

开放式输变电设备状态监测信息平台设计与实现

谢善益¹, 杨强¹, 王彬², 周刚¹

(1. 广东电网公司电力科学研究院, 广东 广州 510600; 2. 威海欣智信息科技有限公司, 山东 威海 264209)

摘要: 设计和实现开放式的输变电设备状态监测信息平台。以标准化的方式组织数据, 采用关系型数据库与实时数据库相结合的优化数据存储, 汇集生产管理系统、能量管理系统、变电设备状态监测、输电设备状态监测、环境监测等系统的数据, 经过筛选、转换、合并, 形成统一的数据结构。通过标准接口对外发布, 供各类监测相关的应用程序访问, 具有很好的数据开放性。易于扩展接入新系统, 可为输变电设备状态数据分析提供长期支持。现已有多种输变电设备状态监测高级应用从平台获取各类数据。

关键词: 开放式; 输变电设备; 状态监测; 信息平台; 数据整合

Design and implementation of open information platform for transmission and transformation equipment condition monitoring

XIE Shan-yi¹, YANG Qiang¹, WANG Bin², ZHOU Gang¹

(1. Electric Power Research Institute of Guangdong Power Grid Corporation, Guangzhou 510600, China;

2. Weihai CIMSTech Co., Ltd., Weihai 264209, China)

Abstract: An open power transmission and transformation equipment condition monitoring information platform is designed and realized. It organizes data in a standardized, optimizes data storage combined with relational database and real time database, and collects data of production management system, energy management system, power transformation and transmission equipment condition monitoring system, and environment monitoring system. After screening, conversion and merging, a unified data structure is formed which can be published through the standard interfaces and accessed by condition monitoring applications. New condition monitoring system can be easily joined in the platform, and the platform can provide long-term support for comprehensive analysis of condition monitoring data. There are many kinds of power transmission and transformation equipment state monitoring of advanced applications obtaining various types of data from the platform.

Key words: open type; power transmission and transformation equipment; condition monitoring; information platform; data integration

中图分类号: TM73 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2014)23-0125-06

0 引言

准确的输变电设备状态分析需电气、绝缘、机械、化学等多维度监测信息综合电网运行及设备维护信息。按专业特性建立的绝缘在线监测^[1-2]、GIS局放在线监测^[3]、变压器油色谱在线监测^[4]、输电线路舞动监测^[5]等监测系统已在指定特征监测领域发挥了重要的作用, 能量管理系统提供的电网运行信息和安全生产管理系统提供的设备技术参数及检修测试报告等为结合状态监测值的分析提供了支持。

现有输变电设备状态监测数据及相关电网运行维护信息的利用存在的主要问题: ①信息建模基准

不同, 不同系统的描述方式存在较大差异, 对象匹配困难; ②各类系统访问接口差异巨大, 需要单独编写接口转换信息后才能对程序化分析提供支持; ③在线监测系统类型不断扩展, 每个新监测系统上线后, 所有需利用该系统的相关分析软件, 都需各自开发接口实现互联; ④在线监测数据零散管理, 数据共享至其他系统困难。部分已经建立的监测数据中心提供了数据的整体管理^[6], 但在数据标准化和开放性方面还有待加强。本文通过设计和实现开放式输变电设备状态监测信息平台解决以上问题。

平台以结合能量管理系统和安全生产管理系统构建的电网逻辑模型和设备模型为基础, 全面整合变压器在线监测、GIS在线监测、覆冰在线监测^[7]、

绝缘污秽在线监测、动态增容监测、雷电定位、故障定位、微气象监测、防山火监测、电能质量在线监测等十余种类型的在线监测系统数据，基于输变电设备状态监测数据统一信息模型进行数据规范化，解决数据描述不一致和编码不统一的问题；以标准化接口提供给高层分析应用和需要使用在线监测数据的其他系统，解决数据交互方式不统一的问题。系统采用模式驱动开发方法，信息汇集、转换、发布均基于统一信息模型^[8]，遵照模型扩展、数据接入、规范融合、标准化发布的过程，使新的监测类型或系统不断接入到系统中，解决系统的扩展性问题。平台信息模型和访问接口标准化、扩展性强，体现了良好的开放性。

1 系统设计

开放式平台为使信息充分得到共享从而最大程度地提升平台和数据的价值，必须做到系统元数据（包括定义语义的信息模型和规定语法的接口规范）标准和对象标识统一管理。作为输变电设备状态监测数据统一建模和标准化管理及发布的平台，采用电力系统管理及其信息交换标准化委员会制定的 IEC 61970、IEC 61968 系列标准，通过公共信息模型（Common Information Model, CIM）统一模型^[9]，通过组件接口规范（Component Interface Specification, CIS）统一接口^[10]，基于企业数据对象编码规范确定对象标识。

系统核心是一个标准化、可扩展的状态监测数据一体化管理中心，基于关系数据库和实时数据库构建，在其中，电网模型、设备模型、监测数据、试验报告、缺陷报告、事件、实时和历史数据对象通过关联互相引用，形成符合输变电设备状态监测数据统一信息模型的去冗的整体数据。在一体化数据管理基础上，按模型、实时、事件和历史数据四大类通过标准化接口发布数据；系统内置提供模式管理、监测点管理等管理工具；架设数据统计分析、业务报表等应用服务如图 1 所示。

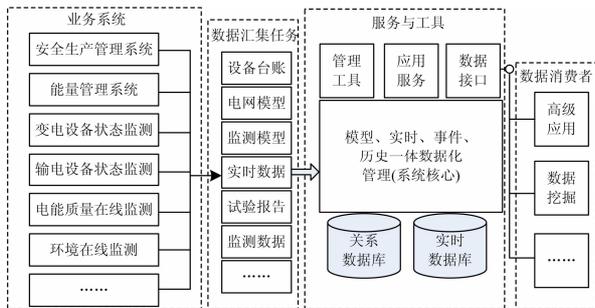


图 1 系统结构图
Fig. 1 System structure

系统的数据汇集及标准化处理模块以任务的方式对各源系统数据进行抽取、校验、转换后集成至平台，是各外部源系统与开放式平台的数据汇集桥梁。

各类依赖输变电设备状态监测数据的应用系统作为平台的数据消费者，通过标准的数据接口获取各种所需数据，用于数据挖掘、综合分析和综合展示。

2 信息模型

为实现输变电设备状态监测数据一体化管理，构建了输变电设备状态监测统一信息模型（UCMM）。UCMM 以包含 IEC 61970、IEC 61968 两部分的 IEC TC57 公共信息模型为基础，定制出适用于输变电设备远程诊断信息平台的信息模型。

2.1 基础模型构建

基础模型包括逻辑电网、物理设备及与之相关的文档、量测等。重点选取 TC57 CIM 中的电力系统资源（Power System Resource）体系管理电网模型、资产（Asset）体系管理物理设备、文档（Document）体系管理试验报告和缺陷报告、量测（Measurement）体系管理电网运行数据和监测数据。

2.2 监测模型扩展

在基础信息模型之上扩展的内容包括：监测点和监测装置、设备试验、环境监测、支撑设备等原 IEC TC57 中未定义但输变电设备状态监测数据统一管理需要的部分。

以监测点类扩展为例，建立 MonitoringPoint 作为电力系统资源（Power System Resource）的子类，以便拥有与监测点绑定的监测值（归属量测大类），如图 2 所示。

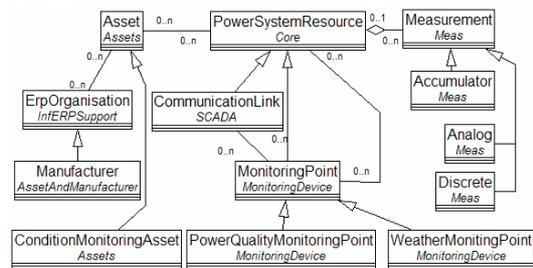


图 2 监测点模型
Fig. 2 Monitoring point model

Monitoring Point 到 Power System Resource 的关联，指明该监测点所监测的目标对象。除用于归属电力设备的一组监测数据的监测点外，建立特化监测点类型描述电能质量监测点（Power Quality Monitoring Point）和气象监测点（Weather Monitoring

Point) 等。利用监测点与 Communication Link 的关联描述监测点的通信通道。通过扩展状态监测点资产 (Condition Monitoring Asset) 类, 描述监测点本身的参数、厂家等信息。

UCMM 的模式文件是一体化数据管理的顶层控制文件, 用于指挥协调基于对象-关系映射建立存储体系、数据转换、数据标准化访问等各方面的设计和实现。

3 数据管理

3.1 模式管理

平台的模式管理工具提供可视化模式查看、编辑功能, 用以适应对模型逐步扩展的要求。通过该模式管理工具, 按照预定义的面向对象 (OO) 信息模型到关系 (R) 模式映射规则, 自动实现 OO-模式到 R-模式的转换, 生成相应的关系数据库表信息及数据库操控脚本。信息模型描述的用户界面完全采用 OO 模式以与 IEC TC57CIM/UCMM 的描述形式匹配。模式管理工具对已有信息模型的编辑与扩展不影响已存储对象数据的完整性与正确性。

3.2 对象标识管理

多个源系统数据一体化管理的关键是对象标识整体管理及匹配。在信息平台中根据企业信息对象编码规范, 采用以下规则建立对象标识库和映射体系: ①确定模式中实体类的源系统; ②如果源系统编码能够符合企业信息对象编码规范的要求, 则直接利用该编码, 否则根据编码规则自行编码; ③在数据汇集及标准化过程中, 建立各业务系统模型对象编码到平台对象编码的映射。

3.3 数据存储管理

可被 UCMM 描述的结构化数据存储于通过 O-R 映射建立的关系型数据库。将面向对象的数据类型继承优势与存储的分散化处理结合, 每个子类建立成单独的数据表以优化访问速度, 同时可根据模式快速检索查询范围内包含的子类, 利用联合查询为数据访问客户端提供支持。

非结构化数据如图形、数据文件, 根据与对象数据的关系, 部分通过内置在对象属性中实现非结构化数据的关系数据库存储 (Blob 类型); 更多的图形、谱图、录波等数据文件, 则在模式的指引和结构化字段记录文件名称及变化的前提下, 保存在文件系统中, 通过文件共享服务对外发布。

实时和历史数据采用实时数据库作为数据存储, 实时数据可自动沉淀为历史。一体化数据管理中的实时数据服务器结合内存快速索引、实时数据缓存满足数据实时订阅需求, 历史数据服务则直接

读写实时数据库, 提供快速历史数据查询。事件数据存储于关系数据库^[11]。

3.4 监测业务数据管理

开放式输变电设备状态监测信息平台重点管理的业务数据是监测数据。监测点是监测数据的采集装置和监测项的挂接点, 因此确保各类监测点的完整性和正确性至关重要。平台提供独立的监测点管理工具用于统计、核对、修正和维护各类监测点。

管理内容包括监测点的装置标识、生产厂家、投运日期、投运状态、数据采集通道、监测相别、被监测设备信息和维护记录等。为提高监测点维护方便性, 按照输变电种类、地区、厂站、监测类型、投运状态进行分类管理。

3.5 接口实现

输变电设备状态监测数据整体基于公共信息模型描述, 相应地发布其模型及动态数据, 采用组件接口规范 (Component Interface Specification, CIS) 是最理想的方式。基于 CIS 接口访问数据能大大提高电力系统应用间的互操作性, 减少向系统中增加新应用所需要的费用和时间、提高各分离系统之间交换信息的能力。

平台的数据发布体系实现以下接口: ①IEC 61970-403 通用数据访问 (GDA) 访问接口^[12], 基于 GDA 的请求、应答式接口发布模型数据, 包括对象查询、类查询、关联查询及对各种过滤条件的支持; ②IEC 61970-404 高速数据访问 (HSDA) 接口^[13], 提供实时数据访问。除一般的请求应答数据交换, 重点支持订单式订阅: 客户向服务器订阅关心的数据, 当数据可得或者被更新的时候, 服务器将相关的数据推送给客户, 提高实时性, 同时避免传输不必要的数据; ③IEC 61970-405 通用事件和订阅 (GES) 接口^[14], 实现事项的订阅、过滤和分发。服务的机制是通过客户发起建立与服务器的连接并提交订单, 连接建立后, 一旦服务器中出现事件, 服务器就回调客户把警报或事件传递给客户; ④IEC 61970-407 时序数据访问 (TSDA) 接口^[15], 支持根据时间段或时间点读取历史数据, 并可对指定时段内的数据进行聚合计算, 支持同步方式、异步方式的历史数据读取。

CIS 接口独立于操作系统和编程语言定义, 能够适应不同应用程序使用不同语言、跨操作系统的开发需要。

4 多源数据规范化整合

平台本身除部分监测业务数据外, 数据均源自各外部源系统。开放式输变电设备状态监测信息平

台需要整合的数据包括：逻辑电网模型，即以电网设备功能角度抽象描述的电网及设备连接模型；物理设备数据，包括物理设备台账、技术参数、生产厂家信息等；设备状态监测数据，即表征输变电设备自身状态的电气类状态及化学类状态数据；电网运行数据，设备运行电压、经由设备输送、消耗的电能等；设备缺陷报告；设备试验报告；环境数据等等。分为静态数据（结构化模型数据、图形、图谱文件）和动态数据（实时数据、历史数据和事件）。上述数据的汇集如图 3 所示。

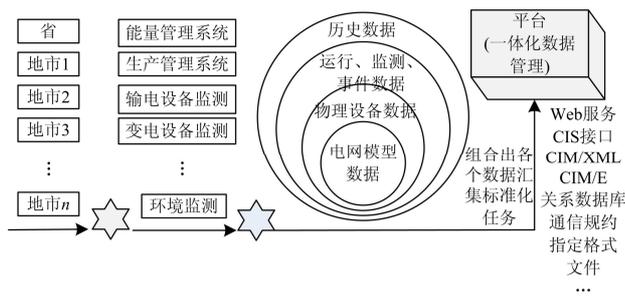


图 3 数据汇集示意图

Fig. 3 Data collection schematic diagram

为省、地各源系统的不同类型数据汇集建立数据汇集任务^[16]，通过各类接口访问到数据并基于模式和编码规则规范化后，写入平台形成一体化数据。

4.1 汇集数据内容及来源

汇集的数据包括各地市及省级源系统中的相关数据。其中逻辑电网模型、物理设备、技术参数、试验报告、缺陷报告以及电网运行数据来源于生产管理系统和能量管理系统。

监测数据包括变电类监测、输电类监测、环境监测。变电监测装置集中在站内，由汇集任务通过 IEC 61850 协议采集后接入平台；输电和环境监测装置部署位置比较分散，往往是通过 GPRS 等通信方式将数据上报到各监测子系统，监测子系统导出后再由汇集任务传送到平台。

4.2 汇集任务和接入方式选择

部分源系统仅建有省级系统，部分源系统各地市具有相应的系统。根据系统的地域属性结合专业属性及电网模型、物理模型、实时及事件数据、历史数据四个数据维度，组合出相互间存在执行次序（依赖关系）的汇集任务集合。

平台的数据汇集任务支持以 CIS 接口、数据文件（如 CIM XML 文件、CIM/E 文件等^[17]）、数据库、WebService 服务、通信规约等多种方式进行数据抽取，满足各种业务系统的数据接入需求。具体而言，生产管理系统数据以 CIM/XML 文件形式提供，包

括设备功能位置模型、资产模型、技术参数以及缺陷报告和试验报告；EMS 系统电网模型以 CIM/XML 文件的方式提供，实时数据以 E 格式文件提供。

需要注意的是，输电类监测子系统的监测数据大多采用松耦合的方式接入（接入与被接入系统不直接建立数据连接，通过导出和导入文件方式间接交互）。其主要原因是输电类监测子系统繁多，在满足数据访问实时性要求的情况下，各状态监测子系统定时导出指定形式文本（如 CIM/E 文件）和图像数据文件等到文件共享区域，再由汇集任务通过 ftp 等方式定时获取，经加载、解析和映射后写入平台完成整合，可降低开发工作量并为过程数据核查提供便利。

4.3 数据整合

平台的模型是基于 UCMM 相互关联的一体化、统一管理的对象集合，从各业务系统抽取来的数据格式各式各样，需要将其转换成符合平台要求的对象数据。对于不同版本的 CIM 模型，要进行模式映射转成与平台版本相同的模型。

来自不同源系统的数据需要进行合并和拼接^[18]。不同源系统的模型按照特征值进行合并，主要采用基于电网层次的路径名作为对象特征值，在各系统对象名称规范化以后，将电网一次设备模型拼接好，再将二次设备、资产（物理设备）等进行相应的挂接。对于个别名称不匹配的对象，数据汇集任务将问题报出，提供人工干预界面，由人工匹配或修改源系统数据后再次自动化导入^[19]。

实时、历史和事件数据都以模型数据为基础，在完成模型汇集后，实时、历史和事件就可以做相应的挂接和更新。

4.4 增量更新

完成各业务系统的模型数据初始化导入后，源系统数据再发生变化时，数据汇集任务对平台的模型数据进行增量更新。先将规范化后的最新模型与上次导入的模型进行差分比较，得出增、删、改结果集，再分别对数据平台的模型执行更新操作。

5 新监测系统接入

平台对新的监测系统接入充分开放，可通过以下步骤完成系统的接入。

如图 4 所示，首先确定新系统数据输出内容，分析是否需要模式扩展，如果需要，则扩展模式，形成 UCMM 升级版本后用模式管理工具进行在线扩展并应用到数据存储，使平台能管理新业务数据。

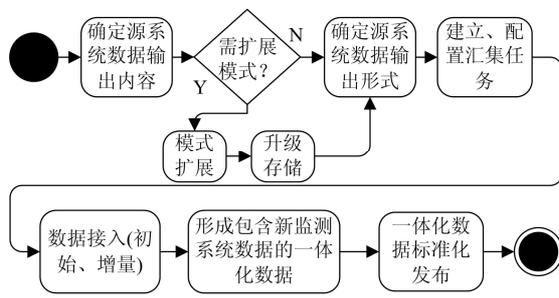


图4 新系统接入流程

Fig. 4 Process of the new system access

在确定源系统数据输出形式后, 建立、配置与新系统对应的汇集任务, 制定任务调度方式和执行周期, 完成数据初始及增量接入。此时, 平台中已经形成包含新监测系统数据在内的一体化输变电设备状态监测数据。更新后的数据连同模式一起通过开放的标准接口对外发布, 各在线监测应用程序可通过平台访问新监测系统提供的数据。

6 结论

本文阐述了具备标准化和开发性原则的输变电设备状态监测平台的数据组织、接入、存储、发布、及扩展的方式。基于 CIM 的数据结构灵活可扩展, 适用于各种类型数据的汇集整合; 多源数据汇集支持多种源数据类型的抽取、整合与差分, 数据差分同步机制保证了数据平台数据与各业务系统的一致性; 关系库与实时库结合的数据存储兼顾容量和效率; 基于 CIS 的数据发布避免了私有数据接口的定制并具有很高的效率; 模式、存储、汇集及发布一体化的系统扩展能力充分体现了平台的开放性和先进性。

数据平台的建立充分发挥了各类数据的潜在价值, 避免业务系统之间重复建设数据接口并进行数据整合工作, 为监测类应用开发提供了便利, 节约了开发时间和成本, 也为基于大数据分析的电网设备智能监测奠定了基础。

参考文献

- [1] 陈伟根, 刘冰洁, 周恒逸, 等. 变压器油中溶解气体光声光谱检测的温度特性[J]. 电工技术学报, 2010, 25(11): 15-20.
CHEN Wei-gen, LIU Bing-jie, ZHOU Heng-yi, et al. The temperature characteristics of photoacoustic spectroscopy detection for dissolved gases in transformer oil[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2010, 25(11): 15-20.
- [2] 李建生, 梁军, 负志皓, 等. 基于电气信息评估设备状

态渐进变化的概率分析方法[J]. 电工技术学报, 2013, 28(10): 355-363.

- LI Jian-sheng, LIANG Jun, YUN Zhi-hao, et al. Probability analysis of progressive changes of equipment state based on electrical information[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2013, 28(10): 355-363.
- [3] 韦永忠, 杭栋, 黄峥. GIS 局部放电在线监测软件系统的设计与实现[J]. 华东电力, 2010, 38(10): 1590-1592.
WEI Yong-zhong, HANG Dong, HUANG Zheng. Design and realization of on-line monitoring software system of GIS partial discharge[J]. East China Electric Power, 2010, 38(10): 1590-1592.
- [4] 陈秋红, 周巍, 魏光涛. 变压器油色谱在线监测系统在变电站的应用实例[J]. 电力科学与工程, 2009, 25(10): 66-67.
CHEN Qiu-hong, ZHOU Wei, WEI Guang-tao. Transformer online monitoring system in the application of substation[J]. Electric Power Science and Engineering, 2009, 25(10): 66-67.
- [5] 陈金熠, 范春菊, 胡天强, 等. 考虑架空输电线路状态的线路覆冰监测系统研究[J]. 电力系统保护与控制, 2012, 40(15): 93-98.
CHEN Jin-yi, FAN Chun-ju, HU Tian-qiang, et al. Study on monitoring system of transmission line icing considering the state of overhead transmission lines[J]. Power System Protection and Control, 2012, 40(15): 93-98.
- [6] 朱重吉, 岑柏霖, 罗金全, 等. 广西电气设备状态在线监测中心建设与应用[J]. 南方电网技术, 2010, 4(增刊1): 143-146.
ZHU Chong-ji, CEN Bo-lin, LUO Jin-quan, et al. Construction and application of on-line monitor center of electric power equipments in Guangxi Power Grid[J]. Southern Power System Technology, 2010, 4(S1): 143-146.
- [7] 蒋兴良, 张满, 舒立春, 等. 分裂导线混合淞带电覆冰后的起晕电压跌落研究[J]. 电工技术学报, 2013, 28(10): 47-58.
JIANG Xing-liang, ZHANG Man, SHU Li-chun, et al. Research on decrease regularity of corona onset voltage of bundle conductor after energized mixed-phase icing[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2013, 28(10): 47-58.
- [8] 陶顺, 周双亚, 肖湘宁, 等. 基于 IEC61970 公共信息模型的电压凹陷域分析[J]. 电工技术学报, 2013, 28(9): 40-46.

- TAO Shun, ZHOU Shuang-ya, XIAO Xiang-ning, et al. Analysis of area of vulnerability based on common information model in IEC61970[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2013, 28(9): 40-46.
- [9] 罗建, 朱伯通, 蔡明, 等. 基于 CIM XML 的 CIM 和 SCL 模型互操作研究[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(17): 134-138.
- LUO Jian, ZHU Bo-tong, CAI Ming, et al. Interoperability of CIM and SCL model based on CIM XML[J]. Power System Protection and Control, 2011, 39(17): 134-138.
- [10] 翟瑞聪, 谢善益, 范颖, 等. 基于公共信息模型和组件接口规范的电力设备监测诊断中心研究与应用[J]. 广东电力, 2012, 25(11): 72-76.
- ZHAI Rui-cong, XIE Shan-yi, FAN Ying, et al. Research and application of power equipment monitoring diagnosis center based on common information model and component interface specification[J]. Guangdong Electric Power, 2012, 25(11): 72-76.
- [11] 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]. 电网技术, 2013, 37(4): 927-935.
- SONG Ya-qi, ZHOU Guo-liang, ZHU Yong-li. Present status and challenges of big data processing in smart grid[J]. Power System Technology, 2013, 37(4): 927-935.
- [12] IEC 61970-403 energy management system application program interface (EMS-API): part 403 component interface specification (CIS): generic data access[S]. 2008.
- [13] IEC 61970-404 energy management system application program interface (EMS-API): part 404 component interface specification (CIS): high speed data access[S]. 2007.
- [14] IEC 61970-405 energy management system application program interface (EMS-API): part 405 component interface specification (CIS): generic eventing and subscription[S]. 2007.
- [15] IEC 61970-407 energy management system application program interface (EMS-API): part 407 component interface specification (CIS): time series data access[S]. 2007.
- [16] 李芳. 大电网统一数据库建设相关技术研究[J]. 电网技术, 2013, 37(2): 417-424.
- LI Fang. Research on construction of unified database of large-scale power grid[J]. Power System Technology, 2013, 37(2): 417-424.
- [17] 辛耀中, 米为民, 蒋国栋, 等. 基于 CIM/E 的电网调度中心应用模型信息共享方案[J]. 电力系统自动化, 2013, 37(8): 1-5.
- XIN Yao-zhong, MI Wei-min, JIANG Guo-dong, et al. Scheme of application model information sharing between control centers based on CIM/E[J]. Automation of Electric Power Systems, 2013, 37(8): 1-5.
- [18] 朱伯通, 程志海, 唐志强, 等. 基于 CIM 模型的智能变电站和调度中心互操作研究[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(10): 93-97.
- ZHU Bo-tong, CHENG Zhi-hai, TANG Zhi-qiang, et al. Interoperate research of the intelligent substation and dispatching center based on CIM model[J]. Power System Protection and Control, 2013, 41(10): 93-97.
- [19] 邱健, 牛琳琳, 于海承, 等. 基于多源数据的在线数据评估技术[J]. 电网技术, 2013, 37(9): 2658-2663.
- QIU Jian, NIU Lin-lin, YU Hai-cheng, et al. Research on online data assessment technology based on the multiple data source[J]. Power System Technology, 2013, 37(9): 2658-2663.

收稿日期: 2014-04-02; 修回日期: 2014-07-01

作者简介:

谢善益(1971-), 男, 工学硕士, 教授级高级工程师, 主要从事电网自动化系统研究开发和技术管理工作。E-mail: kways@126.com