

基于大数据挖掘的变电设备故障诊断与预警研究

曹程量

(国网福建省电力有限公司尤溪县供电公司 福建尤溪 365100)

摘要：随着电力得到广泛应用，电网运行维护、检修成为关注重点。尤其随着新技术开发应用，电力诊断、维护、检修向智能化、自动化反向发展。依托现代化技术构建智能监测体系，实现设备故障分析、诊断和预警已经成为现实。本文基于大数据技术，构建一种基于大数据挖掘的变电设备故障诊断和预警系统，分析变电设备故障影响因素，详细梳理基于大数据分析的设备状态评价关键技术，阐述变电设备故障诊断预警系统构建方法，并以实际案例为例对构建的系统加以验证，希望本文分析，为我国电力系统安全稳定运行提供更多参考。

关键词：大数据；数据挖掘；变电设备；故障分析；诊断预警；系统构建

Abstract: With the wide application of electric power, power grid operation, maintenance and overhaul have become the focus of attention. Especially with the development and application of new technologies, power diagnosis, maintenance and overhaul are developing backwards to intelligence and automation. Relying on modern technology to build an intelligent monitoring system to realize equipment fault analysis, diagnosis and early warning has become a reality. Based on big data technology, this paper constructs a fault diagnosis and early warning system of substation equipment based on data mining, analyzes the influencing factors of substation equipment failure, sorts out in detail the key technologies of equipment status evaluation based on big data analysis, expounds the construction method of substation equipment fault diagnosis and early warning system, and verifies the constructed system by taking actual cases as an example.

Keywords: big data; Data mining; substation equipment; failure analysis; Diagnostic early warning; System build

引言：自从工业革命以来，现代化建设成为时代主题，与此同时，环境污染、能源枯竭问题日益突出。为了人类持续发展，节能、绿色、环保、减排等理念广泛宣传。基于保护环境和降低能耗这一目的，电力成为新时期常用能源之一，电网建设、维护检修、创新优化成为重点研究方向。电网体系运行过程中，检修维护是保证安全运行的基础，随着“电网大检修”体系日益完善，关于电网设备故障诊断和预警的研究持续化开展。大数据技术作为基于存储技术、分布式计算技术等持续发展产生的新兴技术，具备强大的数据挖掘、数据分析能力，将其与电力融合，充分利用大数据技术优势，探究变电设备故障和预警成为可行路径，具有理论价值和实践意义。

1 变电设备故障影响因素分析

结合电力系统中变电设备常见故障分析，系统梳理故障成因，一般情况下，变电设备故障可以细化为三类，不同的故障类型受到的影响因素存在差异。本文以 Pearson 相关性分析（计算公式如下所示）为基础，探究设备故障发生的影响因素。

$$r_{xy} = \frac{COV(X,Y)}{\sqrt{Var(X) \cdot Var(Y)}}$$

上述式中，X 代表研究的维度影响因子，Y 代表电网设备故障率。

在分析影响因素之前，需要建立符合要求的相关系数，确定应变量等指标。设备故障影响因素数据可细化为分类、非结构化、连续三种^[1]。基于不同数据特点，可以对影响因素进行相关性分析。在此以温度、湿度、连线负载量、设备运行年限等几个参数为例加以阐述。

第一，设备负载率是不可忽视的影响因素之一，变电设备运行故障以月平均负载率为基本特征向量。经过计算相关系数为 0.9317，呈现强正相关关系，如下图 1 所示。

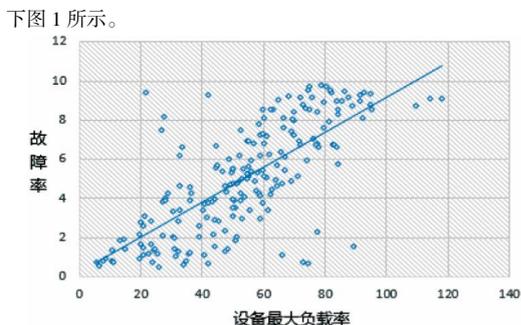


图 1 月平均负载率和故障率散点图

第二，温度和湿度而言，经过计算相关系数分别是 0.617 和 0.602，也呈现强正相关性。

第三，设备投运年限这一因素，经过计算发现，相关系数为 0.7484，也呈现正相关关系。

2 变电设备故障诊断和预警系统构建分析

2.1 系统架构设计

结合上文对变电设备故障影响因素的相关性阐述，以大数据技术为基础，运用其数据挖掘功能优势，构建一种以故障诊断和预警为主要功能的智能系统。结合电力变电设备结构组成、故障诊断要点等分析，总结系统架构关键技术和各层级功能要素，最终构建的系统结构如下图 2 所示。

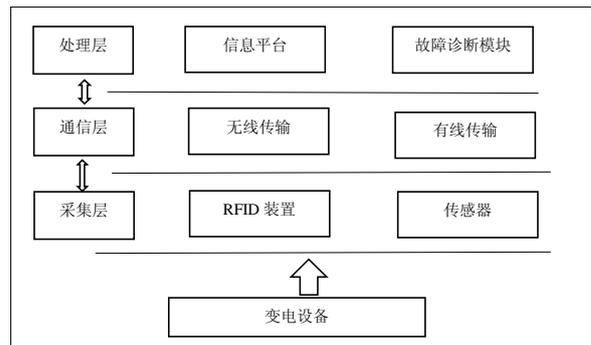


图 2 变电设备故障诊断和预警系统架构图示

基于图 2 可知，该系统主要分为三个层级，其中数据采集层是保证功能实现的前提。其负责当变电设备出现故障时，对相关数据进行系统采集，该层级主要由各种类型的传感器组成，负责相关数据采集，RFID 装置负责数据整合和传递。通信层是保证采集的数据可以高效、快速传递到信息平台之中，进行综合分析的载体，且负责将信息平台基于采集数据分析得出的结论和做出的相关控制指令传递该采集层，指导该层级采集相关参数，基于应用场景分析，设置有线传输和无线传输两种模式，一般以有线传输为主，发挥总线采集方式实现数据传输，远距离数据传输依据无线网络通信技术完成传送。处理层是保证故障诊断和预警功能实现的基础。主要包括数据信息平台和设备故障诊断两大模块，其中信息平台负责接收采集层采集获得的相关数据信息，且对数据信息进行存储和分析，故障诊断模块负责基于采集数据分析故障成因，且对故障发生可能性做出评估，且基于可能性大小及时作出预警。

2.2 系统功能分析

基于系统架构分析，该系统功能实现需要大数据技术、数据挖掘等

提供支持,想要充分实现功能,需要系统采集层、通信层和处理层三个层级结构有效配合。该系统功能包括以下几方面:第一,数据采集和存储。系统需要采集和存储来自变电设备的大规模数据,这包括传感器数据、设备状态信息、操作日志等。数据采集可以通过传感器、监控设备或者数据集成接口实现,并将数据存储在可扩展的大数据存储系统中,如分布式文件系统或云存储^[1]。第二,数据预处理。在进行故障诊断之前,需要对采集到的原始数据进行预处理。这包括数据清洗、数据去噪、数据归一化、特征提取等步骤。预处理的目标是消除数据中的噪声和异常,同时提取出有用的特征以用于后续的分析 and 模型训练。第三,特征工程。特征工程是指对预处理后的数据进行进一步的特征提取和构建。根据变电设备的特性和故障模式,可以设计并提取适当的特征,如电流、电压、温度、频率、功率等方面的统计特征、时序特征等。这些特征可以帮助系统更好地捕捉设备状态的变化和故障的特征。第四,模型建立与训练。建立故障诊断的模型。根据具体的需求和问题,可以选择适当的算法和模型架构,并使用预处理和特征工程得到的数据进行训练。本文以人工蜂群(ABC)算法对核函数进行优化,生成最优 SVM 分类器。便于故障诊断和预警^[3]。第五,故障诊断与预测。在模型训练完成后,可以将新的数据输入到模型中进行故障诊断和预测。系统会根据输入的数据特征,通过模型进行判断和分类,识别出是否存在故障,并对故障进行进一步的定位和诊断。预测模型也可以用于预测设备未来可能发生的故障,提前采取预防和维护措施。第六,可视化与报警。为了方便用户使用和理解,系统可以提供可视化界面,将诊断结果以图表、报表、故障指示灯等形式展示出来。同时,系统还可以设置报警机制,当发现设备故障或预测到潜在故障时,及时发送警报给相关人员,以便及时采取措施修复故障或进行维护,基于上文对系统架构和功能的阐述,该系统故障诊断流程如下图3所示。

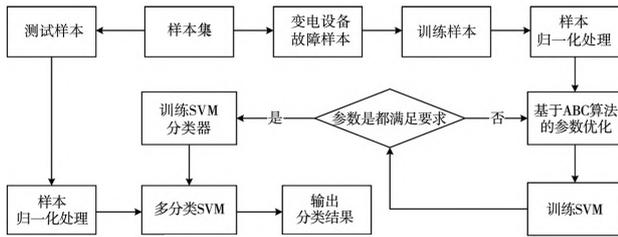


图3 变电设备故障诊断流程图示

2.3 基于大数据分析的变电设备状态评估关键技术阐述

为了保证构建的系统功能得以实现,精准、科学采集相关数据是基础,也就是对变电设备运行状态进行精准化评估。该系统设备状态依托以下三种技术实现精准化评估。

第一,ABC算法。是一种基于蜜蜂行为的优化算法,用于解决数值优化问题。它模拟了蜜蜂觅食行为中的搜索和信息传递过程。该算法的基本思想是通过模拟蜜蜂的觅食行为来寻找最优解^[4]。

第二,SVM算法。是一种常用的监督学习算法,用于进行分类和回归任务。它在机器学习领域中具有广泛的应用,并且在处理小样本、非线性和高维数据方面表现出良好的性能。SVM的基本思想是通过在特征空间中构建一个最优超平面来实现样本的分类。在此以ABC参数优化常规的SVM算法,确保其更符合变电设备相关参数数据计算、统计、分析要求^[5]。

第三,状态参量相关性分析法。本文以Pearson相关性分析为基础。通过确定系统中状态参量之间相关性的方法。这些算法旨在揭示系统中状态参量之间的关联关系,以便更好地理解系统的行为和性能。

第四,以相关性矩阵为基础的故障诊断方法。为了更深层次了解变电设备运转过程中,不同的状态参数、变电设备状态参数等相对应的故障模式相关性分析,构建诊断矩阵,确保诊断结果科学合理。

3 基于大数据挖掘的变电设备故障诊断与预警系统实践效果分析

在此以xx电网公司某段线路为研究对象,验证系统的实用价值。为了验证系统功能实用性和可行性,选择局部区段为研究对象,共160组8个样本数据。样本数据中包括120个训练样本和40个测试样本。

整体样本数据分布如下表1所示。

表1 样本数据分布总结表

故障类型	训练集	测试集
正常	21	9
断路器位置异常	20	7
距离保护	19	4
断路器跳闸	12	4
单相接地	20	6
SF6 低压	13	4
二次控制电路断路	15	6

系统中ABC参数设置如下,蜂群规模为20为基础,蜜源个数设置为40,最大迭代次数为100^[6]。最终该系统对各样本数据集的监测结果准确率和查全率如下表2所示。

表2 故障测试结果准确率和查全率总结表

故障类型	准确率	查全率
正常	0.874	0.875
断路器位置异常	0.751	1.000
距离保护	0.740	0.740
断路器跳闸	0.800	0.800
单相接地	1.000	0.726
SF6 低压	0.680	0.680
二次控制电路断路	1.000	0.750

基于故障监测结果准确率和查全率分析,该系统可以对变电设备常见故障进行高准确率监测,且对于大部分故障可以较为全面监测出原因。为了验证该方法的效率,将其与常用的变电设备系统进行对比分析。最终结果如下表3所示。

表3 本文提出方法较常规的变电设备故障诊断方法对比结果总结表

诊断方法	分类准确度(%)	分类时间(s)
本文系统测试方法	86.0	9.7
常规方法	84.3	4.5

基于表3分析,在准确度方面更具有优势,本文采用的算法可以更为精准对数据进行分类、综合处理和分析,但在效率方面,本文提出的方法相对较慢,仍有待进一步优化。但从整体来看,具有研究开发价值。

结语

综上所述,本文基于当前大数据挖掘技术,在夯实理论支持下,提出一种基于大数据挖掘的变电设备故障与预警系统架构方法,借助ABC参数优化的SVM算法,提高数据分析、处理准确度和精确度,确保故障诊断结果更为精准。并以实际数据样本集为例,对该系统的应用性能和功能加以验证,最终结果证明,该系统可以较为精准验证变电设备故障,并及时给予预警,但在效率方面仍存在短板,有待进一步研究探索。

参考文献:

- [1]赵小凡,杜舒明.基于电力大数据的变电设备故障诊断方法研究[J].信息技术,2022,46(9):163-168.
- [2]于希娟,孙宏伟.基于图像处理和半监督学习的变电设备故障诊断[J].电网与清洁能源,2022,38(8):60-68.
- [3]陈进,那占礼,张陵,等.基于PMS的输变电设备故障诊断系统设计[J].测试技术学报,2022,36(5):449-454.
- [4]林少波,王托弟,代素敏,等.基于大数据与物联网的变电设备智能诊断单元研究[J].微型电脑应用,2021,37(8):116-118.
- [5]邓燕山,赵凯利,吕文超,等.基于大数据与物联网的输变电设备故障诊断研究[J].计算机技术与发展,2021,31(7):193-197+208.
- [6]齐金定,孙涛,单岩,等.基于支持向量机算法的输电线路故障诊断研究[J].计算机与网络,2019,45(23):68-71.