

# 电网电能计量装置与异常情况解决策略研究

徐明望

(国网四川省电力公司达州市蒲城供电分公司, 四川 达州 636150)

**摘要** 电网电能计量装置是电力系统的核心组成部分, 用于准确测量和记录电能消耗, 确保公平计费 and 电网稳定运行。然而, 电能计量异常可能导致不准确的计费和电力系统问题。本文提出了一种基于多模融合算法的电能计量异常处理方案, 以提高异常用电的准确性。传统方法常依赖单一模型, 但多模融合算法结合了支持向量机、随机森林和神经网络等多个模型, 提高了异常用电的准确性。通过权重分配, 根据数据特点实现更精确的异常用电诊断。这一方案有助于电力系统管理、防止窃电、确保公平计费, 提高电网的稳定性和可靠性。它为电力行业提供了高效的异常处理方案, 有助于电力系统的可持续发展。

**关键词** 电能计量; 计量异常; 异常用电诊断

中图分类号: TM7

文献标识码: A

文章编号: 2097-3365(2023)12-0124-03

电能计量装置是电网中的核心设备, 但是其计量异常问题一直困扰着电力行业。为了应对这一问题, 本文提出了一种基于多模融合算法的异常用电异常诊断方案。传统方法往往依赖于单一模型, 其受限于数据和模型选择, 准确性有限。而多模融合算法通过整合不同模型的优势, 提高了异常用电的检测准确性。本文将结合多种人工智能算法模型, 根据数据特点为每个模型分配权重, 从而实现更精确的异常用电诊断。这一方案对电力系统管理和电费计算具有重要意义。通过准确识别异常用电行为, 可以防止窃电和不公平计费, 提高电网的稳定性和效率。这项研究将有助于电力行业更好地理解电能计量装置异常处理的需求, 以及多模融合算法在提高异常用电诊断准确性方面的潜力, 进一步提升电力系统的运行水平。

## 1 电网电能计量装置

电网电能计量装置是电力系统中不可或缺的关键组件, 它们的主要任务是测量、记录和监控电能的使用情况, 以确保公平的计费、能源管理和电力系统的稳定运行。本文将介绍传统电表和数字电表两种类型的电能计量装置, 它们在电力行业中的重要性以及各自的特点和优势。传统电表, 也称为机械电表或机电电表, 是一种广泛用于许多年的电能计量装置。它的工作原理基于电流和电压的物理测量, 通过机械部件的运动来记录电能使用量。数字电表, 也称为电子电表或智能电表, 是一种先进的电能计量装置, 利用数字技术来测量和记录电能的使用情况。随着电力系统的现代化和数字化转型, 数字电表在电网中的应用正

在不断增加。它们不仅可以提供准确的用电数据, 还支持能源管理、远程监控和智能电力网络的发展。无论是传统电表还是数字电表, 它们都对确保电力资源的有效利用和电网的稳定运行起着不可或缺的作用。

电力系统中, 电能计量设备扮演着极为重要的角色, 而电能表则是其中最为核心的组件。无论使用何种电能计量设备, 都必须使用电能表来记录电能的数值。电能计量装置必须经过专业机构的检验, 然后进行集中的分发, 以确保其精确性和可靠性<sup>[1]</sup>。高压电能表通过传感器将高电压和大电流转换成便于测量的低电压和小电流。这种结构保证了电能计量的准确性, 对于电力公司的计量工作至关重要, 有助于确保公平计费和电能数据的准确性。

## 2 电能计量异常处理方案分析

### 2.1 人为异常

电能计量异常处理是电力系统运营中的重要环节, 用于检测和处理电能计量设备异常, 确保电能计量的准确性和公平性。其中, 人为异常原因分析是异常处理方案中的关键部分, 下面将对其进行分析, 探讨可能的人为异常原因。

1. 操作不当: 操作员可能因疏忽大意或缺乏必要的培训而在电能计量设备的操作中出现错误。例如, 误操作仪表、未按规定的时间周期进行抄表, 或者不正确地连接电流、电压互感器等。解决方案是提供充分的培训和操作指南, 确保操作员熟悉设备操作流程, 同时实施严格的操作审查和监控。

2. 人为篡改: 恶意操作员可能会试图篡改电能计

量数据,以获得不正当的经济利益。这可能包括更改仪表读数、关闭电表或者擅自更改电缆连接等。解决方案可以采取实施安全措施,如密封仪表或使用数字签名技术,以确保数据的完整性和可信度。同时,建立监督机制和审查程序,以防止恶意篡改。

3. 非法接入:未经授权的人员可能试图非法接入电能计量系统,以获取电能计量数据或操纵计量设备。解决方案是实施物理和网络安全措施,限制对计量设备的访问,并建立监控系统以检测潜在的非法活动。

4. 验收失误:电能计量验收有着严格的标准和规范,具体误差限值如表 1 所示,这些标准和规范旨在确保计量装置的质量和性能,以及计量数据的准确性和可靠性<sup>[2]</sup>。验收失误可能导致严重的计量错误。例如,二次导线对地绝缘不合格可能导致电能计量装置的漏电流问题,而二次回路多点接地可能导致回路干扰,进而影响计量精度。电能表二次接线错误和互感器错相错极性等问题都可能导致计量数据的不准确性,进而影响正常供用电秩序。验收失误直接影响电能计量的准确性。电能计量是电力系统中至关重要的一环,影响着电费计算、电能数据考核以及电网运行的稳定性。因此,验收失误可能导致不准确的电能计量数据,损害电力系统的正常运行和供用电的公平性。

表 1 不同准确级电流互感器的误差限值

准确级	在下列额定电流 (%) 选得电流误差 $\pm\%$				
	1	5	20	100	120
0.2S	0.75	0.35	0.2	0.2	0.2
0.2		0.75	0.35	0.2	0.2
0.5S	1.5	0.75	0.5	0.5	0.5
0.5		1.5	0.75	0.5	0.5

在处理电能计量异常时,识别并解决人为异常原因至关重要。通过建立明确的异常处理流程、提供培训、加强监控和审查机制,以及使用先进的技术来确保数据的安全和准确性,可以有效减少人为异常的发生,维护电力系统的公平和稳定运行。

## 2.2 非人为异常

非人为电能计量异常的原因也有多种,具体分析如下:

1. 计量设备故障。电能计量装置包括电能表和互感器等组件。虽然这些设备在安装前通常经过严格的质量控制和维护,但它们仍然可能会因各种原因出现故障。这些故障可能包括机械损坏、电子元件故障、连接问题等。一旦这些设备出现故障,就可能导致电

能计量异常,影响电能计量的准确性。因此,定期的检测和维护是防止计量设备故障的关键。

2. 系统负荷的干扰(例如谐波)。系统中的负荷不是纯阻性负荷,而包括电子设备等非线性负荷。这些非线性负荷可能引入谐波和其他电信号的干扰,这些干扰可能会影响电能计量装置的正常运行。为了解决这个问题,通常需要采取滤波器等措施来减少谐波干扰。

3. 系统运行方式的影响。电能计量需要考虑系统中的电流、电压、功率因数等参数。不同系统运行方式,如输电线路、主变压器和系统中性点的接地方式的变化,可能会对这些参数产生影响。如果系统的接线方式存在错误或变化,可能会导致电能计量的准确性受到影响,尤其是在计算线损率等方面。

维护计量设备、减少系统中的非线性负荷以及确保系统运行方式正确都是维护电能计量准确性的重要措施。同时,定期的校准和检测也是必不可少的,以确保计量设备的正常工作和准确性。电力供应公司需要采取措施来监测和维护计量设备,以确保电能计量的准确性和公平性。

## 2.3 解决方案分析

电能计量装置检验检测是预防计量异常的第一道防线。由于电力用户数量的不断增加,传统的现场监测方法存在限制。大数据智能算法可以在此过程中发挥作用,通过远程监控和数据分析,识别潜在的异常模式,帮助及早发现问题。

同时,电能量远程采集系统已广泛应用于电网企业,但其数据分析预警功能有待加强。大数据分析可以更深入地挖掘数据,实现实时预警和异常模式识别,帮助电网企业快速响应问题,减少损失。最后,对于异常用电行为的处理,大数据算法分析可以更好地帮助确定异常的原因。它可以区分人为异常和非人为异常,并为追究责任提供更多依据。因此采用大数据算法解决诊断用电异常情况是行之有效的解决方案。

## 3 基于多模融合算法的异常用电异常诊断

### 3.1 诊断算法分析

电能计量异常检测是电力领域中的关键任务,旨在识别用户用电中的异常行为,包括窃电和其他异常情况。为了实现自动化异常检测,本文采用了多种算法,包括支持向量机(SVM)、随机森林算法和神经网络。

1. SVM 算法。支持向量机是一种二分类模型,其主要目标是在特征空间中找到能够最大化类别间距离的线性分类器<sup>[3]</sup>。它也可以通过核函数进行非线性分类。

在电能计量异常检测中, SVM可以用于识别异常行为, 例如窃电。SVM的训练策略是间隔最大化, 通常可以形式化为凸二次规划问题, 这使其在小样本量情况下表现出色。如式(1)与(2)中所示。

$$\min_{\omega, b} \frac{1}{2} \|\omega\|^2 \quad (1)$$

$$\text{s.t. } y_i(\omega^T X_i + b) \geq 1, i = 1, 2, \dots, m. \quad (2)$$

2. 随机森林算法。随机森林是一种基于决策树的集成学习算法, 它能够通过构建多个决策树并组合它们的结果来提高分类性能。每个决策树都使用不同的随机样本和特征集进行训练。在电能计量异常检测中, 随机森林可以有效地应对噪声和复杂数据, 降低了过拟合的风险。如式(3)与(4)中所示<sup>[4]</sup>。

$$\text{Ent}(D) = -\sum_{k=1}^{|y|} P_k \log_2 P_k \quad (3)$$

$$\text{Gain}(D, a) = \text{Ent}(D) - \sum_{v=1}^v \frac{|D^v|}{D} \text{Ent}(D^v) \quad (4)$$

3. 神经网络算法。神经网络是一种模拟人脑结构的机器学习算法, 它由多个神经元和层级组成。神经网络在深度学习领域表现出色, 能够学习复杂的特征表示。在电能计量异常检测中, 神经网络可以用于对高维数据进行处理和分类。它通过反向传播算法进行训练, 不容易出现梯度消失问题, 能够适应不同的数据情况。如式(5)中所示<sup>[5]</sup>。

$$\text{Loss} = -\sum_i t_i \log y_i + (1 - t_i) \log(1 - y_i) \quad (5)$$

4. 多模型融合算法。多模型融合算法是一种将多个不同模型的输出结果结合起来以提高整体性能的方法。在电能计量异常检测这一场景中, 多模型融合算法可以用于更精确地识别异常行为, 提高系统的可靠性。电能计量异常检测是一个重要的任务, 旨在识别用电数据中的异常情况, 如窃电或其他非正常行为。这种异常检测需要高度精确性, 因为错误的识别可能导致不必要的损失或误报。传统的单一模型可能无法满足这种高精确性的要求, 因此需要一种多模型融合算法, 将多个模型的优势结合在一起。如式(6)与(7)中所示。

$$S = \omega_1 M_{\text{svm}}(X) + \omega_2 M_{\text{rdf}}(X) + \omega_3 M_{\text{nn}}(X) \quad (6)$$

$$\text{s.t. } \sum_i \omega_i = 1 \quad (7)$$

多模型融合的步骤包括选择合适的基本模型(如SVM、随机森林和神经网络), 在训练数据上对每个模型进行训练并确定最佳权重分配, 然后使用加权求和方式将它们的输出结果结合起来, 最后通过ROC曲线和AUC值评估性能。

### 3.2 多模融合算法结果分析

为了验证多模融合算法的效果, 在考虑到实际采用训练样本数量为总样本数的80%的情况下, 进行了算法实验, 其中选择了三种不同的对比模型: SVM、随机森林和神经网络, 并为它们分配了不同的权重。神经网络被分配了1/6的权重, 而SVM和随机森林分别被分配了1/2和1/3的权重。这个分配策略在实验中取得了非常令人满意的结果, 结果如表2所示。

表2 四种模型最优准确率表

模型	SVM	随机森林	神经网络	融合算法
正确率	87.7	87.6	82.1	90.2

在多模型融合后, 多模融合短发整体性能首次超过了三个单一模型的历史最佳表现。具体来说, SVM、随机森林、神经网络和融合模型的精度历史最佳分别为87.7%, 87.6%, 82.1%, 90.2%。这种出色的性能提升可能是因为数据集中存在许多相邻的数据点, 这使得模型更容易从数据规律中学习。在多模型融合的情况下, 相对有把握的模型可以很好地平衡对存疑数据的影响, 从而提高了整体性能。

### 4 结语

在现代电网发展中, 电网电能计量装置起到了至关重要的作用, 确保了电能计量的准确性和可靠性。然而, 由于各种因素, 电能计量异常问题时有发生。为了应对这些问题, 本文提出了一种基于多模融合算法的电能计量异常处理方案, 提高了异常检测的精度和鲁棒性, 确保电能计量数据的可信度。这一综合方法有效地解决了电能计量异常问题, 提高了电网数据的质量和稳定性, 为电力系统的运维提供了帮助和支撑。这一研究为电能计量异常处理领域提供了有价值的参考, 对电力行业具有重要意义。

### 参考文献:

- [1] 刘景星, 赵彦梅. 电能计量采集中的问题及大数据的应用分析[J]. 光源与照明, 2022(09):157-159.
- [2] 陈秋玲. 基于神经网络算法的电能计量设备故障诊断方法[J]. 光源与照明, 2022(06):127-129.
- [3] 高旭泽. 基于用电采集系统的防窃电技术研究[D]. 石家庄: 河北科技大学, 2021.
- [4] 郭思涵. 基于用电特征的窃电行为挖掘策略研究[D]. 宜昌: 三峡大学, 2021.
- [5] 徐扬. 居民用电安全监测诊断技术研究与应用[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2021.