

发电考核系统中轻量级可视化 workflows 的研究与实现

夏家骥¹, 罗滇生¹, 何洪英¹, 胡拯², 吴建飞¹

(1. 湖南大学电气与信息工程学院, 湖南 长沙 410082; 2. 湖南湖大华龙电气与信息技术有限公司, 湖南 长沙 410012)

摘要: 为了进行可靠的电网辅助服务管理, 针对发电考核系统, 给出一种可视化流程管理建模方法。分析各类电网辅助服务的特点及其相互联系, 以及发电考核系统的工作原理, 利用计算机领域的可视化技术和 workflow 技术, 设计了基于关系数据库的轻量级可视化流程管理建模方法。利用该方法对发电考核系统的流程管理进行建模, 并给出了实现过程。使用结果表明, 基于关系数据库的轻量级可视化流程建模方法是有效和实用的, 该模型能提高辅助服务管理的效率和质量。

关键词: 辅助服务; workflow; 可视化; 流程管理; 电力市场

Research and implementation of visual light weight work flow management in electric power generation assessment system

XIA Jia-ji¹, LUO Dian-sheng¹, HE Hong-ying¹, HU Zheng², WU Jian-fei¹

(1. College of Electrical and Information Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China;

2. Hunan HDHL Electric & Information Tech Co., Ltd, Changsha 410012, China)

Abstract: For managing ancillary services effectively, a modeling method of visual workflow management is given for the electric power generation assessment system. With analysis of the characteristics of various types of ancillary services and their correlation and the work principle of the electric power generation assessment system, using visual technology and workflow technology in the field of computer, a modeling method of visual lightweight workflow management based on relational database is designed. Using this method, the workflow management of the electric power generation assessment system is modeled, and the implementation process is given. The results show that the modeling method of visual lightweight workflow management based on relational database is effective and practical. The efficiency and quality of ancillary services management can be improved by this model.

Key words: ancillary service; workflow; visualization; workflow management; power market

中图分类号: TM73 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2011)03-0084-06

0 引言

电力安全生产事关国家安全和社会稳定的大局, 安全可靠的电力供应对于保持社会稳定和促进经济发展具有十分重要的意义。作为电力市场的重要组成部分, 电网辅助服务是为保障电力系统安全稳定运行和电力供应质量必不可少的一种服务, 对于我国的电力市场有着举足轻重的影响。在电力市场环境, 提高辅助服务的质量可以增加电网的输电容量和效益。

workflow 的概念起源于生产组织和办公自动化领域, 提出的目的是通过将工作分解成定义良好的任务、角色, 按照一定的规则和过程来执行这些任务并对它们进行监控, 达到提高工作效率、降低生产成本、提高企业生产经营管理水平和企业竞争力的

目标。

传统的工作流开发技术难度高、工作量大, 开发过程相当复杂, 对于非计算机专业的工作人员而言, 操作起来非常不便。基于关系数据库的轻量级 workflow 技术采用关系结构和轻量级这两个概念来设计 workflow。基于关系数据库的 workflow 中的数据模型 (即机构模型和信息模型) 全部通过关系结构来表达; 控制 workflow 运作的各种程序逻辑 (即控制模型) 也是通过常规关系数据库管理系统中所提供的存储过程、包以及触发器等机制来实现; 同时, 事务的并发控制也通过数据库系统所提供的机制来实现。轻量级的工作流指的是从够用、灵活和低成本的设计原则出发, 不追求 workflow 引擎的功能的完备和复杂, 只是实现其中必不可少的功能和特征^[1]。

发电考核系统是考核各并网发电厂提供的辅助

服务质量的软件系统, 该系统对改善电网辅助服务质量从而保障电力系统安全稳定运行和提高电力供应质量具有重要意义。本文将基于关系数据库的轻量级 workflow 技术用于发电考核系统中的流程管理模块开发, 降低了开发过程中的技术难度, 减少了工作量, 并且使开发出来的系统操作简便、易于维护。

1 发电考核系统简介

发电考核系统全称为电网发电厂辅助服务管理及并网运行管理技术支持系统, 是一个以省电力调度中心为主站, 对各并网运行的发电厂或发电机组进行辅助服务指标考核的技术支持系统。

1.1 电网辅助服务的定义及分类

电网辅助服务是指为维护电力系统的安全稳定运行, 保证电能质量, 除正常电能生产、输送、使用外, 由发电厂提供的服务, 包括基本辅助服务和有偿辅助服务, 具体分类有: 黑启动、旋转备用、无功补偿、一次调频、自动发电控制、基本调峰、基本无功调节、有偿调峰和有偿无功调节等。

电网辅助服务往往与发电、输电、配电的各环节密切相关, 要提高辅助服务质量、达到某种预期的运行状态, 就需要系统调度员协调各种辅助服务。在电力市场环境下, 独立发电厂对用户不可能无条件地提供辅助服务, 因此, 必须能够确定与每一项辅助服务相关的费用、各辅助服务供应者相应的贡献、各用户使用了哪些辅助服务及其使用量^[2-3]。

发电考核系统中, 运用基于关系数据库的轻量级 workflow 技术开发出来的流程模块解决了电网辅助服务管理中的协调问题。在 workflow 的控制下, 系统对并网发电厂的各项辅助服务考核能够配合进行, 考核结果得到有效处理。

1.2 系统设计思路和基本模块

为了从技术上保证系统灵活的扩展能力、良好的可再升级性能和快速移植的能力, 发电考核系统采用目前计算机领域最先进且成熟的多层体系 Browser/Server (B/S) 结构, 提供开放的数据接口模块, 实现与调度自动化系统、发电计划系统、能量管理系统 (Engine Management System, EMS)、电网调度生产管理系统 (OMS)、电能量计量系统 (Tele Meter Reading System, TMR) 等相关系统的数据通信。系统为运行管理提供足够的考核信息和考核技术支持, 并生成相关数据报表和发布信息。该系统包含基础信息、申报审批、考核管理、发电考核、考核补偿、统计分析、信息发布和系统管理等主要功能模块。系统主体工作分解图如图 1。

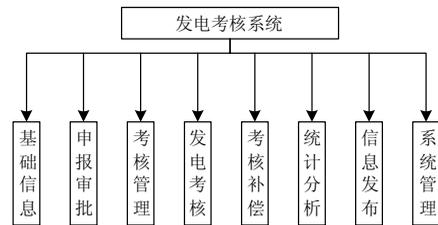


图1 系统主体图

Fig.1 Overall view of the system

1.3 系统中的流程管理设计

流程管理 (Process Management, PM), 又称企业流程管理 (Business Process Management, BPM), 20 世纪 90 年代最早由企业界提出, 并应用于企业管理的一种新的管理思想和管理方法。它是指将工作活动分解为若干工序, 为每道工序安排恰当的角色、任务、规则和目标来进行执行和监控。以持续提高工作效率和组织整体的协调运作能力, 为企业更好地实现经营目标提供服务。流程管理具有动态性、整体性、不可逆性和目标一致性^[4-9]。

发电考核系统的总体运行遵循一套固定的规则, 系统以月为考核周期, 定时或者人工触发获取考核所需的各类原始数据, 根据各电厂和机组的考核设置以及免考核时间范围设置, 启动考核管理流程。按照发电厂并网运行考核和辅助服务补偿实施细则, 计算各电厂各类考核的奖惩电量, 并按照考核电量返还原则计算各电厂的返还电量。考核结果向电厂发布后, 如果在指定时间范围内没争议, 则完成月度考核, 考核结果进入结算并将最终结果发布给各电厂。

为了保证发电考核系统在这一规则下安全稳定运行, 系统中设计了一个总体流程, 负责管理整个系统的运行。总体流程每月启动一次, 包括考核数据准备、考核补偿计算、考核结果发布和电厂反馈等环节, 具体的流程图如图 2 所示。这个流程具有

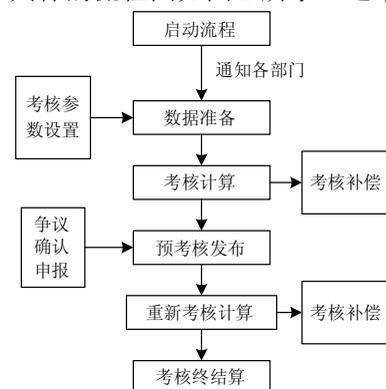


图2 系统总体流程图

Fig.2 Flowchart of the system

监视整个系统的功能，并且能为用户提供可视化的信息。用户通过总体的可视化流程管理，可以实时把握系统运行的状态以及各项辅助服务考核的进展情况。

2 系统流程管理的可视化定义

在 workflow 系统体系结构中，第一步就是通过过程建模工具来生成过程定义。发电考核系统中对过程的定义采用 JS+VML+XML 语言来实现，通过 JS 使得 VML 和 XML 相互转换。下面对工作流过程定义构成元素做出说明。

2.1 流程属性

流程属性是 workflow 元素的基本属性，描述 workflow 性质，包括基本属性，VML 属性和 workflow 属性^[7-8]。基本属性包括 workflow 名称、所属类型等；VML 属性包括可视化显示的各种配置信息；workflow 属性包括运行设定、通知模式、监控模式、流程启动设置等。

2.2 节点

流程执行的每一个步骤都可以视为一个节点，在一个 workflow 过程定义中，包含多个节点，节点的定义同样包括基本属性、VML 属性和 workflow 属性。基本属性包括节点名称和节点类型（begin、fork-or/join-or、fork-and/join-and、normal、fork-filler/join-filler 和 end）。

(1) 开始节点 (begin)

开始节点描述流程整个运转过程的起始状态，通过手动或自动触发启动流程。在整个流程中有且只有一个。

(2) 选择路由节点 (fork-or/join-or)

选择路由节点分为选择分支和选择汇聚两种类型，选择分支描述连接该节点的后续路由路径是可以根据需要进行选择的；选择汇聚描述汇集与该节点相连的前驱路由路径。选择分支和选择汇聚是可以显式存在或隐式存在的，当条件符合时，自动选择满足条件的路径，否则，将通过人工进行选择。如图3所示。

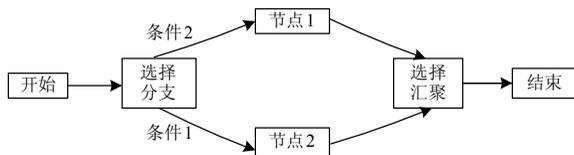


图3 选择路由节点

Fig.3 Routing node

(3) 并发路由节点 (fork-and/join-and)

并发路由节点与选择分支有些相似，也分为并

发分支和并发汇聚两种类型，但是并发分支描述连接该节点的后续路由路径是并发的，要一起选择，分支和汇聚同时存在。如图4所示。

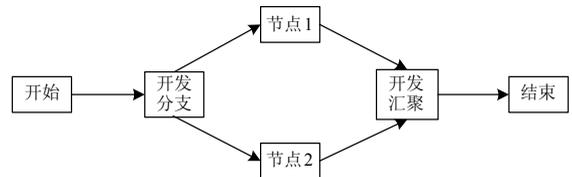


图4 并发路由节点

Fig.4 Concurrent node

(4) 审批节点 (normal)

如果节点类型为审批 (normal) 节点，则基本属性还包括消息提醒设置、结束时间设置和超时自动处理设置。workflow 属性中包括节点产生的任务对应的参与者，在 workflow 体系结构中描述为“组织/角色模型数据”。

(5) 会签节点 (fork-filler/join-filler)

会签节点也属于一种路由节点，和选择或并发路由均有部分类似。与选择路由节点不同之处在于它任务的产生是类似于并发，与并发路由节点不同之处在于它只需要审批节点中的一方就可以继续推进流程的运行。如图5所示。

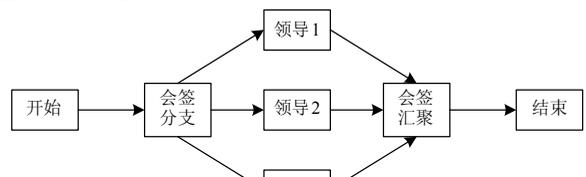


图5 会签路由节点

Fig.5 Countersignature node

(6) 结束节点 (end)

结束节点描述整个流程流转的结束。和开始节点一样，结束节点在整个流程中有且只有一个。

2.3 路径

路径用来连接两个节点，这样当流程执行到某一节点时，就可以通过路径知道与该节点连接的前驱节点（开始节点除外）和后继节点（结束节点除外）。所以在路径 XML 节点定义中，在流程属性上必须出现 from 和 to 属性，指示该路径是由哪个节点发出，到哪个节点结束。

2.4 参与者

workflow 参与者有如下类型：角色、人、系统等，角色作为抽象的执行者，在运行时被分配到具体的人或程序。

图6所示为绘制好的可视化综合流程图。此流程图中集单一角色顺序流程、多角色顺序流程、选

择分支流程和会签流程于一体。

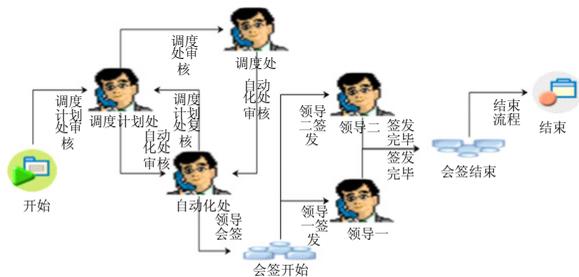


图6 综合流程图

Fig.6 Composite flowchart

3 基于关系数据库的系统建模

工作流各元素映射到数据库后与其他数据模型的关联关系如图7所示。流程可视化定义后的XML文件通过工作流引擎的解析,最终映射到数据库中。发电考核系统采用java的XML APIDom4j来解析XML文件。Dom4j是一个易用的、开源的库,用于XML, XPath和XSLT。它应用于Java平台,采用了Java集合框架并完全支持DOM, SAX和JAXP。

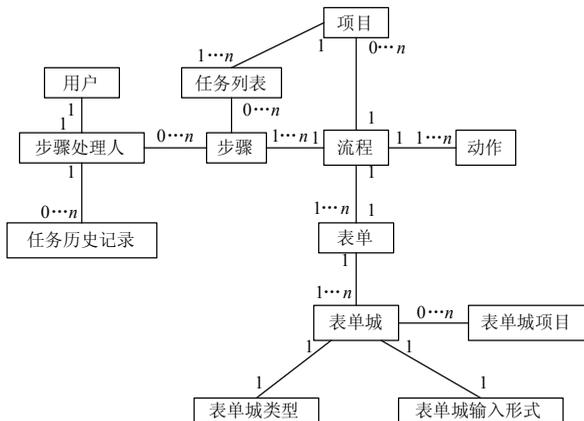


图7 工作流元素映射类关联图

Fig.7 Dependence graph of workflow element mapping

映射类说明:

(1) 项目。这里的项目是泛指, 可以是公文、借款单、报销单等。

(2) 表单。为流程定义表单, 是对项目的一种扩展, 也是为路径条件的选择提供前台页面的输入。

(3) 用户。用户一般为系统内部登陆用户, 也可以是系统本身。

(4) 任务列表。当流程流转到审批节点时, 将会根据审批执行者的个数来生成相应的任务列表, 在任务列表中有任务状态和版本号两个字段, 任务状态用来区别该任务的完成进度; 版本号相当于乐观锁的作用, 防止数据的脏读。

(5) 审批执行者。每个审批节点定义不同的审批执行者, 审批执行者来源于系统用户, 因此该映射类用来记录审批节点和执行者的对应关系。

(6) 历史记录。审批执行者对自己任务的处理, 都将记录到历史记录中, 方便以后查询。

3.1 单一角色顺序流程

单一角色顺序流程模型中, 每个审批节点的审批执行者同为一个角色, 且每个审批节点只有一个前驱节点和一个后继节点(如图8所示)。在工作流引擎中过程的推进采用如图9所示的调度原理。

新建项目相当于建立流程的一个过程, 初始化状态为“草稿”状态。该状态下, 项目还没有与流程绑定, 当用户启动流程时, 更新项目状态为“处理中”。此时项目已经与具体流程进行绑定, 通过流程起始节点, 可以查询到从起始节点发出的路径, 从而得到后继节点。这样就完成过程的推进。

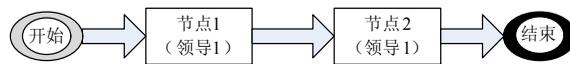


图8 单一角色顺序流程

Fig.8 Single role sequential flowchart

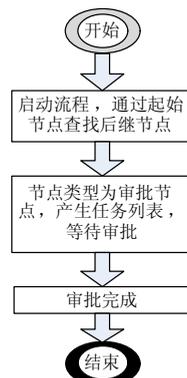


图9 单一角色顺序流程过程调度

Fig.9 Process scheduling of single role sequential flowchart

3.2 多角色顺序流程

多角色顺序流程模型(如图10所示)调度机制与单角色顺序流程模型一样, 只是在产生任务列表时, 分配任务到不同的执行者。

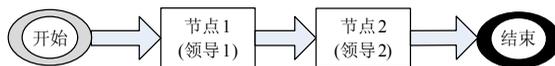


图10 多角色顺序流程模型

Fig.10 Multiple role sequential flowchart model

3.3 并发分支流程

并发分支流程中具有一个并发分支节点和一个并发汇聚节点, 且二者并存。当引擎对后继节点进行解析时, 分析得到该节点为并发分支节点, 则获

取该节点的所有路由路径。继续推进过程直到遇到各路由路径导向的审批节点，产生任务列表。此时，流程将在此挂起，等待执行者将任务检出并审批。执行者审批完各自的任务将任务状态设置为已检出，并通知引擎任务已完工，同时，触发流程向并发汇聚节点推进（如图11所示）。

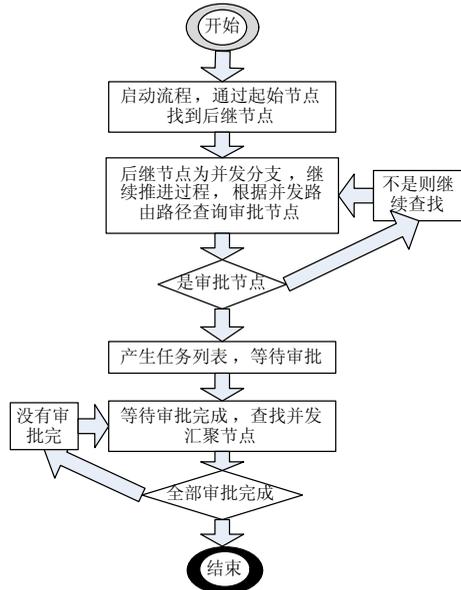


图11 并发分支流程过程调度

Fig.11 Process scheduling of concurrent branches

引擎解析出当前节点为并发汇聚节点，则搜索所有与之汇聚的路由路径的发起方，判断各发起方产生的任务列表是否均完工。如果完工，则继续推进，否则挂起等待。整个过程中调度器对过程状态的转变可以用图12表示。

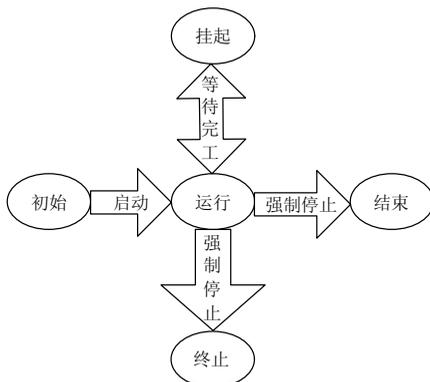


图12 过程状态转变图

Fig.12 State transition diagram

终止状态为管理员对项目进行监控时，执行的强制性命令，促使流程非正常结束。

3.4 选择分支流程

选择分支流程模型中选择分支节点和选择汇聚

节点的存在没有强制性要求，这说明在此模型中这二者的存在性是可显可隐的。当引擎遇到有多条路径可路由时，它会默认此情况为选择路由，然后根据用户页面传来的参数，判断是否满足路由条件。如果满足则自动选择路径，并继续向下推进；否则，列出所有可选路径供用户选择，由用户手动触发过程的推进（如图13所示）。

会签流程模型的过程调度集选择和并发两种模型于一体，会签分支和会签汇聚并存，且只要路由一方执行审批即可继续推进过程。

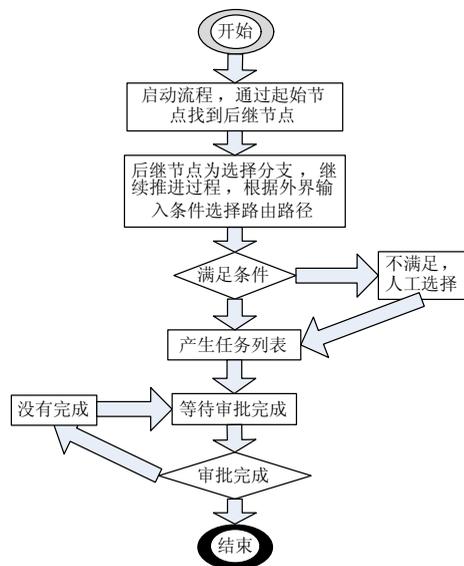


图13 选择分支流程过程调度

Fig.13 Process scheduling of routing branches

3.5 表单自定义

在选择分支流程模型中，条件的设定是在流程定义好之后，由表单自定义工具来对流程进行设定的。如何才能灵活地制定各种表单来满足客户的需求，且不破坏数据库的结构，是设计中的一个难点。系统中采用Java的反射机制和页面模板引擎Freemarker来解决这个难题。Freemarker是一个基于MVC模式和模板生成文本输出的通用工具，具有强大的模板语言和通用的数据模型。它的工作模型如图14所示。

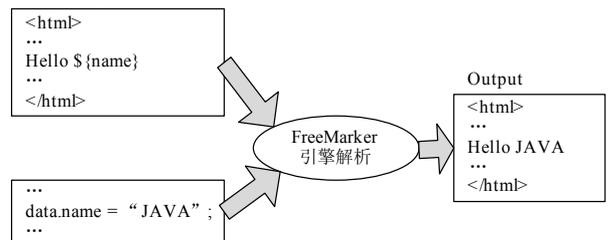


图14 FreeMarker工作模型

Fig.14 FreeMarker working model

FreeMarker不是直接反射到Java对象,而是Java对象通过插件式对象封装,以变量的形式在模板文件(Template File)中显示。通过这样分离可视化设计和应用程序逻辑,达到MVC模式的要求。

以上就是系统流程管理模块各组成部分的分类建模方案设计与实现方式分析。通过以上各分类的建模,完成了整个系统流程管理模块的建模,从而使基于关系数据库的轻量级 workflow 技术在发电考核系统的流程管理中得以实现。

4 结论

发电考核系统是一个复杂的大型综合性系统。发电考核系统开展需要从多个相关系统获取数据,其中部分考核类型需要的数据采样频率高,数据处理量大。此外考核业务涉及到多个部门间的分工协作,以及电网公司和各个电厂之间的协调运作,管理工作相对复杂,需要系统支持各项考核业务执行。使用流程管理可以满足这一系列需求。

本文重点介绍了一种适用于发电考核系统的流程管理设计方案,即使用基于关系数据库的轻量级 workflow 技术开发可视化流程管理模块的方法。这一方法的应用使系统开发过程中技术难度降低,工作量减小。通过这一方案开发出来的可视化流程管理模块功能健全、实用性强,便于操作和维护。目前,发电考核系统已在华中电网部分地区得到成功应用。

参考文献

- [1] 何清法,李国杰,焦国梅,等.基于关系结构的轻量级 workflow 引擎[J].计算机研究与发展,2001,38(2):129-137.
HE Qing-fa, LI Guo-jie, JIAO Guo-mei, et al. Light weight workflow engine based on the relational structures[J]. Journal of Computer Research and Development, 2001, 38(2): 129-137.
- [2] 曾鸣,赵庆波.电力市场中的辅助服务理论及其应用[M].北京:中国电力出版社,2003.
ZENG Ming, ZHAO Qing-bo. Theory and application of ancillary services in power market[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2003.
- [3] 姚建刚,章建.电力市场分析[M].北京:中国高等教育出版社,1999.

YAO Jian-gang, ZHANG Jian. Power market analysis[M]. Beijing: China Higher Education Press, 1999.

- [4] Overbye T J. Power system visualization[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(16): 60-65.
- [5] 张志刚,黄解宁,岳澎.流程管理发展的当代趋势[J].现代管理科学,2008(1):88-89.
ZHANG Zhi-gang, HUANG Jie-ning, YUE Peng. Contemporary trends in the development of process management[J]. Modern Management Science, 2008(1): 88-89.
- [6] BIRBY B, HIRST E. Unbundling electricity ancillary services[J]. IEEE Power Eng Rev, 1996, 16(6): 5-6.
- [7] 蔡瑞强,程浩忠.基于中间件技术的电力市场辅助服务实时数据库设计[J].继电器,2007,35(12):15-17,22.
CAI Rui-qiang, CHENG Hao-zhong. A real-time database of the electricity market services design based on middleware technology[J]. Relay, 2007, 35(12): 15-17, 22.
- [8] 雷云川,吕飞鹏,胡美蓉,等.基于工作流的电网检修计划管理系统研究[J].继电器,2006,34(22):40-45.
LEI Yun-chuan, Lü Fei-peng, HU Mei-rong, et al. Studies on the management system of maintenance scheduling for power systems based on workflow[J]. Relay, 2006, 34(22): 40-45.
- [9] 罗正军,姚建刚,罗滇生,等.基于工作流技术的发电企业管理信息系统的研究与开发[J].继电器,2004,32(2):53-56.
LUO Zheng-jun, YAO Jian-gang, LUO Dian-sheng, et al. Research and development of power plant management information system based on workflow technique[J]. Relay, 2004, 32(2): 53-56.

收稿日期:2010-02-21; 修回日期:2010-04-15

作者简介:

夏家骥(1986-),男,硕士研究生,研究方向为电力市场理论及其应用、电网规划;E-mail: xiajiaji1986@126.com

罗滇生(1971-),男,博士,教授,硕士生导师,研究方向为电力市场理论及其应用、智能电网;

何红英(1976-),女,博士,硕士生导师,研究方向为电力系统在线监测。