

# 基于VIG的配电虚拟数据中心资源组织模型的构建与实现

李汉成<sup>1,2</sup>, 张佳琦<sup>1</sup>, 杨明皓<sup>1</sup>

(1. 中国农业大学信息与电气工程学院, 北京 100083; 2. 北京市电力公司, 北京 100031)

**摘要:** 电力企业信息化发展迅速, 各单位及部门信息管理系统间的资源不能有效共享, 形成了信息孤岛。为了消除信息孤岛, 针对地区供电系统提出了基于织女星信息网格 (Vega Information Grid, VIG) 构建配电虚拟数据中心的概念。在构建配电虚拟数据中心的过程中, 系统研究了配电虚拟数据中心 EVP 三层资源组织模型, 阐明了配电虚拟数据中心的构建方法并对方法的可行性进行了验证。试验结果表明, 该配电虚拟数据中心的资源组织模型结构清晰、易用性强, 可以大大提高上层应用软件的开发效率, 取得了在供电企业应用 VIG 组织资源方面的初步成果。

**关键词:** 信息孤岛; 配电虚拟数据中心; 资源组织模型; 织女星信息网格; REVP 模型; 社区

## Construction and realization of the resource organization model of power distribution virtual data center based on VIG

LI Han-cheng<sup>1, 2</sup>, ZHANG Jia-qi<sup>1</sup>, YANG Ming-hao<sup>1</sup>

(1. School of Information and Electrical Power Engineering, China Agriculture University, Beijing 100083, China;  
2. Beijing Electric Power Company, Beijing 100031, China)

**Abstract:** The informationization of electric power enterprise develops rapidly, but the resources of management information systems in each unit and department cannot be shared effectively, so the information island appears. In order to eliminate the information island, the concept of building the power distribution virtual data center based on the Vega Information Grid (VIG) is proposed in view of the regional power supply system. In the process of building the power distribution virtual data center, the EVP three-layer resources organization model of the power distribution virtual data center is very carefully researched, and the construction method is illustrated and its feasibility is verified. The test result indicates that the power distribution virtual data center is easy to use and its resources organization model has clear structure. In this way, the efficiency of developing the upper application software has been greatly improved. The research obtains the preliminary achievement on using the VIG organization resources in the power supply enterprise.

**Key words:** information island; power distribution virtual data center; resources organization model; Vega Information Grid; REVP model; community

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)18-0074-06

## 0 引言

电力系统的信息化起步于上世纪 60 年代, 一方面系统中各种基础设施和应用软件在不断升级换代, 另一方面随着电力信息化建设水平不断提升, 一些单位和部门从各自的需求出发, 建立了各自不同的信息管理系统。由于现有业务系统缺乏从整个企业的角度进行统一规划和设计, 开发实践不同, 使用的操作系统、系统模型、数据格式都各异, 各电力信息系统间信息交互困难, 形成了越来越多、大大小小的“信息孤岛”<sup>[1]</sup>。如何解决各应用系统

之间信息交互是电力企业实现信息化面临的主要问题。目前采用的方法之一是给各应用系统之间编写数据交换接口<sup>[2]</sup>, 这种方法工作量大且通用性不好。至今采用最多的方法是应用数据仓库技术构建电力企业数据中心<sup>[3-4]</sup>, 采用这种方法存在的主要问题是: ①数据中心与物理数据源隔离, 在底层物理数据源发生变化时数据中心的资源不会同时发生变化, 扩展性差; ②要对海量数据进行抓取存储工作, 效率低; ③需要高性能的服务器构建大容量的数据库中心, 投资大且浪费资源。近期提出的应用网格技术整合数据资源的方法<sup>[5]</sup>, 受到了广泛关注, 这

种方法将分布在不同地理位置的计算资源,通过高速互联网组成共享的资源集成,提供高性能计算、管理及服务的资源整合<sup>[6]</sup>。综合上述情况,针对地区供电系统本文提出基于网格技术构建虚拟数据中心的概念。

目前,比较有影响的网格体系结构有:织女星网格体系结构<sup>[7]</sup>,五层沙漏结构,开放网格服务体系结构(OGSA),开放网格服务基础结构(OGSI)<sup>[8-10]</sup>。其中,织女星网格体系结构是中国科学院计算所织女星网格项目组提出的,该项目在国家“863”计划的支持下已经取得了很大进展。织女星信息网络作为该项目的组成部分目前处于应用研究阶段,如何根据不同行业领域的应用构建资源组织模型是值得研究的问题。

本文结合供电企业特点,研究了基于织女星信息网络技术的配电虚拟数据中心资源组织模型,提出了构建配电虚拟数据中心的方法,力求在解决电力行业数据整合问题的同时对织女星信息网络的发展提供一种可行性思路。

## 1 织女星信息网络关键技术

织女星信息网络(Vega Information Grid, Vega-IG)的目的是在数据库技术、因特网技术、网格技术、万维网服务等技术的基础上,研究信息网络的机制和体系结构,进而指导信息网络系统及应用的开发<sup>[11]</sup>。其主要功能是消除信息孤岛,实现资源的集成和共享。从工程应用角度出发,织女星信息网络的关键技术主要是基于社区的网格资源空间 REVP (Relation-based EVP) 三层模型,该资源空间模型是一种基于关系的网格资源空间模型<sup>[12]</sup>,包括三个层次:有效关系资源层(E)、虚拟关系资源层(V)和物理关系资源层(P),如图1所示。

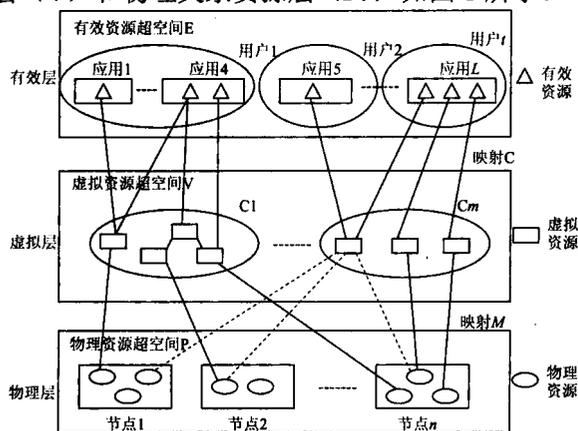


图1 网格资源空间 REVP 三层模型

Fig.1 EVP three-layer model of grid resource space

### (1) 物理层

物理层是最底层,是指实际物理资源所构成的资源空间,物理资源可以是数据库、网页、程序等等,物理层的必要性是显然的,因为资源的最终使用发生在物理层。物理层资源是按节点组织的,物理层只能在一个节点内提供单一系统映象,两个节点的物理资源组织可能是异构的,如果两个节点要互相访问资源必须通过跨物理资源空间的特殊办法。在应用中,物理层资源节点不需要部署任何软件,只需提供一些最基本的信息(如:IP地址、数据库名称、访问权限等)即可。

### (2) 虚拟层

虚拟层是构建从应用层到物理层映射的过渡层,是应用 VIG 组织资源的关键层,虚拟层主要解决全局一体的共享问题。虚拟层资源是按社区组织的,如图1中  $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ 、 $\dots$ , 社区内部的虚拟资源可以按照虚拟表的方式组织。

网格社区是织女星网格的一个核心概念,用来解决互联网上分布、异构信息资源的共享和网格资源的定位问题。社区(Community)是网格无限空间的一种逻辑有限的划分,每个社区代表一个划分。社区是一个自主控制的管理空间,它拥有资源共享的策略,来安排社区资源的共享和对社区资源存取的控制;把一个社区的资源共享给其他社区的控制策略,决定了什么资源共享和如何控制<sup>[13]</sup>。简单地讲,社区(Community)是一个四元组  $GC = (S, O, C, P)$ ,其中  $S$  是主体(Subject,如用户)集合, $O$  是客体(Object,如资源、服务)集合, $C$  与  $P$  是社区共享的上下文(Context)与策略(Policy)的集合,上下文与策略都是主体和客体的关系。每个社区的策略和上下文都不能有歧义,也不能有矛盾,策略可以看成是广义的上下文<sup>[14]</sup>。

应用 VIG 进行资源组织的核心工作就是虚拟层资源的组织,包括社区划分和构建虚拟表。虚拟层的资源组织应遵循两个原则<sup>[12]</sup>:一是最大限度同类资源映射原则,即从虚拟层上看,所有同类物理资源是“一个”资源;二是单一社区内部访问原则,即有效层每个应用服务的资源都尽量来自虚拟层的一个社区。

### (3) 有效层

有效层与网格应用有关,是 EVP 模型中的最顶层,直接面向最终用户,主要解决好用性的问题。任何应用服务用户看到的是虚拟层与有效层同构的资源组织,虚拟层和有效层能够提供全网格的单一系统映象,例如图1中应用服务4通过  $C_1$  能够访问从节点1到  $n$  的物理资源。

有效层的构建应遵循按用户组织原则，即将同一用户使用的应用组织在一起。按用户组织资源满足每个应用只有一个用户<sup>[12]</sup>，同时一个用户可以使用多个应用的要求。

## 2 基于 VIG 的配电虚拟数据中心资源组织模型

构建基于 VIG 的配电虚拟数据中心的目的是为供电企业安全生产与营销服务业务功能提供一个统一的共享异构异地信息资源的平台，所研究的核心问题是资源如何组织可以最有效地为开发人员和最终使用者提供服务。

应用 VIG 技术构建配电虚拟数据中心，首先需要供电企业信息管理系统进行功能分析。本节结合供电企业生产、运行、营销管理特点按照织女星 EVP 三层模型结构来说明基于 VIG 的配电虚拟数据中心资源组织模型和构建虚拟数据中心的方法。

### 2.1 供电企业安全生产与营销服务功能分析

全国各地供电企业的组织结构基本相同，主要分为营销处、生产技术处和调度所，分别负责营销、

生产、运行方面的业务功能。营销处下设多个供电所，每个供电所负责各自管辖区域内低压用户抄表、核算、计费等工作，为营销管理系统提供低压电量数据；生产技术处下设四个工区：变电工区、配电工区、电缆工区、线路工区，各工区负责配网相关设备的运行检修工作、运行数据的采集以及维护工作、生产管理系统中设备信息以及 GIS 系统中拓扑信息的维护工作；调度所主要负责对遥测、遥信数据的监测以及遥控操作，负责整个电网的安全运行。各个部门都有自己独立的信息管理系统，系统之间的数据无法共享，导致数据重复存储、数据冗余大并且容易发生数据不一致的情况，影响上层决策结果。

针对以上情况，根据国家电网 SG186 工程规划中提出的构建适应公司管理需求的八大业务应用要求，本文对供电企业安全生产与营销服务的业务功能模块进行了归纳，如图 2 所示，分为营销、生产、调度三大业务功能组，在三大业务功能组的基础上构建配电虚拟数据中心资源组织模型。

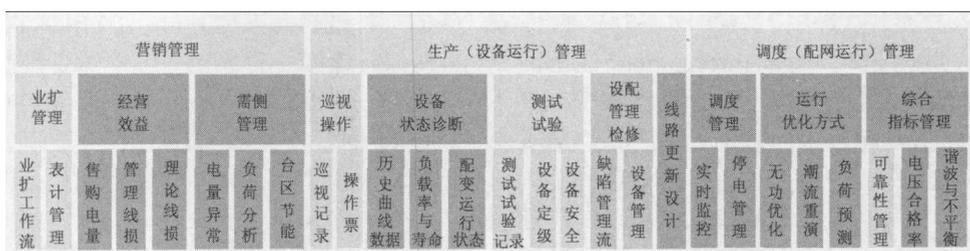


图 2 供电企业主要业务功能

Fig.2 Primary service functions of power supply enterprise

### 2.2 配电虚拟数据中心物理层资源组织模型

结合图 2 供电企业的主要业务功能，与其直接相关的数据源主要有以下五种：关口电量数据库——存储地区与地区交界处关口电量表的供受电量，数据库存放位置一般为供电企业营销部门，主要应用于实际线损供入电量的计算；大用户电量数据库——存储通过远程采集装置采集的大用户用电量，同样存放在营销部门，主要应用于实际线损售电量的计算；调度 SCADA 数据库——存储变电站遥测遥信等运行数据，数据库服务器存放在变电工区集控站，主要应用于电网运行决策相关业务功能以及理论线损的求解；配电自动化数据库（简称配电数据库）——存储低压配电室的遥信、遥测等运行数据以及低压电量数据、网架结构数据，由于配电数据库存放数据量巨大，故一般分为多台，可分布在不同的地理位置上，主要应用于配网运行决策业务功能以

及低压线损的计算；GIS 数据库——存储配网设备基本参数及拓扑结构，数据库服务器一般存放在生产技术处，主要为各业务功能提供拓扑结构数据。不同的数据库结构不同，生产厂家不同，运行环境可能不同，分布在不同的物理服务器节点上，这些数据源连同存放应用系统计算结果的结果库共同为各个业务功能提供数据支持，构成了整个虚拟数据中心的物理层资源，如图 3 所示。

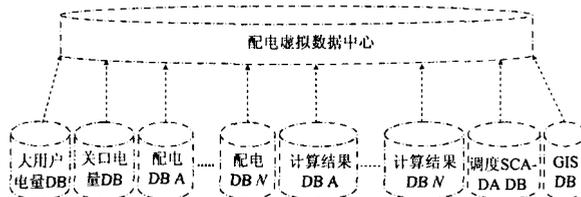


图 3 配电虚拟中心物理资源分布

Fig.3 Physics resources distribution of power distribution virtual data center

### 2.3 配电虚拟数据中心虚拟层资源组织模型

配电虚拟数据中心虚拟层资源组织模型的构建是整个资源组织模型中的核心部分,包括社区划分和虚拟表组织两部分。

#### (1) 社区划分

社区的划分在具体实现中,本文总结归纳出以下四种方法可供选择:a.按应用划分社区;b.按用户划分社区;c.按地域划分社区;d.按组织机构划分社区。采用按应用划分及按用户划分社区都会导致构建的虚拟社区所容纳的虚拟资源有限,无法为更多相关的用户提供服务,可扩展性差;按地域划分社区的方法对于组织结构复杂,应用服务功能种类繁多的情况会出现虚拟社区包含的虚拟资源量过于庞大,资源不好管理;按组织机构划分社区,可以把访问同类资源、负责相近工作的用户组织起来,可以避免有效层资源跨社区访问的情况,既方便了资源的组织,也为上层应用系统的开发提供了很大的便利。

综合考虑以上因素,本文采用按最高层组织机构划分社区的方法,将数据中心的虚拟层资源划分为三个社区:营销社区、生产社区、调度社区,如图4所示,每个社区中包含自身业务功能的虚拟表,图中的虚拟表是广义的虚拟表,每个虚拟表是由支持该业务功能的多个虚拟表组成。本文中部门下属的供电所及四个工区没有规划到社区的范畴,而是作为虚拟表的组织单位对社区内部的虚拟资源进行组织。

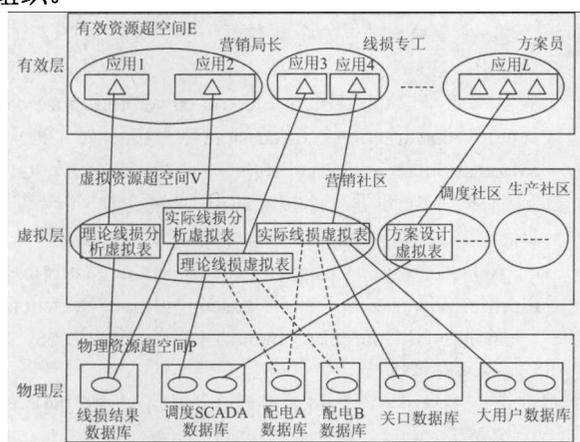


图4 配电虚拟数据中心资源组织模型

Fig.4 Resource organization model of power distribution virtual data center

#### (2) 虚拟表组织

为了方便为有效层应用提供资源,虚拟表应在满足最大限度同类资源映射原则的前提下按照应用来组织,这种虚拟表资源组织方式适用于任何社区

划分方式。

按照这种方式组织的虚拟表如图4所示,营销社区中包含理论线损计算需要的虚拟表、实际线损计算需要的虚拟表、线损分析结果虚拟表等。针对实际线损业务功能组织的虚拟表划分如图5所示,图中的虚拟表是对图4中实际线损虚拟表的具体展开,包括关口电量虚拟表、大用户用电量虚拟表、供电所1~n配变电量虚拟表、变电站1~n配变电量虚拟表、线损计算结果虚拟表等多个虚拟表,共同为实际线损计算提供数据支持。

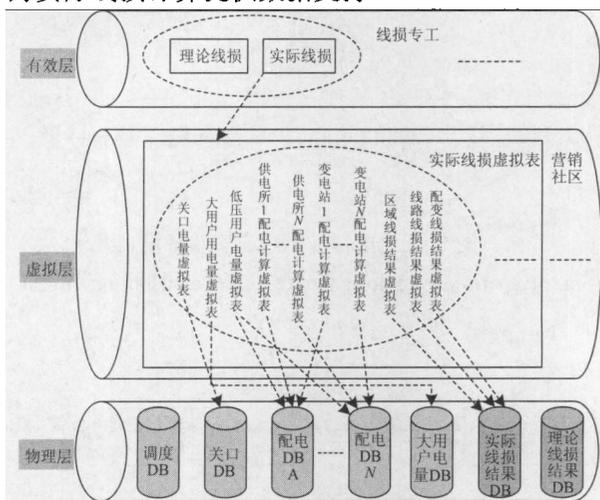


图5 实际线损功能虚拟表构建

Fig.5 Virtual table structure of actual line loss function

### 2.4 配电虚拟数据中心有效层资源组织模型

供电企业的所有业务功能构成了配电虚拟数据中心的有效层资源,有效层资源的组织是在应用的基础上按用户组织的,把每个用户使用的所有业务功能组织在一起。

按照上述方法组织的有效层资源如图4所示,线损专工负责理论线损及实际线损计算两个业务功能;营销局长则负责理论线损分析、实际线损分析等多个高级决策业务功能;方案员只负责设计一个业务功能。

## 3 实现

目前我们在局域网中建立了试验环境,并构建了一个原型系统,对基于VIG构建的配电虚拟数据中心资源组织模型的可行性进行了验证。实验环境包括5台WindowsPC服务节点,每个节点的性能、软硬件配置不同,图6给出了实验环境的组成。

在原型系统中,有的PC机既作为物理数据库服务节点同时也是VIG或Web服务节点;有的PC机上部署了两个物理数据源,构成两个物理数据服务节点。节点之间的虚线连接表示资源注册的连接

关系，任何一个物理数据库服务节点都要注册到 VIG 服务节点上。Web 应用服务程序通过 VIG 提供的接口访问资源。Web 浏览器通过访问 Web 应用程序对资源进行相应操作。整个系统的实现模式如图 7 所示，应用功能及 VIG 资源整合平台共同构成了配电虚拟数据中心。

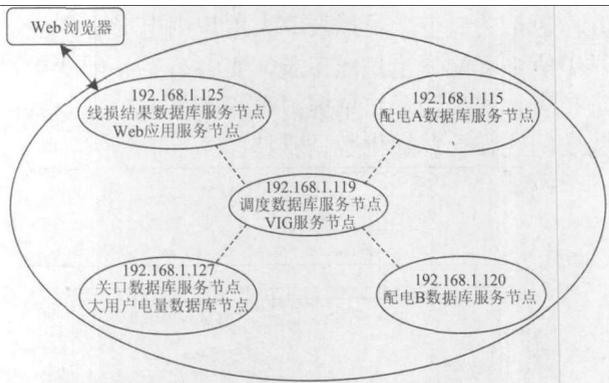


图 6 配电虚拟数据中心实验环境

Fig.6 Experiment environment of power distribution virtual data center

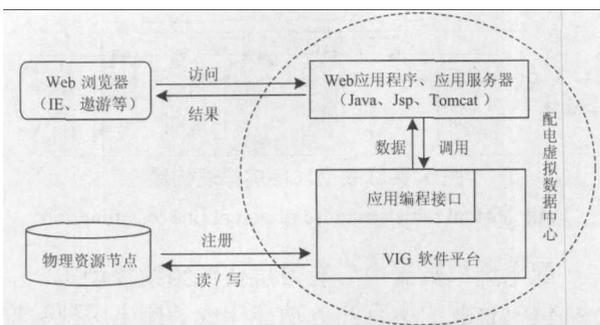


图 7 应用 VIG 构建配电虚拟数据中心的实现模式

Fig.7 Realization pattern of using the VIG construction power distribution virtual data center

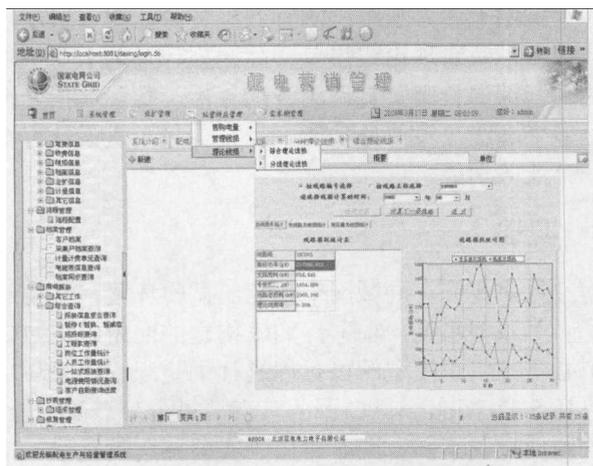


图 8 线损分析应用软件用户访问 Web 界面

Fig.8 Web page of line loss analyzing software

以线损分析应用为例在实验环境上进行实现，

Web 界面如图 8 所示。用户登录线损分析应用软件，选择想要查询的区域名称、线路名称、电压等级、查询时间等条件参数，点击查询按钮进行查询，如果结果数据库中没有相应数据则返回无数据信息，点击计算按钮进行计算，计算结束将结果写入到物理数据库服务器中供下次查询使用。

### 4 结论

本文基于 VIG 对配电虚拟数据中心的资源组织模式进行了研究，虚拟层社区划分采用按组织机构划分的方式，既方便资源的组织，也为上层应用系统的开发提供了很大的便利，取得了在供电企业应用 VIG 组织资源方面的初步成果。采用 VIG 技术构建配电虚拟数据中心大大减少了由于数据库结构不同、应用系统开发环境不同等因素带来的二次开发工作。

### 参考文献

- [1] 王继业. 加大信息资源开发利用力度，推动电力信息化水平迈上新台阶[J]. 电力信息化, 2004, 2(2): 13-17. WANG Ji-ye. Increasing the development and utilization of information resource to promote the electric power informationization to a new level[J]. Electric Power Information Technology, 2004, 2 (2): 13-17.
- [2] 王继业, 张崇见. 电力信息资源整合方法综述[J]. 电网技术, 2006, 30 (9): 83-87. WANG Ji-ye, ZHANG Chong-jian. Survey on power information resources integration methods[J]. Power System Technology, 2006, 30 (9): 83-87.
- [3] 王继业, 辜体仁. 电力企业数据中心建设探讨[J]. 电力信息化, 2006, 4 (2): 16-19. WANG Ji-ye, GU Ti-ren. Electric power enterprise data center construction discussion[J]. Electric Power Information Technology, 2006, 4 (2): 16-19.
- [4] 赵钊林. 基于数据仓库技术的电力数据中心平台设计[J]. 佳木斯大学学报, 2006, 24 (4): 486-488. ZHAO Zhao-lin. Design of data centre platform in electric power corporation based on data warehouse technology[J]. Journal of Jiamusi University, 2006, 24 (4): 486-488.
- [5] 沈沉, 王继业. 网格技术及其在电力系统中的应用[J]. 中国电力, 2004, 37 (5): 77-80. SHEN Chen, WANG Ji-ye. Grid computing and its application in power systems[J]. Electric Power, 2004, 37 (5): 77-80.
- [6] 龚强. 网格技术研发情况综述[J]. 测绘与空间地理信息, 2005, 28 (4): 12-13. GONG Qiang. The survey of the research and development of the grid technology[J]. Geomatics & Spatial Information Technology, 2005, 28 (4): 12-13.

- [7] 徐志伟,李伟. 织女星网络的体系结构研究[J]. 计算机研究与发展, 2002, 39 (8): 923-929.  
XU Zhi-wei, LI Wei. Research on VEGA grid architecture[J]. Journal of Computer Research and Development, 2002, 39 (8): 923-929.
- [8] Foster I, Kesselman C, Tuecke S. The anatomy of the grid: enabling scalable virtual organizations[J]. International Journal of Supercomputer Applications, 2001, 15 (3): 200-222.
- [9] Foster I, Kesselman C, Nick J, et al. Grid services for distributed systems integration[J]. IEEE Computer, 2002, 35 (6): 37-46.
- [10] 祝延波. 国内外网络研究现状浅析[J]. 青海科技, 2005 (4): 60-61.  
ZHU Yan-bo. Present research situation analysis of the grid in China and foreign countries[J]. Qinghai Science and Technology, 2005 (4): 60-61.
- [11] 徐志伟, 李晓林, 游赣梅. 织女星信息网络的体系结构研究[J]. 计算机研究与发展, 2002, 38 (8): 948-951.  
XU Zhi-wei, LI Xiao-lin, YOU Gan-mei. Architectural study of the VEGA information grid[J]. Journal of Computer Research and Development, 2002, 38 (8): 948-951.
- [12] 李伟, 徐志伟. 一种网络资源空间模型及其应用[J]. 计算机研究与发展, 2003, 40 (12): 1756-1762.  
LI Wei, XU Zhi-wei. A model of grid address space with applications[J]. Journal of Computer Research and Development, 2003, 40 (12): 1756-1762.
- [13] 王峰. 网络资源的一种组织方式——社区模型[J]. 河南科技学院学报:自然科学版, 2006, 34 (1): 87-89.  
WANG Feng. An organizational approach of grid resources—the model of community[J]. Journal of Henan Institute of Science and Technology: Natural Sciences Edition, 2006, 34 (1): 87-89.
- [14] 徐志伟. 关于网络社区的若干注记[J]. 织女星网络文档 VGS-6, 2003 (9): 1-8.  
XU Zhi-wei. Certain remarks about grid community[J]. Vega Grid documents VGS-6, 2003 (9): 1-8.

收稿日期: 2009-10-09; 修回日期: 2009-11-07

作者简介:

李汉成 (1972-), 男, 博士研究生, 高级工程师, 主要研究方向为电力系统运行管理、企业信息化研究与应用等;

张佳琦 (1984-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为网络技术在配电自动化中的应用、配网理论与实际线损分析;

杨明皓 (1953-), 女, 博士生导师, 教授, 主要研究方向为电力系统运行与控制、配电自动化、电能质量与谐波。

E-mail: mhyang @cau.edu.cn

(上接第 62 页 continued from page 62)

智能变电站与数字化变电站的区别, 揭示了智能变电站的技术特点, 重点研究了智能变电站对应的高级应用功能。针对智能变电站的运行维护及应急事故处理特点, 提出了几点建议。

### 参考文献

- [1] 胡学浩. 智能电网—未来电网的发展态势[J]. 电网技术, 2009, 33 (14): 1-5.  
HU Xue-hao. Smart grid-future grid development trend[J]. Power System Technology, 2009, 33 (14): 1-5.
- [2] 王明俊. 智能电网热点问题探讨[J]. 电网技术, 2009, 33 (18): 9-16.  
WANG Ming-jun. Smart grid hot topic problems research[J]. Power System Technology, 2009, 33 (18): 9-16.
- [3] 张金江, 郭创新, 曹一家, 等. 变电站设备状态监测系统及其 IEC 模型协调[J]. 电力系统自动化, 2009, 33 (20): 67-71.  
ZHANG Jin-jiang, GUO Chuang-xin, CAO Yi-jia, et al. Substation equipments status-monitoring system and IEC model[J]. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33 (20): 67-71.
- [4] 朱传柏, 郭创新, 曹一家. 基于调度综合数据平台的大规模电网分层故障诊断[J]. 电力系统自动化, 2009, 33 (1): 51-55.  
ZHU Chuan-bai, GUO Chuang-xin, CAO Yi-jia. Big scale grid hierarchical faults diagnosing based on dispatch comprehensive data platform[J]. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33 (1): 51-55.
- [5] 王修庞, 罗虎, 李朝阳. 变电站集控运行管理模式探索[J]. 继电器, 2008, 36 (8): 91-94.  
WANG Xiu-pang, LUO Hu, LI Zhao-yang. Substation centralized control operation management model research[J]. Relay, 2008, 36 (8): 91-94.
- [6] 徐俊杰, 许先峰, 杜红卫, 等. 电网智能操作票管理系统[J]. 电力自动化设备, 2009, 29 (11): 98-101.  
XU Jun-jie, XU Xian-feng, DU Hong-wei, et al. Smart grid operation record management system[J]. Electric Power Automatic equipment, 2009, 29 (11): 98-101.

收稿日期: 2010-03-18; 修回日期: 2010-08-04

作者简介:

李孟超 (1968-), 男, 硕士, 从事电力系统管理工作;  
E-mail: iandu66@126.com

王允平 (1973-), 女, 高级工程师, 主要从事电力系统运行及设备技术监督工作;

李献伟 (1982-), 男, 硕士, 工程师, 从事智能电网方面的研究。