

文章编号:1673-5005(2022)02-0001-11 doi:10.3969/j.issn.1673-5005.2022.02.001

区块链在石油勘探开发数据共享中的应用

刘合^{1,2}, 李艳春², 金辉³, 曹刚¹, 王素玲², 高扬¹, 祖智慧³

(1. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083; 2. 东北石油大学机械科学与工程学院, 黑龙江大庆 163318;
3. 大庆油田有限责任公司第四采油厂, 黑龙江大庆 163318)

摘要: 数据共享能力是油气行业数字化转型与智能化管理的重要内容,也是反映信息化建设对于提升油气行业核心业务水平的关键指标。在深入分析石油勘探开发领域的数据共享技术需求的基础上,总结数据管理流程、业务协同能力、数据共享安全和人员共享意愿等4项内容是影响石油上游业务数据协同共享和数据价值挖掘不充分的主因,并结合区块链技术在石油勘探开发数据共享中应用可行性以及典型场景的分析,提出可信、可靠和安全的石油勘探开发数据共享的整体解决方案。结果表明,通过数据共享联盟链量化数据共享主体的贡献程度,保证数据共享记录不可篡改性存储,完善油勘探开发领域数据共享生态构建,为全面实现智能油田中可视化、智能化应用提供技术支撑。

关键词: 区块链; 数据共享; 智能油田; 数据安全; 激励机制

中图分类号: TE 319 **文献标志码:** A

引用格式: 刘合,李艳春,金辉,等. 区块链在石油勘探开发数据共享中的应用[J]. 中国石油大学学报(自然科学版), 2022,46(2): 1-11.

LIU He, LI Yanchun, JIN Hui, et al. Application of blockchain in petroleum exploration and development data sharing[J]. Journal of China University of Petroleum (Edition of Natural Science), 2022,46(2):1-11.

Application of blockchain in petroleum exploration and development data sharing

LIU He^{1,2}, LI Yanchun², JIN Hui³, CAO Gang¹, WANG Suling², GAO Yang¹, ZU Zhihui³

(1. PetroChina Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Beijing 100083, China;

2. School of Mechanical Science and Engineering in Northeast Petroleum University, Daqing 163318, China;

3. The Fourth Oil Extraction Plant of Daqing Oilfield Company Limited, Daqing 163318, China)

Abstract: Data sharing capability is an important element of digital transformation and intelligent management in the oil and gas industry and is a key indicator reflecting the importance of information technology construction in improving the core business of the industry. Depth analysis of the technical requirements for data sharing in the field of petroleum exploration and development shows that data management process, business collaboration capability, data sharing security and personnel sharing willingness are the factors that affect the upstream oil business data collaborative sharing and data value mining. Combined with the application feasibility of blockchain technology in petroleum exploration and development data sharing and the analysis of typical scenarios, a reliable solution for petroleum exploration and development data sharing is proposed. Through the data sharing alliance chain, the contribution of data sharing subjects is quantified, the tamper proof storage of data sharing records is ensured, and the construction of data sharing ecology in the field of oil exploration and development is improved. The new method provides technical support for the full realization of visual and intelligent application in intelligent oil fields.

Keywords: blockchain; data sharing; intelligent oil field; data security; incentive mechanism

收稿日期:2021-12-30

基金项目:中国石油天然气集团有限公司科学研究与技术开发项目(2020D-5001-21,2018IM040100)

第一作者:刘合(1961-),男,中国工程院院士,博士,研究方向为低渗透油气藏增产改造、机采系统提高系统效率、分层注水和井筒工程控制技术。E-mail:liuhe@petrochina.com.cn.

通信作者:曹刚(1972-),男,教授级高级工程师,博士,研究方向为油气田开发。E-mail:caogang1972@petrochina.com.cn.

随着油气勘探开发进程的不断深入,油气田勘探开发及生产管理部门产生并积累了海量数据,这些数据详细记录了油气田的开发历程,汇集了油气企业长期以来积累的科研和生产管理经验,是油气企业的重大核心资产,具有重大的技术经济价值。充分挖掘石油勘探开发过程中的海量数据,可以助力企业提升油气田生产管理水平和企业对于油气勘探开发业务的宏观决策能力。然而,由于实际生产中渐进式的信息化建设和地域、部门自治的管理模式形成了“数据孤岛”,导致油田勘探开发过程缺乏有效的共享和管理机制,难以深入开展油气勘探开发数据资源建设和应用,造成数据资源潜在价值的极大浪费。因此需进一步推进油气勘探开发资源共享的一体化基础服务建设,消除石油勘探开发领域的“数据孤岛”,实现勘探开发各专业技术领域的资源协同和数据共享,形成石油勘探开发领域数据共享生态系统。笔者分析石油勘探开发数据共享建设现状,以及区块链在数据共享中的应用可行性,提出石油勘探开发数据共享的整体方案。

1 石油勘探开发数据共享建设现状

随着数字化时代的到来,油气行业开始重视基础资料的获取及整合^[1]。油田数据管理以企业价值为核心,形成了组织架构、运行体系和监督体系,使油田勘探开发、生产经营领域业务链基本实现数字化覆盖。目前,针对分散独立的数据实现统一完善的数据管理功能,提升数据共享和业务协同水平,已经成为油气行业领先企业的共同选择。

国外石油行业,雪佛龙、壳牌、BP、埃尔夫等石油公司,以及斯伦贝谢、贝克休斯等油服公司率先进

行勘探开发一体化的油田建设,推动勘探开发数据共享进程^[2]。例如,Statoil(挪威国家石油公司)调整为“整合运营”治理模式,建立了跨学科、公司组的数字化中心;Shell(壳牌公司)建立大数据分析研究团队,实现了上游智能应用数字信息技术集成^[3];雪佛龙通过实时信息和可视化技术建立多学科多领域的集成平台^[4];兰德马克公司推出的油田开发生产一体化数据决策管理平台,并初步构建数据银行 PetroBank^[5],提高油田生产数据管理质量。

国内各油田陆续建立了以勘探、开发、钻井数据库为核心的数据管理系统,管理油气勘探生产过程中取得的原始数据和形成的成果资料^[6]。油田勘探开发领域跨业务、跨部门的数据共享都取得了初步成果并持续推进^[7-10],油田勘探开发和生产经营领域业务链基本实现数字化覆盖。石油勘探开发领域数据管理一直遵循“集团统建+公司自建”的模式,其中集团公司针对不同层级部门对油气开发生产中油藏、采油采气、地面、生产辅助等业务日常管理的需求建立统建项目;油气田公司和基层采油厂为满足自身业务数据,则根据自身需求在统建系统的基础上渐进式地补充和完善数据管理系统。以中国石油天然气股份有限公司数据管理建设为例,经过多年信息化体系建设发展,陆续建成第一代以单井维护为核心的数据管理系统、第二代以业务运行为核心的生产运行管理系统,以及第三代以经营管理为核心的应用集成系统,形成如图1所示上游勘探开发信息化建设成果。秉持建设“共享中国石油”的理念,在历经分散到集中、集中到集成应用的发展阶段,目前已经逐步迈入共享智能新阶段。

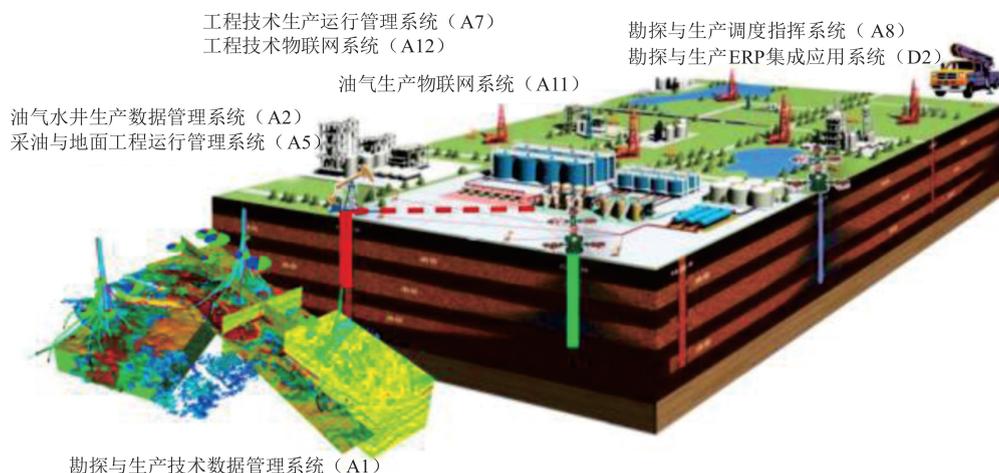


图1 上游勘探开发信息化建设成果

Fig. 1 Achievements of upstream exploration and development information construction

综上,中国油田公司的独立性、专业性较强,数据的专业性要求也较高,但也导致数据相对独立性也较高,数据共享的认识和提出都比较晚,但是国外石油公司很注重油田数据的应用,及时让数据资产转变为价值,这一点较中国具有领先意识。中国数据共享概念较国外提出要早,具备比较完整的数据基础,但由于数据管理和系统建设长期处于分散建设,在此基础上进行数据共享比国外任务艰巨得多,主要体现在过去都是就数据而论数据,没有全面的从机制体制上开始,也没有同业务、部门密切关联,最后取得的效果不理想。

2 石油勘探开发数据共享存在的瓶颈

在分析石油勘探开发数据共享建设历程和发展现状的基础上,聚焦石油勘探开发数据共享尚存的问题主要表现为数据协同管理流程不完善、数据价值开发利用不充分、数据共享存在安全隐患以及数据所有者缺乏共享主动性。

2.1 数据协同管理流程不完善

勘探开发数据主要分散在科研机构(如科研院所等)、管理部门(如油田分公司等)以及相关企业(如石油开采企业等)中,但各单位、组织、机构在管理层面相互间独立,因专业分工、部门分割造成数据存储和管理分散的现象^[11]。主要表现在:

(1)受部门管理的影响,专业数据库多数仅对自己部门内的用户开放,其他部门的用户需要经过一系列复杂的权限申请流程,而且受地域的影响,数据使用者需要通过发邮件、拷贝文件等方式实现数据的共享,组织机构之间的业务协同和数据共享不够充分,缺乏协同攻关支撑。

(2)受系统建设模式影响,统建项目系统建设数量和管理层级多且相互独立,系统功能模块不便捷和不清晰,且部分系统存在功能重叠交叉或关联脱钩的现象,这使得各类基础数据管理的集成度不够,系统之间数据无法共享。油气田公司和基层采油厂为满足自身需求补充和完善数据管理系统,彼此独立建设的架构方式使得数据互联互通更为困难。

2.2 数据价值开发利用不充分

现阶段进行勘探开发数据共享主要依赖于数据中心的支持,用户通过系统对采集端数据和成果数据进行采集整理,最终集成到数据中心统一管理。但仍存在大量数据未达到按需调配能力,依然存储于资料堆、档案库甚至流散于个人手中,进而引发不必要的重复采集。用户使用数据时无处获取,

或获取数据耗时长,且常需要通过熟人索取和购买外协单位采集等方式,但限于此类方法沟通范围有限,使得各统建系统、拥有数据的外协单位和个人逐渐形成新的“数据孤岛”,制约石油勘探开发数据。

2.3 数据共享存在安全隐患

目前,勘探开发数据共享主要是分片、分区域共享,各系统之间并不能达到直接关联,主要依靠单节点共享和备份,缺乏整体系统备份及灾难恢复流程与制度。一旦单节点数据管理人员误改,会对数据造成恢复困难、不可估量的损失。并且由于数据具有可复制和易传播的特性,数据在传输、访问和实际使用过程中缺少完善的保密性保障,数据共享过程中容易产生未经授权的二次流动风险。

2.4 数据所有者缺乏共享主动性

油田数据管理依然遵循传统数据管理理念,导致数据共享工作面临诸多障碍。主要表现为缺少基于数据价值的价值评定和数据所有者贡献激励,无法激发数据采集、校验、管理和维护各环节参与人员的积极性、审核数据质量的主动性,劳动价值无法得到肯定和补偿。如某些科研和生产单位因为担心数据共享和交换后失去对数据控制权^[12];某些个人因为担心将成果数据公开后会泄露隐私,从而将数据看做是私有资产,不愿对外进行开放或拖延共享进度。

突破石油勘探开发数据共享存在的瓶颈,才能提升业务和信息系统之间协同工作能力,实现石油勘探开发数据的集成与共享,促进油气田管理向信息共享、业务协同、全面感知和智能决策等方向快速发展。

3 区块链在勘探开发数据共享中应用可行性

3.1 区块链技术在各领域的应用

区块链因其具有去中心化的分布式核算和存储、开放与自治性和信息不可篡改等重要特性,可以提供更安全有效的多节点协作数据存储与共享。诸多企业,例如 IBM、Oracle、SAP、华为等,均利用区块链的特性结合自身需求完善应用管理系统,避免节点存在恶意行为和崩溃性故障。随着区块链技术的推广以及对智能合约的支持,区块链技术在包括物联网、医疗健康、专利保护、政府监管、资产管理等多领域引起了广泛关注,如 Berger 等^[13]介绍了区块链在物联网领域应用的意义;Liu 等^[14]基于区块链建立 RFID 大数据的全链条溯源路径;Azaria 等^[15]基于区块链提出了安全的患者医疗信息管理系统;Wu

等^[16]构建基于区块链的安全高效的电子病历共享模型;肖翰等^[17]提出将区块链应用于专利版权和知识产权保护;廉藺等^[18]分析了区块链技术在情报工作绩效激励、武器装备全寿命管理和军用物流等军事领域中的潜在价值;Kang等^[19]分析了区块链技术应用在移动边缘计算中进行数据管理的优势。

与此同时,国外油气企业如阿布扎比国家石油公司与国际商业机器公司合作,推出基于区块链的自动化系统,旨在减少运营公司之间执行交易的耗时,提高运营效率;康菲石油公司、埃克森美孚公司、雪佛龙公司等十余家石油和天然气公司合作建立了OOC油气区块链联盟;美国钻石海洋石油推出了基于区块链技术的钻井服务系统,用于从采购、施工、竣工到生产等阶段优化油井的相关施工业务^[20-23]。相比于其他领域,区块链技术在油气行业的应用依然局限于具体业务活动的提升与优化,缺乏系统性的区块链应用理论和具体的解决方案,尤其是在现行油田信息化架构和经营管理模式之下如何利用区块链技术挖掘石油大数据的潜在价值。

3.2 区块链在勘探开发数据共享中的适用性

随着油气田勘探开发难度加大,对勘探开发联合作业、综合解释的要求越来越高,尤其是信息技术的发展和油公司对信息利用程度的不断提高,各油气田勘探开发专业逐渐互相渗透,相互联系愈发紧密,需要油气田勘探开发各专业间的一体化协作^[24-25]。由于区块链技术具有去中心化分布式信任存储、数据加密管理、数据资源透明共享等技术特性,在石油勘探开发领域数据共享中具有较高的技

术适配性和应用发展潜力^[26-27]。区块链技术勘探开发数据共享中的适用性如图2所示。

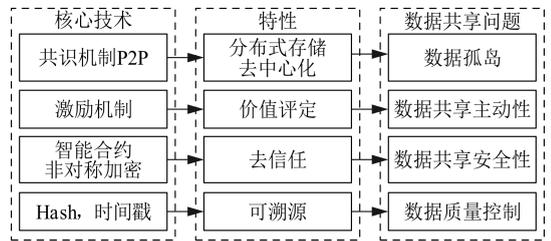


图2 区块链技术的适用性

Fig. 2 Applicability of blockchain technology

3.2.1 “去中心化”分布式存储

石油勘探开发数据共享包括部门内数据共享、跨部门数据共享以及跨地域跨部门数据共享,需要众多参与主体的协调与支撑,包括集团公司、研究总院、各油田分公司、各研究分院、作业区、采油厂及下属矿、小队等多方参与。虽然众多参与主体现阶段在管理层面具有多层级的特征,数据共享申请需要经过各管理部门逐级审批,但在数据协同共享目标的引导下,数据共享有别于现有基于数据中心的数据共享交换,需要在数据共享过程中建立共享主体之间的平等交换。

基于区块链改进共享主体分级授权模式,消除中心化特殊节点和层级结构,使共享主体间形成一体化协作层。图3对比传统和基于区块链的各节点数据共享模式,基于区块链的数据共享模式提供跨专业、跨部门的协作环境,使数据共享参与方地位对等且互联互通,辅助石油勘探领域的科学决策、优化管理、自动执行和实时监测。

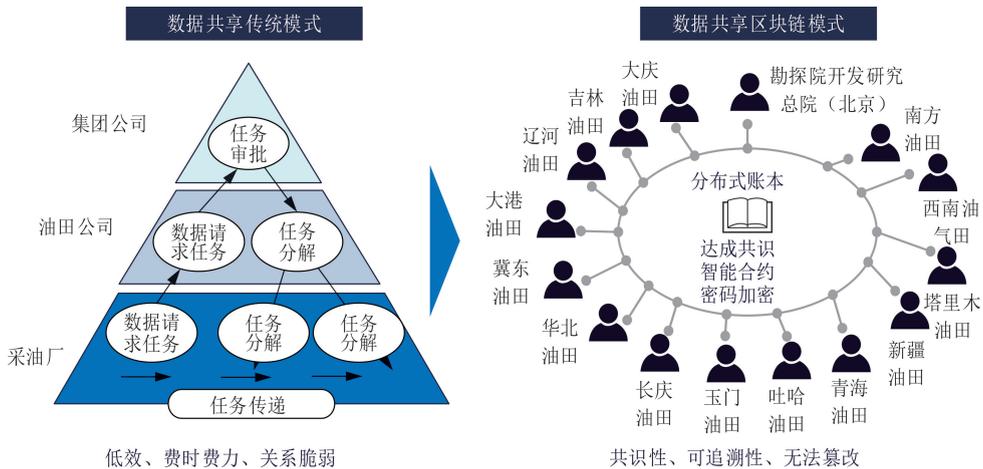


图3 传统共享模型与区块链共享模式对比

Fig. 3 Comparison of traditional sharing model and blockchain sharing mode

3.2.2 “去信任”安全共享

石油勘探开发数据涵盖勘探数据、基础地质信

息以及开发动态数据及各类成果数据集,是工程技术人员研究地质问题和编制油藏开发方案的重要依

据,因此在石油勘探开发数据共享中保护数据资产存储与流通安全尤为重要。

区块链可以提供分布式信任和数据加密管理,还具有明确共享参与方责任义务及利益分配的智能合约。智能合约以一种完全去掉第三方的自动化方式传播、验证和执行合同的智能协议^[28],相比于传统合约最大的优势是无需担心被违约而遭受损失,而且能减少与合约相关的其他交易成本(表1)。基于智能合约使油公司、采油厂、以及钻测录的外协单位在勘探开发数据共享过程有天然的监督方,为勘探开发数据资产存储与流通提供安全保障。

表1 传统双方、三方合约与智能合约优劣比较

Table 1 Comparison of advantages and disadvantages of traditional two-party, three-party contracts and smart contracts

项目	传统双方合约	三方合约	智能合约
存在形式	实体	实体	虚拟
时间成本	很高	较高	很低
执行方式	手动	手动	自动
价格成本	很高	较高	很低
有无三方	无	有	无

3.2.3 “可溯源,不可篡改”特性

油田数据共享过程中常由于数据来源不清晰,导致数据使用过程中出现质量问题时互相推脱责任,阻碍数据共享和数据创造价值的进度。因此数据的准确性和高质量是实现数据增值的前提和基础,区块链依靠哈希函数、时间戳等达到可溯源和不可篡改等特性,可保障对整个业务流程可追溯^[29],如数据误录、错录环节可查,数据修改和成果提交可追踪。区块链数据溯源的另一大重要特性就是具有数据唯一性,可以有效阻止任何个人非法作恶,也可以有效阻止对数据来源进行非法造假。

3.2.4 “数字代币”激励手段

石油勘探开发领域数据既包括测试所得基础数据,又包括通过数据处理后生成文档或者绘制成图件等研究成果,因此保证数据采集、管理和维护以及成果数据公开的及时性是数据共享的基本前提。区块链的加密货币可以作为“数字代币”成为一种促进各节点信息共享的有效激励手段^[30],设计与勘探开发数据共享功能需求相匹配的激励机制,量化数据贡献主体机构的有效贡献次数和数据量,促进勘探开发领域数据共享机制的完善,以及共享主体共享意愿的提升。

4 基于区块链的石油勘探开发数据共享与解决方案

4.1 基于区块链的勘探开发数据共享典型场景探讨

4.1.1 基于区块链的勘探开发数据共享模型

石油勘探开发数据覆盖油田上游产业链的各主体研究机构和生产组织机构,详细记录了各油气田的开发经历、长期积累的科研生产管理经验和资料数据^[31]。如油藏评价业务需要在预探阶段提交控制储量,或在重大发现的基础上,由油藏评价处组织研究院、采油厂以及技术服务公司利用各种手段对油藏进行评价,对具有开发价值的油藏区块提交探明储量和初步开发方案,交开发处、开发公司组织钻井、基建和生产,整体过程参与主体多、产业链条长并依靠多业务环节成果支持。结合区块链“去中心化”分布式存储、“去信任”安全共享以及“可溯源,不可篡改”的技术优势,建立如图4所示基于区块链的勘探开发数据共享模型,连接集团公司、油田分公司、采油厂和服务公司等各方主体,形成多方可查、中立可信的数据存储空间,打破数据流通壁垒,实现全产业链的业务流、数据流、价值流贯通共享,使石油勘探开发各业务组织机构及各油田分公司充分利用既有的数据资源,构建一个可信、可靠且平等的业务协同和数据共享场景,从而实现勘探开发工作的无缝衔接。

基于区块链的勘探开发数据共享模型的核心是共享信息的存储与访问,由于勘探开发数据本身存在分布广、连接方式各异、体量大的特性,而区块链本身存储空间有限,过量冗余数据容易影响区块链性能。因此在保持现有石油勘探开发领域信息化系统的使用能力的基础上,引入分布式文件系统记录数据描述以及数据访问方式,结合区块链技术提出勘探开发数据共享联盟链,如图5所示与数据资源形成“区块链网络+分布式文件系统+数据源”的3层数据存储与访问方式,保证数据源可访问和高效、便捷连接。

基于数据共享联盟链的数据存储与访问方式实际上是一种链上控制、链下交易相结合的协作共享模式,保证勘探开发数据共享流程在链上实现数据请求和权限管理,并在链下控制数据远程访问和数据获取。

数据源:负责存储管理勘探开发现有业务系统数据库的原始数据。针对不同统建系统及自建系统

数据提供可验证的数据远程访问服务。

分布式文件系统:负责存储管理数据具体描述、数据源访问方式与共享协议。由于中心化的数据存储难以满足和适应各类数据存储需求,分布式文件系统作为具有扩展性的中间层进行信息链接,使用

户无需关心存储位置,适应分布式场景的数据共享。

区块链网络:负责存储管理数据概要、数据类型、数据归属关系以及分布式文件的文件信息访问地址等数据共享业务逻辑交互过程的元数据信息。

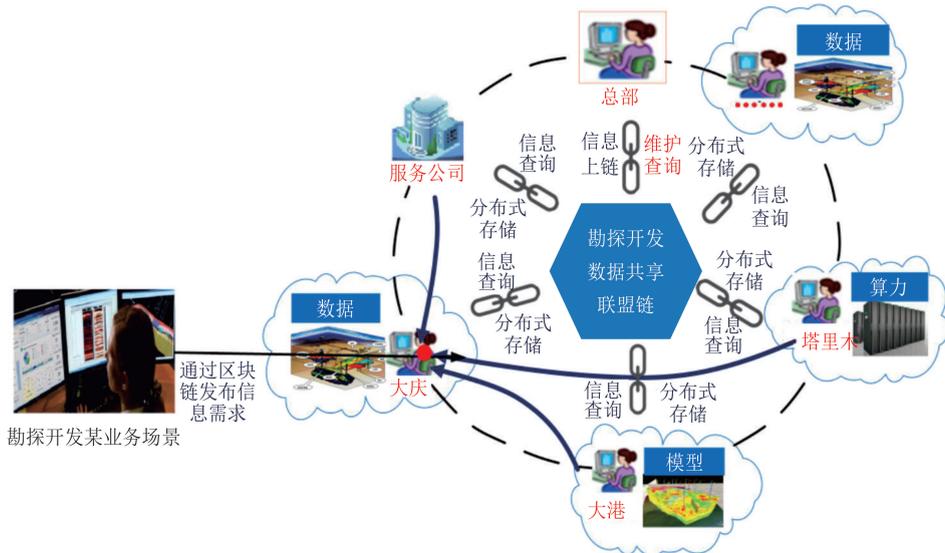


图4 基于区块链的勘探开发数据共享模型

Fig. 4 Exploration and development data sharing model based on blockchain

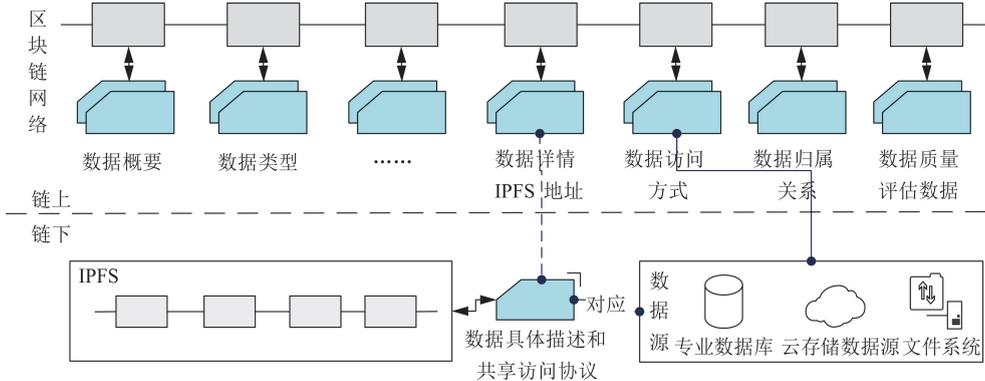


图5 基于数据共享联盟链的数据存储与访问方式

Fig. 5 Data storage and access mode based on data sharing alliance chain

4.1.2 基于智能合约的数据共享流程管理

基于区块链的勘探开发数据共享模型打破专业界限,如测井解释环节中数据共享模型提供测井监督岗、测井公司和测井解释岗地位对等的按需进行数据共享的能力,但失去传统的分级授权模式的管理,需要通过智能合约^[32]明确数据共享主体的角色界限,将各业务部门划分为数据共享流程中的数据业务方、数据管理方和数据使用方,明确在系统应用、数据使用、以及数据维护上享有权利和承担义务,角色之间可以相互依赖和转换。

智能合约控制的数据请求处理流程如图6所示,其中数据业务方定位于宏观监控,如测井解释中

研究院监督和协调油田公司和测井公司进行数据共享;数据管理方是数据共享的源点,如测井解释中测井公司进行数据整合并上传至数据共享平台,为测井数据检索、查询提供基础;数据使用方是数据共享的终点,如测井解释中油田公司的测井解释岗按需提交信息关联、穿透查询和相互调用等测井数据使用申请,在数据业务方(研究院)监管下最终获取数据使用权。基于智能合约的数据共享流程为共享主体间实现可信、透明、平等提供了保证,提升跨组织机构数据共享的效率。依托共识机制^[33-34]筑牢安全防护体系,选举石油勘探开发领域权威机构进行数据监管,进行数据共享全生命周期数据质量校验,

避免出现数据质量问题时互相推脱责任,有效提升数据的可信度。

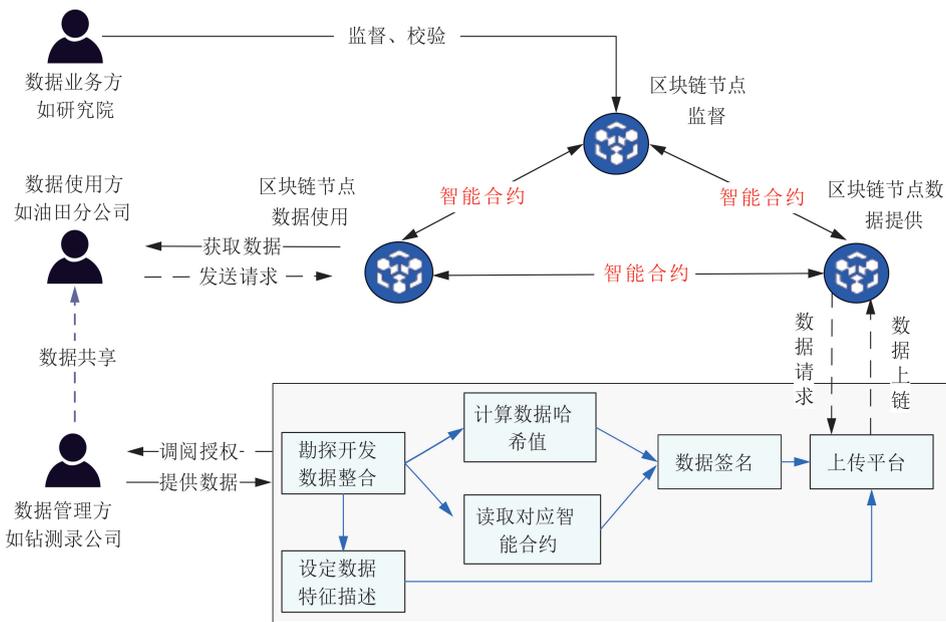


图 6 智能合约控制的数据请求处理流程

Fig. 6 Data request processing process controlled by smart contracts

4.1.3 带有激励机制的勘探开发数据共享模式

在满足数据共享可信、可靠开放使用的同时,借助区块链的激励机制^[35]体系建立基于激励机制的勘探开发数据共享模式,解决业务部门人、岗不一致的问题,实现任务、绩效的有机统一,从激励上消除用户在数据和成果提交的消极性,维持数据共享的正常运行,保证数据共享的及时性和主动性。利用区块链技术记录数据所有权信息和数据共享操作记录,并量化数据贡献主体机构的有

效贡献次数、数据量和数据价值,建立合理的激励机制,整体方案如图 7 所示。数据提供者上传数据时获得积分,积分数量由上传数据的质量和和价值变现能力决定,并依据数据使用程度建立共享数据后评价机制,根据数据质量的高低以及价值变现的大小设置不同的积分原则。从而建立工作任务完成度,数据贡献度和员工整体绩效的有偿关联,从而激发数据采集、校验、管理和维护各环节参与人员的提交数据积极性。

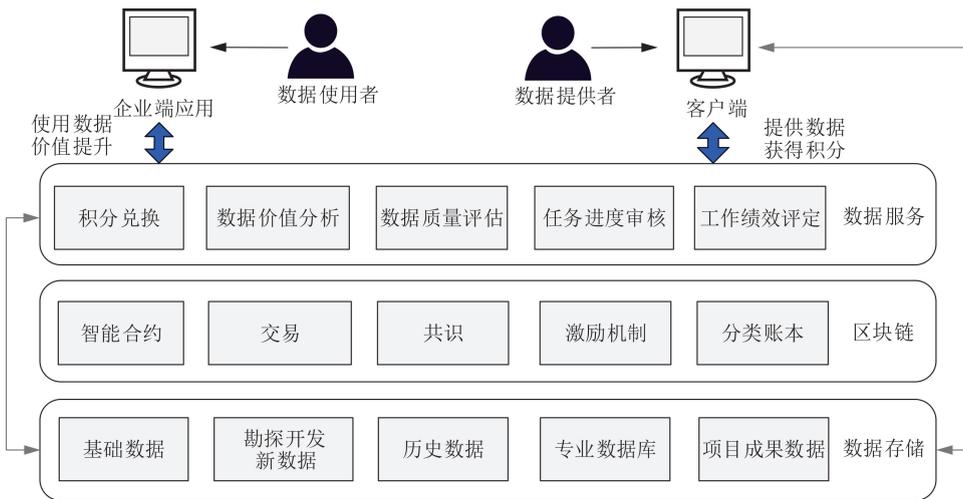


图 7 基于激励机制的数据共享模式

Fig. 7 Data sharing mode based on incentive mechanism

4.2 基于区块链的勘探开发数据共享解决方案

根据前述勘探开发数据共享现状、区块链的适

用性分析以及典型场景的讨论,提出石油勘探开发数据共享解决方案,以区块链作为核心形成“勘探

开发数据共享联盟链”,以各油田公司为单位建设区块链节点,收集生产经营数据、人力资源数据、地面工程数据、勘探开发数据等各类数据,形成勘探开发数据共享数据源,并根据数据源建立基于区块链共享的数据目录,达成数据资产化管理、数据安全共享和完善的激励机制服务建设,提供数据资产管理、

人员/组织激励、岗位/责任清晰等支撑能力,营造良好的石油勘探开发数据共享生态环境。

基于区块链的数据共享模型总体架构由勘探开发数据资源层、数据共享联盟链核心技术层、数据共享应用层和数据共享服务层4部分组成,如图8所示。

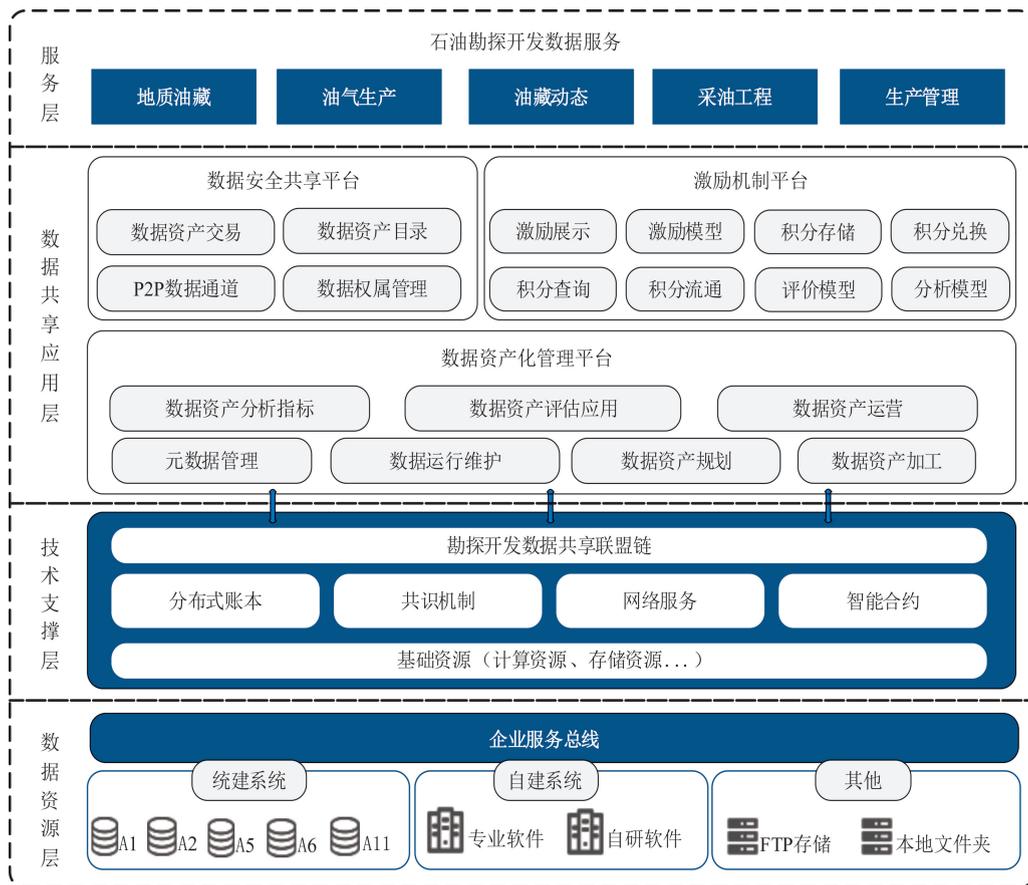


图8 勘探开发数据共享模型总体架构

Fig. 8 Overall architecture of exploration and development data sharing model

(1)数据资源。为数据共享模型的基础,负责为数据共享联盟链提供数据支撑与链下交换所需的传输平台。其中数据源来包含勘探开发的各种项目、知识、专业等数据,涵盖企业统建系统或所属部门自建的业务信息系统以及文件服务器等存储位置。

(2)勘探开发数据共享联盟链。提供由各个企业与个人进行分布式存储、管控数据的能力,使传统依托科层等级制度的数据流通体系,转变为基于区块链的全域、全程、全员、全息数据共享体系:①分布式账本是数据层区块结构的具体表形式,根据实际数据交换环节涉及的相关数据记录存储需求;②网络服务用于区块链节点间数据的传播与验证,各部门或机构通过审核后加入区块链网络;③共识策略

针对实际情况和现有的组织结构进行选择;④智能合约负责实现具体的业务逻辑,由参与区块链网络的用户共同参与制定。

(3)数据共享应用。是数据共享模型的核心,包括激励机制平台、数据资产化管理平台和数据安全共享平台三大平台,数据资产化管理平台将分散化的大数据源连接到一起;数据安全共享平台将共享相关信息以不可篡改、可追溯的方式记录到块状链式结构的勘探开发数据共享联盟链的网络节点上;激励机制平台量化数据贡献程度,保证数据共享的及时性和主动性,并建设相关的配套制度、标准规范,将数据进行可操作式的管理起来。

(4)数据共享服务。勘探开发数据服务是基于数据共享平台支撑能力,形成勘探开发数据跨部门

共享服务,服务于地质油藏、油气开发、油藏动态、采油工程、生产管理等领域的科研与生产管理。

在不影响现行石油勘探开发领域信息化架构和经营管理模式正常工作为前提,基于区块链的数据

共享模型实施过程如图 9 所示。分为整合原有系统数据采集能力,和新建区块链网络数据共享能力,将数据共享能力与现有系统进行集成,补充现有系统缺失的数据共享交换能力。

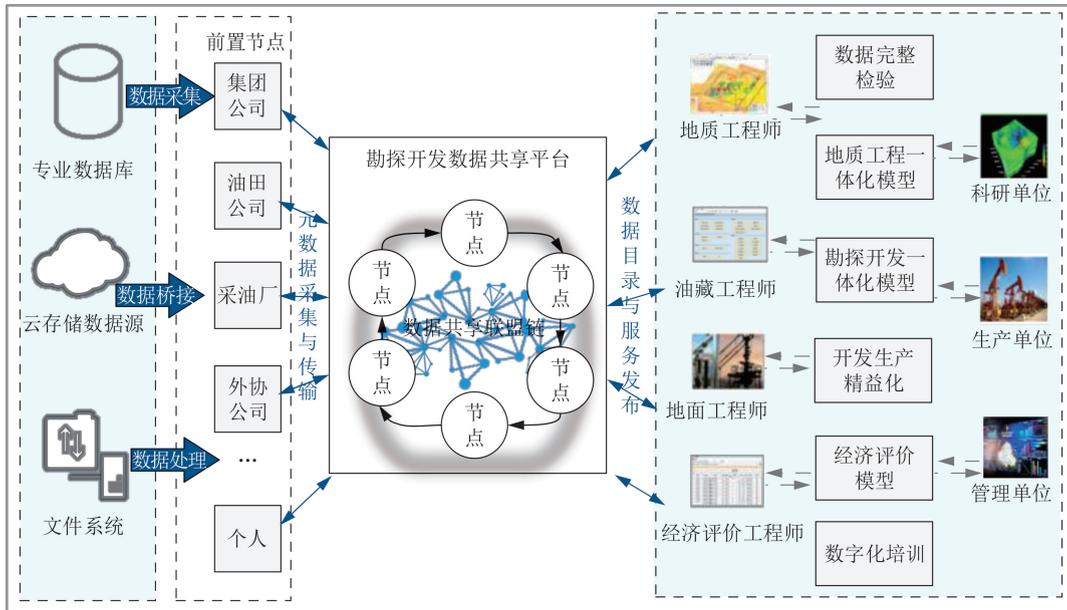


图 9 勘探开发数据共享模型实施过程

Fig. 9 Implementation process of exploration and development data sharing model

首先,从集团公司、油田公司、采油厂几个层次进行前置节点的部署,对现有业务系统的业务数据库进行数据采集,数据桥接、数据处理和数据传输,并对数据源进行元数据梳理,形成数据资源目录。

其次,建设多中心服务节点勘探开发数据共享联盟链,以区块链技术为核心基础技术实现跨地域、跨部门、跨学科的工作协同和数据共享,突破专业条块分割的瓶颈。

最终,辅助科研单位、生产单位和管理单位实现地质工程一体化模型、勘探开发一体化模型、经济评价模型、开发生产精益化以及数字化培训等智能协同应用建设。

5 结束语

石油勘探开发数据共享关键是建立数据资产共享体系,当前石油勘探开发数据共享仍存在问题,如数据协同管理和价值外化能力不足、数据共享存在安全隐患以及数据拥有者缺乏共享主动性等问题。利用区块链无第三方可信中心权威以及不可篡改等性质建立勘探开发数据共享联盟链,能够为石油勘探开发数据共享提供可靠中介。在现有实践基础上,继续加强区块链技术在油气行业应用的顶层设计、技术攻关和复合型人才培养,推进基于区块链

技术的石油勘探开发领域数据共享生态建设,扩充石油勘探开发数据价值外化途径,实现数据共享过程记录进行不可篡改性存储,量化共享主体的数据贡献程度,保证数据共享的及时性和主动性。对智能油气田生态中及时可信数据的需求提供有力支撑,助力油气田企业的数字化转型和智能化发展。

参考文献:

[1] 张科,张义娜. 油气勘探大数据分析在中亚盆地优选中的创新应用[J]. 石油与天然气地质, 2021, 42(6): 1464-1474.
ZHANG Ke, ZHANG Yina. Application of big data analytics to hydrocarbon exploration for favorable basin selection in Central Asia[J]. Oil & Gas Geology, 2021, 42(6):1464-1474.

[2] 匡立春,刘合,任义丽,等. 人工智能在石油勘探开发领域的应用现状与发展趋势[J]. 石油勘探与开发, 2021, 48(1):1-11.
KUANG Lichun, LIU He, REN Yili, et al. Application and development trend of artificial intelligence in petroleum exploration and development[J]. Petroleum Exploration and Development, 2021, 48(1):1-11.

[3] LEO DE B, FRANS G, VAN DEN B. Shell's smart fields -sustaining and accelerating benefits from intelli-

- gent fields[R]. SPE 150407, 2012.
- [4] 闫娜. 石油工程数字化发展现状与策略分析[J]. 石油科技论坛, 2019, 38(2): 68-74.
YAN Na. Current conditions and development strategies of petroleum engineering digital applicatin [J]. Oil Forum, 2019, 38(2): 68-74.
- [5] WREDEN N. Norwegian-based PetroBank offers modern data handling solutions[J]. World Oil, 1996, 217(9): 60-64.
- [6] 杜金虎, 张仲宏, 章木英, 等. 中国石油上游信息共享平台建设方案及应用展望[J]. 信息技术与标准化, 2017(8): 66-70.
DU Jinhu, ZHANG Zhonghong, ZHANG Muying, et al. CNPC upstream information sharing platform constructing scheme and application prospect [J]. Information Technology and Standardization, 2017(8): 66-70.
- [7] LI B, WANG Y G, GAO Y T. The research of oil fields heterogeneous data management technology [J]. Advanced Engineering Research, 2014, 5(7): 915-916.
- [8] 杜金虎, 时付更, 张仲宏, 等. 中国石油勘探开发梦想云研究与实践[J]. 中国石油勘探, 2020, 25(1): 58-66.
DU Jinhu, SHI Fugeng, ZHANG Zhonghong, et al. Research and practice of dream cloud for petroleum exploration and development of PetroChina [J]. China Petroleum Exploration, 2020, 25(1): 58-66.
- [9] 付金华, 石玉江, 王娟, 等. 长庆油田勘探开发服务型共享数据中心构建研究[J]. 中国石油勘探, 2017, 22(6): 1-8.
FU Jinhua, SHI Yujiang, WANG Juan, et al. Construction of service-oriented shared data center for exploration and development of Changqing Oilfield [J]. China Petroleum Exploration, 2017, 22(6): 1-8.
- [10] 王同良. 油气行业数字化转型实践与思考[J]. 石油科技论坛, 2020, 39(1): 29-33.
WANG Tongliang. Practice and thinking of oil and gas industrial digitalization transformation [J]. Oil Forum, 2020, 39(1): 29-33.
- [11] 苏健, 刘合. 石油工程大数据应用的挑战与发展[J]. 中国石油大学学报(社会科学版), 2020, 36(3): 1-6.
SU Jian, LIU He. Challenges and development of big data application in petroleum engineering [J]. Journal of China University of Petroleum (Edition of Social Sciences), 2020, 36(3): 1-6.
- [12] 王海龙, 田有亮, 尹鑫. 基于区块链的大数据确权方案[J]. 计算机科学, 2018, 45(2): 15-24.
WANG Hailong, TIAN Youliang, YIN Xin. Blockchain-based big data right confirmation scheme [J]. Computer Science, 2018, 45(2): 15-24.
- [13] BERGER C, PENENSTADLER B, OLAF Drögehorn. On using blockchains for safety-critical systems [C]// ABRAHAM R, BURNETT M, SHAW M. Proceedings of the 4th International Workshop on Software Engineering for Smart Cyber-Physical Systems (ICSE 2018), May 27, 2018, Gothenburg, Sweden. New York: ACM, 2018: 30-36.
- [14] LIU Y Z, LIU Y H. Security provenance model for RFID big data based on blockchain [J]. Computer Science, 2018, 45(11A): 367-368.
- [15] AZARIA A, EKBLAW A, VIEIRA T, et al. Medrec: using blockchain for medical data access and permission management [C]// HUSSAIN F. Proceedings of the 2nd International Conference on Open and Big Data (OBD 2016), August 22, 2016, Vienna, Austria. Piscataway: IEEE, 2016: 25-30.
- [16] WU S, DU J. Electronic medical record security sharing model based on blockchain [C]// SIVARAJAN R. Proceedings of the 3rd International Conference on Cryptography, Security and Privacy (ICCSP 2019), January 29, 2019, University of Malaya, Malaysia. New York: ACM, 2019: 13-17.
- [17] 肖翰. 知识产权保护视角下区块链技术的专利赋权标准研究[J]. 科技进步与对策, 2021, 38(5): 97-104.
XIAO Han. Research on patent authorization standards of blockchain technology from the perspective of IPR protection [J]. Scientific and Technological Progress and Policy, 2021, 38(5): 97-104.
- [18] 廉蒨, 朱启超, 赵焯. 区块链技术及其潜在的军事价值[J]. 国防科技, 2016(4): 30-34.
LIAN Lin, ZHU Qichao, ZHAO Zhao. Blockchain technology and its potential military value [J]. National Defense Technology, 2016(4): 30-34.
- [19] KANG Jiawen, YU Rong, HUANG Xumin, et al. Blockchain for secure and efficient data sharing in vehicular edge computing and networks [J]. IEEE Internet of Things Journal, 2019, 6(3): 4660-4670.
- [20] 闵新平, 李庆忠, 孔兰菊, 等. 许可链多中心动态共识机制[J]. 计算机学报, 2018, 41(5): 1005-1020.
MIN Xiping, LI Qingzhong, KONG Lanju, et al. Permissioned blockchain dynamic consensus mechanism based multi-centers [J]. Chinese Journal of Computer, 2018, 41(5): 1005-1020.
- [21] 张宇. 信息环境下智能油田的构建[J]. 油气田地面工程, 2015, 34(9): 17-18.
ZHANG Yu. Construction of intelligent oil field in information environment [J]. Oil and Gas Field Ground Engineering, 2015, 34(9): 17-18.

- [22] 高莹,吴进喜. 基于区块链的高效公平多方合同签署协议[J]. 密码学报,2018,5(5):556-567.
GAO Ying, WU Jinxi. Efficient multi-party fair contract signing protocol based on blockchains[J]. Journal of Cryptologic Research, 2018,5(5):556-567.
- [23] 窦宏恩,张蕾,米兰,等. 人工智能在全球油气工业领域的应用现状与前景展望[J]. 石油钻采工艺,2021,43(4):405-419.
DOU Hong'en, ZHANG Lei, MI Lan, et al. The application status and prospect of artificial intelligence in the global oil and gas industry[J]. Oil Drilling and Production Technology, 2021,43(4):405-419.
- [24] 汤晓勇,王鸿捷,胡耀义. 油气企业智能化转型的规划与建设方法研究[J]. 天然气与石油,2018,36(1):96-100.
TANG Xiaoyong, WANG Hongjie, HU Yaoyi. Research on the planning and construction methods of intelligent transition of oil and gas enterprises[J]. Natural Gas and Oil, 2018,36(1):96-100.
- [25] 张丹丹,曹万岩. 油田数字化建设进展及发展趋势[J]. 石油规划设计,2020,31(5):12-15.
ZHANG Dandan, CAO Wanyan. Progress and development trend of oilfield digital construction [J]. Petroleum Planning and Design, 2020,31(5):12-15.
- [26] 张志威,王国仁,徐建良,等. 区块链的数据管理技术综述[J]. 软件学报,2020,31(9):2903-2925.
ZHANG Zhiwei, WANG Guoren, XU Jianliang, et al. Survey on data management in blockchain systems[J]. Journal of Software, 2020,31(9):2903-2925.
- [27] 袁勇,王飞跃. 区块链技术发展现状与展望[J]. 自动化学报,2016,42(4):481-494.
YUAN Yong, WANG Feiyue. Blockchain: the state of the art and future trends[J]. Acta Automation Sinica, 2016,42(4):481-494.
- [28] 郝世博,徐文哲,唐正韵. 科学数据共享区块链模型及实现机理研究[J]. 情报理论与实践,2018,41(11):57-62.
HAO Shibo, XU Wenzhe, TANG Zhengyun. Blockchain model of scientific data sharing and its realization mechanism[J]. Information Studies: Theory and Application, 2018,41(11):57-62.
- [29] 刘浩,武止戈. 区块链技术突破智慧农业发展瓶颈的应用方向研究[J]. 湖北农业科学,2021,60(20):10-15.
LIU Hao, WU Zhige. Research on the application of blockchain technology to solve the pain points of smart agriculture[J]. Hubei Agricultural Science, 2021,60(20):10-15.
- [30] 余维,白孟龙,刘炜,等. 能源区块链的架构、应用与发展趋势[J]. 郑州大学学报(理学版),2021,53(4):1-21.
SHE Wei, BAI Menglong, LIU Wei, et al. Architecture, application, and development trend of energy blockchain [J]. Journal of Zhengzhou University (Science Edition), 2021,53(4):1-21.
- [31] 马涛,张仲宏,王铁成,等. 勘探开发梦想云平台架构设计与实现[J]. 中国石油勘探,2020,25(5):71-81.
MA Tao, ZHANG Zhonghong, WANG Tiecheng, et al. Architecture design and implementation of E & P dream cloud platform[J]. China Petroleum Exploration, 2020,25(5):71-81.
- [32] ANDROULAKI E, BARGER A, BORTNIKOV V, et al. Hyperledger fabric: a distributed operating system for permissioned blockchains [C]// OLIVEIRA R. Proceedings of the 13th EuroSys Conference (EuroSys 2018), Oct 20, 2017, Porto, Portugal. New York: ACM, 2018:1-15.
- [33] SWAN M. Blockchain: blueprint for a new economy [M]. Sebastopol: O'Reilly Media, 2015:13-16.
- [34] ZAHID J I, FERWORN A, HUSSAIN F. Blockchain: a technical overview [J]. IEEE Internet Policy Newsl, 2018,3:1-3.
- [35] 蔡婷,林晖,陈武辉,等. 区块链赋能的高效物联网数据激励共享方案[J]. 软件学报,2021,32(4):953-972.
CAI Ting, LIN Hui, CHEN Wuhui, et al. Efficient blockchain-empowered data sharing incentive scheme for internet of things [J]. Journal of Software, 2021,32(4):953-972.

(编辑 修荣荣)