

浅析大数据技术在智能反窃电和线损监控方面的应用

随着国网公司确立的电力用户用电信息采集系统“全覆盖、全采集和全费控”目标的逐步实现，用电采集设备终端数量大幅增长，从而使采集的用电数据信息量呈几何级数激增。面对海量的数据，当前用电信息采集系统在数据存储、数据处理和数据应用等多个方面出现瓶颈。因此，迫切需要探索新的信息技术，以提升电力用电信息采集系统应对大数据的能力。通过基于大数据应用的用电信息采集系统能有效打破现存的瓶颈。同时，能够解决营销服务的一线问题和为公司高层的决策和方针制定提供准确的数据支撑。随着课题深入研究，可实现用电采集数据在智能反窃电、线损智能监控和新能源并网监控等方面的深入应用，这对推进全球能源互联网的建设和提升公司供电优质服务水平都具有重要的研究意义。

唐良义 王 坤 李红柳 余 杰 张 璞/国网四川省电力公司成都供电公司

0 引言

随着“互联网+”时代的到来，国网公司建设具有“信息化、自动化和互动化”特征的坚强智能电网的发展目标也将紧跟时代潮流稳步推进^[1]。电网的智能化要求系统能够全面、及时地掌握电网运行的信息，并综合分析电网大数据，做出最优的响应^[2]。在智能电网的基础上，安全稳定地消纳风电、光伏电等间隙性的绿色新能源，成为建设全球能源互联网的关键所在^[3-4]。要做到安全稳定消纳新能源，首先就要做到对新能源智能实时监控、潮流分析、发电信息综合分析和发电能力预测等^[5-6]。近年来，国网公司积极推动智能电表和用电信息采集系统的覆盖使用。随着国网公司确立的用电信息采集系统“全覆盖、

全采集和全费控”目标的逐步实现，采集终端数量大幅激增，从而使采集的数据信息量呈几何级数增长。面对海量的数据，当前用电信息采集系统在数据存储、数据处理和数据应用等多个方面出现瓶颈。因此，迫切需要探索新的信息技术，以提升电力用电信息采集系统应对大数据的能力。

1 电力用户用电信息采集系统现状

1.1 系统体系结构

用电信息采集系统是集用电信息采集、存储和分析应用为一体的综合监测系统，主要由主站、通信信道和采集设备三部分构成^[7]，其结构如图1所示。主站系统主要功能是数据库管理、通信调度和控制等，其主要由工作站、接口服务器、应用服务器和数据服务器等设备组成。通信信道主要功能是实现采集终端和主站之间的通信和数据传输，目前主要有：光纤专网、230 MHz无线专网和无线公网（GPRS/CDMA）等。采集设备包括采集终端、集中器、采集器和智能电表等设备，用于采集用户用电原始数据。目前，电力用户用电信息采集系统包括：系统监控、数据应用、线损分析、变电站应用、专用变压器应用、电厂应用、配电变压器应用和低压应用等应用模块。

1.2 系统发展现状

欧盟理事会将智能电网建设作为主导方向，要求所有成员国2020年前实现



唐良义/工程师

关键词/Keywords

智能电网·
用电信息采集·
大数据应用·
云计算·
智能与实用化·

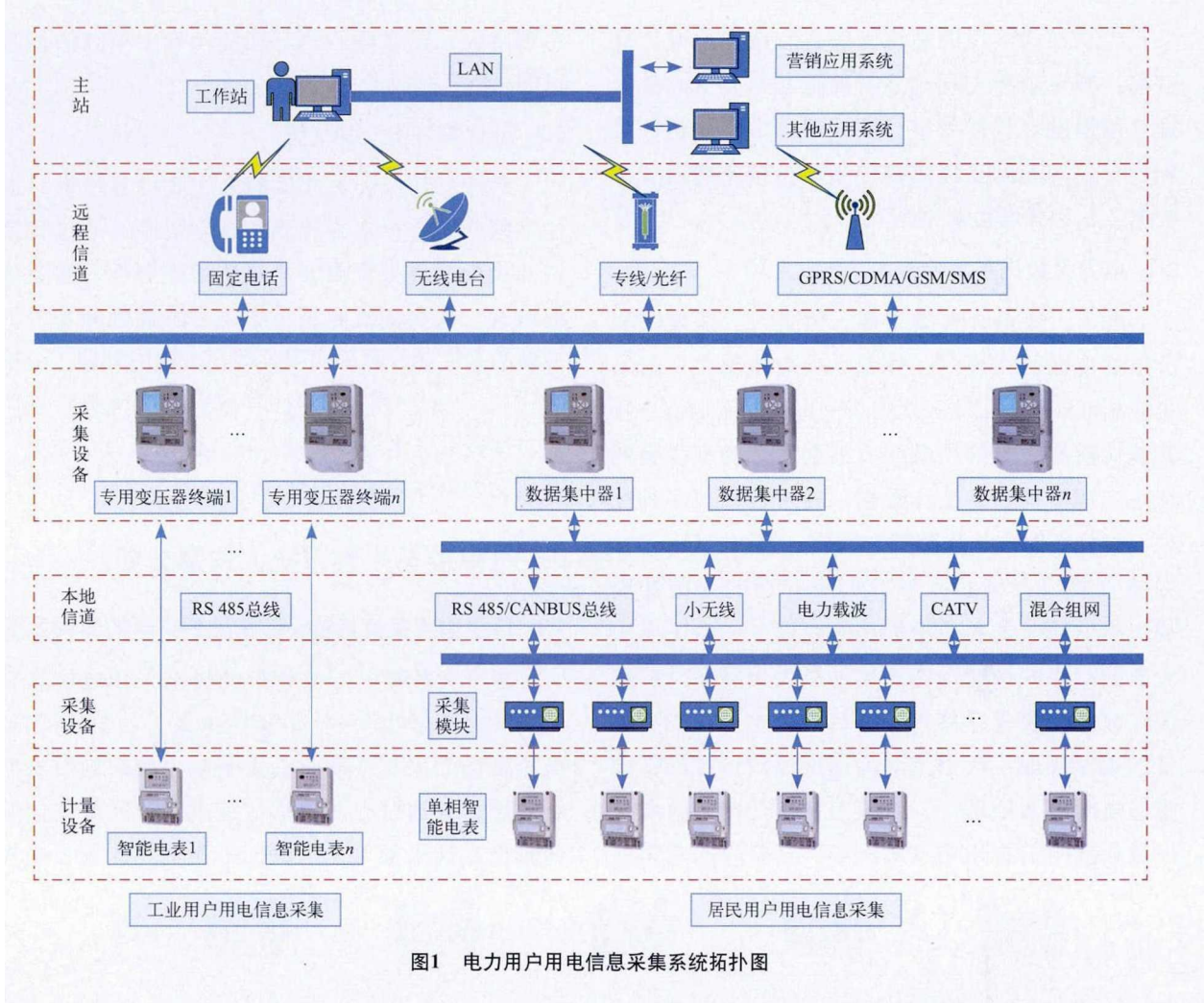


图1 电力用户用电信息采集系统拓扑图

至少80%的智能电表覆盖率，并实现用电信息远程采集^[8]。为了更好地消纳新能源，西班牙电力公司（ENDESA）计划2018年前实现智能电表全覆盖，所有的配电运营商都有用电信息采集系统运行，并积极推进远程自动抄表和智能城市建设。美国白宫发布《复苏计划尺度报告》，积极推进实现远程管理及抄表功能，计划为居民安装4 000万只智能电表，2015年智能电表覆盖率已达50%。日本计划2020年前让所有提出申请的用户都安装智能电表，主要目的是为了提升远程采集和控制等工作的效率^[7-9]。自2009年以来，国家电网公司以“全覆盖、全采集和全费控”为建设目标。目前，采集系统建设已经全部完成并投入使用，采集和费控成功率都达99%以上，已基本完成建设目标^[10]。

2 电力大数据及云计算技术

2.1 大数据基本分析架构

大数据基本分析架构如图2所示，主要包括三

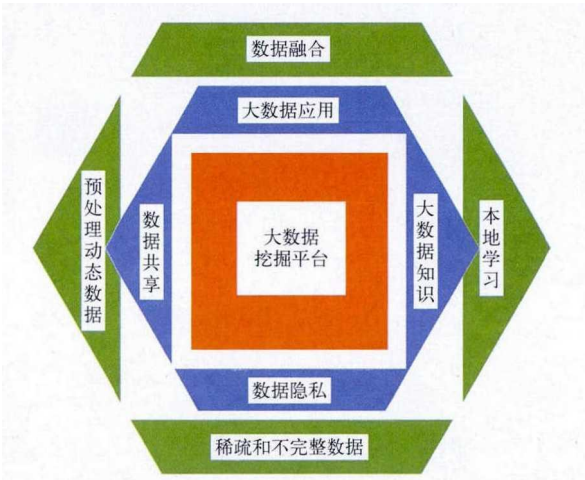


图2 大数据分层解析架构图

层：内层架构实现的是访问查询和数据挖掘计算过程；外层主要实现的是对稀疏和不完整的数据通过数据融合等技术进行预处理；中间层是外层和内层之间起到过渡衔接作用，衔接主要表现在数据隐私和数据共享方面^[11]。

2.2 电力大数据基本特征

电力大数据具有类型多、体量大、速度快和价值密度低等特征^[12]。体量大主要体现在目前采集终端每15 min采集一次的智能电表的用电信息和其他传感器采集的用电相关数据^[13]。类型多表现在生产和营销日常工作数据，其中包括很多种类型，如传统的结构化数据和网页、报表、Email、环境参数、音频和视频等形式存在的未预处理的、半结构化的和非结构化的数据^[14]。由于电力大数据产生的快速动态变化，量大类型多，形成流式数据，要求存储需满足每秒数十万次的高通量的数据存取，数据流动的速度快到传统的系统难以及时有效处理^[15]。价值密度低是因为隐藏在海量数据中的有用信息比例小，要获得的有用信

息难度大，以音频为例，连续录音中有效的信息可能只有几秒时长。

2.3 云计算技术及其优势

云计算是一种大规模的分布式计算技术，通过互联网整合分布式计算和存储资源。通过动态资源调配、虚拟化向客户提供按需服务，避免资源浪费，实现高资源利用率、可伸缩性强和灵活方便的高性能计算，实现数据在云端的处理、分析和应用。相对于以往的计算模式，其优势特别明显，该技术已走出实验室，在互联网公司、金融、通信和零售等领域已得到广泛应用。

3 用电信息采集系统大数据分析

3.1 用电信息采集系统大数据处理平台的架构体系

基于大数据三层分析架构提出了用电信息采集系统大数据处理平台的架构体系，如图3所示。电力现场的采集终端负责采集电力用户的用电原始数据，并通过专网通信信道或者公网通信信道传输至数据采集单元。数据采集单元提供与采集

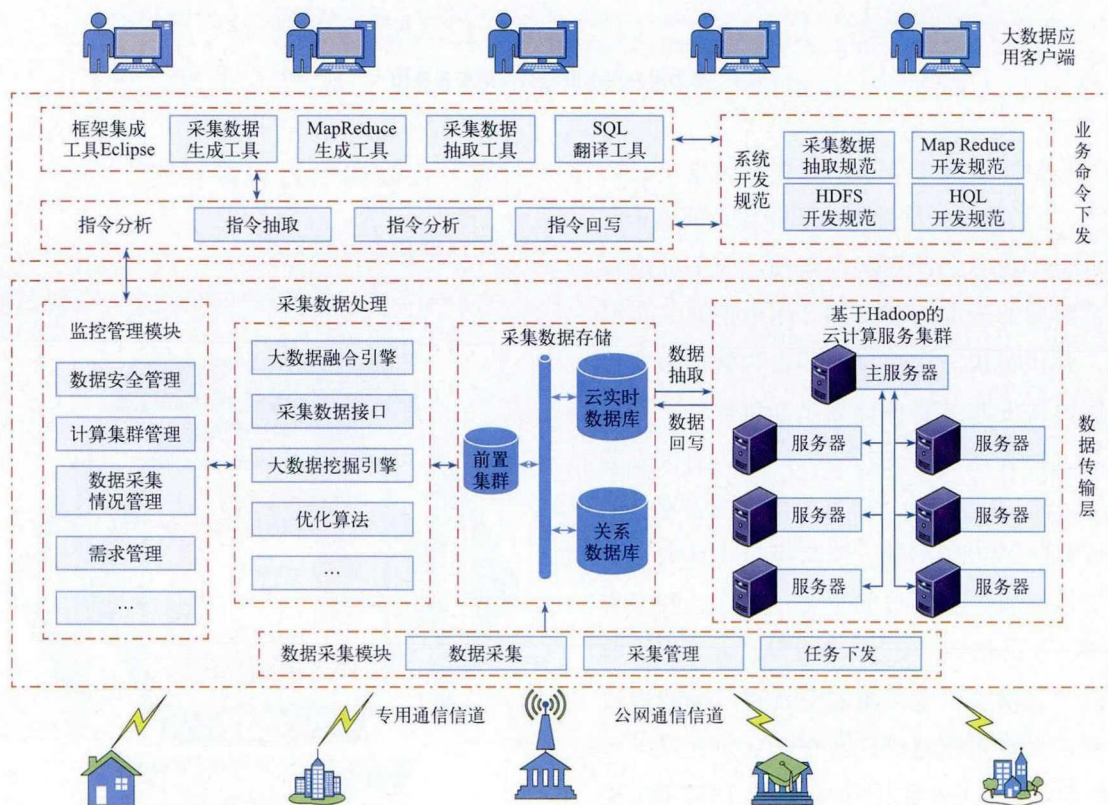


图3 用户用电信息采集系统大数据处理平台架构体系

终端的通信服务，完成采集终端数据采集任务及业务命令的下发。架构体系内层为云实时数据库存储和基于Hadoop的云计算服务集群，外层为数据预处理模块。中层借助于Eclipse集成工具、Map Reduce等开发规范、监控管理模块和大数据融合引擎等辅助工具，实现数据隐私、数据共享、采集任务和业务命令下发。

3.2 云实时数据库的总体架构

在该用电信息采集系统大数据架构体系中，云实时数据库硬件搭建采用云计算一体机，如图4所示，包括主节点服务器和从节点服务器，服务器之间用高速交换机连接。软件方面采用集群架构Hadoop，极大地提高了共享历史数据和实时数据时数据存取效率。将云计算技术与实时数据库技术进行深度融合，通过云数据库集群实现性能稳定、易扩展和可灵活伸缩的云实时数据库系统。

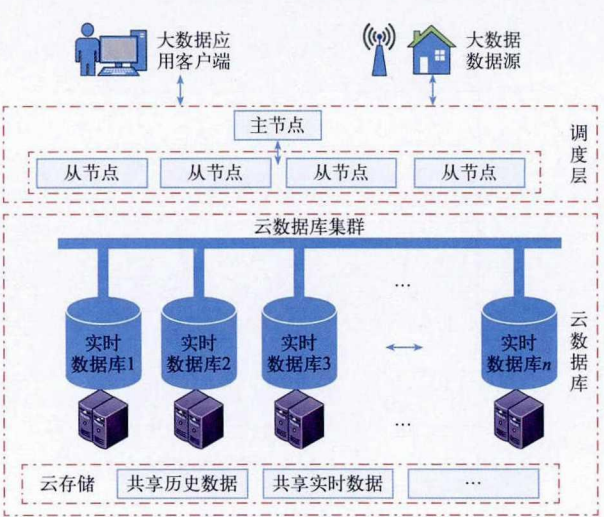


图4 云实时数据库的总体架构图

3.3 基于Hadoop的数据计算服务集群

基于Hadoop的数据计算服务集群对用电信息采集系统的数据计算服务予以支持，包括活跃主节点、热备用主节点和各从节点。数据库中的数据被抽取后存放到分布式文件系统HDFS，同时由Map Reduce作业进行计算，最终写回数据库，从而显著提高了计算能力和处理速度，满足了用电信息大数据计算服务性能需求，计算流程如图5所示。

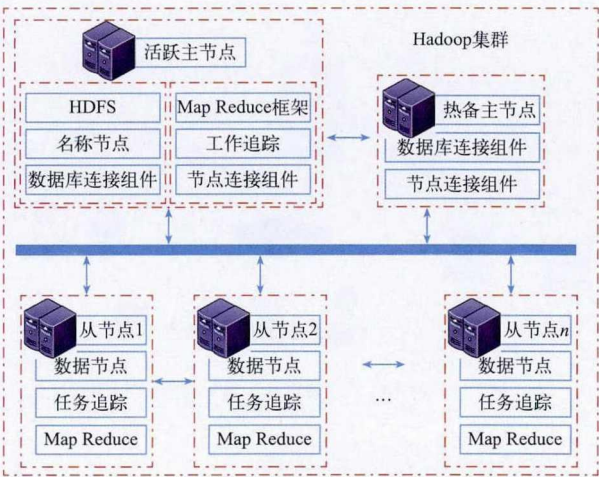


图5 基于Hadoop的数据计算服务集群计算流程

4 实验平台搭建

为了验证以上理论的可行性和有效性，搭建集服务器、主站、通信信道和现场的所有采集方式为一体的综合实验平台，如图6所示。实验平台整合了全川采集系统现场运行的主要通信方式，包括电力线载波、CATV有线网络、微功率无线通信和M-bus总线等通信方式，将统一采集的水、电、气和热智能表的原始数据以及其他电力数据，用于实验测试，实现大数据分析与应用。



图6 大数据应用实验平台

现场“四表合一”的实现主要通过M-Bus总线通信方式进行数据采集，现场安装图如图7所示。水、电、气和热智能表通过M-Bus总线、集线器、通信接口协议转换器、集中器和采集系统主站进行通信，通信方式包括了所有用电信息采集系统的通信信道，如无线公网、光纤专网和230 MHz无线专网等。

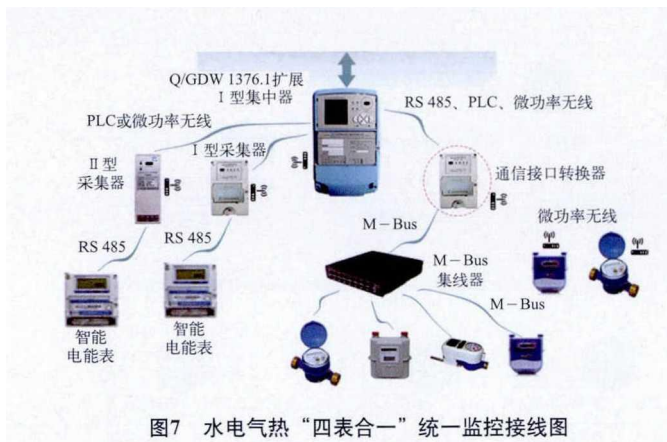
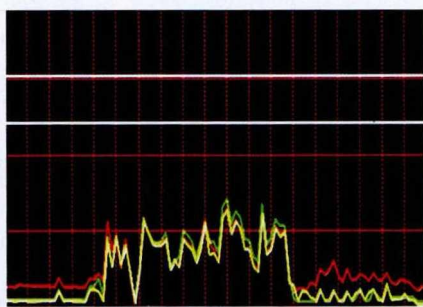


图7 水电气热“四表合一”统一监控接线图

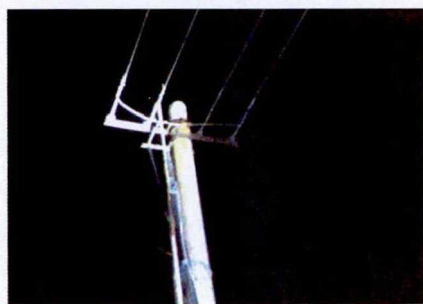
5 实际应用及效果分析

(1) 实现智能反窃电

通过对采集系统采集的大量数据的分析和计算，实现电量异常、负荷异常和接线异常等计量异常的智能诊断和智能反窃电功能。图8为基于该大数据应用平台的用电计量异常的智能诊断与智能反窃电的一个应用效果。从系统中24 h三相电流监控图可以看出，如图8a所示，在白天时段三相电流数值相同，处于平衡状态，晚上时段，有一相电流出现异常，系统自动报警并锁定详细地理位置，到现场查勘发现，确实存在单相窃电行为，如图8b所示。



(a) 用电计量异常



(b) 单相窃电

图8 用电异常智能诊断与智能反窃电

(2) 解析不同季节和天气对线损的影响

通过对供区季节、天气的数据和成都10 kV高路供电线路的用电信息数据的综合解析，拟合生成如图9所示的不同季节、不同天气的供电线路线损监测图。从图9a中可以看出，同一条供电线路在夏天和冬天时的线损率存在明显差异，夏季的线损率低于冬季时线损率。同时，图9b可以看出，同一条供电线路晴天和雨雪天气时的线损率差别明显，雨雪天的线损率超过了6%，而晴天的线损率在4.5%以下。通过监测和分析，基于大数据应用用电信息采集系统可实现解析不同季节、不同天气对线损的影响情况，基于解析结果做好相应的供电策略和应对策略，有效达到降低用电线损和提高供电经济效益的目标。

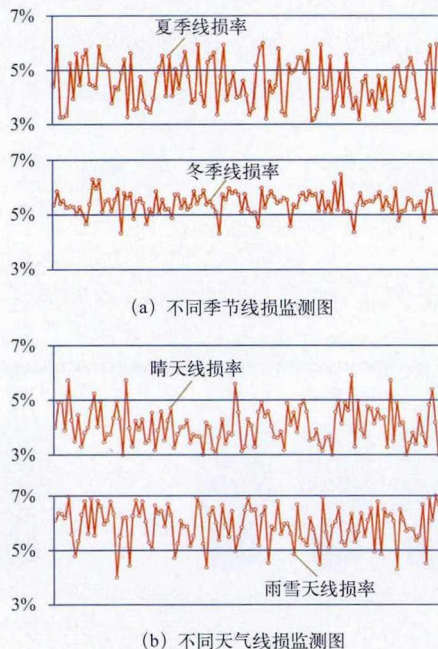


图9 不同季节和不同天气的线损监测图

6 应用展望

(1) 实现分布式能源并网综合监控

基于各计量点采集的分布式能源数据和WebGIS技术，用电信息采集系统可实现对分布式能源并网可视化实时监控、潮流分析、发电信息综合分析、发电能力预测和客户档案管理等功能，为新能源的消纳起到关键的数据支撑，分布式能源并网可视化实时监控。通过分布式新能源

的并网综合监控,完善激励政策,可激发客户使用新能源的热情,为节能减排作出贡献,同时还可解决新能源并网渗透率难题中作出贡献,进而为全球能源互联网打下坚实的理论和技術基础。

(2) 电动汽车充电桩的优化选址和智能服务

基于对采集的各台区关口表计用电信息数据的解析,用电信息采集系统实现电动汽车充电桩科学选址,并协调电动汽车的有序充电,最大限度平衡充电选择,可有效降低谐波对大电网影响,保证供电质量,从而提高供电可靠性;在智能服务功能方面,可为用户提供查询、预约和建议等多样化服务,为用户提供智能化充电服务。

7 结束语

本文基于电力用户用电信息采集系统提出了用电信息采集系统大数据处理平台构架,将云计算应用于电力大数据分析,并搭建了实验综合平台进行实验验证。通过实验验证,基于大数据应用的用电信息采集系统的构建有效地打破了现存的用电海量信息在数据存储、数据分析和数据应用等方面的瓶颈,有效解决了营销服务中电量计量异常诊断、线损分析和经济效益分析等问题,为公司高层的决策和方针的制定提供了可靠的数据支撑。课题下一步研究方向为,基于该大数据应用平台实现用电信息采集系统在分布式能源并网、电动汽车充电优化选址和专线经济效益分析等方面的应用。

参考文献

- [1] 刘振亚. 智能电网技术 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2010.
- [2] 王守相, 张卫涛, 葛磊蛟. 智能配电网统一模型云与应用服务技术系统 [J]. 电力自动化设备, 2015, 35 (2): 49-54.
- [3] 于慎航, 孙莹, 牛晓娜, 等. 基于分布式可再生能源发电的能源互联网系统 [J]. 电力自动化设备, 2010, 30 (5): 104-108.
- [4] 董朝阳, 赵俊华, 文福拴, 等. 从智能电网到能源互联网: 基本概念与研究框架 [J]. 电力系统自动化, 2014, 38 (15): 1-11.
- [5] 彭波, 陈旭, 徐乾耀, 等. 面向新能源消纳的电网规划方法初探 [J]. 电网技术, 2013, 37 (12): 3386-3391.
- [6] 赵俊博, 张葛祥, 黄彦全. 含新能源电力系统状态估计研究现状和展望 [J]. 电力自动化设备, 2014, 34 (5): 7-20.
- [7] 胡江溢, 祝恩国, 杜新纲, 等. 用电信息采集系统应用现状及发展趋势 [J]. 电力系统自动化, 2014, 38 (2): 131-135.
- [8] Commission of the European Communities. Green papers: a European strategy for sustainable, competitive and secure energy [EB/OL]. [2009-04-05]. http://ec.europa.eu/energy/green-paper-energy/doc/2006_03_08_pg_document_en.pdf.
- [9] 范洁, 陈霄, 周玉. 基于用电信息采集系统的电能计量装置异常智能分析方法研究 [J]. 电测与仪表, 2013, 23 (11): 4-9.
- [10] 王相伟, 史玉良, 张建林, 等. 基于 Hadoop 的用电信息大数据计算服务及应用 [J]. 电网技术, 2015, 39 (11): 3128-3133.
- [11] Wu Xindong, Zhu Xingquan, Wu Gongqing, et al. Data mining with big data [J]. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2014, 26 (1): 97-107.
- [12] 黄彦浩, 于之虹, 谢昶, 等. 电力大数据技术与电力系统仿真计算结合问题研究 [J]. 中国电机工程学报, 2015, 35 (1): 13-22.
- [13] 陶雪娇, 胡晓峰, 刘洋. 大数据研究综述 [J]. 系统仿真学报, 2013, 25 (8): 142-146.
- [14] 彭小圣, 邓迪元, 程时杰, 等. 面向智能电网应用的电力大数据关键技术 [J]. 中国电机工程学报, 2015, 35 (3): 503-511.
- [15] 张东霞, 苗新, 刘丽平, 等. 智能电网大数据技术发展研究 [J]. 中国电机工程学报, 2015, 35 (1): 2-12.

(收稿日期: 2016-12-28) EA