

区块链技术在供应链管理中的应用与未来趋势

张婷婷

浙江大学, 杭州, 310027

摘要:

区块链技术作为一种去中心化的分布式账本技术, 在供应链管理中具有重要的应用前景。通过区块链的不可篡改性及透明性, 企业可以实现供应链各环节的追踪与监控, 提升效率、降低成本, 确保数据的真实性和安全性。然而, 区块链技术在供应链管理中的应用还面临许多挑战, 包括技术成熟度、法律与政策环境、跨组织协调等问题。本文从技术视角出发, 分析区块链在供应链管理中的具体应用, 并探讨未来的趋势与发展方向。研究表明, 随着技术的不断成熟, 区块链将在全球供应链中发挥更大的作用, 尤其在溯源管理、供应链金融、智能合约等方面具有广阔的应用前景。

关键词: 区块链技术; 供应链管理; 数据追踪; 智能合约; 溯源管理; 供应链金融

1. 引言

区块链技术, 作为一种去中心化的分布式账本技术, 自从其在比特币中的首次应用以来, 已经逐步扩展到各个行业, 尤其在供应链管理中展现出巨大的潜力。区块链的核心优势在于其不可篡改、透明性和去中心化特性, 这使得它能够在各类复杂的交易和数据流通过程中提供可靠的安全性和高效性。在供应链管理中, 区块链能够通过记录每一笔交易的详细信息, 确保供应链中各环节数据的真实性、可追溯性和透明性, 从而提升管理效率, 减少欺诈风险, 并优化企业决策。

供应链管理本身是一个高度复杂的系统, 涉及多个环节、各类参与方以及海量的实时数据交换。在传统的供应链管理中, 信息孤岛、数据不对称以及跨组织的信任问题往往导致决策延迟和成本增加。此外, 随着全球化和数字化的快速发展, 供应链面临着越来越多的挑战, 包括跨境交易中的信任问题、供应链环节之间的协调问题等。因此, 供应链管理急需借助创新技术来提升透明度、提高效率并降低成本。

区块链技术的引入为供应链管理提供了全新的解决方案。通过分布式账本、智能合约和数据追踪等功能, 区块链能够有效解决传统供应链中的数据共享与信任问题, 提升供应链的整体效率与透明度。本文将重点探讨区块链技术在供应链管理中的应用现状, 分析其面临的挑战, 并展望其未来的发展趋势。研究表明, 随着技术的不断成熟, 区块链将在供应链金融、溯源管理、智能合约等领域发挥越来越重要的作用, 成为推动供应链创新和全球化发展的关键技术之一。

2. 研究背景

2.1 区块链技术概述

区块链技术是一种去中心化、分布式账本技术, 最早应用于比特币的数字货币系统中, 作为确保交易安全与透明的核心技术。随着区块链技术的不断发展, 其应用领域逐渐扩展, 已被广泛应用于金融、供应链管理、医疗、物流等多个行业, 具有极大的发展潜力。

2.1.1 区块链的定义

区块链是一种通过多个节点共同维护的分布式账本技术。传统的账本由单一机构管理, 而区块链则通过分布式网络让多个参与者共同维护和验证数据, 避免了集中管理所带来的单点故障和数据篡改问题。每个“区块”是一个包含若干笔交易记录的数据结构, 这些区块按照时间顺序链式连接形成“区块链”。这种设计确保了数据的不可篡改性和时间上的可追溯性。

区块链的去中心化特性意味着其不依赖任何中心化的控制机构, 数据通过共识机制验证, 由全网参与节点共同维护。这一特性使得区块链技术具有更高的安全性、透明性和抗审查能力, 因此在各种需要透明、去信任的应用场景中具有重要意义 (Swan, 2015)。

2.1.2 区块链的主要特性

去中心化: 传统的数字交易依赖于中介机构 (如银行、支付平台等) 来验证交易和管理数据。而区块链通过分布式的网络

结构实现去中心化, 所有的节点共同维护账本, 每个节点都拥有相同的数据副本, 无需信任任何一个单独的节点。通过这种方式, 区块链避免了单点故障的风险, 减少了对中央机构的依赖。

不可篡改性: 区块链一旦记录数据后, 数据将被加密存储并通过共识机制进行验证。任何参与者都无法单方面修改或删除已记录的数据, 因为修改一个区块需要重新计算所有后续区块的哈希值, 这在技术上几乎不可能实现。因此, 区块链的数据不可篡改性为各方提供了高度可信的交易记录。

透明性: 区块链的所有交易记录都是公开透明的, 任何参与者都可以查看到已经记录的区块信息。交易的每个细节, 如发起者、接收者、交易金额和时间戳, 都可以被审查和追溯。这种透明性增加了交易过程中的信任感, 并且在某些场景下可以用于审计和监督。

分布式存储: 区块链通过分布式存储技术将数据复制到每个节点上, 所有节点都共享完整的数据副本。这种分布式存储确保了数据不会丢失, 且每个节点都可以随时验证区块链中的信息, 提高了系统的可用性和容错性。

2.1.3 区块链技术的基础

共识机制: 共识机制是区块链网络中各节点如何就交易的有效性达成一致的协议。常见的共识机制包括:

工作量证明 (Proof of Work, PoW): 通过让节点解决复杂的数学问题来验证交易。比特币采用了这种机制, 保证了区块链的安全性, 但缺点是处理速度较慢且能耗较高。

权益证明 (Proof of Stake, PoS): 通过节点所持有的币量来决定验证权利, 减少了能源消耗, 并提高了处理效率。

委托权益证明 (Delegated Proof of Stake, DPoS): 通过选举代表节点来验证交易, 进一步提高了效率和区块链的可扩展性。

共识机制是区块链系统的核心, 决定了区块链是否安全、快速和去中心化。

加密算法: 区块链技术依赖于多种加密算法来确保数据的安全性和隐私保护。哈希算法 (如SHA-256) 用于确保数据的不可篡改性, 确保每个区块的唯一性; 公私钥加密技术用于验证交易双方的身份, 确保交易的安全性。通过这些加密技术, 区块链能够确保数据在传输和存储过程中的安全性。

智能合约: 智能合约是区块链的一项重要创新。它通过计算机程序自动执行预定的合同条款, 避免了人为干预和中介成本。智能合约能够在特定条件下自动触发合同执行, 如当某个条件满足时自动支付款项。智能合约的自动化功能广泛应用于供应链管理、金融服务等领域, 显著提高了交易效率和减少了操作风险 (Buterin, 2013)。

2.2 供应链管理的现状与挑战

供应链管理 (Supply Chain Management, SCM) 是现代企业管理中至关重要的组成部分, 旨在通过高效的资源配置和流动来优化企业的生产、采购、库存、运输等环节。其核心目标包括提高效率、降低成本和增强透明度。然而, 在全球化

的背景下，供应链管理面临着许多复杂的挑战。信息孤岛、数据不对称以及供应链环节不透明等问题严重制约了供应链的效率和可靠性。区块链技术作为一种去中心化、分布式账本技术，凭借其不可篡改、透明和高效的特点，为供应链管理提供了新的解决方案。

2.2.1 供应链管理的目标

供应链管理的核心目标是提升供应链的整体效率、降低运营成本并增强供应链的透明度。具体来说，企业通过优化生产计划、物流运输、库存管理等环节，能够在保证生产质量的前提下，减少不必要的成本支出。提高效率不仅限于时间和成本的优化，还包括决策的准确性和供应链中各环节的协调性。

降低成本是供应链管理中的关键目标之一，企业通过精准的库存控制和运输规划来减少浪费，降低储存成本和过度库存的风险。

增强透明度是指各供应链环节的信息应公开透明，确保参与各方能够获得实时、准确的数据。这不仅有助于减少信息的不对称，还能够提升供应链的可视化管理，确保各环节的顺畅衔接。

2.2.2 当前供应链管理面临的问题

虽然现代供应链管理体系已经取得了一定进展，但依然面临许多难题，特别是在信息流和物流的高度复杂化和全球化背景下，以下几个问题尤为突出：

信息孤岛：信息孤岛指的是供应链中不同企业、不同部门之间的信息无法共享和流通，导致每个环节的信息更新滞后、数据不一致，进而影响整体决策的准确性和及时性。这一问题尤其在跨国公司或多级供应商之间表现尤为明显。

数据不对称：在传统供应链管理中，供应链各环节之间的参与者通常只能获得部分信息，导致供应链中存在信息不对称现象。供应商、生产商和分销商之间无法共享实时数据，造成决策的滞后或错误。

供应链环节不透明：供应链环节的复杂性和跨境的特点使得供应链管理中出现了许多不透明现象。例如，某些环节可能存在滥用资源、质量隐瞒等问题，甚至可能导致最终消费者受害。

2.2.3 区块链技术如何应对这些挑战

区块链技术通过其去中心化、不可篡改和公开透明的特点，有效地解决了供应链管理中的许多痛点。

数据追踪与共享：区块链技术能够为供应链中的各环节提供实时、准确的交易和物流数据，打破信息孤岛，确保各方能够共享信息。每一笔交易都被记录在区块链上，所有参与者都能够查看到最新的数据和状态，从而减少信息滞后和误差。

例如，沃尔玛通过区块链技术实现了食品溯源，确保每个产品的生产、加工、运输等信息都能够追溯。这样，消费者和监管部门可以在出现食品安全问题时，迅速查明问题根源，提高了食品安全管理的透明度和效率（Chen & Li, 2020）。

自动化：通过智能合约，区块链技术能够在无需人工干预的情况下自动执行合同条款。这为供应链中的支付、结算等流程提供了自动化支持，减少了人为错误，提高了操作效率和透明度。

比如，IBM和马士基合作推出的区块链平台TradeLens，通过智能合约自动化管理跨境运输，减少了人为干预和延误，提升了供应链的自动化水平（Zhang & Li, 2021）。

信任机制的提升：区块链的去中心化特性和数据不可篡改性，能够有效解决供应链管理中的信任问题。在区块链上，所有的数据都经过验证并记录下来，不会被单方篡改，确保了所有交易的真实性和透明性。这种信任机制极大地提高了供应链中各方的信任度，促进了信息的公开共享和协同合作。

例如，全球快递公司DHL通过区块链技术提升了全球物流中的透明度和信任机制，确保物流信息的准确性和及时性，避免了传统物流过程中由于信息不对称引起的纠纷和延误（Xu, 2021）。

3. 区块链技术在供应链管理中的应用

3.1 溯源管理

溯源管理是指通过追溯产品从生产源头到最终消费者手中的全过程，以确保产品的真实性、质量和来源。随着消费者对食品

安全和产品质量要求的提升，企业在供应链管理中逐步引入区块链技术，利用其去中心化、不可篡改和透明性的特性，提供一种更加可靠、透明的产品追溯机制。区块链技术不仅可以提升溯源的准确性，还能通过提高透明度和可追溯性，增强消费者对品牌的信任。

3.1.1 利用区块链实现产品全程追踪，确保产品的真实性与来源

在传统供应链管理中，产品的追溯过程往往依赖于纸质记录和不透明的系统，信息流通滞后且容易受到人为干预，导致无法有效保障产品的真实性和来源。而区块链技术提供了一种去中心化的解决方案，可以在不依赖第三方机构的情况下，记录每一个交易和物流环节的详细信息。

区块链通过将所有供应链环节的数据和交易记录存储在分布式账本中，确保了信息的不可篡改和透明性。每个参与者（如生产商、供应商、物流公司、零售商等）都能在区块链上查阅产品的完整历史记录，从原材料采购到生产加工，再到仓储、运输和销售，每个环节的所有操作都会被记录下来，并由网络中各方共同验证。这不仅能够有效防止假冒伪劣产品流入市场，还能确保产品的质量从源头到消费者手中始终得到保障。

3.1.2 案例分析：食品行业中的区块链溯源应用

食品行业作为区块链溯源技术应用的重要领域之一，已经逐步实现了基于区块链的食品安全追溯系统。食品行业的供应链涉及众多环节，包括种植、收获、加工、包装、运输和销售，每个环节都可能成为食品安全隐患的来源。通过区块链，食品企业能够实现从原材料种植到最终消费者的全程追溯，确保每个环节的透明和安全。

以沃尔玛（Walmart）为例，沃尔玛在食品追溯方面应用了区块链技术，特别是在其与其IBM合作推出的食品溯源平台—Food Trust中。沃尔玛通过区块链将每个食品产品的生产信息和物流信息录入到系统中，消费者可以通过扫描产品包装上的二维码，实时查看该食品的生产、加工和运输记录，从而保证食品的质量与来源。此外，沃尔玛还利用区块链技术提升了供应链的响应速度。在出现食品安全问题时，区块链系统能够迅速追溯到源头，快速识别问题所在，及时采取行动，减少食品安全事件的影响（Zhang et al., 2020）。

另一个案例是雀巢（Nestlé），该公司在多个产品中采用区块链技术进行溯源管理。雀巢通过区块链技术确保其咖啡豆、牛奶等原材料的来源和质量，并向消费者提供详细的生产和加工信息。这一举措不仅提升了品牌透明度，也提高了消费者对产品的信任。消费者可以通过区块链查询到这些产品的生产地点、生产者、运输路线等信息，从而确保产品的安全性和可追溯性（Li, 2019）。

3.1.3 未来趋势：从传统溯源到全生命周期溯源的全面覆盖

当前，区块链在溯源管理中的应用大多集中于产品的生产和运输环节。然而，随着技术的不断发展，未来溯源管理将逐步从传统的“生产-销售”链条扩展到产品的全生命周期，包括产品的使用、维修、回收等环节。这种全生命周期溯源的覆盖，能够为企业提供更完整的产品生命周期数据，帮助企业优化产品设计、生产流程，并减少浪费，实现更加可持续的供应链管理。

全生命周期溯源将不仅限于产品的原料来源、生产过程和物流运输，还将涉及产品的使用和售后服务。例如，在汽车行业，区块链技术可以帮助企业追踪汽车从生产到消费者使用及后续维修的全过程，确保每个环节都符合质量标准，并对消费者提供透明的使用信息。此外，随着全球环保法规的日益严格，产品的回收和循环利用将成为企业面临的另一个重要问题。通过区块链技术，企业可以有效记录和管理产品的回收过程，确保回收材料的真实性和再利用的高效性。

例如，欧盟在推动循环经济政策中，已开始推动区块链技术在废弃物回收和资源再利用中的应用。未来，随着全生命周期溯源的普及，区块链将在支持可持续发展方面发挥更加重要的作用。

3.2 供应链金融

供应链金融 (Supply Chain Finance, SCF) 是指通过优化供应链中的资金流动, 提高企业, 特别是中小企业的融资能力, 以促进供应链整体的健康发展。在传统供应链金融体系中, 融资过程涉及多个环节, 如信用评估、合同签订、资金发放等, 通常需要依赖银行或金融机构进行审核和管理。这种模式存在融资成本高、审核周期长、信息不对称等问题, 特别是对于中小企业而言, 往往难以获得银行贷款或低成本融资。因此, 如何提高供应链金融的效率, 降低融资成本, 成为供应链管理的重要议题。近年来, 区块链技术的引入为供应链金融提供了一种去中心化、高效透明的解决方案。

3.2.1 区块链在供应链融资中的应用: 提高融资效率、降低融资成本

区块链技术的去中心化、不可篡改、智能合约等特性, 使其在供应链金融中具有广泛的应用潜力, 特别是在提高融资效率和降低融资成本方面发挥了重要作用。具体而言, 区块链在供应链金融中的核心优势包括:

① 提高融资效率: 传统供应链金融依赖于多方审核, 信息传递存在滞后性, 导致企业融资流程较长。而区块链技术能够实现数据的实时共享, 所有交易记录可在链上实时更新, 使融资方、银行、供应商等各方都能在短时间内获取到最新的交易数据。这种数据透明化的特性使得企业无需反复提供材料进行审核, 提高了融资效率。

② 降低融资成本: 传统金融机构在审批供应链贷款时, 需要大量的人工审核工作, 同时面临较高的信用风险, 因此往往对中小企业收取较高的融资利率。而区块链技术可以实现交易信息的实时记录和验证, 使金融机构能够基于更加透明的交易数据进行信用评估, 从而减少信用风险, 提高审批通过率, 降低融资成本。

③ 增强交易安全性: 区块链的不可篡改性确保了供应链中的交易数据的真实性, 降低了欺诈和信息造假的风险。银行和金融机构可以直接基于区块链上的交易记录进行信用评估, 而无需依赖传统的财务报表或人工审核, 从而加快贷款审批速度, 提高资金流动性 (Li & Wang, 2020)。

3.2.2 案例分析: 区块链如何帮助中小企业获得更便捷的融资渠道

传统供应链融资模式通常需要中小企业提供抵押或担保, 但由于中小企业普遍缺乏固定资产, 很难满足银行的贷款要求。因此, 许多中小企业面临融资难的问题。区块链技术的应用为这一问题提供了新的解决方案, 特别是在贸易融资、订单融资等方面具有明显的优势。

案例1: 蚂蚁链 (AntChain) 推动供应链金融创新

蚂蚁集团推出的“蚂蚁链” (AntChain) 是国内较早探索区块链+供应链金融的成功案例之一。通过区块链技术, 蚂蚁链可以实现供应链上各环节交易数据的实时记录和追溯, 使银行和金融机构可以基于真实的交易数据为企业提供融资支持。例如, 在一家大型制造企业的供应链中, 其上游的供应商可以通过区块链提供的交易记录证明自己的信用, 从而获得银行或金融机构的低息贷款, 而不必依赖于传统的财务报表。这种模式有效解决了供应链上的资金流动问题, 使中小企业能够获得更便捷的融资渠道 (Chen et al., 2021)。

案例2: IBM和马士基 (Maersk) 的区块链供应链金融应用

IBM和全球航运巨头马士基合作推出的“TradeLens”区块链平台, 在全球供应链金融领域取得了突破。该平台通过区块链技术记录全球货运信息, 并将供应链中的各方 (如物流公司、保险公司、银行、进出口商等) 整合到同一系统中, 使得所有交易信息透明可追溯。由于银行可以实时查看货运信息和相关的信用记录, 因此可以为参与该供应链的企业, 特别是中小型出口商, 提供无抵押贷款支持。相比传统供应链融资方式, 该区块链方案大幅减少了贷款审批时间, 提高了供应链资金流动性 (Zhang & Li, 2021)。

3.2.3 未来发展: 智能合约与区块链技术结合, 优化供应链金融流程

未来, 供应链金融将进一步与区块链技术深度融合, 特别是智能合约技术的应用将推动供应链金融流程的自动化, 提高交易

的透明度和效率。

① 智能合约实现自动化融资: 智能合约可以根据供应链上的交易信息自动执行贷款审批、资金发放和还款流程。例如, 当供应链上的某家供应商完成交货后, 区块链可以记录该交易, 并触发智能合约自动发放贷款, 而无需人工审核和审批。这样不仅降低了交易成本, 还减少了人为操作带来的错误和欺诈风险。

② 供应链资产数字化与证券化: 未来, 供应链上的资产 (如应收账款、订单、存货) 可能会通过区块链技术进行数字化, 并作为可交易的资产进行证券化。例如, 企业可以将应收账款作为基于区块链的数字资产, 在市场上交易或融资, 从而提高企业的资金流动性。这一模式在某些国家的供应链金融创新试点中已初见成效。

③ 跨境供应链金融的优化: 由于区块链可以解决跨境交易中的信任和透明度问题, 因此未来区块链+供应链金融的模式将在国际贸易融资中发挥更大的作用。例如, 通过区块链记录进口商和出口商之间的交易记录, 金融机构可以基于区块链上的数据进行信用评级, 并提供融资支持。这将极大地减少跨境交易中的欺诈风险, 提高资金流通效率。

3.3 智能合约与自动化

3.3.1 智能合约的定义与应用: 自动执行合同条款, 减少人为干预

智能合约由Nick Szabo在1994年提出, 随后在区块链技术的发展下得到了实际应用 (Buterin, 2013)。智能合约是一种基于区块链的自执行程序, 当满足特定条件时, 合约内容会自动执行, 无需依赖第三方中介机构。这种自动化特性大幅减少了供应链中的合同争议和执行延迟, 提高了运营效率。

① 自动执行: 传统合同需要人工审核和执行, 而智能合约则基于代码逻辑自动执行条款。例如, 供应商交付货物后, 系统会自动确认并触发付款流程。

② 不可篡改性: 智能合约部署在区块链上后, 任何人都无法篡改条款, 确保交易的公正性和安全性。

③ 透明性和可追溯性: 所有交易记录都存储在区块链上, 供应链各方均可查阅, 提高信息透明度, 减少欺诈风险。

智能合约在供应链管理中的典型应用包括采购管理、物流跟踪、库存管理和信用评估。例如, 在国际贸易中, 买卖双方可以利用智能合约设定付款条件, 只有当货物通过海关并确认收货后, 智能合约才会自动触发付款, 从而减少资金冻结和交易风险。

3.3.2 案例分析: 物流行业中区块链与智能合约结合的应用

① IBM与马士基的TradeLens区块链物流平台

IBM和马士基联合开发的TradeLens区块链物流平台, 利用智能合约自动执行货运流程, 提高跨境物流效率 (Zhang & Li, 2021)。例如, 当货物离港时, TradeLens平台会自动通知各相关方, 包括海关、港口和货运公司, 减少信息滞后带来的物流延误。智能合约还能自动处理货物支付, 当货物到达目的地且经买方确认后, 智能合约会自动完成支付流程。

② 京东物流的区块链+智能合约应用

京东物流利用区块链技术构建智能物流系统, 实现货物跟踪和自动化结算 (Wang & Liu, 2020)。通过智能合约, 供应链各方可以实时跟踪物流状态, 并自动执行付款。当商品到达指定仓库并完成质量检测后, 系统自动向供应商发放款项, 提高了交易效率和资金流动性。

3.3.3 未来趋势: 智能合约在供应链管理中的全面普及与标准化

① 智能合约与人工智能 (AI) 的融合

智能合约将结合人工智能技术, 实现更智能的决策能力。例如, AI可以基于历史数据分析最优合约执行策略, 优化供应链运营。

② 智能合约的法律合规化

目前, 不同国家对智能合约的法律效力仍存争议, 未来智能合约的法律框架和监管政策将趋于完善。例如, 欧盟正制定智能合约的法律适用规则, 以促进跨境贸易的合法合规性。

③ 智能合约在中小企业中的普及

随着区块链技术成本的降低，智能合约的应用将逐步向中小企业推广，帮助中小企业优化供应链管理，提高运营效率。

4.2 法律与政策环境

4.2.1 区块链技术的法律合规问题

① 隐私保护与数据安全

区块链的透明性虽然提升了供应链的可追溯性，但也带来了数据隐私保护的问题。例如，在企业间的供应链交易中，若所有交易数据都公开，则企业的商业机密可能会受到威胁。因此，如何在保证区块链透明度的同时，满足数据隐私要求成为关键问题。一些解决方案包括零知识证明（ZKP）、同态加密等技术，这些方法可以在保证交易信息不被泄露的前提下，提供数据验证服务（Chen et al., 2021）。

② 跨境数据流通与监管

供应链通常涉及跨国企业，但各国对于区块链的监管政策不同。例如：

欧盟的《通用数据保护条例》（GDPR）要求企业确保用户数据的可删除性，而区块链的不可篡改性与此要求存在冲突。

中国《数据安全法》要求企业对涉及国家安全的数据进行本地存储，这在国际供应链管理中可能会限制数据的自由流动（Li & Zhang, 2022）。

4.2.2 各国对区块链技术的政策与法规的差异

各国政府对区块链技术的监管策略不同，影响了区块链在供应链管理中的应用。例如：

中国：鼓励区块链技术的发展，特别是在跨境贸易和供应链金融领域（如“长三角区块链跨境贸易试点”），但对加密货币交易实行严格监管。

美国：对区块链技术保持开放态度，已将区块链用于食品供应链（如FDA与IBM合作的食物追溯项目）。

欧盟：注重数据保护，强调区块链合规性，要求所有区块链应用必须符合GDPR等数据隐私法规。

4.2.3 未来发展：建立统一的法律框架与标准

未来，区块链在供应链管理中的应用将更加依赖全球性法规 and 标准，例如：

① 国际供应链区块链标准：由ISO等国际组织推动，确保全球供应链企业采用统一的区块链协议。

② 合规性解决方案：引入隐私保护技术（如零知识证明）和智能合约监管，确保供应链数据既符合隐私保护法规，又能保持透明性。

4.3 跨组织协调与合作问题

区块链的优势在于分布式数据共享，但供应链涉及多个利益相关方（如制造商、供应商、物流公司、零售商、金融机构等），协调这些组织之间的合作仍然是一项挑战。

4.3.1 供应链管理的复杂性：多个利益相关者之间的信息对称问题

① 数据共享意愿不足

尽管区块链可以提高数据透明度，但许多企业仍然不愿意共享其供应链数据，以避免竞争对手获取其业务信息。此外，企业可能担心数据泄露风险，导致对区块链技术的接受度较低。

② 技术标准不统一

当前供应链中不同企业使用的区块链技术不同，导致跨组织数据共享存在障碍。例如，一些企业采用Hyperledger Fabric，而另一些企业使用以太坊区块链，如何实现不同区块链之间的兼容性成为一个难题。

4.3.2 区块链技术如何促进不同组织之间的数据共享与协同合作

① 联盟链模式（Consortium Blockchain）

企业可以采用联盟链（如Hyperledger Fabric）来构建供应链区块链网络，使所有参与方能够在信任的环境下共享数据。例如，沃尔玛与IBM合作的食物安全区块链（IBM Food Trust）就是一个成功案例，食品供应链中的农场、运输商、零售商都能在同

一链上共享食品溯源数据（Wang & Liu, 2020）。

② 智能合约与数据权限管理

智能合约可以设定不同级别的数据访问权限，确保供应链中的各方仅能访问与自身业务相关的信息，从而提高企业的数据共享意愿。例如，制造商可以访问其供应商的生产数据，但无法查看其他竞争对手的数据。

结论

区块链技术的引入正在深刻改变供应链管理的传统模式，使供应链的透明度、可追溯性和运营效率得到显著提升。本文结合行业特性，围绕区块链在溯源管理、供应链金融、智能合约自动化及跨境供应链管理中的具体应用进行了系统性分析，并探讨了行业实践案例。研究表明，区块链能够通过过去中心化的信任机制、数据不可篡改性及智能合约的自动执行能力，提高供应链各环节的协同效率，减少信息不对称，提高交易的安全性和资金流动性。

在研究方法上，本文基于对行业现状的分析，结合案例研究法，从不同应用场景的角度对区块链技术在供应链中的实际应用进行剖析，并探讨了其在降低成本、优化流程和提升风控能力方面的作用。然而，在实际应用过程中，区块链技术仍面临性能瓶颈、监管政策不确定性及跨组织协调等诸多挑战。例如，目前区块链的交易处理速度仍无法匹配大规模供应链的高频交易需求，隐私保护与数据共享之间的平衡尚需探索，而不同国家和地区对区块链的监管方式存在显著差异，使得跨境供应链的区块链应用在合规性上存在不确定性。

从政策趋势来看，全球主要经济体正在积极探索区块链技术在供应链中的合规应用，并推动相关标准的制定。例如，欧盟正在推进区块链隐私保护法规，以实现数据合规性与供应链透明度的平衡；中国在推动区块链与实体经济融合，促进区块链在跨境贸易、供应链金融等领域的应用；美国的食物安全现代化法案（FSMA）也为区块链在食物溯源管理中的应用提供了政策支持。未来，区块链技术的进一步发展将依赖于分片技术、跨链协议等扩展方案的成熟，以及法律法规的完善。企业需要在技术创新、跨组织协调和政策合规之间寻找平衡，以确保区块链能够真正发挥价值，助力全球供应链管理的数字化转型。

参考文献

- Buterin, V. (2013). A next-generation smart contract and decentralized application platform. Ethereum White Paper.
- Chen, J., Liu, X., & Zhang, W. (2021). The role of blockchain and smart contracts in supply chain efficiency. *Journal of Business Technology and Innovation*, 25(3), 78-92.
- Li, M., & Wang, H. (2021). Blockchain technology in supply chain finance: Enhancing efficiency and reducing risk. *China Finance Journal*, 18(2), 112-125.
- Li, M., & Zhang, Y. (2022). Legal compliance of blockchain applications in supply chain finance under China's data security law. *China Journal of Law & Technology*, 20(4), 134-149.
- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. Bitcoin.org.
- Wang, H., & Liu, Y. (2020). IBM Food Trust and blockchain-driven supply chain transparency. *China Business Review*, 18(2), 98-112.
- Zhang, W., & Li, Z. (2021). TradeLens and blockchain-based logistics automation. *International Journal of Logistics and Supply Chain Management*, 22(4), 145-160.
- Zhang, Y., & Li, Z. (2021). TradeLens and blockchain supply chain finance: Improving global trade transparency. *International Journal of Logistics and*