护体系。(2)建立基于角色的分级访问控制体系,将用户权限划分为设备巡检、运营管理、决策支持等层级。例如,一线巡检人员仅能查看负责区域的设备实时数据,无法访问全厂能耗数据与交易信息;管理人员需通过指纹+密码双因素认证才能调阅敏感数据。同时,对外共享数据时实施脱敏处理,剔除设备编号、交易价格等隐私信息,在保障数据安全的前提下促进数据价值释放。

4 电厂运行数据价值深度挖掘的实践应用

4.1 优化电厂运营

(1)通过数据挖掘技术对设备长期运行数据进行分析,能够精准发现运行效率问题。例如,对燃气轮机历

史振动数据与发电效率的关联分析显示,当振动频率超过某一阈值时,发电效率会下降3%-5%。基于此,电厂可制定针对性改进措施,如定期对燃气轮机轴承进行精密校准,调整润滑油品型号以降低摩擦系数,使设备运行效率提升至设计标准的98%以上。同时,挖掘不同机组的负荷响应特性,合理分配负荷任务,减少机组频繁启停造成的效率损耗。(2)利用负荷预测模型结合实时市场电价数据,可优化能源调度方案。模型通过分析历史负荷曲线、气象数据、工业用电规律等,提前24小时预测电力需求波动。电厂根据预测结果调整机组运行组合,在用电高峰时段启动高效机组满负荷运行,低谷时段切换至低能耗机组维持基础负荷,同时利用储能设备平衡瞬时负荷波动。这种动态调度模式能使单位度电的燃料成本降低8%-10%,年节约运营成本可达数百万元。

4.2 提升能源利用效率

(1)对能耗数据进行多维度分析,可识别能源浪费的关键环节。通过对比不同燃气轮机的气耗数据发现,某台燃气轮机的排烟温度比平均值高20℃,热损失增加约4%,根源在于余热锅炉积灰堵塞。据此制定的节能方案包括优化吹灰周期、改进清灰工艺,使排烟温度降至合理区间,单台燃气轮机年节约天然气数千立方米。此外,分析辅机设备能耗占比,发现循环水泵存在“大马拉小车”现象,通过变频改造实现按需调速,节电率达30%以上^[4]。(2)借助实时监测系统追踪设备运行参数,当发现燃气轮机燃烧效率偏离最优区间时,自动提示调整风门开度与供气量比例。例如,通过在线分析烟气中氧含量与一氧化碳浓度,动态优化空燃比,使燃烧效率提升1.5个百分点。对余热锅炉蒸汽参数进行实时监控,当参数异常时及时排查传热系统故障,避免因传热效率不足导致的能源浪费,确保能源转换效率始终保持在高位。

4.3 拓展数据服务与合作

(1)电厂将标准化处理后的电力生产数据(如机组

利用小时数、等效可用系数)和能耗数据(如单位发电量气耗、水耗)匿名化后,提供给能源研究机构与政府部门。这些数据为行业能效基准制定、电力规划编制提供实证支持,例如协助监管部门制定区域电厂能效考核标准,推动行业整体节能升级。同时,参与行业数据共享平台建设,为新能源并网调度、电网负荷预测提供参考数据,促进电力系统整体优化。(2)与设备制造商建立数据共享机制,将设备运行中的温度、压力、振动等实测数据反馈给制造商。制造商通过分析这些数据改进产品设计,如针对某型号燃气轮机叶片在高负荷下的振动问题,优化叶片气动外形与材质选型,使设备的稳定运行时间延长20%。双方联合开展产学研合作,基于海量运行数据共同研发新一代智能设备,实现“运行数据反哺设计优化”的良性循环,提升设备的长期可靠性与能效水平。

结束语

综上所述,电厂运行数据的深度挖掘对于提升运营效率、优化资源配置具有不可估量的价值。通过运用先进的数据处理与分析技术,我们不仅能够有效监测设备状态、预防潜在故障,还能精准调控能耗,实现绿色生产。未来,随着技术的不断进步,电厂运行数据的挖掘与应用将更加广泛深入,为电力行业的高质量发展注入强劲动力。我们期待更多创新技术的应用,共同推动电厂运行数据价值挖掘迈向新高度。

参考文献

- [1]李建强,牛成林,刘吉臻.数据挖掘技术在火电厂优化运行中的应用[J].动力工程,2020,(06):63-64.
- [2]王飞.火电厂优化运行中数据挖掘技术的应用[J].百科论坛电子杂志,2021,(09):95-96.
- [3]王涛.数据挖掘技术在火电厂优化运行中的应用[J].电力系统装备,2020,(13):141-142.
- [4]马海林,孙秋红,徐欣航.基于数据挖掘技术的电厂运行参数目标值优化[J].河北工业科技,2022,(05):56-57.