

区块链技术与环境可持续性

背景

《前瞻研究简报》由联合国环境规划署出版，其目的是强调一个环境变化热点，介绍一个新兴的科学主题，或讨论一个当代环境问题。公众有机会了解不断变化的环境正在发生哪些变化，以及自己在日常生活中做出的选择会有什么样的后果，并思考未来政策的方向。联合国环境规划署第19期《前瞻研究简报》探讨了区块链技术的颠覆性特征，以及由此可为增强环境可持续性做出哪些贡献。

摘要

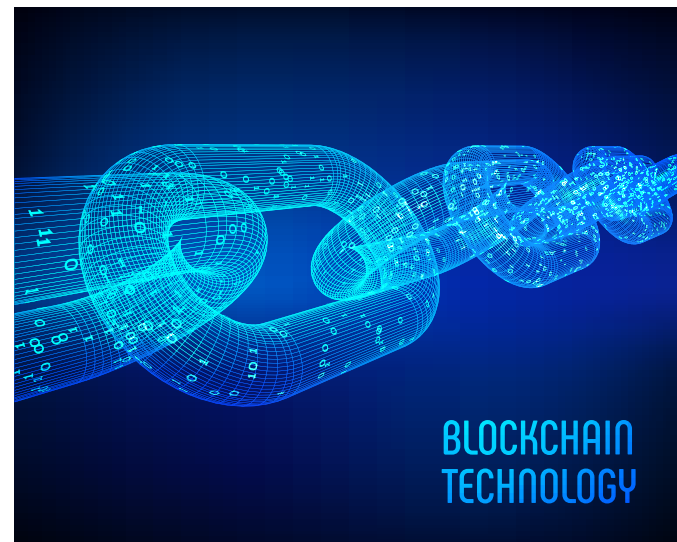
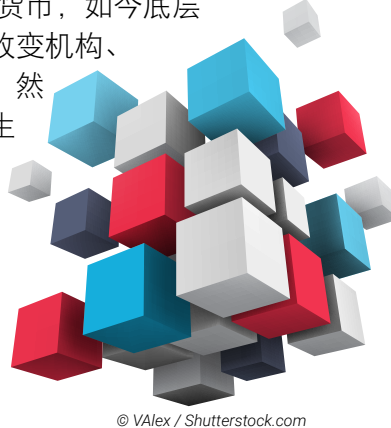
区块链技术是许多新兴技术之一，有潜力帮助我们今天面临的一些环境问题。区块链应用程序在应对环境挑战方面的用途包括：供应链监测和跟踪、创新型金融工具、代币价值的点对点交易、实现能源的去中心化系统，以及公共池资源。在监测行为体在遵守多边环境协定、实施可持续发展目标方面的进展情况时，应用区块链技术可能很有助益。然而，要想扩大区块链技术的运用规模，就必须克服当前和未来的挑战，不仅要开发区块链技术，还要建立各种机制，加强决策者、科学家和区块链解决方案开发者之间的理解。

引言

自2017年加密货币价格飙升以来，大多数人都将区块链与加密货币联系在一起。然而，在过去的几年里，学者们越来越多地提议将区块链作为可持续发展的潜在解决方案，包括在环境可持续性方面。

《2030年可持续发展议程》和《巴黎气候协定》为联合国各机构和其他组织响应各国政府和民间社会的需求带来了前所未有的机遇和挑战。区块链已被视为一种前途无量的颠覆性技术，可以促进创新，帮助克服其中的一些挑战。¹

区块链概念出现于2008年，是一种去中心化的加密货币²。除了加密货币，如今底层的区块链技术有潜力改变机构、人和机器的交互方式。然而，区块链到底能产生多大影响，目前仍然存在不确定性。包括行业、政府和非营利组织在内的不同利益攸关方都期望区块链技术与其它新兴技术（如人工智能和物联



© Iurii Motov / Shutterstock.com

网）一起，将在各行业和全社会中产生变革性影响（Hedenborg, 2018; Gartner, 2019）。

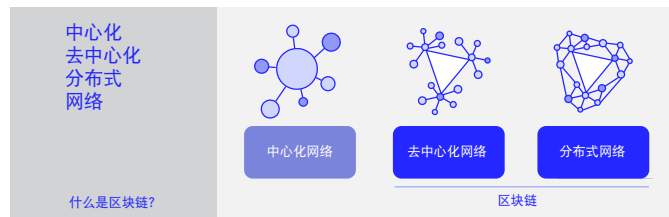
本《前瞻研究简报》探讨了区块链技术如何有助于加强环境可持续性管理。本简报以环境领域的应用案例为基础，回顾了该技术的主要特点，包括保存记录、透明度、价值转移、生态系统代币化和降低成本。本简报还考虑了应用区块链技术时的挑战，并为完善有关区块链技术的政策提供了指导。

¹ 请注意，区块链并不是解决我们今天所面临的各种环境挑战的灵丹妙药，而是在某些方面可能有助于克服这些挑战的促成因素。

² 比特币和以太坊是众所周知的数字货币。

区块链的重要性

人们对管辖资源交换和占有的规则缺乏信任和信心，使维护生态系统、管理自然资源面临挑战（Le Sève、Mason和Nassiry, 2018）。区块链是一个分布式账本系统，在数百万台通过互联网连接的设备上运行，属于分布式网络（图1）。当一个数据块或记录被录入分类账本时，该区块的信息就会与现有的区块相连接，如此循环反复，形成一个区块链。每个区块都根据该特定区块中的数据序列被分配了一个独特的签名。在分布式分类账本内，任何价值，如金钱、土地所有权、电力甚至是选票，都以安全的方式存储和转移。它是价值的数字媒介，就像互联网是信息的第一个数字媒介一样（Tapscott, D.和Tapscott, A., 2016）。



© art_inside / Shutterstock.com, 由Truong等人改编, 2016年

图1：区块链的去中心化和分布式系统图解。

由于区块链是一个防止篡改或欺诈的共享账本系统，因此它可以提供可信、透明的交易记录（Le Sève、Mason和Nassiry, 2018）。区块链上的交易是有时间戳的，通过智能合约进行认证（Geiregat, 2018）³，并在没有中央权威机构干预的情况下不可

³ 智能合约可以被描述为硬件和/或软件，它可以根据预先确定的、经过数字证明的事件，启动、控制和/或记录法律上的相关行为，并根据具体情况，通过智能合约缔结具有法律约束力的合同。



© jsabirova / Shutterstock.com, 改编自hackernoon和blockgeeks

图2：智能合约的好处

更改地存储。智能合约的好处是减少复杂的人工和计算过程的交易成本，这些过程涉及到几个中间人和实体之间的协议（Szabo, 1997）（图2）。此智能合约能够自动执行实体之间可执行的协议。这些特点将提高在衡量行为影响、进行价值交换和对众多行业交易进行登记等方面的效率和透明度，同时也有助于革命性地改变对自然环境及其组成部分的管理（Jensen和Campbell, 2019）。

将区块链和环境管理联系起来

本节讨论了区块链技术在解决全球环境问题方面的潜在应用案例。根据区块链的技术特点，基于区块链的应用可以在以下五个方面为加强环境管理作出贡献：1）保存记录；2）透明度；3）价值转移；4）生态系统代币化；5）降低成本。

保存记录

以安全的方式记录和管理环境数据至关重要。然而，这只在一些特定情况下很重要，因为不使用区块链技术也可以安全地存储数据。在对环境公约进行监测和报告、对环境影响进行评估以及制定环境管理政策的过程中，都需要依赖高质量和可信的环境数据。此外，还必须保障环境资产信息的安全，因为这些信息是国家、公司和土著人民金融财产的证。例如，对于“减少发展中国家毁林和森林退化所致排放倡议（REDD+）”来说，土地所有权和资产所有权信息不可或缺；把碳交易数据⁴、生态系统服务和健康数据以及支付信息记录下来，对于执行生态系统服务（PES）政策非常重要。

需要考虑纸质登记系统和中心化登记系统的脆弱性。例如，海地2010年发生地震，存有土地所有权等纸质记录的市政大楼被摧毁。基于区块链的记录保存系统有望避免这种类型的信息丢失。区块链的共享账本系统允许多个行为体在任何时间点分享系统状态的同一视图，并且不可改变真相来源（Meunier, 2018）。通过这种方式，区块链可以为土地所有权管理建立一个可信的登记系统。即使自然灾害给社会带来严重的物理损坏，用区块链系统建立的数据库也可安然无恙。区块链技术提供了数据管理系统，消除了中心化记录保存这一需求。一旦信息被放入区块链中，数据就会被打上时间戳、被认证且被不可更改地存储。这意味着区块链解决方案可以以去中心化的方式提供一个协作式、不可更改的记录保存平台（Meunier, 2018）。利用这种去中心化的信息平台还有助于逐步淘汰现有的零散数据孤岛。

⁴ 此外，在区块链上记录全球碳预算可能会被证明是有益的，区块链技术的加密潜力巨大，预算将不可能被篡改。

透明度

透明度是善治的一个关键特征，是建立公共部门和企业的问责的先决条件，并可在公民中建立信任（透明国际，2009）。透明的治理制度能够使流程和程序清晰化，并为公民及时、准确地获取公共信息提供便利（Suk Kim, 2005）。披露信息、保证信息公开透明，正日益成为全球环境治理的核心，以确保负责任、合法和有效的治理（Gupta, 2008）。区块链解决方案可以提供一个不可更改的数据源，以及一个可追溯和核实的记录，知道谁跟谁交换了什么（Le Sève等人，2018）。

例如，保证自然资源供应链的透明度，不仅对保护自然资源至关重要，而且对预防冲突和保障人类安全也至关重要。虽然在信息被记录在区块链中后，商品的来源可以得到核实，但需要注意的是，

区块链并不能跟踪商品。因此，将区块链技术与监测和跟踪工具相结合后，就有可能在整个供应链的任何一点上检索有关运输机制、路线和状况的信息，从而使特定产品的供应链运作更加透明。在一个区块链应用案例中，世界自然基金会（WWF）与ConsenSys合作，使用区块链来消除金枪鱼行业的非法捕捞。从船只到分销商的供应链信息都被记录下来，不给非法、无管制、未报告的捕捞以及侵犯人权的经营者留下生存空间（世界自然基金会，2018）。另一个应用是实现化学产品的可追溯性，这反过来有助于在消费者中建立信任。如《限制有害物质指令》（RoHS）或《化学品注册、评估、许可和限制条例》（REACH）等环境法规意味着，成品生产商不仅需要从成本效率的角度，还需要从环境法规的角度来管理整个供应链。

区块链技术还有望提升多边环境协定实施的透明度，因为在实施过程中，往往需要收集和验证大量数据。通过利用材料的可追溯性，可以改变对多边环境协定遵守情况的监测。《濒危野生动植物种国际贸易公约》（CITES）秘书处意识到基于区块链技术的系统的潜力。《濒危物种公约》秘书处负责管理濒危物种及其衍生产品的国际贸易，这项工作目前需要用大量纸质文档。基于区块链的系统有可能根据《濒危物种公约》协议，通过一个替代性的、不可更改的已受理许可记录，处理纸质许可系统带来的操纵和错误风险（Busse 等人，2019）。区块链有助于透明地跟踪环境数据，并展示承担义务的状态。类似的系统也可适用于联合国环境规划署下属的其他公约秘书处。

此外，可持续发展目标可以作为一种通用语言和切入点，使异质性数据在监测和跟踪供应链方面更加紧密地相互联系。例如，在可持续发展目标1（消除贫困）、可持续发展目标12（可持续消费和生产）和可持续发展目标15（陆地生命）的交汇区域，区块链可以加强对非正规拾荒者的收入支持，这些人很可能生活在贫困线以下，高度暴露在污染物和有害物质中。可以将拾荒者所收集的废物（电子或塑料）运送到独立的当地合作伙伴处，然后交付给企业客户，以优化循环能力，将回收材料变成新产品。企业可以支付高于市场价格的溢价来补贴废物回收，这样社会企业就可以为废物收集者提供可观的经济回报。基于区块链的跟踪系统有助于监测整个供应链中有害物质的影响，隔离任何污染物，并将代币奖励给拾荒者和其他相关的中间人，从而增加废物回收量。

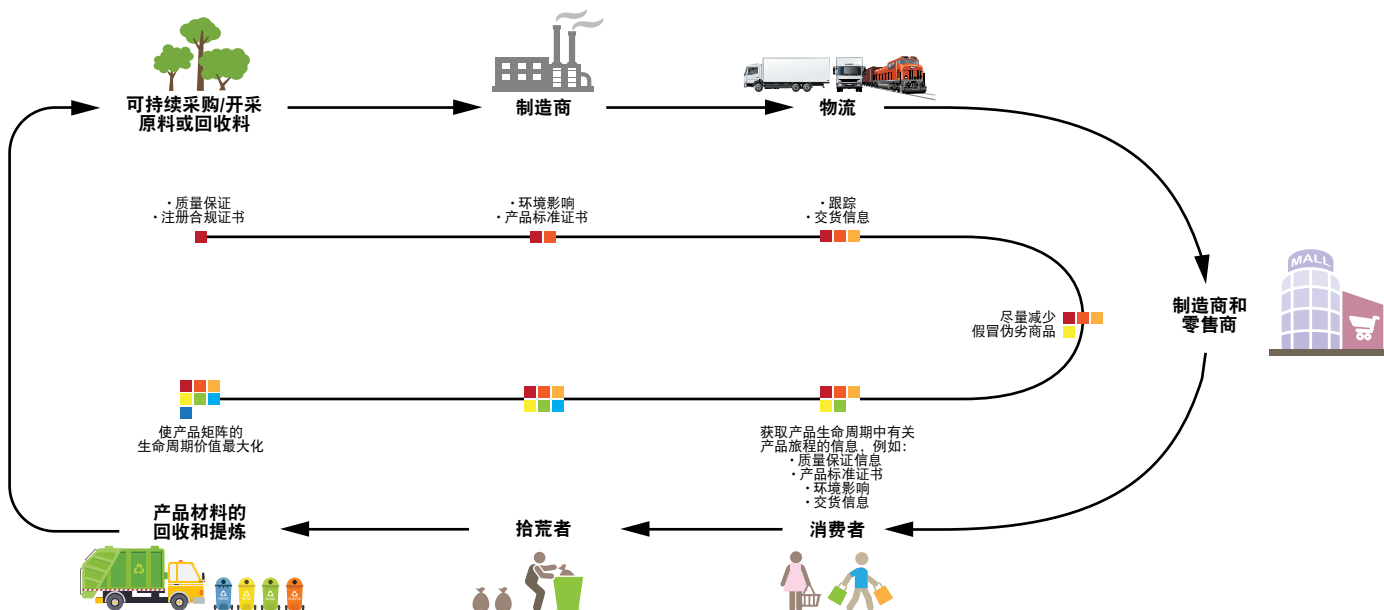


图3：区块链技术支持的供应链概图

来源：由作者提供



© elenabs / Shutterstock.com

价值转移

在过去，价值转移就像跨境支付一样，在其过程中会涉及许多步骤和人员。同样，碳信用交易也涉及各种各样的实体。例如，《京都议定书》下的清洁发展机制可能需要数年时间来核实项目，验证信用额度的转让，并涉及国家和全球层面的多个登记处。区块链解决方案可以在没有中间人的情况下扩大点对点（P2P）的价值转移。去中心化的共享账本可以在没有中央方的情况下清算和结算点对点交易，加密货币的使用案例证明了这一点（Meunier, 2018）。CarbonX（由ConsenSys创立）就是价值转移的一个例子。他们在私人区块链上将碳补偿作为加密代币进行采购和重塑，验证来源并确保所有交易的安全性和透明度。CarbonX是第一个P2P碳信用交易平台，建立在以太坊区块链上，根据联合国支持的REDD+计划购买碳补偿额度。这认证了世界各地的林业和生态系统修复项目实现的温室气体减排量，并且将这些信用额度转化为加密货币，以

一种名为CxT的代币形式存在。然后，这些代币被卖给零售商和制造商，他们用这些代币来激励消费者做出更可持续的选择。⁵此外，还有人研究了根据《巴黎协定》第六条将区块链用于碳市场的潜在用途（Dong等人，2018）。区块链可以通过在碳补偿信用机制下跟踪和交易减排单位，增强排放交易参与者之间的信任；信用机制的例子有：《巴黎协定》第六条第二款下的合作办法；自愿计划；以及双边和次国家机制。共享账本将解决重复计算减排量的风险。它还可以提高排放限额-交易机制下的排放交易方案中向排放国分配排放配额的透明度。

区块链还兼容物联网（IoT）。物联网是指通过嵌入在日常物品中的计算设备组成的互联网相互连接，使这些计算设备能够在没有人类互动的情况下通过网络互换数据。这使环境价值能够以虚拟资产的形式，在P2P网络中使用智能合约进行转让。因此，环境资源可以成为使用物联网的可转让资产。这些智能合约是区块链和物联网网络的附加层，能够有效地管理数据驱动的交互。例如，澳大利亚的弗里曼特尔市使用Power ledger，使能源零售商及其客户能够交易能源和水资源，以制定智能城市战略（Power Ledger, 2018）。Power Ledger基于区块链的系统通过让人们直接出售多余的太阳能而不是卖给传统电网，促进了点对点的可再生电力交易。基于区块链的社区能源微电网基本上实现了消费者之间的本地化能源交易，并以安全和防篡改的方式进行记录（Andoni等人，2019）。

⁵ <https://www.carbonx.ca/>

生态系统代币化

如果没有一个跟踪和评估行为变化的机制，可能就难以激励个人采取可持续的行为。由于技术局限性，在进行可核查和透明的环境可持续性管理时就面临着挑战。然而，区块链技术可以提供一种解决方案。代币通常被用作商品、股票甚至实物产品等资产的数字表示（欧盟[EU], 2019）。代币化资产可以在安全维护的区块链网络上进行跟踪和交易。代币化的自然资源和对共识的奖励可以激励参与者加入网络并在系统内运作。代币化系统也增强了令生态系统得到加强的网络效应。区块链上的代币化生态系统被用来鼓励好的行为改变。

区块链在行为改变方面的另一个潜在应用可能是跟踪、衡量和奖励环境可持续行为。例如，RecycleToCoin是一款移动应用程序，对90%的塑料回收行为进行奖励，不仅仅是回收聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）塑料瓶，同时也包括回收铝制饮料罐和钢制食品罐。这些数据被放置在一个基于区块链的数据系统中，所有利益攸关方都可以访问该系统，以确保透明度。回收后，人们可以获得积分，从参与该项目的合作伙伴那里换取电子礼品卡或其他奖励。⁶

代币化经济也适用于数据收集和交换。尽管各公司产生了大量的数据，但往往难以通过安全、可信的方式分享这些数据。《海洋协议》正在打造一个基于区块链的数据共享生态系统。借助代币，《海洋协议》鼓励数据提供者和数据消费者交换数据。

⁶ <https://www.recycling-magazine.com/2017/11/11/first-recycling-initiative-blockchain/>

该协议主要侧重于数据交换，以支持人工智能应用程序的开发，因为数据需求正在出现，尤其是在人工智能行业。该协议通过存储元数据、连接资产和服务以及提供许可框架来增强人工智能的使用。它还允许用户在保留隐私和控制权的情况下将数据货币化。⁷

通过首次代币发行（ICO）、通过在区块链网络中开发加密货币，作为与环境资产或信息相关的代币，代币化的生态系统也可用于民主化的投资平台。由于首次代币发行在不同国家面临更严格的监管，区块链社区正越来越多地研究安全代币发行（STO）的应用程序，作为转让代币化价值的替代方式。由于安全代币发行符合现有的金融法规，投资者可以购买代币化证券（Schletz、Nassiry和Lee, 2020）。安全代币发行在环境可持续性应用方面的发展势头逐渐显现。例如，西班牙的一家跨国银行BBVA使用区块链来谈判一种结构化绿色债券的条款⁸。安全代币发行可用于绿色债券发行。

据汇丰银行和可持续数字金融联盟（SDFA）称，菲律宾已经发布了一种安全代币的框架，并承认数字资产，以期推动因气候引起的自然灾害而催生的绿色投资（汇丰银行和SDFA, 2019）。金融机构和政府对于应用区块链技术来革新融资模式越来越感兴趣。

降低成本

在运营大型全球数据集时，需要大量时间来处理交易，但基于区块链的应用程序可以用来提高运营效

率。麦肯锡的报告（Carson等人，2018）称，区块链的战略价值在短期内主要集中在降低成本上。去除中间人和存档造成的行政负担可以减少数据管理和处理交易的成本。

例如，联合国世界粮食计划署（WFP）在一个名为Building Blocks的试点项目中使用了以太坊区块链，通过代金券或预付借记卡转移现金，使民众能够在约旦和巴基斯坦自行购买食物。

这一举措成功地降低了与现金转移相关的支付成本，并降低了98%的总体成本，因为P2P无需由银行和其他金融机构等昂贵的中间人进行验证。此外，区块链在这一举措中至关重要，能够在不需要中央权威机构的情况下跟踪资产的所有权。这可以加快交易速度，同时通过保护受益人数据、控制金融风险和在紧急情况发生后更快地展开援助行动，降低发生欺诈或数据管理不当的几率。⁹然而，应该指出的是，区块链仍然是一个非常消耗资源、计算效率非常低下的数据结构。在少数情况下，区块链可以提升运营效率。下一节将进一步强调区块链面临的挑战。

为了提高国际援助在促成环境可持续性方面的有效性，与区块链和其他新兴技术相结合的数字经济可以降低货币资源的分配成本，提高透明度以跟踪资金从捐助者划拨到预期受益者的情况，并通过区块链技术的自我审计能力降低多层报告的成本。图4为数字绿色经济的图解。



图4：数字绿色经济

技术挑战

目前，大多数应用案例要么处于概念阶段，要么处于试验阶段，只有少数几个正在全面开发。目前区块链在环境方面的应用程序主要围绕着自然资源或许可证的点对点交易、供应链监测和跟踪、新的融资模式以及扶持去中心化的能源系统等主题。然而，由于区块链仍处于发展的早期阶段，挑战依然存在。尽管区块链可以刺激环境管理方面的创新，但区块链技术的大规模采用取决于能否成功克服其中的一些风险，以及能否与其他新兴和现有技术进行试验性配合。以下是区块链技术面临的一些挑战。虽然这份清单并非详尽无遗，但它说明了必须克服的挑战。

⁷ <https://oceanprotocol.com/>

⁸ <https://www.bbva.com/en/bbva-issues-the-first-blockchain-supported-structured-green-bond-for-mapfre/>

⁹ <https://innovation.wfp.org/project/building-blocks>



© iQoncept / Shutterstock.com

能源消耗

在区块链中创建一个新的区块需要耗费大量的能源，例如，在通过工作量证明（PoW，这是比特币使用的算法）等共识机制验证交易过程中的能耗（Ge等人，2017）。

据估计，比特币网络中的采矿每年使用超过58太瓦时的电力，占世界能源消耗的0.21%，相当于瑞士全国的能源消耗（Baraniuk, 2019）。

大规模的加密货币挖矿作业往往选址在电价低和补贴高的地区。挖矿所需的功率密度可能非常高，特别是在增加功率以保持硬件凉爽时。这方面的潜在解决方案之一可能是采用“绿色挖矿”，即使用可再生能源进行挖矿作业。人们对绿色挖矿的兴趣越来越大，2018年已经为此投资了1.34亿美元（Climate-KIC, 2018）。

本《前瞻研究简报》中所描述的环境领域的一些区块链应用案例是建立在可替代的共识机制之上的，例如：消耗能量较少的权益证明（PoS）或权威证明（PoA）。以太坊开发团队一直在努力升级其协议，称为以太坊2.0。其中一项升级涉及采用PoS

而不是PoW。因此，共识机制仍在不断发展中。根据共识机制的演变，当区块链得到商业化应用和扩大规模时，能源消耗可能会减少。相反，私有和无许可的系统，如Hyperledger Fabric，也通过减少全节点的数量，避免了能源消耗的冲突（Franke等人，2020）。

可扩展性

区块链技术尚不成熟，很难进行大规模应用以实现环境可持续发展。例如，如果基于区块链的应用程序被用来管理能源网，将需要实时匹配供应和需求。如果交易速度不加快，就很难管理海量的数据。区块链需要时间来处理交易，以便维持一个不可更改的网络，并将所有交易复制到网络中的所有节点。这使得交易处理在速度和规模方面面临挑战（Brody, 2018）。例如，由于比特币协议规定的区块大小有限，比特币网络处理交易的持续速率仅为每秒7笔交易（TPS）。而以太坊区块链目前每秒只能处理约15笔交易，因为每个区块有硬编码的计算限制（Ge等人，2017）。共识机制的革命可能会提升区块链交易的可扩展性，就像能源消耗一样。

互操作性

已经有几个基于区块链的平台被开发出来，尽管这些平台的互操作性问题还没有得到解决（欧盟，2019）。在区块链技术的早期发展阶段，平台呈现出技术多样性。如果平台不能协同运作，就无法发挥区块链的全部潜力。例如，能源业和交通运输业联系紧密。鉴于电动出行的加速应用和消费者对无缝交易的需求增加，必须提高基础设施系统的互操作性（经济合作与发展组织[OECD]，2019）。平台的跨部门可操作性对于将数字技术应用于可持续基础设施至关重要。

监管

目前，法律和监管支持缺位正在影响区块链技术的发展轨迹（Yeoh, 2017）。如果不与监管部门就几个问题进行协调，区块链应用案例就无法扩大到商用水平，例如：隐私、货币/价值传输、反洗钱和信息报告。例如，欧盟的《通用数据保护条例》（GDPR）对个人数据的存储和保存方式进行了严格限制。例如，区块链中不可更改地存储的个人数据可能与GDPR的“被遗忘权”发生冲突（Miliard, 2018）。

发展中国家的应用案例有限¹⁰

虽然环境专家越来越多地研究创新技术在应对环境挑战方面的潜力，但在发展中国家，区块链技术的应用案例仍然有限。众多公司、非营利组织，甚至公共部门都在测试区块链应用程序，以期克服发达国家遇到的可持续性挑战。为了加速和大规模地采用新兴技术以促进社会公益，必须在发展中国家的背景下审查区块链技术。从现有的早期应用案例中学习，可以帮助了解在全球南方使用这种技术会面临哪些挑战。例如，自2014年以来，加纳启动了几个计划，探索基于区块链的土地登记系统。加纳政府与IBM签署了一份谅解备忘录，以加快土地登记系统的开发。在格鲁吉亚这个转型经济体中，2018年有超过150万份土地所有权在其基于区块链的系统中登记（Eder, 2019）。通过比较这两个应用案例，Shang和Price（2019）提出，基于区块链的公共项目能否成功，关键取决于相关利益攸关方和学者对区块链技术的深入理解。在全球南方扩大应用案例的另一个重要方面是确保在区块链中使用足够体量的数据和交易。区块链技术本身并不能解决收

¹⁰ 全球南方包括小岛屿发展中国家（SIDS）、最不发达国家（LDC）、内陆发展中国家（LLDC）以及新兴和转型经济体。

集数据的难题，因为它的目的是管理信息、数据和价值（Schmidt和Sandner, 2017）。因此，必须确保有足够的合格数据可用于区块链，因为这在南方仍然是一个挑战。最后，大多数全球南方国家还存在着数字鸿沟（联合国，2017）¹¹，这可能会阻碍其数字经济中的创新。

能否克服上述现有挑战，是更大规模地应用区块链技术促进环境可持续性的关键所在。区块链技术仍在发展中，需要一些时间才能完全成熟。根据Gartner的炒作周期（图5），在2010年对区块链技术的期望值膨胀之后，随即滑入了幻灭的低谷，因为它并没有达到炒作的效果，并且大多数企业区块链项目都停留在实验模式（Gartner, 2019）。但Gartner的分析也表明，通过基于区块链的创新实验和项目的积累，区块链技术有可能会在2020年底前成为完全可扩展和技术上可操作的技术。此外，为了最大限度地发挥区块链的效益，物联网、人工智能和量子计算等技术还需要同步发展。除了技术进步之外，建立适当的监管也是利用其他新兴技术促进环境可持续发展的关键。至关重要，政策制定者要从应用案例和试点项目中学习，做好充分利用这些技术的准备。

政策影响

由于目前存在的挑战，区块链的颠覆性特点被忽视了。这些颠覆性的特点导致了一些应用程序的出现，这些应用程序展示和探索了如何使用技术来改善地球的环境和社会状况。然而，探索与区块链相

¹¹ 发达国家和发展中国家之间基于教育技能、互联网连接和语言障碍的数字差距。

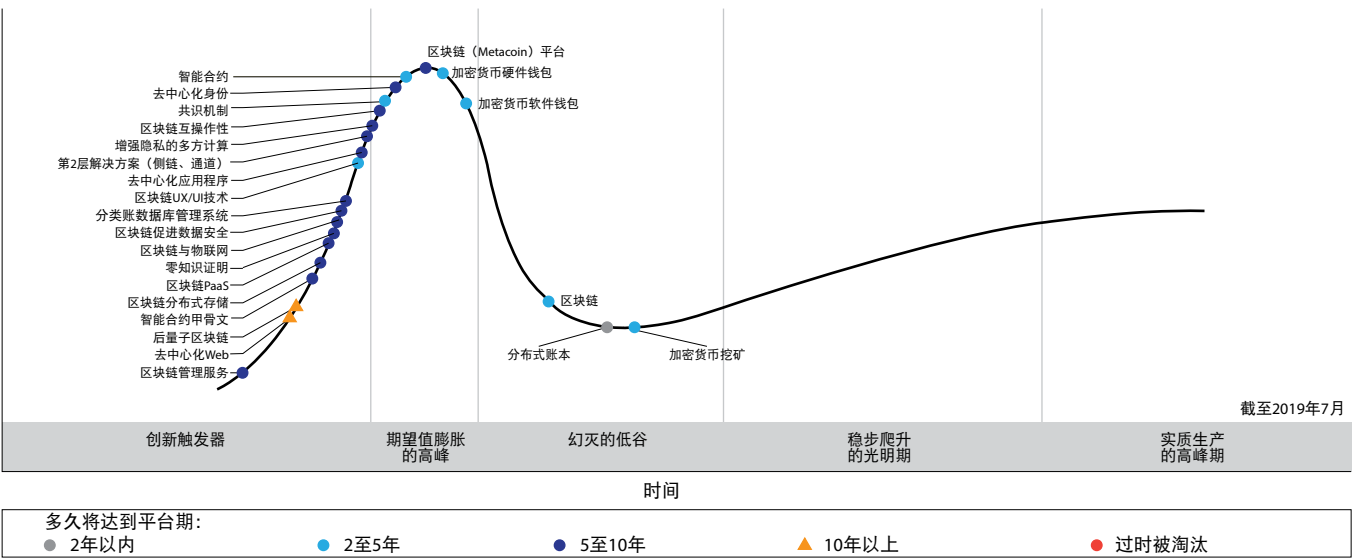


图5：区块链技术炒作周期

来源：by Gartner (2019)

关的意外后果也是当务之急，特别是通过各种前沿技术，帮助建立预测能力，以了解和解决即将到来的挑战。熟悉区块链技术和环境问题的专业人员短缺，这也阻碍了相关利益攸关方充分理解区块链技术在环境可持续发展方面的潜力。虽然区块链技术仍处于起步阶段，但重要的是要认识到它可以为改善地球状况创造机会。为了克服上述挑战，促进区块链技术的应用，以实现我们的环境目标，现提出以下倡议：

- **围绕自然环境开展全球范围的区块链技术对话。** 政策制定者、科学家和区块链开发者可以通过整合对区块链与其他新兴技术配合使用的先进而实用的理解，共同制定一个统一的愿景。这将有助于改善环境管理，如：供应链监测、能源传输、跟踪排放、碳交易，或帮助实现《2030年议程》和其他多边环境协定目标。通过这些对话，公共

和私营部门将帮助彼此分享区块链对环境可持续性管理的具体议题可能产生的积极和消极影响。这将最终帮助各国塑造一个有利的立法、监管和治理环境，进而创造有意义的、将大自然嵌入在内的区块链应用程序。评估试点实施的结果和分享经验教训也很重要。

- **建立一致的法律和监管框架。** 缺乏管辖区块链技术的法律框架、标准和法规，是扩大部署基于区块链的解决方案时面临的一个挑战。这给正在确保遵守现有数据安全和隐私法律的区块链社区造成了混乱。政策制定者需要考虑是否修改现有法律来促进使用去中心化模式。越来越多的政府正在研究区块链的风险和潜力，随后将对该技术进行立法和监管。私营部门已经开始探索将区块链用于促进环境可持续发展。为了支持基于区块链的商业模式的进一步发展，当务之急是评估和构建配套的政策、法规和法律。政策制定者和各领

域的区块链专家之间就具体问题加强联系，以便相互学习，这一点也很重要。为此，国际组织可以召集利益攸关方来支持制定政策框架，为创造有利环境、通过区块链进行创新提供便利。推动有关区块链治理以及区块链技术对社会和环境可能产生的影响的研究也很重要。

- **在受控环境中对创新技术进行现场测试。**各国都可以创造受控环境，或监管沙盒模式，以便在其中测试区块链和其他创新技术。这些监管沙盒可能有利于以快速和可扩展的方式部署新技术。可以利用这样的试点界面来探索研究成果是否可以应用于真实环境。这一尝试最终可能有助于增进利益攸关方对各种区块链的理解。一些国家的监管机构，如澳大利亚和新加坡，已经在通过建立监管沙盒以方便区块链项目的测试和试点，为区块链创新提供必要的动力（Cognizant, 2017）。
- **建立或改进国家创新中心、枢纽和加速器。**促成应用案例数量的增加，并投资于了解区块链、相关性以及其他新兴技术。这些创新中心可以帮助

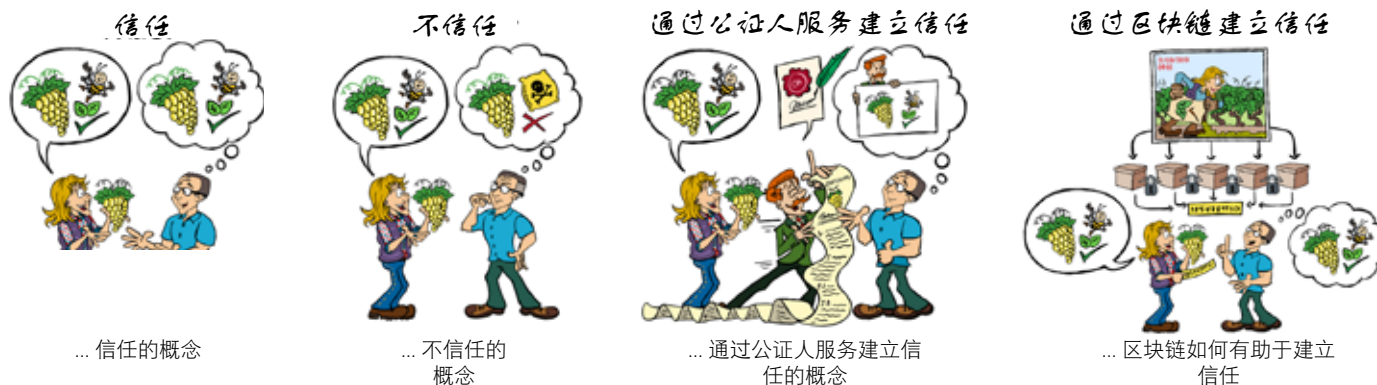
提高和改善当地从业者开发和运营当地项目的的能力，并将其纳入现有的区块链基础设施，同时确保基础设施之间的互操作性。可以通过以下方式实现这一目标：开发当地的原型或扩大经过验证的、有利于自然环境的区块链解决方案；探索和确定特定的区块链和共识机制，在确保减少能源消耗的同时提供可扩展性；与决策者、私营部门和当地社区一起，通过参与性进程促进政策改进，以帮助实现公平的结果。

结论

区块链配备了增强的保存记录、透明度、价值转移、代币化生态系统和降低成本等功能，显示了该技术应对全球环境挑战的潜力，有助于解决气候变化、能源、生物多样性保护、水安全、海洋可持续性和空气污染等问题。区块链技术还处于初级发展阶段，正在由企业、初创公司和各类组织合作实施，以解决各种环境和社会问题。此外，区块链技

术适用于扩大环保型区块链解决方案，因此可以帮助解决具体挑战。有一些系统性挑战限制了区块链技术的采用或整合。因此，需要进行更多的技术研究来探索和解决这些障碍，以有效地采纳和使用区块链。进行创新的政策干预、建立解决问题的法律和监管框架，以及政策制定者、科学家和区块链从业者之间进行知识共享，可能会带来诸多益处，为解决全球环境问题提供了机会。

一位农民和她的客户举例说明区块链技术的好处



© antoonsparis / Shutterstock.com

致谢

作者

主要作者: Toyo Kawabata (联合国环境规划署)、Minang Acharya (联合国环境规划署)

共同作者: Tsubasa Enomoto (联合国环境规划署)、Sai Aashirvad Konda (日内瓦高级国际关系及发展学院)。

审稿人

内部审稿人: Benjamin Simmons (绿色增长知识平台)、Sandor Frigyk、Angeline Djampou、Virginia Gitari、Samuel Opiyo (联合国环境规划署)

外部审稿人: Ana Cardoso (联合国环境规划署-丹麦技术大学伙伴关系)和Marco Christian Schletz (联合国环境规划署-丹麦技术大学伙伴关系)

联合国环境规划署前瞻研究简报小组: Alexandre Caldas, Sandor Frigyk, Audrey Ringler, Erick Litswa, Pascil Muchesia

联系方式

unep-foresight@un.org

免责声明

所采用的名称与呈现方式并非表明联合国环境规划署或合作机构关于任何国家、领土、城市或地域的法律地位或其权力的任何意见，亦非关于其边界划定的任何意见。

© 地图、照片和插图来源请参照说明。

参考文献

- Andoni, M., Robu, V., Flynn, D., Abram, S., Geach, D., Jenkins, D. et al. (2019). Blockchain technology in the energy sector: A systematic review of challenges and opportunities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 100, 143-174.
- Baraniuk, C. (2019). Bitcoin's energy consumption 'equals that of Switzerland'. *BBC News* 3 July.
- Brody, P.R. (2018). How blockchains will industrialize a renewable grid. In *Transforming Climate Finance and Green Investment with Blockchains*. Marke, A. (ed.). Elsevier. Chapter 6. 83-91.
- Busse, A., Eberhardt, J., Frost, S., Kim, D.-H., Weibier, T., Renner, L. et al. (2019). A Response to the United Nations CITES blockchain challenge: Incremental and integrative PoA-based permit exchange. *2019 IEEE International Conference on Blockchain and Cryptocurrency (ICBC)*. IEEE 320-328. https://depositonce.tu-berlin.de/bitstream/11303/9170/4/busse_et_al_2019.pdf.
- Carson, B., Romanelli, G., Walsh, P. and Zhumaev, A. (2018). Blockchain beyond the hype: What is the strategic business value? *McKinsey Digital*, 19 June. <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/blockchain-beyond-the-hype-what-is-the-strategic-business-value>.
- Climate-KIC (2018). *Distributed Ledger Technology for Climate Action Assessment*. <https://www.climate-kic.org/wp-content/uploads/2018/11/DLT-for-Climate-Action-Assessment-Nov-2018.pdf>.
- Cognizant (2017). *The Future of Blockchain in Asia-Pacific*. Digital Systems & Technology. China. <https://www.cognizant.com/whitepapers/the-future-of-blockchain-in-asia-pacific-codex3240.pdf>.
- Dong, X., Mok, R.C.K., Tabassum, D., Guigon, P., Ferreira, E., Sinha, C.S. et al. (2018). *Blockchain and Emerging Digital Technologies for Enhancing post-2020 Climate Markets*. Washington, D.C.: World Bank. <http://documents.worldbank.org/curated/en/942981521464296927/Blockchain-and-emerging-digital-technologies-for-enhancing-post-2020-climate-markets>.
- Eder, G. (2019). Digital transformation: Blockchain and land titles. *2019 OECD Global Anti-corruption & Integrity Forum*. Paris, OECD Conference Centre. https://www.oecd.org/corruption/integrity-forum/academic-papers/Georg%20Eder-%20Blockchain%20-%20Ghana_verified.pdf.
- European Union (2019). *Scalability, Interoperability and Sustainability of Blockchains*. https://www.eublockchainforum.eu/sites/default/files/reports/report_scalability_06_03_2019.pdf.
- Franke, L.A., Schletz, M. and Salomo, S. (2020). Designing a Blockchain Model for the Paris Agreement's Carbon Market Mechanism. *Sustainability* 12(3), 1068. <https://doi.org/10.3390/su12031068>.
- Gartner (2019). *Hype cycle for blockchain business*. <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2019-09-12-gartner-2019-hype-cycle-for-blockchain-business-shows>.
- Ge, L., Brewster, C., Spek, J., Smeenk, A., Top, J., van Diepen, F. et al. (2017). *Blockchain for Agriculture and Food: Findings from the Pilot Study*. Wageningen: Wageningen Economic Research. <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/426747>.
- Geiregat, S. (2018). Cryptocurrencies are (smart) contracts. *Computer law & security review* 34(5), 1144-1149. <https://doi.org/10.1016/j.clsr.2018.05.030>.
- Hedenborg, T. (2018). Transforming industry to meet the needs of a changing society. *Shaping Europe's digital future*, 2 February. <http://0-dx.doi.org.innopac.up.ac.za/> <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/blogposts/transforming-industry-meet-needs-changing-society-1>

- HSBC and Sustainable Digital Finance Alliance (2019). *Blockchain: Gateway for Sustainability Linked Bonds - Widening Access to Finance Block by Block*. Amsterdam: HSBC Centre of Sustainable Finance. <https://www.sustainablefinance.hsbc.com/-/media/gbm/reports/sustainable-financing/blockchain-gateway-for-sustainability-linked-bonds.pdf>.
- Jensen, D. and Campbell, J. (2019). The case for a digital ecosystem for the environment: Bringing together data, algorithms and insights for sustainable development. *The Fourth United Nations Environment Assembly (UNEA) of the United Nations Environment Programmes (UNEP)*. Nairobi, Kenya. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.10387.73764>.
- Le Sève, M.D., Mason, N. and Nassiry, D. (2018). *Delivering Blockchain's Potential for Environmental Sustainability*. London: ODI. <https://www.odi.org/sites/odi.org.uk/files/resource-documents/12439.pdf>.
- Meunier, S. (2018). Blockchain 101: What is blockchain and how does this revolutionary technology work? In *Transforming Climate Finance and Green Investment with Blockchains*. Marke, A. (ed.). Elsevier. Chapter 3. 23-34. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814447-3.00003-3>.
- Miliard, M. (2018). As blockchain proves its worth for healthcare, regulatory questions remain. *Healthcare IT News*, 11 December. <https://www.healthcareitnews.com/news/blockchain-proves-its-worth-healthcare-regulatory-questions-remain>.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (2019). Blockchain technologies as a digital enabler for sustainable infrastructure. *OECD Environment Policy Papers* 16. <https://doi.org/10.1787/Oec26947-en>.
- Power Ledger (2018). Project update: Fremantle Smart City Development, 15 February. <https://medium.com/power-ledger/project-update-fremantle-smart-city-development-b16ccce2eb8f>.
- Schletz, M., Nassiry, D. and Lee, M.-K. (2020). *Blockchain and Tokenized Securities: The Potential for Green Finance*. Asian Development Bank Institute. <http://hdl.handle.net/11540/11466>.
- Schmidt, K. and Sandner, P. (2017). *Solving Challenges in Developing Countries with Blockchain Technology*. Frankfurt School Blockchain Center. http://explore-ip.com/2017_Solving-Challenges-in-Developing-Countries-with-Blockchain-Technology.pdf.
- Shang, Q. and Price, A. (2019). A Blockchain-based land titling project in the Republic of Georgia: Rebuilding public trust and lessons for future pilot projects. *Innovations: Technology, Governance, Globalization* 12(3-4), 72-78. https://doi.org/10.1162/inov_a_00276.
- Szabo, N. (1997). Formalizing and securing relationships on public networks. *First Monday* 2(9). <https://doi.org/10.5210/fm.v2i9.548>.
- Tapscott, D. and Tapscott, A. (2016). The impact of the blockchain goes beyond financial services. *Harvard Business Review* 10(7).
- United Nations (2017). *United Nations E-Government Survey 2016: E-Government in Support of Sustainable Development*. New York. <https://doi.org/10.18356/d719b252-en>.
- World Wide Fund for Nature (2018). How blockchain & a smartphone can stamp out illegal fishing and slavery in the tuna industry. <https://www.wwf.org.au/news/news/2018/how-blockchain-and-a-smartphone-can-stamp-out-illegal-fishing-and-slavery-in-the-tuna-industry#gs.a0z56y>.
- Yeoh, P. (2017). Regulatory issues in blockchain technology. *Journal of Financial Regulation and Compliance* 25(2), 196-208. <https://doi.org/10.1108/JFRC-08-2016-0068>.



如要在线阅读本期和往期联合国环境规划署《前瞻研究简报》和下载简报，请访问

<https://wesr.unep.org/foresight>