

# 智能电表箱技术研究与装置设计

刘磊, 许晓伟, 周桂珍, 叶超

(杭州电力设备制造有限公司桐庐白云源成套电气制造分公司, 浙江 桐庐 311500)

**摘要:** 从安全防护认证、环境感知、故障预警、智能平台等功能对传统电表箱进行升级优化。研究高安全性表箱认证技术, 提升智能电表箱安全防护性能; 研究表箱多传感器融合技术, 提高智能电表箱的环境感知能力; 研究表箱故障预警技术, 提高智能电表箱对各类风险的识别与预判能力; 研究台区拓扑模型自动显示异常点位和线路, 为电表的维修带来便利; 引入高性能通信网关和云平台, 实现多元数据的处理和可视化。

**关键词:** 安全认证; 环境感知; 深度学习; 故障识别中

**中图分类号:** TM933.4

## Research on Technology and Device Design of Intelligent Meter Box

LIU Lei, XU Xiaowei, ZHOU Guizhen, YE Chao

(Tonglu Baiyunyuan Complete Electric Manufacturing Branch, Hangzhou Electric Power Equipment Manufacturing Co., LTD., Zhejiang Tonglu 311500, China)

**Abstract:** With the continuous progress of urbanization in China, smart community projects are widely carried out in various places. Among them, the demand for replacing traditional meter boxes with new smart meter boxes is increasing. At present, the meter boxes on sale generally only have traditional functions such as basic electric energy measurement, electricity theft protection and electric shock protection, which cannot realize intellectualization and Internet of Things. This paper upgrades and optimizes the traditional meter box from the functions of security protection authentication, environment awareness, fault early warning, intelligent platform, etc. Research the authentication technology of high safety meter box to improve the safety protection performance of intelligent meter box; Research the multi-sensor fusion technology of the meter box to improve the environmental awareness of the intelligent meter box; Study the fault early warning technology of meter box to improve the ability of intelligent meter box to identify and predict various risks; The topology model of the research station area automatically displays the abnormal points and lines, which facilitates the maintenance of meters; Introduce high-performance communication gateway and cloud platform to realize the processing and visualization of multivariate data.

**Keywords:** safety certification; environmental awareness; deep learning; fault identification

### 1 系统设计方案

本文针对传统电表箱开展升级改造, 从安全防护认证、环境感知、故障预警、物联网化等需求对传统电表箱进行升级优化。具体如下:

研究高安全性表箱认证技术, 提升智能电表箱安全防护性能。通过指纹、智能卡及密码等多重认证, 进一步提高表箱的身份认证能力, 同时将表箱的开关记录及异常使用状况传输至云端, 对表箱使用状况实时监控, 预防偷电窃电<sup>[1]</sup>。

**基金项目:** 杭州电力设备制造有限公司科技项目 (YF211601)

**收稿日期:** 2022-03-02

研究表箱多传感器融合技术, 提高智能电表箱的环境感知能力。为进一步监控表箱运行状况, 对表箱的外部环境各类参数, 及表箱内部运行环境的各类参数进行同步获取, 以便分析其运行状态<sup>[2,3]</sup>。

研究表箱故障预警技术, 提高智能电表箱对各类风险的识别与预判能力。根据表箱所获取到的多种环境参数历史数据, 基于边缘计算研究对应的故障预警算法, 利用新获取的环境参数判断表箱出现故障的概率<sup>[4,5]</sup>。

引入高性能通信网关和云平台, 实现多元数据的处理和可视化。身份认证信息、表箱内外环境参数、电能表耗电量、故障预警信息等数据通过

RS485 数据总线传输到表箱上的工业显示屏进行数据的可视化；同时用户可以通过手机客户端访问物联网云平台，及时查看用电情况和更改身份信息。

台区拓扑模型自动显示异常点位和线路，为电表维修带来便利<sup>[6]</sup>。

## 2 模块设计

### 2.1 安全认证模块设计

安全认证模块具备指纹、密码、刷卡、人脸识别等多种身份识别功能。这些开锁特征不易丢失，且认证准确度高，安全及可靠性高。

本文采用支持指纹、密码和 IC 卡的安全认证设备，该设备可进行本地管理，支持本地注册、查询、设置、管理设备参数等；该设备具有 RS485 接口，可将数据传送到网关到达云平台；户主可于手机端随时查看设备开锁历史状态，若发现异常情况（暴力开锁，网络入侵等）立即向户主发出警告。

防盗模式。即在电表箱上安装门磁传感器，与门禁设备共同控制电表箱的开闭。当门禁设备身份认证通过，电表箱打开，门磁传感器断开连接，此时视为正常开锁；若没有识别到门禁设备认证通过的信号，却收到了门磁传感器断开的信号，说明此时电表箱没有通过身份认证而被打开，即被盗，设备将发送报警信息。

### 2.2 状态感知模块设计

状态感知模块包括温度传感器、湿度传感器、智能空开和门磁传感器检测表箱内湿度、温度等参数和电流电压等电表箱内部参数，并以 Modbus 协议形式上报到网关；将其存储在主控模块之中，并通过短距离无线通信等网络技术传输至数据平台，在平台中对采集到多种类型数据进行特征提取，对特征信息给予综合分析处理，从而判断电表箱的运行状况。并将电表箱内外的各项数据通过 RS485 传输到表箱的屏幕上，实现多元数据的可视化。

#### 2.2.1 智能空开

智能空开可以实时查看电压、电流、功率的等数值；兼备漏电、过载、短路保护；省去了使用电流互感器复杂的接线环节，使表箱内布局走线简洁明了；具备 RS485 通信接口，能够将电流、电压数据直接传送到边缘网关和云平台进行计算存储，并通过电表箱上的显示屏进行显示。

#### 2.2.2 温湿度传感器

采用温湿度传感器测量表箱内外的温度和湿度值，并通过 RS485 数据总线将结过传送到云平台和表箱上的数据可视化显示屏。

### 2.3 基于边缘计算的电表故障识别

本文电表箱故障监测平台的搭建主要基于边缘计算和深度学习网络，通过智能空开来获取用户的电流数据，并进行基于神经网络的电弧故障识别，具体步骤如下。

第一步，样本特征提取。提取电流平肩时间、电流跳变值比例、1 s 内电流大幅跳变的次数、1 s 内电流平均值的标准差等主要特征。电流平肩时间：由于实际中大部分场景会有其他负载，无法直接测出电流平肩时间。本文将一个工频周期（20 ms）内的电流跳变的时间记为  $t_1$ ，再计算从后的极值点，极值点时间记为  $t_2$ 。则电流平肩时间  $= t_2 - t_1$ 。电流跳变值比例： $\Delta i_{\text{pluse}}$  记为电流跳变值，一个工频周期内采样  $P$  点电流值，工频周期内平均电流值为  $\frac{1}{P} \sum_{i=1}^P i$ ，则电流跳变比例即为电流跳变值除以工频平均电流值。

1 s 内电流大幅跳变的次数：由于大功率电器正常使用过程中每个周期都会发生电流跳变的情况，通常故障电弧的一个特点是持续时间短，断断续续，因此电流跳变次数作为一个特征。对 1 s 内电流大幅跳变的次数进行统计即可得此特征。

1 s 内电流平均值的标准差：设每个工频周期内的电流平均值为  $i_j$ ， $\mu = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N i_j$  记为  $N$  个周期内的平均值（ $N = 50$ ），则 1 s 内电流平均值的标准差为

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (i_j - \mu)^2}{N}}。$$

第二步，神经网络训练。本文使用一维深度卷积神经网络提取特征，并通过 softmax 分类器进行故障分类和预警。该深度神经网络包括卷积层区域、池化层和全连接层区域，在卷积层区域包括输入卷积层、卷积块和平均池化层。此故障预测模型使用 Adam 优化器，通过最小化预测模型和评估模型的损失函数均值来优化参数，从而获得最优预测模型。如图 1 所示。

第三步，边缘计算。为了减轻云平台服务器的

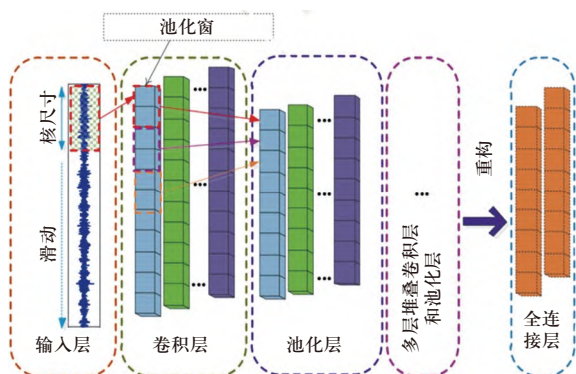


图1 深度学习网络

负担，在这里引入边缘控制器，将多源传感器采集到的电表箱数据直接在现场设备端传入一维卷积神经网络进行安全预警识别，通过这种边缘计算的手段，能够有效地避免云平台服务器进行大量的数据运算，使云平台只作为一种数据存放和数据可视化的工具，极大地减轻了云平台服务器的负担，提高运行速度。

#### 2.4 通信网关及云平台

本文搭建支持 Modbus 通信协议的工业云平台，能够对接多传感器设备，通过以太网口或 Modbus 通信协议实现信息的交互，并将信息存放在云平台，云平台使用 B/S 架构，支持 PC 浏览器、手机 App、微信公众号等，满足用户在不同场景使用需求。

为了能更准确及时地了解电表箱的运行状态和内外环境参数，在表箱上嵌入可视化工业屏幕，该显示屏具备 RS485 通信接口，可以直接与门禁设备、门磁传感器、智能空开、温湿度传感器和边缘计算网关相连接，接收多元数据并显示，包括表箱内外环境参数、耗电情况、预警信息、开门信息等历史数据，使用户和管理人员能够直观地了解日常耗电和电表箱的使用情况。如图2所示。

#### 2.5 台区拓扑模型

台区拓扑结构展示了台区变压器、电能表间的连接关系及相对位置关系，通过本文的供电台区拓扑模型，能够准确地显示出异常点位和线路的所在位置，为电表的维修带来便捷。如图3所示。

### 3 结束语

智能电表箱的研制，改变了传统电表箱功能单一、箱体老化严重、安全措施较低、查找位置困难等缺点。运用监测、报警等现代化信息传感技术，



图2 可视化界面与工业显示屏

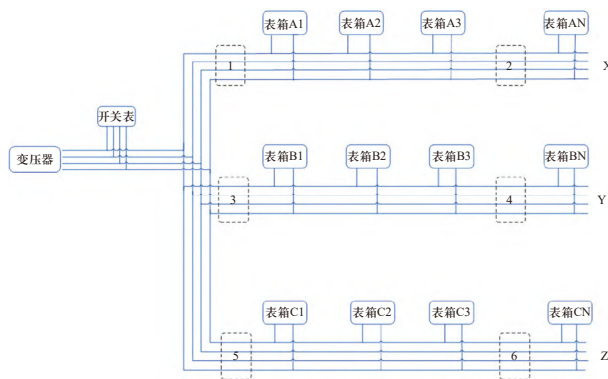


图3 台区拓扑模型自动显示异常点位和线路图

最大限度地维护电力企业效益、防范安全责任事故的发生，真正实现了表箱的智能化、物联网化。

### 参考文献

- [1] 宋春娟, 崔国蔚, 马超然, 等. 智能电力物联网电表箱技术探究[J]. 中国电力企业管理, 2019, (17): 53-57.
- [2] 万黎升, 李子辰, 曹洋. 泛在电力物联网下基于调控云的线路状态感知监测及数据共享研究[J]. 电力信息与通信技术, 2019, 17(11): 32-37.
- [3] 谭明. 基于Unity3D的数据中心可视化系统构建的关键技术研究[D]. 燕山大学, 2016.
- [4] 刘湘澎. 电弧故障断路器的故障电弧电流特性研究[D]. 北京交通大学, 2012.
- [5] 周青, 孙俊, 黄冠, 等. 基于智能配变终端的配电网故障区段判断[J]. 电力与能源, 2020, 41(04): 457-461+479.
- [6] 卢翔. 用电信息采集成功率影响因素分析及处理措施[J]. 机电信息, 2013, (27): 8-9.

### 作者简介

刘磊 (1984—), 男, 高级政工师, 研究方向为电力智能化。  
许晓伟 (1978—), 男, 高级工程师, 研究方向为电力系统及其自动化。

周桂珍 (1979—), 女, 经济师, 研究方向为电网调度自动化。

叶超 (1987—), 男, 工程师, 研究方向为电表箱设计。

(责任编辑: 刘艳玲)