



配电网运行状态实时监控数据可视化设计

贺斯琪, 邓春宇, 邵玉鹏, 王越越

(北京国电通网络技术有限公司 北京 100070)

摘要:选取浙江省某县级城区配变电网的电力负荷数据,以设计心理学和交互设计为理论内涵进行数据可视化设计,将图形化信号传达给工作人员,探索了一种实时监控电网运行状态的方式,其具有关联数据、提炼信息、降低工作难度、提升工作效率的效果,具有一定的借鉴意义。

关键词:配变电网;数据可视化;设计心理学;交互设计

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2015133

Data Visualization Design of Real-Time Power Grid Operation State Monitor

He Siqi, Deng Chunyu, Shao Yupeng, Wang Yueyue

(Beijing Guodiantong Network Technology Co., Ltd., Beijing 100070, China)

Abstract: The electricity load data of the urban distribution network from Zhejiang province was chosen as work case. By conducting data visualization design from the prospects of designing psychology and interaction design and sending graphical signal to staff, a solution of monitoring the operation state of power was explored. The solution has the effect of relating the date, depriving information, reducing work complicity and increasing the work efficiency. Furthermore, it is a solution with expansibility and universality.

Key words: distribution network, data visualization, design psychology, interaction design

1 引言

目前电网的信息化建设水平较高,电网在运行期间产生的大量流动性数据,均被记录在调度、运维、营销系统中,存储量在TB级,数据类型多样、变量繁多,对其进行监测需要采用大数据相关技术,如数据挖掘、数据可视化(data visualization)设计等。数据可视化作为新兴学科,是一项以数据图形化为载体传达庞杂数据信息的大数据技

术分支,其研究核心在于如何利用图形,展现数据中隐含的信息,发掘数据中所包含的规律,并通过艺术表达和交互设计,将大体量数据转变为易于被人接受、处理、记忆的信息输入型“故事”。

面对复杂或大规模的异型数据集,首先要经历数据采集、数据清洗、数据分析、数据挖掘等处理,对数据形成整体认识,再由可视化工程师根据数据所呈现出的规律以及用户交互行为模式,对数据进行交互设计,并创建对应的

收稿日期:2015-05-07;修回日期:2015-05-18

论文引用格式:贺斯琪,邓春宇,邵玉鹏等.配电网运行状态实时监控数据可视化设计.电信科学,2015133

He S Q, Deng C Y, Shao Y P, et al. Data visualization design of real-time power grid operation state monitor. Telecommunications Science, 2015133

可视化算法及技术实现手段,如建模方法、处理大规模数据的体系架构、交互技术、动画渲染方法等,实现数据可视化。因此,数据可视化是一门综合性很强的交叉学科,需要前端设计、计算机编程、统计学、心理学、视觉艺术、交互设计等多领域专业人士的协同工作才能实现,其本身既是数据分析的逻辑性体现,也是艺术设计和用户体验的实际应用。数据可视化技术的载体是图表,然而,将大量数据在同一个图表中画出来并不容易,同时如何让用户在短时间内接收到全部信息也不容易。早期的测绘、天气数据都需要长时间的手工绘制,表现手法基本为静态,随着计算机绘图功能的开发,手工绘画已经逐渐被自动绘图程序取代,图表可以动态地呈现,数据可视化的核心问题开始从实现手段逐渐转移到数据的呈现方式,即如何简洁、自然地让用户在短时间内接收到大量的数据信息。因此,需要在可视化设计实践中引入设计心理学、交互设计原则,建立简洁、高效的数据信息交互界面。

本文采用浙江省某县的城区配电网线路、配电变压器以及电力用户负荷数据,将设计心理学和人机交互可用性作为设计内涵,搭建配电网监控界面的数据可视化设计方案,实证分析发现该设计方案能够关联数据、提炼信息、降低工作难度、提升工作效率,是有实践意义的可视化设计方案,并具备可拓展性和普适性,对其他地区的电网监控可视化界面设计具有一定的借鉴意义。

2 数据可视化设计原则

数据可视化设计和开发具有较强的对象性,在实际应用中,数据可视化设计还需要关注设计的可用性,即是否易用。由于数据信息具备多维度和全覆盖的特点,同一份数据可以可视化成多种看起来截然不同的形式。因此,在可视化设计时,必须先了解用户群体的信息获取需求,筛选信息重点,根据用户群体需求选择数据可视化形式,通过可视化设计突出需求信息,弱化无关信息,直观地反映数据之间的关系,反映事件的相似程度和差异,判定业务运行是否正常,识别问题所在,并考虑可用性,以设计出科学合理的可视化方案,创建便捷易用的数据监控工具。

数据可视化界面设计原则主要涉及设计心理学和交互设计两个学科。设计心理学作为心理学分支,一直以来都对人机交互设计有指导意义,近几年,在用户体验概念越来越受到重视的情况下,设计心理学通过研究用户对交互界面的自然反应,将满意程度和喜爱程度作为评价界面

可用性的衡量标准,不断缩小人机隔阂,建立友好的人机环境,通过技术手段提高界面可用性和用户体验。设计心理学认为,在交互设计中,应当利用各类限制性因素,确保用户能够随时看到可行操作,使用户在自然状态下能够评估自我意图与所需操作之间的联系,建立自然匹配的关系。将这一原则运用到数据可视化设计中,要考虑的心理因素主要包括以下 3 点:用户体验强调控制感,界面操作灵活可设置,或者满足用户操作习惯都能增强控制感;人脑工作记忆区的容量有限,短时记忆的信息量较小,直接的数据解读能增强对信息的接收;人脑注意力有局限性,当关注一类信息时,会自动忽略周边信息,简单的设计能将需求信息整合起来,拓展用户的关注范围。

综上所述,根据数据可视化设计需求选择图表表现形式需要满足增强用户控制感、减少信息量、整合关注点的设计原则。例如,对于需要跟踪观测的数据,可采用实时动态的单一信息图表,着重展示不同时刻点的数据变化;对于分析型数据,建立可以检索、交互式的图表,强调数据关联度;对于说明型数据,利用色彩、字体、对比等方法,创造冲击力,帮助用户快速理解数据的含义。

随着可视化技术的发展,数据具备越来越多的展示方式。利用可视化方式展现数据,首先需要确定展现目标,以充分展示数据内容;还需要使图形具有美感,有可读性,即进一步增强可用性。为满足这一原则,需要先做好数据分析,即在逻辑上构建完整的数据传递框架;然后选择识别度高的图表形式将信息清晰地展示出来;再根据“增强用户控制感、减低信息量、整合关注点”的设计原则选择图形的实现技术(以静态界面呈现或者动态网页展示)。

3 实例设计

采用浙江省某县的城区配电网线路、配电变压器以及电力用户负荷数据,为配电网运行状态的实时监测设计可视化方案。配电网运行状态监测数据来自调度的 SCADA (supervisory control and data acquisition, 数据采集与监视控制系统)、负荷预测系统;生产/运检的 PMS (production management system, 生产管理系统)、中压 GIS;营销的用电信息采集、低压 GIS 和 95598 客服系统。将各系统数据融合,可以实现从高压变压器到电网主干线路、支线、配电变压器,一直到终端电力用户的配电网运行状态的实时全景监控。因此,根据实际需求,配电网运行状态实时监控数据可视化方案需按照“以系统明细数据为信息来源,通过关



联查询及有效信息诊断,明确并向干系人传递信息”的思路进行设计,思路的框架如图1所示。

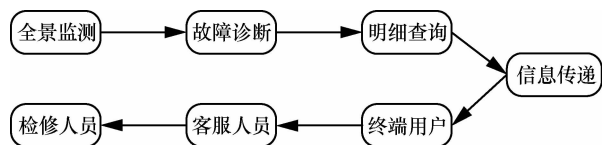


图1 配网运行状态实时监控可视化方案设计思路框架

按照方案设计思路,可视化设计需要满足对配电网全景监测的需求,同时能够进行故障诊断和明细查询。在诊断信息确定后,进行信息传递,将配电网运行状态及设备故障信息传递给终端用户、客服人员和检修人员。在数据可视化监控过程中,在“故障诊断”阶段需要对大量信息系统数据进行融合和关联查询,即将来源于不同信息系统(主要包括用电信息采集系统、PMS、调度SCADA)的检修文本记录及结构化数据按照统一主键进行关联匹配,以综合各信息系统数据及内置故障规则或参数,诊断出故障所在,并提取相应明细数据;需要通过不同业务系统间的数据融合完成在线可视化监测。

为满足可视化方案需求,后台数据需要先梳理字段格式、类型及数据来源,对调度系统、PMS和中压GIS、用电信息采集系统中的数据进行溯源和接入策略、数据更新策略确定,将城区配电网数据、用户负荷数据、运检调度数据及配电变压器数据以设备编码、用户编码等主键匹配为可交互查询的融合数据,奠定明细数据基础,以支撑可视化在线监测方案设计。具体数据融合流程如图2所示。

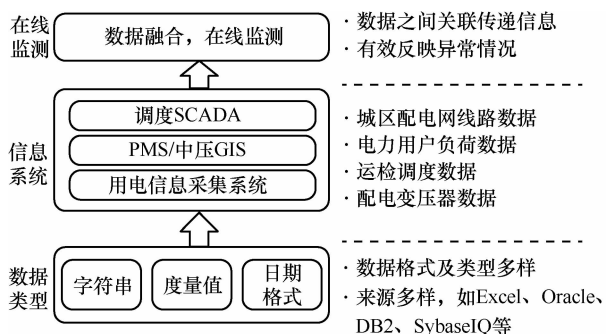


图2 数据融合流程

将融合数据作为后台明细支撑,总结可视化需求,实现全景检测;并了解数据体量,在明确数据结构和需求的基础上,按照数据可视化的设计原则和展示形式设计可视化方案。经过调研,发现当地存在以下情况:对一条线路或一个配电变压器进行计划检修,电力公司不能准确知道将

会影响哪些用户,也不能通过短信等便捷方式及时通知用户;电网故障停电反应速度慢、成本高;如果一台配电变压器因雷击出现故障停止运行,最先做出反应的是受影响的用户,用户拨打95598客服电话,电力公司才能得知停电情况,但仍然不知道故障点和原因,为了能尽快恢复供电,会同时出动几辆检修车,带着不同的检修设备(备用变压器、各式开关、断路器等)赶赴现场进行排查,耗时费力。

为满足用户需求,同时使系统达到可用和易用的效果,满足增强用户控制感、减少信息量、整合关注点的设计原则,采用地图作为数据标识载体,按照电网线路铺着路径,以实现故障点的观测,电网运行状态实时全景监控可视化设计效果如图3所示。

为监测电网运行状态,首先,应用增强用户控制感的设计原则,选择电网线路关键阶段的负荷数据为监测对象,按照业务规则、调研工作人员对各配电设备标识的识别习惯,设计杆塔、专用变压器、公共变压器、用户等图标,根据实际线路标识在地图上,使工作人员在监测时,能潜意识地识别出沿线设备类别,并增强用户控制感。

其次,应用减少信息量的设计原则,接入配电设备数据,结合人脑对颜色和警戒常识的认知,使用绿、蓝、黄、红灯颜色标识配电设备的实时负荷,在工作人员进行监测时,可以第一时间关注红色警戒,同时识别配电设备的类型和地理位置。界面需要设计为动态效果,满足实时数据监测的需要,同时还需要诊断故障原因,因此,需要可视化界面实现对明细数据的查询的观测,即将数据的关联反映在界面的调转上。

最后,应用整合关注点的设计原则,面对多样的数据结构和明细数据种类所反映的多种故障原因,数据可视化界面设计时采用智能功能表盘的形式,进行各种可能故障原因下的关联数据调转,使工作人员能快速查询并诊断故障原因,智能功能表盘效果如图4所示。

数据可视化界面的实际应用示例如图5所示。在实际应用时,夏季由于雷电等原因造成某条线路突发故障,造成大范围用户停电。全景监控工作人员通过可视化界面,完成了对故障点的快速确定,并根据负荷数据诊断出故障原因(大曲线X01开关损坏),将智能功能表盘列出的详细故障信息发送给检修人员,使其携带必要的维修工具赶赴现场,并将这些信息及时通知给95598客服人员,并发送短信通知受影响的用户。



图3 电网运行状态实时全景监控可视化设计效果

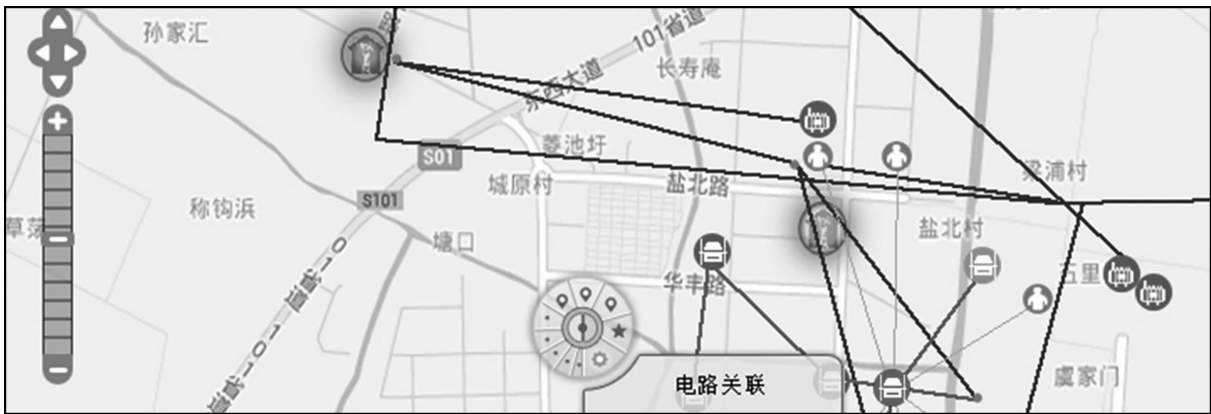


图4 智能功能表盘效果



(a)故障情况展示界面

(b)故障明细展示界面

图5 数据可视化界面的实际应用示例



该数据可视化方案的实施直接提升了工作人员的监测效率,降低了检修人员的工作难度,实现了数据价值和需求信息的提取,并从用户体验的角度降低了对监测人员的要求,提升了客服响应速度。设计方案基于设计心理学和交互设计的理论内涵,按照需求分析选择数据提取办法,按照数据结构和所需信息焦点选择数据呈现方式,实践了增强用户控制感、减少信息量、整合关注点的设计原则,具有可拓展性和普适性,能够为其他数据可视化设计方案提供借鉴和案例参考。

4 结束语

大数据的应用可以清晰认知事物,建立确定性,并对未来进行及时的规划和预测,便于资源的合理配置,然而对数据的利用是建立在对数据的理解和组织上的。在呈现和解读数据方面,数据可视化设计是一项实用、有效的解决方案,它利用人类的认知特点,通过图形清晰有效地传达与沟通信息,揭示隐含在数据背后的趋势、规律及价值。数据价值体现在工作人员对其的应用上,因此基于设计心理学和交互设计的界面规划原则必然是数据可视化的隐性内涵。可视化界面需要满足可控的原则,才能使用户自然反应,匹配需求与操作之间的关联;需要克服短期记忆的难题,通过一个屏幕上的视觉跨度监测到全部数据;需要整合注意力,实现对数据信息的快速深入分析和响应;需要根据需求和数据形式选择可视化呈现图形及实现技术,以满足隐性设计原则。

基于以上原则所设计的配电网运行状态实时时间数据可视化方案具有较强的可操作性和可用性,通过实践应用,验证了其可降低工作强度、提升工作效率,同时也展现了对数据关联的整合能力,是具备推广和复制特点的设计方案,可以广泛应用在电力数据可视化的设计及开发工作中,成为提取数据信息、实现人机交互的重要方式。

参考文献

- Holzinger A. Usability engineering methods for software developers. *Communications of ACM*, 2005, 48(1): 71~74
- Zhai S M. What's in the eyes for attentive input. *Communications of the ACM*, 2003, 46(3): 34~39
- Lyytinen K, Yoo Y. Issues and challenges in ubiquitous computing. *Communications of the ACM*, 2002, 45(12): 63~65
- Friendly M. Milestones in the history of thematic cartography, statistical graphics, and data visualization. *ACM Press*, 2008(3): 13~18
- Post F H, Nielson G M, Bonneau G P. *Data Visualization: the State of the Art*. New York: Springer-Verlag, 2002
- McCormick B H, DeFanti T A, Brown M D. Visualization in scientific computing. *ACM Press*, 1987, 7(7): 61~70
- Monk E. *Concepts in Enterprise Resource Planning*, Second Edition. Boston: Thomson Course Technology, 2006
- Gorban A N, Kégl B, Wunsch D C, *et al.* Principal manifolds for data visualization and dimension reduction. *Lecture Notes in Computational Science and Engineering*, 2008
- Wagner B. Data visualization: modern approaches. <http://wapwenku.baidu.com>, 2007
- 张青, 陶彩霞, 陈翀. 移动互联网数据可视化技术及应用研究. *电信科学*, 2014, 30(10): 8~14
Zhang Q, Tao C X, Chen C. Research on mobile internet data visualization technology and application. *Telecommunications Science*, 2014, 30(10): 8~14
- 王常青, 王绪刚, 马翠霞等. 使用概率规则文法评估人机界面可用性. *计算机辅助设计与图形学学报*, 2005, 17(12): 2710~2715
Wang C Q, Wang X G, Ma C X, *et al.* Probabilistic regular grammars for the evaluation of human-computer interface usability. *Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics*, 2005, 17(12): 2710~2715
- 苏洋, 刘晓军, 唐勇等. 游戏大数据平台研究与实践. *电信科学*, 2014, 30(10): 21~26
Su Y, Liu X J, Tang Y, *et al.* Research and practice of big data platform of games. *Telecommunications Science*, 2014, 30(10): 21~26
- 关迎晖, 向勇, 陈康. 基于 Gephi 的可视分析方法研究与应用. *电信科学*, 2013, 29(Z1): 112~119
Guan Y H, Xiang Y, Chen K. Research and application of visual analysis method based on Gephi. *Telecommunications Science*, 2013, 29(Z1): 112~119
- 袁海, 陈康, 陶彩霞等. 基于中文文本的可视化技术研究. *电信科学*, 2014, 30(4): 114~122
Yuan H, Chen K, Tao C X, *et al.* Research on visualization techniques based on Chinese texts. *Telecommunications Science*, 2014, 30(4): 114~122
- 辛富国, 李荣芳, 王中振等. 基于 H3 的拓扑可视化研究及实现. *电信科学*, 2014, 30(5): 126~130
Xin F G, Li R F, Wang Z Z, *et al.* Research and implementation of network topology visualization based on H3. *Telecommunications Science*, 2014, 30(5): 126~130
- 王加亮, 秦勃, 刘健健等. 基于 MapReduce 的交互可视化平台. *电信科学*, 2012, 28(9): 22~27
Wang J L, Qin B, Liu J J, *et al.* Interactive visualization platform based on MapReduce. *Telecommunications Science*, 2012, 28(9): 22~27

(2015133-6 接排在 2015127-5 后)



地通信资源高效的管理需求,为通信系统日常运维提供了强大的支持,同时为通信系统项目决策提供了准确的数据保障。

通信资源管理系统有效地完成了核电站内所有企业语音、应急通信、电网通信、网络以及通信增值业务相关资源的统一收集和管理,实现了通信资源的统一申请、统一分配、统一查询及自动统计通信资源运行、使用、盈余状况的“三统一自”模式。后续将以中国广核集团内各个核电基地为依托,实现系统的应用推广,在推广中不断发现并解决新问题,满足用户新需求,不断提高系统的应用价值。

参考文献

- 1 白喆, 刘国防. 图形化建模技术在核电信息管理系统的应用. 中国核科学技术进展报告, 2009, 1(3): 577~583
Bai Z, Liu G F. The appliance of graphics modeling in nuclear plant information system. Progress Report on China Nuclear Science & Technology, 2009, 1(3): 577~583
- 2 温昱. 软件架构设计. 北京: 人民邮电出版社, 2008
Wen Y. Software Architecture Design. Beijing: Posts & Telecom Press, 2008
- 3 郑玉山, 郑正宏. 数据库应用系统安防体系研究与设计. 计算机工程与设计, 2008, 29(22): 5722~5728
Zheng Y S, Zheng Z H. Research and design of security protection architecture for database application system. Computer

Engineering and Design, 2008, 29(22): 5722~5728

- 4 叶敏. 程控数字交换与交换网. 北京: 北京邮电大学出版社, 2004
Ye M. Program Controlled Digital Switching and Network. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications Press, 2004
- 5 孙昌爱, 金茂忠, 刘超. 软件体系结构研究综述. 软件学报, 2002, 13(7): 1228~1237
Sun C A, Jin M Z, Liu C. Summarization research on software architecture. Journal of Software, 2002, 13(7): 1228~1237
- 6 龚薇华, 王晨光, 俞欢军. 基于 MVC 模式和 .NET 的公司内部管理信息系统设计. 计算机工程与设计, 2007, 28(5): 2142~2144
Gong W H, Wang C G, Yu H J. Design of company management information system based on MVC and .NET. Computer Engineering and Design, 2007, 28(5): 2142~2144
- 7 AVAYA Communication Manager 基本管理手册, 2003
Basic Management Manual of AVAYA Communication Manager, 2003

[作者简介]



姬凯,男,中国广核电力股份有限公司信息技术中心电厂通信处语音通信经理、通信高级工程师,主要从事通信规划、设计、建设、运维及管理工作。

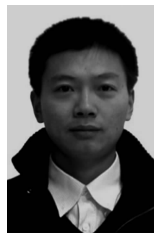
2015127-5

(上接 2015133-5)

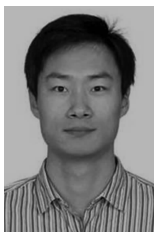
[作者简介]



贺斯琪,女,北京国电通网络技术有限公司数据分析师、助理级工程师,主要从事业务设计、数据分析、算法选择等工作。



邵玉鹏,男,北京国电通网络技术有限公司可视化设计师、可视化工程师,主要从事数据可视化 UI 设计及数据展现工作。



邓春宇,男,北京国电通网络技术有限公司大数据业务部经理、工程师,主要从事大数据项目管理、设计及研发等工作。



王越越,女,北京国电通网络技术有限公司业务策划、助理级工程师,主要从事业务设计、数据分析工作。

2015133-6