

# 电网调控数据综合智能分析决策架构设计

荀挺, 张珂珩, 薛浩然, 唐胜, 汤潮波, 韩秋铖

(国网电科院江苏瑞中数据股份有限公司, 江苏 南京 210000)

**摘要:** 在“调控一体化”的背景下, 电网调控领域进入了大数据时代。针对电网调控业务中数据仅以报表形式展示, 缺乏深度挖掘与关联分析, 没有发掘数据的潜在价值等问题, 提出了电网调控数据综合智能分析决策与可视化系统的设计思路 and 具体实施方案。系统基于数据挖掘技术、商务智能理论、可视化等前沿技术, 通过对存储于大型电网数据库中的众多无关联性数据进行预处理, 并利用专业的数据挖掘手段结合成熟的商务智能技术对不同业务数据进行综合分析。最后利用可视化技术将分析结果进行立体的、多维度的展示, 为调控人员提供辅助决策。  
**关键词:** 数据挖掘; 关联分析; 商务智能; 大数据; 调控一体化

## Framework design of the analysis decision system about the power grid data

XUN Ting, ZHANG Keheng, XUE Haoran, TANG Sheng, TANG Chaobo, HAN Qiucheng  
(Department of China Realtime Database Co., Ltd., Nanjing 210000, China)

**Abstract:** In the background of “control integration”, the power grid control field comes into the era of big data. There are many problems in the power-control business, for example it only uses the report form to show the data, is lack of depth of mining and correlation analysis, and does not explore the potential value of the data and so on. This paper proposes an intelligent comprehensive analysis and decision and visualization technology architecture for power grid control data. The new system pretreats a mass of irrelevance data stored in large power grid database firstly, and then combines data mining technology and business intelligent theory to analyze different business data, finally uses visualization technology to show the analysis results by a tree-dimensional way. It can supply data management and decision support for staff.

**Key words:** data mining; relational analysis; business intelligence; big data; integration of regulation

中图分类号: TM77 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2015)11-0121-07

## 0 引言

2013年3月, 我国电机工程学会电力信息化专委会编制发布了《中国电力大数据发展白皮书(2013)》, 这标志着我国电力进入了大数据时代。当前, 国家电网进入发展新阶段, 对提高电网驾驭能力, 加强专业化、精益化管理提出了更高要求。

目前在国内外的电力调控领域, 数据的展示仅仅依赖于能量管理系统(Energy Management System, EMS)内置的报表系统<sup>[1]</sup>, 其数据单一、维度单一、形式单一, 无法加载非关系型数据, 仅仅停留在单个测点的历史数据展示, 每张报表都是独立的没有任何关联关系, 形成了“信息孤岛”, 数据价值利用率低下, 仅凭人工的观察很难发现数据中潜藏的使用价值。

在研究电力调度自动化系统的模块存在的制作过程繁琐、无法动态获取数据、缺乏关联分析<sup>[2]</sup>、

数据形式单一、缺乏丰富的展示控件, 缺少专门的数据发布平台等问题的基础上, 本文设计了一套全新概念的调控数据综合智能分析决策系统。一方面支持了日常数据查询的相关功能, 向用户提供“高效易用, 随需而变”的数据展现设计与浏览工具; 另一方面通过对电力调控业务的深入理解, 该系统在数据层面解决电力数据统计分析问题, 对调控领域的多源数据进行整合分析, 将数据挖掘技术引入到调控领域, 将数据应用提升到规律揭示层面, 系统结合商务智能(Business Intelligence, BI)向业务人员提供自主分析数据的手段最终实现辅助智能决策<sup>[3]</sup>。

## 1 商务智能

### 1.1 商务智能的概述

调控领域的商务智能必然是未来的发展趋势与方向, 商务智能<sup>[4]</sup>还没有标准的定义, 各机构对其

的表述也不尽相同，一般商务智能被理解为将企业中现有的数据转化为知识，帮助企业做出明智的业务经营决策的工具。商务智能是企业利用现代信息技术收集、管理和分析大量商业数据与信息，创造和累计商业知识，改善商业运营和决策水平，采取有效的商业行动，提升各方面的业务绩效，增强企业综合竞争力的智慧和能力。

BI 某种程度上可以说是一个智能决策支持系统，是针对各种业务问题的成熟的解决方案，它是在企业数据仓库的基础上，利用数据挖掘和信息挖掘工具获取商业信息，以辅助和支持商业决策的全过程。技术层面上来说，商务智能实际是一种解决方案，是包括数据仓库技术、联机分析处理技术和数据挖掘等技术的混合运用。

### 1.2 数据仓库技术与联机分析处理技术

数据仓库<sup>[5]</sup>(Data Warehouse, DW)是 20 世纪 90 年代提出的概念，它是为了在市场竞争中达到有效决策支持的产物。数据仓库是面向主题的、集成的、随时间变化的、不容易丢失的数据集合，支持管理部门的决策过程。数据仓库正如架构中的数据源，例如 EMS 关系库，EMS 实时库等。数据仓库主要功能就是能够准确、安全、可靠地从业务系统中提取数据，经过加工转换成有规律信息之后，供分析使用。

联机分析(On Line Analytical Processing, OLAP)是使分析人员、管理人员或执行人员能够从多种角度对从原始数据中转化出来的、能够真正为用户所理解的、并真实反映企业特性的信息进行快速、一致、交互地存取，从而获得对数据的更深入的了解的一类软件技术，其目标是满足决策支持或多维环境特定的查询和报表需求<sup>[6]</sup>。

### 1.3 数据挖掘技术

数据挖掘<sup>[7-9]</sup>(Data Mining, DM)，是 20 世纪 90 年代以来发展起来的数据库系统和数据库应用领域一个前沿学科，是从大量的、不完全的、有噪声的、模糊的、随机的实际应用数据中，提取隐含在其中但又潜在有用的信息和知识的过程。数据挖掘与传统的数据分析(如查询、报表、联机应用分析)的本质区别是数据挖掘是在没有明确假设的前提下去挖掘信息、发现知识。数据挖掘得到的信息具有未知、有效和实用三个特征<sup>[10-11]</sup>。

## 2 系统设计

本文依据上述理论设计出一套电网调控数据综合智能分析决策与可视化系统<sup>[12]</sup>，综合应用了数据

分析、数据挖掘、商务智能等概念，将电网业务与计算机技术深度结合。该系统是一款具有创新性，智能化的辅助决策平台。系统详细设计如下。

### 2.1 系统总体要求

#### (1) 满足电力调控业务的 BI 设计器

本文系统提供一套简便易用的 BI 设计器，用户无需任何编码，具有易操作的可视化特点。用户可以根据实际业务需要灵活地部署数据图表控件的布局。如图 1 所示系统的硬件结构与 BI 设计器界面，系统为终端管理用户提供了一套可供二次开发的数据图表设计器，用户可以自由更新存储于 Web 服务器中的程序处理架包。因此图形可视化界面可变、灵活。

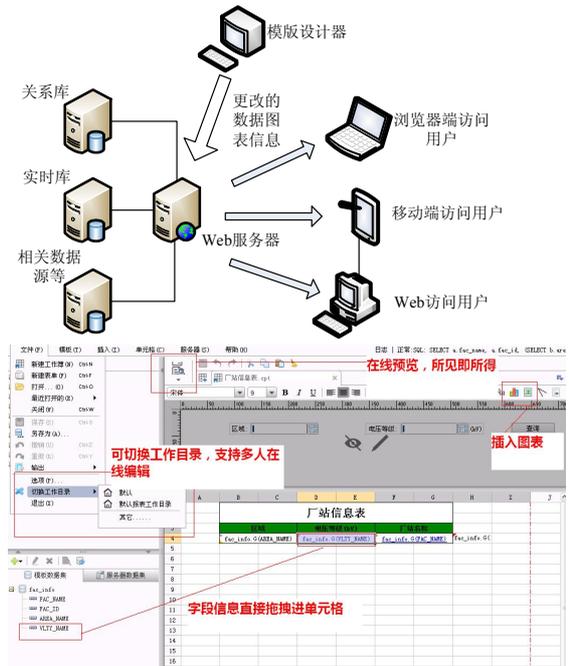


图 1 系统硬件结构与 BI 设计器

Fig. 1 Structure of hardware system and BI designer

#### (2) 数据分析发布平台及丰富生动的展示形式

系统为调控领域所有数据分析结果提供一个专业的发布平台。区别于传统的电力调控领域报表展示形式，系统中提供了丰富多样的图表形式、控件种类，例如饼图、柱状图、气泡图、雷达图等等，并且与表格数据进行联动。

#### (3) 智能决策

系统根据电力系统中的各项原始数据做了进一步的提炼、计算、处理，然后提取出有用的信息形成结论以辅助决策。例如在电网无功设备管理，系统将分散在各个数据库中的电压、功率、无功储备等信息进行整合并进行可视化展示。针对恶劣天气

对电网的破坏情况,将历史的极端气象数据与电网故障信息数据进行关联分析,分析出电网设备所存在的薄弱节点,以增强电网的鲁棒性。系统中还提供了如图2所示的功能模块,这些都是系统智能决策的典型示例<sup>[13-17]</sup>。

## 2.2 系统功能框图

经过对电力调控领域业务的深入调研和数据分析后,本文将时间序列算法、关联算法等数据算法以及商务智能,大数据处理技术等思想应用于数据综合智能分析与可视化展示系统的设计。如图2所

示,调控系统中的数据源,包含EMS关系库、EMS实时库、电网模型数据、潮流数据,配电管理系统/电力调度生产管理系统(Distribution Management System/Dispatch Management Information System, DMS/DMIS)以及气象信息数据等调控数据,这些数据多而复杂。基于对调控业务的深入理解,首先对这些数据进行数据整理、数据加载、数据转换(Extract Transform Load, ETL)。其次,通过专业的数据挖掘手段结合成熟的商务智能技术对不同业务数据进行处理与综合分析。

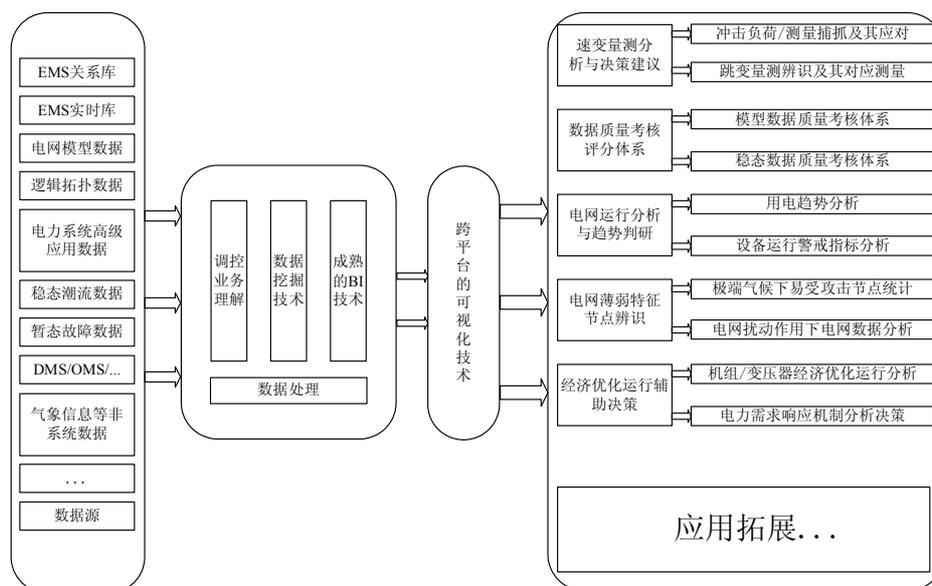


图2 系统模块功能框图

Fig. 2 Visualization of the overall structure

系统中使用的主要的数据挖掘手段包括:

**关联规则<sup>[18]</sup>。**关联规则反映一个事物与其他事物之间的相互依存性和关联性;如果两个事物或者多个事物之间存在一定的关联关系,那么其中一个事物就能够通过其他事物预测到。关联是某种事物发生时与其他事物发生之间存在的一种联系,本文模块涉及到的极端天气与电网高发事故的关联关系分析就是基于此规则进行的。

**分类。**以采样数据为训练分析基础,通过分析对象的属性、特征建立合理的分类模型,找出数据库中一组数据对象的共同特点,并按照分类标准将对象数据划分为不同的类。分类要解决的问题是一个事件或对象归类。

**聚类<sup>[19-20]</sup>。**对具有共同趋势或结构的数据进行分组—数据划分。将数据项分组成多个类,类之间的数据差别应尽可能大,类内的数据差别应尽可能小。即“最小化类间的相似性,最大化类内的相似

性”。与分类不同,在开始聚类之前数据分成几组以及分组方法都是未知的,盗窃电的检测便是聚类方法在电网中的一种典型应用。

**回归。**确定因素与因素或原因与结果之间的函数关系。通常指连续要素之间的模型关系。主要用于连续量的预测;因果关系分析的基础。

**时间序列。**变量随时间变化,按等时间间隔所取得的观测值序列。时间序列分析法主要通过与当前预测时间点相近的历史时刻的数据来预测当时时刻的值,在进行异常量测捕捉时这种算法非常实用。

最后,利用可视化技术生成多达几十种的的图表控件(地理图、GIS信息图、气泡图、散点图、柱状等图表)对分析结果进行多维度展示,最终实现为相关业务人员提供辅助决策的目的。

## 2.3 系统架构图

系统搭建示意图如图3所示。

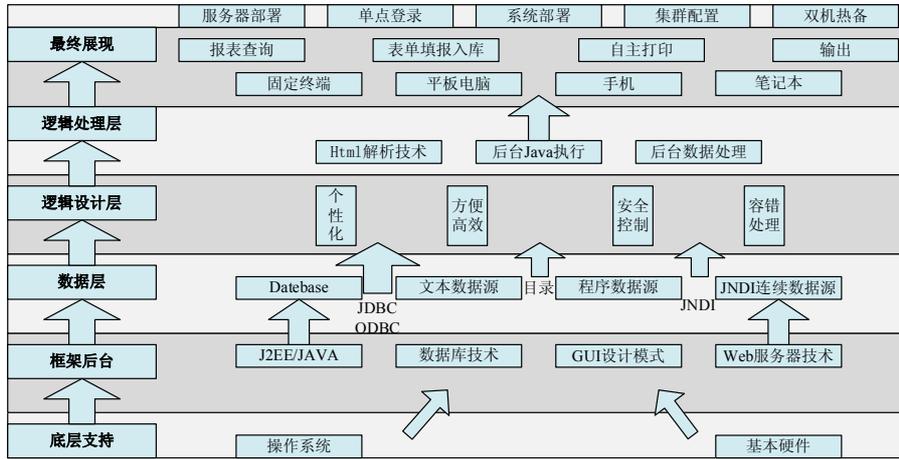


图 3 系统设计部署架构图

Fig. 3 System design deployment and architecture diagram

系统采用主流的浏览器/服务器模式(Browser/Server, BS)设计。支持国产的 Linux 操作系统，后台程序全部运行于 Web 服务器中，用户只需使用手机或个人电脑接入网络即可使用浏览器访问系统，无需安装任何前台程序。系统搭建是基于 J2EE 框架的 Java 语言设计开发的，因此具有良好的跨平台特性，采用先进的 html5 动态网页技术，所提供的图表控件技术达到国际主流的水平，支持主流 Tomcat、Jboss、Weblogic、Web/Sphere, Resin, Tongweb 等主流 Web 服务器 Html 解析，可实现无缝集成。

### 3 系统创新功能展示

#### 3.1 电网无功设备管理模块

在电网中节点的电压水平尤其是枢纽点的电压对于整个系统稳定运行有着非常大的意义<sup>[21]</sup>，同时

电压水平也是衡量电能整体质量的重要指标，而联络线无功功率的交互、系统无功分布情况与电压水平与网损有着密切的关系。电力系统的充足的无功储备与无功的就地平衡是保证电压质量的基本条件，对保证电力系统的安全稳定与经济运行起着重要的作用。上述数据分散在不同的地方，有些来自于关系库，有些来自于 EMS 内存库，有些来自于 DMIS 等系统，针对数据源的多样化与复杂性，系统利用数据仓库管理系统将数据映像，建立视图，并使数据标准化、规范化，进而对数据进行清洗、提取、加载、转换等操作，最终形成数据集市<sup>[22]</sup>。

为了能够给调控运行人员提供全景的数据分析与展示，系统根据数据集市中的大量数据采用 DM 和 OLAP 分析方法将无功储备、无功设备的动作情况以及电压功率因数等数据的分布情况利用饼形图或者柱状图展现出来，如图 4 所示。



图 4 数据处理结构与电网无功设备模块效果

Fig. 4 Data processing structure and power grid reactive power equipment

在本例中通过对省级电网的无功储备、电压、功率因数、设备动作情况等无功电压相关信息进行整合与展示，以便于调控业务人员能够直观全面地了解系统无功与电压情况，为进行无功/电压调节提

供了辅助决策。

#### 3.2 极端气候对电网运行破坏性统计分析模块

2008 年中国发生的冰雪和地震灾害反映了电力、通信、交通、运输等公共基础设施的脆弱<sup>[23-24]</sup>。

因此,为了提高电力系统运行安全性和连续可靠供电水平,必须根据电力系统固有的脆弱性特征和相应的事故风险,采取科学、合理的技术措施和策略,才能将现代化大电网建设成一个具有相当抗

灾能力的电网。对于极端气候,该模块以台风为例对电网的运行破坏性进行了统计分析,模块同样可以统计分析例如雷电、地震、霜冻等等一系列极端气候情况。如图5所示。

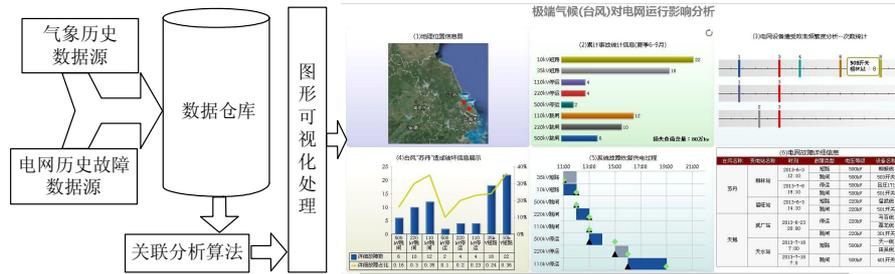


图5 极端气候对电网运行破坏性统计分析

Fig. 5 Analysis of extreme weather damage to the power grid

对于灾害性分析,需要历史的气象数据以及电网设备故障历史数据,对这两类数据进行关联性分析,分析出由极端气候引起的故障数据。本案例利用数据挖掘中的聚类、分类、关联性分析等技术手段,将由极端气候所引起的电网故障信息通过可视化技术展示,并在此基础上统计累计次数,进行频率分析,最终达到对电网薄弱节点辨识的目的。

掘频繁模式、演化规律等,并对未来的发展趋势进行预测。系统中首先利用 SARIMA 算法对冲击负荷进行了捕获,并且进行了预测。如图6所示,经过综合分析,可以让调度业务人员清晰地看出冲击负荷的分布情况以及影响范围,更进一步地提出相关建议,例如状态估计计算的时候进行厂站或者测点屏蔽以提高计算的收敛率与合格率,退出 VQC/AVC 的闭环控制以防止频繁的调节导致设备故障。

通过此类数据分析与挖掘辨识出系统的脆弱节点,并提示用户进行相关预防与解决措施,例如针对图5中的信息,可以建议用户将该设备所关联的线路、母线、变压器、机组等设备加入到故障集,进行静态安全分析在发生此类故障下电网的运行情况,而对于比较重要的用户建议采取不同方向电源的多路供电方式,将容易受到影响的设备排除在外,进行“N-1”、“N-2”或者“N-m”的运行方式,以保证供电的稳定性。

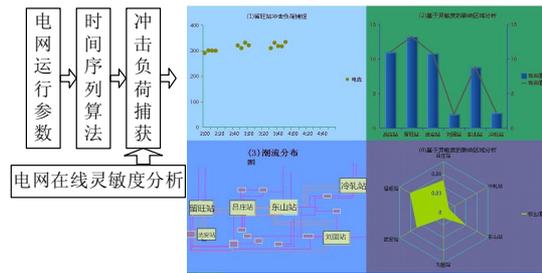


图6 冲击负荷及其影响分析

Fig. 6 Impact load and influence analysis

### 3.3 冲击负荷的捕捉与检测模块

### 3.4 机组—变压器经济运行分析模块

冲击负荷指的是具有周期性或者非周期性的、突然变化很大的负荷。这类负荷对电力系统影响较大,当其变化幅值相对于系统容量较大时,很有可能引起系统频率/电压的连续振荡,因此对于冲击负荷的捕捉十分必要。通过数据挖掘技术完全可以捕捉到此类异常负荷,但仅仅是捕捉,对于冲击负荷带来的影响范围与程度需要结合电网在线灵敏度分析结果,灵敏度计算结果通常保存在 EMS 系统的电力应用软件(Power Application Software, PAS)内存库中,需要将这两类数据进行结合才能够正确地认识与应对冲击负荷,将其对电网的影响降到最低,对于提高系统运行稳定性有着非常重要的意义。

系统经济运行在电力系统运行中有着非常重要的意义,系统根据各机组的热力特性确定各机组应承担的负荷以达到在保证电厂总出力的前提下达到煤耗最低;或者在保证负载的前提下优化变压器的负载系数,以达到最优的运行方式。模块依据国家标准 GB/T13462-92 提出的变压器经济运行区的概念,结合文献[25]所提出的综合功率确定变压器经济运行区的方法,得出变压器经济运行曲线。而创新点在于模块在此基础上利用 BI 在线决策思路,提供一套在线辅助决策应用,用户可以根据已知的各项参数选择不同的算法,最后得出一个最优的分配方案。

本文对于冲击负荷的捕捉与检测采用时间序列分析算法,时间序列挖掘就是在时间序列数据中挖

如图 7 所示, 系统提供了等微增率算法与内点法所计算出的煤耗率曲线。(1) 图是武义电厂的发电日计划曲线, 包括不同时刻的谷峰平的日计划曲线; (2) 图是机组的储备情况, 包括容量、额定功率、有功出力上下限、电厂谷峰平时段的旋转储备、各机组的负荷升降速率以及煤耗特性拟合系数; (3) 图是

用等微增率以及内点法等不同方法算出的每个机组的煤耗量; (4) 图是石狮站变压器参数示意图, 其中包括变压器的额定容量、空载电流、空载损耗、空载电流百分比以及短路损耗等等; (5) 图是在不同负载系数下的变压器损耗, 并给出建议的经济运行区间。

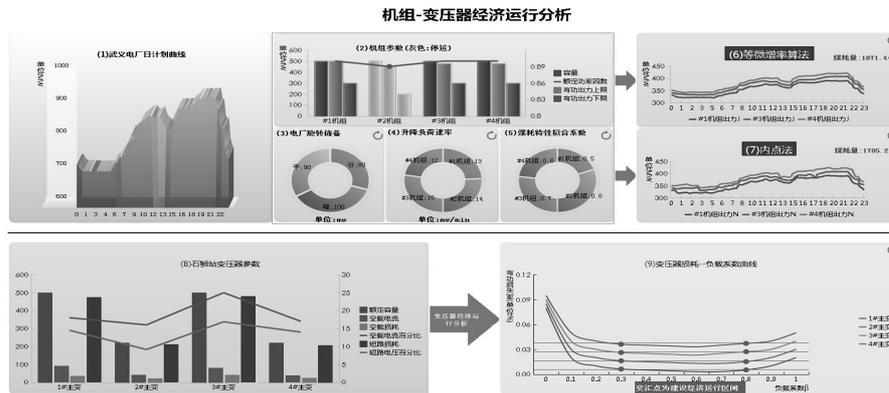


图 7 机组-变压器经济运行分析

Fig. 7 Analysis of the units and the transformer economy

#### 4 结论

通过上述模块描述可以看出在调控领域区别于传统的数据展示方式, 基于该综合智能分析决策与可视化技术, 可以将数据价值发挥到最大化并挖掘出不同业务数据之间的关联性, 提供了多个维度多个视角的分析结果, 提高了业务人员的全局掌控能力进而提高其决策判断能力, 对保证电网稳定运行具有非常大的意义。

#### 参考文献

[1] 曹军威, 万宇鑫. 智能电网信息系统体系结构研究[J]. 计算机学报, 2013, 36(1): 143-167.  
CAO Junwei, WANG Yuxin. Information system architecture for smart grids[J]. Chinese Journal of Computers, 2013, 36(1): 143-167.

[2] 王允平, 黄殿勋, 熊浩清, 等. 智能电网环境下采用关联分析和多变量灰色模型的用电量预测[J]. 电力系统保护与控制, 2012, 40(1): 96-100.  
WANG Yunping, HUANG Dianxun, XIONG Haoqing, et al. Using relational analysis and multi-variable grey model for electricity demand forecasting in smart grid environment[J]. Power System Protection and Control, 2012, 40(1): 96-100.

[3] 吴国沛, 刘育权. 智能配电网技术支持系统的研究与应用[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(21): 162-172.  
WU Guopei, LIU Yuquan. Research and application of

technology support system for smart distribute grid[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(21): 162-172.

[4] 林鸿. 商业智能(BI)—让数据创造价值[J]. 福建财会管理干部学院学报, 2006(3): 8-9.  
LIN Hong. Business intelligence (BI) - allows data to create value[J]. Journal of Fujian Finance and Accounting Administrator College, 2006(3): 8-9.

[5] INMON W H. Building the data warehouse[M]. Third Edition. New York: John Wiley and Sons Inc, 2002.

[6] 范明, 孟小峰. 数据挖掘概念与技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006: 23-24.

[7] 翟淑伟, 石奇光, 杨燕玲, 等. 火电厂运行状态监测数据挖掘技术综述[J]. 华东电力, 2012, 40(2): 292-295.  
ZHAI Shuwei, SHI Qiguang, YANG Yanling, et al. An overview of data mining techniques in the monitoring of running state of thermal power plants[J]. East China Electric Power, 2012, 40(2): 292-295.

[8] 冉鹏. 基于动态数据挖掘的电站热力系统运行优化方法研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2012.  
RAN Peng. Research on operation optimization of power plant thermal system by dynamic data mining[D]. Beijing: North China Electric Power University, 2012.

[9] 易敬. 基于数据挖掘的电力营销决策系统的设计[J]. 科技传播, 2012(10): 72-73.  
YI Jing. Design data mining system based on power marketing decisions[J]. Public Communication of

- Science & Technology, 2012(10): 72-73.
- [10] 陈超金. 基于数据挖掘的电力设备状态检修技术研究综述[J]. 广东电力, 2009, 22(9): 21-24.  
CHEN Chaojin. Survey of technical research on condition based maintenance of electric power equipment using data mining Guangdong[J]. Guangdong Electric Power, 2009, 22(9): 21-24.
- [11] 西安美林电子有限责任公司. 大话数据挖掘[M]. 北京: 清华大学出版社, 2012.
- [12] 张卓, 宣蕾, 郝树勇. 可视化技术研究与比较[J]. 现代电子技术, 2010(17): 133-138.  
ZHANG Zhuo, XUAN Lei, HAO Shuyong. Study and comparison on visualization technology[J]. Modern Electronics Technique, 2010(17): 133-138.
- [13] 林嘉晖. 基于数据挖掘的电网用户行为分析系统的设计与实现[D]. 广州: 中山大学, 2013.  
LIN Jiahui. Design and implementation of power grid user behavior analysis system based on data mining[D]. Guangzhou: Sun Yat-sen University, 2013.
- [14] 蔡勇. 数据挖掘技术在电网运营监控平台建设中的研究与应用[D]. 上海: 上海交通大学, 2012.  
CAI Yong. Research and application of data mining technology in grid operational monitoring platform[D]. Shanghai: Shanghai Jiaotong University, 2012.
- [15] 李胜利, 任培民. 利用数据挖掘和综合信息平台构建智能电网调度的业务分析系统[J]. 广东电力, 2011, 24(3): 78-90.  
LI Shengli, REN Peimin. Construction of business analytics system for smart grid dispatching by employment of data mining and integrated information platform[J]. Guangdong Electric Power, 2011, 24(3): 78-90.
- [16] 宋亚奇, 周国亮, 朱永利. 智能电网大数据处理技术现状与挑战[J]. 电网学报, 2013, 37(4): 927-935.  
SONG Yaqi, ZHOU Guoliang, ZHU Yongli. Present status and challenges of big data processing in smart grid[J]. Power System Technology, 2013, 37(4): 927-935.
- [17] 张建华, 曾博. 主动配电网规划关键问题与研究展望[J]. 电工技术学报, 2014, 29(2): 13-23.  
ZHANG Jianhua, ZENG Bo. Key issues and research prospects of active distribution network planning[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2014, 29(2): 13-23.
- [18] 聂倩雯, 高玮. 基于关联规则数据挖掘技术的电网故障诊断[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(9): 8-19.  
NIE Qianwen, GAO Wei. A power network fault diagnosis method based on data mining association rules[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(9): 8-19.
- [19] 方江晓, 周晖, 黄梅. 基于统计聚类分析的短期风电功率预测[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(11): 67-78.  
FANG Jiangxiao, ZHOU Hui, HUANG Mei. Short term wind power prediction based on statistical clustering analysis[J]. Power System Protection and Control, 2011, 39(11): 67-78.
- [20] 郭晓利, 曲朝阳, 李晓栋, 等. 基于 SOM 聚类的电网可视化数据挖掘模型[J]. 情报科学, 2012, 30(2): 206-209.  
GUO Xiaoli, QU Zhaoyang, LI Xiaodong, et al. Visual data mining model in power grid based on SOM clustering[J]. Information Science, 2012, 30(2): 206-209.
- [21] 朱彩虹, 黄珊珊. SVG 自适应无功检测方法及其控制系统研究[J]. 电工技术学报, 2013, 28(2): 309-314.  
ZHU Caihong, HUANG Shanshan. Research on SVG reactive power detection method based on adaptive theory and the control system[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2013, 28(2): 309-314.
- [22] 毛敬玉. 数据挖掘技术在物联网 SCADA 中的应用[J]. 黑龙江生态工程职业学院学报, 2013, 26(2): 34-35.  
MAO Jingyu. Data mining technology in SCADA application of things[J]. Journal of Heilongjiang Vocational Institute of Ecological Engineering, 2013, 26(2): 34-35.
- [23] 丁道齐. 复杂大电网安全性分析智能电网的概念与实现[M]. 北京: 中国电力出版社, 2013.
- [24] 朱星阳, 刘文霞. 电力系统随机潮流及其安全评估应用研究综述[J]. 电工技术学报, 2013, 28(10): 257-270.  
ZHU Xingyang, LIU Wenxia. Reviews on power system stochastic load flow and its applications in safety evaluation[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2013, 28(10): 257-270.
- [25] 汪长林, 周权. 基于 MATLAB 开发的变压器经济运行分析软件[J]. 电源技术应用, 2013(12): 272-273.  
WANG Changlin, ZHOU Quan. Development of transformer economic operation analysis software based on MATLAB[J]. Power Technology, 2013(12): 272-273.

收稿日期: 2014-08-25; 修回日期: 2014-11-18

作者简介:

荀挺(1985-), 男, 工程师, 从事电力系统调控自动化工作; E-mail: xunting@sgepri.sgcc.com.cn

张珂珩(1972-), 男, 高级工程师, 从事电力系统自动化工作。

(编辑 葛艳娜)