[电力市场]

适应南方区域电力市场的独立结算系统设计与开发

文/广州电力交易中心有限责任公司　代红阳　陈　玮　黄筱婷
北京清大科越股份有限公司　谢　天　张德亮　匡洪辉

介绍了国内外典型电力市场交易模式及其结算系统功能架构，阐述了各交易机构在结算系统建设上的借鉴意义；基于南方区域电力市场实际情况，论证了建设区域独立结算系统的重要意义，设计了系统的功能体系和业务流程；最后围绕当前交易中心的业务职能，分析了该系统的数据交互要求和部署实施要点。

随着电力现货市场的加速建设，我国电力市场改革不断深化，电力交易的复杂性逐步增加。交易时序维度，开始由中长期交易逐步向电力现货市场发展；交易类型维度，在传统的双边协商和集中竞价的基础上增添了发电权交易、配合交易等新类型；交易品种维度，调峰、调频等辅助服务和容量市场等新交易品种已开始试点。

随着电力市场交易体系的不断丰富，市场交易结算面临日益严峻的挑战，体现在发电企业和用户的发用电量结构更加复杂，需要对发用电量组成进行分解，并与不同时序、不同类型交易的出清价格匹配，该过程必须确保安全、高效和准确。

同时应该看到，我国当前电力市场还处于起步阶段，特别是对于区域电力市场机制建设还不够成熟，支持系统智能化也需要不断提升。针对这一问题，本文将立足于南方区域电力市场实际，通过对比国内外典型电力市场交易结算系统建设情况，借鉴其有益经验，提出适应南方区域电力市场的独立结算系统功能体系和部署架构，并介绍该系统实际开发应用情况。

基金项目：广州电力交易中心科技项目

国内外典型电力市场交易结算对比分析

1．国外典型电力市场建设特征

美国PJM、英国和北欧是世界范围内起步最早的电力市场，其交易结算体系也最为健全。表1从交易时序、交易品种和独立性三个方面对比了国外三个典型电力市场交易结算系统的建设特征。

表1　国外典型电力市场对比

项目	美国PJM	英国	北欧
结算时序	以5 min为最小单位	中长期合同＋日	以日为最小单位
结算品种	电能＋辅助服务	电能	电能＋辅助服务
系统独立性	独立	独立	独立

结算时序维度，美国PJM以5 min作为最小时序单位，北欧电力市场是以日作为交易阶段的最小时序单位，通过对最小时序单位结算费用的累计得到年度、月度等不同时序下市场成员的结算费用。英国电力市场结算则包括以中长期合同为基础的合约部分结算和以平衡机制为基础的逐日出清结算两部分构成。

结算品种维度，美国PJM和北欧电力市场结

算中均涵盖电能和辅助服务两个交易品种；而英国电力市场则主要对电能结算，其辅助服务部分费用是通过中长期合同确定，根据中标商提供情况按年度支付。

系统独立性维度，美国PJM、英国和北欧尽管在电力市场起步阶段曾采用过非独立的建设架构，但随着电力市场改革的不断深入，交易结算的复杂性和信息安全重要性日益提升，独立的交易结算系统成为国外典型电力市场在交易结算系统中建设的共识。

2．国内典型电力市场建设特征

我国电力市场改革处于起步阶段，当前各省区电力市场交易结算的研究和实践经验相对缺乏。在我国各电力市场改革试点省份中，云南和贵州是首批电力体制改革综合试点，广东是首批售电侧改革试点。三个省区的电力市场建设处于全国领先位置。为此，本文将重点以三个省区为代表，分析我国典型电力市场交易结算系统的建设水平和主要特征。表2所示为我国典型电力市场的对比分析情况。

表2　我国典型电力市场对比

项目	广东	云南	贵州
结算时序	向日为最小单位过渡	月度＋日	月度
结算品种	电能＋调峰、调频辅助服务	电能	电能
系统独立性	独立	非独立	非独立

结算时序维度，当前广东正在进行电力现货市场试运行，其交易结算时序逐步由传统中长期市场下的月度为最小时序单位向日过渡；云南电力市场则已经开展了省间增量交易的日内现货交易，因此该部分电量以日作为最小时序单位，而剩余交易品种和类型则以月度为最小时序单位；贵州目前仅开展了年度和月度两个时序的交易，因此，其交易结算以月度为最小时序单位。

系统独立性维度，广东目前已建成独立的交易结算系统，作为电力现货市场改革下的有力支撑；而云南和贵州的系统还是作为交易平台的功能模块，未建设独立系统。

3．国内外经验借鉴

对国内外电力市场交易结算系统的经验借鉴必须建立在深刻认识其特殊性背景原因的基础上。之所以在结算时序、结算品种和系统独立性三个维度，不同的电力市场交易结算系统设计存在差异，与其市场交易模式和市场规模密不可分。

首先，结算时序、结算品种的选择受电力市场交易模式直接影响。一般来说，当组织电力现货市场后，必将以日或者更小的时序作为最小结算单位。结算品种则由市场交易品种直接决定，当将调频、调峰等辅助服务纳入电力市场交易时，在交易结算阶段势必需要考虑其实际调用情况，进行结算。

其次，系统是否独立建设需要考虑市场规模和结算的复杂程度。独立建设的系统在稳定性和计算时效性方面均有明显优势，因此当市场规模较为庞大、结算分析复杂程度较高时，有必要采用独立建设的自动化结算系统。

最后，系统建设还需要考虑信息安全和数据保密性问题，充分考虑和其他信息系统的安全隔离。

南方区域电力市场独立结算系统必要性分析与体系设计

1．独立建设必要性

南方区域电力市场是指我国南方广东、广西、云南、贵州和海南五省区所构成的互联电网电力市场交易体系。南方区域电力市场采用独立结算系统主要是从如下三个方面考虑：

1）从规模来看，南方区域电力市场覆盖五省区，最大供电负荷超过2万kW，市场成员中发电企业超过100家，市场的规模已经超过美国PJM和北欧电力市场水平。

2）从交易体系来看，随着南方区域电力现货市场的加速建成，南方区域电力市场将建成覆盖年度、月度、日前和日内等多个时序，包含双边协商、集中竞价和发电权交易等多个交易品种的交易体系。从交易体系复杂性上，南方区域电力市场已经接近美国PJM和北欧电力市场的水平。

3）从交易组织需求来看，作为独立第三方的市场交易机构需要依托电网企业的量测数据和运行数据，而同时交易结算系统需要对电网企业、发电企业和电力用户等市场成员公开，为保障交易组织的信息安全，采用独立系统架构更为可靠。

在具体设计上，独立结算系统在充分保持结算业务独立的同时，还需要保证与短信平台、省交易系统和超高压营销系统保持数据交互，同时与现有的交易系统通过接口的方式进行连接交互数据。为了保持市场主体、交易中心用户在系统使用上的统一，交易系统与结算系统虽是两个独立的系统，但需要支持一站式登录无缝的衔接；

增加统一认证平台，用户首先访问此平台，登录后Session通过内存数据库共享。为此，独立交易结算系统的集成架构如图1所示。从系统开发上，结算系统与交易系统是两套相互独立的系统，而对于交易员通过统一认证平台能够保证操作的便捷性。此外，结算系统再与短信平台和各省交易系统进行数据交互，以实现信息共享。

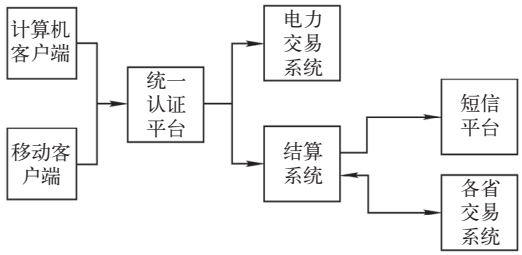

图1　独立结算系统架构

2．功能体系与业务流程

基于上述独立系统的建设必要性分析，本文提出的南方区域电力市场独立交易结算系统的功能体系如图2所示。

按照各功能项目在业务流程中所处位置，可划分为基础数据采集与维护、结算规则设计与维护、结算统计、结算结果校核和结算结果发布五个业务流。

（1）基础数据采集与维护

基础数据采集与维护是整个系统的基础，实现从不同部门、不同系统采集结算所需要的各项基础数据。按照所需的基础数据类型，区域电力市场交易结算所需要的基础数据可划分为基础电价数据、交易出清数据和实际运行数据。基础电价数据包括各发电厂上网标杆电价和不同类型用户的核准电价；交易出清数据是在年度、月度和日前等不同时序市场交易中电能和辅助服务的出清电价；实际运行数据包括发电厂和用户两个方面，发电厂的实际运行数据，不仅包括其发电曲线，也包括其停备状态等辅助服务结算相关的数据，用户的实际运行数据，则需要掌握其用电量和用电曲线。

基础数据主要来源于交易机构的交易系统、电网企业的计量自动化系统、调度机构的能量管理系统和辅助服务管理系统等多个自动化业务系统，必须做好接口衔接，确保数据采集的准确性和及时性。

（2）结算规则设计与维护

结算规则设计与维护重点在于交易结算人员根据结算规则维护结算算法。按照维护内容不同，该业务流程所涉及的功能模块包括结算规则维护、关口关系数据维护、电量划分与辅助服务核准标准关系维护三个方面。

（3）结算统计

结算统计是系统的核心功能模块，采用内嵌封装模式，交易结算人员不能直接修改其结算策略，只能通过结算规则设计与维护流程的相关功能模块对结算统计的方法进行调整。上述设计保证了结算统计过程的安全性。

（4）结算结果校核

结算结果校核是在结算统计的基础上，对结算结果的合理性进行进一步校验，确保不发生结算偏差。按照校核方式可划分为自校核和调度审核两个方面。自校核是根据市场成员交易结算预设的数据异常检查项目对交易结果自动校验。调度审核则是交易机构将校核结果反馈至调度机构，由调度机构根据自身掌握的数据信息，对结算结果进行审核。

（5）结算结果发布

将最终的交易结算结果发布展示，并通过加密方式传递至各市场成员。

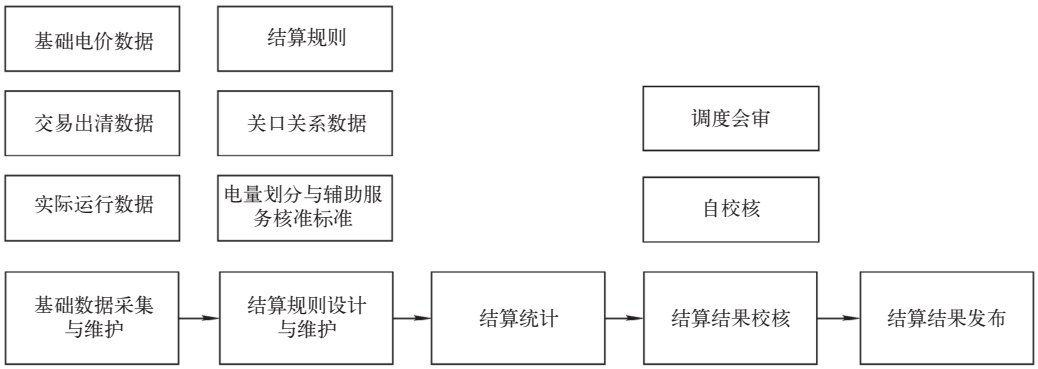

图2　独立结算功能体系

（下转第74页）

案优选出准确的动态运行数据。

$$\min = \sum_{j}^{m} \sum_{j=1}^{n} p_{ij} d \text{（有功等各类数据平均值）} \quad (4)$$

数据整合技术应用成功应用于企业电网最大需量调控技术研究。通过数据整合发现了相关数据2 905个，成功对最大需量调控技术中的数据进行整合，并且保证参数的差异度在合理范围内，整合数据的提供为最大需量的实时调控提供可靠的数据支持。通过实际应用，在处理电网紧急缺陷、系统事故时，通过启动计算程序，确定最优最大需量调控策略，减少最大需量的发生，极大地降低了最大需量的发生，取得了较好的经济效益。

结束语

本文较为详细地分析了在企业电网中数据整合的需求。与已有的分析方式相比较，数据整合计算高效，能更好地管理和检测电网的运行状态和故障信息，因此非常适合于电网复杂系统数据的整合。但从目前的应用来看，数据整合技术还没有大规模和普遍使用，而且数据整合本身还有很多问题需要解决，如数据整合算法的高效性、数据整合模型的通用性等。因此，想要在电网中更多地使用数据整合技术，还需要对数据整合技术进一步探讨和研究。EA

（收稿日期：2018.11.06）
（编辑：朱金凤）

（上接第68页）

南方区域电力市场独立结算系统开发与部署

1．系统开发

当前的南方区域电力市场独立结算系统是在原交易系统结算模块中分割后开发实现的，因此在系统开发中必须考虑如下方面实施要点：

1）在用用户的使用上需要保持原有的界面操作风格，使市场主体在使用的过程中减少学习成本以及减少出错的可能。

2）在系统的衔接上也需要与分割后的交易系统在使用上保持统一性，支持用户一次登录便可在两个系统间之间任意跳转，而无需重新登录。在基础数据的结构以及结算数据的数据结构上尽量与原有的系统数据结构一致，这涉及将老系统的数据迁移至新系统。

3）对交易系统与结算系统之间数据的交互需要支持快速响应与交互，在编程的语言以及程序架构上尽量保持一致。

根据原有系统的建设情况，系统开发中采用了JAVA语言和J2EE的3层架构方式。同时在结算系统与交易系统在数据的传输上，使用EJB的RMI方式，能够支持对象远程调用机制。

2．系统部署

在系统部署上，为保证信息安全和对外发布的便捷性，系统部署架构如图3所示。在电力生产安全区建设交易结算主系统，并在安全区建设该系统的映射。通过正反向隔离装置实现该系统的信息安全防护。

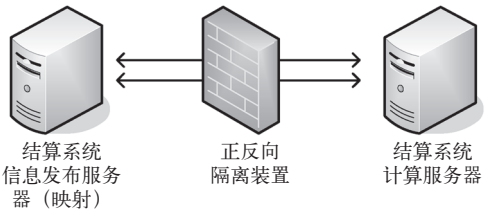

图3　系统部署结构

结束语

本文对比分析了国内外典型电力市场的交易结算系统，基于南方区域电力市场实际，介绍了独立结算系统的设计构想，并提出了具体的功能体系方案，最后介绍了该系统开发与部署的要点，希望能够有助于我国电力市场改革顺利推进。EA

（收稿日期：2018.12.27）
（编辑：朱金凤）