

宁夏电力公司 丁茂生：能源区块链之美在透明赋信

原创 编辑部 电力系统自动化 5天前



区块链建设是国家新基建的重要组成部分，能源行业也在不断探索区块链的应用场景。结合区块链的优势，笔者认为区块链在电力能源行业的应用将会带来两个变革。一是透明调度交易，在确保数据安全的前提下，实现调度交易数据上链与标识，让调度交易的管理考核更透明。二是赋信电力市场，基于区块链天然信任机制，让智能合约实现市场规则，筑牢电力市场信任基础；基于以上思路，笔者进行了探索研究，提出了一种基于区块链技术的新型透明调度管理考核系统架构，设计了透明调度考核智能合约和考核流程，有效解决了多主体的信任问题，实现了调度管理考核全过程的公开透明和真实可信，为优化电力营商环境、深入推进电力市场全面建设奠定了良好基础。能源区块链的建设和应用还处于探索阶段，所提架构也许有不完善之处，欢迎大家拍砖。

针对该观点，您有什么看法呢？欢迎在评论区留言讨论。

01

透明考核框架

为规范发电企业并网运行管理及合理评估其辅助服务质量，能源监管机构制定了《区域发电厂并网运行管理实施细则》《区域发电厂辅助服务管理实施细则》，简称“《两个细则》^[1-2]”。这些管理细则的颁布和实施对促进网源协调，确保电网安全稳定运行发挥了重要作用。但电力市场新环境下，如何实现市场主体对调度管理考核全过程的信息快速掌握和不言而信^[3]，提升调度管理考核透明度是亟待解决的问题。

区块链是互联网时代的一种新兴信息技术，由密码学、共识机制、P2P网络、脚本语言等多领域技术紧密耦合而成，其本质是在多方之间建立一个实时共享的信任机制，实现价值在互联网上的传递^[4]。区块链借助密码学算法，采用去中心化方式，通过共识机制由所有参与方共同维护一个开放、透明的链式分布式数据库^[5]。各参与方都拥有完整账本的副本，可实时查看和校对数据，在实现数据共享的同时保证了信息的完整性和一致性，其内嵌的脚本语言和智能合约使得区块链用户能够在链上部署各式各样的功能接口，实现多领域的应用。

区块链不可篡改、可追溯及智能合约等技术特点使其在调度管理考核中的应用具有明显的优势，能有效解决《两个细则》执行过程中存在的问题，实现考核结果的真实可信、公开透明和开放共享，显著提升了电力调度机构的公信力^[6]。区块链技术在调度管理考核应用的匹配度分析如下。

- 1) 区块链可将发电企业相关数据信息上链存证，保证数据源头的真实可信。数据在流转过程若被篡改将被记录，实现数据的不可篡改和可追溯。
- 2) 数据、考核结果上链存证后，区块链上的各节点将保存同样的数据，实现了数据的分布式存储，各市场主体间可实现数据共享。
- 3) 利用智能合约，将《两个细则》中考核指标模型保存在区块链中，自动触发执行，考核结果不可篡改，提升了调度管理考核的透明度^[7]。

基于区块链技术的电力调度考核系统架构如图1所示。



图1 基于区块链技术的电力调度考核

为实现电厂数据上链，设计的区块链调度考核评价系统主要由采集层、存储层、逻辑层和应用层等组成，系统架构图如图2所示。

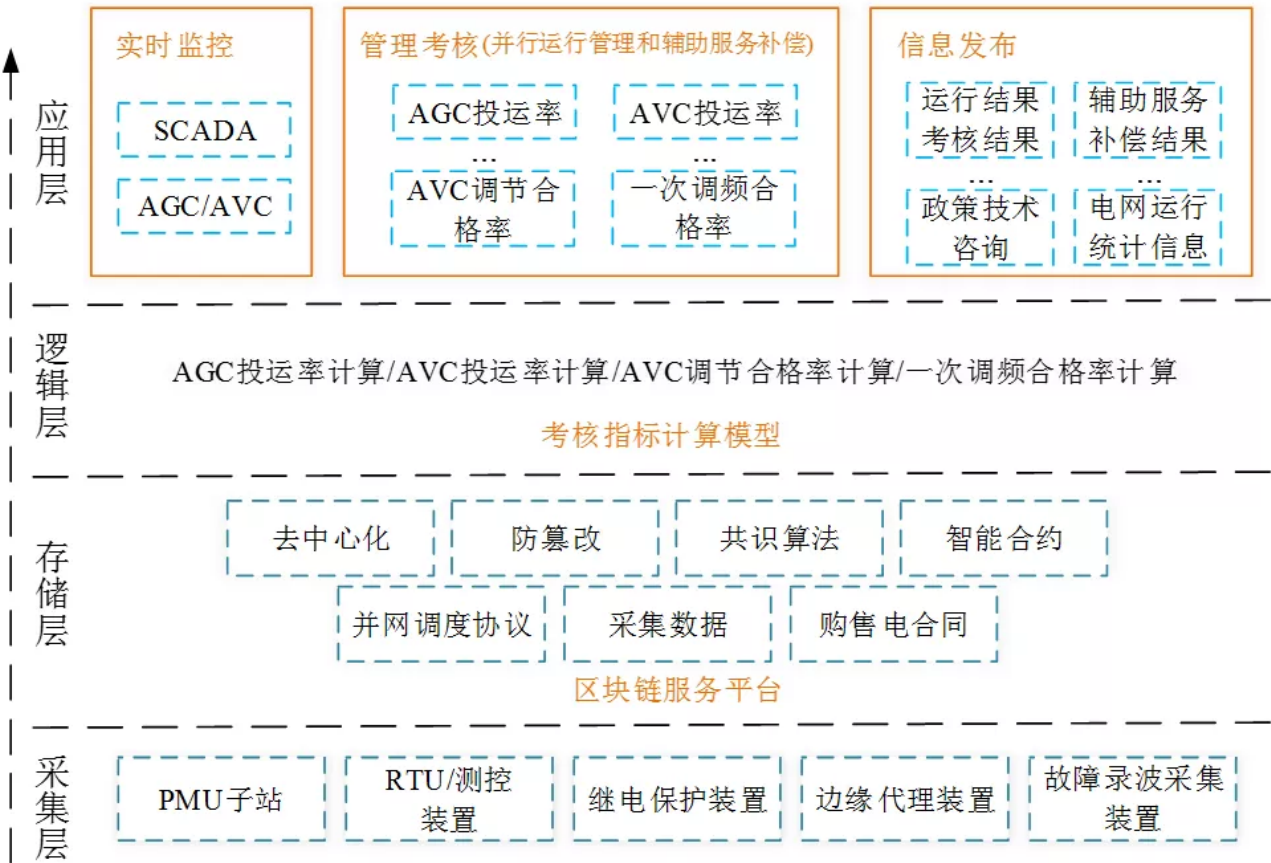


图2 系统架构图

采集层主要包括同步相量装置、测控装置、保护设备、边缘代理装置等智能终端，实现对发电厂考核管理所需基础数据的采集和预处理^[8]。上述智能终端可实现对发电厂站稳态、动态、暂态、火电机组综合监测、新能源综合监测、输变电设备在线监测等数据的采集和处理，由调度中心与电厂共同维护智能终端，确保数据准确无误上链。采集层采集到的数据直接存储到区块链平台，保证区块链平台从电厂侧采集到原始、真实、可信的数据，为两个细则考核提供可靠的依据。

存储层主要是区块链服务平台，主要存储采集层各采集装置采集到的数据，数据经过清洗后通过数据和电子文件的哈希值储存在区块链服务平台的区块中^[9]，支撑电力调度考核。数据以链式区块形式组织存储，通过共识机制达成多节点一致，基于数据安全与用户信息涉密，对存储数据访问用户进行分级权限控制。

逻辑层主要用来计算考核指标、数据校验和数据分析等功能，构建系统考核计算模型，主要包括自动发电控制(AGC)投运率计算模型、自动电压控制(AVC)投运率计算模型、AVC合格率计算模型和一次调频合格率模型^[10]，利用区块链定制化智能合约将两个细则所有考核模型固化到区块链平台，自动执行调度考核，计算考核结果，提高考核效率。

应用层主要支撑调度考核业务实施，实现功能模块中的各个功能点，包括电力调度实时监控、管理考核、信息发布等。应用层作为区块链使用的窗口，方便用户实时查询真实可信的区块数据和考核数据，满足发电侧、调度侧考核评价的业务需求。

基于区块链技术的调度考核评价系统流程如图3所示。

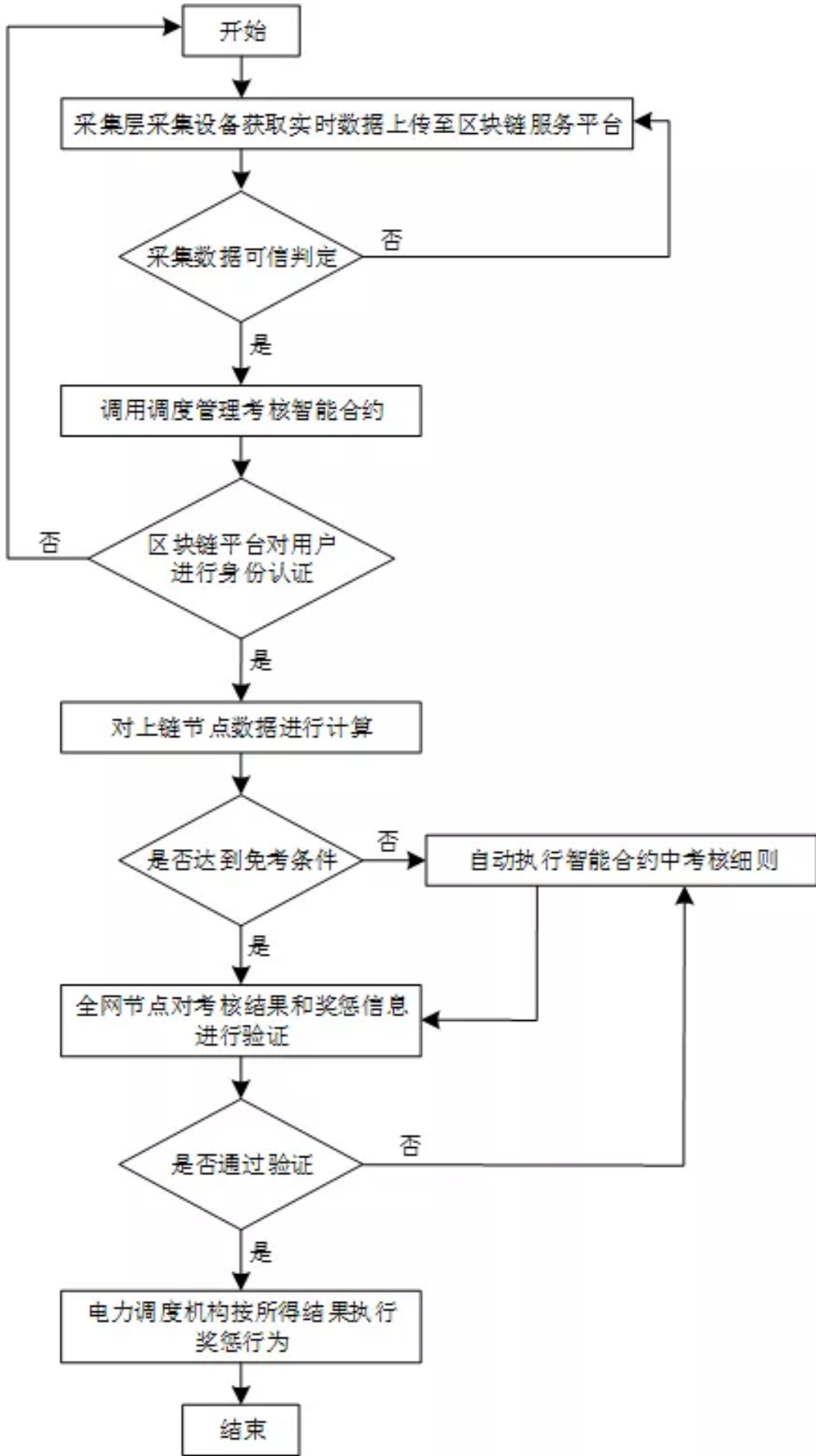


图3 系统流程图



智能合约是一种自我验证合约数据、自动执行合约条款、去中心化、可编程的计算机协议，因其和区块链技术弱信任、去中介、开放自主、可信溯源等特点高度契合而成为区块链应用至各领域的载体^[11]。智能合约中的执行条款、触发条件、预置规则等可由参与合约的多方共同协商制定，之后再将自然语言编码为计算机语言封装在区块链分布式账本中。用户通过对相应的合约地址发起交易请求以调用合约。

将电力调度考核评价与智能合约相结合，建立基于智能合约的电力调度考核评价机制。基于智能合约的电力调度考核评价机制无需第三方的参与，也可以实现可信的电力调度考核评价，其考核评价结果具有可溯性和不可逆性^[12]；另一方面，在执行智能合约的过程中，利用分布式节点上预先设定的代码，可以实现智能合约的强制执行，保证了智能合约的无法干预性和去中心化特征^[13-14]。

利用基于智能合约的电力调度考核评价机制，可以实现对发电企业的并网运行管理以及辅助服务管理考核。智能合约实现模型如图4所示。

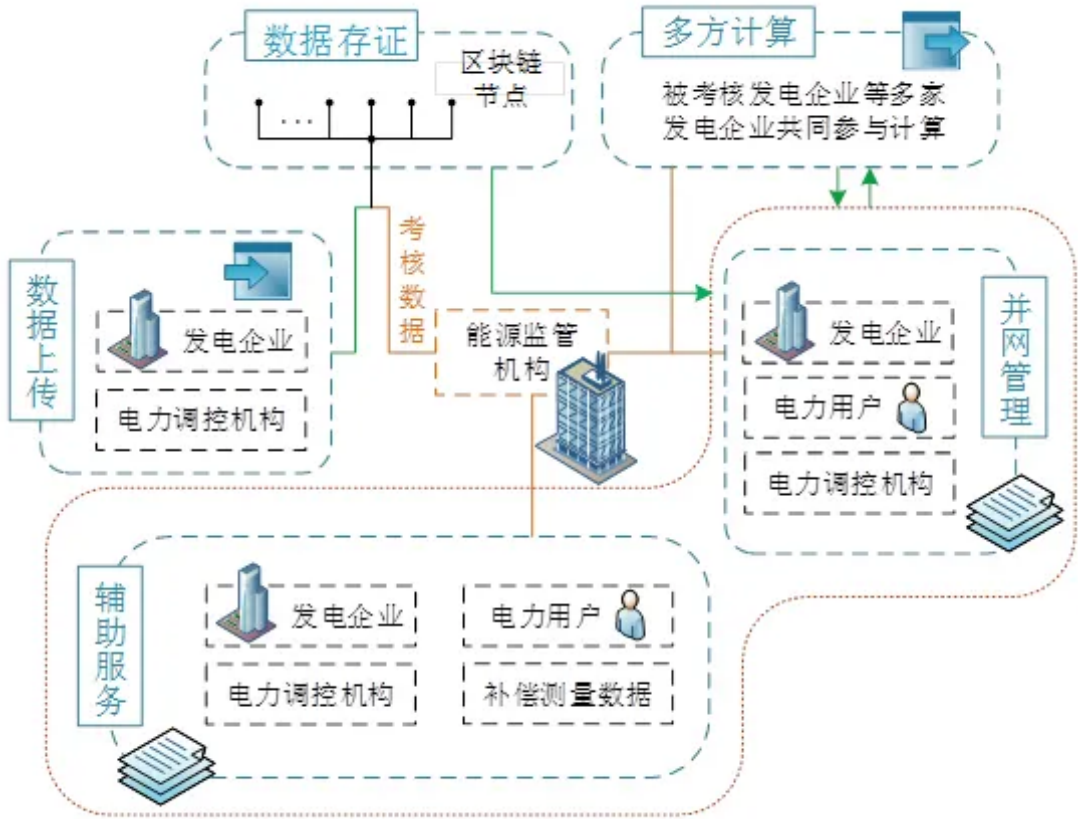


图4 智能合约实现模型图

智能合约实现模型主要包含5个部分：数据上传、数据分发、并网管理规则制定、辅助服务管理规则制定、多方计算。

数据上传模块将考核测量数据传入智能合约，由发电企业和电力调度机构共同维护数据，达成共识，能源监管机构负责监管测量数据的可信性。

数据存证（区块链）负责考核数据上链存证，实现多方参与计算，参与计算的节点应该包括能源监管机构以及被考核发电企业之外的多家发电企业，确保计算过程的透明性和公平性。

并网管理规则制定模块依据《并网运行管理实施细则》，由电力调度机构将其中每一项考核转化为计算机可执行程序规则，在输入考核数据后，该模块直接输出考核分数。

辅助服务规则制定模块依据《并网发电厂辅助服务管理实施细则》，由电力调度机构将其中每一项考核转化为计算机可执行程序规则，在输入补偿测量数据后，该模块直接输出补偿分数^[15]。

多方计算模块实施并网运行管理及辅助服务调用的计量与结算，最终确定发电企业结算金额。

基于智能合约的电力调度考核评价核心部分是考核规则制定，分别依据《并网运行管理实施细则》和《并网发电厂辅助服务管理实施细则》制定并网管理规则和辅助服务管理规则。之后，再将规则转换为可执行的计算机程序。各节点运行相应计算机程序后，得到并网管理规则对应的考核得分以及辅助服务管理规则对应的补偿得分。

被选中参与计算的区块链节点，各自按照考核逻辑顺序依次执行并网管理所有规则，得到每一条考核条目的得分，求和即为月度考核总得分，记为MA；按照考核逻辑顺序依次执行辅助服务管理所有规则，得到月度补偿总分数，记为MC。最终各节点将计算所得的并网管理考核分数以及辅助服务补偿分数提交给能源监管机构，监管机构校核计算结果，并将多数节点得到的一致结果作为发电企业的最终考核结果。

04

结语

本文提出了一种基于区块链技术的电力调度考核系统架构设计方案，基于区块链技术设计出包括采集层、存储层、逻辑层、应用层的系统总体架构，设计了一种改进的智能合约与考核具体的实现步骤。具有以下意义：

一是，区块链技术的应用实现了电力调度管理考核结果的真实可信、公开透明和开放共享，有助于提高发电企业服务积极性，提供电网企业的自律意识，增强电力调度工作的公信力。实现了调度考核结果的真实可信、公开透明和开放共享；

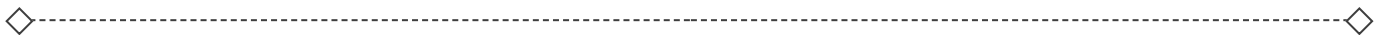
二是，调度运行管理的透明化对提升电网运行管理水平、优化电力营商环境、促进新能源消纳及进一步深化电力市场改革的重要意义。

三是，基于所提架构笔者和团队完成了基于区块链的《两个细则》考核功能的试验验证，但能源区块链的应用还处探索阶段，上链数据的筛选、存储和查询的安全机制等都急需研究完善。

参考文献

- [1] 《西北区域并网发电厂辅助服务管理实施细则》(西北监能市场[2015]28号) [S]. 2015.
- [2] 《西北区域发电厂并网运行管理实施细则》(西北监能市场[2015]28号) [S]. 2015.
- [3] 邵雪, 孙宏斌, 郭庆来. 能源互联网中基于区块链的电力交易和阻塞管理方法 [J]. 电网技术, 2016, 40(12): 3630-3638.
- [4] 赵日浩, 彭克, 徐丙垠, 等. 能源区块链应用工程现状与展望 [J]. 电力系统自动化, 2019, 43(7): 14-24.

- [5] 何蒲, 于戈, 张岩峰, 等. 区块链技术与应用前瞻综述 [J]. 计算机科学, 2017, 44(4): 1-7.
- [6] 曹楠, 王芝茗, 李刚, 等. 智能变电站二次系统动态重构初探 [J]. 电力系统自动化, 2014, 38(5): 113-121.
- [7] 龚钢军, 张桐, 魏沛芳, 等. 基于区块链的能源互联网智能交易与协同调度体系研究 [J]. 中国电机工程学报, 2019, 39(5): 1278-1290.
- [8] 王化群, 吴涛. 区块链中的密码学技术 [J]. 南京邮电大学学报(自然科学版), 2017, 37(6): 61-67.
- [9] 孟荣. 电力市场下并网发电厂运行管理考核系统的设计与研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2007.
- [10] 欧阳丽炜, 王帅, 袁勇, 等. 智能合约: 架构及进展 [J]. 自动化学报, 2019, 45(3): 445-457.
- [11] 何永远, 庞进. 区块链技术在电力行业的应用展望 [J]. 电力信息与通信技术, 2018, 16(3): 39-42.
- [12] 杨德昌, 赵肖余, 徐梓潇, 等. 区块链在能源互联网中应用现状分析和前景展望 [J]. 中国电机工程学报, 2017, 37(13): 3664-3671.
- [13] 颜拥, 赵俊华, 文福拴, 等. 能源系统中的区块链: 概念、应用与展望 [J]. 电力建设, 2017, 38(2): 12-20.
- [14] 张宁, 王毅, 康重庆, 等. 能源互联网中的区块链技术: 研究框架与典型应用初探 [J]. 中国电机工程学报, 2016, 36(15): 4011-4023.
- [15] 李彬, 曹望璋, 祁兵, 等. 区块链技术在电力辅助服务领域的应用综述 [J]. 电网技术, 2017, 41(3): 736-744.



作者简介

丁茂生



博士，教授级高级工程师，国家中青年科技领军人才。从事调度运行、电力可靠性研究工作。E-mail: dingmaosheng1977@126.com

郑重声明：该文仅代表作者学术观点，不代表其单位所持观点。根据国家版权局相关规定，纸媒、网站、微博、微信公众号转载、摘编本微信作品，需包含本微信名称、二维码等关键信息，并在文首注明《电力系统自动化》原创。个人请按本微信原文转发、分享。

关于我们



025-81093050(编辑)
025-81093077(发行、订阅)
025-81093071(广告)



aeaps@alljournals.cn



www.aeps-info.com



官方微信号：AEPS-1977



微信投稿与合作：025-81093058 / 773918892@qq.com



点“在看”给我一朵小黄花

