

[防爆电气]

基于改进决策树的防爆电气设备隐患预警方法

文/左方晨

中海油天津化工研究设计院有限公司

提出基于改进决策树的防爆电气设备隐患预警方法。首先，采集防爆电气设备的电压、电流、温度和湿度等运行数据，并完成数据预处理。然后，基于模糊理论改进常规的决策树算法，构建模糊决策树，对预处理后的运行数据进行分类处理，预测防爆电气设备的运行状态，根据预测结果实现对隐患状态的预警。实验结果表明，该方法具有较高的预警准确率，可行性较高。

在石油、化工和煤炭等高危行业中，防爆电气设备的安全运行对于保障生产安全和人民生命财产安全具有重要意义。然而，由于设备老化、维护不当和环境因素等多种原因，防爆电气设备常常存在一定的隐患，一旦发生故障，将对人们的生命安全和生产安全造成严重威胁。因此，如何有效地预警防爆电气设备的隐患成为当前亟待解决的问题。

对防爆电气设备的隐患进行及时预警，不仅可以及时发现并解决设备故障，降低事故发生的概率，而且可以为高危行业提供更加安全和可靠的生产环境。文献[1]首先通过LDA主题模型深入挖掘电力用户的交互式诉求文本，再构建特征级数据融合的分类模型，实现对用户电力故障的主动性预警。文献[2]在多元状态参量融合的高压套管缺陷预警信息决策表基础上，引入遗传优化算法进行决策表约简，进而构建出缺陷预警模型。

随着我国防爆电气设备种类的不断增加和运行环境的日益复杂，传统电气设备预警方法逐渐难以满足防爆电气设备隐患预警的准确性和可靠性需求。常规决策树算法虽然在数据预测分类领域有

着广泛的应用，但在处理防爆电气设备隐患预警问题时，由于其固有的局限性，难以达到理想的预测准确度。因此，本文基于改进决策树算法，研究一种新的防爆电气设备隐患预警方法，研究成果对保障高危行业生产安全具有重要意义。

采集并预处理防爆电气设备运行数据

在研究防爆电气设备隐患预警方法时，获取电气设备的运行数据至关重要。首先，针对防爆电气设备的电压和电流等电能参数的采集，采用了高准确度、低功耗的电能计量芯片CS5463，通过与设备的接口连接，CS5463能够实时获取防爆电气设备的电流和电压数据，确保数据的准确性和实时性。其次，针对防爆电气设备的温度、湿度等环境参数的采集，采用了温湿度传感器HB-BA-S10。这款传感器具有高灵敏度和快速响应的特点，通过与设备的紧密结合，HB-BA-S10能够实时感知设备的温湿度变化，为隐患预警提供关键的环境参数。在利用电能计量芯片与温湿度传感器采集防爆电气设备运行数据时，具体采集流程如图1所示。

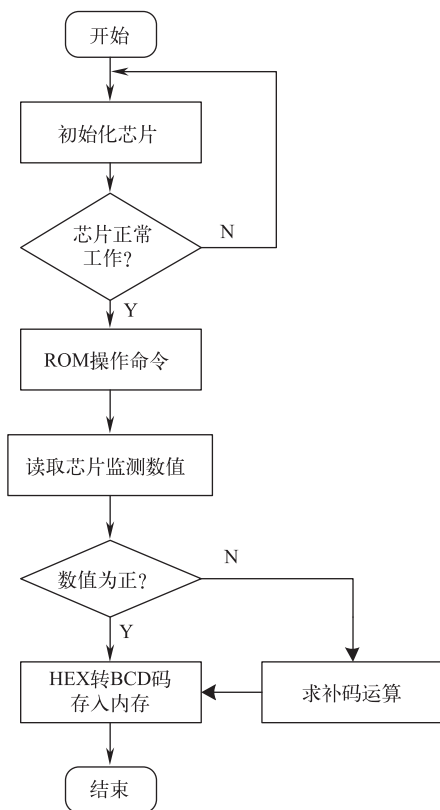


图1 防爆电气设备运行数据采集流程

为提升原始运行数据的质量，还需进行一系列预处理。由于防爆电气设备运行中可能出现的数据丢失或异常值，采用插值算法对缺失数据进行填充处理，确保数据的一致性和完整性。主要采用线性插值方法

$$X_1 = X_0 + \frac{X_0 - X_2}{T_0 - T_2}(T_1 - T_0) \quad (1)$$

式中， X_1 、 T_1 分别为被填充间隙数据点的值和对应的数据采样时间； X_0 、 T_0 分别为被填充间隙前数据点的值和对应的数据采样时间； X_2 、 T_2 分别为被填充间隙后数据点的值和对应的数据采样时间。

由于防爆电气设备运行过程中可能存在的环境干扰，使数据中存在噪声，会影响数据的准确性和稳定性，所以本文还需要对原始采集数据进行降噪处理，主要采用低通滤波器方法

$$X'_n = \frac{1}{2N+1} \sum_{k=1}^N X_{n-k} \quad (2)$$

式中， X'_n 为滤波降噪处理后的第 n 个防爆电气设备运行数据点； N 为数据点数量； k 为高频噪声峰值的平滑阈值。

构建改进决策树分类预测设备运行状态

决策树是一种基于数据的归纳推理分类方法，被广泛应用于数据预测分类领域中，但由于常规决策树面对复杂、多变的防爆电气设备隐患预警问题，难以保障设备运行状态的分类预测准确度。因此，引入模糊理论进行常规决策树算法的改进，进而构建一个模糊决策树，用于防爆电气设备隐患预警中。

模糊理论是一种处理模糊性和不确定性的数学方法，能够有效地处理难以用精确数值描述的问题。模糊决策树在节点划分时考虑了模糊概念，可以更好地描述数据的不确定性和模糊性，从而提高分类预测的准确性。

首先，本文利用模糊集合对防爆电气设备运行状态进行模糊化处理，将运行状态划分为不同的模糊集合。

1) 正常状态。设备处于正常工作状态，各项参数均在正常范围内，无异常现象。

2) 异常状态。设备运行中出现异常现象，如电压波动、电流异常、温度过高或过低以及湿度异常等，但尚未达到危险程度。

3) 预警状态。设备运行参数接近或超过阈值，存在安全隐患，需要密切关注并采取相应措施。

4) 故障状态。设备出现故障，无法正常工作，需要进行维修或更换。

5) 危险状态。设备运行中存在严重安全隐患，可能引发事故，需立即采取紧急措施。

在此基础上，获取模糊集合的隶属度，表达式为

$$\eta_i = \begin{cases} \eta_s(U) & \text{if } \eta_s(U) \geq i \\ 0 & \text{if } \eta_s(U) < i \end{cases} \quad (3)$$

式中， η_i 为任意模糊集合的隶属度值； $\eta_s(U)$ 为属性 S 的隶属度函数，其中 U 为样本决策表论域。

然后，根据电气设备的运行特性和历史数据，确定相应的模糊规则，用于指导决策树的构建。模糊规则通常包括条件和结论两部分，例如“如果电流超过阈值且温度异常升高，则设备可能存在隐患”。同时，还需根据式(4)所求规则真实度来衡量模糊规则的有效性

$$G(A, B) = \frac{\sum \min(\eta_A(U), \eta_B(U))}{\sum \min(\eta_A(U))} \quad (4)$$

式中, $G(A,B)$ 为模糊条件A包含于决策集B的程度, 以此衡量模糊规则的真实度。

在得到有效的模糊规则之后, 根据模糊规则和模糊化处理后的数据, 以模糊集合中分类不确定性最小的属性为根节点, 并以模糊规则中决策类设为叶节点, 在满足特定规模的条件下, 从根节点开始依次划分各个节点, 逐步生成完整的模糊决策树。在划分模糊决策树的节点时, 可以采用基尼指数进行评估, 过程为

$$J(X)=1-\sum P^2(X_j|X) \quad (5)$$

式中, $J(X)$ 为防爆电气设备运行数据样本集的基尼指数; $P(X_j|X)$ 为第j个样本 X_j 在数据集X中的条件概率。

基尼指数可以衡量数据的不纯度, 以此选择模糊决策树构建中最佳的划分属性, 进而根据上述步骤完成模糊决策树的生成。在得到完整的模糊决策树结构之后, 利用该决策树对预处理后的运行数据进行分类, 从而预测出电气设备的实际运行状态, 并针对故障状态进行预警。

仿真对比实验

1. 仿真设置

为验证基于改进决策树的防爆电气设备隐患预警方法的有效性和正确性, 本章引入基于常规决策树的预警方法和基于BP神经网络的预警方法作为设计方法对照组, 进行防爆电气设备隐患预警仿真对比实验。在高性能计算机集群上搭建本次仿真对比实验的实验环境, 并采用Python编程语言和相关机器学习库进行改进决策树预警方法、常规决策树预警方法以及BP神经网络预警方法的实现。分别采用实验组方法和对照组方法对实验数据进行隐患预警, 通过对比各方法下防爆电气设备运行状态的分类预测结果, 分析改进决策树在实际预警中的性能。

2. 结果分析

在改进决策树方法、常规决策树方法和BP神经网络方法分别完成防爆电气设备运行状态的分类预测后, 统计并整理各方法的分类预测结果, 作为本次防爆电气设备隐患预警仿真实验结果, 具体如图2所示。

从图2可以看出, 常规决策树和BP神经网络方

法仅能对大部分防爆电气设备的运行状态进行准确地分类预测, 在某些设备上这两种方法所得分类预测结果存在显著误差。但是, 本文设计的改进决策树方法在这10种防爆电气设备的隐患预警中, 均能实现准确的运行状态分类预测, 也就是设计方法的隐患预警准确度达到100%。主要因为改进决策树算法在处理不平衡数据集和优化模型结构方面具有更好的性能。因此, 本次仿真对比实验结果可以证明, 改进决策树算法在防爆电气设备隐患预警中具有一定的优势, 可以提升预警准确率。

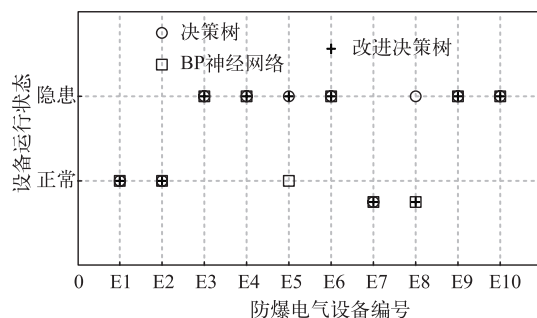


图2 防爆电气设备隐患预警结果对比

结束语

通过本文的研究, 设计一种基于改进决策树的防爆电气设备隐患预警方法。该方法在获得防爆电气设备运行数据的基础上, 利用模糊理论改进常规决策树, 建立起模糊决策树进行电气设备运行状态的分类预测, 以此实现设备隐患预警。同时, 文中根据仿真对比实验结果验证了设计方法的有效性和优越性。该方法可以提高防爆电气设备隐患预警的准确性和可靠性。未来将不断改进和完善决策树预警方法, 有望为防爆电气设备的隐患排查和预防提供更加有力支持, 进一步推动相关领域的发展。EA

(收稿日期: 2024-04-26)

参考文献

- [1] 林少娃, 陈奕汝, 顾洁, 等. 基于隐含狄利克雷分布主题模型和特征级异构数据融合的电力故障主动性预警研究[J]. 电子器件, 2022, 45(2): 432-438.
- [2] 邵先军, 陈孝信, 詹江杨, 等. 基于多源状态参数融合的油纸绝缘套管缺陷预警方法研究[J]. 电网与清洁能源, 2022, 38(12): 1-7.