



国家电网
STATE GRID

南瑞集团有限公司（国网电力科学研究院有限公司）
NARI GROUP CORPORATION/STATE GRID ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

电力现货市场交易运营平台技术

昌 力

南瑞研究院电力市场研究中心

2019年11月



我国新一轮电力体制改革政策要求

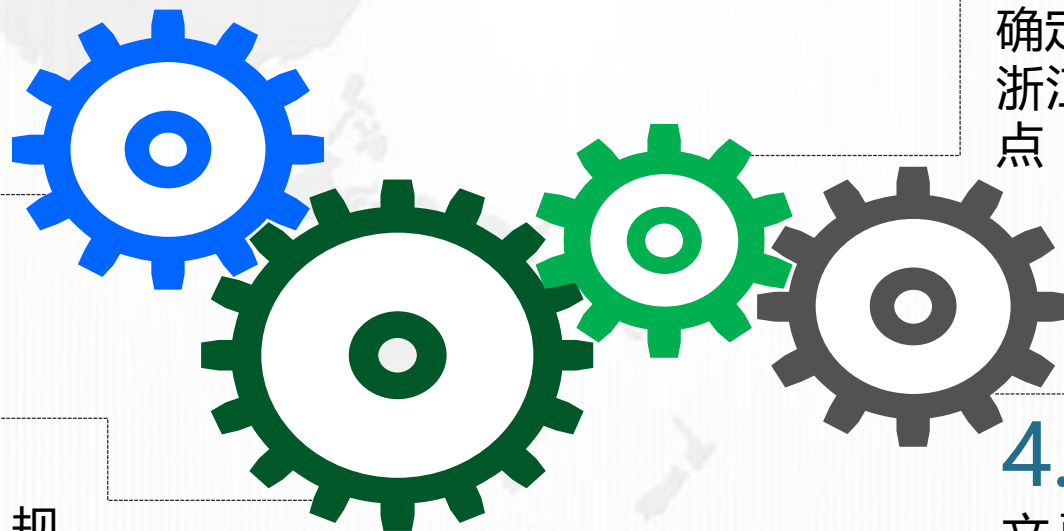
当前我国正在积极推进新一轮电力体制改革和电力市场建设，作为本轮改革核心内容的电力现货市场建设受到全国各界广泛关注，现货市场交易运营技术及支撑平台是电力现货市场安全、高效、稳定运营的必要技术条件。

1. 中央9号文提出建立“现货交易发现价格，中长期交易规避风险”市场交易模式；

2. 《电力发展“十三五”规划》提出“2018年底前启动现货交易试点，2020年全面启动现货交易市场”；

3. 发改办能源【2017】1543号文确定选择南网（以广东起步）、甘肃、浙江等8个地区作为首批现货市场试点

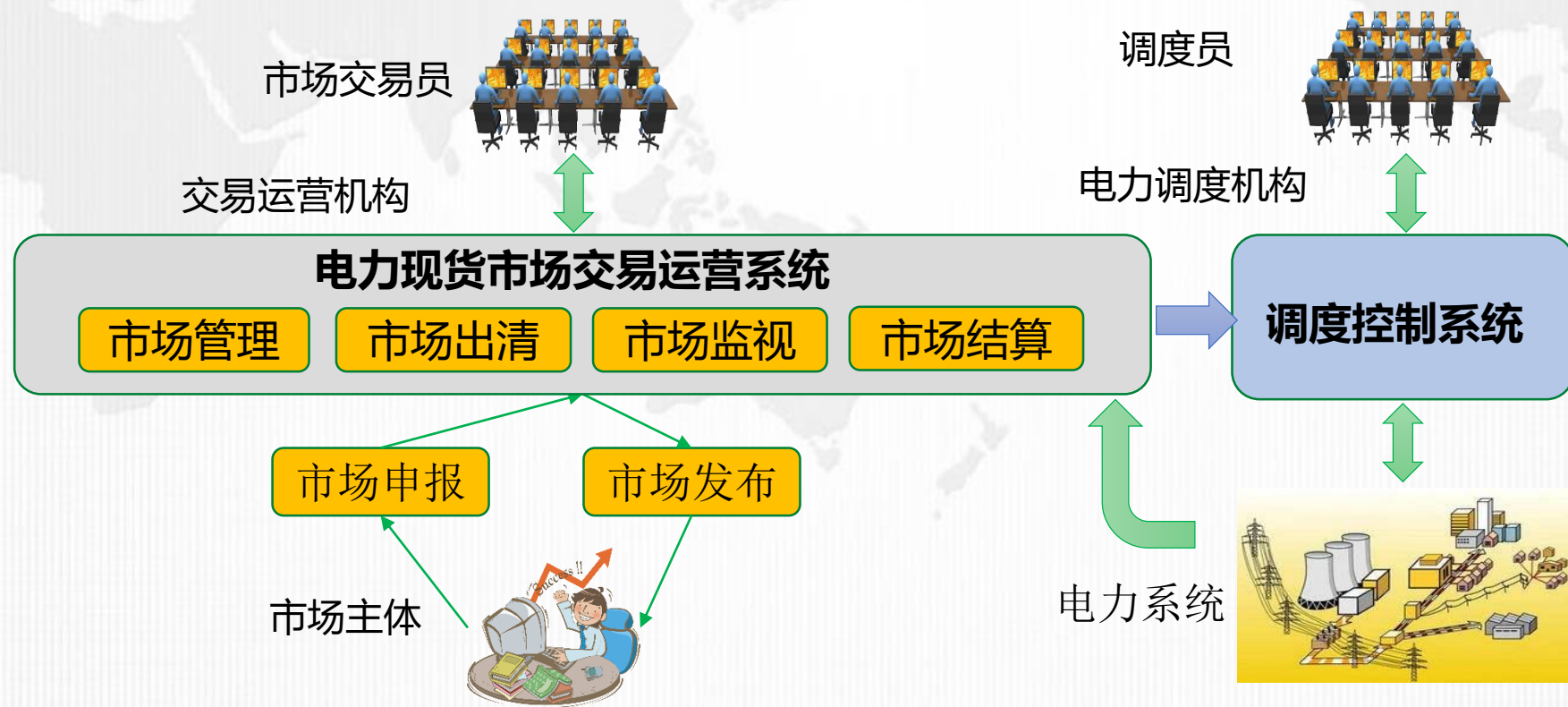
4. 国能综通法改【2018】164号文要求各试点地区原则上应于2019年6月底前开展现货试点模拟试运行。





现货市场交易运营平台作用

现货市场交易运营平台为现货市场运行提供了市场注册、申报、出清、发布、结算、分析、监视等全业务功能，通过与电网调度控制系统协同运行来保障市场经济运行和电网安全运行，市场主体主要通过平台完成市场报价、市场发布信息获取，市场运营机构通过平台完成市场出清、市场管理、市场监视、市场分析等业务。



现货交易运营平台面临的技术挑战



国家电网
STATE GRID

南瑞集团有限公司（国网电力科学研究院有限公司）
NARI GROUP CORPORATION/STATE GRID ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

由于我国在网源结构、调度管理方式、经济发展水平、地域特征以及电力市场化进程等方面与国外存在较大差异，现货市场交易平台建设面临了以下挑战：

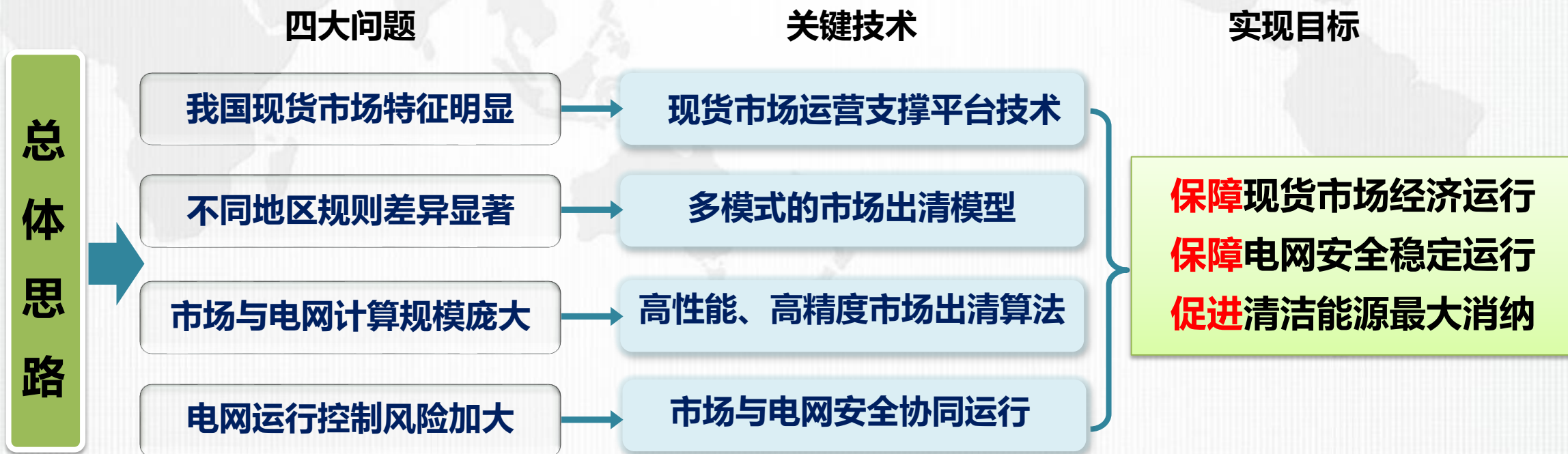
- 1 计划与市场并存、新能源消纳、省内与省间协同、地区差异明显、市场规则多变等特征导致**交易运营技术支撑体系复杂，交易平台实现难度大。**
- 2 省内与省间资源统筹优化、新能源消纳、能量和辅助服务协调优化、电网安全、民生保电等多目标耦合导致**市场出清模型极其复杂。**
- 3 交直流混联大电网、大规模新能源、发用侧市场主体、长时序细粒度计算特征及现货市场实时运行要求，**对市场出清算法效率和精度提出更高要求。**
- 4 现货市场下原有电网调度模式发生根本性变革，电网运行方式的不确定性显著增强，**电网安全运行风险增大。**





关键技术领域攻关

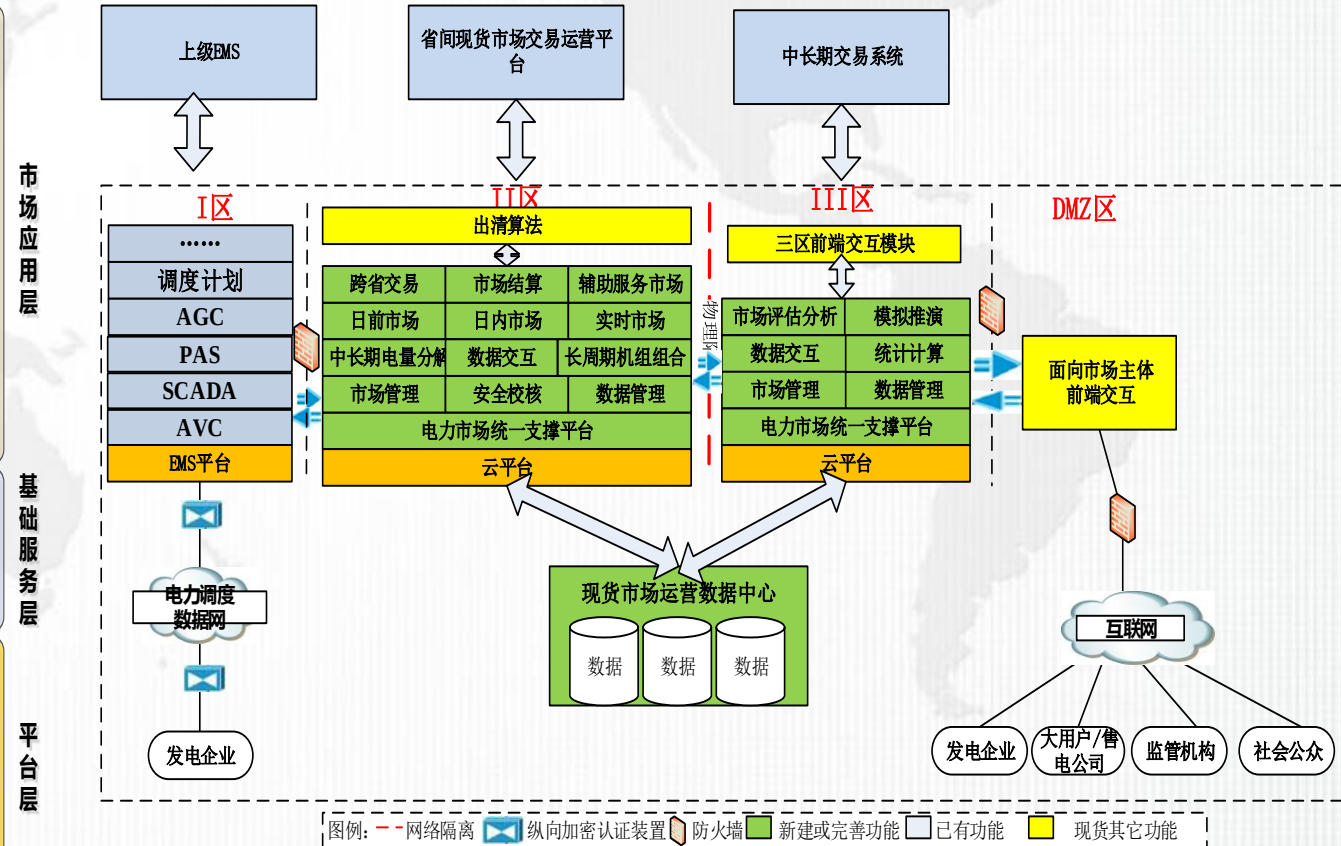
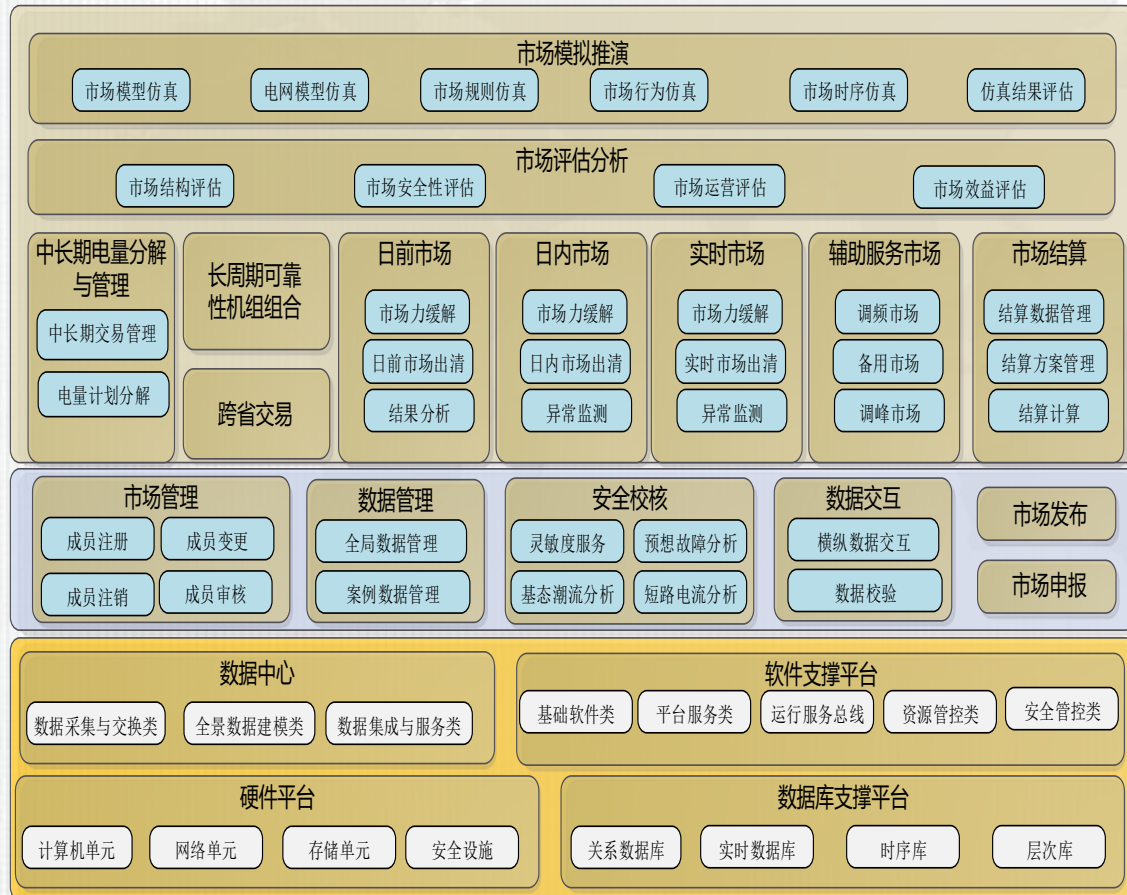
针对现货市场建设面临的挑战，在现货市场运营支撑技术、适应多市场模式的统一出清模型、高性能高精度市场出清算法、市场与电网安全协同运行技术四个方面进行了技术攻关，研发了适应多市场模式、多交易周期、多交易品种、多级协同的现货市场交易运营平台。





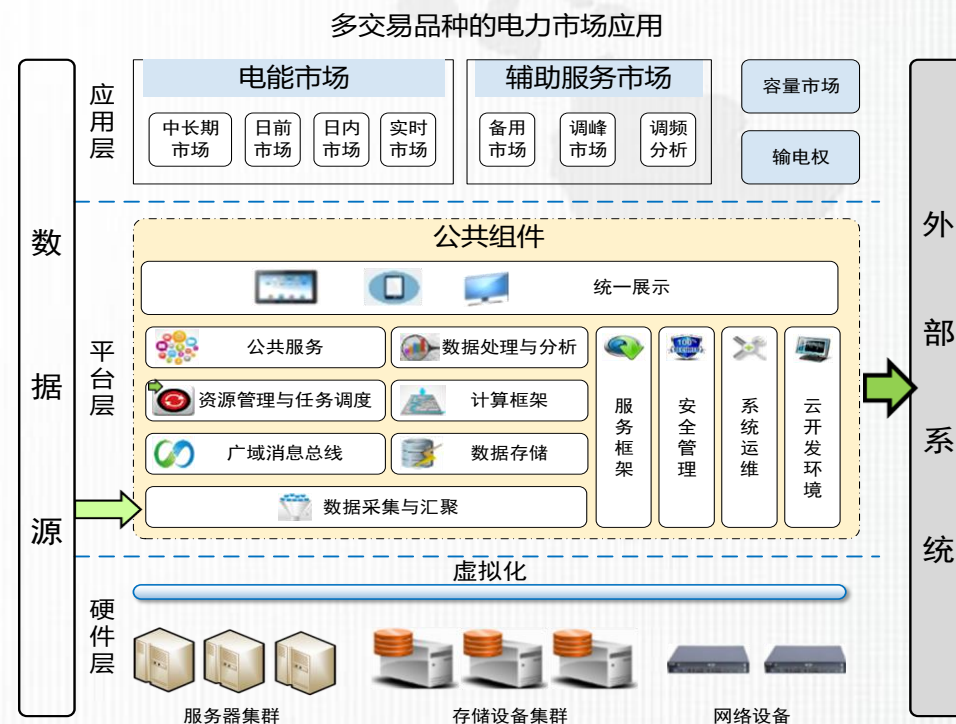
电力现货市场交易运营平台总体架构设计

适应**多市场模式、多交易周期、多交易品种、多级协同的**
现货市场一体化交易运营平台



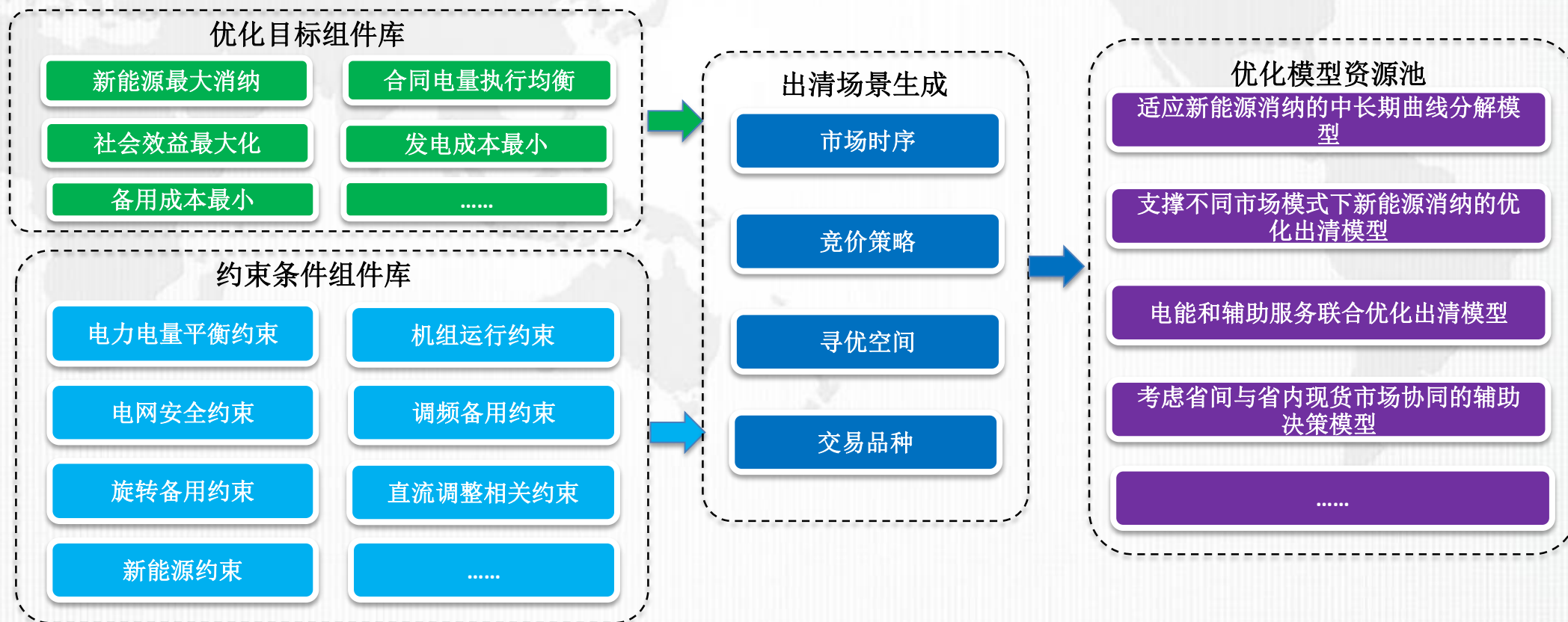
1、高安全、高可靠、高扩展的现货市场云平台

- 云架构（IaaS、PaaS、SaaS）设计
- 兼容D5000、OS2等主流调度自动化平台
- 采用标准开放的技术体系与柔性架构体系
- 支持大数据的高效数据存储与访问技术
- 多重数据备份机制及故障下系统快速恢复技术
- 全维度、全过程安全防护体系
- 数据可视化展示技术



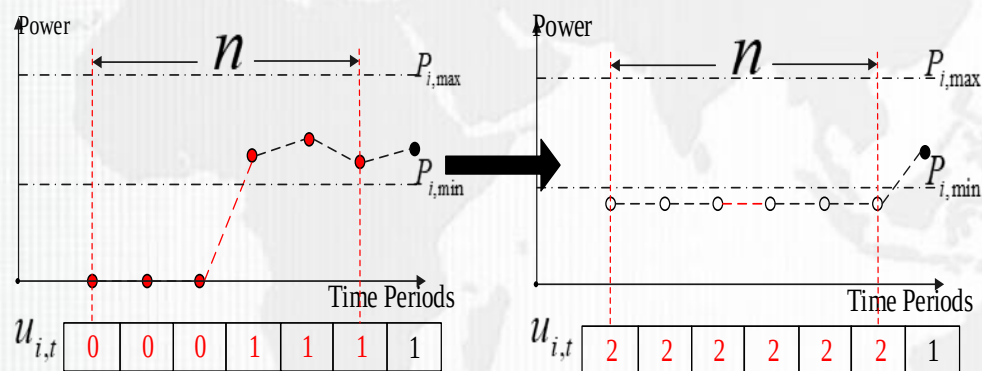
2、基于组件技术的统一出清模型库

基于组件技术构建出清模型优化目标和约束条件组件库，根据市场时序、竞价策略、寻优空间、交易品种等不同场景要求，灵活组合支撑**清洁能源消纳的多时序递进、多空间协同、多品种互补的电力现货市场统一出清模型**，解决了市场出清模型对各地市场规则的适应性问题，保障了不同市场模式下的电力现货市场交易安全、可靠出清。



3、基于模型降维策略的高性能市场出清算法

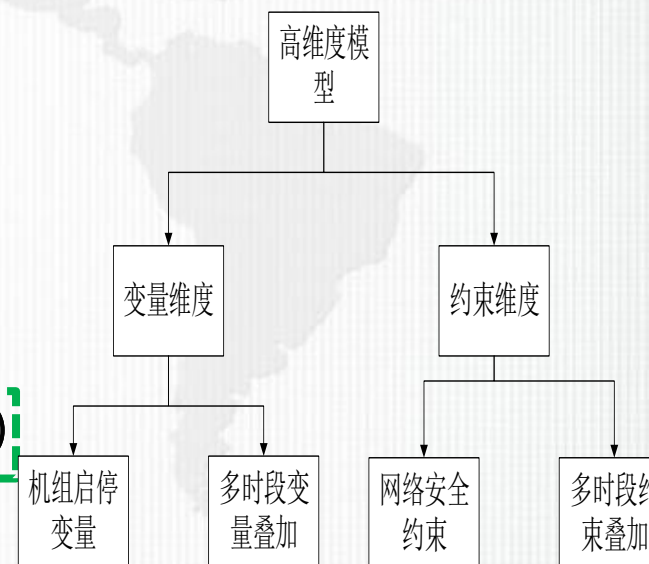
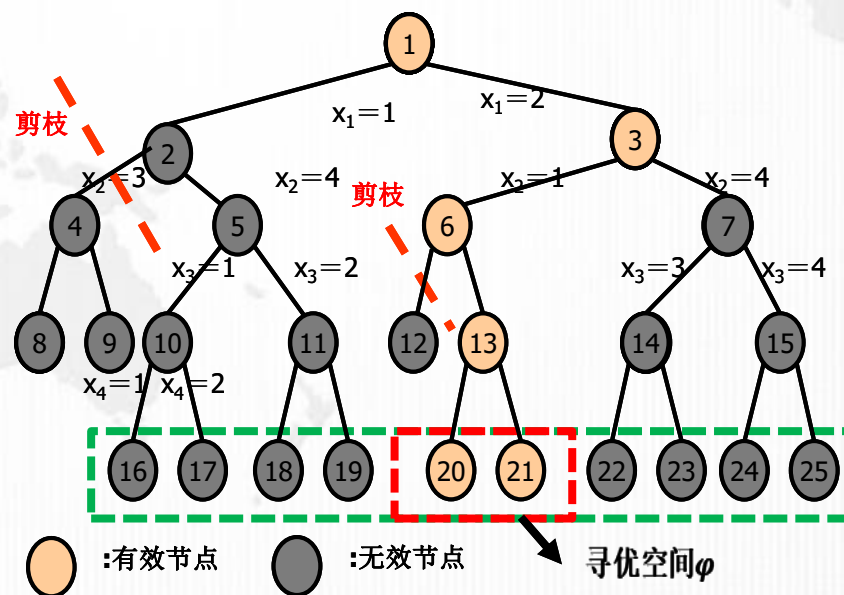
为解决长时序、大规模、多时段耦合下现货市场出清计算效率问题，提出了**长时序相近时段融合技术、有效整数变量预识别技术、有效安全约束预识别技术**等一系列模型降维技术，通过电力系统的实际运行物理特性指导整个混合整数规划的寻优过程，得到更加紧凑的有效优化空间，缩小计算规模，在保证求解精度的前提下大幅提高计算效率。



启停时段维度

启停机组维度

	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1
	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1
	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1
	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1



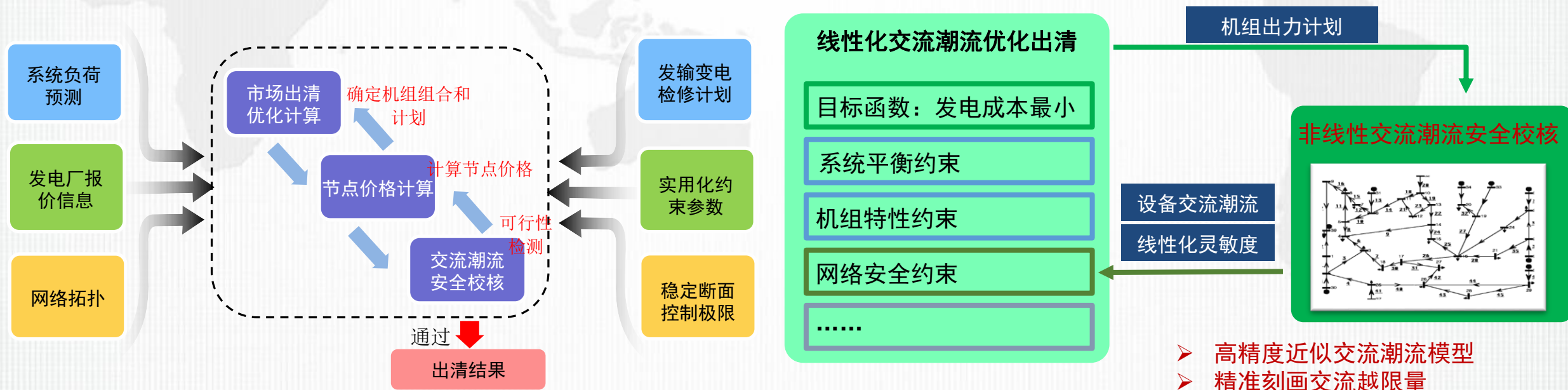
4、考虑电网安全的高精度市场出清算法技术

1 两阶段出清计算技术

市场出清分为**物理出清**和**节点电价计算**两阶段，物理出清阶段保证机组出力符合电网安全运行要求，节点价格计算阶段在物理出清的基础上生成合理的市场价格。

2 内嵌线性化交流潮流校核的优化出清技术

市场优化出清考虑**线性化交流潮流约束**，通过出清与交流安全校核迭代，提升直流潮流准确率，确保现货市场出清结果满足电网安全约束要求。

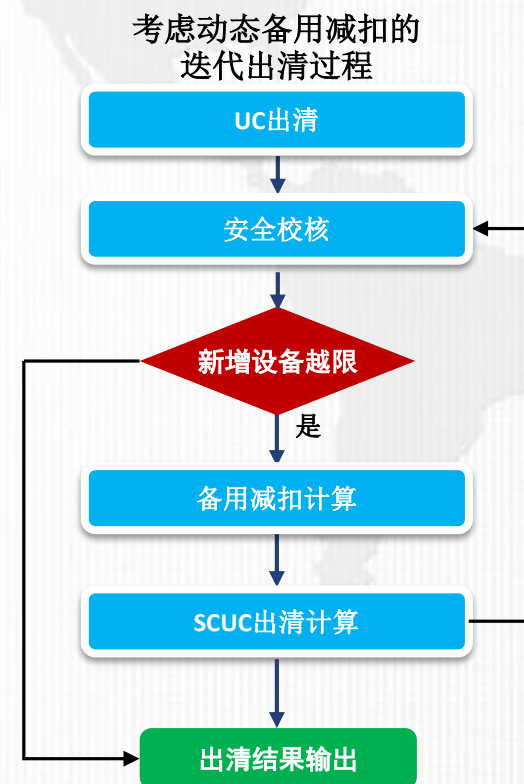
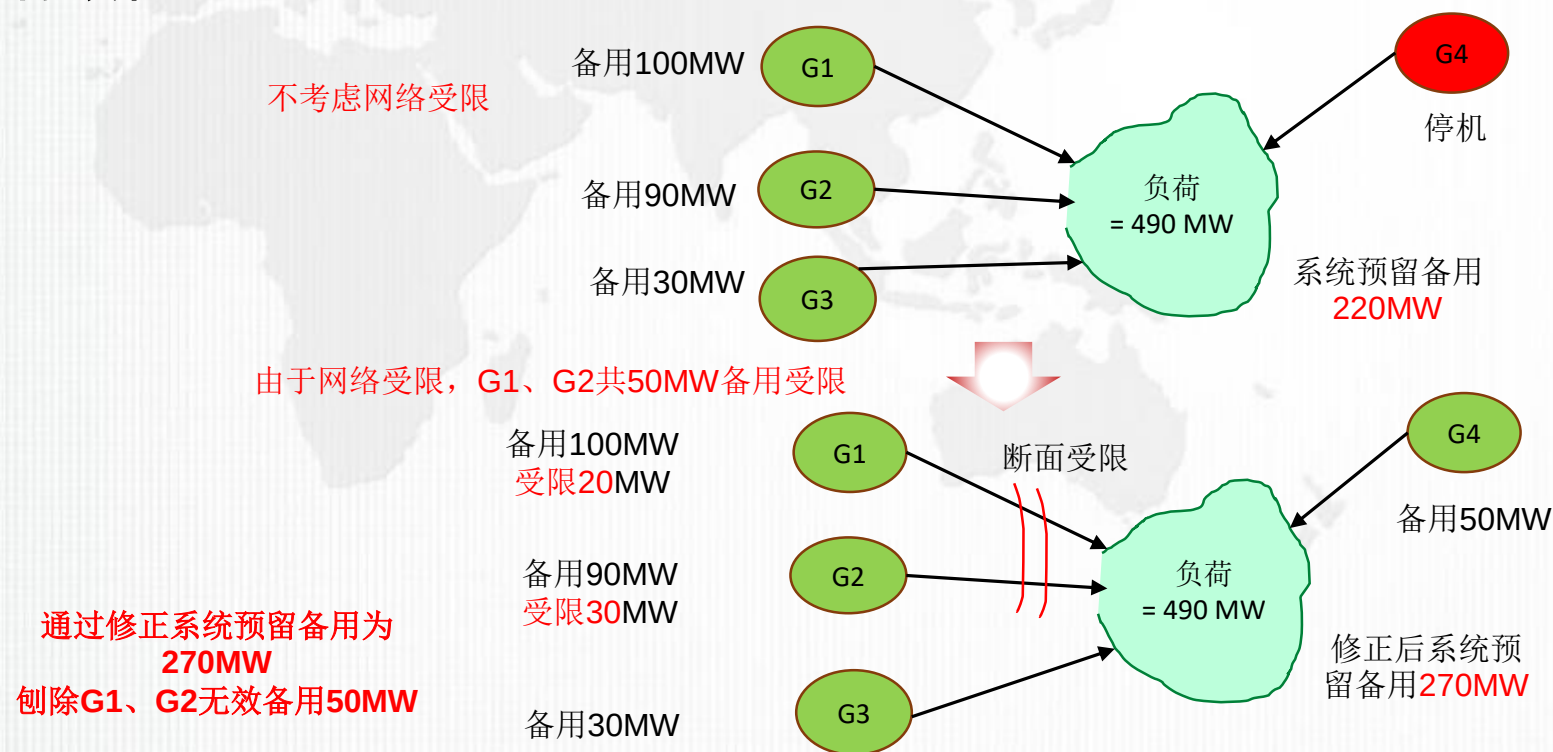




4、考虑电网安全的高精度市场出清算法技术

3 考虑动态备用减扣的优化出清技术

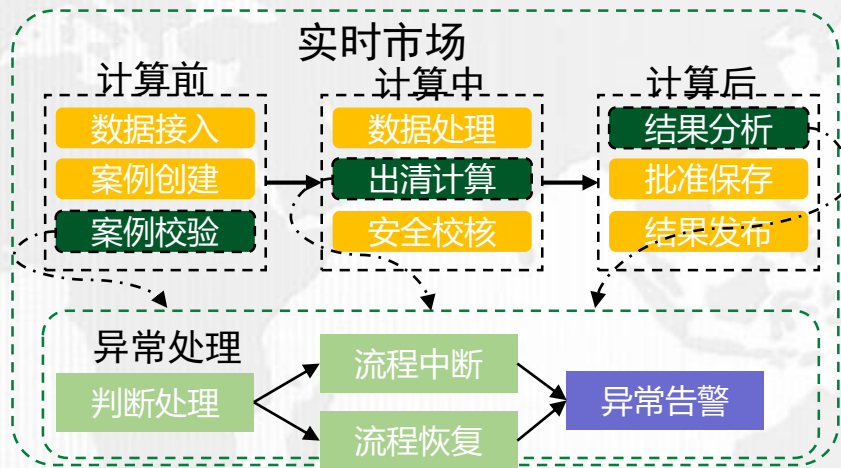
通过**计算机组全备用调出时相关断面/设备越限量来计算无效备用**，在市场出清过程中扣除这些无效备用，使得出清结果中各机组备用总和满足系统备用需求，保证系统预留备用的有效性。



5、实时市场全流程闭环控制技术

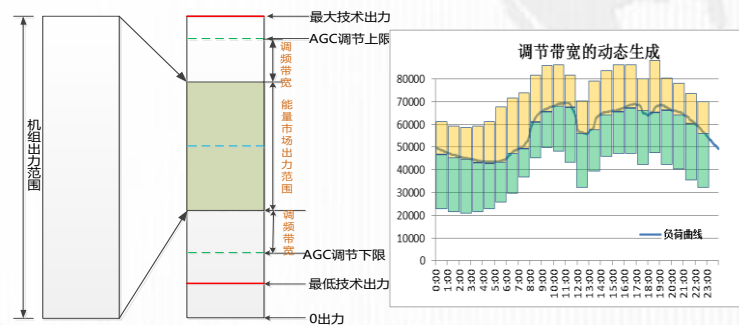
建立了出清流程分级熔断技术，对实时市场全流程运行风险进行**主动识别与自动阻隔**，提出了不同市场模式下中标机组**AGC调节模式自适应切换**和**调频资源变权重优化调用方法**，实现了从市场交易、潮流预控到计划执行、AGC实时平衡的全过程高可靠自动闭环控制。

出清计算



出清结果

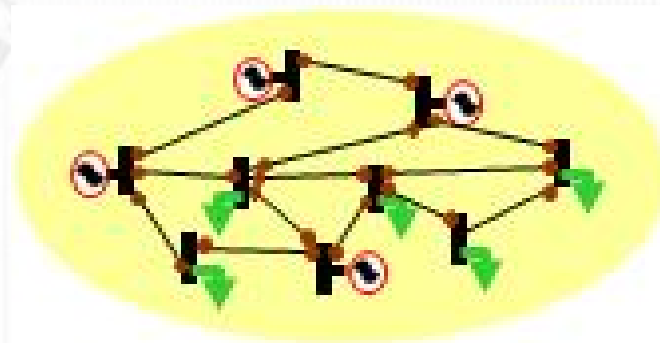
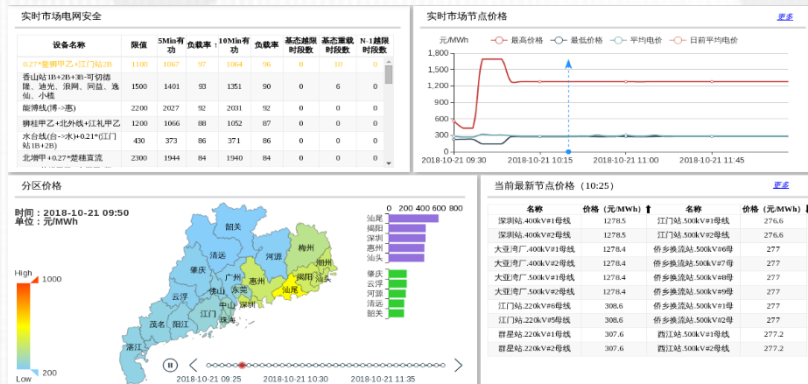
现货市场下自动发电控制



控制指令

执行反馈

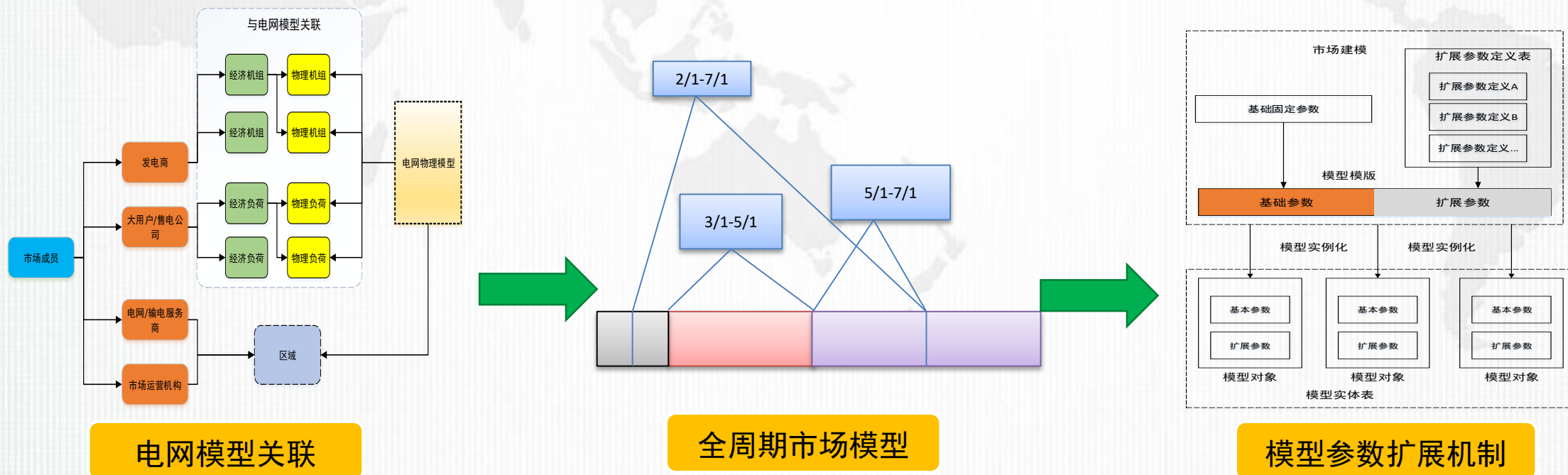
运行监视



6、多维度现货市场模型管理技术

建立时间可追溯的多维度、全周期电力市场模型动态建模方法，灵活适应不同交易品种、不同市场模式下市场模型变化要求，实现市场模型可追溯、可扩展、可组态。

- 空间维度：市场模型与电网模型关联，经济模型与物理模型的统一
- 时间维度：时间可回溯的模型版本管理，全周期管控
- 业务维度：模型参数动态扩展，支持多交易品种，适应市场业务变化要求



7、全过程数据质量管控技术

建立**基于规则的现货市场数据校验技术和全过程数据监控技术**，对现货市场数据交互过程、数据质量、数据安全等进行管控，确保现货市场系统与各类系统间数据交互的及时、可靠、准确、安全，为后续市场出清计算提供高质量的基础输入数据。

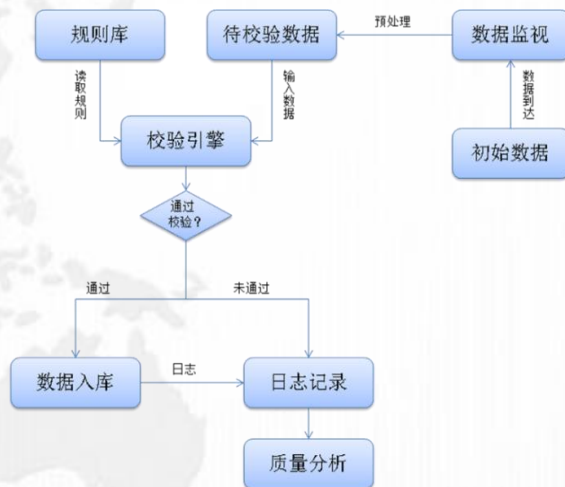
数据质量管控

对横向、纵向各类交互数据进行全过程监视

建立了丰富的数据校验规则，对数据质量进行全面校验

提供数据主动推送与故障重传、数据备份与恢复

对市场保密数据进行加密传输与存储



校验规则

通用校验规则

单项校验规则

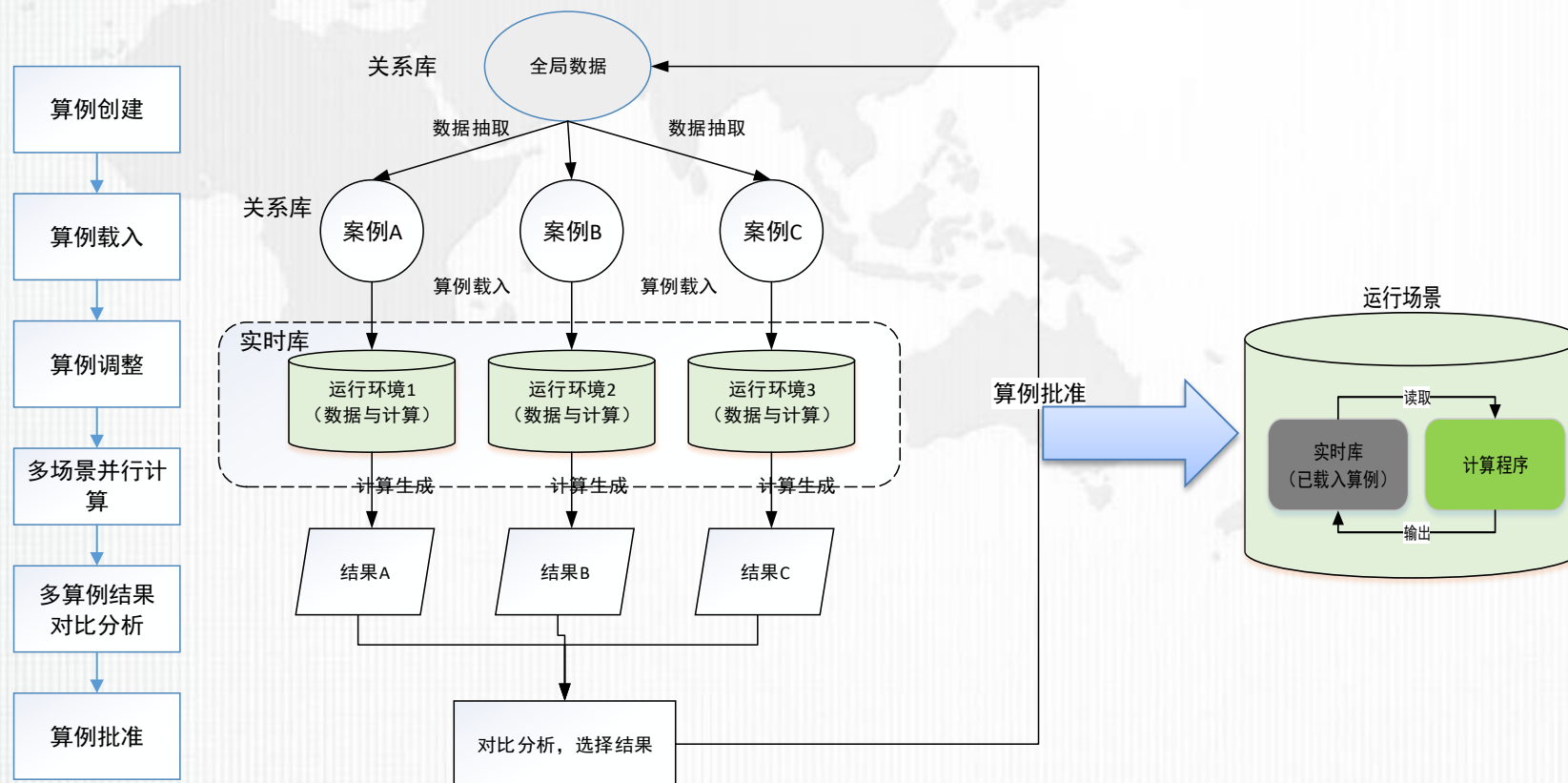
综合校验规则



案例数据	市场出清	校验信息
校验规则	校验信息	校验信息
通用校验规则	校验信息	校验信息
单项校验规则	校验信息	校验信息
综合校验规则	校验信息	校验信息

8、多场景案例数据管理技术

通过可配置的数据抽取规则自动生成适应不同场景计算要求的案例数据，在多个相互隔离的高性能实时库中开展多算例的并行计算与分析，支持现货市场下**多周期、多案例、多应用**市场分析计算及历史算例反演。



2019-11-07案例信息

日期: 2019-11-07 应用市场: 实时市场 案例名称: 搜索 案例下载 案例删除

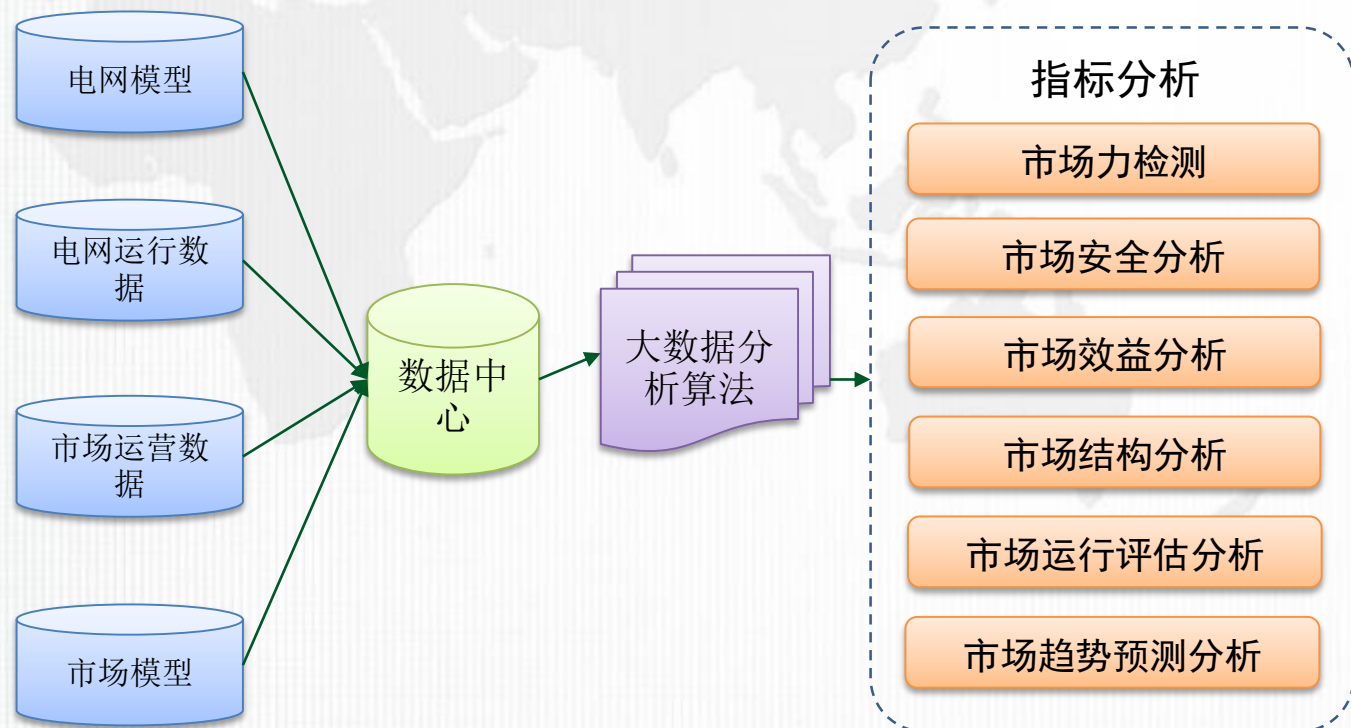
当前进度:

	案例名称	案例保存	案例批准	最高节点价格 (元/MWh)	最低节点价格 (元/MWh)	越限断面数	重载断面数	越限时段数	重载时段数
1	实时市场2019-11-07_15:45.final	●	●	165009	-36.216309	0	4	0	22
2	实时市场2019-11-07_15:30.final	●	●	0	0	0	3	0	23
3	实时市场2019-11-07_15:15.final	●	●	203.625687	-258.766663	0	4	0	17
4	实时市场2019-11-07_15:00.final	●	●	203.858749	-250.373489	0	4	0	24
5	实时市场2019-11-07_14:45.final	●	●	373.141602	-382.499939	0	4	0	24
6	实时市场2019-11-07_14:30.final	●	●	203.973114	-209.088806	0	4	0	16
7	实时市场2019-11-07_14:15.final	●	●	203.700668	-258.773743	0	3	0	17
8	实时市场2019-11-07_14:00.final	●	●	203.619705	-222.471588	0	4	0	24
9	实时市场2019-11-07_13:45.final	●	●	200.000015	0	0	5	0	24
10	实时市场2019-11-07_13:30.final	●	●	0	0	0	5	0	22
11	实时市场2019-11-07_13:15.final	●	●	0	0	0	5	0	20
12	实时市场2019-11-07_13:00.final	●	●	0	0	0	5	0	20
13	实时市场2019-11-07_12:45.final	●	●	0	0	0	5	0	16
14	实时市场2019-11-07_12:30.final	●	●	0	0	0	5	0	15
15	实时市场2019-11-07_12:15.final	●	●	529.999817	-31.943259	0	8	0	19
16	实时市场2019-11-07_12:00.final	●	●	448.999939	-1000	0	4	0	9
17	实时市场2019-11-07_11:45.final	●	●	800	-1000	1	5	3	17
18	实时市场2019-11-07_11:30.final	●	●	771.70879	-1000	0	7	0	13
19	实时市场2019-11-07_11:15.final	●	●	100.000092	-1000	0	3	0	9
20	实时市场2019-11-07_11:00.final	●	●	-1000	-1000	0	4	0	9
21	实时市场2019-11-07_10:45.final	●	●	0	-1000	0	2	0	5
22	实时市场2019-11-07_10:30.final	●	●	0	-1000	0	4	0	14

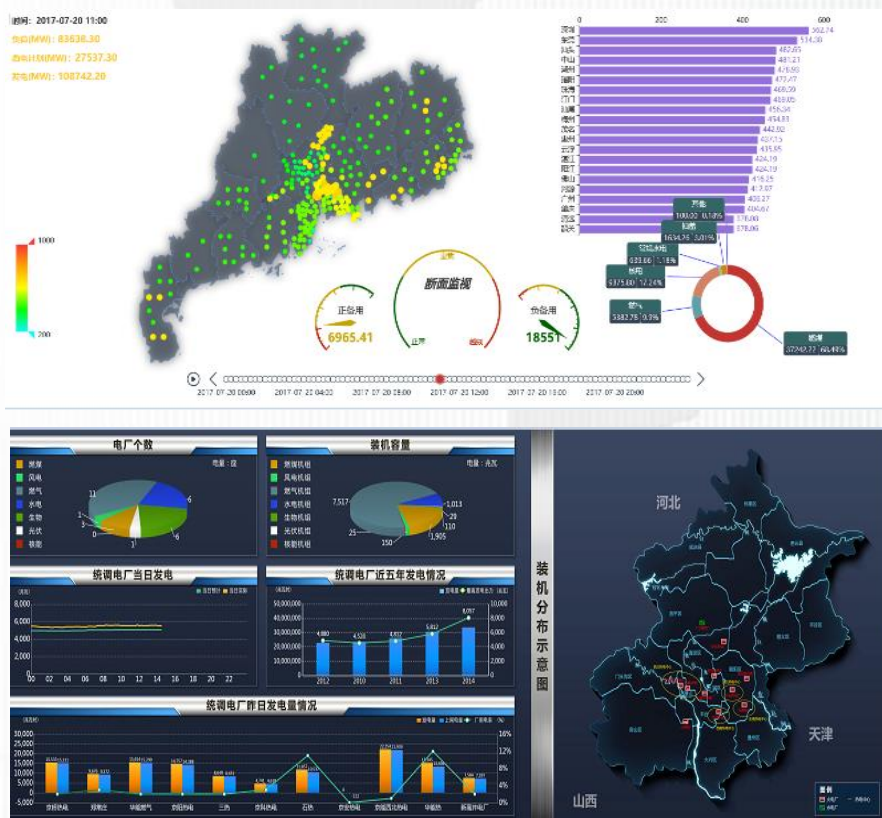
最新日志:

9、市场运行监视全景驾驶舱技术

从市场结构、市场行为、市场效益、市场安全等方面构建**市场运行量化评估指标体系**，**基于大数据分析及可视化技术实现了市场运行监视全景驾驶舱**，辅助市场监管机构和运营机构全面掌握市场总体运行态势，及时发现市场运行风险，保障市场安全、健康运行。



大数据
可视化



10、市场运行痕迹全信息记录

对现货市场系统运行过程信息和人工操作痕迹进行**全息记录和安全存储**，支持事后全景重现市场启动、市场申报、市场出清、市场发布等全过程，为市场运行分析、市场监管审计提供真实、可靠的信息来源。

1. 用户访问系统痕迹记录

2. 市场模型及数据维护记录

3. 市场出清过程操作记录

4. 市场出清结果人工干预操作记录

5. 系统数据导入导出操作记录

6. 申报发布操作信息记录

信息汇集

信息处理

信息记录

场景重现

南方(以广东起步)电力
现货市场技术支持系统

📄

市场管理

🗄️

数据管理

☁️

市场发布

📶

市场申报

📅

长周期机组组合

🕒

日前市场

📅

日内计划

📅

日志管理

🕒

开始时间: 2019-10-24

🕒

结束时间: 2019-10-27

📄

日志类型:

📄

日志子类型:

🔧

操作类型:

	日志类型	日志子类型	操作类型	日志信息	操作人
311	系统日志	页面浏览	浏览	浏览发电机组管理页面	liuhao
312	系统日志	页面浏览	浏览	浏览市场成员管理页面	liuhao
313	系统日志	页面浏览	浏览	浏览市场成员管理页面	liuhao
314	系统日志	页面浏览	浏览	浏览出清结果概览页面	caobin
315	市场模型	模型参数定义	修改	修改关联主体成员, 关联用户: caobin, 参数: 研究模式, 原值: 1, 修改值: 2	caobin
316	系统日志	页面浏览	浏览	浏览用户关联主体页面	caobin
317	日前市场	案例数据调整	修改	修改机组初始状态, 机组名称: 崖门厂#4发电机参数: 初始出力, 原值: 9569.000000, 修改值: 90.00	系统执行
318	日前市场	案例数据调整	修改	修改机组初始状态, 机组名称: 崖门厂#4发电机参数: 持续时间, 原值: 90.000000, 修改值: 9569	系统执行
319	系统日志	页面浏览	浏览	浏览日志管理页面	liuhao
320	日前市场	案例数据调整	修改	修改机组初始状态, 机组名称: 崖门厂#4发电机参数: 运行状态, 原值: 关闭, 修改值: 开启	系统执行
321	系统日志	页面浏览	浏览	浏览用户关联主体页面	caobin
322	系统日志	页面浏览	浏览	浏览用户关联主体页面	caobin
323	系统日志	页面浏览	浏览	浏览用户关联主体页面	caobin
324	日前市场	案例数据调整	修改	修改机组初始状态, 机组名称: 崖门厂#2发电机参数: 运行状态, 原值: 关闭, 修改值: 12379	系统执行
325	日前市场	案例数据调整	修改	修改机组初始状态, 机组名称: 崖门厂#2发电机参数: 持续时间, 原值: 90.000000, 修改值: 90.00	系统执行
326	日前市场	案例数据调整	修改	修改机组初始状态, 机组名称: 崖门厂#2发电机参数: 运行状态, 原值: 关闭, 修改值: 开启	系统执行
327	系统日志	页面浏览	浏览	浏览出清结果概览页面	caobin
328	日前市场	案例数据调整	修改	修改机组初始状态, 机组名称: 民众厂#2发电机参数: 初始出力, 原值: 199780.000000, 修改值: 7...	系统执行
329	日前市场	案例数据调整	修改	修改机组初始状态, 机组名称: 民众厂#2发电机参数: 持续时间, 原值: 75.000000, 修改值: 111	系统执行
330	日前市场	案例数据调整	修改	修改机组初始状态, 机组名称: 民众厂#2发电机参数: 运行状态, 原值: 关闭, 修改值: 开启	系统执行
331	日前市场	案例数据调整	增加	抽蓄机组开机开泵台数, 修改抽蓄机组开机开泵台数: 电厂名称: 惠蓄厂参数: 最小开机台数 原值: 无...	libingwei
332	日前市场	案例数据调整	增加	抽蓄机组开机开泵台数, 修改抽蓄机组开机开泵台数: 电厂名称: 惠蓄厂参数: 最小开机台数 原值: 无...	libingwei
333	日前市场	案例数据调整	增加	抽蓄机组开机开泵台数, 修改抽蓄机组开机开泵台数: 电厂名称: 广蓄B厂参数: 最小开机台数 原值: 无...	libingwei
334	系统日志	页面浏览	浏览	浏览出清结果概览页面	caobin
335	系统日志	页面浏览	浏览	浏览出清结果概览页面	caobin
336	日前市场	案例数据调整	增加	抽蓄机组开机开泵台数, 修改抽蓄机组开机开泵台数: 电厂名称: 广蓄B厂参数: 最小开机台数 原值: 无...	libingwei
337	日前市场	案例数据调整	修改	修改机组初始状态, 机组名称: 雄州#1发电机参数: 持续时间, 原值: 230.000000, 修改值: 35649	系统执行
338	日前市场	案例数据调整	修改	修改机组初始状态, 机组名称: 雄州#1发电机参数: 持续时间, 原值: 230.000000, 修改值: 35649	系统执行

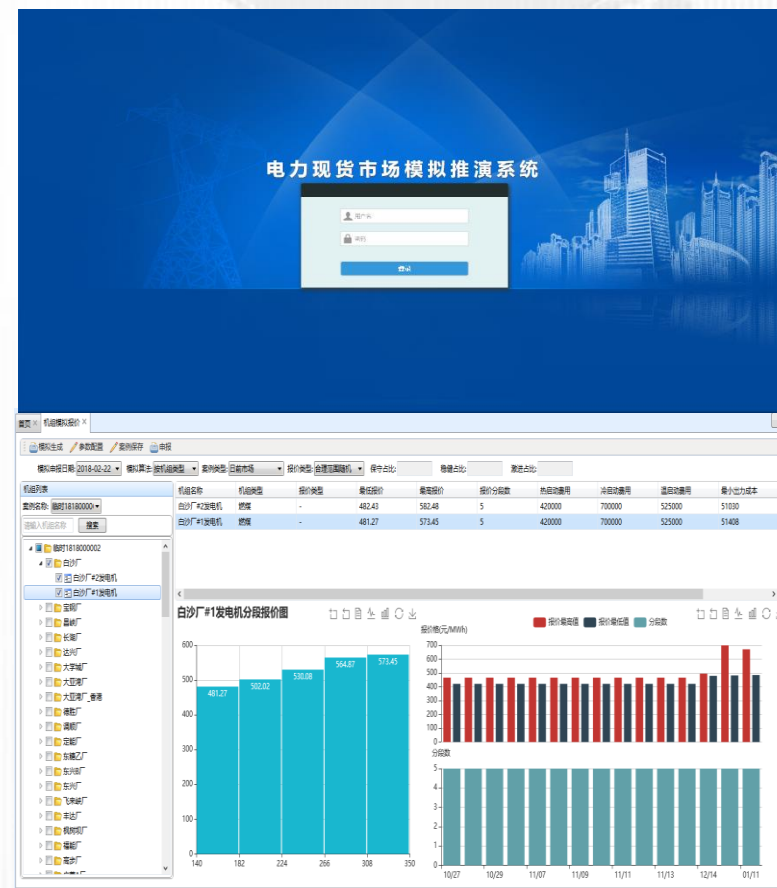
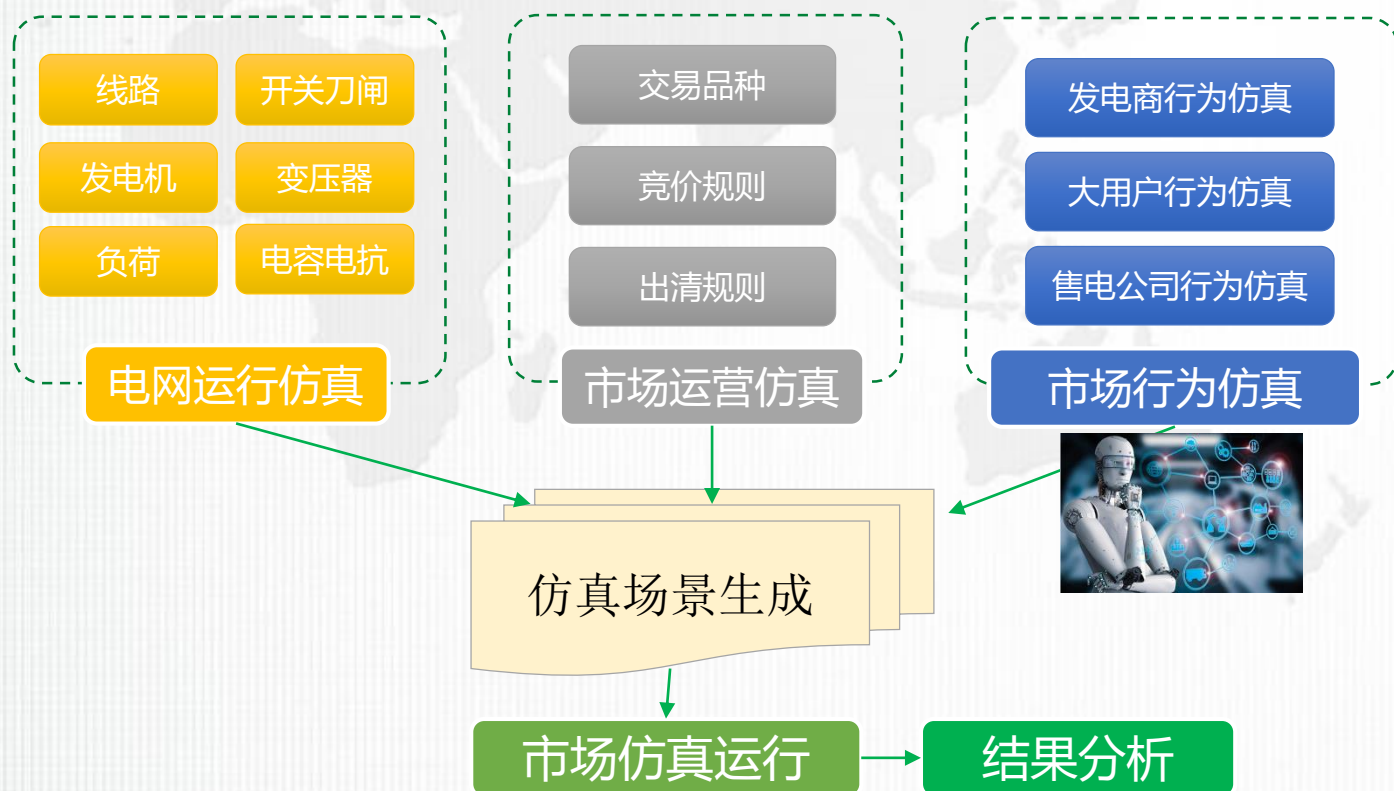
信息处理

信息记录

场景重现

11、基于人工智能的市场模拟推演技术

以现货交易运营平台核心技术为基础，为支撑不同交易品种、不同交易规则的模拟仿真，研发了规则可配置的市场交易运营仿真技术、基于人工智能的市场主体行为仿真技术及现货市场环境下的电网运行仿真技术，为市场规则研究和政策制定提供仿真分析工具。



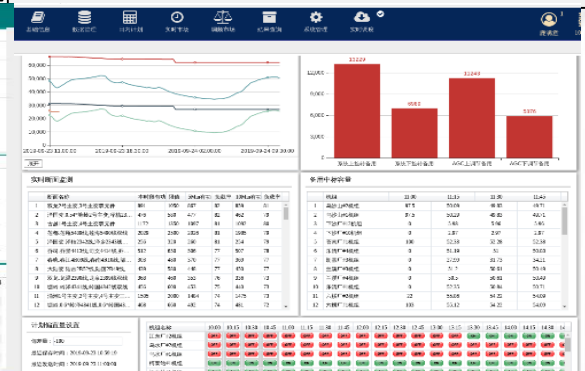
研发了新一轮电改下国内首套采用全电量竞价与节点电价定价模式的电力现货市场技术支持系统（荣获“2018年中国软件行业优秀解决方案”）并率先在广东电力现货市场投入结算试运行，截止2019年11月，先后承担了国内首批八个现货市场试点地区中四个（广东、甘肃、蒙西、浙江）并全部上线结算试运行，市场范围覆盖国家电网、南方电网及蒙西电网。



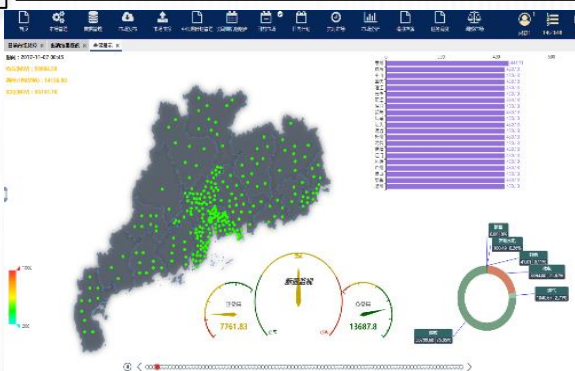
甘肃



浙江



广东



蒙西



研发的电力辅助服务市场系统已在华东、西北、华北、广东、甘肃等10余个网省公司进行推广应用，其中8家已经上线运行。通过市场化机制实现辅助服务分配、调用及费用分摊补偿，进一步释放电网灵活调节能力，保障电网安全稳定运行。



西北首家调峰辅助服务市场在甘正式启动

每日甘肃 百家号 | 04-15 11:32

西北首家调峰辅助服务市场在甘正式启动

崔剑) 筹备建市场，力市场

时间：[2018-12-03] 信息来源：中电新闻网

11月28日，西北跨省调峰辅助服务市场试运行启动会在西安召开，标志着西北电力市场建设进程进入了新的阶段。

今年以来，西北能源监管局会同甘肃、新疆能源监管办以及国网西北分部等单位，共同推进西北跨省调峰辅助服务市场建设工作。7月，西北跨省调峰辅助服务市场建设工作正式启动，按照“保障系统安全、坚持市场方

华东电力调峰辅助服务市场正式落地，9月底模拟

2018-09-29 11:25

中国储能网讯：9月19日，华东能监局发布了《华东电力调峰辅助服务市场试点方案》和《华东电力调峰辅助服务市场运营规则（试行）》的通知，华东电力调峰辅助服务市场拟于2018年9月底开展模拟运行，2019年1月1日起正式运行。

规则中定义调峰能力不低于额定容量50%的30万千瓦以上燃煤机组、新投产电价市场化的抽水蓄能机组可作为市场主体参与，并适时考虑逐步扩大至其他具备规定调峰能力的发电电源。申报电力最小单位为50MW，申报电价最小单位1元 / kWh。



国家电网
STATE GRID

南瑞集团有限公司（国网电力科学研究院有限公司）
NARI GROUP CORPORATION/STATE GRID ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

谢谢！

邮件：changli@sgepri.sgcc.com.cn

电话：13776608650