

气候变化风险对支付基础设施的影响及应对

文/陈泰林*

摘要：支付基础设施是支持货币政策实施、维护金融稳定的核心金融基础设施，对保障社会资金周转、畅通货币政策传导、密切联系各金融市场、维护金融稳定具有重要意义，而气候变化风险中物理风险和转型风险则对支付基础设施具有重要影响。本文通过识别气候变化风险、分析其影响机理，并基于金融基础设施原则探讨气候变化风险的传导机制，提出以下建议：一是构建气候风险识别和评估框架，通过压力测试识别和量化气候风险指标，进行审慎监管和金融规制。二是在可持续发展的结构性改革中，扩大气候金融的规模以尽可能降低气候变化对支付基础设施的影响。三是构建网络弹性管理防线，完善应急管理 with 危机处置，提升关键参与者气候风险管理意识和能力。四是将气候变化纳入机构治理和全面风险管理框架，不断健全支付基础设施业务连续性计划。

关键词：气候变化 物理风险 转型风险

一、气候变化状况及其风险

（一）气候状况及其变化趋势

2015—2021 年是全球有记录以来最热的七年。人类活动造成气候变化，温室气体浓度、海平面高度、海洋热量、海洋酸化程度等关键气候指标均创新高，热浪、寒潮、洪灾等极端气候和复合事件频发，正在对可持续发展和生态系统产生

* 中国政法大学法学硕士，就职于中国人民银行重庆营业管理部，文章内容仅代表个人观点，与工作单位无关。

持久损害，气候系统突破临界点将会产生重大的全球和区域后果，造成严重经济损失。根据世界气象组织发布的《2021年全球气候状况报告》，2021年全球平均气温比1850年至1900年工业化前高0.98至1.24摄氏度，4项关键气候指标创新高：

1. 温室气体浓度升高。2020年，全球二氧化碳浓度达到413.2ppm，为工业化前水平的149%，2021年和2022年初二氧化碳浓度继续增加。从夏威夷的月平均二氧化碳含量来看，2020年4月为416.45ppm，2021年4月为419.05ppm，2022年4月达420.23ppm。

2. 海平面上升。由于冰盖流失加速，2013—2021年全球海平面平均每年上升4.5毫米，是1993—2002年的两倍多，2021年海平面高度创历史新高。这使得数亿沿海居民更容易受到热带气旋的影响。

3. 海洋热量创新高。过去20年，海洋变暖速率显著提升。2021年，大部分海洋都经历了“强烈”的海洋热浪，海洋继续变暖并将持续这一态势。从百年到千年的时间尺度看，这种变化是不可逆转的。

4. 海洋酸化日益严重。每年人类活动向大气排放的二氧化碳中，约有23%被海洋吸收。吸收的二氧化碳会与海水发生反应并导致海洋酸化。目前，公海表面的pH值是2.6万年以来的最低值（pH值越低表明越偏酸性）。

（二）气候变化风险的识别

随着持续发展面临的风险不断增加，经济增长继续侵蚀自然资本，导致水资源短缺、洪水、更大的污染、气候变化和无法恢复的生物多样性损失，气候行动的重要性变得更加关键。根据毕马威发布的《全球经济展望：2021年下半年报告》，如果没有切实和具体的政策应对措施，排放量将继续上升，到21世纪末，全球气温可能会再上升2至5摄氏度，给全世界造成更大的物质和经济损害。气候变化已经成为全人类面临的重要挑战，气候变化对支付基础设施的风险主要包括物理风险和转型风险，两者往往相互关联、相互影响。

2022年2月17日，国际清算银行^①（BIS）发布《应对气候风险的监管对策：一些挑战》，指出物理风险（实体风险）和转型风险（过渡风险）威胁着支付基础设施安全以及金融体系稳定，政策当局有必要审查其审慎框架，以充分考

^① 国际清算银行是致力于国际货币政策和财政政策合作的国际组织，旨在促进各国中央银行之间的合作并为国际金融业务提供便利性，同时作为国际清算的受让人、代理人。

虑气候相关金融风险对金融稳定的影响。2022年10月13日，二十国集团财长和央行行长会议一致通过《2022年G20可持续金融报告》，呼吁各方加强落实《G20可持续金融路线图》^①，支持从数据、披露、评估等角度应对气候变化带来的金融风险，并欢迎IMF在支付领域建立新的全球公共基础设施，强调提高全球金融体系应对风险的能力，共同促进金融支持绿色低碳转型。

1. 物理风险。物理风险是指气候的长期逐渐变化（如降水量的变化、极端天气变化、海洋酸化和海平面上升）以及气候变化的间接影响（如荒漠化、缺水和土壤退化），导致气候系统中出现不可逆转的物理变化，达到所谓的临界点，引发自然灾害（如热浪、山崩、洪水和野火）的频繁出现可能会导致支付基础设施、建筑物和厂房设备受损，造成粮食产量和劳动生产率受到影响，户外和海上作业的企业可能遭受损失，从而引发特定企业和个人的信用风险变化，直接影响消费、投资和贸易。根据英国智库 Economist Intelligence Unit（EIU）、英格兰央行以及贝莱德（Black Rock）等机构的估算，在不同情景下，气候物理风险所导致的经济和金融损失可能高达数千亿美元、数万亿美元乃至数十万亿美元。

由于气候变化的高度不确定性和厚尾分布特性，用于风险管理目的的历史信息可用性不足，通过长期社会经济影响的极端天气和复合事件，物理风险可能会打乱支付基础设施的业务连续性计划，极大地改变支付基础设施运营中断的概率、强度、持续时间和范围，在短期或长期内增加支付基础设施运营费用，导致支付基础设施清算的资产估值出现大幅波动，对支付基础设施参与者的金融资产或非金融资产价值造成损害，从而削弱其财务状况及履行财务义务的能力。例如，2012年，飓风“桑迪”袭击美国曼哈顿，导致DTCC^②大楼遭受大规模洪水侵袭。为应对此次极端天气事件，DTCC实施了业务连续性计划并维持了关键运营，在关键截止日期前完成了所有资金清算、结算和其他流程，然而该公司仍耗费了数月时间，以复原其被洪水淹没的已出地下保险库的130万张证券。为了对被毁坏或无法修复的证券发放替换证书，DTCC的相关工作一直持续到2014年。

2. 转型风险。转型风险是指社会各界积极应对气候变化，通过减少温室气体排放来减缓气候变化的措施导致了转型风险驱动因素，包括公共政策、激素变

^① 《G20可持续金融路线图》，于2021年10月末在罗马举行的二十国集团领导人峰会上被批准，为全球和各国可持续金融的未来发展指出了重点方向，并为协调国际组织的相关举措提供了一个重要机制。

^② 美国存管信托和结算公司（DTCC）是美国证券市场的中央证券存管和清算机构，提供中央证券存管（CSD）和中央对手方服务（CCP）。

化、投资者情绪、颠覆性商业模式创新等方面，对企业、个人等主体所造成的风险。政府政策、技术以及消费者和投资者行为变化的累积影响可能导致经济混乱，进而侵蚀银行风险敞口和潜在抵押品的价值。相较于发达国家，我国“富煤、缺油、少气”的资源禀赋使得经济发展具有高碳性，同时我国从碳达峰到碳中和的时间仅为30年，经济绿色低碳转型的进度在一定程度上导致我国支付基础设施面临的转型风险更为严重。

为应对气候变化，气候政策的变化（包括环境政策和技术的变化），尤其是突然和无序的变化，可能引起某些细分市场的需求减少，损害支付基础设施提供清结算服务的长期商业可行性。此类风险与清洁能源密集型或棕色资产^①金融市场的对手方及关联交易所最为相关。为适应绿色经济和绿色金融体系过渡并履行承诺，支付基础设施可能面临声誉风险，造成支付基础设施清算或接受抵押品的市场流动性降低，使得支付基础设施的风险管理更具挑战性。中央银行与监管机构绿色金融网络^②（Network for Greening the Financial System, NGFS）在2019年4月发布《气候变化对宏观经济和金融稳定性影响报告》，指出转型风险主要通过资产搁浅的方式引发市场风险和信用风险。例如，一国实施碳税或其他降碳措施会增加高碳行业的成本，导致一些企业经营困难，造成金融体系的不良资产和搁浅资产^③，不仅损害金融体系的商业可行性，甚至带来声誉风险。

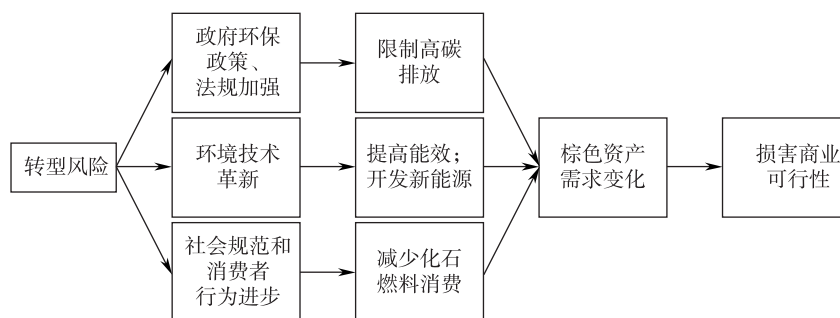


图1 转型风险对支付基础设施的传导路径

① 棕色资产主要包括高碳资产，如火电、钢铁、建材、有色金属、石化、造纸等行业。

② 该组织成立于2017年12月12日，旨在关注气候变化，帮助加强实现《巴黎协定》目标所需的全球对策，并增强金融系统对环境可持续发展的更广泛背景下管理风险和为绿色和低碳投资筹集资金的作用。

③ 搁浅资产，指与气候风险相关的人为因素（如政府环保政策和法规加强、环境技术革新、社会规范和消费者行为进步）导致的意外或过早减值、贬值或转换为负债的资产。

二、气候变化风险对支付基础设施的影响机理

（一）短期影响机理

1. 气候变化受多重不可抗力因素叠加，对运行管理直接施加更大压力。早在1997年3月，CPSS^①发布的《实时全额结算系统》报告指出，支付系统需要特别防范因某一参与者出现信用风险或流动性风险，进而引发更为广泛的财务困境、影响支付系统甚至危及金融稳定的系统性金融风险。在全面风险管理框架下，气候变化所带来的多重不可抗力因素不可避免地会影响支付系统本身的部件、系统运行所依赖的基础设施服务。

特别是在支付系统的应急安排仍无法保障支付系统的安全性和运行可靠性，无法及时对故障作出反应以恢复系统的关键服务，将造成大范围的重大中断事故，引发一系列连锁反应，甚至可能波及其他金融基础设施，影响金融体系的稳定。因此，支付基础设施应当恰当地管理信用风险和流动性风险，包括正常情况的风险管理和异常事件的风险处置，并使参与者有动力和能力识别和管理这些风险。

2. 碳中和^②支付意愿影响资产需求变化，间接影响支付基础设施的风险应对能力。随着全球气候变化带来的影响日益严重，全球正在研究各种适应气候变化影响的工具和措施。例如，2020年欧盟发布了《欧盟可持续金融分类法》，对67项经济活动设定了对环境有重大贡献、对环境无重大危害以及最低保障的筛选标准，帮助投资者、发行人应用低碳经济的金融工具。作为应对气候变化的主要国家，我国在2012年6月发布《温室气体自愿减排交易管理暂行办法》，开始积极通过市场化的气候政策，提升市场核证自愿减排量^③（CERs）的需求，运用碳市场抵消机制（Carbon Offsets），以应对气候变化。

在以“双碳”为目标的气候政策下，有碳盈余的控排企业与碳配额缺口企

^① CPSS，即支付结算系统委员会（Committee on Payment and Settlement Systems），是支付和市场基础设施委员会前身，旨在监督和促进支付清算及结算的安全与效率。

^② 碳中和，是指通过计算个人生活、工作或某项活动中的二氧化碳排放量，通过自愿购买森林碳汇或清洁项目产生的核证减排量把这些碳排放量抵消掉，以使自己成为气候无害者或对气候的影响是中性的。

^③ 核证自愿减排量（Certified Emission Reductions），一种碳抵消机制，即控排企业先实施“碳抵消”活动的企业购买可用于抵消自身碳排的核证量。

业为满足各自的需求与利益，通过碳排放权交易市场影响棕色资产价格，逐渐衍生出各种碳基金、碳债券和碳资产质押贷款以及碳信用等碳金融产品。碳金融产品的价格波动、需求变化及风险敞口，对证券登记结算系统和中央对手清算基础设施，甚至是支付系统有效识别、衡量、监测和管理由气候政策变化引发的一系列风险，满足金融体系的商业可行性及弹性都带来不小的挑战。

（二）长期影响机理

1. 可能影响整个经济和金融体系的结构和稳定性。作为更频繁、更剧烈和更持久的经济冲击的来源，气候变化的性质将更难确定，它放大了供应冲击的频率和严重性，将干扰中央银行对冲击的深层次评估。气候变化直接影响中央银行的通胀目标，使货币政策立场的评估复杂化，货币政策也将更频繁地面临在推进生产和稳定通胀之间的权衡，影响整个经济和金融体系的结构和稳定性。

2. 可能通过对金融市场和银行业的影响削弱货币政策的传导。气候变化可能使“中性”货币政策立场变得更加困难，与气候变化相关的风险可能意味着对自然利率的抑制作用，而绿色投资和新技术却可以推升自然利率，但两者的净效应是不确定的，使货币政策的实施复杂化。资产因气候政策等导致的超预期减值（资产搁浅）和气候相关金融风险的突然重新定价可能会在金融体系中造成损失，并损害流向实体经济的融资。

3. 可能增加央行资产负债表上资产的风险，导致财务损失。气候变化风险会影响交易对手、发行人和其他债务人履约能力，从而转化为更高的信用风险，中央银行持有的金融资产直接或长期面临此类风险。风险也可以在较短的期限内间接暴露，例如通过交易对手质押的抵押品。气候变化也可能对货币政策制度的设计产生影响。以通胀为传统目标的央行可能会重新审视总体通胀与核心通胀之间的联系，以在冲击被评估为暂时的，且不会威胁到通胀预期锚定的情况下重新审视这些冲击。

三、基于 PFMI 对气候变化风险的评估分析

2012年，在吸取金融危机教训，吸收原有系统重要性支付系统、证券结算系统和中央对手方等国际标准执行经验的基础上，CPSS和IOSCO技术委员会联

合发布了《金融市场基础设施原则》（*Principles for Financial Market Infrastructure*, PFMI）。PFMI 是金融市场上基础设施的国际标准，包含了最新的、要求更高的国际支付清算与结算系统标准。此标准识别和消除了《系统重要性支付系统核心原则》等原有国际标准之间的差异，强调全面风险管理，提高了金融市场基础设施（Financial Market Infrastructure, FMI）安全高效运行的最低标准，旨在确保支撑全球金融市场的基础设施更加强健，能够更好地抵御金融风险冲击。

具体来看，根据 PFMI 中划分的风险类别，物理风险与转型风险可能给支付市场基础设施带来多种类型风险，包括治理（原则 2）；全面风险管理框架（原则 3）；信用风险（原则 4）；抵押品（原则 5）；保证金（原则 6）；流动性风险管理（原则 7）；一般业务风险（原则 15）；托管风险与投资风险（原则 16）；运营风险（原则 17）；规则、关键程序和市场数据的披露（原则 23）。

（一）关于 PFMI2-3：治理、全面风险管理框架

根据 PFMI2-3，“FMI 应该具备清晰、透明的治理安排，促进 FMI 的安全和效率，支持更大范围内金融体系的稳定、其他相关公共利益以及相关利害人的目标”，同时“健全的风险管理框架（包括政策、程序和系统），使其能够有效识别、衡量、监测和管理由其产生或由其承担的一系列风险”，包括与气候变化相关的风险。为此，FMI 应当定期审查当前的风险假设和风险管理技术是否全面和有效。为应对气候变化风险影响，FMI 可能需要在高级管理层的支持和参与下，在内部新建负责可持续发展的办公室或委员会，并发展相关信息分析能力，为 FMI 和相关监管机构提供有益信息。

（二）关于 PFMI4-7：信用风险、抵押品、保证金和流动性风险管理

由于 FMI 及其参与者面临交易对手无法在到期时或在未来的任何时候完全履行其财务义务的风险，因此，FMI 应有效地度量、监测和管理其信用风险和流动性风险。气候变化风险可能通过以下途径对 FMI 造成风险：一是极端天气事件可能损害 FMI 参与者的金融资产或非金融资产（如银行分支机构、数据中心、ATM）的价值。二是极端天气事件可能导致 FMI 清算的金融资产估值出现更大波动。以中央对手方（CCP）为例，金融资产价格的大幅波动可能导致 CCP 保证金违约。三是环境政策和技术的变化可能侵蚀 FMI 接受作为抵押品的金融资产的价值，导致 FMI 清算或接受作为抵押品的产品的市场流动性降低，进而使 FMI 的风险管理（保证金、成员违约管理等）更具挑战性。

（三）关于 PFMI15 - 17：一般业务风险、托管风险与投资风险、运营风险

一是极端天气或其他气候变化相关事件可能导致运营中断或增加 FMI 的运营费用；或者对 FMI 的非金融资产价值造成损害，导致 FMI 付出非常高昂的一次性成本，托管资产可能无法按要求及时归还，回购资产可能无法归还或投资资产可能无法及时清偿。二是气候或气候政策的突然变化可能导致 FMI 投资资产的价值急剧上升或下降，特别是在 FMI 投资于更易受气候变化风险影响资产（如能源、大宗商品或运输部门的股票）的情况下。三是推动向低碳经济转变的气候相关公共政策可能会使 FMI 的当前运营场所（或数据站点）无法使用或成本过高，并需要关闭或迁移，从而导致 FMI 更高的运营风险及一般业务风险。

（四）关于 PFMI23：规则、关键程序和市场数据的披露

该原则要求 FMI “提供充分的信息，使参与者能够准确了解参与 FMI 应当承担的风险、费用和其他实质性成本”。因此，适当披露 FMI 应对气候变化的准备情况，将有助于其参与者、相关 FMI 以及更广泛的金融体系管理气候变化相关风险。

四、应对气候变化风险的路径选择

（一）构建气候风险识别和评估框架，通过压力测试识别和量化气候风险指标，进行审慎监管和金融规制

为了更好地预估由于气候因素导致的潜在损失，防范和化解其对金融稳定的影响，国际社会积极呼吁把气候因素导致的相关风险纳入考虑范围。2020 年 5 月，NGFS 发布了《面向监管者的将气候和环境相关风险纳入审慎监管的指南》，号召监管机构将气候和环境相关风险纳入审慎监管的考量，并提供了一些具体的做法和建议。2020 年 6 月，NGFS 发布了《面向央行和监管机构的气候情景分析指南》，为央行和监管机构提供了较详细的气候风险情景分析的方法学参考。

支付基础设施是支持货币政策实施、维护金融稳定的核心金融基础设施，其安全性、高效性和稳定性需要经得住极端情况考验。PFMI7 中的要点 9 规定：“FMI 应确定其流动性资源规模，并通过严格的压力测试定期测试其流动性资源的充足性。”在过去的十年里，国际货币基金组织在其每五年一轮的金融部门评

估规划^①（FSAP）中就有涵盖气候相关的物理风险评估。例如，估计受自然灾害影响的保险损失和不良贷款。在最近几年，FSAP 已经帮助了越来越多的成员国完成压力测试，评估其金融体系应对气候风险下的能力，为成员国将气候风险纳入财政、外汇和监管体系提供技术援助。

在碳达峰碳中和的目标下，我国支付基础设施也应进一步将物理风险和转型风险有机结合，构建起有效的气候风险识别和评估框架与模型，通过压力测试来评估自己应对气候风险的能力，为做好风险管理工作提供依据。目前，在险价值^②法（Value at Risk, VaR）最早由 G30 提出，是流动性压力测试实践中普遍采取的方法。由 J. P. Morgan 推出的用于计算 VaR 的 Risk Metrics 风险控制模型则被广泛采用。根据定义，VaR 可表示为：

$$Pt(\Delta p \Delta t \leq -VaR) = \alpha$$

根据 VaR 的定义，计算与支付系统压力测试相关的 VaR 值需根据支付系统的极端场景，抓取各个时点系统参与者流动性需求数据，并采用一定方法计算出某个置信区间内单一参与者流动性需求的 VaR 值，将所有参与者 VaR 值加总得到各极端场景下系统流动性的 VaR 值，即为全系统在极端情况下流动性需求的压力值。

（二）在可持续发展的结构性改革中，扩大气候金融的规模来尽可能降低气候变化对支付基础设施的影响

据政府间气候变化专门委员会（IPCC）报告，到 2030 年发展中国家每年所需的气候资金流量将增长 4 到 8 倍，这个财务缺口将需要更多长期民间资本来填补。当前，国际组织、主要经济体在气候金融发展方面不断进行探索和创新：出台标准和法律，统一绿色金融属性认定标准，阐明绿色金融项目类别；通过立法明确金融机构的环境法律责任，加大对环境污染企业信贷风险防范；创新绿色信贷、债券、保险等产品，丰富投资手段；通过建设配套的交易市场和投资主体，帮助投资者、发行人应用绿色金融工具；同时明确绿色金融产品信息披露的内容和要求，引导气候金融发展。

^① 该规划旨在加强对国际货币基金组织成员国经济体金融脆弱性的评估和监测、减少金融危机发生的可能性，帮助各国查明金融部门的脆弱性，制定较长期的政策和改革措施，从而推动金融改革与发展。

^② 在险价值是指处于风险中的价值，即市场正常波动下某一组合在一定置信区间下在未来特定时间内的最大可能损失。

气候政策超预期与低可信度都可能加剧金融市场不确定性，因此气候政策的平稳出台和实施，可以让市场平稳地调整资产价格，避免系统性金融风险的发生。在可持续发展的结构性改革中，我国应积极通过气候政策影响支付意愿，加强金融市场创新和对传统行业的转型支持，并加快完善中国碳市场建设，充分利用价格信号引导有序的低碳转型，降低气候变化对支付基础设施的影响。比如，能源密集型企业 and 大型企业进行气候投资的意愿更强，能源密集型企业因为需要大量能源作为生产要素，而大型企业则更容易受到来自监管的要求。目前，在管理气候风险方面的实践中，除了绿色和转型产品，新型衍生品逐渐发挥重要作用，澳大利亚、印度、墨西哥、南非和美国均使用气候衍生品来稳定农产品价格。2020年，与美国气候相关的期权规模几乎翻了两倍。又如，韩国环境部与韩华财险2016年合作推出“低碳绿色车险”，根据私家车运行里程的年同比减少数额，进行相应的保费补贴，鼓励民众减少私家车使用。

（三）构建网络弹性管理防线，完善应急管理 with 危机处置，提升关键参与者气候风险管理意识和能力

1. 建立审查测试长效机制，强化日常审慎监管。利用非现场监督和风险评估机制实现对支付系统风险的初级识别和基础管理。加强对网络安全、IT外包、数据质量等重点领域的检查，掌握重点领域风险状况和防控水平，采取压力测试评估潜在故障可能造成的影响。利用内部独立于IT治理架构的组织或部门开展现场审查，必要时引入外部第三方评估机构，借助专业团队力量提升支付系统运行风险审查工作质效。

2. 监测关键参与者风险，强化关键参与者动态管理。借鉴欧盟SIPS管理方式，动态调整关键参与者身份，进一步完善细化监管规定，有效降低关键参与者因气候变化物理风险和转型风险可能对支付系统产生的不利影响。制定“一揽子”措施监测关键参与者风险，持续监控关键参与者各类活动，提高关键参与者对运行风险自查自评的频率，组织定期审核验证关键参与者合规性，定期与关键参与者召开审查会议等。

3. 强化网络弹性管理，构建网络监督管理防线。督促关键参与者和系统重要性支付系统运营者落实重大网络事件报告义务，以便于分析研判网络局势，对潜在危机作出快速反应。根据气候变化趋势，模拟极端气候事件的发生范围、频率、持续时间以测试网络弹性，通过情景分析识别漏洞，降低网络风险。重视对

远程工作环境中的安全隐患的测试和防控，鼓励金融机构在自愿的基础上共享系统运行情报信息，达到利用集体知识、经验和能力，提高防御能力、检测技术和决策水平的目的。

（四）将气候变化纳入机构治理和全面风险管理框架，不断健全支付基础设施业务连续性计划

由于气候变化风险的不可预测性，用于风险管理目的的历史信息可用性不足，因此支付基础设施在制订业务连续性计划时，需要假设更极端、更具前瞻性的风险情景。如果气候变化导致更频繁的“百年一遇”的极端天气事件，还需要持续重新评估风险管理技术，并进行涉及更广泛情形（包括假设情况）的更严格的压力测试。

支付基础设施管理应尽快将气候因素纳入机构治理和全面风险管理框架，进一步建立健全业务连续性计划。特别是要在常态化风险应对之外，针对极端天气事件等远超历史数据的、更具前瞻性的假设情景，充分评估支付清算系统灾备设计以及电力、通信等基础保障的可靠性，制定长时间断电、断网等极端情形下的危机处置措施，切实提升支付基础设施灾备建设、应急管理、容灾抗灾能力和水平，并定期开展压力测试和应急演练，实现从被动反应走向未雨绸缪。

参考文献

[1] 刘精山. 中国核证自愿减排量的发展现状、问题及政策建议 [J]. 海南金融, 2022 (8).

[2] 马骏, 孙天印. 气候转型风险和物理风险的分析方法和应用——以煤电和按揭贷款为例 [J]. 清华金融评论, 2020 (9).

[3] 徐忠, 曹媛媛. 低碳转型——绿色经济、转型金融与中国未来 [M]. 北京: 中信出版集团, 2022.

[4] 杨燕青, 周徐. 金融基础设施、科技创新与政策响应 [M]. 北京: 中国金融出版社, 2019.

[5] 杨涛, 李鑫, 赵亮. 金融科技与支付变革——技术、模式与账户 [M]. 北京: 中国社会科学出版社, 2019.

[6] 中国人民银行支付结算司. 中国支付体系发展报告 2020 [M]. 北京:

中国金融出版社，2021.

[7] 刘长松. 碳中和的科学内涵、建设路径与政策措施 [J]. 阅江学刊, 2021 (2).

[8] 饶尧, 丁胜, 胡宝华. 基于碳中和的绿色投资机遇探究 [J]. 科技资讯, 2021 (4).