

区块链技术在危险化学品全生命周期溯源中的应用

穆 锐

舟山繁安安全技术服务有限公司 浙江舟山

【摘要】 区块链技术在危险化学品全生命周期溯源中的应用，能够有效提升化学品管理的透明度和安全性。通过利用区块链的去中心化、不可篡改和可追溯的特性，可以实现对化学品从生产、运输、储存到使用、处置全过程的实时监控与数据记录。这种技术为监管部门提供了一个更加可靠的数据平台，有助于提高应急响应能力，减少人为操作失误及安全事故。本文探讨了区块链技术在化学品溯源中的具体应用场景，分析了其在化学品安全管理中的优势与挑战，并提出了相应的解决方案，为推动智能化化学品管理提供了理论依据与实践指导。

【关键词】 区块链技术；危险化学品；全生命周期；溯源；安全管理

【收稿日期】 2025 年 8 月 12 日

【出刊日期】 2025 年 9 月 17 日

【DOI】 10.12208/j.jccr.20250045

Application of blockchain technology in the whole-life-cycle traceability of hazardous chemicals

Rui Mu

Zhoushan Fan'an Safety technology service Co. LTD, Zhoushan, Zhejiang

【Abstract】 The application of blockchain technology in the whole-life-cycle traceability of hazardous chemicals can effectively enhance the transparency and safety of chemical management. By leveraging the characteristics of blockchain, such as decentralization, immutability, and traceability, real-time monitoring and data recording of the entire process of chemicals—from production, transportation, and storage to use and disposal—can be realized. This technology provides regulatory authorities with a more reliable data platform, which helps improve emergency response capabilities and reduce human operation errors and safety accidents. This paper explores the specific application scenarios of blockchain technology in chemical traceability, analyzes its advantages and challenges in chemical safety management, and proposes corresponding solutions, thereby providing theoretical basis and practical guidance for promoting intelligent chemical management.

【Keywords】 Blockchain technology; Hazardous chemicals; Whole life cycle; Traceability; Safety management

引言

危险化学品的管理一直是各国政府和企业关注的重点。随着工业化和化学品使用的增加，化学品的安全性和合规性问题日益突出。如何确保化学品从生产到处置各环节的安全，如何有效地追溯化学品的流向和使用，成为亟待解决的问题。区块链技术，以其去中心化、数据不可篡改、全程可追溯的特性，提供了一种创新的解决方案。它不仅能够提高危险化学品全生命周期的数据透明度，还能增强相关方对信息的信任和监管的效率。在这种背景下，区块链技术被广泛应用于化学品的溯源体系中，帮助各方实现信息的实时共享与不易篡改的数据记录，从而保障化学品的安全使用及环境保护。

1 危险化学品管理的现状与挑战

危险化学品管理在全球范围内都是一项复杂而具有挑战性的任务。随着工业化进程的加速以及化学品种类的日益增多，危险化学品的管理面临着越来越多的困难。传统的管理方式依赖于纸质记录和手动监督，存在信息滞后、易篡改等问题，这导致了在化学品的生产、运输、储存和使用过程中，出现了大量的管理漏洞^[1]。尤其是在一些监管薄弱的地区，非法运输、滥用化学品等现象频发，严重危害公共安全和环境保护。化学品事故的频繁发生也暴露出现有管理模式的不足，许多事故的发生往往由于缺乏实时、精确的监控和追溯手段，无法有效防范和响应突发情况。

面对这些挑战，现代化的危险化学品管理体系急

需一种技术来提高信息透明度、数据可靠性和监管效率。如何实现跨部门、跨领域的合作和信息共享,如何确保化学品从生产到废弃处置各环节的安全性,成为了目前化学品管理体系改革的重要方向。现有的管理模式需要结合先进的技术手段,以便更好地应对日益复杂的危险化学品管理任务。对化学品的全生命周期进行精细化、数字化管理,是解决当前管理问题的一条有效路径。

目前,全球许多国家和地区已开始在危险化学品管理中探索新技术的应用。尤其是在一些发达国家,数字化、智能化的管理工具逐步得到推广和应用。然而,尽管取得了一定进展,但整体上,全球范围内对于危险化学品的全生命周期管理仍然存在诸多问题,例如数据共享的不畅、信息系统的孤立性以及技术的标准化不足等。亟需一种能够突破传统管理方式、提升化学品安全管理水平的技术工具,以应对当前存在的管理难题。

2 区块链技术的基本特点与优势

区块链技术作为一种新兴的信息技术,其核心特点是去中心化、数据不可篡改和全程可追溯。去中心化意味着信息的管理不依赖于单一的中介机构,而是通过网络中的每一个节点共同维护和验证数据。这一特点使得区块链系统具有较高的抗篡改能力,因为任何篡改行为都需要得到网络中大部分节点的认可,极大地提高了数据的安全性和可靠性。区块链技术的数据不可篡改性使得一旦数据被写入区块链后,就无法被修改或删除,从而为数据的可信性提供了保障。

区块链技术的另一个显著优势是其全程可追溯性。区块链的链式结构确保了所有交易和事件都按时间顺序依次记录在链上,每一个数据块都与前一个数据块密切连接,确保信息的完整性和顺序性。任何网络中的参与者都可以随时查询、验证和追溯这些数据,且无法篡改已记录的信息。在危险化学品管理中,这一特性尤为重要。区块链能够实时记录和跟踪化学品从生产、运输、储存、使用到最终处置的全过程,每一个环节的信息都得到精确记录,确保数据的不可更改和可追溯性。通过这种方式,不仅提升了管理的透明度和可靠性,还避免了信息遗失或篡改的风险,确保了化学品的每一步流转都符合安全和法规要求,提高了监管的效能。

区块链技术还具有智能合约的功能,这使得区块链不仅仅是一个被动的数据记录工具,还能根据预定的规则和条件,自动执行特定操作。智能合约是一种自执行的协议,能够在满足特定条件时自动触发相应的

行为,无需人工干预。在危险化学品管理中,智能合约可以应用于自动化管理化学品的流转过程,例如自动确认化学品的出入库、运输路线的合规性、储存条件的符合性等^[2]。通过智能合约的应用,系统能够根据法律法规和行业标准自动判断各方是否按照规定执行,从而确保每个环节的操作都符合安全和合规要求。智能合约的自动化特性不仅提高了管理效率,减少了人为干预的错误,还增强了系统的透明度和准确性。通过这种方式,区块链技术为提升危险化学品全生命周期的管理水平提供了强有力的支持。

3 区块链技术在危险化学品全生命周期溯源中的应用

区块链技术在危险化学品全生命周期溯源中的应用,能够为化学品管理提供一种创新的解决方案,确保整个过程的有效监控与管理。通过将区块链与物联网、大数据等先进技术相结合,能够实现对化学品从生产、运输、储存到使用和最终处置等每个环节的实时追踪和数据记录。物联网设备如传感器可以实时监测化学品在各个环节中的状态变化,包括温度、湿度、运输轨迹等关键数据,并通过区块链技术进行不可篡改的记录。这些数据的实时上传至区块链网络后,各方参与者如监管部门、生产企业、运输公司、消费者等都可以随时访问和验证相关信息。这不仅提高了信息透明度,还能确保化学品的安全流通和合规管理,有效减少了人为失误和风险,确保在发生异常事件时能够及时追溯源头,保障公众安全和环境保护。

在生产环节,区块链技术可以记录化学品的生产信息,包括原料的来源、生产日期、生产工艺等,确保每一批次的化学品都能够 *trace back to its origin*。当化学品进入运输环节时,利用区块链和物联网设备,可以实时记录运输过程中的每一个关键节点,如运输车辆、运输路线、到达时间等,确保运输过程中的每个环节都在可控和监管之下。储存和使用环节同样可以通过区块链技术进行实时记录和追溯,确保化学品的存放符合安全要求,使用过程中不违反安全规定^[3-7]。这种全生命周期的溯源体系,不仅能够提高监管的透明度,还能事故发生后的应急响应提供有力的数据支持。当发生化学品泄漏、火灾等安全事故时,监管部门可以通过区块链系统迅速了解化学品的流向和影响范围,从而及时采取应急措施,减少损失并保护公共安全。区块链技术的不可篡改性也大大增强了溯源数据的可靠性,有效防止了人为干扰和数据篡改。

4 区块链技术在危险化学品溯源中的问题与解决

方案

尽管区块链技术在危险化学品溯源中具有显著的优势,但在实际应用中仍面临一些挑战。区块链技术的实施成本较高,尤其是在现有的传统管理体系中引入区块链技术时,需要对原有的系统进行升级改造,这可能涉及到大量的资金投入和时间成本。传统的化学品管理系统通常采用的是纸质记录或局部电子化系统,这些系统往往没有与区块链技术兼容的基础设施。在这种情况下,企业需要为改造原有系统、开发新的区块链平台及设备投入大量资源。区块链技术的普及应用还需要大量硬件设施和网络支持,尤其是在一些网络条件较差的偏远地区,稳定的网络连接和设备支持可能会成为制约因素,影响区块链系统的顺利运行和推广。

区块链技术的去中心化和不可篡改特性虽然为危险化学品管理提供了强有力的保障,但确保每个环节的数据输入的准确性和真实性仍然是一个难点。在危险化学品的管理过程中,涉及到生产、运输、储存、使用等多个环节,每个环节的数据来源复杂且多样,如何保证这些数据在流转过程中不被篡改并且真实有效,是区块链技术面临的一个重要挑战。为了确保数据的真实性,可以结合物联网技术,通过智能传感器采集化学品的实时信息,如温度、湿度、存储环境等。智能合约的设计可以在数据输入的过程中进行自动化验证,确保数据输入符合预定的标准,进而保障数据的准确性和完整性,这对于保证溯源系统的可靠性至关重要。

区块链技术在不同地区、不同国家的法律和监管框架下应用时,面临着法律合规性的问题。由于区块链技术的去中心化和匿名性特征,使得其在全球范围内的法律适用性和监管合规性问题日益复杂^[8]。在一些国家,区块链技术可能会面临数据隐私和安全方面的法律限制,尤其是在涉及个人数据保护和敏感信息存储时,如何在区块链上实施符合各国法律要求的数据管理,是一大挑战。为了应对这一问题,可以设计可兼容不同法律环境的区块链应用系统,例如通过权限管理和加密技术保障数据的隐私性,确保信息在区块链上可追溯但不泄露隐私。加强跨国监管合作、信息互通及

共享,建立全球化的危险化学品管理标准,将有助于推动区块链技术在全球范围内的广泛应用与发展。

5 结语

区块链技术在危险化学品全生命周期溯源中的应用,凭借其去中心化、不可篡改和智能合约等特性,能够有效提高化学品管理的透明度、安全性和合规性。通过实时追踪和记录每个环节的信息,区块链为各方提供了一个可信赖的管理平台,有助于减少管理漏洞和人为失误,确保化学品的安全流通。尽管在技术实施和法律合规性等方面存在挑战,但随着技术的不断发展和应用实践的推进,区块链无疑将在化学品管理领域发挥更加重要的作用,推动智能化、安全化的管理模式逐步实现。

参考文献

- [1] 陈佳阳,卢赓,王林蕾.一种区块链+安全生产的监管模式研究[J].软件导刊,2025,24(07):119-127.
- [2] 刘元君.基于区块链的危险化学品废物处置追踪系统的研究与应用[D].淮阴工学院,2024.
- [3] 李甜甜.基于区块链的建筑工程项目安全信息管理研究[D].扬州大学,2024.
- [4] 张毅.基于区块链的危险废物管理系统设计与实现[D].长安大学,2024.
- [5] 张连超.基于区块链的A化工企业消防数据管理系统设计与实现[D].新疆大学,2023.
- [6] 姚思思,段丽妮,路珍.基于区块链的危化品物流与应急策略研究[J].中国储运,2023,(08):80-81.
- [7] 田晓丹.基于区块链的危险化学品溯源及智能监管机制研究[D].华北科技学院,2022.D
- [8] 冯琳琳,司博章,许亨哲.基于区块链的危化品追溯管理系统[J].科技创新与应用,2021,(06):185-187.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS