

运用区块链技术 完善粤港澳大湾区碳市场基础设施建设

刘彦初，张宇

摘要：结合近期全国碳排放权交易市场发现的多起碳排放权数据造假案件，以及粤港澳大湾区“一个国家、两种制度、三种货币”（以下简称“一国两制三货币”）的特殊性，预计粤港澳大湾区碳市场将面临溯源难、确权难、监管难、交易难（以下简称“四难”）等制度性问题，就此提出政策建议。

建设粤港澳大湾区碳排放权交易市场（以下简称粤港澳碳市场）是我国碳市场未来实现国际化的关键步骤。广东碳市场是目前国内市场容量最大、交易最活跃的区域碳市场，为建设粤港澳碳市场提供了丰富的实践经验。鉴于2021年我国陆续出现多起碳排放权数据造假案件，碳排放权数据造假行为也将严重威胁到粤港澳碳市场的公平性与市场效率。粤港澳大湾区具有“一国两制三货币”的特殊性，无法避免存在“物流、信息流、人流、资金流”的流通障碍，这将进一步加剧监管难度。因此，如何完善粤港澳碳市场的顶层设计和基础设施建设、加强对市场参与者及其行为的监管，是建设粤港澳碳市场必须首先解决的关键问题。

一、粤港澳碳市场必须警惕数据造假问题及原因

（一）粤港澳碳市场必须警惕数据造假问题

粤港澳大湾区“一国两制三货币”的特殊性，导致粤港澳碳市场无法避免地面临“物流、信息流、人流、资金流”的流通障碍，这对粤港澳碳市场监管提出极大挑战。与此同时，我国碳排放数据真实性依赖于第三方机构进行核算核查，这导致碳市场数据真实性取决于核查机构的诚信与能力。但是，以鄂尔多斯高新为例，只有在检测机构主动举报下，其造假行为才得以公之于众，说明碳核查机构并不能真正有效地约束控排企业的行为。在巨大利益的驱使下，不排除会有更多的企业选择利用制度漏洞与监管盲区赚取非法收入，目前发现的碳排放数据造假案件很可能只是冰山一角。因此，粤港澳碳市场在建设过程中必须高度重视碳排放数据质量和监管方面存在的问题。只有不断提高碳配额管控、数据报告核认的信息安全性与透明度，才能有效地压缩寻租空间、打击数据造假行为、避免市场扭曲，最终保障粤港澳碳市场的公平性与运行效率。

（二）粤港澳碳市场必须警惕数据造假的制度原因

第一，碳市场信息链冗长且缺乏可信记录，与粤港澳碳市场的“物流”障碍，导致碳排放权数据溯源难。在燃煤检测过程中，检测报告需要在检测机构、控排企业、咨询机构、核查机构等多个主体之间交付流转，该过程时间与空间跨度大，并且缺乏监管记录，导致数据信息溯源难、篡改成本低、发现难度大，这为碳排放权数据安全埋下重大隐患。以鄂尔多斯高新为例，该企业通过篡改报告编号、删除防伪二维码等方式，实现在无监管、无记录下对信息链内容的篡改，而数据源头仅保存于检测方——广州能源检测研究院，这极大地提高了数据核查难度。在此基础上，粤港澳碳市场还将横跨粤港澳三地，乃至辐射全世界，检测报告的流转过程还将不断延伸、并涉及跨境物流，数据溯源难度将更加突出。

第二，碳排放权的虚拟性，与粤港澳碳市场的“信息流”障碍，导致其确权难。碳排放权属于数字资产，碳排放权的交易和流转实则是数据信息的交易和流转。因此，系统信息安

全直接影响碳排放权登记确权安全以及市场秩序稳定与公平。此外，粤港澳的制度差异导致“信息流”障碍，对碳排放权数据信息安全提出更严苛要求。目前广东碳市场相关数据信息统一由广州碳排放权交易所集中化管理，这导致信息系统面临外部破坏和内部失灵等潜在的安全隐患。这些安全隐患在国外已有发生且产生较大负面影响，如：2020年8月，新西兰证券交易所遭黑客攻击，系统连续5个交易日崩溃；2019年2月，芝加哥商品交易所一年内第3次发生技术故障，市场所有交易被迫暂停。

第三，碳市场涉及主体多、范围广，与粤港澳碳市场的“人流”障碍，导致碳市场监管难。目前，生态环境部门主要通过聘用第三方核查机构实地考察控排主体与检测机构的方式，监管控排主体的实际碳排放情况。但是，以鄂尔多斯高新为例，控排主体位于内蒙古自治区，而检测机构则位于广东省，两地相距甚远，这极大地提高了检测过程的监管难度、增大核查难度与成本。粤港澳碳市场未来涉及主体数量更多、辐射范围更广，而核查人员的跨境流动障碍将进一步加剧碳排放权监管难问题。

第四，碳市场的国际化发展，与粤港澳碳市场的“资金流”障碍，导致跨境交易难。粤港澳碳市场预期成为推动我国碳市场国际合作的先行先试窗口。因此，需要积极打通碳市场的跨境交易渠道，吸引全球投资者参与粤港澳碳市场以及未来全国碳市场的投资。但是，粤港澳大湾区目前存在三种货币，市场交易涉及币种与汇率转换问题，而传统跨境交易方式涉及中间环节多、费用高、到账时效慢，且严重依赖于第三方机构，因此同样面临外部破坏与内部失灵的安全隐患。

二、运用区块链技术解决碳市场数据造假的建议

（一）区块链技术赋能碳市场和跨境支付的国际经验

区块链技术具备数据可溯源性、非中心化和难以篡改性等优势，因此在国际上已被广泛应用于碳市场信息基础设施建设。例如，2018年，联合国成立气候链联盟，利用区块链技术记录各国气候治理投资项目和对气候变化的贡献；2019年，新加坡推出全球首个基于区块链技术的碳交易所—AirCarbon交易所；2021年5月，国家电网有限公司在电气电子工程师学会标准化协会（IEEE-SA）提交的国际标准提案《基于区块链的碳交易应用标准》正式立项，该标准也是IEEE首个“区块链+碳交易”国际标准；2021年11月，可持续碳信用市场SDG Exchange宣布推出基于区块链技术的全球碳信用平台。

此外，区块链技术也被广泛应用于跨境支付。2019年10月，国家外汇管理局跨境金融区块链服务平台正式试点运行，并陆续推出“出口应收账款融资”、“企业跨境信用信息授权查证”、“资本项目收入支付便利化真实性审核”、“服务贸易对外支付税务备案信息网上核验”、“出口信保保单融资”等多个应用场景。截至2021年9月末，外汇局广东省分局辖内银行通过“出口应收账款融资”应用场景为1046家企业放款金额折合269.34亿美元，业务规模居全国前列。

鉴于区块链技术目前已经较为成熟，并已在众多场景中落地应用，建议提前部署采用区块链技术以解决粤港澳碳市场可能存在的“四难”问题。（二）区块链技术赋能粤港澳碳市场的具体建议

第一，基于区块链的数据可溯源性，解决“溯源难”问题。采用“区块+链式”数据结构储存所有数据信息，采用Merkle树算法保障区块信息的唯一性，实现数据的全面记录与只增不减的特性，保障系统内数据信息的可溯源性。以鄂尔多斯高新为例，一旦广州能源检测研究院将检测报告上传至区块链系统，报告内容将被记录在一个数据区块中，此后鄂尔多斯高新将无法修改区块内既有数据内容。相反，其试图篡改报告的行为将被记录在一个新的数据区块中并被永久保存。从而实现系统内数据“有据可依、有根可溯”，任何一个市场主体试

图伪造或修改数据的行为都将无法成功。

第二，基于区块链的非中心化，解决“确权难”的问题。结合 P2P 网络结构与 Merkle 树验证算法，采取所有节点共同记账、共同维护的模式，避免依赖中间机构或存储设备保存数据。在此基础上，即使部分节点出现数据错误，其余节点都具备完整的信息记录备份，可以及时恢复完整且真实的碳排放权数据信息。此外，由于未来粤港澳碳市场涵盖主体数量庞大、分布广泛，同时破坏半数以上节点的数据安全几乎不可能达成，所以非中心化系统将有效保障系统信息安全性，从而保障市场的公平与稳定。

第三，基于区块链中的难以篡改性，解决“监管难”问题。采取智能合约技术，实现由计算机自动执行交易状态的判断、合约内容的执行与资产的转移等业务，从根本上杜绝人为操纵的可能。此外，采用 DPoS 分布式共识算法，保障整个网络数据的运算公开透明，确保当且仅当大多数节点都确认某笔业务后，该业务才能被确认为真实有效，保证所有业务接受市场监督。结合智能合约与 DPoS 算法，通过业务自动化处理、同时接受市场所有主体共同监督，实现系统的难以篡改性，因此也无需有公信力的第三方进行监管确认，从根本上解决监管难问题。

第四，基于区块链中的数据可溯源性、非中心化与难以篡改性，解决“交易难”问题。利用区块链技术的数据可溯源性，实现跨境交易的全面记录，保障交易数据的完整性。利用区块链技术的非中心化，实现市场主体共同监督、共同记账，保障支付数据的安全性与可靠性。利用区块链技术的难以篡改性，免除第三方机构介入，降低交易成本和风险，同时实现资金“实时清算、自动清算”，使交易效率大大提升。

第五，运用区块链技术解决碳市场数据造假的方案。建议由广东省地方金融监管局、生态环境厅牵头，联合人民银行广州分行、广东银保监局、广东证监局，人民银行深圳市中心支行、深圳银保监局、深圳证监局等有关部门，建设一个覆盖所有控排企业、授权检测机构、核查机构等粤港澳碳市场相关主体的区块链网络，实现碳市场相关主体全覆盖、相关业务流程全覆盖。实施方案在技术上包括数据层、网络层、合约层和共识层共四层结构，系统性地解决粤港澳碳市场可能存在的溯源难、确权难、监管难和交易难问题。

作者简介：刘彦初，中山大学岭南学院副院长、副教授；张宇，中山大学岭南学院博士生。

收稿日期：2022-1-5