

基于区块链的智慧城市时空大数据平台相关研究

□ 曹 先, 张 恒, 高 旭, 王辰阳

[摘 要] 开展智慧城市时空大数据平台建设, 不仅是提升城市治理能力的重要手段, 更是实现城市共建、共治、共享的重要途径。但在平台的实际设计与建设中, 面临着数据共享、信息安全、设施建设和功能拓展等诸多问题。区块链技术作为近年来新兴的数据和服务组织形式, 已成为未来社会协作与组织的技术基础之一。文章基于区块链技术, 提出基于区块链的智慧城市的大数据平台底层技术框架, 并对基于区块链的资源共享流程进行串联, 提出基于智能合约的资源共享流程, 为有效地解决传统大数据平台的成本高、开放度低、安全性差等难题提供解决思路, 推动政府资源监管及城市的共建、共治、共享。

[关键词] 区块链; 智能合约; 智慧城市时空大数据平台; 共治共享

[文章编号] 1006-0022(2020)24-0046-06 [中图分类号] TU981 [文献标识码] A

[引文格式] 曹先, 张恒, 高旭, 等. 基于区块链的智慧城市时空大数据平台相关研究 [J]. 规划师, 2020(24): 46-51.

Smart Urban Space-temporal Data Platform with Block Chain Technology/Cao Xian, Zhang Heng, Gao Xu, Wang Chenyang

[Abstract] Smart urban space-temporal data platform construction will not only improve governance capability but also help realize co-construction, co-governance, and sharing of cities. Problems such as data sharing, data security, infrastructural construction, and functional expansion need to be solved in the process of building the platform. Block chain technology is a new kind of data service and will become a foundation of social collaboration and organization in the future. The paper proposes a framework of block chain based smart city big data platform, and a smart contract based resource sharing process. It solves problems of traditional platform in cost, openness, and security, and promotes government resource supervision and co-construction, co-governance, and sharing of cities.

[Key words] Block chain, Smart contract, Smart urban space-temporal big data platform, Co-governance and sharing

0 引言

至 2025 年, 中国将拥有 10 亿城市人口^[1], 城市规划与空间治理面临着严峻的挑战。目前, 智慧城市建设成为解决各类城市问题的重要途径, 智慧城市的建设对实现城市高质量发展、提升城市竞争力具有重要意义, 是推动社会治理法治化、智能化、专业化的重要支点。

时空大数据平台作为智慧城市的核心基础之一, 既是最为基础的信息资源, 又是其他信息交换、共享与协

同应用的载体, 为其他信息在三维空间和时间交织构成的四维环境中提供时空基础, 实现基于统一时空基础下的规划、布局、分析和决策^[2]。时空大数据平台需对跨区域、跨网络、跨部门、跨实体的各类独立的政务数据源、互联网资源、物联网采集数据资源进行整合, 并通过挖掘海量数据的内在价值, 最终服务政府部门及民众。但在平台实际建设过程中, 面临数据岛状分散、资源汇集困难、运营成本高昂、网络安全隐患等问题。

自化名为“中本聪”的学者于 2008 年首次提出区

[作者简介] 曹 先, 天津市城市规划设计研究总院有限公司工程师。
张 恒, 天津市城市规划设计研究总院有限公司高级工程师。
高 旭, 天津市城市规划设计研究总院有限公司工程师。
王辰阳, 天津市城市规划设计研究总院有限公司工程师。

区块链相关概念^[3]，区块链及相关技术得到了飞速发展。习近平总书记在中央政治局第十八次集体学习会议中指出，要抓住区块链技术融合、功能拓展、产业细分的契机，发挥区块链在促进数据共享、优化业务流程、降低运营成本、提升协同效率、建设可信体系等方面的作用^[4]。根据工业和信息化部发布的《2018中国区块链产业白皮书》，区块链技术在我国的电子政务领域中已得到应用。区块链具有去中心化、时序性、开放性和安全性等技术特征，非常适合用于解决数据平台建设和资源共享问题，为智慧城市时空大数据平台建设及政府监管模式提供了一种新的解决思路 and 方案。

1 研究背景及意义

我国于 2012 年启动智慧城市时空信息云平台建设试点工作^[5]，随后陆续制定并修编了《智慧城市时空信息云平台建设试点技术指南》《智慧城市时空信息云平台建设技术大纲（2015 版）》《智慧城市时空大数据与云平台建设技术大纲（2017 版）》。2019 年 1 月，自然资源部修订并印发了《智慧城市时空大数据平台建设技术大纲（2019 版）》（以下简称“2019 版《大纲》”）。

2019 版《大纲》利用原有的通用、专业和个性三类平台中的共用资源池和引擎构建形成云平台，统一提供各类服务并增加扩展互联网在线抓取等模块，以增强系统开放性和自学习等智能化服务能力。不仅如此，智慧城市时空大数据平台围绕自然资源管理的核心职能，重点解决数据的波动性、真实性问题，并服务于公安、交通、环保、城管等领域；在基础时空数据及各部门公共专题数据的基础上，扩充实时位置信息，共享交通、环保、水利、气象等监测数据及基于互联网在线抓取的相关数据（图 1）。

按照 2019 版《大纲》要求，在技术层面，智慧城市时空大数据平台应该具

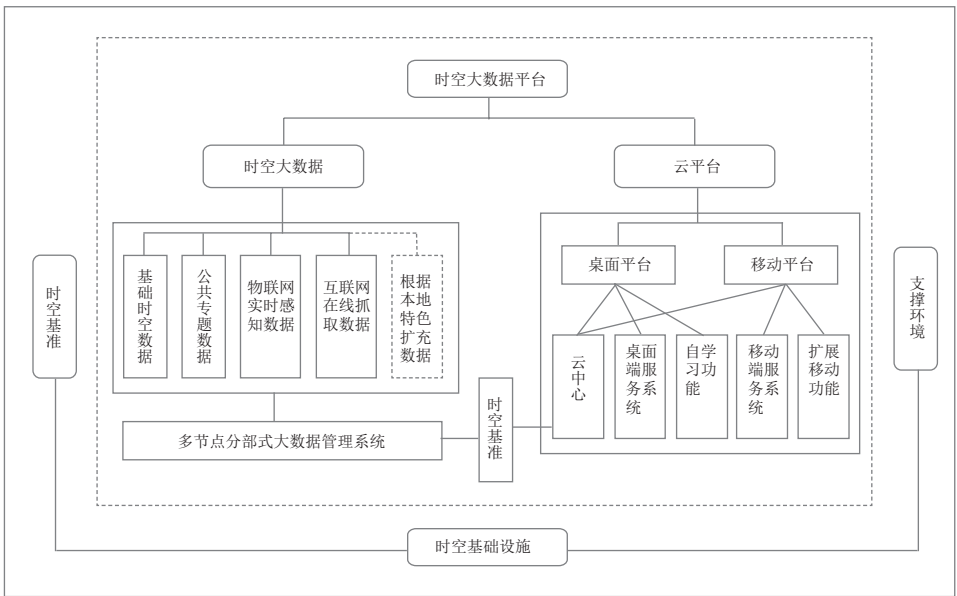


图 1 时空大数据平台构成^[2]

备高性能、高鲁棒性、抗攻击和强灾备能力；在业务层面，需配置准入管理、权限分级、信息授权等功能。在平台构建过程中，若采用传统中心化技术，需要投入大量软、硬件基础设施并进行持续的运营投入。因此，面对实际设计与建设的更高要求，急需探寻新一代技术对平台的架构及资源共享模式进行迭代。

2 研究现状及概况

2.1 区块链相关研究现状

近年来，很多学者对区块链的基础技术进行了较为详尽的概述和研究。Z. Zheng 等人针对体系结构、相关特点、共识算法、相关应用、研究挑战 and 方向等方面对区块链进行了概述^[6, 7]；Lin 等人针对区块链技术面临的安全问题和挑战进行了较为详尽的论述^[8]；Tschorsch 和 Scheuermann 针对比特币，对分布式加密货币的特征、相关概念、基本结构 and 应用等进行了研究^[9]；Mukhopadhyay 等人对当前加密货币使用的各主流挖矿技术进行了对比和总结^[10]；Sankar 等人对区块链中广泛使用的共识机制进行了研究^[11]；Li 等人从安全层面对区块链安全方面的研究现状进行总结，并讨论了

未来的研究方向^[12]；Christidis 等人研究如何利用区块链和智能合约促进物联网的发展，并对相关问题进行了讨论^[13]。

在基于区块链的智慧城市研究领域，Xie 等人从智慧公民、智能医疗、智能电网、智能交通和智慧政务等方面详细讨论了区块链技术在智能城市领域的应用并讨论了基于区块链的智能城市的研究挑战和未来研究方向^[14]；Scekic 提出了基于激励机制的居民共治的智慧城市平台构建研究^[15]。

在智慧政务及资源共享层面的研究有区块链技术对政府治理模式创新的研究^[16-18]、政府基础信息协同共享模式的研究^[19, 20]、智慧城市大数据基础平台架构设计 and 建设^[21-23]等。基于区块链的智慧城市时空大数据平台的架构模式、智能合约等层面的深入性研究相对缺乏。

2.2 区块链相关技术概况

区块链技术最初源于比特币，其核心是一个建立在各参与者共识基础上的公开账本，是一种广泛参与的分布式记账方式。区块链技术具有去中心化、去信任、集体维护、开放性、自治性、信息不可篡改、匿名性等特征^[24]，其将全量数据打包成各个区块并以唯一前序区

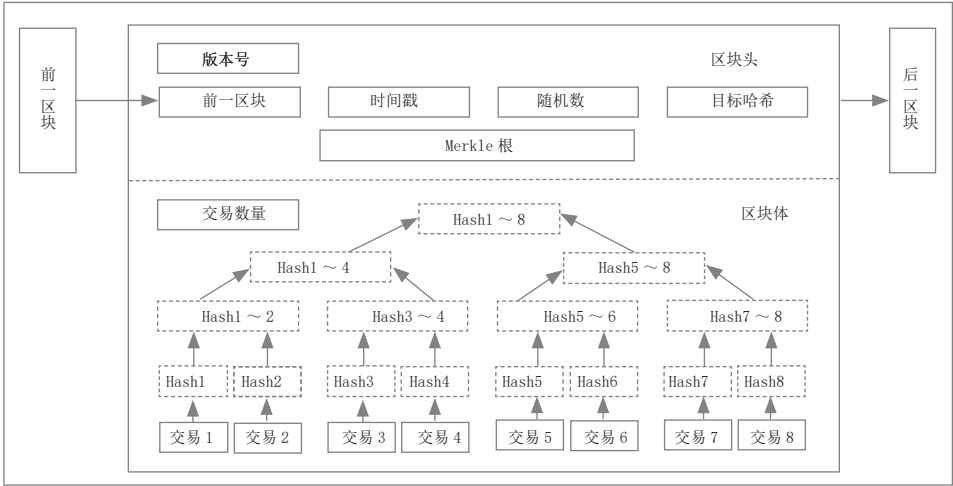


图2 区块结构 [24]

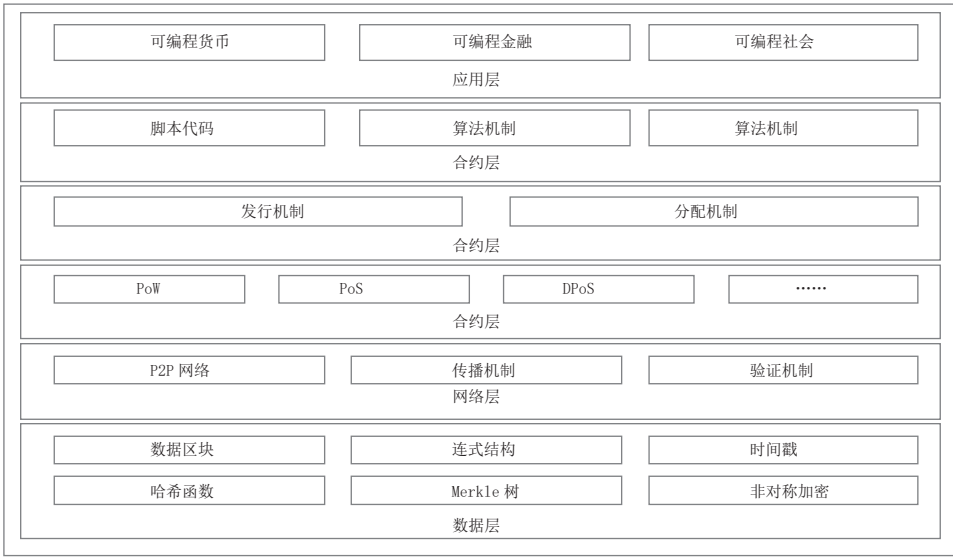


图3 区块链基础架构模型

表1 区块链应用模式对比

对比内容	私有链	联盟链	公有链
参与者	个体或公司内部	特定组织	所有人
信任机制	自行背书	集体背书	POW/POS/DPOS
记账者	自拟	参与者协商	所有人
激励机制	无需	可选	需要
中心化程度	中心化	多中心化	去中心化
特征	可追溯	提升效率	信用的自建立

块进行链状形式链接。其区块结构如图2所示。

根据实际应用场景和需求，区块链技术已经演化出3种去中心化程度依次升高的应用模式，即公共链、联盟链和私有链（表1）。

区块链技术目前较为主流的基础架

构模型由数据层、网络层、共识层、激励层、合约层和应用层组成 [24]（图3）。其中，合约层主要封装各类脚本、算法和智能合约，是区块链可编程特性的基础。智能合约作为区块链最为重要的特征，可以简单看作是区块链上运行的不可修改的程序代码 [25]。相较传统运行于中心

服务的程序，智能合约的代码是公开、不可篡改和自动执行的，可有效规避传统中心化服务器可能出现的人为操控、数据篡改等问题。

区块链技术的应用场景不限于比特币交易，也可以承载其他各种类型业务。从广义上讲，区块链技术是利用加密链式区块结构来验证与存储数据、利用分布式节点共识算法来生成和更新数据、利用智能合约这种自动化脚本代码来编程和操作数据的一种全新的去中心化基础架构与分布式计算范式 [24]。区块链技术通过统一共享的元数据、账本和执行代码，强化了服务的去中心化、透明公开、不可篡改等针对多方的技术支撑能力，满足共同维护全部数据的完整性及可靠性要求，是一种适合多领域协作的手段和工具。

3 核心问题研究

3.1 基于区块链的智慧城市时空大数据平台架构设计

目前我国政务资源大数据平台架构主要模式大致分为点对点模式和中心化模式 [26]（图4）。点对点模式主要面向横向信息共享，多为层级间、专业间的信息共享，广泛应用于同级别的单位之间。但在该模式下，随着部门节点增多，其连接及管理复杂度将呈现平方级别增加。中心化模式则强调纵向信息共享，是一种集中式的跨领域、跨部门、跨平台的信息共享模式。该模式可更好地为政府决策提供支持，是一种决策型共享架构，但有着明显的数据中心趋向，并且过于依赖中心节点。在节点较多时，中心节点面临较大的负载和安全性要求。智慧城市的大数据服务面向的是城市中的各个机构和个人，更适合自下而上的分布式结构 [27,28]，通过“服务—决策型”“集中—分布式”的模式，更好地服务政府决策和公共服务。

本文提出的基于区块链的智慧城市

时空大数据平台架构兼顾了传统点对点
和中心化模式的优点，既可以在多个部
门节点间实现点对点形式的传输，又实
现了去中心化（图 5）。

在该架构模式中，区块链节点以联
盟链节点进行组织，各节点由监管服务
器严格控制，需特准入后方可获取区
块链数据。该模式可加强隐私保护和违
规信息屏蔽等工作。架构涉及区块链节
点网络、监管及准入服务、相关机构部门、
多维数据源服务等多种角色，这些角色
可将各类智慧应用平台、专题数据提供
机构、物联网设备计算采集服务、互联
网数据实时抓取处理服务等各类数据源
及应用服务进行整合。各横向及纵向部
门打破了层级的限制，在节点共识机制
和智能合约自动运行的保障下，实现了
资源的协同与共享。

针对联盟链节点，其主要存储 3 种
类型数据（图 6）：第一种为元数据，元
数据目录信息对外部开放并允许其他机
构通过目录获取所需数据。第二种是智
能合约数据，在各区块链节点上均有一
个执行器用于驱动智能合约的运行。执
行器本质上是一个安全沙箱，在执行智
能合约时，其首先访问元数据，获取加
密数据的位置，然后通过本地私钥进行
数字签名获取加密的私有数据并通过多
个执行器传输。第三种是数据相关执行
器工作流所产生的日志及状态数据。获
取加密数据的相关操作和智能合约的执
行记录均在该部分进行记录留痕。

利用区块链的分布式去中心化的特
点，平台可将原有大量服务器设备及海
量存储离散分布于相关机构部门等节点
上，大幅降低基础设施的建设和运维成
本。不仅如此，各个参与方根据自身相
关业务需求进行具体的专业业务处理和
计算，大幅降低统一平台技术选型和研
发难度，提升专项数据的处理能力。在
安全性层面，依托区块链安全可靠与可
溯源性的特点，可有效保证平台鲁棒性
及安全性。此外，在系统业务模型、数

据模型扩充时，只需要通过节点部署智
能合约程序即可完成，无需重构后台架
构、数据库结构，可显著提高系统的灵
活性和扩展性。

3.2 基于智能合约的时空大数据平台
资源协同共享流程

基于智能合约的智慧城市时空大数
据平台资源共享流程分为智能合约生成、
相关业务创建、表单验证、表单反馈和
总表单备份 5 个核心步骤（图 7）。

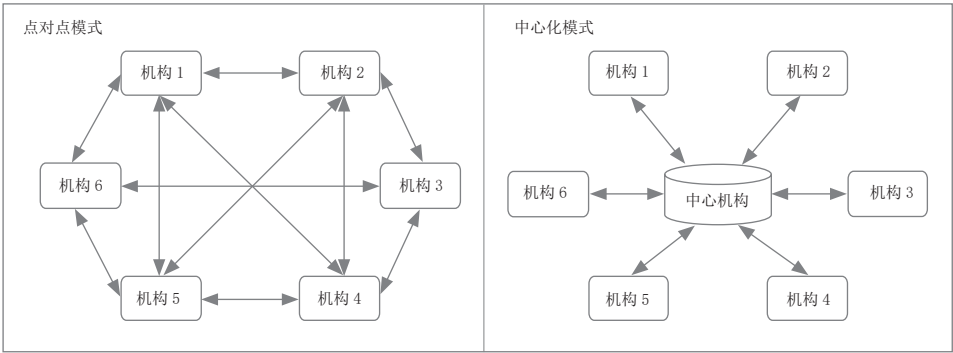


图 4 主流大数据平台架构

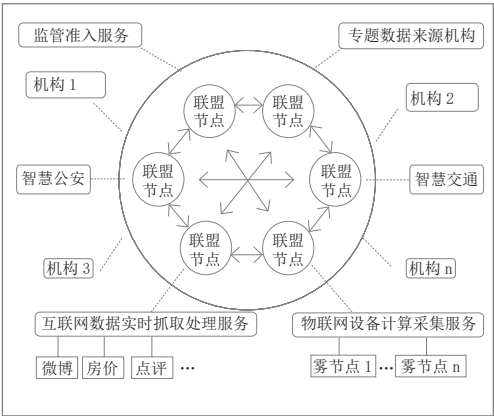


图 5 基于区块链的时空大数据平台架构设计

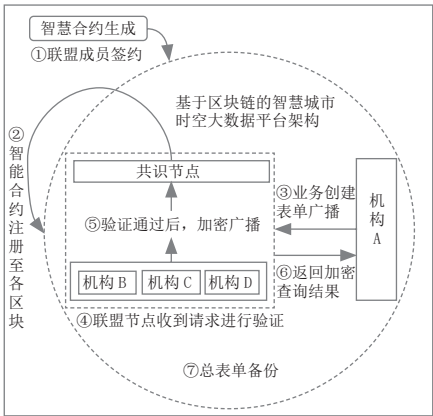


图 7 基于智能合约的智慧城市时空大数据平台资源共享的流程

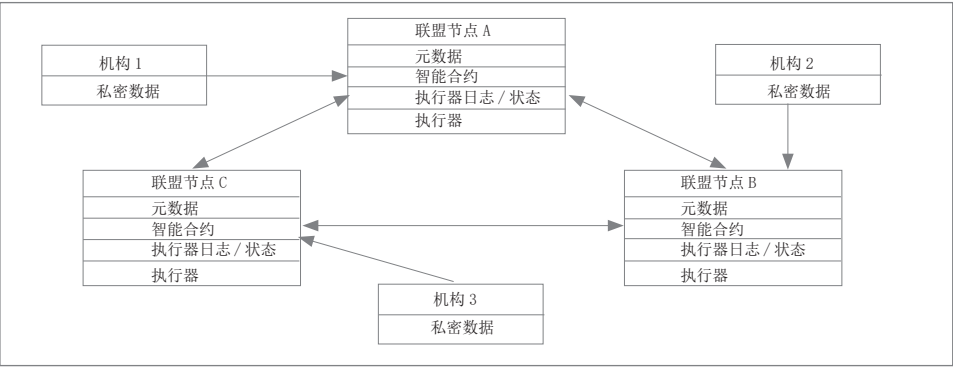


图 6 联盟链节点中数据存储

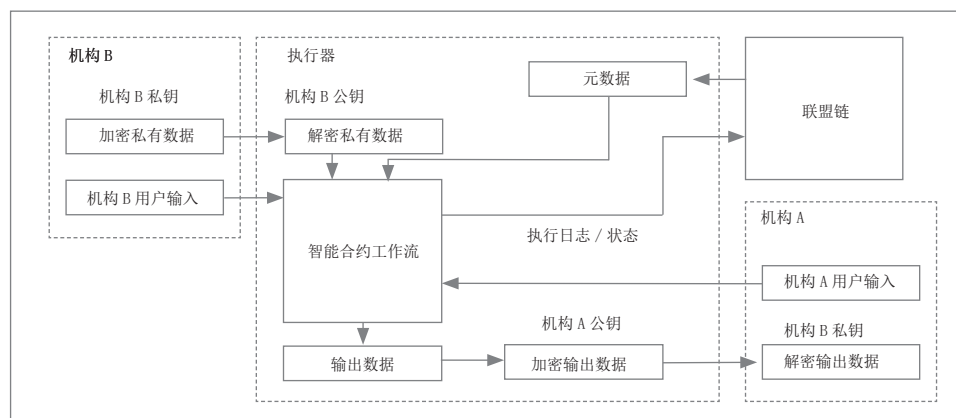


图8 资源交换工作流程示例

制成共享表单。最后，向其他机构发起查询请求并进行核实，扩散至相关业务机构。

(3) 表单验证。表单广播至全网后，各机构将此表单暂时缓存到区块中并进行查询或计算。若某一机构查询到历史共享表单，则把所有加盖时间戳的该区块记录的表单进行广播，并由全网其他机构核对，最终生成总表单。

(4) 表单反馈。通过联盟链上的机构验证后，相应资源通过数字签名反馈给请求机构，请求机构依据反馈中已有信息提醒、残缺信息反馈、有误信息等提示做出合理的决策。

(5) 总表单备份。联盟链中各机构对表单进行签名并通过传播验证后汇成总表单，随后通过共识节点上传至联盟链，以便下次共享的需要。

在具体实施中，当机构A请求机构B的资源时，执行器以安全沙箱的角色实现资源的安全与高效传输。在智能合约注册后，机构A与B进行资源请求及反馈的工作流程如图8所示。

在执行器中，使用智能合约模块来驱动工作流并将工作流相关状态及所有外部数据记录（执行器日志/状态）写入联盟链中存档。共享总表单（元数据）将在各联盟链节点沙箱中得以记录并以数据目录的形式存储在各节点上。当智能合约需要访问某些私有数据时，先查询元数据信息以确认数据在机构B中，机

构A的执行器向机构B发送资源请求。机构B首先使用私钥对资源进行加密，然后在本地沙箱中使用公钥解密。同时，联盟链将输入的数据同步到处于加密状态的其他节点沙盒。这样，跨多个组织与多资源协作的工作流可以在每个联盟链节点中存储相关数据且不对其他机构开放。

在基于智能合约的时空大数据平台资源协同共享的流程下，资源的流转均通过安全沙箱执行并可全程追溯，保障了资源安全性。不仅如此，该流程依托总共享表单改变了机构之间资源牵拉与推送的状态，实现了各机构间资源一次共享、多次使用的效果，极大地提高了资源共享的范围和效率。在监管模式层面，各监管部门只参与相关机构的准入及智能合约的制定与注册，不参与具体流程。在该模式下，以往的政府主导推动变成了政府监管，各机构依据实际需求展开相关工作，不仅降低了政府运营成本和工作量，更提升了服务效率，促进资源和服务的有机整合。

4 总结与展望

智慧城市建设已成为目前解决城市规划 and 空间治理的重要途径之一。时空大数据平台作为智慧城市的基础设施，是智慧城市建设的基石。自然资源部颁发《智慧城市时空大数据平台建设技术

大纲（2019版）》中对时空大数据平台建设提出了更高要求。本文基于区块链技术及2019版《大纲》的要求，提出了基于区块链的时空大数据资源共享的架构设计及基于智能合约的时空大数据平台资源协同共享流程。

平台架构采用联盟链进行组织，在兼具去中心化的同时保留了准入和监管机制，并涵盖了区块链节点网络、相关机构部门、多维数据源服务等多种角色。相较于传统模式，该模式可大幅降低基础设施的建设和运维成本，并具有鲁棒性、安全性、灵活性、扩展性的特点。而资源共享协同中一次共享、多次使用的特性，可极大地提高资源共享的范围和效率。不仅如此，区块链技术的引入将资源协同共享的工作模式由政府主导转变为政府监管、社会推动，各横向及纵向机构打破了层级的限制，在节点智能合约自动运行的协同共享模式保障下，实现了资源高效安全的协同与共享。

智慧城市建设要将生态文明建设、科学规划的理念充分融入其中，共同打造宜居城市。在国土空间规划领域，基于区块链的智慧城市时空大数据平台可有效将涉及空间规划的时空大数据进行整合，将国土空间规划、国土空间管治等数据及业务通过联盟链进行串联。在平台联盟链安全机制的保障下，可有效促进各部门的数据共享与业务协同，实现城市规划、建设、管理与服务全过程精细化和智能化。不仅如此，时空大数据云平台架构可有效支撑各级“多规合一”工作，串联各级机构，极大降低平台建设及运营成本，打造空间规划专业平台。

在业务层面，后续研究将继续挖掘区块链在国土空间规划领域相关拓展及应用；在技术层面，基于智能合约及激励机制进一步释放时空大数据平台的开放性与创造性；进一步拓展平台各参与方，各参与方可以自由地制定智能合约并利用开放的大数据提供相关服务。在该模式下，城市居民也可参与城市的共

建、共治,在政府机构、社会组织、商业企业和居民的共同参与下,进一步推动高质量发展的空间治理,实现城市的健康可持续发展。■

[参考文献]

[1]Liu P, Peng Z. China's Smart City Pilots: A Progress Report[J]. Computer, 2014(10): 72-81.

[2] 中华人民共和国自然资源部. 智慧城市时空大数据与云平台建设技术大纲(2017版): 测办发[2017]29号[Z]. 2017.

[3]Nakamoto S. Bitcoin: A Peer-to-peer Electronic Cash System [EB/OL]. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>, 2007.

[4] 习近平在中央政治局第十八次集体学习时强调 把区块链作为核心技术自主创新重要突破口 加快推动区块链技术和产业创新发展 [EB/OL]. http://www.xinhuanet.com/politics/leaders/2019-10/25/c_1125153665.htm.

[5] 中华人民共和国自然资源部. 关于开展智慧城市时空信息云平台建设试点工作的通知: 国测国发[2012]122号[EB/OL]. http://www.mnr.gov.cn/zt/ch/szcsjs_30107/zcwj/201304/t20130417_2145042.html.

[6]Zheng Z, Xie S, Dai HN, et al. An Overview of Blockchain Technology: Architecture, Consensus, and Future Trends[C]//2017 IEEE International Congress on BigData(BigDataCongress), 2017.

[7]Zheng Z, Xie S, Dai HN, et al. Blockchain Challenges and Opportunities: A Survey [J]. International Journal of Web and Grid Services, 2018(4): 352-375.

[8]Lin I C, Liao T C. A Survey of Blockchain Security Issues and Challenges[J]. International Journal of Network Security, 2017(19): 653 - 659.

[9]F. Tschorsch, B. Scheuermann. Bitcoin and Beyond: A Technical Survey on Decentralized Digital Currencies[J]. IEEE Commun. Surveys Tuts, 2016(18): 2084 - 2123.

[10]U. Mukhopadhyay. A Brief Survey of Cryptocurrency Systems[C]//2016 14th Annual Conference on Privacy, Security and Trust, 2016.

[11]L.S.Sankar, M. Sindhu, M. Sethumadhavan.

Survey of Consensus Protocols on Blockchain Applications[C]//4th IEEE International Conference on Advanced Computing and Communication Systems, 2017.

[12]Li X, Jiang P, Chen T, et al. A Survey on the Security of Blockchain Systems[C]//Future Generation Computer Systems, 2017.

[13]K. Christidis, M. Devetsikiotis. Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things[J]. IEEE Access, 2016(4): 2 292-2 303, 2 016.

[14]Xie H, Tang H, Huang T, et al. A Survey of Blockchain Technology Applied to Smart Cities: Research Issues and Challenges[J]. Surveys and Tutorials, 2019(3): 2 794-2 830.

[15]Scekic O, Nastic S, Dustdar S. Blockchain-Supported Smart City Platform for Social Value Co-Creation and Exchange[J]. IEEE internet computing, 2019(1): 19-28.

[16] 张毅,肖聪利,宁晓静. 区块链技术对政府治理创新的影响 [J]. 电子政务, 2016(12): 11-17.

[17] 王鹏,丁艺. 应用区块链技术促进政府治理模式创新 [J]. 电子政务, 2017(4): 59-66.

[18] 毕瑞祥.基于区块链的电子政务研究 [J]. 中国管理信息化, 2016(23): 148-151.

[19]Wang L, Liu W, Han X. Blockchain-Based Government Information Resource Sharing[C]//IEEE International Conference on Parallel & Distributed Systems. IEEE, 2017.

[20] 高国伟,龚掌立,李永先. 基于区块链的政府基础信息协同共享模式研究 [J]. 电子政务, 2018(2): 15-25.

[21] 王博,张一锋. 以区块链为基础打造智慧城市大数据基础平台 [J]. 智慧城市评论, 2017(1): 29-35.

[22]Abdellah Ouaguid, Noredine Abghour, Mohammed Ouzzif.A Novel Security Framework for Managing Android Permissions Using Blockchain Technology[J]. International Journal of Cloud Applications and Computing (IJCAC), DOI:10.4018/IJCAC.2018010103.

[23]Md. Abdur Rahman, Md. Mamunur

Rashid, M. Shamim Hossa. Blockchain and IoT-based Cognitive Edge Framework for Sharing Economy Services in a Smart City, IEEE Access, DOI:10.1109/ACCESS.2019.2896065.

[24] 袁勇,王飞跃. 区块链技术发展现状与展望 [J]. 自动化学报, 2016(4): 481-494.

[25]I.Buterin, V. A Next-generation Smart Contract and Decentralized Application Platform. Ethereum 1-36 (2014).

[26] 高国伟,杨兴凯,王延章,等. 政府信息资源共享与交换模式研究 [J]. 情报科学, 2008(11): 1 724-1 727.

[27] 刘伦,刘合林,王谦,等. 大数据时代的智慧城市规划: 国际经验 [J]. 国际城市规划, 2014(6): 38-43.

[28] 赵欣. 基于大数据技术的智慧城市建设 [C]// 城乡治理与规划改革——2014 中国城市规划年会论文集 (04 城市规划新技术应用), 2014.

[收稿日期]2020-08-27;

[修回日期]2020-10-12