

WEB 可视化技术在电网大数据场景下的应用研究

潘玉春, 胡剑锋, 朱玉付

(南京南瑞继保工程技术有限公司, 江苏 南京 211102)

摘要:本文针对智能电网大数据场景下传统的可视化方法处理能力和信息表达能力不足的问题展开研究,目的是通过现有先进的可视化手段将电力大数据中蕴藏的关系和规律更直观的呈现出来。本文选取了电力大数据分类监视、输变电设备状态、电网运行、用户用电、气象环境等电力大数据应用场景,寻找用户数据使用痛点并明确分析目标,收集并调研目标的可能影响因素后建立相应的分析模型,为各个场景设计相匹配的可视化技术方案,并着重分析了方案的特色和优势。本文将最新的网络可视化、时空数据可视化、多维数据可视化和 WebGIS 可视化等 Web 可视化技术应用到电网大数据展示场景中,为电网大数据应用场景的可视化提供了参考和有益实践,大大提升了电力大数据的利用率和价值。

关键词:可视化;电力大数据;多维信息;平行坐标

文章编号:2096-4633(2019)03-0008-05 **中图分类号:**C39 **文献标志码:**B

随着互联网、物联网、云计算等信息通信技术的迅猛发展,数字化、信息化已经渗透进我们生活的各个角落,催生了超越以往任何年代的巨量数据,我们的世界已经迈入大数据时代。作为全球第二大经济体的基础能源支撑体系,中国电力行业数据量的增长也呈现出相似的态势。近几年,电力行业信息化也得到了长足的发展,伴随着下一代智能化电网的全面建设,以物联网和云计算为代表的新一代 IT 技术在电力行业中的广泛应用,电力数据资源开始急剧增长并形成了一定的规模^[1]。从长远来看,作为中国经济社会发展的“晴雨表”,电力数据以其与经济发展紧密而广泛的联系,将会呈现出无以伦比的正外部性,对我国经济社会发展以至人类社会进步也将形成更为强大的推动力^[2]。

2013 年我国首个行业大数据白皮书《中国电力大数据发展白皮书》发布^[3],首次提出了电力大数据的定义和特征。数据展现技术作为关键技术被提及,包括可视化技术、历史流展示技术、空间信息流展示技术等^[4]。电力数据种类繁多,电力相关指标复杂,面对大数据集,传统的可视化方法已呈现出处理能力和信息表达能力不足的问题,加以未来的电力用户双向互动需求,需要大力发展数据展现技术,提高电力数据的直观性和可视性,从而提升电力数据的可利用价值^[5-7]。

1 WEB 可视化技术

人类从外界获得的信息约有 80% 以上来自于视觉系统^[8-9],当大数据以直观的可视化的图形形式展示在分析者面前时,分析者往往能够一眼洞悉数据背后隐藏的信息并转换为知识及智慧。数据可视化起源于 1960 年计算机图形学,人们使用计算机创建图形图表,可视化提取出来的数据,将数据的各种属性和变量呈现出来。随着计算机硬件的发展,人们创建更复杂规模更大的数字模型,发展了数据采集设备和数据保存设备,而此时也需要更高级的计算机图形学技术及方法来创建这些规模庞大的数据集。随着数据可视化平台的拓展,应用领域的增加,表现形式的不断变化,以及增加了诸如实时动态效果、用户交互使用等,数据可视化像所有新兴概念一样边界不断扩大。Shneiderman 根据信息的特征把信息可视化技术分为一维信息、二维信息、三维信息、多维信息、层次信息、网络信息、时序信息可视化。研究者围绕着上述信息类型提出众多的信息可视化新方法和新技术,并获得了广泛的应用^[10-11]。

WEB 数据可视化技术则是在数据可视化技术的基础上伴随着互联网技术的蓬勃发展而不断进步。上个世纪 90 年代初诞生了世界上第一个网站,初期的网站内容简单,主要由文本、少量简单的图片

构成^[12]。随着互联网技术的快速发展和普及,人们对网站的响应性能、视觉美感、用户体验等要求越来越高。现在的网页不再是简单的文本和图表,而是交互操作丰富,用户体验良好,界面布局美观的界面,这些都得益于 HTML5、CSS、JavaScript、SVG 等 WEB 前端技术的日新月异以及浏览器兼容性、性能的不断优化提高。

HTML5 为浏览器端提供了原生的绘图技术,之前的浏览器端的绘图技术主要基于插件形式,比如 Flash、Applet、SilverLight 等矢量绘图技术。HTML5 中的 Canvas 绘图是基于像素级别的绘图技术、绘图效率比较高,适合数据量较大、图斑零碎重绘,但 canvas 绘图缩放会出现锯齿状失真,一般不适用于高精度的绘图^[13]。SVG 由 World Wide Web Consortium 制定,用于描述二维矢量图形的一种应用规范标准。SVG 基于可扩展标记语言 XML,具有良好的跨平台性和可扩展性,它提供了良好的动画交互,支持 DOM 操作,通过 JavaScript 编程来定义相应的鼠标事件、键盘事件,完成图形绘制以及相应的动态交互^[14]。与 Canvas 绘图技术相比较,SVG 绘图技术最大的特性是具有缩放不失真,SVG 图片支持无限放大,而不影响显示效果。

目前,基于 WEB 前端的可视化技术框架有多种,但是它们的核心技术基础大都是 Canvas 和 SVG,它们是浏览器原生绘图的基础,各个可视化框架都是对 Canvas 和 SVG 进行底层技术封装,在此基础上添加技术特效以及性能优化。目前新兴主流的 WEB 前端可视化框架类库有 Echarts、HighCharts、D3 等。除此之外,WebGIS 技术也是大数据可视化展现的重要手段之一^[15],很容易跟 Web 中的其他信息服务进行无缝集成,把视频、音频、地图、文本等集中到同一个 Web 页面,同时可叠加展示其他可视化组件,极大地丰富了 GIS 的内容和表现能力。

2 电网大数据可视化

随着智能电网建设的不断深入,电网企业获得了前所未有的多层次、多维度的物理信息和分析数据,如输变电设备状态、电网运行、用户用电、企业管理、气象环境等数据,数据规模已由 TB 级向 PB 级发展,面临着多源、异构数据的有效集成、高效存储和高可扩展性的挑战^[16]。电网企业产生的具有典型大数据特征的各类数据,为发掘电网内部数据资

源、电网内部与外部各类数据资源的关联关系提供了可能。如何有效整合、挖掘这些电网内外部数据,提升输电、变电、配电、用电的运行管理水平成为一个严峻挑战。传统的输电、变电业务应用分析往往仅考虑少量的关联性明确的数据源;输变电设备运行状态的影响因素众多且机理复杂,难以建立完善、准确的状态评估模型,成为掌控设备运行风险、提高电网设备管理水平的瓶颈。

因此,将电网各类数据以合理的可视化方式展示,进行科学的定性、定量分析,凸显数据之间隐含的相关规律,为不同专业提供所需的决策信息和工作界面就显得尤为重要。目前电网数据可视化展示方式主要有:①基于 WebGIS 的电网网架结构、指标及动态潮流展示^[17];②单类型数据的饼图、柱状图等可视化组件的展示;③基于 SVG 的电网线路图及潮流图展示等。这些方式基本可以覆盖所有类型数据的可视化,可实时掌握全网信息。但是,分析人员并不能从中直观看到全景分布态势,难以体现大量数据中隐藏的一些规律和趋势,不利于分析人员进行离线和实时分析。因此,基于新兴的主流 WEB 可视化技术,研究适合具体大数据应用场景的可视化策略,显得尤为重要。

3 电网大数据可视化应用方法

通过实际应用,总结出大数据可视化技术分析在电网大数据中的应用一般采用如下过程实施。

主要过程如下:①用户提出实际工作中遇到的问题,明确分析的目标。②通过收集并调研目标(设备可靠性、电网风险等)的可能影响因素,分析数据来源,获取相关的数据。③研究因素分类属性(如时序、空间、静态等)。④针对不同类型的因素选择不同的大数据可视化技术手段(如基本图表、网络图、树图、多维图、地理图等)。同类型的变量可以放在一起多维分析,实现潜在因素对目标的影响程度分析。⑤通过可视化结果的反馈,不断改进或更换可视化技术手段,使得潜在关系或特征更加明显。

4 电网大数据可视化应用场景分析

本文针对电网大数据的特点,选取几个典型应用场景进行大数据可视化设计,根据可视化目的不同我们选用不同的 Web 可视化技术,包括网络可视

化、时空数据可视化、多维数据可视化和 WebGIS 可视化等,并提供了丰富的人机交互可视化,帮助分析人员更好地进行电网数据的监视和分析。

4.1 电网数据种类可视化

在电网大数据前提下,数据自身的种类、来源、接入方式、存储方式等属性纷繁复杂,如何通过对数据自身的可视化,实现有效的数据管理是重要的应用场景之一。我们最容易想到的展示方式就是采用表格的方式按照不同的分类方法对数据进行汇总并采用柱状图进行展现。虽然这种方式可以做到各类数据详尽,但是并不直观,不能帮助用户对数据有个整体的认识。针对这种情况设计了两种可视化方案:圆形树图和桑基图。

树图本身可以很好的表示数据的层次关系,在本方案中用来表示数据的逐层分类。但是由于节点众多,普通的树图会占用大量的页面空间,很难直观的将信息呈现给用户。如图 2 所示将普通的树图改造成圆形可以在有限的空间内展示大量信息,并对不同层次采用不同的颜色进行绘制,使分类层次更加清晰。同时,针对每个节点增加点击事件收缩/展开子树,帮助用户聚焦重点信息。

图 2 虽然可以看出按照某种分类方法逐层分类的信息,但是对于不同的分类方法,数据量却没有展示。图 3 采用桑基图可视化组件,展示了电网大数据平台接入的数据种类,来源系统,数据存储方式等,并且通过线宽直观的展现了每个分支的数据量,结合 TIPS 功能,可以看到详细的数据总量,帮助用户对接入数据有了直观的了解。

4.2 一次设备运维档案可视化

电力系统一次设备从投运开始,在运维过程中产生的试验、缺陷、检修甚至更换的档案数据众多,这些全量信息展现了设备全生命周期状态。借鉴树木年轮的特性,结合极坐标及散点图设计了设备运维档案星空图可视化效果。如图 4 所示,极坐标由内往外年份递增,顺时针按月递增,每个具体档案按照发生时间使用对应分类的图标绘制在坐标轴内。同时为了帮助用户更好的理解并分析档案记录,增加了丰富的可视化及交互效果:

(1)鼠标移到图标上,显示对应的 tips,同时同年份所有档案图标放大显示;

(2)点击设备档案图标可弹出对话框显示原始数据;

(3)可点击图例隐藏或显示对应分类的档案,辅助用户聚焦重点关注信息。

形象反映了一个设备生命周期内所有的试验报告、检修记录、缺陷记录等信息在类型、时间域等多个维度上的分布规律,可帮助运维人员轻松掌握设备的整体状况。

4.3 设备评价结果可视化

在电网设备状态评价算法中会用到设备相关的众多数据,比如变压器评价中会用到环境数据、电网数据、设备在线监测数据、设备试验数据、历史缺陷等。综合各个分项指标对变压器运行状态进行评价。传统的展示主要集中在对评价结果以及具体评价指标的可视化展现,比如使用仪表盘或者大卫三角形来表示评价结果落在哪个区域。本文通过对算法使用数据的关联分析得出各数据之间的关联关系,使用关系图来可视化在评价过程中使用的各类数据、参数和指标。同时,用红色标注问题路径,追溯导致设备异常的原因,方便地看出当前设备的评价状态与相关因素之间的亲疏关系,并指示出导致设备异常状态的可能数据来源路径,提高设备状态评价分析能力。

4.4 城市电网运行综合信息可视化

在城市电网运行中,为了确保广大人民群众用上电,用好电,需要对城市负载及客户投诉信息进行综合展示分析。我们对全市配电变压器每十五分钟采样一次负载信息,每个月通过配电变压器的负荷情况绘制“城市电力色斑图”,通过和营销系统客户投诉数据关联,可以实时掌握各区域客户投诉情况及台区负载情况,方便技术和营销客服人员开展分析工作,有的放矢进行台区改造,及时反馈客户用电异常信息,提升客户满意度。

大数据可视化发展的趋势之一即为多视图整合,多维度分析及交互联动^[18]。在该可视化方案中,增加了地图框选交互及所选区域指标实时统计。可以在城市色斑图上框选关注区域,右侧展示根据所选区域计算出来的负载专变统计、电压质量统计、投诉统计及特征分析。同时,右侧表格显示台区最大负载率、负荷率、电压合格率、投诉频次排序等,并可点击查看投诉详情。GIS 图层还可叠加显示线路跳闸、投诉、线路等信息,帮助用户了解并分析城市电网全貌。

4.5 低电压台区影响因素相关分析

作为评价电能质量的重要指标之一,电压质量对用电企业的安全生产和电气设备的使用寿命会产生重要影响。随着我国经济的快速增长,配电设备越来越多、配网结构越来越复杂,配网的电压质量面临着日趋严峻的形势。造成台区电压低的原因有很多,比如线路材质、负荷分布特征、最长供电半径等十多个因素^[19-20]。平行坐标将多维数据映射到一组平行的坐标轴上,每一条轴线代表一个属性维。这样每一条数据都可以根据每一维属性的属性值,用一条折现段在N条平行轴上表示。相似的数据在平行坐标上会有相似的走势。图7将城区某年2000多条低压台区记录数据在平行坐标中显示出来,每条数据记录都记录了9种对应的因素。

在数据量较大的情况下,平行坐标面临的主要问题之一是大规模数据项造成的线条密集与重叠覆盖问题。根据线条聚集特征对平行坐标图进行简化,形成聚簇可视化效果,如图8,可以很好的突出主要的因素。同时,由于各个行政区域的影响主因并不相同,用户可通过点击图例,隐藏或显示相应的分组。

5 结语

WEB可视化技术伴随着互联网技术的进步发展迅速,电力行业传统的可视化手段很难满足电力大数据发展的新需求。本文结合实际项目分析电力大数据特点,研究电力用户数据交互习惯,针对不同的应用场景设计相应的可视化方案。将WEB最新的可视化技术应用到电力场景下,为后续的大数据分析提供指导。电力大数据可视化发展的趋势之一是通过专业的统计数据分析电力系统设计方法,理清海量电网数据指标与维度,按主题、成体系呈现复杂数据背后的联系;将多个视图整合,展示同一数据在不同维度下呈现的数据背后的规律,帮助电力用户从不同角度分析数据、缩小答案的范围、展示数据的不同影响。每一项数据在不同维度指标下交互联动,展示数据在不同角度的走势、比例、关系,帮助用户识别趋势,发现数据背后的知识与规律。

参考文献:

[1] 陈超,张顺仕,尚守卫,等. 大数据背景下电力行业数据应用研究[J]. 现代电子技术,2013,36(24):8-11+14.

CHEN Chao, ZHANG Shunshi, SHANG Shouwei, et al. Research on power industry data application based on big data[J]. Modern Electronics Technique, 2013, 36(24): 8-11+14.

[2] 杨东伟. 从电力数据看经济发展趋势[J]. 华东电力, 2013, 41(06): 1292-1295.

YANG Dongwei. Study of economic development trend based on electric power data analysis[J]. East China Electric Power, 2013, 41(06): 1292-1295.

[3] 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(03): 503-511.

PENG Xiaosheng, DENG Diyu, CHENG Shijie, et al. Key technologies of electric power big data and its application prospects in smart grid[J]. Proceedings of the CSEE, 2015, 35(03): 503-511.

[4] 中国电机工程学会信息化专委会. 中国电力大数据发展白皮书[M]. 北京:中国电力出版社, 2013.

[5] 田华. 大数据与可视化在电力设备管理中的创新应用[J]. 电力大数据, 2018, 21(09): 32-35.

TIAN Hua. Innovative application of big data and visualization in power equipment management[J]. Power Systems and Big Data, 2018, 21(09): 32-35.

[6] 孙梦觉,徐敏,牛斌. 电力大数据可视化研究设计[J]. 电力大数据, 2017, 20(08): 61-63+67.

SUN Mengjue, XU Min, NIU bin. Research and design of power big data visualization[J]. Power Systems and Big Data, 2017, 20(08): 61-63+67.

[7] 杜小勇,陈峻,陈跃国. 大数据探索式搜索研究[J]. 通信学报, 2015, 36(12): 77-88.

DU Xiaoyong, CHEN Jun, CHEN Yueguo. Exploratory search on big data[J]. Journal on Communications, 2015, 36(12): 77-88.

[8] REN L. Research on interaction techniques in information visualization[D]. Beijing: The Chinese Academy of Sciences, 2009 (in Chinese with English abstract).

[9] CARD SK, MACKINLAY JD, SHNEIDERMAN B. Readings in information visualization; using vision to think[M]. San Francisco: Morgan-Kaufmann Publishers, 1999. 1-712.

[10] 任磊,杜一,马帅,张小龙,等. 大数据可视分析综述[J]. 软件学报, 2014, 25(09): 1909-1936.

REN Lei, DU Yi, MA Shuai, et al. Visual analytics towards big data[J]. Journal of Software, 2014, 25(09): 1909-1936.

[11] 周志光,孙畅,乐丹丹,等. 多维时空数据协同可视分析方法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2017, 29(12): 2245-2255.

ZHOU Zhiguang, SUN Chang, LE Dandan, et al. Collaborative visual analytics of multi-dimensional and spatio-temporal data[J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2017, 29(12): 2245-2255.

[12] 温徐敬,王电钢. 基于uDC-Builder技术的数据中心可视化技术应用[J]. 电力大数据, 2017, 20(10): 83-87.

WEN Xujing, WANG Diangang. Application and innovation on

- visualization technology of the datacenter based on uDC-Builder technology[J]. Power systems and big data, 2017, 20(10): 83 - 87.
- [13] 刘华星, 杨庚. HTML5——下一代 Web 开发标准研究[J]. 计算机技术与发展, 2011, 21(08): 54 - 58 + 62
LIU Huaxing, YANG Geng. HTML5 - next generation web development standard research [J]. Computer Technology And Development, 2011, 21(08): 54 - 58 + 62.
- [14] 周航, 马曾, 贾瑞凤. D3js 库在 OA 管理系统中状态数据可视化的应用[J]. 计算机与数字工程, 2017, 45(04): 706 - 711.
ZHOU Hang, MA Zeng, JIA Ruifeng. Application of D3js in data visualization method of working status in OA system [J]. Computer&Digital Engineering, 2017, 45(04): 706 - 711.
- [15] 徐卓揆. 基于 HTML5、Ajax 和 WebService 的 WebGIS 研究[J]. 测绘科学, 2012, 37(01): 145 - 147.
XU Zhuokui. Research on WebGIS based on HTML5, Ajax and WebService [J]. Science of Surveying and Mapping, 2012, 37(01): 145 - 147.
- [16] 王栋. 大数据可视化技术在电网企业的应用[J]. 江苏电机工程, 2014, 33(06): 82 - 84.
WANG Dong. Application of big date visualization technique in power grid enterprise [J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2014, 33(06): 82 - 84.
- [17] 王晓辉, 吴克河, 肖湘宁, 王延平. 电力 WebGIS 平台研究[J]. 电网技术, 2012, 36(04): 174 - 178.
WANG Xiaohui, WU Kehe, XIAO Xiangning, et al. A study on power WebGIS platform [J]. Power System Technology, 2012, 36(04): 174 - 178.
- [18] 李刚, 刘燕, 宋雨, 等. 基于信息融合的电力大数据可视化预处理方法[J]. 广东电力, 2016, 29(12): 10 - 14.
LI Gang, LIU Yan, SONG Yu, et al. Visualization pretreatment method for electric power big data based on information fusion [J]. Guangdong Electric Power, 2016, 29(12): 10 - 14.
- [19] 王金丽, 段祥骏, 李云江, 等. 配电网低电压产生原因与综合治理措施[J]. 供用电, 2016, 33(07): 8 - 12.
WANG Jinli, DUAN Xiangjun, LI Yunjiang, et al. Causes and comprehensive governance measures of low voltage problem in distribution network [J]. Distribution & Utilization, 2016, 33(07): 8 - 12.
- [20] 侯伟宏, 徐丹露, 裴愉涛, 等. 智能变电站 SCD 文件可视化研究[J]. 浙江电力, 2016, 35(01): 10 - 14.
HOU Weihong, XU Danlu, QIU Yutao, et al. Research on visualization of substation configuration description file in intelligent substation [J]. Zhejiang Electric Power, 2016, 35(01): 10 - 14.

收稿日期: 2018 - 12 - 19

作者简介:



潘玉春(1981), 男, 硕士, 工程师, 主要从事电力系统 WEB 可视化工作。

(本文责任编辑: 范 斌)

Application of WEB visualization technology in grid big data scenario

PAN Yuchun, HU Jianfeng, ZHU Yufu

(NR Electric CO., Ltd., Nanjing 211102 Jiangsu, China)

Abstract: This paper focuses on the problem of the traditional data visualization methods and the lack of information expression ability in the smart grid big data scenario. The purpose is to present the relationships and rules in the power big data more intuitively through the existing advanced visualization methods. This paper chooses the application scenarios of big data of electric power, such as classified monitoring of big data of electric power, status of transmission and transformation equipment, operation of electric power network, power consumption of users, meteorological environment, etc. It seeks the pain points of user data usage and makes clear the analysis target, collects and investigates the possible influencing factors of the target, establishes the corresponding analysis model, and designs the phases for each scenario. The matching visualization technology scheme is presented, and the characteristics and advantages of the scheme are emphatically analyzed. In this paper, the latest Web visualization technologies, such as network visualization, spatio-temporal data visualization, multi-dimensional data visualization and WebGIS visualization, are applied to the large data display scenario of power grid, which provides a reference and useful practice for the visualization of large data application scenario of power grid, and greatly improves the utilization rate and value of big data of power grid.

Key words: visualization; power big data; multidimensional information; parallel coordinates