



徐一丹, 傅若兰, 李建平, 等. 2024. 保险业应对气候变化的现状回顾 [J]. 气候与环境研究, 29(3): 1–13. XU Yidan, FU Ruolan, LI Jianping, et al. 2024. A Review of Insurance Industry Responses to Climate Change [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 29 (3): 1–13. doi:10.3878/j.issn.1006-9585.2024.23145

保险业应对气候变化的现状回顾

徐一丹^{1,2} 傅若兰³ 李建平^{4,5} 付昊桓⁶ 王兰宁⁷ 薛巍⁸

1 中国再保险（集团）股份有限公司博士后工作站，北京 100033

2 中国人民大学环境学院，北京 100872

3 中国再保险（集团）股份有限公司战略发展部/中再研究院，北京 100033

4 中国海洋大学深海圈层与地球系统前沿科学中心/物理海洋教育部重点实验室/未来海洋学院/海洋与大气学院/海洋碳中和中心，山东青岛 266100

5 崂山实验室，山东青岛 266237

6 清华大学地球系统科学系，北京 100084

7 北京师范大学全球变化与地球系统科学研究院，北京 100875

8 清华大学计算机科学与技术系，北京 100084

摘要 从气候变化风险的类别入手，详细阐述了气候变化主要灾害和次生灾害对保险业负债端的影响。作为市场化风险管理工具，保险业在减缓和适应气候变化方面持续发挥着重要作用。随着气候变化风险意识的不断增强，保险业不断推出创新产品实践，将应对气候变化纳入公司管理体系，并积极参与国际合作。保险监管也在推行气候变化应对相关意见。然而，保险业在应对气候变化的过程中仍然存在大量的问题、风险和挑战。未来，中国保险业应持续采取加快产品创新、提升风险管理、加强跨行业合作等措施，充分发挥风险保障作用，为服务国家适应气候变化战略做出重要贡献。

关键词 气候变化 保险 风险 灾害影响 应对措施

文章编号 1006-9585(2024)03-0001-13

中图分类号 P467

文献标识码 A

doi:10.3878/j.issn.1006-9585.2024.23145

A Review of Insurance Industry Responses to Climate Change

XU Yidan^{1,2}, FU Ruolan³, LI Jianping^{4,5}, FU Haohuan⁶, WANG Lanning⁷, and XUE Wei⁸

1 Postdoctoral Workstation, China Reinsurance (Group) Corporation, Beijing 100033

2 School of Environment and Natural Resources, Renmin University of China, Beijing 100872

3 Strategic Development Department/ China Re Institute, China Reinsurance (Group) Corporation, Beijing 100033

4 Frontiers Science Center for Deep Ocean Multispheres and Earth System/Key Laboratory of Physical Oceanography/Academy of Future Ocean/College of Oceanic and Atmospheric Sciences/ Center for Ocean Carbon Neutrality, Ocean University of China, Qingdao, Shandong Province 266100

5 Laoshan Laboratory, Qingdao, Shandong Province 266237

6 Department of Earth System Science, Tsinghua University, Beijing 100084

7 College of Global Change and Earth System Science, Beijing Normal University, Beijing 100875

8 Department of Computer Science and Technology, Tsinghua University, Beijing 100084

收稿日期 2023-12-20; 网络预出版日期 2024-03-11

作者简介 徐一丹，女，1992 年出生，博士，主要从事气候变化数值模拟、气候保险、保险双碳战略研究。E-mail: 201731490004@mail.bnu.edu.cn

通讯作者 李建平，E-mail: ljp@ouc.edu.cn

资助项目 中央高校基本科研业务费专项 202242001

Funded by Fundamental Research Funds for the Central Universities (Grant 202242001)

Abstract Herein, the categories of climate change risks were studied, along with a detailed investigation of the impact of primary and secondary disasters of climate change on insurance underwriting. As a market-oriented risk management tool, insurance continues to play an important role in mitigating and adapting to losses associated with climate change. With a deepening awareness of climate change risks, the insurance industry persistently innovates new products by integrating climate change strategies into company management systems and actively engaging in innovative international cooperation. Furthermore, insurance supervisory authority bodies are promoting actions to address climate change. Nevertheless, the insurance industry still faces numerous issues, risks, and challenges in addressing climate change. In the future, China's insurance industry should persevere to adopt measures such as product innovation by enhancing risk management and strengthening cross-industry cooperation. By fully leveraging its role in risk protection, the insurance industry can significantly support the country's strategies for adapting to climate change.

Keywords Climate change, Insurance, Risk, Disaster impact, Response measure

1 引言

联合国政府间气候变化专门委员会（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）第六次评估报告（AR6）指出，与气候系统内部变率相比，人类活动是加速气候变化的主要原因（Masson-Delmotte et al., 2021）。21 世纪以来，随着气候变化加剧，热浪、干旱、洪水、冬季暴风雪、飓风和野火等全球极端天气和气候事件趋频趋强，严重威胁人类生命健康、经济社会发展和全球生态系统稳定。气候变化已成为全人类面临的重要挑战。

从影响来看，气候变化会为保险业乃至广泛的金融行业带来重大风险，甚至可能引发系统性风险。中国人民银行与七国央行和监管机构共同发起的央行与监管机构绿色金融网络（NGFS）于 2019 年正式提出“气候风险会导致金融风险”。Mills（2009）、王向楠（2020）在研究气候变化风险影响实体经济、金融系统的传导路径时指出，气候变化会严重影响保险公司短期和长期的经营活动和投资决策。气候变化在威胁人们生命健康、财产安全的同时，影响全球能源供需、粮食安全和贸易稳定，进而深刻影响保险再保险市场（张宁，2021；陈睿山等，2021）。气候问题的日益加剧，无疑扩大了保险保障缺口，为保险业应对气候变化带来压力和挑战，为保险业提升防范化解风险的能力提出了更高要求，为保险灾损赔付、产品定价和巨灾模型发展带来严峻挑战，引发费率上涨、风险敞口增加、业务不稳定等一系列问题。

从应对来看，党的十八大以来，我国把应对气候变化摆在国家治理更加突出的位置，将适应气候变化全面融入经济社会发展大局。2020 年，中国作出 2030 年实现碳达峰、2060 年实现碳中和的郑

重承诺，将“双碳”目标纳入生态文明建设整体布局。保险业积极践行“双碳”目标，例如，中国太保产险与多家单位达成“碳配额+质押+保险”合作，并落地全国首笔碳排放配额质押贷款保证保险，助力实现“双碳”目标（王笑，2021）。邱晓华等（2021）在研究中提出保险业发展绿色金融、支持碳中和的 3 个方向，包括体系制度的建立和应用环境、社会及治理（Environmental, Social, and Governance, ESG）评价体系与投资管理制度、发展绿色金融产品以及发行绿色债券（碳中和债券）、制订碳中和行动方案和建立“棕色资产”信息披露制度并积极参与同业国际交流合作。方琦等（2023）在研究中对金融支持“双碳”目标的新政策、新领域、新实践等方面的趋势进行展望。刘玉焕（2023）从绿色承保、绿色投资、绿色运营等维度，结合欧洲险企气候战略及实践，对保险业助力“双碳”目标实现进行探讨。此外，已有研究也针对“双碳”目标下航运保险的绿色转型发展方案进行了研究（张岩，2023）。

“双碳”目标的提出以及保险业的实践对行业应对气候变化有着重要意义。随着气候变化风险意识持续深化，国际组织、监管机构和大型保险公司已经积极实施多项行动，不断推出应对气候变化的举措，不少产品创新兼顾了气候变化和保险业发展，取得了良好的社会效益。学界也针对保险业应对气候变化、实现碳中和开展了一系列深入研究。Mills（2012）在研究中汇总了来自 51 个国家 378 个保险机构的 1148 项倡议，包括资助红树林再造林、支持抗灾和节能建筑实践等活动。考虑到保险可被视为由金融风险（资产端）和承保风险（负债端）组成的大型投资组合，Braun et al.（2019）在研究中采用一种资产定价方法来检测其资产负债表上的

碳密集型头寸。Nordhaus (1991, 1992, 2018) 通过动态综合气候经济模型 (Dynamic Integrated model of Climate and the Economy, DICE) 和区域综合气候经济模型 (Regional Integrated model of Climate and the Economy, RICE) 探究 CO₂ 排放对经济活动的影响以及经济主体如何结合减排措施影响经济增长和 CO₂ 的排放 (陈国进等, 2021), 为保险业应对气候变化、服务“双碳”目标提供了模型支撑。

然而, 随着气候变化引发的粮食歉收、洪涝干旱、台风灾害和高温热浪事件不断增多, 气候相关经济损失和保险赔付成本不断上升, 保险业在保障气候变化风险上仍存在较大缺口。因此, 充分发挥气候变化风险保障作用, 不仅是保险业的发展需求, 更是时代赋予保险业的特殊使命。保险业应该抓紧机遇, 从负债端和资产端双向发力, 积极探索应对气候变化的有效举措, 加强气候变化风险识别、量化与应对, 提高运用保险工具管理气候风险的能力和意识, 收紧气候风险敞口, 熨平气候引发的经济波动, 在提升气候韧性的同时促进行业可持续发展, 为服务国家适应气候变化战略做出重要贡献。

2 气候变化风险

近年来, 监管机构重视气候风险对金融系统的影响, 并相继出台一系列政策, 鼓励引导金融机构开展气候风险评估。根据英格兰银行于 2015 年提出的风险分类方法, 气候变化风险主要分为 3 大类, 分别是物理风险、转型风险和责任风险 [http://iigf.cufe.edu.cn/info/1012/5813.htm[2023-12-20]; 日本东京海上日动火灾保险株式会社北京代表处和东京海上日动火灾保险(中国)有限公司, 2022]。

2.1 物理风险

物理风险是指极端或异常天气气候事件对经济活动造成损害的风险, 具有短期、中期和长期影响的时间属性。极端事件具有较强的不可预测性, 主要通过影响家庭、企业、银行和保险公司的资产负债表引发宏观经济和金融不稳定 (中国人民银行研究局课题组, 2020), 甚至引发系统性风险。从类型来看, 物理风险包括主要灾害和次生灾害两类。

主要灾害 (也称原生灾害、首灾等, Primary) 指的是灾害链中最早发生的灾害, 例如海冰消退、海平面上升、干旱等缓发性灾害以及台风、暴雨、寒潮、雷电、野火类极端天气气候事件 (Wang et

al., 2019, 2022)。根据 IPCC 第六次评估报告, 在气候变化的影响下, 全球尺度陆地区域强降水事件未来将继续显著增强, 全球海平面高度截至 2100 年预计将较 1900 年至少上升 0.38 m, 导致沿海地区海岸线进一步退化, 严重威胁沿海地区的财产安全, 强热带气旋 (4~5 类) 的比例和最强热带气旋的峰值风速将在全球范围内增加。

次生灾害 (Secondary) 通常指的是由原生灾害所诱导出来的灾害, 具有后发性, 例如, 2017 年北美哈维、厄玛和玛丽亚 (HIM) 3 大飓风带来严重暴雨这一主要灾害的同时, 进一步导致了美国休斯顿大面积的破坏性洪水等次生灾害损失。此外, 气候变化通过影响生物多样性, 导致生态系统失衡, 威胁水安全和粮食安全, 进一步影响城市基建、生产和供应链, 也属于次生灾害的范畴。

气候变化物理风险会对全球水安全和粮食安全构成严重威胁。以水安全为例, 气候变化会进一步加重水资源时空分布不均的现状, 导致水灾发生频率增加。在气候变化影响下, 全球水文循环明显加强 (Oki and Kanae, 2006; Immerzeel et al., 2010; Pascolini-Campbell et al., 2021), 对流层和地表水汽含量增加, 中高纬度极端降水事件增加 (Yin et al., 2018; 姜彤等, 2020; Douville et al., 2021), 全球陆地蒸散发量增加 [日本东京海上日动火灾保险株式会社北京代表处和东京海上日动火灾保险(中国)有限公司, 2022]。中国西北地区融雪径流呈显著增加趋势, 北方其他地区河流年径流量呈下降趋势 (秦鹏程等, 2022), 长江上游径流增加, 汛期洪水风险和防洪调度压力增加 (Qin et al., 2020)。此外, 由于极端降水频次和强度的增加, 我国局部地区洪涝灾害风险会显著增加。

粮食安全方面, 气候变化通过影响全球水文循环, 进一步影响粮食生产, 甚至造成部分地区的季节性粮食作物大幅减产 (Thompson, 2019; Holtermann, 2020; 苏芳等, 2022), 对粮食安全构成威胁。水稻、玉米等作物对温度等气候指标敏感, 气温升高会缩短粮食作物的正常生长周期, 对粮食单产造成不可估量的损害, 威胁粮食供给与利用。此外, 气温上升可能使农业害虫的分布范围和生存环境发生变化、成活率提高, 进而加剧农业病虫害爆发, 造成粮食减产 (黄维等, 2020; 余福海和彼得·韦恩斯, 2020)。

气候变化可能使一些资产风险溢价上升, 从而引起价格波动, 抬升资产价格。对保险业来说, 物

理风险带来的冲击主要反映在负债端，对财产险、人身险损失发生率、强度都产生影响。气候物理风险对财产险影响显著（图 1），从短期来看，会引起财产险理赔率上升、赔付成本上涨，对财险公司造成严重赔付损失，从长期来看，会显著影响财险产品的结构与定价（王信和姜晶晶, 2021）。对人身险来说，物理风险的影响同样不容忽视，不断变暖的环境可能增加心血管和呼吸系统疾病的发生频率，或间接影响传染病的病原体、宿主和传播媒介，影响病毒的活性和适应性，从而改变传染病的发生和传播途径，加剧新型传染病的发生传播，引发公共卫生事件。保险业需要充分发挥风险补偿和资金融通的功能，积极应对气候变化的负面影响，大力发挥在绿色金融体系中的职责，在资产端和负债端双管齐下，为适应和减缓气候变化作出应有贡献。

2.2 转型风险

转型风险被认为是最重要的气候风险（张帅等, 2022）。它是指在应对气候变化的过程中，公共政策举措、法院裁决、市场情绪、消费者偏好发生改变，或发生重大技术变革，可能影响企业和资产估值，从而引发的经济或金融风险，是向低碳经济转型相关的中断和转移产生的风险（<http://iigf.cufe.edu.cn/info/1012/5813.htm>[2023-12-20]; 方云龙和蓝虹, 2023）。如清洁能源发展对传统煤炭和石油企业带来的冲击、碳税的实施提升碳密集型企业的经营成本等。转型风险主要通过资产搁浅引发信用风险、市场风险、经营风险和流动性风险，从而影响金融稳定（图 2）。Dietz et al.（2016）指出，

如果全球平均地面气温较工业化前水平上升 2.5°C，全球近 2% 的金融资产将面临风险。气温上升 5°C 可能造成相当于全球可管理资产存量 5% 的损失。据国际能源署（<https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2020>[2023-12-10]）预测，截至 2050 年，高碳行业的资产搁浅规模将达 10 万亿美元，到 2100 年可能高达 28 万亿美元。这类搁浅资产与化石燃料、碳密集型基础设施、房地产和车船等行业密切相关。

此外，巨额搁浅资产通过价值重估、再投资与重置成本，影响保险公司的资产负债表（王信和姜晶晶, 2021），造成资产价值下降，会对保险公司投资收益、保费收入产生影响，致使资本市场的交叉关系进一步放大，对金融行业造成严重冲击，进而引发系统性金融风险。此外，其伴随的气候风险可能导致大量资产重新估价，从而引发的银行信贷和保险服务收缩有自我强化趋势，使银行、保险机构降低提供金融服务的意愿（都海珊等, 2022）。

气候变化会对保险公司的经营活动和投资决策造成影响。一是信用风险。更高的排放标准和环保要求会影响保险公司的业务范围和资产负债，导致企业利润、保费收入下降，信用风险增加。二是市场风险。碳排放价格上升，会导致高碳行业的股价下跌，金融市场会大量抛售碳密集型资产，随之引发流动性风险甚至其他一系列连锁反应，严重增加保险负债端面临的转型风险。三是经营风险。气候变化可能导致投资损失或保险营业中断，且由于保险公司无法精确预测未来灾害发生的频率及严重程

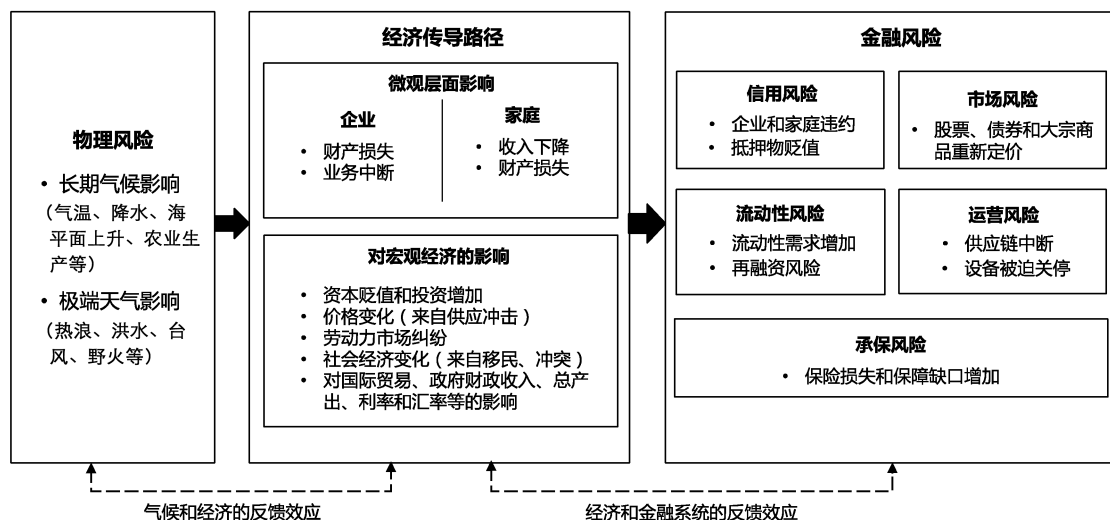


图 1 物理风险对经济和金融系统的影响 (NGFS, 2020)。

Fig. 1 Impact of physical risks on the economic and financial system (NGFS, 2020).

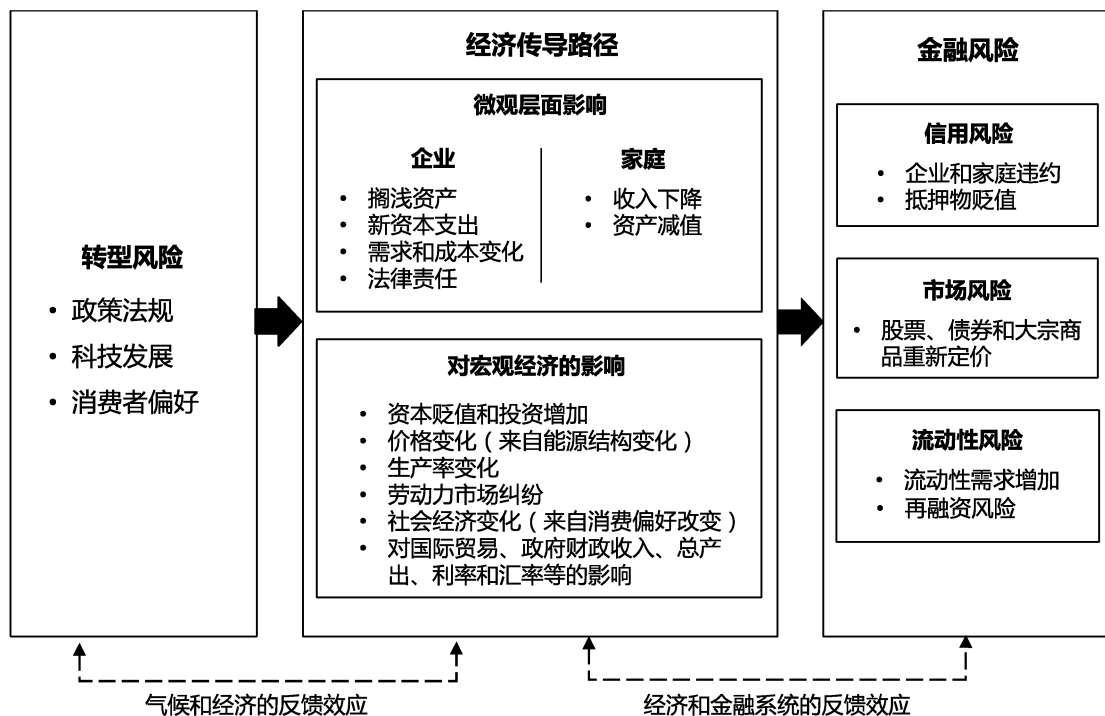


图 2 转型风险对经济和金融系统的影响 (NGFS, 2020)。

Fig. 2 Impact of transition risks on the economic and financial system (NGFS, 2020).

度，因此可能面临重大损失。四是流动性风险。气候变化可能导致部分资产流动性降低，从而造成损失。

2.3 责任风险

责任风险指针对投保人的索赔风险，涉及由于环境风险管理不足而遭受损失的相关法律和声誉风险。例如，气候变化造成的损失或未能管理气候风险以及针对保险公司的气候相关行动。在资产端，为高污染或高温室气体排放的工业和活动提供资金造成的法律或声誉风险；在负债端，涉及的职业责任保险等的保险理赔责任。当事人在遭受气候变化造成的损失时，会要求他们认为应当承担责任的主体的赔偿，如果索赔成功且被索赔方已投保了责任保险，则被索赔方的部分或全部成本就转嫁给保险公司。责任风险出现在责任保险业务中，其与立法体制和执法环境高度相关（王向楠，2020）。

3 气候变化造成的保险赔付

3.1 国际和国内灾害保险赔付现状

气候变化是保险业面临的重大风险之一，会造成保险业巨额损失（Mills, 2005, 2012; Hecht, 2008）。从负债端来看，保险业直接承保气候变化

等风险事件的损失。21 世纪以来，全球大型气候变化相关灾害索赔事件与飓风、台风、洪水的发生密切相关，由气候变化灾害引发的保险赔付不断增加，索赔总额已从 20 世纪 80 年代的年均约 45 亿美元增加到 2015~2018 年的年均约 136 亿美元。2014~2023 年自然灾害保险损失年均增速为 5%~7%，气候变化为世界各国经济发展带来严重威胁和不确定性。

数据显示，2005 年美国“卡特里娜”飓风造成 1350 亿美元损失，保险赔付约 450 亿美元。2011 年泰国洪水造成 450 亿美元经济损失，保险赔付 120 亿美元。据瑞士再保险（以下简称“瑞再”）研究院统计（[https://www.swissre.com/press-release/Hurricane-Ian-drives-natural-catastrophe-year-to-date-insured-losses-to-USD-115-billion-Swiss-Re-Institute-estimates/2ab3a681-6817-124862-8411-94f4b8385cee\[2022-12-01\]](https://www.swissre.com/press-release/Hurricane-Ian-drives-natural-catastrophe-year-to-date-insured-losses-to-USD-115-billion-Swiss-Re-Institute-estimates/2ab3a681-6817-124862-8411-94f4b8385cee[2022-12-01])），2022 年全球自然灾害造成保险损失约 1150 亿美元，远远高于 2013~2022 年平均 810 亿美元，保险和再保险行业赔付了约 45% 的经济损失，其中，飓风“伊恩”是 2022 年保险损失最严重的单次自然灾害，保险损失约为 500~650 亿美元，澳大利亚和南非的洪水以及法国和美国的冰雹等灾害造成了超过 500 亿美

元的保险损失。据全球保险经纪公司加拉格尔 (Gallagher) 统计, 2023 年第一季度全球自然灾害经济损失达 770 亿美元, 其中, 保险承担了 220 亿美元经济损失。此外, 2023 年的新西兰热带气旋加布里埃尔和西班牙干旱分别给保险业带来 8.9 亿美元和 3 亿欧元的索赔压力。

据联合国报告显示, 过去 20 年间气候灾害发生频率明显增加, 中国受灾数量居全球之首。2005 年, 中国浙江省由于台风 5 次登陆造成经济损失 286.81 亿元, 保险公司总赔付金额近 6 亿元。据原中国银保监会统计, 2021 年中国保险业应对自然灾害的赔付金额已达 186 亿元, 其中财产险赔付金额 184.8 亿元, 人身业务赔付金额 1.2 亿元。据保险业协会统计, 2022 年保险业涉及重大自然灾害的赔付约 635.52 亿元, 投入防灾减灾资金约 2.34 亿元, 预计减少灾害损失约 22.77 亿元。

3.2 主要灾害和次生灾害分别造成的保险损失

从 1983~2022 年来每十年平均的灾害事件数量 (图 3) 来看, 1983 年以来, 受气候变化的影响, 主要灾害和次生灾害都呈现中型及以下程度的灾害发生数量不断上升的特征。其中灾害爆发频率最高的是低风险损失灾害事件, 十年际尺度的中低风险损失灾害事件和中型风险损失灾害事件的发生频率变化较为一致。中型风险损失灾害事件的发生频率和保险业损失高度相关, 灾害发生次数高, 保险损失增加, 反之亦然。高风险损失灾害事件的发生频率并未随时间发生明显变化, 而主要灾害发生造成保险业损失显著增加, 这与气候变化造成自然灾害损失的发生强度明显增强密切相关。

当前, 次生灾害占保险损失的大部分, 并呈现显著的损失继续增加的特征。瑞再研究院指出, 2020 年, 全球承保灾害损失的 70% 是由次生灾害造成的, 从 10 年际甚至更长时间尺度来看, 次生灾害造成的承保损失分别为 65% (10 年平均水平) 和 50% (长期历史平均水平)。与主要灾害损失相比, 次生灾害造成的保险损失主要集中在中等程度及以下的灾害事件中, 保险损失自 1983 年以来随时间不断加剧, 2003~2012 年和 2013~2022 年, 中级灾害损失成倍增加, 且损失金额是低风险灾害损失的 2 倍以上。

1983 年以来的 10 年平均自然灾害保险损失数据表明 (图 4), 自 1983 年以来的 4 个 10 年期间, 保险业的灾害损失赔付金额整体呈上升趋势。其中,

主要灾害是 10 年平均保险损失超过 50 亿美元的主要灾害类型, 且在 1983~1992 年、1992~2002 年、2003~2012 年和 2013~2022 年 4 个 10 年呈现整体逐渐上升的灾损态势。次生灾害是 10 年平均保险损失不超过 50 亿美元的主要灾害类型, 且在 1983~1992 年、1992~2002 年、2003~2012 年和 2013~2022 年 4 个 10 年呈现明显的周期性灾损特征。结合图 3、图 4 可知, 自 1983 年以来, 平均每起主要灾害或次生灾害造成的保险赔付额度均明显上升。值得注意的是, 对于最严重的灾害事件而言, 2013~2022 年 10 年平均的保险损失明显小于前一时 2003~2012 年, 这可能与保险业应对巨灾风险的技术和能力得到了增强有关。

3.3 气候变化对保险业影响的长期趋势

整体来看, 1992~2022 年与气象灾害相关的保险损失特征与气候变化背景下 CO₂ 排放特征较为一致, 均呈现线性增长趋势 (图 5), 这表明, 气候变化对 20 世纪 90 年代以来全球保险业的影响非常关键, 是近年来保险业赔付增加的重要原因之一。从细分市场来看, 气候变化主要影响国际巨灾保险市场, 其对再保险的市场费率周期起关键作用。

从中长期来看, 未来气候变化灾害对保险业的影响将不断加剧。联合国环境规划署 (UNEP) 预测, 至 2040 年, 气候变化导致的保险赔付金额将每年达到 1 万亿美元。瑞再研究院指出, 至 2040 年, 气候风险可能会使欧洲主要市场的保险财产巨灾损失增加一倍以上。瑞再研究院在量化气候变暖对经济的影响时指出, 如果不对气候变化采取任何行动, 到 2050 年世界经济损失将占 GDP 的 18%。亚洲经济体将受到最严重的打击, 但在严峻的情况下, 欧洲损失将占 GDP 的 10.5%, 其中一些非洲大陆受影响最大的国家损失将占 GDP 的 13%。据荷兰中央银行 (DNB) 估计, 到 2085 年, 与气候有关的索赔负担可能比 2016 年增加 25%~131%, 这与冰雹和雷电的频率和强度不断增加、降雨强度增加以及海平面上升密切相关。

值得注意的是, 当前全球 76% 的自然灾害保险保障需求都没有投保, 存在巨大的风险保障缺口, 这说明, 气候变化在带来风险和灾害的同时, 也为保险市场带来新机遇。保险业未来应加大力度发展巨灾模型, 深入探究气候变化主要灾害和次生灾害之间相互影响机理, 提高保险业的气候变化风险应

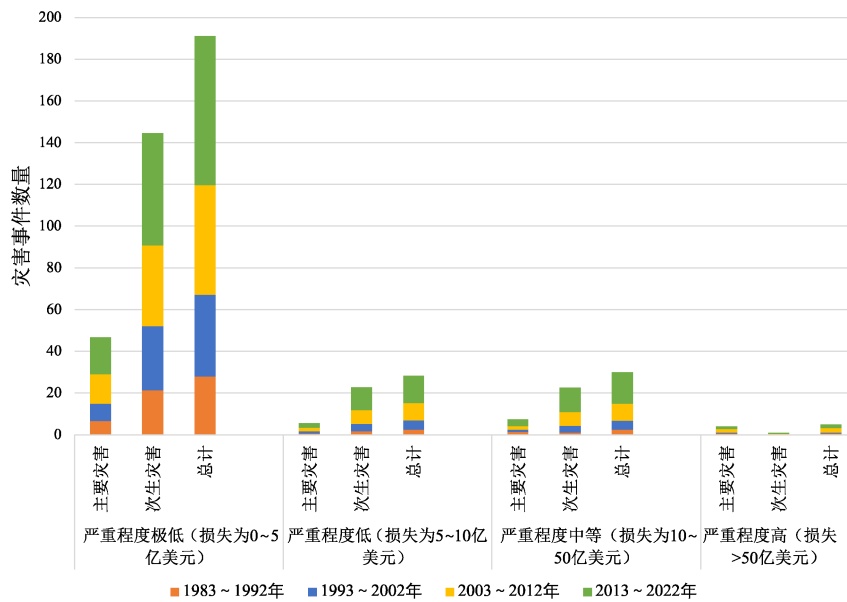


图3 按自然灾害严重程度分类（严重程度极低：灾害造成的保险损失在0~5亿美元范围内；严重程度低：灾害造成的保险损失在5~10亿美元范围内；严重程度中等：灾害造成的保险损失在10~50亿美元范围内；严重程度高：灾害造成的保险损失超过50亿美元）的10年平均的灾害事件数量（数据来源：瑞士再保险研究院）。

Fig. 3 10-year averages of number of events by severity category (natural catastrophes with very low severity contribute to insured losses are less than USD 0.5 billion, natural catastrophes with low severity contribute to insured losses ranging from USD 0.5–1 billion, natural catastrophes with medium severity contribute to insured losses ranging from USD 1–5 billion, and natural catastrophes with high severity contribute to insured losses more than USD 5 billion) (date source: Swiss Reinsurance Institute).

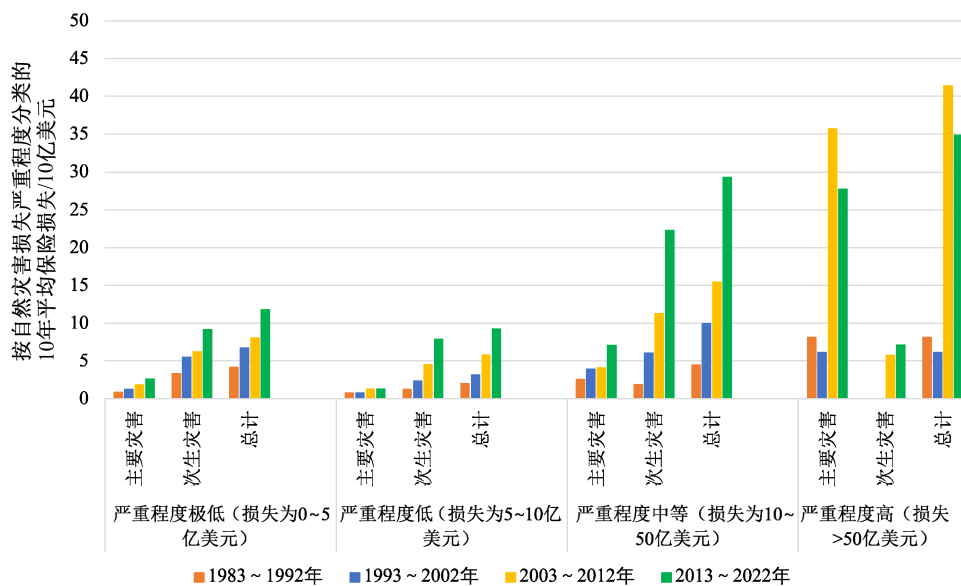


图4 同图3，但为10年平均保险损失（数据来源：瑞士再保险研究院）。

Fig. 4 Same as Fig. 3, but for 10-year averages of insured losses (date source: Swiss Reinsurance Institute).

对，帮助行业识别、防范和化解气候变化风险。保险资金运用方面，保险公司未来应制定全面的气候风险评估指标，对公司资产端的气候变化风险进行识别并进行绿色投资，以应对气候变化对保险的资金融通功能和中长期的投资决策带来的影响（蔡

宇, 2020）。

4 保险业的气候变化应对与实践

保险业是最早关注并深入研究气候变化及其风

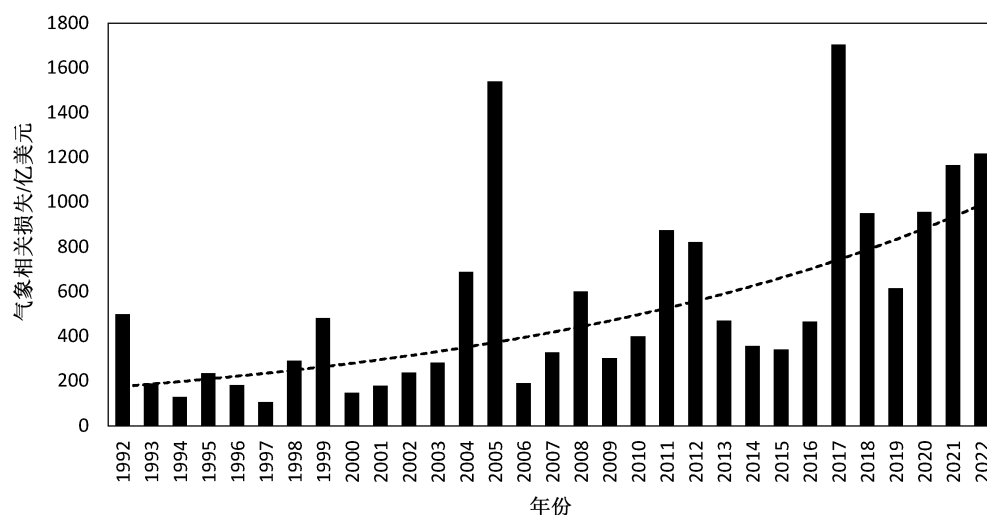


图 5 1992~2022 年气象灾害造成的保险赔付 (柱和虚线分别表示每年保险赔付金额和赔付的际趋势) (数据来源: 瑞士再保险研究院)。

Fig. 5 Insured losses by natural catastrophes from 1992 to 2022 (bars and dashed line represent annual insured losses and interannual trend of insured losses, respectively) (date source: Swiss Reinsurance Institute).

险的行业之一。近年来,越来越多的保险、再保险、保险经纪等保险经营主体更加积极地回应气候变化挑战,推出了一系列应对气候变化的新举措、新倡议和新产品,在气候变化全球治理中发挥独特价值。

4.1 保险业创新推出气候变化相关保险产品和解决方案

4.1.1 以天气指数保险为代表的产品创新

天气指数保险是将一个或者几个气候条件(如气温、降水、风速等)对保险标的物(如农作物)的损害程度指数化,形成的指数同保险标的物产量或者损失结合起来,依据不同指数等级进行赔付的保险。相较传统保险,指数保险根据客观气象数据决定是否出险,极大地节约了保险公司理赔查勘的人力物力成本,也一定程度减少了保险人与被保险人之间的争议,规避了潜在的道德风险。涉及农业领域的指数保险创新产品主要包括玉米气象指数大灾保险、茶叶气象指数保险、大闸蟹气温指数保险、蜂业气象指数保险、藏系羊牦牛降雪量气象指数保险、蔬菜种植气象指数保险、牛羊天气指数保险等;在巨灾领域,保险业为高温热害、暴雨洪涝提供灾害指数保险,基于连续降雨量、台风等级等参数触发赔付;生命健康领域,众安保险于 2014 年推出了面向个人的“37°C 高温险”,当被保险人因身处投保区域高温天数超过免赔天数而需要额外支出生活成本时,触发保险索赔。2023 年,印度推出极端高温收入损失保险产品,为受极端高温

事件影响的印度非正规部门工作的女性提供收入损失补偿。

4.1.2 巨灾模型创新

历史上,保险再保险行业开发及应用巨灾模型进行巨灾风险预测,并开展承保和资本规划。近年来,巨灾模型更多地将气候变化因素及其影响纳入建模,可以通过应用巨灾模型对极端气候风险做出前瞻性评估,助力应对气候变化及防灾减损。巨灾模型一般由灾害模块、风险暴露模块、易损性模块和金融模块构成,在实践中,巨灾模型开发人员应用多项技术来消除历史偏差,纠正模型,以反映相关自然灾害的长期变化。国际上,主流巨灾模型公司包括 AIR、RMS 和 EQECAT。近年来,中国再保深耕巨灾模型的研发,先后推出第一个中国台风、地震、洪涝巨灾模型以及第一个国际巨灾组合分析平台、第一个行业落地的智慧防灾防损云平台,实现国产化自主可控,为中国提升气候变化应对能力与应急管理能力提供了技术支撑。

4.1.3 风险减量管理服务创新

通过总结历史索赔数据,保险公司可以为社会提供风险知识,并向客户提出应对气候变化与极端天气灾害的防灾减损建议,助力风险减量管理。例如,欧洲保险公司近年来在财险合同中引入气候变化适应相关条款,为采取风险减量管理措施的客户提供降低费率等优惠,具体措施主要包括房屋采用防洪门窗、建立天气警报系统等等,为全社会降低

风险总暴露、减小经济损失作出贡献。中国近年来相关实践也日益丰富，例如中国再保为鼎和财险与南方电网打造定量化台风预警流程，提供面向电网资产的防灾减损综合解决方案，在台风生成时提前计算输电塔易脆性并预测保险损失，对可能影响配电大局的关键塔点进行提前设防与资源调度，保障以新能源为主体的新型电力系统稳健运行。

4.1.4 保险连接证券创新

保险公司通过向资本市场发售保险连接证券为其承保的巨灾风险提供补充保障，构建多层次巨灾风险分散机制，进一步扩大保险再保险行业对巨灾保险的承保能力。美国芝加哥期货交易所早在 1992 年就推出了首个 ISO 指数巨灾期货、巨灾债券等风险转移手段，在保险业应对气候变化方面发挥重要作用。根据 Artemis 统计，2022 年巨灾债券和保险连接证券 (ILS) 发行量达 105 亿美元。

4.2 保险公司积极将气候研究纳入公司整体规划

从保险公司的实践来看，除产品创新以外，国际大型保险机构为平抑和分散极端天气变化带来的风险推行了一系列举措，包括兼并收购和战略制定。以慕尼黑再保险公司（以下简称“慕再”）为例，该公司自 1899 年便首次提供自然灾害保险，并于 1974 年成立地理风险研究部 (Geo Risks Research)，与世界各地政治家、科学家、实业家和保险公司建立合作伙伴关系，组建风险评估科学和工程团队，为客户提供气候变化保险产品创新和风险解决方案，并于 2013 年收购天气风险专业公司 RenRe Energy Advisor (REAL)，提升自身天气风险保障能力。战略制定方面，瑞士再保险、慕尼黑再保险和法国再保险等多家头部保险再保险公司推出气候雄心战略，提出渐进式气候保护目标并制定减碳排战略，助力实现《巴黎气候协定》目标。

4.3 深度参与气候变化风险应对国际合作

为充分发挥保险应对气候变化风险的作用，国际组织纷纷建立了多边合作倡议、原则和框架。2012 年，联合国环境规划署金融倡议 (United Nations Environment Program Finance Initiative, UNEP FI) 发起《可持续保险原则》(United Nations Principles for Sustainable Insurance, UN PSI) ([https://www.unepfi.org/insurance/insurance/\[2024-01-22\]](https://www.unepfi.org/insurance/insurance/[2024-01-22]))，旨在为全球保险业应对 ESG 风险与机遇建立实践框架，目前全球加入该框架的保险机构达 499 家。2015 年，

七国集团 (G7) 发起了《G7 气候风险保险倡议》

(<https://www.un.org/esa/ffd/ffd3/commitments/commitment/g7-climate-risk-insurance-initiative.html> [2024-01-22])；2017 年，二十国集团 (G20) 和气候脆弱二十国集团 (V20) 主导，在气候变化 COP23 大会上正式启动了气候与灾害风险金融与保险全球合作伙伴关系 (InsuResilience Global Partnership for Climate and Disaster Risk Finance and Insurance, IGP)，旨在增强最脆弱群体对气候变化和灾害风险的抵御能力。2022 年，G7 与 V20 正式启动了气候风险全球盾计划，通过提供保险工具、风险知识、金融支持等方式，帮助脆弱的发展中国家应对气候风险，首批接受者包括孟加拉国、斐济、加纳、巴基斯坦、菲律宾和塞内加尔等国家。在上述多边合作机制中，国际保险机构均为核心参与者，贡献气候变化风险知识、风险管理能力与承保能力。这些框架、倡议的确立为保险业应对气候变化提供了基础保障，帮助全球保险公司与监管机构防范气候风险。

与此同时，国际保险业也主动发起成立气候变化领域国际组织。2006 年，全球部分主要保险公司与剑桥大学可持续发展领导力研究所共同成立 ClimateWise 合作组织，聚合保险行业与学术界资源，帮助保险业应对气候风险，目前已有 44 家保险再保险公司加入并每年披露气候相关风险。2021 年，德国安联集团、法国安盛集团、意大利忠利保险、英国英杰华集团、慕尼黑再保险、法国再保险、瑞士再保险和苏黎世保险集团等 8 家全球保险再保险公司在联合国框架下发起成立净零保险联盟 (Net-Zero Insurance Alliance, NZIA)，承诺 2050 年实现承保组合净零排放，此后陆续有多家大型保险公司加入，截止 2023 年 NZIA 共有 20 多家参与成员。虽然 2023 年在美国政治压力与反垄断诉讼风险影响下，9 家大型保险公司被迫退出 NZIA，但上述保险公司仍坚持既定净零承诺，积极为气候变化应对作出贡献。

4.4 中国的气候应对政策

中国将应对气候变化作为国家战略，融入生态文明建设整体布局和社会经济发展全局，把系统观念贯穿碳达峰碳中和工作全过程，加强顶层设计；加强统筹协调，2021 年成立碳达峰碳中和工作领导小组；将绿色低碳发展作为国民经济社会发展规

划的重要组成部分，中国“十四五”规划和2035年远景目标纲要将“2025年单位GDP二氧化碳排放较2020年降低18%”作为约束性指标；构建完成“1+N”政策体系，其中“1”是中国实现碳达峰碳中和的指导思想和顶层设计，“N”是重点领域、重点行业实施方案及相关支撑保障方案。2021年10月，中国正式提交《中国落实国家自主贡献成效和新目标举措》（<https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/%E4%B8%AD%E5%9B%BD%E8%90%BD%E5%AE%9E%E5%9B%BD%E5%AE%B6%E8%87%AA%E4%B8%BB%E8%B4%A1%E7%8C%AE%E6%88%90%E6%95%88%E5%92%8C%E6%96%B0%E7%9B%AE%E6%A0%87%E6%96%B0%E4%B8%BE%E6%8E%AA.pdf>[2024-01-22]）和《中国本世纪中叶长期温室气体低排放发展战略》（http://www.ncsc.org.cn/zt/2021_COP/202111/P020211110591154262243.pdf[2024-01-22]）：提出落实国家自主贡献的新目标新举措，制定长期温室气体低排放发展战略。2022年6月，中国发布《国家适应气候变化战略2035》（<https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk03/202206/W020220613636562919192.pdf>[2024-01-22]），提出新时期中国适应气候变化工作的指导思想、主要目标和基本原则。习近平总书记在二十大报告中指出，要“积极参与应对气候变化全球治理”。此外，2022年12月的中央经济工作会议也明确指出要“有效防范化解重大经济金融风险”，其中就包括气候变化的风险影响。2023年习近平在全国生态环境保护大会上强调，要把应对气候变化、新污染物治理等作为国家基础研究和科技创新重点领域，狠抓关键核心技术攻关。

4.5 保险业应对气候变化的现存问题和挑战

保险业已有的气候应对举措在帮助识别和应对气候变化风险，减小气候变化风险敞口上发挥着重要作用。然而，气候变化及极端天气事件具有显著的非线性、无固定周期且极易受到人类活动等因素影响，因此，气候变化相关损失具有难以预测的特点。

同时，值得注意的是，气候变化风险并非独立于其他所有风险之外存在的，地球系统的农业发展、建筑安全、交通运输、水安全与水循环、粮食丰歉和生命安全都可能受到气候变化的严重影响，此类

风险发生概率虽小，但其发生对人身安全和经济损失带来的危害不可估量。因此，从这一角度来看，气候风险的影响是严峻且深远的，迫切需要保险公司采取有效可行的风险应对措施以防范化解气候风险。

实际上，当前国内外保险业聚焦气候变化问题，多数是从减缓和适应两个维度考虑的，其重点通常聚焦于保风险的传统气候巨灾（如台风、洪涝事件）保险以及促发展的绿色保险业务和产品上，而对将气候变化风险与建筑、沿海城市海岸线变化、高温热浪事件建立联系以强化风险识别、建立长效风险管理机制的认识和实践尚不足，相应的保险产品、业务发展还处于初级探索阶段，这些都为保险业服务气候变化减缓目标带来挑战，也对保险公司未来加大力度开展气候变化方面研究、参与绿色、抗飓风建筑物的设计和推广使用、开发相关保险和金融产品来转移气候变化风险，并从中获取商业机会提出了更高要求。

5 保险业应对气候变化的建议与展望

本文系统梳理了气候变化引起的保险赔付压力，回顾了保险业应对气候变化的相关实践，旨在为保险业加强气候变化风险识别与应对、提高气候变化风险管理能力并积极践行国家“双碳”目标提供借鉴。保险业的实践在帮助识别和应对气候变化风险，减小气候变化风险敞口上发挥着重要作用。但也要清醒认识到，保险业仍处于应对气候变化的初步探索阶段，保险产品种类不够丰富，定价与理赔经验有待积累，巨灾模型预测精度有待提升，保险保障缺口仍然较大。特别是与国际成熟市场相比，中国保险深度、密度较低，保险损失占自然灾害经济损失比重较低。中国保险业应进一步提升应对气候变化质效，充分发挥保险作为重要金融手段与市场化风险管理手段的独特作用，为国家应对气候变化作出更大贡献：

（1）对标监管要求，着力强化自身气候风险管理能力。加强气候变化影响研究，发展和迭代巨灾模型、开发气候风险预测模型和损失定价模型，合理制定产品费率、条款和承保条件，提升气候风险保障产品定价能力；积极结合IPCC排放情景开展风险评估，定期开展气候变化风险压力测试，提

升风险管理水平，加强气候变化的风险预警和风险管理；将气候风险战略与业务战略保持一致，确定气候风险偏好，制定实际风险限额和规则，充分挖掘气候变化风险减量需求，拓宽气候风险减量服务范围，提升服务水平。将气候变化纳入全面风险管理体系是保险业有效应对气候变化的必然要求。

(2) 践行国家“双碳”战略要求，坚持可持续发展原则，加大产品创新的投入力度。紧紧围绕实体经济需求，积极推动气候保险产品开发，推动巨灾保险供给侧改革，把握差异化市场竞争策略，扩大保障范围，助力实体经济适应气候变化；探索清洁能源发电指数保险、储能保险、新能源汽车保险、碳汇保险等产品开发，助力绿色产业发展和减缓气候变化，为社会各领域提供涵盖风险减量管理服务的综合性风险解决方案。加强科技在保险产品和服务中的应用，运用巨灾模型、大数据、云计算、人工智能、物联网等前沿技术，赋能气候变化保险产品创新与风险管理，提升应对气候变化整体效能。保险业应牢牢把握气候变化带来的产品创新发展新机遇。

(3) 持续加强跨行业合作，提升数据管理水平。在数据合作方面，与气象部门等专业机构加强合作，共同建立气候风险相关数据库并合作建模，为优化迭代巨灾模型奠定数据基础。建立气候信息披露标准，在一般性披露、公司治理框架、保险风险敞口、金融投资和其他投资政策等方面嵌入气候风险相关因素进行定期披露。同时，向银行业等其他金融行业，以及农业、制造业输出相关服务，助力各行业提升气候变化风险应对能力。保险业应进一步发挥行业优势，搭建起不同行业信息沟通的桥梁，克服行业间信息不对称、多源数据采集困难等问题。

参考文献 (References)

Braun A, Utz S, Xu J H. 2019. Are insurance balance sheets carbon-neutral? Harnessing asset pricing for climate change policy [J]. *The Geneva Papers on Risk and Insurance-Issues and Practice*, 44(4): 549-568. doi:10.1057/s41288-019-00142-w

蔡宇. 2020. 法国保险公司气候变化的信息披露 [J]. *中国金融*, (13): 85-86.

Cai Y. 2020. Information disclosure on climate change by French insurance companies [J]. *China Finance (in Chinese)*, (13): 85-86.

陈国进, 郭珺莹, 赵向琴. 2021. 气候金融研究进展 [J]. *经济学动态*,

(8): 131-145. Chen G J, Guo J Y, Zhao X Q. 2021. Research progress on climate finance [J]. *Economic Perspectives (in Chinese)*, (8): 131-145.

陈睿山, 郭晓娜, 熊波, 等. 2021. 气候变化、土地退化和粮食安全问题: 关联机制与解决途径 [J]. *生态学报*, 41(7): 2918-2929. Chen R S, Guo X N, Xiong B, et al. 2021. Climate change, land degradation and food insecurity: Linkages and potential solutions [J]. *Acta Ecologica Sinica (in Chinese)*, 41(7): 2918-2929. doi:10.5846/stxb201909221976

Dietz S, Bowen A, Dixon C, et al. 2016. 'Climate value at risk' of global financial assets [J]. *Nature Climate Change*, 6(7): 676-679. doi:10.1038/nclimate2972

Douville H, Raghavan K, Renwick J, et al. 2021. Water cycle changes supplementary material [M]/Masson-Delmotte V, Zhai P, Pirani A, et al. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Cambridge: Cambridge University Press, 1055-1210.

都海珊, 张秀霞, 樊晓娟. 2022. 气候变化对宏观经济的影响 [J]. *青海金融*, (3): 18-23. Du H S, Zhang X X, Fan X J. 2022. The impact of climate change on the macro economy [J]. *Qinghai Finance (in Chinese)*, (3): 18-23. doi:10.3969/j.issn.1007-841X.2022.03.003

方琦, 钱立华, 鲁政委. 2023. 金融支持“双碳”目标的新趋势——2023年绿色金融趋势展望 [J]. *金融与经济*, (1): 3-14. Fang Q, Qian L H, Lu Z W. 2023. The new trends of financial support for the “carbon peaking and carbon neutrality goals” —The outlook of green finance trends in 2023 [J]. *Finance and Economy (in Chinese)*, (1): 3-14. doi:10.19622/j.cnki.cn36-1005/f.2023.01.001

方云龙, 蓝虹. 2023. 气候相关风险对金融行业的冲击与应对研究 [J]. *新金融*, (6): 60-67. Fang Y L, Lan H. 2023. Research on the impact and response of climate related risks on the financial industry [J]. *New Finance (in Chinese)*, (6): 60-67.

Hecht S B. 2008. Climate change and the transformation of risk: Insurance matters [J]. *UCLA Law Review*, 55(6): 1559.

Holtermann L. 2020. Precipitation anomalies, economic production, and the role of “first-nature” and “second-nature” geographies: A disaggregated analysis in high-income countries [J]. *Global Environmental Change*, 65: 102167. doi:10.1016/j.gloenvcha.2020.102167

黄维, 吴炫柯, 刘永裕, 等. 2020. 气候变化对广西双季稻种植布局的影响 [J]. *中国农业气象*, 41(9): 539-551. Huang W, Wu X K, Liu Y Y, et al. 2020. Impact of climate change on layout of double cropping rice in Guangxi [J]. *Chinese Journal of Agrometeorology (in Chinese)*, 41(9): 539-551. doi:10.3969/j.issn.1000-6362.2020.09.001

Immerzeel W W, Van Beek L P H, Bierkens M F P. 2010. Climate change will affect the Asian water towers [J]. *Science*, 328(5984): 1382-1385. doi:10.1126/science.1183188

姜彤, 孙赫敏, 李修仓, 等. 2020. 气候变化对水文循环的影响 [J]. *气象*, 46(3): 289-300. Jiang T, Sun H M, Li X C, et al. 2020. Impact of climate change on water cycle [J]. *Meteorological Monthly (in*

- Chinese), 46(3): 289–300. doi:10.7519/j.issn.1000-0526.2020.03.001
- 刘玉焕. 2023. 欧洲保险公司气候战略研究与分析 [J]. 海南金融, (10): 76–85. Liu Y H. 2023. Research and analysis on climate strategy of European insurance companies [J]. Hainan Finance (in Chinese), (10): 76–85. doi:10.3969/j.issn.1003-9031.2023.10.007
- Masson-Delmotte V, Zhai P M, Pirani A, et al. 2021. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2(1): 2391.
- Mills E. 2005. Insurance in a climate of change [J]. Science, 309(5737): 1040–1044. doi:10.1126/science.1112121
- Mills E. 2009. A global review of insurance industry responses to climate change [J]. The Geneva Papers on Risk and Insurance-Issues and Practice, 34(3): 323–359. doi:10.1057/gpp.2009.14
- Mills E. 2012. The greening of insurance [J]. Science, 338(6113): 1424–1425. doi:10.1126/science.1229351
- NGFS. 2020. Overview of environmental risk analysis by financial institutions [R]. 55pp.
- Nordhaus W D. 1991. To slow or not to slow: The economics of the greenhouse effect [J]. The Economic Journal, 101(407): 920–937. doi:10.2307/2233864
- Nordhaus W D. 1992. The ‘DICE’ model: Background and structure of a dynamic integrated climate–economy model of the economics of global warming [R]. Cowles Foundation Discussion Papers. 1252.
- Nordhaus W D. 2018. Evolution of modeling of the economics of global warming: Changes in the DICE model, 1992–2017 [J]. Climatic Change, 148(4): 623–640. doi:10.1007/s10584-018-2218-y
- Oki T, Kanae S. 2006. Global hydrological cycles and world water resources [J]. Science, 313(5790): 1068–1072. doi:10.1126/science.1128845
- Pascolini-Campbell M, Reager J T, Chandanpurkar H A, et al. 2021. RETRACTED ARTICLE: A 10 per cent increase in global land evapotranspiration from 2003 to 2019 [J]. Nature, 593(7860): 543–547. doi:10.1038/s41586-021-03503-5
- 秦鹏程, 刘敏, 夏智宏, 等. 2022. 气候变化对我国水资源和重大水利工程影响研究进展 [J]. 气象科技进展, 12(6): 7–15. Qin P C, Liu M, Xia Z H, et al. 2022. Progress in assessing the impacts of climate change on China’s water resources and major water conservancy projects [J]. Advances in Meteorological Science and Technology (in Chinese), 12(6): 7–15. doi:10.3969/j.issn.2095-1973.2022.06.002
- Qin P C, Xu H M, Liu M, et al. 2020. Climate change impacts on Three Gorges Reservoir impoundment and hydropower generation [J]. J. Hydrol., 580: 123922. doi:10.1016/j.jhydrol.2019.123922
- 邱晓华, 李衡, 张艳杰, 等. 2021. 绿色金融支持碳中和目标: 国际国内实践及建议 [J]. 保险理论与实践, (6): 13–32. Qiu X H, Li H, Zhang Y J, et al. 2021. Green finance supporting carbon neutrality goals: International and domestic’s practices and suggestions [J]. Insurance Theory & Practice (in Chinese), (6): 13–32.
- 日本东京海上日动火灾保险株式会社北京代表处, 东京海上日动火灾保险(中国)有限公司. 2022. 日本保险行业应对全球气候变化的策略分析 [J]. 保险理论与实践, (3): 158–176. Japan Tokyo Marine Nichido Fire Insurance Co., Ltd. Beijing Representative Office, Tokyo Marine Nichido Fire Insurance (China) Co., Ltd. 2022. A strategic analysis of the Japanese insurance industry’s response to global climate change [J]. Insurance Theory & Practice (in Chinese), (3): 158–176.
- 苏芳, 刘钰, 汪三贵, 等. 2022. 气候变化对中国不同粮食产区粮食安全的影响 [J]. 中国人口·资源与环境, 32(8): 140–152. Su F, Liu Y, Wang S G, et al. 2022. Impact of climate change on food security in different grain producing areas in China [J]. China Population, Resources and Environment (in Chinese), 32(8): 140–152. doi:10.12062/cpre.20220515
- Thompson M. 2019. Climate change challenges for Queensland’s emergency management sector [J]. Australian Journal of Emergency Management, 34(1): 13.
- Wang H, Zheng F, Diao Y N, et al. 2022. The synergistic effect of the preceding winter Northern Hemisphere annular mode and spring tropical North Atlantic SST on spring extreme cold events in the mid-high latitudes of East Asia [J]. Climate Dyn., 59(11–12): 3175–3191. doi:10.1007/s00382-022-06237-w
- Wang Q Y, Li J P, Jin F F, et al. 2019. Tropical cyclones act to intensify El Niño [J]. Nature Communications, 10(1): 3793. doi:10.1038/s41467-019-11720-w
- 王向楠. 2020. 气候变化与保险业: 影响、适应与减缓 [J]. 金融监管研究, (11): 46–61. Wang X N. 2020. Climate change and insurance sector: Impacts, adaptation, and mitigation [J]. Financial Regulatory Research (in Chinese), (11): 46–61. doi:10.3969/j.issn.2095-3291.2020.11.003
- 王笑. 2021-11-10(011). 保险业支持“双碳”战略在行动 [N]. 金融时报. Wang X. 2021-11-10(011). The insurance industry supports the "Carbon Peaking and Carbon Neutrality Goal" strategy in action (in Chinese) [N]. Financial Times. doi:10.28460/n.cnki.njrsb.2021.005877.
- 王信, 姜晶晶. 2021. 气候相关金融风险: 中外保险业的差异及应对 [J]. 国际经济评论, (5): 22–33, 4–5. Wang X, Jiang J J. 2021. Climate-related financial risks: Differences between Chinese and foreign insurance industry and China’s countermeasures [J]. International Economic Review (in Chinese), (5): 22–33, 4–5.
- Yin J B, Gentile P, Zhou S, et al. 2018. Large increase in global storm runoff extremes driven by climate and anthropogenic changes [J]. Nature Communications, 9(1): 4389. doi:10.1038/s41467-018-06765-2
- 余福海, 彼得·韦恩斯. 2020. 后疫情时代的欧盟粮食安全战略——改革趋向、体系架构与政策启示 [J]. 世界农业, (12): 30–38, 128. Yu F H, Weyens P. 2020. European Union’s food security strategy in the Post-COVID-19: Reform trends, system architecture and policy implications [J]. World Agriculture (in Chinese), (12): 30–38, 128. doi:10.13856/j.cn11-1097/s.2020.12.004

- 张宁. 2021. 气候变化或致全球粮食危机 [J]. 生态经济, 37(8): 5-8.
- Zhang N. 2021. Climate change may lead to global food crisis [J]. *Ecological Economy (in Chinese)*, 37(8): 5-8.
- 张帅, 陆利平, 张兴敏, 等. 2022. 金融系统气候风险的评估、定价与政策应对：基于文献的评述 [J]. 金融评论, 14(1): 99-120, 124.
- Zhang S, Lu L P, Zhang X M, et al. 2022. Climate risk in financial system: Assessment, pricing, and management [J]. *Chinese Review of Financial Studies (in Chinese)*, 14(1): 99-120, 124.
- 张岩. 2023. 双碳目标背景下保险支持航运绿色转型研究 [D]. 辽宁大学硕士学位论文, 51pp.
- Zhang Y. 2023. Research on the green transformation of shipping supported by insurance under the background of carbon peaking and carbon neutrality goals [D]. M. S. thesis (in Chinese), Liaoning University, 51pp. doi:10.27209/d.cnki.glniu.2023.000368.
- 中国人民银行研究局课题组. 2020. 气候相关金融风险——基于央行职能的分析 [R]. 中国人民银行工作论文 No. 2020/3, 24pp.
- Research Bureau of the People's Bank of China Task Force. 2020. Climate-related financial risks: An analysis based on the functions of the central bank (in Chinese) [R]. PBC Working Paper No. 2020/3, 24pp.