

[数据管理]

基于区块链技术的分布式光伏发电数据管理系统设计与实现

文/张学海
中核汇能（甘肃）能源有限公司

分布式光伏电站建设规模逐渐扩大，所涉及的数据内容逐渐增多，科学数据管理变得尤为关键。系统主要是以区块链为核心，通过算法设计以及分布式存储规划等手段，确保数据安全，保障数据隐私，使全部信息数据均能有效追溯，保障相关效益，为光伏电站实现长远目标提供帮助。

近几年，随着多种信息化技术的发展，光伏电站建设趋向于智能管理，其中，数据管控作为管理中的关键内容，直接影响电厂运营管理质量和效率。为确保电站平稳运行，要求在建设过程中，基于区块链等核心技术，设计数据管控系统，保障数据安全，减少信任问题。然而就目前来看，部分区域在系统设计方面依旧存在单一、传统的不足，无法发挥技术优势。由此可见，围绕区块链技术下的分布式光伏发电数据管理系统设计开展研究，对于强化系统质量，保障电站安全具有关键意义。

区块链下分布式光伏发电数据管理分析

区块链技术通常在规划的过程中是以时间为顺序排列，通过密码设计以及验证的方式保障数据安全，从而实现去中心化管理。在区块链技术使用下，数据会自动保存，以副本的形式存储在相应模块内，可最大程度减少数据篡改等问题的产生。因此该技术也成了数据安全中非常关键的一套体系。图1所示为区块链区块结构。目前，区块链已经从传统的1.0、2.0升级到3.0和4.0，产生了资产数字化以及智能合约体系。在区块链技术下，万物都可实现“区块链+”，并在算法等支持下强化数据安全与隐私，保障系统质量^[1]。

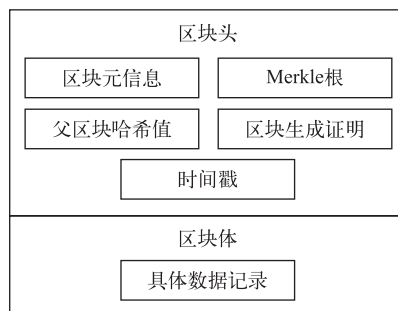


图1 区块结构

区块链下分布式光伏发电数据管理系统设计与实现

1. 区块链技术下系统架构设计

当前来看，区块链技术在数据管理系统设计中的运用主要包括以下几个方面，见表1。

1) 数据层。主要负责数据采集与存储，要确保数据安全性和稳定性，通常情况下，要借助传感器等装置搜集设备数据，包括环境、发电和运行状态等数据信息。其中，区块链每一个节点都要参与到数据维护等工作中，所有数据不可进行篡改和后期修改，以此确保数据安全。

2) 共识层。是指建立共识机制，通过共识算法设计的方式，确保节点能够科学生成等待时间对自

动生成打包全证书之后，在区块链验证的处理下，保障数据精准度。

3) 智能合约层。是指负责合约执行，记录执行效果。在本系统设计的过程中，智能合约层需要监管设备状态，控制设备运行，自动完成系统启动，并监测功率等数据信息，分析当前的天气、发电参数以及日常巡检内容，通过智能化管控的方式保障设备运行的合理性。此外，还会按照前期合约自动执行相应操作，例如自动故障修复、自动光伏板优化等，一次满足业务需要。

4) 应用层。主要包括数据查询、远程管理等内容，包含电站日常权限管控、操作记录查询以及数据处理等，对所有涉及的数据进行统计和分析，并提前进行报告，发出相应建议，预警异常状况，发出对应通知。而对于设备管控而言，则会对传感器等数据采集装置进行日常管控分析，因此减少人工参与，保障数据采集精准度。

5) 跨链交互层。是指区块链之间的交互，以此确保数据转换合理性。系统运用协议以及调解等手段完成数据交互运用，在交互的过程中自动进行身份验证以及权限认证，基于不同区块链的差异实现高效数据传递^[2]。

表1 区块链技术下数据管理系统架构表

数据层	采集	处理	存储
共识层	Tendermint共识算法	DPOS算法融合	/
合约层	脚本	模板	浏览
应用层	客户管控	设备管控	任务管控
跨链交互层	协议	跨链桥	通信合约

2. 硬件设计

区块链技术下的分布式光伏电站硬件设计主体结构如图2所示，在传统系统管理基础上进行了区块链硬件设计，以区块链为核心，设计了多种节点及传输网络，并借助共识算法等运用，保证系统运行的有效性。

3. 软件设计

根据当前分布式光伏电站数据管理需求，在运用区块链技术的基础上进行软件设计时，主要包括以下几方面体系：首先，初始化，包括设备以及网络创建等；其次，运用多种传感器搜集设备运行、发电情况和周围信息等数据信息，并自动记录到区块链上，借助区块链分配ID和加密验证存储等

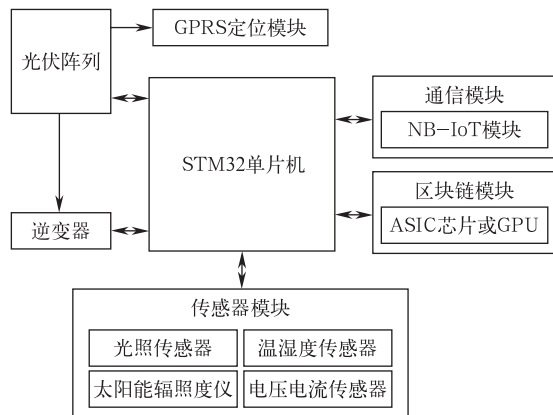


图2 区块链下数据管理系统硬件架构

方式完成数据处理；最后，在区块链技术应用下，子程序和算法自动进行设备管控和交易管理，借助智能合约完成自动化调整，在设备或数据信息异常时，自动进行预警处理，借助Echarts对数据信息进行可视化展示，以供查看。

1.1 1 PBFT下的Tendermint算法设计

(1) Tendermint算法设计与优化

PBFT共识算法主要包含主节点、共识执行等内容。一般情况下，客户端首先借助主节点发出请求，之后再请求传送给其他节点，其他节点基于共识流程进行处理。本文在系统设计过程中主要运用的算法是PBFT算法下的Tendermint共识算法，此算法可容忍1/3以下的恶意节点，主要包含以下几个阶段：第一，提议阶段。生成相应提案，按照循环轮询的方式找出主节点，并将其传送给其他的节点，之后根据锁定情况提交相应信息，进入到预投票阶段；第二，预投票阶段为之前锁定的区块提供预投票信息，若是节点收到了2/3+1以上的信息，则此阶段结束，自动进入到确认阶段，若是收到了2/3+1的有效预确认信息，那么节点提交区块内容进行高度阶段处理，而若是没有达到2/3+1信息，则重新循环以上内容，进入到新一轮共识计算^[3]。如图3所示。

(2) DPOS算法融合

基于分布式光伏发电数据需求，在运用区块链技术理念下进行算法设计的过程中，由于电站可能收到错误的信息影响运行，因此借助Tendermint达成，优化系统，目前借助共识算法进行研究，共识达成仅需要1~1.5 s。为进一步强化系统设计成效，还可在现有基础上融合DPOS共识

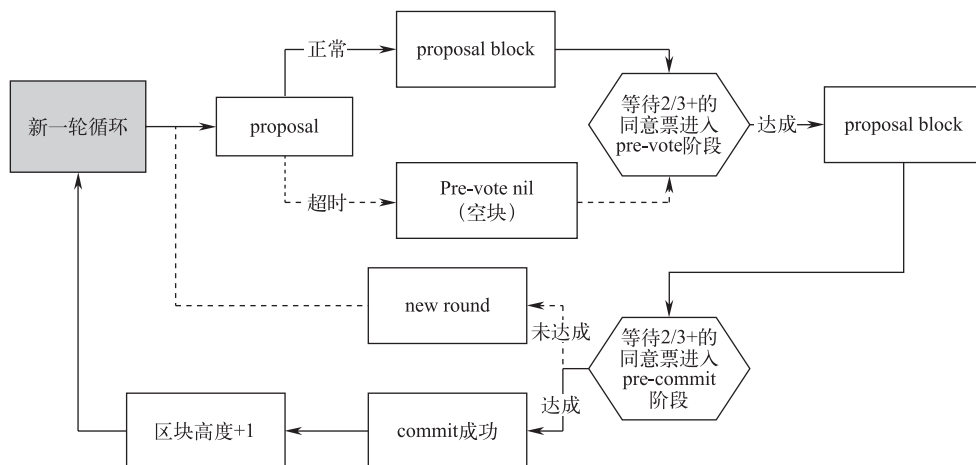


图3 Tendermint共识算法体系流程

算法。此算法中需要先通过投票选举出委托人节点，之后这些节点自动进入到节点时，此时节点便成了主导共识的节点，其余节点都可以非常清晰明确共识过程，并且同步数据内容，进而进一步强化系统效率。对于分布式光伏系统设计而言，DPOS与Tendermint的融合运用，可以有效通过节点重要性（PR）设计的方式强化节点管控质量，其中PR公式为

$$PR_{pi} = \sum_{p \in M}^j \frac{PR(p_i)}{L(p_j)} + \frac{1}{N} \quad (1)$$

式中， p_j 为节点上的出链数目，在系统运行的过程中，通常初始PR数据为 $1/N$ ，其中 N 代表一共存在 N 个节点， M 是指出链与 p_j 之间的节点集合。

一般情况下，在共识环境下，工作人员可运用PR迭代的手段，明确节点分配过程中最新的PR数据，进而完成后节点数据信息的稳定交互。为防止在此过程中出现严重的中心化问题，工作人员还要针对主节点PR数据加以校正，具体公式为

$$PR_{\pm} = \frac{PR(p_j)}{N-1} \quad (2)$$

PR重要性机制设计下可以有效减少信息损失，提高共识效率，减少时间延迟。此机制的引入可以最大程度降低恶意节点对共识效率的波动，保障信息安全。在算法融合与优化后，首先系统会随机选取投票得出委托人节点，之后借助prepare处理选择主节点，并将所有的数据信息打包成为block进行广播并转发，完成节点复制，此时根据前期的请求加以响应，得出PR数值。主节点在收到反馈信息之后，基于累计的PR数值进行prepare< h, d, s, pr >消息

处理，其中 h 为高度， d 为摘要， s 为签名， pr 则是指PR数值，为具体数据值，在其他节点收到prepare信息后会累加数据信息，此时若是数据值过低则自动抛弃，并基于进行数据判断，若是信息量达到 $2f+1$ ，则进入prepared阶段。

在系统运行的过程中，每一段时间后，客户端基于之前情况分配新的PR值并完成修正，并广播commit< h, d, s, pr >消息。如果数据信息达到 $2f+1$ ，则进入committed阶段，并将信息REPLY自动传送给客户端。当信息达到 $f+1$ 之后，便完成全部共识内容。

(3) 技术测试

为进一步了解技术运用的整体质量，明确相关信息，工作人员对其进行了数据仿真。结合仿真结果来看，Tendermint算法的limit-time约为0.35 s，而优化后的融合算法也能够达到0.35 s，但是在成块时间方面却比Tendermint少0.2 s左右。结合算法来看，在融合算法技术运用下，可有效强化共识效率，虽然limit-time时间相似，但成块时间上却有明显优化。此外，在模拟环境下，若是将数据信息分为事物和定时事物两种形式，若是把成块时间设定为1 s，前者算法需要0.9 s左右完成100个节点数目处理，而优化后的仅需要0.6 s左右便可以完成140个节点数目处理。由此可见，优化后的算法在吞吐量上也可以优化40%左右，可有效满足区块链技术运用下分布式光伏电站数据管控处理需要。

2. 智能合约设计

智能合约是非常重要的系统模块内容，在具体设计的过程中主要包括身份认证以及合约处理。其

中身份认证主要是对系统中的用户身份进行判别，分析其是属于受验方还是监管体系或是消费者，之后通过资格审查其信誉积分的手段进行需求侧响应分析，而合约处理则主要是指响应执行工作人员需要基于当前的用户容量设定基准，若是高于基准，则属于用电高峰期，可以向上提升电价，而若是低于基准，则说明为低谷期，需要降低电价。假设基准线为 γ ，需求为 α ，电价为 ω ，则函数为

$$\omega_{\text{new}} = \omega \times \left(\frac{\alpha}{\gamma} \times 100\% \right) \quad (3)$$

工作人员可基于此函数进行优化与校正。结算合约主要是在小时阶段，在小时结束后会触发自动结算条件，根据需求侧进行处理。其中自动核实根据中介节点的电价以及购电请求进行调整和审核，若是符合条件，则可以智能完成价格调整。

去中心化是区块链技术应用过程中非常突出的特征，是指可以基于区块链技术将信息存储在节点内，之后确保信息安全，在不会篡改的影响下进行长时间存储。对于分布式光伏电站而言，在进行系统管理的过程中，需要对所有的逆变器、环境参数等进行节点设计，设计节点参数，这样才能够确保系统运行的合理性，有效解决传统系统设计中中心化信息风险，保障数据安全。在共识算法的影响下，所有数据都不能够进行修改和删除，且若是工作人员进行恶意篡改，则系统自动进入维护期，以此减少信息隐患带来的风险。这样便可以有效解决系统故障，且工作人员可以任意检查是否存在篡改记录，从而借助系统辨识保障数据真实与安全。因此后续工作中，应加大对数据管理系统设计规划

的关注，融合区块链等新型技术，强化对系统设计的关注，保障信息安全，减少信息风险，为保障电站信息管理质量，强化电站长远运行成效奠定良好的基础^[4]。

结束语

综上所述，为进一步减少分布式光伏电站在日常运行过程中出现的数据风险问题，保障信息安全，应强化系统设计。在具体工作中，应趋于区块链技术、通过算法加密等方式强化数据共享与使用的严谨性，并通过智能合约规划等手段强化数据自动管控，减少人为参与，从而在保障数据信息共享的基础上，确保电站数据使用成效，减少管控成本，为电站长远发展奠定有利基础。**EA**

(收稿日期：2024-04-11)

参考文献

- [1] 贾如宾，刘泉，付凯歌. 基于50 kW逆变器替换100 kW逆变器的分布式光伏发电系统设计方案优化分析[J]. 电工技术，2023(24): 47-50.
- [2] 廖治洲. 分布式光伏发电系统的电能计量及其错误接线分析[J]. 光源与照明，2023(4): 117-119.
- [3] 李家鹏. 分布式光伏发电系统对配电网电压的影响分析[J]. 电子技术，2022，51(3): 294-296.
- [4] 靳开元，杨建华，陈正. 基于区块链的分布式光伏就地消纳交易模式研究[J]. 中国电力，2021，54(5): 8-16.

