

电力系统大数据分析在运维中的应用探索

张明明 王永胜

固原农村电力服务有限公司 宁夏 固原 756300

摘要：本文聚焦电力系统大数据分析在运维中的应用探索。阐述了电力系统大数据的来源，包括智能电表、传感器和设备运行数据。介绍了数据预处理技术、分析算法及机器学习与深度学习方法。深入探讨其在设备状态监测与故障诊断、电网运行优化、电力系统安全评估与风险预警等运维场景的应用，如实时设备状态评估、负荷预测、潜在隐患识别等。

关键词：电力系统；大数据分析；运维；应用场景

引言：随着电力系统的日益复杂和智能化发展，大数据分析已成为电力运维的关键手段。电力系统运行产生了海量数据，如何有效利用这些数据来优化运维至关重要。本文旨在深入研究电力系统大数据的来源和分析方法，探讨其在运维中的具体应用场景，以应对不断增长的电力需求和提高电力系统的可靠性、稳定性及经济性。

1 电力系统大数据的来源

1.1 智能电表数据

智能电表作为现代电力系统中关键的数据采集设备，提供了丰富多样的用电信息。用电量是其中的核心数据之一，它精确地记录了用户在不同时段的用电情况。通过对用电量数据的深入分析，电力公司能够清晰地了解用户的用电规律，例如某些区域在夏季夜间的用电量高峰可能是由于居民大量使用空调所致。这有助于合理规划电力供应，确保满足需求的同时避免过度建设发电设施。功率因数则反映了电力设备的电能利用效率。当功率因数偏低时，意味着电能在传输和使用过程中存在较大的损耗。通过智能电表监测到的功率因数数据，电力部门可以及时发现并提醒相关用户采取措施进行改善，从而提高整个电网的能源利用效率。电压数据对于保障电力质量至关重要。稳定的电压是各类电器设备正常运行的前提，电压的波动或异常可能导致设备损坏或性能下降。智能电表所采集的电压数据能够帮助电力公司迅速定位电压不稳定的区域，并采取相应的调压措施，确保用户获得稳定可靠的电力供应。

电流数据同样具有重要价值。它能够反映出电力线路和设备的负载情况，过大的电流可能预示着过载风险，需要及时调整和保护，以防止线路过热甚至引发火灾等安全事故。

1.2 传感器监测数据

为了实时掌握电力系统的运行状态，大量的传感器

被广泛应用于电力设备和环境监测中，产生了丰富的监测数据。温度传感器能够及时感知设备的发热情况^[1]。例如变压器内部的温度升高可能是由于过载或者内部故障引起的，通过实时监测温度变化，可以在温度达到危险阈值之前采取措施，如降低负载或进行检修，避免设备损坏。湿度传感器在电力系统中也发挥着重要作用。在潮湿的环境中，电力设备的绝缘性能容易下降，从而增加漏电和短路的风险。湿度传感器可以准确监测环境湿度，为采取防潮、除湿措施提供依据，确保设备的安全运行。压力传感器常用于监测气体绝缘设备的压力状况。以SF6断路器为例，其内部的SF6气体压力必须保持在规定范围内，压力传感器能够实时监测压力变化，一旦发现压力异常下降，即可判断可能存在气体泄漏，及时进行维修处理，保障断路器的正常工作。振动传感器则主要用于检测电力设备的机械运行状态。例如旋转电机的振动异常可能是由于轴承磨损、轴不平衡等原因引起的。通过对振动数据的分析，可以提前发现设备的机械故障，安排及时维修，避免故障扩大化。

1.3 电力设备运行数据

电力设备的运行数据为电力系统的运维管理提供了直接的依据。

(1) 设备的开停机时间记录反映了设备的使用频率和运行时长。对于频繁启动和停止的设备，其关键部件可能承受更大的机械和电气应力，需要更频繁的检查和维护。相反，长期闲置的设备在重新投入使用前可能需要进行全面的检测和试运行。(2) 故障记录详细记载了设备故障发生的时间、类型和原因。通过对大量故障记录的综合分析，可以总结出常见的故障模式和设备的薄弱环节。例如，某些型号的开关柜在特定环境条件下容易出现短路故障，这就为后续的设备选型和运行环境优化提供了宝贵的经验教训。(3) 维修记录包含了设备维

修的时间、维修内容以及更换的零部件等信息。对维修记录的分析可以评估维修效果和维修成本。如果某类设备的维修成本过高或者维修后故障复发率较高,就需要重新审视维修策略,改进维修工艺,或者考虑设备的更新换代。

2 电力系统大数据分析技术

2.1 数据预处理技术

有效的数据预处理至关重要,它主要包括数据清洗、数据集成和数据变换等环节。

(1) 数据清洗:旨在去除或纠正原始数据中的错误、缺失值和重复数据,以提高数据的质量和准确性。电力系统中的数据可能由于传感器故障、通信干扰等原因产生异常值。例如,某个智能电表记录的用电量出现极端不合理的数值,就需要通过数据清洗的方法进行识别和处理。(2) 数据集成:将来自多个数据源的数据进行整合和合并。电力系统中的数据来源广泛,包括不同类型的传感器、智能电表以及各种管理系统。在数据集成过程中,需要解决数据格式不一致、语义差异等问题。比如,将不同区域的电力设备运行数据集成到一个统一的数据库中时,需要对设备编码、数据单位等进行标准化处理。(3) 数据变换:对数据进行规范化、标准化和归一化处理,以便于后续的分析建模。例如,将不同量程的电压数据统一转换为标准单位,或者对功率因数等数据进行归一化处理,使其在一定范围内便于比较和分析。

通过这些数据预处理技术,可以为电力系统大数据的深入分析和有效应用奠定坚实的基础,提高数据分析的准确性和可靠性,从而为电力系统的运维和管理提供更有价值的决策支持。

2.2 数据分析算法

在电力系统大数据分析中,多种数据分析算法被广泛应用,以挖掘数据中的潜在信息和模式。(1) 聚类分析:通过将相似的数据点聚集在一起,实现对数据的分组和分类。在电力系统中,可用于客户分类,根据用户的用电行为和特征,将其分为不同的群组,如高耗能用户群、低谷用电用户群等。这有助于电力公司制定针对性的营销策略和供电方案。例如,对于高耗能用户群,可以提供节能建议和特殊电价套餐;对于低谷用电用户群,可以鼓励他们在低谷时段增加用电,以平衡电网负荷。(2) 关联规则挖掘:用于发现数据中不同变量之间的关联关系。在电力系统中,可以挖掘出设备运行参数之间的关联,或者用电行为与天气因素之间的关联。比如,发现当气温升高时,空调用电量显著增加,并且与

特定时间段的电力负荷存在强关联。这有助于提前做好电力供应规划和设备调度。(3) 分类与预测:分类算法可以将数据分为不同的类别,预测算法则用于对未来的趋势和数值进行估计。在电力系统故障诊断中,可利用分类算法区分正常运行状态和故障状态。而对于电力负荷预测,预测算法能够根据历史数据和相关因素,预测未来的电力需求,为发电计划和电网规划提供重要参考。例如,通过分析历史负荷数据、季节因素、经济发展指标等,准确预测下一个月的区域电力负荷。

2.3 机器学习与深度学习方法

(1) 支持向量机:是一种强大的分类算法。在电力系统中,可用于电力设备的故障分类。例如,通过对变压器的多种运行参数进行分析,支持向量机能够准确区分正常运行的变压器和存在潜在故障的变压器。它在处理小样本、非线性问题上具有出色的表现,能够有效地提取数据中的关键特征,为设备的状态评估提供准确的判断依据。(2) 决策树:具有直观易懂、易于解释的特点。在电力负荷预测中,决策树可以根据历史数据中的各种因素,如季节、天气、节假日等,构建决策规则来预测未来的负荷情况^[2]。同时在电力系统的故障诊断中,决策树能够根据设备的监测数据快速判断故障的类型和位置。比如,根据输电线路的电流、电压、温度等参数,决策树能够迅速确定是否存在短路或断路等故障。(3) 人工神经网络:尤其是深度神经网络,具有强大的学习和拟合能力。在电力系统中,可用于复杂的电力系统建模和预测。例如,构建深度神经网络来模拟整个电网的运行状态,预测在不同输入条件下电网的稳定性和电能质量。在电力市场的价格预测方面,人工神经网络也能够捕捉到众多影响因素之间的复杂关系,提供较为准确的价格走势预测。

3 电力系统大数据分析在运维中的应用场景

3.1 设备状态监测与故障诊断

在电力系统运维中,设备状态监测与故障诊断是至关重要的环节,而大数据分析为此提供了强大的支持。

(1) 基于实时数据的设备状态评估:通过实时采集设备的运行数据,如电压、电流、温度、振动等,利用大数据分析技术对这些数据进行处理和分析,能够实现对设备状态的实时评估。例如,对于变压器,实时监测其油温、绕组温度、电压和电流等参数,结合历史数据和设备模型,判断其是否处于正常运行状态。若某些参数出现异常波动或偏离正常范围,及时发出警报,提醒运维人员关注。(2) 故障预测与预警:基于设备的历史运行数据和故障记录,运用大数据分析算法,挖掘数据中

的潜在规律和趋势,从而对设备可能出现的故障进行预测。例如,对于高压开关柜,分析其过往的故障数据,结合近期的监测数据,如绝缘电阻的变化趋势、局部放电的频率和强度等,预测其可能发生故障的时间和类型,并提前发出预警,使运维人员能够提前做好准备,安排检修计划,减少故障带来的损失。

总之,利用大数据分析进行设备状态监测与故障诊断,能够实现从“事后维修”到“事前预防”的转变,提高电力系统的可靠性和稳定性。

3.2 电网运行优化

电力系统大数据分析在电网运行优化方面发挥着关键作用,主要体现在负荷预测、无功优化和网络重构等方面。(1)负荷预测:准确的负荷预测对于电网的稳定运行和资源合理配置至关重要^[3]。通过对历史负荷数据、气象数据、社会经济数据等多源数据的综合分析,利用大数据分析技术和算法,可以提高负荷预测的精度。例如,考虑到节假日、重大活动等特殊时期对负荷的影响,结合气温、湿度等气象因素的变化,以及区域内产业结构调整和经济发展趋势,建立更为精准的负荷预测模型。这有助于电力公司提前规划发电计划,合理安排机组启停,保障电力供需平衡,避免出现电力短缺或过剩的情况。(2)无功优化:无功功率的合理分布对于降低电网损耗、提高电压质量具有重要意义。大数据分析可以实时监测电网中无功设备的运行状态和无功潮流分布,基于此进行优化计算。比如,通过分析不同节点的电压水平、无功补偿设备的投切情况以及线路的功率因数,确定最优的无功补偿方案,实现无功功率的平衡和优化配置。这能够减少无功环流,降低线路损耗,提高电网的输电效率和经济性。(3)网络重构:在电网运行过程中,根据负荷变化和和设备状态,适时调整网络结构可以提高电网的运行性能。大数据分析能够综合考虑电网的拓扑结构、设备参数、负荷分布等信息,计算出最优的网络重构方案。例如,当某一区域的负荷增加时,通过分析周边线路的负载能力和开关状态,确定是否需要打开某些联络开关,将负荷转移到其他线路,以减轻重载线路的压力,均衡电网的潮流分布,提高电网的供电可靠性和适应性。

3.3 电力系统安全评估与风险预警

3.3.1 识别潜在的安全隐患

利用大数据技术整合和分析来自多个渠道的数据,包括设备监测数据、电网运行数据、环境数据等。通过对这些海量数据的深入挖掘,可以发现一些不易察觉的潜在安全隐患。例如,通过对比同一型号设备在不同运行环境下的性能参数,发现某些设备存在早期老化的迹象;或者分析电网潮流分布和电压波动情况,找出可能存在过载风险的线路和节点。同时结合先进的数据分析算法和模型,能够对复杂的电力系统进行全面评估。比如,利用故障树分析方法,根据历史故障数据和系统结构,识别出容易引发连锁故障的关键环节。

3.3.2 制定应急预案

基于对潜在安全隐患的准确识别,利用大数据分析可以制定更加科学、有效的应急预案。通过模拟不同故障场景下的电网运行状况,评估各种应急措施的效果^[4]。例如,在面对极端天气可能导致的大面积停电风险时,根据电网的拓扑结构、负荷分布以及备用电源情况,制定出最优的负荷恢复方案和抢修策略。并且,利用大数据的实时性,对应急预案进行动态更新和完善,确保其在面对不断变化的电力系统运行状况时始终具有有效性和适应性。

结束语:通过对电力系统大数据分析在运维中的应用探索,我们明确了其在提升运维效果方面的显著作用。从设备监测诊断到电网运行优化,再到系统安全评估,大数据分析为电力运维提供了有力支持。然而,仍面临数据质量、技术融合等挑战。未来需持续完善数据管理,深化技术研究,以充分发挥大数据分析在电力运维中的潜力,推动电力行业的智能化发展。

参考文献

- [1]陈斌.大数据分析在电力系统运维中的整合:一项全面回顾.《电力系统研究》,2023.38(2),1201-1213.
- [2]杨旭.电力大数据在电力运维管理中的运用.《工程建设标准化》2023.2
- [3]朱孟翔.基于大数据的电力系统运维技术研究.《科学与技术》2022.5
- [4]周欣.利用大数据分析进行电力系统故障诊断.《智能电网学报》,2021.13(4),3987-3996.