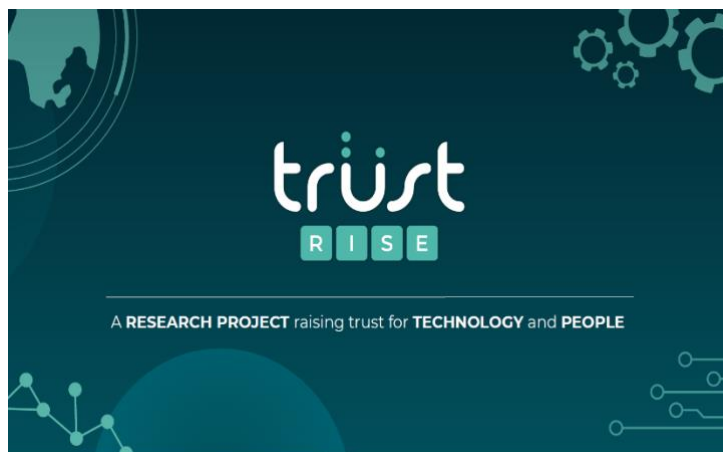




## TRUST - 欧洲的数字化转型：通过技术强化关系型信任

作者：Alessia Arteconi, KU Leuven

## 区块链技术在能源领域的应用

政策简报



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 Research and Innovation Programme under grant agreement n. 101007820.  
This document reflects only the author's view. The Research Executive Agency is not responsible for any use that may be made of the information it contains

## 区块链技术在能源领域的应用

气候变化意识与化石燃料有限性的认知推动着能源格局向可持续转型，这在欧洲催生了重大政策变革。电气化作为脱碳的关键战略，正引领能源系统向分散式供电转型——可再生能源（RES）、储能系统与电动汽车的普及既带来机遇也带来挑战。通过促进点对点（P2P）能源交易并实施分散式灵活需求管理策略，这些本地化系统能实现更优的能源配置，并更高效地整合分布式资源。P2P 交易使用户得以按竞争性价格交易本地生产的能源，最大限度减少输电损耗并优化电网利用率。在此类 P2P 能源交换环境中，数据管理系统至关重要。区块链技术（BCT）凭借其分布式账本技术（DLT）特性，为保障能源交易数据的安全性、透明度和不可篡改性提供了强健解决方案。通过智能合约实现的 BCT 技术，可自动化协调 P2P 能源交易，促进分布式能源资源（DERs）的去中心化管理，并解锁交易型能源系统。这种去中心化特性支持能源灵活性，增强多方协调能力，并实现灵活能源市场的可扩展参与。

### ■ 微电网中的 P2P 能源交易与需求侧管理

成功实施 P2P 能源交易和去中心化灵活能源管理，需要先进的工具来确保利益相关方（即终端用户到系统运营商）的参与，并在多个市场层面（即远期市场到实时市场）实现安全交互。因此，BCT 凭借其去中心化与不可篡改的账本特性，提供了极具前景的解决方案。  
通过实现透明安全的 P2P 能源交易，区块链增强了参与者间的信任，同时提供了强大的数据管理能力。  
通过加密签名与分布式数据机制，BCT 消除了中央权威机构或中介环节，有效防止数据篡改并保障完整性。交易记录不可篡改且透明公开，用户身份通过公共钱包地址实现匿名保护。

### ■ 分布式账本技术：微电网中用于可靠数据管理的区块链

区块链为微电网运营提供了认证框架。当其作为 P2P 通信工具（通过智能合约）自动执行优化能源管理策略时，可确保系统经济、灵活且安全地运行。然而，微电网内部的能源交换活动与灵活性服务会产生大量来自分布式能源资源（DERs）和自动化系统的数据，可能导致数据拥堵和高交易成本，这对 BCT 的大规模应用构成挑战。可扩展性与性能问题（如验证延迟和交易吞吐量）进一步加剧了这些挑战。这些限制可能损害安全性和去中心化特性——这两者对实现微电网中的 P2P 交互至关重要。因此，将 BCT 集成到微电网的实践需面

对“区块链三难困境” (即“可扩展性、安全性和去中心化”三者间的平衡问题), 当前技术仅能同时实现其中两个关键属性。

### ■ 基于区块链的微电网市场结构

要成功整合多种分布式能源资源 (DERs), 关键在于明确市场结构和微电网边界以规范点 P2P 交易及灵活性服务。这需要理解参与主体的组织模式, 并借助区块链技术实现最适宜的市场机制与需求侧管理策略。图 1 概述了 BCT 在不断演进的能源格局中应用于 P2P 能源交易的整体框架, 重点展示了不同实施层级, 本文后续将对此展开深入探讨。

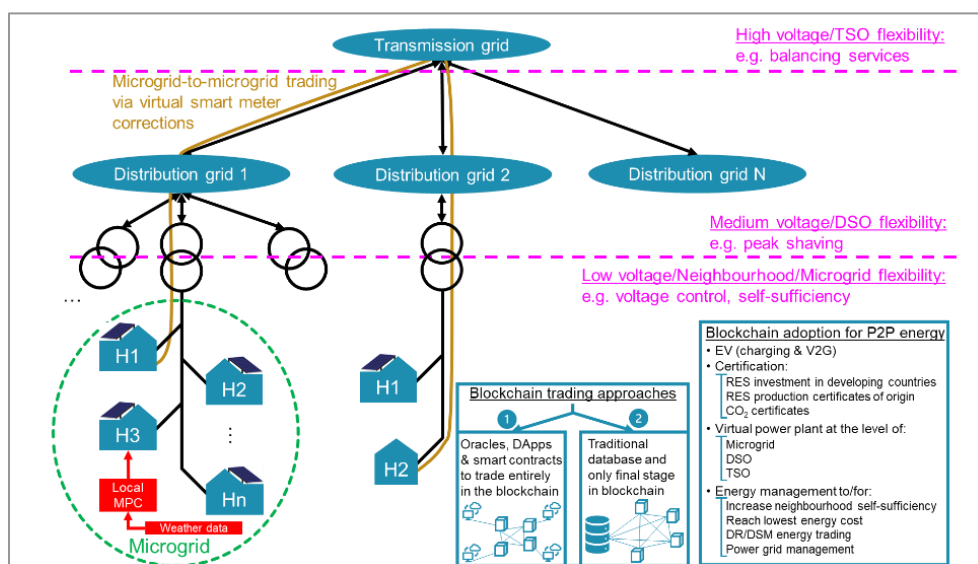


图 1 区块链技术在 P2P 能源交易中的应用概述

### ■ 基于区块链的微电网：主要挑战

图 2 概述了当前的研究现状。图中使用绿色突出显示成熟的研究领域, 红色标注知识匮乏或空白的研究方向, 黄色则表示正在进行研究的领域—这些领域需要进一步探索才能得出明确结论。当前研究现状存在一个显著空白, 即尚未详细阐述 BCT 技术在点对点能源交易中的实际应用机制。

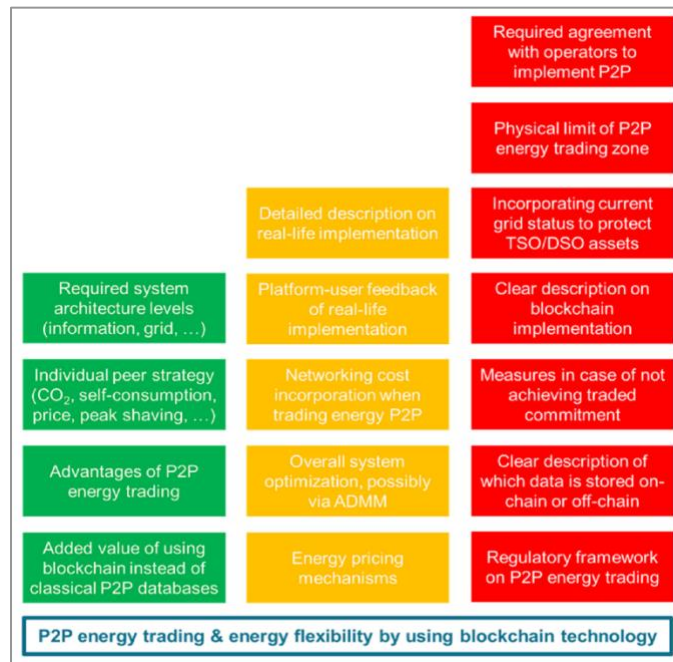


图 2 在定义基于区块链技术的灵活 P2P 微电网方面取得进展

目前，在欧洲竞争法的法律框架内，尚无立法举措专门应对区块链技术可能带来的挑战。迄今为止，该技术尚未形成足以支撑详细监管干预的充分判例法体系。因此，在不久的将来，需要在此方向上采取进一步行动。

本文本所含数据及图表源自以下科学论文: Evens, M.; Ercoli, P.; Arteconi, A. *Blockchain-Enabled Microgrids: Toward Peer-to-Peer Energy Trading and Flexible Demand Management*. 2023, doi:10.3390/en16186741.

## 关于 TRUST 项目

TRUST项目推动一项跨学科研究计划，汇聚学术与非学术机构力量，旨在探究信任在数字技术实施中的作用，并提出切实可行的发展路径。

基于“欧洲社会的数字化转型唯有在可信赖的技术环境中才能实现”的假设，本项目剖析信任与数字技术间的相互影响，旨在提升人际互动、人企互动及人政互动中的关系依赖性。

重点关注区块链技术（BCT）作为分布式账本技术（DLT）的核心形态。BCT被视为信任构建引擎，因其能创造新型关系依赖。该技术将信任议题推向全新维度，本项目将遵循欧盟委员会《塑造欧洲数字未来》通讯（COM(2020)67final）倡议的核心行动展开探索——该文件强调信任与社会数字化转型相辅相成。

本研究计划围绕核心议题展开，包括：构建适宜的监管框架以实现区块链技术在信任型社会的有效融合；向公平竞争的点对点经济转型；区块链在人工智能领域的应用以保障安全与信任；开发智能协作治理的新模式。

该联盟汇聚了来自欧盟国家、以色列和中国的多领域专家（涵盖法律、经济、工程等专业背景）。通过研究数字技术如何塑造可信赖的欧洲环境——使公民在行动与互动中获得赋权，同时促进经济增长——联盟将依托互补的研究视角、创新培训机制及跨国跨领域合作，推动成员职业发展。

## TRUST 项目合作伙伴



## TRUST 项目网站链接