

# 智能电能表质量数据采集与质量监控技术研究

李 晖, 王立永, 吴红林, 余 妍, 丁 冬

(国网北京市电力公司, 北京 100031)

**摘要:** 针对智能电能表非常容易发生开关跳闸、断电无法工作等故障问题, 研究出了一种完善的解决方法; 通过调研智能电能表生产企业的信息化系统和生产过程数据, 发现生产企业的信息化系统在不同企业间都存在各个信息系统之间分割严重的问题, 导致企业内部的数据分布在各个数据仓库内, 数据分散, 需要对每个生产企业采集装置的采集功能进行定制化对接, 基于边缘计算技术的业务系统能够更加切合采集终端, 并进行数据处理; 本研究将 SVG 技术和 Ajax 技术结合使用, 构成智能电能表质量监控系统方案框架; 经过实验结果表明, 通过 SVG 技术和 Ajax 技术对智能电力表各项数据信息处理, 得到了很好的效果。

**关键词:** 智能电能表; 质量监控; 边缘计算; SVG 技术; Ajax 技术

## Research on Quality Data Acquisition and Quality Monitoring Technology of Intelligent Watt Hour Meter

Li Hui, Wang Liyong, Wu Honglin, She Yan, Ding Dong

(State Grid Beijing Electric Power Company, Beijing 100031, China)

**Abstract:** In view of the quality problem of intelligent watt hour meter, it is very easy to have switch trip, power failure and other fault problems, a perfect solution was studied. Through the investigation of the information system and production process data of intelligent watt hour meter production enterprises, it is found that the information systems of production enterprises exist among different enterprises, and the segmentation between each information system is serious, which leads to the data distribution within the enterprise in each data warehouse, and the data is scattered. Therefore, it is necessary to customize the energy acquisition function of the acquisition device for each production enterprise docking, the business system based on edge computing technology can be more suitable for the acquisition terminal, and data processing. In this study, SVG technology and Ajax technology are combined to form the framework of intelligent watt hour meter quality monitoring system. The experimental results show that the SVG Technology and Ajax technology on the intelligent power meter data information processing, get a good effect.

**Keywords:** smart energy meter; quality control; edge computing; SVG technology; Ajax technology

## 0 引言

随着计算机时代的到来, 信息网络正在飞速的发展, 电力行业也在逐年发展, 随着人类生产方式水平的不断提高, 人们对于生活的幸福度指数也在慢慢提升<sup>[1]</sup>。在这样的大背景之下, 电能表的质量状态评估变得非常重要, 目前来讲, 以往的电能表质量监控方案已经落后, 工作效率低下无法满足需求。如何提高智能电能表风险防范工作, 是目前亟待完善的难题<sup>[2-3]</sup>。

针对上述存在的问题, 文献 [4] 采用一种自动化设备用来检测智能电能表<sup>[4]</sup>, 虽然检测非常精确, 但是研究成本太高, 不适合大范围使用。文献 [5] 公开了一种基于层次分析法智能系统对智能电能表的质量进行分析<sup>[5]</sup>, 这种方法虽然简单, 但是参入了专家主观性的判断, 不具有科学性。为了贯彻国家有关电力行业安全管理的规定, 建立

完善的智能电能表质量监控系统, 本文研究出一种方法, 具体内容阐述如下。

## 1 智能电能表质量数据采集架构

针对上述技术存在的不足, 本研究设计出一种新型的电能表质量数据采集服务端云平台, 其总体架构如图 1 所示。

如图 1 所示, 采集装置服务端是为了采集生产企业的生产数据, 向可信采集平台上传生产企业的数据的可配置化节点应用, 整个采集服务器端平台主要由边缘计算业务系统和云端质量监控系统组成。在边缘计算技术基础上构建业务系统, 以便于更加契合与采集终端的关联性, 提高对智能电能表质量数据处理的效率。在云端质量监控系统中通过智能运维实现对智能电能表的质量监控, 采用 SVG 和 Ajax 技术进行数据处理。

在实际应用中, 智能电能表质量控制主要包括研发设

收稿日期: 2020-10-24; 修回日期: 2020-11-05。

作者简介: 李 晖(1980-), 男, 四川宜宾人, 硕士研究生, 主要从事电力系统安全稳定分析、电力系统线损分析等方向的研究。

引用格式: 李 晖, 王立永, 吴红林, 等. 智能电能表质量数据采集与质量监控技术研究[J]. 计算机测量与控制, 2021, 29(5): 112-115, 121.

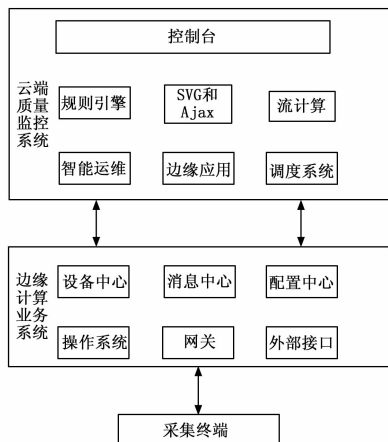


图 1 采集服务端平台架构图

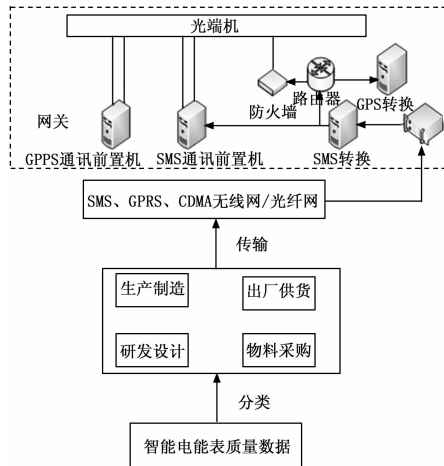


图 2 智能电能表质量数据采集系统

计、物料采购、生产制造、出厂供货等四大环节,分析研究各环节的关键质控点,提取出各环节质量基础能力要素的主要关注点,这些质量基础能力特性指标与各环节质控点密切相关,具有明显的阶段性特征,可以体现各环节质量基础能力的保障各环节质量水平<sup>[6-7]</sup>。关于智能电能表质量数据分类我们可以按照不同类型进行分类:

- 1) 按照数据来源,把智能电表质量数据分为研发设计、物料采购、生产制造、出厂供货等数据,分别反映各业务环节的质量状态和水平。
- 2) 按照数据性质,把智能电表质量数据分为计量、标准、检验检测、认证认可等四类数据,分别反映智能电能表健康情况。

## 2 智能电能表质量数据采集系统设计

### 2.1 采集系统架构设计

面向数据监控,物联网市场开发,在高密度部署和成本间取得黄金平衡,是工业控制器设备的联网和远程控制需求的优选方案。为解决电能表质量数据采集问题,本文设计了相应采集系统,系统中功能主要包括:数据采集、数据流转、数据处理、数据上云、应用程序的云端下发和边缘部署功能,确保全过程质量数据采集装置采集、验证、清洗、分析质量数据的可信、安全、实时<sup>[8-10]</sup>。关于智能电能表质量数据采集系统如图 2 所示。

如图 2 所示,在实际应用中,智能电能表质量数据按照数据来源,可以分为研发设计、物料采购、生产制造、出厂供货四类。采集器会将这些数据信息传送到各种类型的通信网络中,其中有 SMS 无线网、GPRS/CDMA 无线网和光纤网,无线传输网一般是公用的,而光纤网则是要自己专门创建。数据信息通过转换,经过路由器和防火墙之后,通过各种网络类型的前置机到达了光端机,经过交换机到达服务端平台<sup>[11-12]</sup>。

### 2.2 采集规范

采集服务端平台中的采集模块通过两种模式(实际使用时采用一种或多种)采集质量数据<sup>[13]</sup>。

①设备直采模式:终端应用和边缘采集终端建立连接,向采集终端发送采集指令,边缘采集终端向设备发送采集指令,设备反馈数据给边缘采集终端,边缘采集终端将数据反馈给终端应用。

②设备主动上报模式:终端应用和边缘采集终端建立连接,设备主动将数据上报给边缘采集终端,边缘采集终端将数据实时反馈给终端应用。

按照质量数据采集方式可分为自动采集、接口导入和人工采集,如图 3 所示。

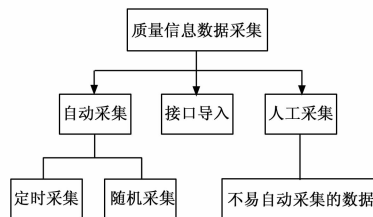


图 3 质量数据采集

### 2.3 安全机制

应用轻量级证书及可信快速验签机制、分布式授权终端认证接入、分布式可信授权认证管理模型技术等可信认证方法,在数据接口接入过程中,按照应用场景和数据传输方式使用对应的可信认证方式,使得在智能电能表数据采集过程中保证数据读写的安全。

在数据读写的传输过程中,普遍使用数字密码加密的方式来实现数据安全防范,在区域与区域传输线路中建立密码体系,直接对交互数据进行加密,防止非法用户进行窃取关键信息,保证数据的完整性和可靠性<sup>[14]</sup>。传统方法构造防火墙来防御外来非法用户入侵,但是再完美的防御技术始终存在一定的漏洞,因此本研究引入入侵检测和模拟攻防系统,在遇到危险应用时主动挖掘定位得到漏洞信息,并进行铲除。除了相应的数据安全保护,面对海量的安全风险数据还需要进行科学合理化管理,提高整个系统运行性能条件<sup>[15]</sup>。

### 3 SVG 与 Ajax 技术

为解决大量智能电能表质量不达标的问题，本研究基于 SVG 和 Ajax 技术构建监控系统以实现智能电能表质量数据的实施监控。下面讲具体描述技术过程。

SVG 是一个标准开放的矢量图像格式，使用简单的文本命令，便可得出各种数据图像效果，使电能表质量状况通过某个维度清晰地展现在用户面前。SVG 图像主要还是基于 XML 的应用，其本身除了有 <svg> 元素，还有 <defs>，<g> 与 <symbol> 等元素，它们可以构成 SVG 的基本框架，除此之外还有 <rect> 和 <ellipse> 等其他图像元素。在众多图像元素中，<symbol> 和 <use> 的作用是至关重要的。<symbol> 元素能够定义图像模板，而 <use> 元素则是能够将智能电能表质量数据具体图像进行引用<sup>[17-18]</sup>。关于智能电能表质量数据监测用以上元素代码表示如图 4 所示。

```

图元代码
<symbol id="smartMeter" name="智能表">
<g>
<rect x="314" y="153" width="133" height="314" fill="#D53947"/>
<rect x="219" y="158" width="131" height="63" fill="#B0B0B0"/>
<rect x="231" y="164" width="111" height="47" fill="#5C5C5C"/>
<rect x="279" y="230" width="28" height="8" fill="#594F49"/>
<ellipse cx="333.5" cy="234" rx="3.5" ry="4" fill="#E44099"/>
<rect x="224" y="268" width="127" height="48" fill="#DCDC47"/>
<ellipse cx="333.5" cy="292" rx="4.5" ry="13" fill="#F5F3F3"/>
<ellipse cx="332.5" cy="292.5" rx="2.5" ry="4.5" fill="#DCD6D9"/>
</g>
</symbol>
    
```

图 4 智能电能表图像代码

如图 4 所示，本研究采用 JavaScript 语言对 SVG 交互技术进行编码，JavaScript 语言的优势在于能够在 Web 上进行解析而不需要特定的编译，利用 JavaScript 脚本技术可以解决 SVG 图像的交互问题。SVG 图形交互是采用事件触发机制进行实现。在定义 SVG 元素中对某个对象定义特定事件，当事件发生时触发脚本程序完成所需要的功能<sup>[19]</sup>。

在实现 SVG 图像交互过程中，本文发现服务器延迟时间依旧很长，智能电能表质量监控数据传输效率低，针对这种问题，本研究采用 Ajax 技术进行改进。Ajax 技术是包含 XML、DOM、CSS 等多种技术，并且同样支持 JavaScript 语言，使用 JavaScript 语言能够很好地处理所有电能表质量监控数据。Ajax 改变了传统服务器处理方式的规则，通过不断更新的方式在服务器与客户端之间形成新的交互层，目前成为 Web 开发的关键技术<sup>[20-21]</sup>。为了更好地展现出 Ajax 技术的优势，下面讲具体进行描述。首先是有关传统的 Web 服务器处理应用程序示意图如图 5 所示。

从图 5 可以看出，用户在进行操作过程中，传输电能表质量监控数据需要响应时间，在服务器接收到客户端的请求后，用户需要经服务器处理后接收结果，这传输时间和处理时间呈串联形式，使得所耗时间较长，导致效率低下<sup>[22]</sup>。Ajax 技术则在常规 Web 的基础之上添加作为中间交互层，以提高服务器处理数据效率。关于基于 Ajax 技术的

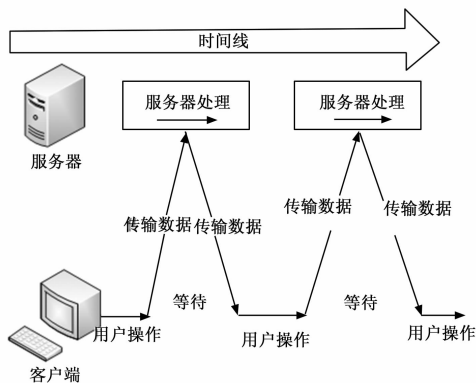


图 5 传统的 Web 应用程序处理示意图

Web 应用程序示意图如图 6 所示。

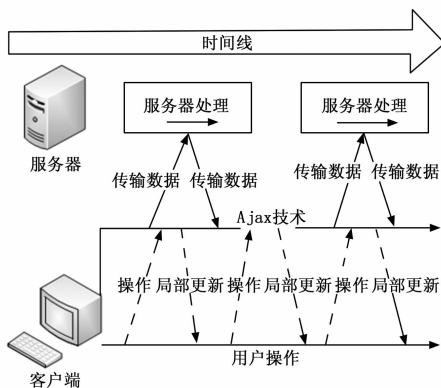


图 6 基于 Ajax 技术的 Web 应用程序处理示意图

从图 6 可以看出，在添入了 Ajax 技术作为中间交互层的基础上，客户端用户在进行操作后，数据的传输时间和服务器的处理时间以并行的方式进行，并且不断地进行局部更新，浏览器不用再费时间处理等待的需求和更新操作。这种方式可以减轻服务器的负荷处理，减少了用户所需要等待和数据刷新的时间，大大提高了工作效率<sup>[23-24]</sup>。

通过 SVG 图像交互技术和 Ajax 技术改进服务器处理智能电能表数据方式，能够在很短的时间内，得到清晰的智能电能表质量数据图像信息，采用这两种技术不但能提高数据处理的效率，也提高了整个采集系统的性能，非常具有实用性。

### 4 实验与分析

为了证明本研究的采集服务端的软硬件平台能够实现智能电能表的质量监控，下面将通过仿真实验进行分析。

#### 4.1 智能电能表基本信息

关于智能电能表基本信息，主要通过国网有关智能电能表电数据库提取，通过大数据云端平台进行数据的预处理得到智能表智能电能表参数信息。由于数据库中关于智能电能表基本信息种类过多，本研究主要采用的参数信息有招标批次、智能电能表的型号、中标数量总和、智能电能表质量问题、监测人员的姓名和处理意见，如表 1 所示。

表 1 智能电能表样本信息

样本信息	数据类型	内容
招标批次	double	BATCH
型号名称	double	MODELNAME
中标数量	double	SPECIMENSSUM
质量问题	double	QUALITYISSUES
监测人员	double	MONITORINGUSERS
处理意见	double	OPINION

### 4.2 实验硬软件环境

在进行仿真试验之前, 有关系统运行的环境是必要的考虑环节, 要根据实际情况, 才能作出合理地实验。

在硬件环境方面, 本文采用了 B/S 的模式, 这是因为采集服务器平台必须要配置高端的系统, 才有更好的采集服务端, 能满足用户大多数的需求。服务器配置采用 Pentium (R) CPU、8 核 16G 内存和 1T 的硬盘容量。在软件环境方面, 本文采用的操作系统为 Ubuntu17.04, 以 SQL Server 2016 版本数据库作为根据, 全部实验编程通过 C++ 语言进行编写。

### 4.3 仿真实验过程

关于实验的设计本研究将 3 架客户端与 Web 服务器端相连, Web 服务器另一端连接数据库。其中客户端采用 Ajax 技术, 控制界面的操作由客户端进行。Web 服务器端通过数据库传输 SVG 图像向客户端提供数据。其中 Ajax 引擎起到更新页面与数据交互功能。关于实验中整个系统的工作原理如图 7 所示。

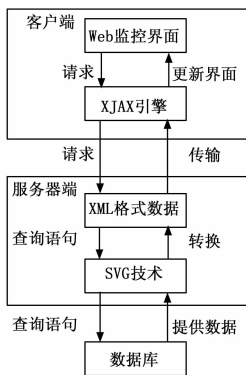


图 7 实验中系统的工作原理

针对 SVG 技术与 Ajax 技术图像数据的实现, 本实验采用智能电能表的日负荷曲线所反映的智能电能表质量信息。本实验通过用户设置实时动态数据更新的时间间隔为 5 分钟, 通过测试系统一些测点的历史数据, 统计一天内负荷的最大值和最小值, 运算所有测点的平均值并通过 MATLAB 软件得出有关智能电能表的日负荷曲线如图 8 所示。

如图 8 所示, 在日出时间之前, 智能电能表电力负荷量平稳且高于平均水平, 这是因为夜间睡觉期间用电量微乎其微。在 6 点以后, 用电量逐渐增大, 智能电能表负荷开始迅猛增加, 直到中午 12 点, 负荷量达到最大。之后再

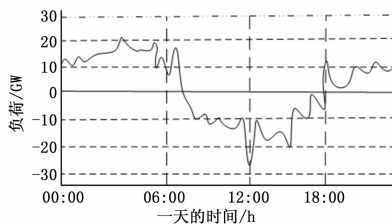


图 8 智能电能表的日负荷曲线图

到 18 点, 用电量复杂反复地在逐渐减少, 负荷量达到平均水平线, 最后到达夜间 0 点。

除了对智能电能表的一天负荷量数据监控, 本研究质量监控系统重点还是智能电能表的质量状态监控以及评估, 本研究采取北京国网电力公司 2019 年 5 月底至 10 月中旬时间段, 采用本研究质量监控系统对末智能电能表质量监控, 其走势图如图 9。

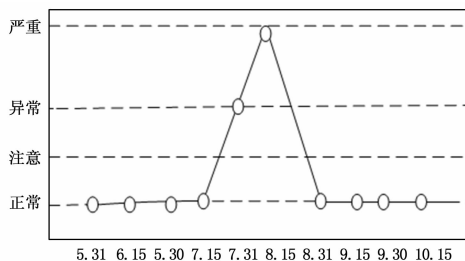


图 9 某智能电能表质量监控走势图

如图 9 所示, 质量监控系统每 15 日统计某智能电能表的质量状态, 在 5 月 31 日至 7 月 15 日期间, 该智能电能表性能正常, 在 7 月 15 日之后到 8 月 15 日, 该智能电能表出现问题, 达到严重的故障程度。经过监控系统抽调相关工作人员迅速处理解决故障问题, 再到 8 月 31 日经过监控, 该智能电能表达到了正常水平。

从上述的实际应用中, 可以明确的是 SVG 技术与 Ajax 技术的共同结合使得图像数据信息十分精确, 而且对于非技术相关人员, 也能让他们很容易的理解。

## 5 结束语

由于当前的智能电能表在数据采集领域仍受到很多环境以及其他因素的影响, 导致工作效率很低, 本文采用数据采集技术和生产过程智能化管理技术实现对智能电能表监控管理系统内的信息全部做到数字化。通过 SVG 图像交互技术和 Ajax 技术改进服务器处理智能电能表数据方式, 能够在很短的时间内, 得到清晰的智能电能表质量数据图像信息。经过实验表明, 本研究采用的数据采集系统和生产过程智能化监控技术十分实用, 将是提升电力企业形象和电力市场竞争的综合实力的有效途径。

### 参考文献:

[1] 秦 亮, 邹根华, 万 畅, 等. 电网调控一体化全维度培训仿真系统研究 [J]. 江西电力, 2015, 39 (6): 51-53.

(下转第 121 页)