配电网风险评估和台区刻画

智能电网是电力工业发展的方向和趋势。智能电网利用先进的信息通信技术、计算机技术、控制技术及其他先进技术，协调发电、电网运行、终端用电和电力市场中各利益方的需求和功能，在提高系统各部分的高效率运行、降低成本和环境影响的同时，尽可能提高系统的可靠性、自愈能力和稳定性，最终建成覆盖电力系统整个生产过程，包括发电、输电、变电、配电、用电及调度等多个环节的全景实时系统[1]。而支撑智能电网安全、自愈、绿色、坚强及可靠运行的基础是电网全景实时数据采集、传输和存储，以及累积的海量多源数据快速分析[2]。因而随着智能电网建设的不断深入和推进，电网运行和设备检测和监测产生的数据量也显现爆炸式地增长，如何分析和利用这些数据，成为当下研究的热点。

在智能电网系统中，大数据产生于整个系统的各个环节，在配网侧尤为显著。由于处于电力系统的末端，配电网具有地域分布广、电网规模大、设备种类多、网络连接多样、运行方式多变等鲜明特点。随着城镇化建设和用电需求的增长，配电网一直在不断地改造和扩建，其规模也在不断扩大；与此同时，随着大量智能电表及智能终端的安装部署，电力公司和用户之间的交互更为频繁，电力公司可以定期获取用户的用电信息，从而积累了大量数据。因此，随着配电自动化、用电信息采集等应用系统的推广应用，对于有千条馈线的大规模配电网，配电网中会产生指数级增长的海量异构、多态的数据，数据集合的大小逐渐达到了当今信息学界所关注的大数据级别[3]。

与此同时，随着全球能源问题日益严峻，含有包括光伏发电、风电、燃气轮机等分布式电源(distributed generator，DG)在配电网的渗透率将不断提高，对配电网的运行、调度、规划带来全新的挑战[4]。以分布式光伏发电为例，研究表明，户用光伏接入低压配电网节点的随机性和分散性，用户负荷高峰与光伏功率高峰的不一致性，高比例的户用光伏接入配电网，不仅会使网络的谐波含量增加，影响电能质量[5]，还会加重低压配电网三相不平衡问题[6]。同时，当并网功率不能完全由本地负荷利用时，将会引起反向潮流，进而导致电压越限和网损增加[7]。因此，对配电网进行风险评估和动态预警无疑变得尤为重要。而配电网积累的海量多源异构的数据，在配电网风险评估与动态预警中可以发挥重要作用，但由于其多源异构的特性，目前还没有得到充分的应用。

目前，国内外已有大量学者对配网大数据应用展开了研究，主要集中于在电力大数据环境下对不同的用户用电指标进行关联性分析，利用数据分析算法挖掘潜在的用户用电行为习惯，以及利用聚类方法对用户进行用电模式分类。比如文献[8][9]提出了一种基于特征信息量的特征优选策略，并且基于聚类精简特征集通过多维标签刻画了用户的用电特征。文献[10]利用马尔科夫模型对用户用电进行建模并利用基于密度峰值的快速聚类算法进行聚类，实现了用户用电模式的分类。而目前基于聚类的台区负荷特性分析的研究则相对较少，文献[11]提出了一种基于k-means聚类算法的低压台区线损异常辨别方法，但并未对台区除线损外的用电特征进行分析。文献[12]提出了通过对台区用电数据进行聚类，并分析台区静态信息与用电信息的关系来判断未监测台区的用电模式，但聚类的对象仅限于日用电负荷。总的来说，目前配电网大数据研究集中关注用户级别用电特征分析，但针对基于聚类的低压台区用电特征分析研究相对较少，尤其是关于台区基于风险评估和动态预警的用电刻画构建的研究还相对空白。

针对该研究现状，本文将基于与南方电网合作项目的一线数据，建立一套完整的台区风险评估和台区刻画体系，以帮助从业人员了解台区状况，优化抢修配置。首先，本文将按照地理位置、用户数、特征类型作为一级聚类标签，对台区进行分类；随后，基于自身的历史负载率，同时充分考虑影响母线负荷的因素（气象因素、日期负荷因素等），构造特征集；随后，再通过类别特征编码、数据归一化、特征筛选等数据集成技术优化特征集；同时，由于特殊日前后的负载率会有较大差异，因此采用相似日法来构造特征集，以此减小外界气象因素、节假日对负荷预测的影响；随后，对不同特征台区进行分类并构建相应的负载率预测算法，通过负载率的精确预测，同时结合业扩数据，对月度为单位的长期负载率预测进行研判，精准判断配变负载率越限情况。随后，通过动态自适应的风险权重，对台区进行风险评估。随后，根据台区的设备属性、风险等级、供电能力、停电特征为基本层次向下建立二级标签；最后，对于中高风险的台区，基于模糊综合评价法评估设备状态，实现台区的动态预警。

1. 张东霞,苗新,刘丽平,张焰,刘科研.智能电网大数据技术发展研究[J].中国电机工程学报,2015,35(01):2-12.DOI:10.13334/j.0258-8013.pcsee.2015.01.001.
2. 张文亮,汤广福,查鲲鹏等.先进电力电子技术在智能电网中的应用[J].中国电机工程学报,2010,30(04):1-7.DOI:10.13334/j.0258-8013.pcsee.2010.04.018.
3. 刘科研,盛万兴,张东霞等.智能配电网大数据应用需求和场景分析研究[J].中国电机工程学报,2015,35(02):287-293.DOI:10.13334/j.0258-8013.pcsee.2015.02.004.
4. 马钊,周孝信,尚宇炜等.未来配电系统形态及发展趋势[J].中国电机工程学报,2015,35(06):1289-1298.DOI:10.13334/j.0258-8013.pcsee.2015.06.001.
5. Fekete K，Klaic Z，Majdandzic L．Expansion of the residential photovoltaic systems and its harmonic impact on the distribution grid[J]．Renewable Energy，2012(43)：140-148．
6. 刘科研，何开元，盛万兴．基于协同粒子群优化算法的配电网三相不平衡状态估计[J]．电网技术，2014，38(4)：1026-1031．
7. 蔡永翔,唐巍,徐鸥洋,张璐.含高比例户用光伏的低压配电网电压控制研究综述[J].电网技术,2018,42(01):220-229.DOI:10.13335/j.1000-3673.pst.2017.0738.
8. 陆俊,朱炎平,彭文昊等.智能用电用户行为分析特征优选策略[J].电力系统自动化,2017,41(05):58-63+83.
9. 徐涛,黄莉,李敏蕾等.基于多维细粒度行为数据的居民用户画像方法研究[J].电力需求侧管理,2019,21(03):47-52+58.
10. Wang Yi，Chen Qixin，Kang Chongqing，et al． Clustering of electricity consumption behavior dynamics toward big data applications ［J］． IEEE Transactions on Smart Grid，2016，7 ( 5) : 2437-2447．
11. 陈洪涛,蔡慧,李熊等.基于k-means聚类算法的低压台区线损异常辨别方法[J].南方电网技术,2019,13(02):2-6.DOI:10.13648/j.cnki.issn1674-0629.2019.02.001.
12. Li Ran，Gu Chenghong，Li Furong，et al． Development of low voltage network templates-part Ⅰ: Substation clustering and classification ［J］． IEEE Transactions on Power Systems，2015，30(6) : 3036-3044．