

基于实时数据库的电网信息综合监测分析平台

针对电网信息化过程中存在的信息孤岛现象、对电力信息深层服务应用研究不足、数据库读取/显示方式及历史数据采样/保存方式无法满足电网精细化深度分析应用要求等问题,提出基于信息交换总线实现多源异构数据融合与清洗,引入实时数据库实现电网海量高精度采样数据的快速存储及管理,利用数据挖掘技术实现电力信息深化应用功能建设,并建立了基于实时数据库的电网信息综合监测分析平台典型应用框架,该平台为电网企业生产、营销、经营、综合管理及分析决策提供辅助支撑,并具有实时性、灵活性和精确性高等特点。

冯颖 谭勇桂 何安宏/国电南瑞科技股份有限公司



冯颖/工程师

关键词/Keywords

实时数据库 ·
数据融合 ·
数据挖掘 ·
数据存储 ·
综合监测分析 ·

0 引言

随着电力企业信息化不断推进,电力企业内出现了越来越多的应用系统,各系统为完成各自业务功能设计,其服务提供商、数据库格式、运行环境不一致导致信息孤岛现象,大量信息资源无法充分发挥应有的作用。同时,电力企业将过多的精力投入数据信息收集、共享,忽视了对信息的整理、挖掘,更不用说研究深层次服务及数据挖掘分析应用。此外,传统数据库读取、显示方式的最小时间间隔无法准确地反映电网实时运行情况;传统的周期性历史数据采样及保存方式亦无法满足电网精细化、深度分析应用的要求。可见,要实现对电网信息的综合监测、分析、预警,必须首先解决信息孤岛问题,在此基础上实现数据挖掘及深化应用,并完成海量高精度采样数据的快速存储及管理。本文对上述问题展开研究,采用信息交换

总线方法实现分散、孤岛式应用系统的集成,信息的整合,数据的统一,研究出电力负荷预测分析、输电网评估诊断、电网线损与窃电预警分析、配电网故障抢修精益化管理、分时阶梯电价及用电行为分析等方面的深层次服务应用,并引入实时数据库实现对电网海量运行轨迹及变化细节数据的高速存储及共享,最终提出了一个基于实时数据库的电网信息综合监测分析平台应用集成框架,并分析其性能及安全性。

1 电网信息化概述

1.1 信息孤岛现象分析

电力企业各单位、各部门应用系统的服务提供商、数据库格式、运行环境不一致,造成各系统间彼此孤立,难以实现数据无缝连接,形成大量异构“信息孤岛”^[1]。“信息孤岛”在技术方面造成的不良影响可大致概括为以下几方面^[2]。

1) 异构系统间不存在开放的接口和数据交换通路,一定程度上阻碍系统连通和集成,导致信息集成度低。

2) 各应用系统功能的重复设置造成资源、功能冗余,导致数据多源性。

3) 各应用系统信息定义与采集过程彼此独立,可能导致同一数据在不同应用中存在差异,数据的一致性得不到保证。

4) 各应用系统对信息多次采集、重复录入不但增加工作量,大幅度降低工作效率,而且增加了数据错误率。

5) 各应用系统相对独立,导致信息无法统一共享,不利于系统优化和决策

支持应用，无法相互协作发挥整合效益，妨碍电网信息管理统一化、集中化实现。

可见，信息孤岛现象致使大量信息资源无法充分发挥应有的作用，严重阻碍电网信息化建设的进一步发展。

1.2 数据挖掘及深化应用

随着数字化技术在电力系统中的广泛应用，各类计算机监控设备、地理信息系统和管理信息系统的日益发展，相互独立的应用系统中规模庞大且异构的数据库的投运，导致电力系统中的数据以指数形式增长^[3-5]。

在解决“信息孤岛”问题，实现应用系统集成、信息整合、数据统一的基础上，如何利用数据挖掘技术，通过聚类分析、分类分析、关联分析、特异群组分析、演变分析、异常分析等算法，对电力系统中大量的、不完全的、有噪声的、模糊的、随机的数据进行分析，挖掘数据中的隐含关系，提取具有潜在价值的信息，最大效能地发挥海量信息的协同作用，是电网信息化的进程中至关重要的课题。

1.3 海量数据存储及管理

电网信息化过程中，对数据的实时性提出了更高的要求。传统的读取关系数据库数据进行显示的最小时间间隔为分钟级，无法准确地反映电网运行情况。同时，电力系统的深层次服务、应用、分析、预警（如电网运行轨迹历史反演、事故反演等）以海量历史数据为依托，而传统的周期性历史数据采样及保存方式无法满足电网精细化、深度分析应用的要求^[6-7]。

2 多元异构数据融合及挖掘

2.1 多源异构数据融合与清洗

电网信息贯穿发、输、变、配、用电全环节，跨越电力安全生产控制大区和信息化管理大区，包括电网GIS、生产管理、能量管理、配电自动化、用采、生产抢修管理等数据。数据类型呈现多样性，数据采样周期、频率也各不相同。

为实现电网能量流、信息流、业务流的高度一体化融合，多源异构数据采集及集成基于信息交换总线进行，解决多源信息采集、数据融合、

安全接入等问题，并提供了标准化数据接口，实现数据资源、电网模型的统一管理，为平台数据处理层提供结构化/非结构化的海量实时/准实时数据、文本、图形类数据资源。

(1) 数据资源管理

平台的数据经处理后对最终应用进行支撑，运行过程中的数据追溯、故障差错，均要求对数据资源进行有效管理。数据资源管理包括各类数据资源的注册登记、数据分类，数据资源统计、查询，数据有效性检查等内容。

(2) 电网模型管理

电力模型管理包括建模、扩展、查询，子集抽取，管理，版本统一分发等内容。电力信息的模型差异性导致不同系统间数据无法有效利用，并积累大量无效数据，因此需进行模型校验。通过比对模型版本、差异性等实现模型校验功能，及时甄别不符合的数据源。

(3) 异构数据预清洗

在数据采集与集成层面通过建模、校验、转换、过滤等规则纠正、过滤脏数据，将修正后数据交付给平台，为统计分析提供更为可靠的基础数据。数据清洗的工作质量很大程度上决定了最终数据质量。数据预清洗的主要对象包括残缺数据、错误数据、重复信息。

(4) 数据资产安全建设

依据数据的时效性、开放程度、使用对象，通过标识数据资产生命周期，实现电力核心数据资产标识，利用数据保护机制等技术手段，区分数据资产安全等级，在保证核心数据安全的同时最大程度地实现数据开放性。

2.2 数据挖掘及应用

(1) 物资库存物料动态特征分析

建立安全库存预估模型和多准则评价模型，开展物资库存、物资需求与电网规模、结构、年限以及投资等信息的关联分析。

(2) 统计分析预测

建立数据压缩存储模型和用电预测分析模型，开展未来售电预判和用电走势分析。

(3) 电力负荷预测分析

构建短期、长期预测模型，从时间趋势、区

域电力、行业电力、重要客户电力等维度分析预测各地市、各分类电力负荷，实现未来电力需求量、未来用电量、负荷曲线、负荷时间分布和空间分布等预测。

(4) 输电网评估诊断

开展分析评估诊断与决策技术研究，实现输电侧态势评估的实时化和智能化，结合气象、环境等外部数据，开展输电侧设施智能防灾研究，实现线路问题元器件的快速恢复。

(5) 电网线损与窃电预警分析

构建电网节点基础数据管理模型和全网联络图智能拓扑分析模型，实施发展、运输、营销、安质和调度等专业线损管理的业务联动和实时掌控。

(6) 配电变压器重载过载风险预警

研究建立配电变压器重过载短期、中期预警模型和预警分析框架，为配网技改计划制定提供依据。

(7) 配电网故障抢修精益化管理

构建统一信息模型和数据分析模型，开展配网遗产运行效率和配网故障抢修效率分析。

(8) 分时阶梯电价及用电行为分析

评估现有电价对客用户能耗分析及用电方案优化，研究用户的负荷特性及用电行为习惯，构建用户用电意愿、业扩报装、环境因素、行业用电结构变化与电量变化影响关系模型，制定节能方案，识别客户异常用电行为，开展分时阶梯电价分析、客户信誉综合分析、电费回收风险评估。

3 实时库数据存储及处理

关系数据库与实时数据库差别如表1所示。要针对不同应用需求，综合决策，选择最适合的数据库类型^[8-11]。

对于电力系统深层次服务、应用、分析而言，必须依托于海量的历史数据。由于关系型数据库不对数据进行压缩，在常规以关系型数据库为基础的相关业务系统（如EMS、DMS）无法存储和管理庞大数据。如SCAD实时系统也受其本身系统容量的限制，无法提供3年以上的在线历史数

表1 关系数据库与实时数据库比较

类型	关系数据库	实时数据库	说明
表结构	完整	简化	实时数据库不能处理复杂的表关系，但在特定行业的应用中，不需要复杂的表关系
读写速度	3 000/s	500 000/s	实时数据库比关系数据库快100倍左右
历史数据压缩	无	有	实时数据库压缩率能达到关系数据库的20~40倍
4 G空间存储30万测点、30 s 1次历史数据（无索引）	5 h	8.5 d	在4 G内存的情况下，在单服务器处理30万测点，关系数据库只能存储5 h以内的历史数据

据^[2]。实时数据库利用了内存数据库的特性，考虑到电力行业的应用特性，将关系数据库的表结构和表关系简化，并针对电力数据特性，对数据进行压缩处理，具有快速高效、高压缩率、高准确性等多项优越性，适合电网复杂、多变的应用环境。

3.1 精细化历史数据存储

为完成对电网高精度采样数据的快速存储及管理，保存电网运行所有轨迹及变化细节，对各数据源的数据抽取与同步是实现平台海量数据建设与增量维护的关键点。

以实时数据库作为精细化历史数据的主要存储载体，利用ETL技术进行数据的更新检测，实现数据变化信息实时存储，相较于传统分钟级周期性数据抽取，能更为真实、精确、完整记录电网运行轨迹。

3.2 实时数据存储

对于量测数据、人工置数（用户通过界面操作产生的数据）、计算数据三类实时数据而言，需要经过平台实时数据处理模块处理完后写入本地内存库。同时，通过平台接口将这些数据同步写入实时数据库，以确保实时数据库中数据的全面性及完整性，供后续使用。用户端可通过CORBA中间件访问实时库获取数据用于图形界面的实时显示。基于实时数据库的综合监测分析平

台数据流如图1所示。

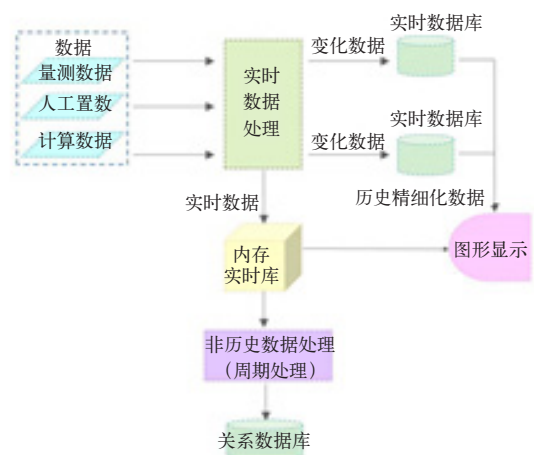


图1 平台数据流

传统的读取关系数据库数据进行显示的最小时间间隔为分钟级，无法准确反映电网运行情况。基于实时数据库的数据处理可有效解决该问题，平台基于实时数据库可实现秒级统计、查询。

4 典型应用

4.1 典型框架

平台采用多层架构，包括六个层级，安全控制贯穿于各层之间。电网信息综合监测分析平台系统框架如图2所示。



图2 电网信息综合监测分析平台系统框架

数据资源层由电力数据及外部数据共同构成，电力系统数据以结构化数据为主，也包括部分非结构化数据；外部数据以非结构化数据居多。数据采集层通过提取、转换及加载提取来自

各业务系统的数据，转换为规范的、无冗余的基础数据，加载至数据储存层进行数据的进一步处理及存储。数据储存层通过对关系型数据库和实时数据库引擎的管理完成数据的存储，其中电网逻辑、脚本等数据存储于关系数据库中，量测数据、计算数据等实时数据存储于实时数据库中，并进行数据的进一步处理，包括数据分析、挖掘、聚类等。数据公共服务层包括基础服务及应用服务，基础服务向业务应用层提供通用的基础服务，应用服务主要为业务应用层提供高级应用服务。业务应用层主要提供应用功能及服务于二次开发用的API接口。业务展现层主要通过大屏交互、全息投影、移动终端、多点触屏等模式实现电网信息全方位监测与展现，并能够独立运行或嵌入其他应用系统。

4.2 业务应用服务

平台的业务应用服务涉及电力主网、配网、生产、营销、发展策划等多个业务领域，具体应用功能如表2所示，也可根据需求量身定制。

表2 业务应用服务表

主题	应用服务
建设规划	电网前期、电网规划、电网发展
运营管理	电网规模、服务对象、用工状况、运营指标、经营业绩、安全水平、业扩报装、资产管理、项目管理、质量管理、市场管理、信息安全管理
主网运营	装备水平、重载/过载统计、负载率统计、电压/电流越限统计、供用电负荷统计及预测、用电量统计及预测、线路/变电站运行状态、输变电运行状态监测、自动化系统运行状况、电网线损与窃电预警分析、输电网评估诊断、
配网运营	配网构架、配网运行工况、配电自动化概况、负荷状况、线路/设备运行状态、重载/过载统计、停电事件监测、保电管理、检修作业状况、实用化指标、线损统计分析、设备缺陷管理、停电管理、运检绩效、配变重载过载风险预警、故障抢修精益化管理、改造辅助决策、运行风险分析
新型业务	清洁能源运行状态、电动汽车充换电设施运行状态、光纤入户状况
用电服务	用户数、用电类别、用电量统计及预测、分时阶梯电价及用电行为分析、用户能耗分析及用电方案优化、智能小区/园区/楼宇运行状态

4.3 权限管理

(1) 权限控制

系统具备严格的身份认证机制，保证只有合法用户才能进入系统。身份认证采用用户名和密码的方式进行认证，只有用户名和密码都正确才能进入系统。

系统具备严格的权限控制机制，保证通过身份认证的用户只能访问授权的系统功能，未授权用户即使通过身份认证进入系统也无法访问系统功能。系统防止通过身份认证的未授权用户通过在浏览器地址栏中输入功能的URL来访问系统。

(2) 权限层级管理

基于供电企业行业特征，权限层级管理能够根据用户权限特性对不同管辖区域单位，设置数据查阅权限。省级授权用户可查看全省及各地市数据，地市级授权用户仅拥有查看本地数据的权限。

如果地市级授权用户需要调阅省级资料，需向省级管理员申请，经授权后方可进行。

如果地市级授权用户需要调阅其他地市资料，需要得到对方地市许可，并向省级管理员申请，经授权后方可进行。

省级管理员拥有对全省用户进行授权、取消授权等统一管理权限。

4.4 应用案例

(1) 扬州智能电网综合可视化平台

为国内首个集电网整体运行状态综合监控、供电企业经营情况分析监控、客户优质服务支撑，以及各业务系统交互模拟操作和智能电网成果宣传于一体的智能电网综合可视化应用平台。集成了能量管理系统、配电自动化、营销系统、生产管理系统、地理信息系统、停电管理系统等12套业务系统，筛选了359项数据，其中实时数据183项，统计数据176项，并按照四大业务主题（电网运行状态全景可视、停电管理全过程可视、能效服务全方位可视、新能源应用可视）进行综合展示，如图3~图5所示。

(2) 配网运营监控平台

配电网运营监控平台以实现信息化、自动化、互动化为目标，基于地理图，以列表、告警、图表、报表等多种可视化手段汇集、分析所



图3 系统主界面



图4 电线路运行状态监测界面



图5 大用户用电能效监测界面

辖地市的实时运行及管理数据，按照配网规模、实时监控、配电自动化、指标监控、运检分析、节能降损、告警查询七大专题建设而成。配电网运营监控中心在配电网全网架信息基础上，叠加配网实时数据、运行数据、管理数据和业务流程等数据，在GIS地理图上进行相关信息分析、展示，（准）实时反映出整个配电网运行的工况、管理水平，同时分析出配电网网架的薄弱环节，为配网的生产运行指挥提供决策依据。

系统实现运行评价、运营管理、项目管理、区域负荷分层管理、配电网运行状态实时监控、配电自动化应用、综合指标监控、运检统计、停电事件管理、保电任务统计、设备缺陷管理、线损统计分析以及告警查询等综合运营监测功能，并配置各类统计、管理信息明细数据查询通道，可根据需要即时查看，对于各类指标、统计数据可以逐层查看详细数据，并在地理图上以直观的形式进行展示，如图6~图8所示。



图6 实用化指标界面



图7 实用化指标弹窗界面



图8 运行风险分析界面

配电网运营监控平台为运维管理人员实时监视、对比分析全省及各地市的配电网运营状态、运营指标提供了便捷、高效的途径，有助于迅速查找全省配网薄弱环节并预先采取相应措施，有效提高配电网安全运行水平，促进配电生产过程精益化管理。

5 结束语

电网信息综合监测分析平台在解决“信息孤岛”问题，基于信息交换总线实现应用系统集成、信息整合、数据统一的基础上，引入实时数据库，利用数据挖掘技术，在实现基本监测功能的同时，完成电力负荷预测分析、输电网评估诊断、电网线损与窃电预警分析、配电网故障抢修精益化管理、分时阶梯电价及用电行为分析等深化应用功能建设，为电网企业生产、营销、经营、综合管理及分析决策提供辅助支撑。实时数据库的应用使电网海量高精度采样数据的快速存储及管理成为可能，为实现电网信息的综合监测、分析奠定数据基础，同时，在很大程度上提

高了平台的实时性、灵活性和精确性。

参考文献

[1] 张洋. 供电企业信息系统整合和数据统一[J]. 电力信息化, 2009(6).

[2] 安磊, 杨晓华, 管金胜, 等. 基于实时/历史数据库(PI)系统构建智能电网信息化基础平台[J]. 华东电力, 2011, 39(8): 1374-1377.

[3] 于之虹, 郭志忠. 数据挖掘与电力系统[J]. 电网技术, 2001, 25(8): 58-62.

[4] 廖志伟, 孙雅明. 数据挖掘技术及其在电力系统中的应用[J]. 电力系统自动化, 2001, 25(11): 62-68.

[5] 陈星莹, 张晓花, 瞿峰, 等. 数据挖掘在电力系统中的应用综述[J]. 电力科学与技术学报, 2007, 22(3): 525-565.

[6] 王想, 朱红勤, 曹国艳. 基于海迅实时数据库的电网运行数据统计查询系统的设计[J]. 无线互联科技, 2013(1): 119-120.

[7] 梅鲁海. 电力系统监控网络的智能化结构设计[J]. 电力系统及其自动化学报, 2010, 22(2): 37-40.

[8] 陈丽娟. 基于主动实时数据库的电网监控系统研究[J]. 电源技术应用, 2013(8): 256, 258.

[9] 罗颖, 李杰. 基于内存数据库的电网实时智能监测系统的设计与实现[J]. 煤炭技术, 2011, 30(10): 52-54.

[10] 刘斌, 周莲英, 秦建荣. 内存数据库技术在电网实时监测中的应用研究[J]. 计算机工程与设计, 2009, 29(14): 3798-3781.

[11] 张慎明, 卜凡强, 姚建国. 基于IEC 61970标准的实时数据库管理系统[J]. 电力系统自动化, 2002, 26(24): 29-33.

作者简介

冯颖（1984-），女，工程师，主要从事配电网技术方面的工作。

（收稿日期：2015-12-10） EA

（编辑：鞠佳）