

DOI: 10.7667/PSPC160805

# 配网用户用电特性市场分析预测应用系统方案设计

马发轩

(广东电网有限责任公司东莞供电局, 广东 东莞 523000)

**摘要:** 基于大数据平台模式下建立科学合理的电量分析预测管理办法及分析预测模型具有重要意义。基于此, 设计一种基于用电分析的配网用户用电特性市场分析预测应用系统方案。给出了系统总体方案设计, 包括系统总体架构、技术平台架构和大数据分析方法和。其次, 重点对系统功能架构、源数据平台层、大数据计算平台、系统接口和安全管理进行了方案设计, 给出了设计应遵循的原则和技术实现方式。最后, 应用系统设计方案中的电力相似月法模型, 以广东某市 2000~2008 年历史用电量数据为基础, 进行了实例分析。所设计的应用系统方案, 具备对用电市场数据进行深入分析、挖掘的能力, 科学预测的能力及提高全局用电市场分析的管理能力, 为用电市场的营销服务策略制定提供支撑与保证。

**关键词:** 用电特性; 市场分析预测; 应用系统; 大数据平台; 电力相似月模型; 数据挖掘

## Schematic design of distribution network users' power consumption features market analysis and forecasting application system

MA Faxuan

(Dongguan Power Supply Bureau of Guangdong Power Grid Co., Ltd., Dongguan 523000, China)

**Abstract:** It's of great significance to build scientific and rational electricity analysis and forecasting management method and model under big data platform mode. Based on which, a schematic design of application system is developed for market analysis and forecasting of distribution network users' power consumption features. Scheme design of overall system is given, including system overall framework, technical platform and big data analysis methods. Next, an emphasis is made on schematic design of the system functional architecture, source data platform level, big data computing platform, system interface and security management; and the principles followed by the design and corresponding technical implementation approaches are given. Finally, the power similar month model in designed system scheme is used as an example for case study, based on historical electricity consumption data of certain city in Guangdong Province from year of 2000 to 2008. The designed application system scheme has abilities of deep analysis and data mining and scientific prediction on electricity consumption market data, as well as management ability of improving system-wide and global electricity consumption market analysis, thus provides supports and guarantees for marketing service strategies making of power consumption markets.

This work is supported by Science and Technology Projects of China Southern Power Grid (No. GDKJ00000052).

**Key words:** electricity consumption feature; market analysis and forecasting; application system; big data platform; power similar month model; data mining

## 0 引言

当前, 电网公司的负荷特征、用户构成及其用电量均发生了较大变化, 对负荷/电量预测分析、市场营销管理/服务工作等提出了更高的要求, 对基于

大数据分析的电量信息(总体电量、大类电量、行业电量等)与多源信息(供电企业的数据、外部环境的数据等)的特性及其之间关系的研究显得尤为重要。这就需要精准把握国内具体行业/大用户的用电特性, 对其用电量增长/下降趋势进行精细化预测, 并开展市场营销工作的精细化管理与深度开发。当前, 大数据分析成为一种趋势, 基于大数据的系统分析

基金项目: 中国南方电网科技项目资助(GDKJ00000052)

居民、工商业等用户的海量历史用电量信息与多源信息的特性及相关性,对准确预测用电量趋势、提升营销管理与服务水平等大有裨益<sup>[1-2]</sup>。目前,这方面工作较为欠缺,尽管行业景气指数及其分析能够整体把握行业的经济状况,也能分析行业变动状况,但未能有效应用于电力工业上。基于电量分析的配网用户用电特性研究及其基于大数据平台分析的用电量趋势预测具有重要意义。

目前,国内外相关研究方面,针对电力需求/用电量预测,文献[3]预测了重庆市2020年和2030年最大电力负荷及未来各区的用电增速及占比;文献[4]提出一种基于改进BP神经网络的全社会用电量预测模型;文献[5-6]则分别提出采用多变量灰色模型和基于熵权值法的组合模型预测电量,具有较好的预测精度。针对电力负荷预测方面,文献[7-8]针对超短期负荷预测,取得了较好的仿真结果及控制策略;文献[9]提出一种基于综合多采样率的中期最佳负荷需求方法;文献[10]则重点研究提前一个月的日峰负荷预测;文献[11]提出一种动态人工神经网络模型(DAN2)用于中期电力负荷预测(MTLF),并利用台湾电网公司的电力系统负荷数据进行了验证;文献[12]提出基于强劲的短期修正日(24h)和年(52周)负荷行为及基于增长率的中长期负荷预测方法;文献[13]提出一种基于交通出行矩阵的私家车充电负荷时空分析预测方法;文献[14]则提出一种基于核函数极限学习机的微电网短期负荷预测方法。

国内外研究多集中于短/中/长期电力负荷需求预测,而市场用电量需求预测则较少。基于此,本文设计一种基于电量分析的配网用户用电特性市场分析预测应用系统方案,重点针对系统总体架构、系统功能架构、源数据平台层开发、大数据计算平台、系统接口和安全管理等进行方案设计,并以广东某市历史用电量数据进行应用分析,可针对该市温度、GDP和用电量等进行分析预测,对于电力市场营销服务策略的制定具有重要意义。

## 1 系统总体方案设计

### 1.1 系统总体架构

系统总体架构如图1所示,该架构基于分布式数据计算平台及大数据算法模型包结构,可支撑整个大数据的应用功能与体系。

其中,源数据层提供基于计量自动化数据源及外部数据源为基础的各类业务数据,包括:档案数据、计量点月/年电量数据等。外部数据源为气象数据、宏观经济数据等各种数据信息的大集合。

大数据计算平台层主要为大数据技术框架及平台实现,为业务应用平台提供各种分析预测模型,包括多元回归分析模型、相似月模型、弹性系数模型、信用度模型、景气度模型等。

业务应用平台层负责提供各种应用业务功能和系统应用,可通过应用平台模块开展各类业务应用分析数据消费,主要包括行业电量分析、行业电量预测、行业信用度评价以及行业景气度分析等应用功能。

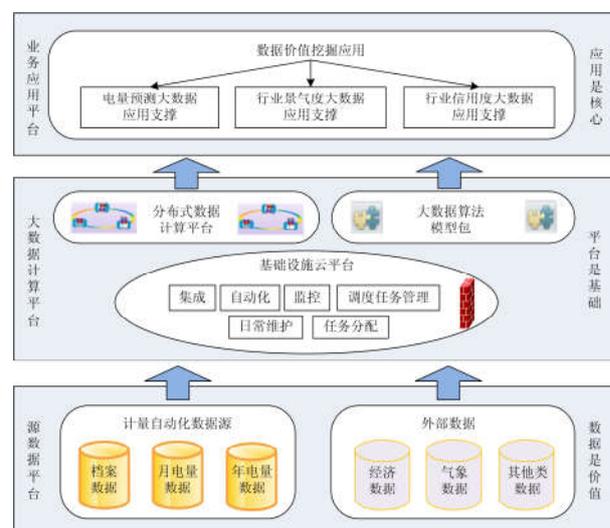


图1 系统总体架构

Fig. 1 System overall architecture

### 1.2 技术平台架构

大数据背景下,“数据孤岛”的弊病存在已久,各种数据源之间相互缺少碰撞,数据价值不能有效挖掘等现象比较严重<sup>[15-16]</sup>。本文开发的应用系统搭载的是一个集资源管理、平台功能整合、应用工具提供及场景应用支撑于一体的整体平台架构,如图2所示。

第一层称为 IAAS 或 Hardware-as-a-Service (IAAS),需提供场外服务器,存储和网络硬件,或供电企业目前使用的其他服务设备。

第二层称为 PAAS,有时也称中间件。可借助 PAAS 公司提供的各种开发工具和应用解决方案,进行相应的开发和应用设计。

第三层称为 SAAS,通过网页浏览器来接入。通过第二层平台技术开发,为业务人员、管理人员等提供各类应用支撑与交互界面。

### 1.3 大数据分析技术

目前,业界主流的大数据方法主要有3种:KDDM、CRISP-DM和SEMMA。大数据分析技术

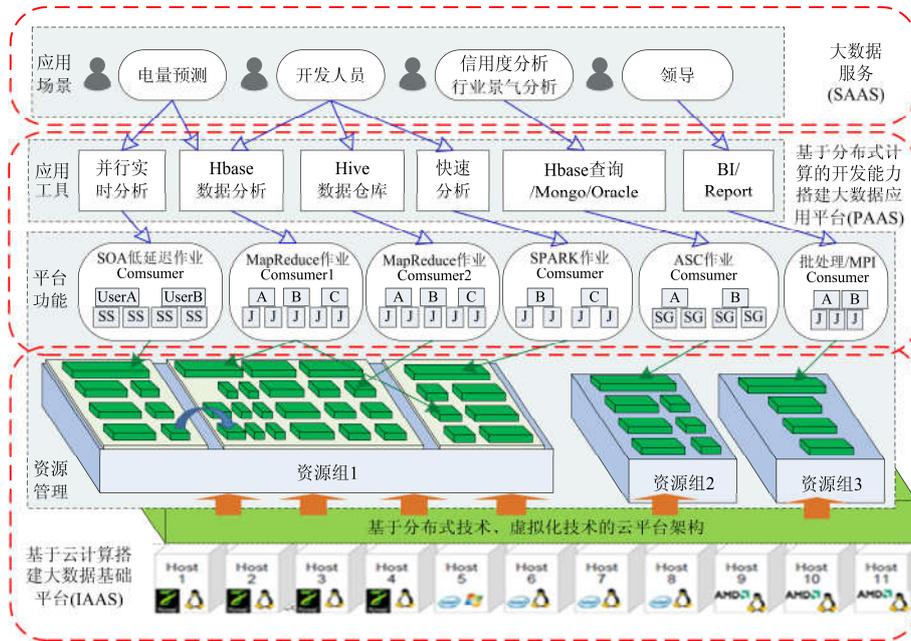


图 2 技术平台架构

Fig. 2 Technical platform architecture

的流程如图 3 所示，本应用系统设计过程中主要涉及到的大数据分析方法为后两种。其中，CRISP-DM 即“跨行业数据挖掘标准流程”，适合工程管理和大规模定制，是工业中数据挖掘工具采用的主流方法；SEMMA 即“数据挖掘方法论”，它将整个数据挖掘过程分为 5 步，即采样(Sample)、探索(Explore)、修改(Modify)、建模(Model)和评估(Assessment)，反映了数据挖掘的本质。

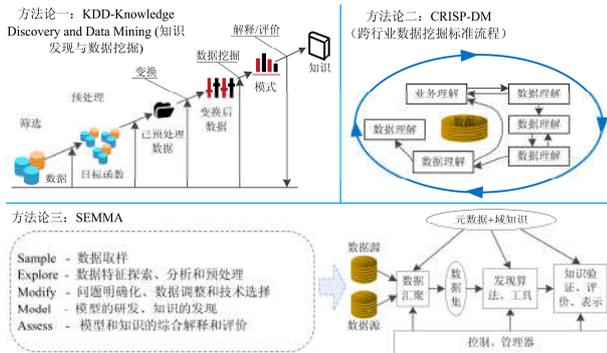


图 3 大数据分析方法

Fig. 3 Big data analysis methods

## 2 系统功能架构设计

系统在功能架构设计上包括：源数据平台、系统模型平台和分析展现平台，如图 4 所示。

根据图 4，源数据平台主要为整个业务分析系统提供各种源数据的录入，数据的抽取、组合。基于大数据模式下，该平台获取各种数据，为系统模

型的建立与分析预测提供数据基础。该平台主要包括参数设置管理与大户调查管理等。

系统模型平台主要利用各种方法论实现系统各种业务模型与理论依据。

分析展现平台从应用的范围的角度，给管理人员、业务操作人员提供完善的应用分析展现功能。

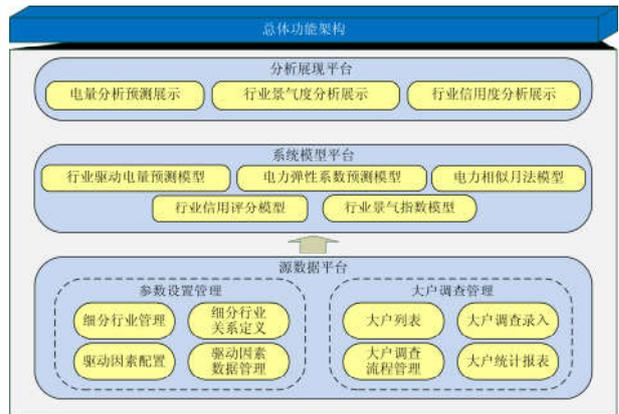


图 4 系统总体功能架构

Fig. 4 System overall functional framework

## 3 源数据平台层设计

源数据平台在设计时，重点在于源数据管理的设计，系统通过大数据及云计算等多种技术和手段对系统所需各种数据进行广度和深度分析，并通过指标、规则管理等工具实现对信息数据的收集分析，借助 IT 技术手段达成数据管理的目标，提升分析预测水平。

其设计原则需遵循以下几点。① 接口化设计。尽量考虑使用标准化接口，实现对各种源数据的收集、整理及质量保障等。② 模块化设计。③ 系统可靠性。必须考虑系统运行的可靠性和数据质量的可靠性。④ 独立性。系统应具有不可替代的相对独立性，可与其他系统实现安全的数据交换和共享。⑤ 可扩展性。为保证投资效益，系统设计时应充分考虑可扩展性。⑥ 良好兼容性。⑦ 安全性。应充分考虑系统安全性，防止非授权用户的侵入和机密信息的泄露，采取加密措施和软硬件隔离装置。⑧ 方便操作和维护。

基于上述设计原则，其设计思路为：首先，建立统一信息模型，对数据进行抽取和整合，主要包括统一信息模型定义、数据抽取、数据加工和数据转换等，从计量自动化系统中将相关数据及其他外部数据等抽取接入到系统中，转化规则按照统一信息模型的定义进行转换、轻度汇总等；其次，要对源数据进行质量和安全控制，数据质量主要是对数据值域、编码正确性、唯一性、外键及业务规则的检查，安全方面主要控制对数据的访问权限，只有授权的角色才能访问相应数据，包括表级及记录级权限控制；最后，利用云存储技术将储存资源放到云上可随时供使用者存取，这是一种新兴方案，本系统设计时使用的云存储技术框架如图 5 所示。

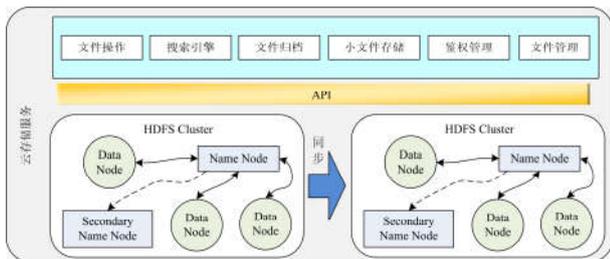


图 5 采用的云储存技术框架

Fig. 5 The adopted cloud storage technical framework

#### 4 大数据计算平台层设计

设计的大数据计算平台层提供大数据计算平台以及为业务应用提供各种分析预测模型，主要包括：多元回归分析模型、行业驱动电量预测模型、电力弹性系统预测模型、电力相似月法模型、行业信用分析模型以及行业景气度业务模型等。

其设计原则应遵循以下几点。① 标准化原则。数据上应遵循各种企业以及国家的数据标准，其次，数据库应符合企业本身制定的数据标准、安全管理标准和系统管理标准。② 应用驱动，兼顾数据原则。③ 模型优先原则。系统的数据应被合理地规划、组织和存储，保证数据管理和使用的高效性。④ 可扩

展性原则。一是新增业务情况下模型可扩展性；二是在数据量、用户访问量和处理复杂性增加的情况下平台可扩展性；三是能够支撑对新的应用的建设扩展的能力。⑤ 数据及时性与可用性原则。⑥ 系统稳定性与安全性原则。

其设计思路为：基于开源大数据技术实现，由 Kernel、Console 和协调服务三大核心部分组成。其中，Kernel 作为平台的核心部分，在技术层次上，从下往上分为：集成层、存储层、计算层、分析层、查询层和服务层；Console 提供可视化的管理控制台界面，实现系统的配置、运行和监控功能，并为分布式的应用和集群协调和服务，提供协调管理功能。各层次的技术组成及架构设计如图 6 所示。

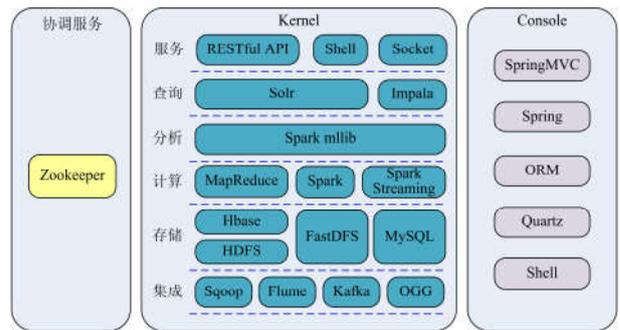


图 6 各层次的技术组成及架构

Fig. 6 Each layer technical composition and framework

对于图 6，大数据平台的各个组成部分可选择独立使用，也可组合使用，根据具体的场景选择合适的组件对业务进行支撑。各关键技术组件主要包括：分布式数据存储组件、分布式计算组件、分布式文件存储组件、分布式协调服务组件和管理控制台组件等。各组件间的关系如图 7 所示。

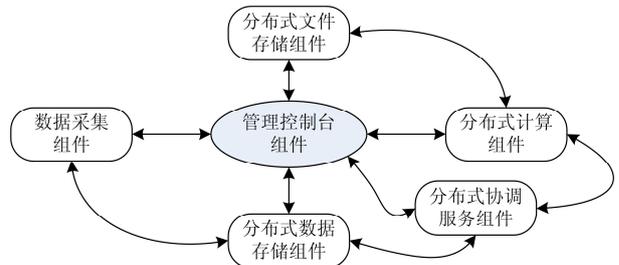


图 7 Gaia 平台各组件间的关系图

Fig. 7 Relationship between each component in the Gaia platform

设计大数据计算平台层整体应用由 Client、Kernel、Runtime、Console、Plugin 5 部分组成。

Client 提供给客户端集成使用，在 Client 中包含了服务端连接的连接池管理、数据持久化 API、数据查询 API、文件访问 API、数据收集 API 和协调服务 API 等，方便应用直接使用 API 与 Gaia 平

台完成各种交互访问。

Kernel 以微内核的方式组成，平台的核心组件全部包含在 Kernel 中，并进行统一管理、引导、配置和调度。Kernel 中包含数据收集组件、分布式数据存储组件、分布式文件存储组件、分布式协调服务组件和任务调度引擎等，Kernel 提供 restful 接口实现各组件与外界交互。

Runtime 组件由各并行计算框架组成，平台为离线计算、内存计算、流式计算、数据挖掘提供运行时框架，为业务并行计算程序的开发提供框架程序接口以及作为程序运行过程中的容器。Runtime 与并行计算程序一同部署在 Hadoop 中，引导、管理和监控业务并行计算程序的运行。

Console 作为大数据平台的管理控制台，提供

可视化操作界面，为 Kernel 的运行提供部署、配置、管理及监控功能。通过 Console 可以完成 Kernel 运行时的参数配置、并行计算程序部署发布运行及监控、任务调度引擎管理、数据收集及数据源管理、分布式数据库管理、分布式文件管理、协调服务管理及监控、自定义插件部署及配置等功能。

Plugin 为根据各特定业务场景自定义实现的专用处理程序，包括：数据收集组件中的数据解析及处理插件、分布式数据存储中大批量数据写入的数据转化插件等。特定插件则可通过配置插入到大数据平台提供的插件接口，由平台在运行过程中自动触发执行。

各子程序应用之间的关系如图 8 所示。

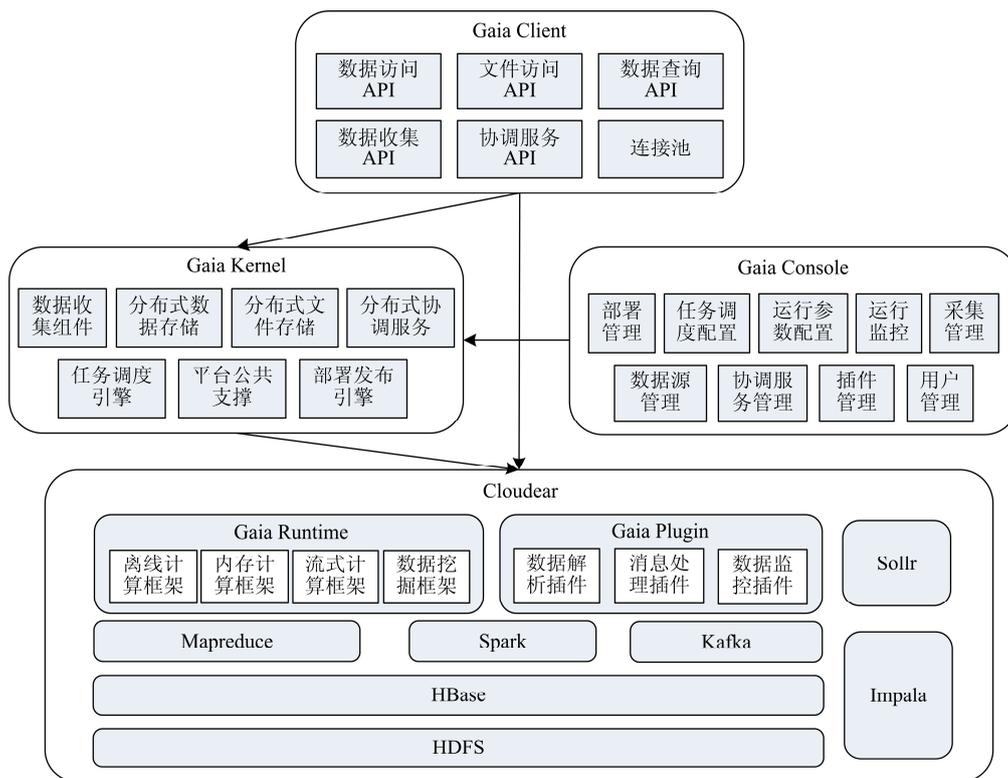


图 8 各子程序应用间的关系图

Fig. 8 Relationships between each sub-program application

图 9 为分布式计算框架，其为并行计算程序提供开发框架、程序部署、运行容器等能力。通过分布式计算框架简化并行计算程序的开发及部署复杂度，为并行计算程序提供运行容器，为并行计算程序提供加载、运行、监控、异常处理等全生命周期的管理。根据图 9，分布式计算框架内置对离线计算(Mapreduce)、内存计算(Spark)、流式计算(Spark Streaming)和数据挖掘(Spark mllib)支持。

## 5 系统接口和安全管理设计

### 5.1 系统接口设计

设计的系统接口服务主要是提供与第三方系统交互的接口，包括计量自动化档案接口、月、年计量点电量数据接口等业务。接口分为 web service 接口和文件接口两种方式，考虑接口应用的特殊性，系统接口应用服务将单独部署，与前端应用服务分离。

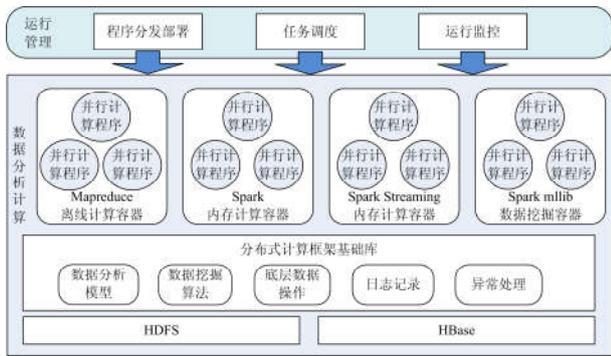


图 9 分布式计算框架

Fig. 9 Distributed computing framework

其设计原则应遵循以下几点。① 系统可靠性。服务必须具有高可靠性，避免单点故障存在，必须具备完善的故障恢复机制和容错机制。② 数据一致性。针对第三方数据源众多且接口形式不一，要求相同的数据在不同的第三方系统之间和不同的接口交互形式之间，必须保持一致性和完整性。③ 应用独立性。接口应用服务与其他服务之间必须是独立的，相互不受影响，同时，接口应用服务内部，不同的接口之间也要求保持相互独立。④ 服务安全性。作为业务数据的提供方，必须要有完整的安全认证机制，保证接口和数据的安全性。

安全接口设计的技术架构如图 10 所示。

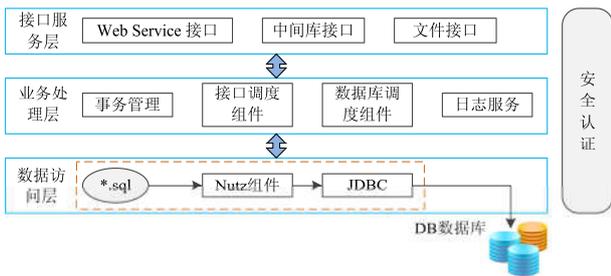


图 10 安全接口设计技术架构

Fig. 10 Security interfaces design technical framework

## 5.2 安全管理设计

系统安全管理的设计主要是从数据、应用、接口等多个层面和维度为系统提供完善的安全认证和控制，保证系统运行在统一、标准的安全环境内。同时，提供详细的操作日志和数据变更记录。其设计思路如下。

1) 网络安全性：充分利用 GPRS 网络提供的各种安全措施，采用专用 APN 与因特网进行安全隔离；采用网络分段技术将系统与局域网上的 OA 等非生产性系统进行安全隔离；采用防火墙技术与外部系统进行安全隔离；采用网络漏洞扫描、主机漏洞扫描、入侵检测预警等技术手段加强网络系统的安全性。

2) 应用安全控制：包括应用访问安全、功能操作安全(功能权限、操作权限)、数据操作安全等设计。

3) 接口交互安全：只有授权的客户端 IP 才允许访问，否则予以拒绝；通过用户名和密码访问，交换文件使用密码加密传输，口令通过 Web 和 Service 接口协商的方式获取，确保文件接口访问的安全性。

4) 数据安全策略：数据库访问与存储安全设计。

5) 应用系统安全性：提供完善的系统监测功能，对硬盘空间、数据库表等系统资源进行实时监控，保证系统中的数据安全，并提供自动报警功能。

6) 系统安全日志：系统登陆、访问、功能操作、数据修改和出错等日志安全服务。

## 6 系统应用实例

如前所述，该应用系统方案设计中的预测模型包括多元回归分析模型、行业驱动电量预测模型、电力弹性系统预测模型、电力相似月法模型、行业信用分析模型以及行业景气度业务模型等。以其中的电力相似月模型为例，结合广东省某市历史用电量数据，如表 1 所示，基于电量分析，对其用电量进行预测研究。

表 1 中各行的数据统计为 2003 年~2008 年各月份某市用电量数据，各量单位均为国家标准单位，其中，用电量和线损消耗单位均为 kWh，月平均温度单位为℃，GDP 统计值单位为亿元。

电力相似月预测方法需根据上一年的 GDP、温度和用电量数据，并基于历史数据，对去掉线损的用电量与温度和 GDP 相对值进行回归分析，再根据 GDP 和温度等预测未来电量。其预测过程和步骤如下。

1) 加入上一年的 GDP、温度和用电量数据，根据历史 GDP、温度及用电量数据进行回归分析，基于历史数据，对去掉线损的用电量与温度和 GDP 相对值进行回归分析，得到相应的回归方程和各个变量对应的系数；

2) 对未来的温度数据进行预测，采用过去历史 10 年的温度；

3) 对未来的 GDP 进行预测，进行相关的搜索和研究，如经济无特殊变化，该增长率可直接适用于各个季度，如经济形势有一定变化，则需进行判断，适当调高或调低某个季度；

4) 代入数据到回归方程式进行预测，可得出各月的不含线损的用电量预测结果，改用名义电量乘以相应的线损率即可得到当年的线损值，与上述预测结果相加即为全社会用电量。

根据表 1 历史用电数据，其中，从 2003~2008 年共计 72 个月中，年末用电量调整的有 7 个月份，其余月份不变，如表 2 所示。

表 1 历史用电数据

Table 1 Historical electricity consumption data

用电量	用电量调整一个月	实际用电量	当月线损	除去线损	月平均温度	全年GDP统计值
217 330.66	180 439.18	180 439	-9 542	189 981	13.60	24.30
180 439.18	241 302.03	241 302	43 966	197 336	17.60	24.30
241 302.03	258 704.57	258 705	25 476	233 229	18.40	24.30
258 704.57	290 554.86	290 555	36 782	253 773	23.80	25.97
290 554.86	296 943.95	296 944	22 315	274 629	27.10	25.97
296 943.95	358 816.59	358 817	61 238	297 579	27.50	25.97
358 816.59	352 268.49	352 268	24 020	328 249	30.30	30.17
352 268.49	322 962.97	322 963	-8 623	331 586	29.10	30.17
284 750.18	275 321.62	275 322	-29 801	305 122	23.60	34.77
275 321.62	270 315.95	270 316	15 123	255 193	20.10	34.77
270 315.95	224 241.92	224 242	-36 206	260 448	14.20	34.77
224 241.92	256 509.59	256 510	36 324	220 186	13.22	27.92
256 509.59	287 193.01	287 193	41 816	245 377	16.16	27.92
287 193.01	298 441.52	298 442	26 432	272 010	17.76	27.92
298 441.52	324 163.19	324 163	36 724	287 439	23.44	30.60
324 163.19	369 720.39	369 720	61 660	308 060	25.44	30.60
369 720.39	376 742.36	376 742	30 034	346 708	28.44	30.60
376 742.36	402 976.46	402 976	40 131	362 845	28.34	34.47
402 976.46	368 019.88	368 020	-2 766	370 786	28.96	34.47
368 019.88	319 614.03	319 614	-27 255	346 869	27.42	34.47
319 614.03	308 396.51	308 397	-230	308 627	23.10	39.54
308 396.51	310 356.16	310 356	27 404	282 953	20.58	39.54
310 356.16	299 084.46	299 084	-8 412	307 497	15.76	39.54
299 084.46	221 844.62	221 845	-36 791	258 635	13.30	30.55
221 844.62	316 064.47	316 064	76 846	239 219	14.30	30.55
316 064.47	324 986.66	324 987	22 635	302 351	16.90	30.55
324 986.66	372 809.36	372 809	74 686	298 123	22.40	34.46
372 809.36	385 148.45	385 148	27 774	357 374	27.10	34.46
385 148.45	445 011.15	445 011	75 490	369 521	27.70	34.46
445 011.15	425 808.38	425 808	16 568	409 240	29.50	39.24
425 808.38	416 475.31	416 475	7 942	408 533	28.60	39.24
416 475.31	372 542.55	372 543	9 223	363 320	28.30	39.24
372 542.55	342 461.36	342 461	-35 572	378 034	25.20	45.45
342 461.36	334 440.22	334 440	7 993	326 447	21.60	45.45
334 440.22	291 092.39	291 092	-24 998	316 091	14.70	45.45
291 092.39	271 222.07	271 222	-6 623	277 845	15.44	34.67
271 222.07	353 253.16	353 253	79 383	273 870	17.06	34.67
353 253.16	370 010.87	370 011	40 640	329 371	17.64	34.67
370 010.87	386 680.04	386 680	25 457	361 223	23.40	39.59
386 680.04	422 248.96	422 249	62 024	360 225	25.02	39.59
422 248.96	490 938.25	490 938	94 626	396 313	27.52	39.59
490 938.25	487 355.63	487 356	34 513	452 843	29.44	44.80
487 355.63	438 884.42	438 884	-22 123	461 008	29.08	44.80
438 884.42	426 636.93	426 637	14 723	411 914	26.50	44.80
426 636.93	375 744.12	375 744	-31 752	407 496	25.90	52.58
375 744.12	380 167.96	405 448	30 655	349 512	21.24	52.58
380 167.96	371 611.06	346 831	-4 297	375 909	15.42	52.58
371 611.06	268 991.26	268 491	-75 121	344 112	13.40	39.29
268 991.26	397 604.66	397 605	113 492	284 112	18.10	39.29
397 604.66	401 098.08	401 098	33 529	367 569	18.70	39.29
401 098.08	460 627.98	460 628	75 771	384 857	20.90	45.38
460 627.98	502 819.19	502 819	71 969	430 851	26.30	45.38
502 819.19	563 980.29	563 980	89 891	474 089	28.00	45.38
563 980.29	532 321.95	532 322	17 888	514 434	30.30	51.70
532 321.95	499 238.26	499 238	-18 155	517 393	28.60	51.70
499 238.26	454 025.80	454 026	-22 179	476 205	27.70	51.70
454 025.80	405 873.78	405 874	-32 716	438 590	24.80	60.91
405 873.78	413 065.47	453 773	84 701	369 072	19.20	60.91
413 065.47	401 805.00	367 157	-31 727	398 885	17.00	60.91
401 805.00	315 400.34	309 340	-39 003	348 344	12.38	43.65
315 400.34	435 750.29	435 750	110 639	325 111	17.00	43.65
435 750.29	442 956.50	442 957	28 026	414 931	19.32	43.65
442 956.50	478 656.65	478 657	55 945	422 711	22.76	50.96
478 656.65	488 633.35	488 633	44 092	444 541	25.06	50.96
488 633.35	559 925.34	559 925	97 120	462 805	26.66	50.96
559 925.34	560 307.43	560 307	45 059	515 248	28.40	58.21
560 307.43	538 740.37	538 740	13 481	525 260	28.62	58.21
538 740.37	453 317.48	453 317	-54 291	507 608	28.14	58.21
453 317.48	396 725.57	396 726	-56 303	453 028	25.66	68.83
396 725.57	386 967.14	477 453	103 960	373 493	19.36	68.83
386 967.14	319 694.00	319 694	-88 328	408 022	14.72	68.83

表 2 年末用电量调整的月份

Table 2 Months that have electricity consumption adjustment at end of the year

2006年 11月	2006年 12月	2007年 1月	2007年 11月	2007年 12月	2008年 1月	2008年 11月
25 280.0	-24 780.0	-500.0	40 708.0	-34 648.0	-6060.0	90 486.0

根据表 1 和表 2 进行回归分析,计算出其截距、温度回归系数值和 GDP 回归系数值等,首先预测温度,根据历史 10 年的平均数做标准差计算,得出对应的 2009 年该市温度预测值如表 3 所示,2009 年和 2010 年该市 GDP 预测值如表 4 所示。

表 3 2009 年温度预测值

Table 3 Forecasting of temperature in year of 2009

月份	高/℃	中/℃	低/℃
1月	14.56	14.12	13.69
2月	16.77	16.34	15.90
3月	19.08	18.64	18.21
4月	23.31	22.88	22.45
5月	26.45	26.01	25.58
6月	28.35	27.91	27.48
7月	29.49	29.06	28.62
8月	29.10	28.67	28.23
9月	27.85	27.42	26.98
10月	25.20	24.77	24.33
11月	20.43	20.00	19.56
12月	15.76	15.33	14.90

表 4 2009 年和 2010 年 GDP 预测值

Table 4 Forecasting of GDP in year of 2009 and 2010

月份	高/℃		中/℃		低/℃	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
1月	47.14	52.79	47.14	52.79	46.70	52.31
2月	47.14	52.79	47.14	52.79	46.70	52.31
3月	47.14	52.79	47.14	52.79	46.70	52.31
4月	55.55	62.22	55.04	61.65	54.53	61.08
5月	55.55	62.22	55.04	61.65	54.53	61.08
6月	55.55	62.22	55.04	61.65	54.53	61.08
7月	64.38	72.11	63.32	70.92	62.75	70.28
8月	64.38	72.11	63.32	70.92	62.75	70.28
9月	64.38	72.11	63.32	70.92	62.75	70.28
10月	76.82	86.04	76.20	85.34	75.51	84.57
11月	76.82	86.04	76.20	85.34	75.51	84.57
12月	76.82	86.04	76.20	85.34	75.51	84.57

根据预测温度和 GDP 值,经回归分析的拟合方程式系数:常数为-19 095.126 86,温度系数为 7 692.560 592, GDP 系数为 4 885.398 305。因此,除线损外,预测该市 2009 年和 2010 年除线损外的用电量,预测值基于 GDP 和温度,而 GDP 和温度分

别以高、中、低方案两两组合,可得到各年度各月份共9种用电量预测值,鉴于篇幅,只列出其中的GDP和温度分别对应为高高、高中、中中、中低、低高和低低共6种预测结果,分别如表5和表6所示,用电量单位为kWh。

表5 2009年各月份用电量预测值

Table 5 Forecasting of electricity consumption of each month in year of 2009

GDP 温度	高	高	中	中	低	低
	高	中	中	低	高	低
Dec-08	408 022	408 022	408 022	408 022	408 022	408 022
Jan-09	323 180	319 839	319 839	316 499	321 048	314 366
Feb-09	340 193	336 852	336 852	333 511	338 061	331 379
Mar-09	357 935	354 594	354 594	351 254	355 803	349 121
Apr-09	431 640	428 299	425 810	422 469	426 661	419 979
May-09	455 734	452 393	449 903	446 562	450 754	444 072
Jun-09	470 349	467 008	464 519	461 178	465 370	458 688
Jul-09	522 300	518 959	513 783	510 442	514 337	507 655
Aug-09	519 285	515 944	510 768	507 427	511 322	504 640
Sep-09	509 669	506 328	501 152	497 811	501 706	495 024
Oct-09	550 044	546 703	543 677	540 336	543 655	536 973
Nov-09	513 366	510 025	506 999	503 658	506 977	500 295
Dec-09	477 457	474 116	471 090	467 749	471 068	464 386

表6 2010年各月份用电量预测值

Table 6 Forecasting of electricity consumption of each month in year of 2010

GDP 温度	高	高	中	中	低	低
	高	中	中	低	高	低
Jan-09	350 815	347 474	347 474	344 133	348 426	341 745
Feb-09	367 827	364 486	364 486	361 145	365 439	358 757
Mar-09	385 570	382 229	382 229	378 888	383 181	376 500
Apr-09	464 207	460 866	458 078	454 737	458 630	451 948
May-09	488 300	484 959	482 171	478 830	482 723	476 041
Jun-09	502 916	499 575	496 787	493 446	497 339	490 657
Jul-09	560 043	556 702	550 905	547 564	551 125	544 443
Aug-09	557 027	553 686	547 890	544 549	548 109	541 427
Sep-09	547 412	544 071	538 274	534 933	538 494	531 812
Oct-09	595 079	591 738	588 348	585 007	587 923	581 241
Nov-09	558 400	555 060	551 670	548 329	551 244	544 563
Dec-09	522 492	519 151	515 761	512 420	515 336	508 654

## 7 结论

本文设计了基于电量分析的配网用户用电特性市场分析预测应用系统方案,重点设计了系统总体架构、功能架构、源数据平台层、大数据计算平台、系统接口和安全管理等,并结合广东省某市历史用电量数据进行了应用研究,预测了未来用电量。所

开发的应用系统基于大数据平台,可对市场用电数据进行深入分析和挖掘,并进行科学预测。通过科学预测用电量需求,可辅助供电企业对预计供电不足的区域加大投入,挖掘潜在的用电用户,以更加合理的方式进行错峰供电,为电力营销策略提供有力的、科学的数字依据,为供电企业电费回收及行业用电预警提供数理依据与科学模型基础。

## 参考文献

- [1] 庞亚亚,王书源,韩璐. 电力系统负荷电量预测的研究[J]. 电气时代, 2015, 35(7): 104-105.  
PANG Yaya, WANG Shuyuan, HAN Lu. Study of power system load electricity forecasting[J]. Electric Age, 2015, 35(7): 104-105.
- [2] 胡宁. 电力需电量预测方法[J]. 江西电力, 2012, 36(4): 77-79.  
HU Ning. The electric power consumption forecasting method[J]. Jiangxi Electric Power, 2012, 36(4): 77-79.
- [3] 秦浩庭,刘燕,肖汉,等. 重庆市中长期电力需求及分布预测[J]. 电力建设, 2015, 36(4): 115-122.  
QIN Haoting, LIU Yan, XIAO Han, et al. Forecast of medium and long-term power demand and distribution in Chongqing[J]. Electric Power Construction, 2015, 36(4): 115-122.
- [4] 谭显东,胡兆光,李存斌,等. 基于改进BP神经网络的全社会用电量预测模型研究[J]. 华北电力大学学报, 2007, 34(3): 85-89.  
TAN Xiandong, HU Zhaoguang, LI Cunbin, et al. Study on predictive model to social power consumption based on the improved BP neural network[J]. Journal of North China Electric Power University, 2007, 34(3): 85-89.
- [5] 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.
- [6] 卓元志,刘家军,王明军,等. 基于熵值法的组合模型用电量预测方法研究[J]. 电网与清洁能源, 2011, 27(5): 47-54.  
ZHUO Yuanzhi, LIU Jiajun, WANG Mingjun, et al. A combination model based on entropy method for annual electricity consumption forecasting[J]. Power System and Clean Energy, 2011, 27(5): 47-54.
- [7] 夏天宇,李辰,柳进. 基于超短期负荷预测的 Non-AGC 与 AGC 协调控制策略研究[J]. 电力系统保护与

- 控制, 2014, 42(18): 38-43.
- XIA Tianyu, LI Chen, LIU Jin. Research on non-AGC and coordination and control strategy based on ultra-short-term load forecasting[J]. Power System Protection and Control, 2014, 42(18): 38-43.
- [8] 王新, 孟玲玲. 基于 EEMD-LSSVM 的超短期负荷预测[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(1): 61-66.
- WANG Xin, MENG Lingling. Ultra-short-term load forecasting based on EEMD-LSSVM[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(1): 61-66.
- [9] PEDREGAL D J, TRAPERIO J R. Mid-term hourly electricity forecasting based on a multi-rate approach[J]. Energy Conversion & Management, 2010, 51(1): 105-111.
- [10] AMJADY N, KEYNIA F. Mid-term load forecasting of power systems by a new prediction method[J]. Energy Conversion & Management, 2008, 49(10): 2678-2687.
- [11] GHIASSI M, ZIMBRA D K, SAIDANE H. Medium term system load forecasting with a dynamic artificial neural network model[J]. Electric Power Systems Research, 2006, 76(5): 302-316.
- [12] AL-HAMADI H M, SOLIMAN S A. Long-term/mid-term electric load forecasting based on short-term correlation and annual growth[J]. Electric Power Systems Research, 2005, 74(3): 353-361.
- [13] 张晨彧, 丁明, 张晶晶. 基于交通出行矩阵的私家车充电负荷时空分布预测[J]. 电工技术学报, 2017, 32(1): 78-87.
- ZHANG Chenyu, DING Ming, ZHANG Jingjing. A temporal and spatial distribution forecasting of private car charging load based on origin-destination matrix[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2017, 32(1): 78-87.
- [14] 刘念, 张清鑫, 刘海涛, 等. 基于核函数极限学习机的微电网短期负荷预测方法[J]. 电工技术学报, 2015, 30(8): 218-224.
- LIU Nian, ZHANG Qingxin, LIU Haitao, et al. Online short-term load forecasting based on ELM with kernel algorithm in micro-grid environment[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2015, 30(8): 218-224.
- [15] 宋杰, 谢海宁, 杨增辉, 等. 基于多源异构数据挖掘的配电网故障信息统计分析[J]. 电力系统保护与控制, 2016, 44(3): 141-147.
- SONG Jie, XIE Haining, YANG Zenghui, et al. Statistical analysis of the distribution fault based on multiple source and isomerism data mining technology[J]. Power System Protection and Control, 2016, 44(3): 141-147.
- [16] 林顺富, 郝朝, 汤晓栋, 等. 基于数据挖掘的楼宇短期负荷预测方法研究[J]. 电力系统保护与控制, 2016, 44(7): 83-89.
- LIN Shunfu, HAO Chao, TANG Xiaodong, et al. Study of short-term load forecasting method based on data mining for buildings[J]. Power System Protection and Control, 2016, 44(7): 83-89.

收稿日期: 2016-06-03; 修回日期: 2016-07-21

作者简介:

马发轩(1978—), 男, 通信作者, 本科, 经济师, 主要从事方向为营销策划分析、电费管理、停电管理、行业用电分析等。Email: mafaxuan\_dggdj@163.com

(编辑 葛艳娜)