

气候金融ESG白皮书 (基础篇)

摘要

全球气候危机正以愈发严峻的态势席卷而来，气候金融作为连接绿色转型与资金配置的核心纽带，成为应对气候变化的关键力量。它引导资本流向低碳领域，支撑可再生能源发展与气候韧性建设。本白皮书立足全球视野，系统梳理气候金融政策演进脉络，解析典型实践与创新路径。助力《巴黎协定》温控目标实现，让金融活水持续滋养绿色未来，共绘全球可持续发展新图景。



PREFACE

前言

气候金融的发展背景

近年来，全球气候变化形势愈发严峻，极端气候事件频发且强度不断升级，对人类社会经济发展构成重大威胁。世界气象组织《2023年全球气候状况报告》的数据显示，2015-2024年是有记录以来最热的十年，全球平均气温较工业化前已升高约1.1°C，2023年全球因极端高温、暴雨、飓风等气候灾害造成的经济损失高达3600亿美元。与此同时，温室气体排放仍处于高位，国际能源署《2024年全球能源与二氧化碳状况报告》的数据显示，2023年全球二氧化碳排放量达375亿吨，尽管可再生能源发展迅速，但化石燃料燃烧仍占全球碳排放的89%。

在此背景下，气候金融作为应对气候变化、推动经济绿色转型的关键手段，重要性日益凸显。气候金融通过市场化机制引导资金流向低碳、零碳领域，在支持可再生能源开发、促进节能减排技术创新、提升基础设施气候韧性等方面发挥着不可替代的作用。国际可再生能源署《2024年可再生能源投资全球趋势报告》的数据显示，2023年全球可再生能源领域投资额达4950亿美元，其中气候金融政策驱动的资金占比超60%。然而，全球气候资金需求与实际投入仍存在巨大缺口，联合国环境规划署《2024年气候资金流动报告》的数据显示，为实现《巴黎协定》目标，到2030年全球每年在气候适应和减缓领域的资金需求将达4-6万亿美元，但2023年实际资金流入仅1.2万亿美元，缺口率高达70%-80%。

为此，全球气候金融政策体系正处于快速演进与调整期。各国政府、国际组织纷纷出台政策举措，推动气候金融市场发展。从欧盟“绿色新政”到中国“双碳”目标，从美国《通胀削减法案》到东盟区域碳市场建设，不同经济体在气候金融政策上持续探索创新。但政策碎片化、标准不统一、国际协调不足等问题依然突出，亟需系统性梳理与分析。

白皮书的核心目的与意义

本白皮书旨在全面剖析全球气候金融政策的演进历程、现状特征、面临挑战与未来趋势，为政府部门、金融机构、企业及学术界等利益相关方提供权威参考。对政府而言，通过总结国际先进经验与典型案例，可为优化气候金融政策体系、提升政策协同性提供决策依据；对金融机构来说，有助于把握市场趋势，开发契合气候目标的创新产品与服务，如绿色债券、碳金融衍生品等；对企业而言，可明确政策导向，加速绿色转型，降低气候风险。

从更宏观层面，本白皮书对推动全球气候治理具有重要意义。通过分析政策演进规律，促进国际气候金融合作与规则协调，助力缩小南北气候资金差距，加快实现《巴黎协定》设定的温控目标，推动全球经济向绿色、低碳、可持续方向转型。正如世界银行行长马尔帕斯所言：“气候金融政策的有效制定与实施，是决定人类能否成功应对气候变化挑战的关键因素”。

ANALYST

研究员

郭培锋

CFA ESG证书: 104814398

张芷陌

CFA ESG证书: 122728968

高级注册ESG分析师: 24RZQLKC003412A

许若彬

CFA ESG证书: 142671884

高级注册ESG分析师: 24RZQLKC002650A

ICSD : No.:04550

王秋立

碳管理师

李 玥

CFA ESG证书: 140451902

陶冶君

CFA ESG证书: 117954428

高级注册ESG分析师: 2025RZQLKC001522A

国际通用ESG策略师: SH1214FCA0540

碳管理师: CHINAETSCM20250010168

孙 海

高级注册ESG分析师: 25RZQLKC002024A

魏紫娟

CFA ESG证书: 139450193

高级注册ESG分析师: 25RZQLKC001987A

国际通用ESG策略师: SH8925FCP0008

孟 苗

高级注册ESG分析师: 24RZQLKC602375A

洪 嫒

高级注册ESG分析师: 25RZQLKC002081A

王桂娟

高级注册ESG分析师: 25RZQLKC002800A

碳管理师: CHINAETSCM20250010157

马晓东

高级注册ESG分析师: 24RZQLKC602349A

CONTENTS

目录

第一章 气候金融的基本情况

气候金融的基本概念

《联合国气候变化框架公约》与资金机制

《巴黎协定》与金融规则创新

监管与披露框架

主要国家和地区气候金融政策分析

第二章 气候金融的价值链

气候金融价值链的主要环节

气候金融价值链的参与主体

第三章 气候金融的市场化工具

气候与金融的关系

碳市场工具

气候基金

绿色债券

绿色信贷

绿色保险

气候指数化投资工具

第四章 气候风险的压力测试

压力测试概览

压力测试工具的核心框架

典型气候风险压力测试工具解析

行业实践案例

挑战与优化建议

未来发展趋势

第五章 气候情景分析

气候情景分析概览

政府间气候变化委员会(IPCC)

国际能源署(IEA)

央行绿色网络(NGFS)

第六章 气候金融的监管

英国FCA (金融行为监管局)

欧盟ESMA (欧洲证券和市场管理局)

美国SEC (证券交易委员会)

新加坡金管局 (MAS)

中国人民银行

第七章 气候金融的行动

央行将气候风险纳入金融稳定评估

G20可持续金融路线图对金融活动的影响

第一章 气候金融的基本情况

应对气候变化已成为全球共识，而金融作为资源配置的核心工具，正深度融入气候治理进程，气候金融由此成为推动绿色转型、抵御气候风险的关键支撑。

第一节 气候金融的基本概念

气候金融是金融体系与气候变化应对战略深度融合的产物，以应对气候变化为核心目标，通过市场化机制和政策工具，实现温室气体减排、气候适应能力提升及可持续能源转型的金融活动与制度安排。该概念由世界银行在 2008 年《气候变化与发展》报告中首次提出，涵盖碳市场交易、绿色信贷、气候保险、环境权益融资等多元化领域。

根据国际主流定义，气候金融涵盖两大维度。一是通过绿色信贷、碳交易、气候债券等工具引导资本投入可再生能源、低碳技术等领域，即**缓解气候变化**；二是构建气候风险对冲机制，为气候灾害频发地区提供适应性融资支持，即**适应气候变化**。

表 1: 气候金融的定义

定义来源	相关定义
联合国气候变化框架公约	气候金融是指来自公共、私人和其他资金来源支持的地方、国家或跨国融资，目的是支持应对气候变化的减缓和适应行动。
世界银行集团	气候金融广义上泛指促进低碳发展及气候适应性发展的相关融资。
联合国环境规划署	气候金融与联合国应对气候变化框架公约相联，该投融资活动可减少排放，同时允许各国适应气候变化以及减缓气候变化带来的影响。

从发展历程看，气候金融经历了三个阶段。

一、早期萌芽阶段 (20 世纪 70-90 年代)

1. 环境认知觉醒与政策雏形

20 世纪 70 年代，全球环境问题逐渐引发关注，1972 年斯德哥尔摩人类环境会议标志着国际社会对环境危机首次集体响应。在此背景下，部分国家开始探索能源与环境政策的结合。美国于 1975 年颁布《能源政策与节约法》，设立燃油经济性标准 (CAFE)，推动汽车行业节能技术发展；德国在 1974 年启动“能源研究计划”，将可再生能源研发纳入国家战略。这些政策虽未直接涉及金融工具，但为后续气候金融政策奠定了认知基础。

2. 国际合作机制的初步探索

1988 年，联合国环境规划署 (UNEP) 与世界气象组织 (WMO) 共同成立政府间气候变化专门委员会 (IPCC)，系统评估气候变化科学、影响及对策。1992 年，《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC) 签署，确立“共同但有区别的责任”原则，为全球气候治理提供框架。公约确立了政府资金主导的模式：应建立一个资金机制，该机制需在赠予或转让的基础上提供资金（包括用于技术转让的资金）；同时要求该机制在缔约方会议 (COP) 的指导下运作，且需确保资金分配的透明性、公平性与均衡性，并定期审核资金需求。

二、发展推进阶段：21 世纪初-2015 年《巴黎协定》签署前

1. 《京都议定书》与碳市场诞生

1997 年《京都议定书》的签署是气候金融发展的里程碑，其建立了国际排放贸易机制 (IET)、清洁发展机制 (CDM) 和联合履行机制 (JI) 三大市场机制。欧盟于 2005 年率先启动欧盟排放交易体系 (EUETS)，覆盖电力、工业等行业。

2. 《哥本哈根协议》与气候资金

2009 年，联合国气候变化大会第十五次缔约方大会 (COP15) 在丹麦哥本哈根召开，会上通过了不具法律约束力的《哥本哈根协议》。此次会议进一步明确了气候资金的量化目标：提出发达国家需在 2010-2012 年期间提供 300 亿美元快速启动资金，同时设定自 2020 年起每年动员“1000 亿美元”气候融资的目标，以推动气候资金市场机制的探索。

3. 国家与区域政策体系构建

美国在 2009 年通过《清洁能源与安全法案》，拟建立全美碳排放权交易体系（因国会未通过最终未能实施），但部分州开展区域合作，如加利福尼亚州与西部气候倡议 (WCI) 成员共同建立碳市场。中国在 2007 年发布《中国应对气候变化国家方案》，并于 2011 年启动 7 个区域碳交易试点。此外，日本推出“绿色增长战略”，设立 2 万亿日元绿色创新基金；韩国于 2015 年启动碳市场。

三、加速完善阶段：2015 年《巴黎协定》签署至今

1. 《巴黎协定》引领新范式

2015 年，联合国气候变化大会第二十一次缔约方大会 (COP21) 暨《京都议定书》第十一次缔约方大会，在法国巴黎北郊的布尔歇展览中心通过了《巴黎协定》。该协定显著强化了气候金融的法律约束力，自其实施后，全球气候治理进入“国家自主贡献+全球市场协同”的新阶段。

2. 政策体系的全面升级与创新

全球碳市场加速扩容，2021 年中国全国碳市场启动，覆盖年排放量 45 亿吨的发电行业。绿色金融标准不断统一，中欧联合发布《可持续金融共同分类目录》，实现 70% 的绿色项目兼容；欧盟推出《绿色债券标准》(EU GBS)，2024 年欧盟绿色债券发行量占全球绿债的比例超过 40%。此外，政策工具创新加速，美国《通胀削减法案》设立 3690 亿美元气候投资基金，通过税收抵免推动可再生能源发展；日本发布《碳中和绿色金融计划》，要求金融机构披露气候风险。

第二节 《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC) 与资金机制

一、UNFCCC 概览

1992 年 5 月 9 日召开的联合国大会上，通过了《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC)，同年 6 月在巴西里约热内卢召开的联合国环境与发展会议期间开放签署，并于 1994 年 3 月 21 日正式生效。

UNFCCC 确定了应对气候变化的终极目标，即将大气温室气体的浓度稳定在防止气候系统受到危险的人为干扰的水平上，且这一水平应当在足以使生态系统能够持续进行的时间范围内实现，并确立国际合作应对气候变化的基本原则，主要包括“共同但有区别的责任”原则、公平原则、各自能力原则和可持续发展原则。此外，《公约》承认发展中国家有消除贫困、发展经济的优先需要，明确发达国家应承担率先减排和向发展中国家提供资金技术支持的义务。在此基础上，《公约》建立了一个向发展中国家提供资金和技术使其能够履行公约义务的资金机制，该资金机制同时也为《京都议定书》和《巴黎协定》服务。《巴黎协定》重申了发达国家的义务，同时首次鼓励其他各方自愿提供支持，提出“使资金流动与实现温室气体排放减少和气候韧性的发展道路相一致”的目标，并强调应增强资金的透明度和可预测性。

UNFCCC 资金机制在推动全球绿色金融产品创新与标准化方面发挥了关键作用。通过提供政策支持、能力建设和风险分担，该机制有效地催化了新型金融工具的诞生和成熟，引导全球资本流向应对气候变化的领域。

此外，资金机制还推动了绿色金融产品的标准化和互认。通过支持气候债券标准 (CBS)、绿色贷款原则 (GLP) 等国际标准的开发和推广，资金机制帮助建立了全球绿色金融产品的共同语言，降低了跨境绿色投资的识别成本和交易成本。

这些努力共同促进了绿色金融产品的多元化发展，为私人资本参与气候行动提供了更多渠道和工具，加速了全球气候资金的流动和规模的扩大。

二、UNFCCC 资金机制下的气候基金

UNFCCC 资金机制下包含全球环境基金 (GEF)、气候投资基金 (CIFs)、绿色气候基金 (GCF)、专项基金 (包括特别基金气候变化特别基金 (SCCF) 和最不发达国家基金 (LDCF)) 和适应基金 (AF)。

(一) 全球环境基金 (GEF)

全球环境基金 (GEF) 成立于 1991 年，是旨在解决全球紧迫环境问题的多边基金家族，核心使命为保护和可持续利用生命赖以生存的自然，应对生物多样性丧失、气候变化等挑战，支持发展中国家实现国际环境目标。其覆盖生物多样性、气候变化等五大领域，是《联合国气候变化框架公约》等五项国际环境公约的资金机制，在助力发展中国家履行公约义务上发挥关键作用，例如资助巴西热带雨林保护计划以通过碳汇增强生态韧性。

组织架构方面，GEF 由代表大会、理事会等多机构组成，代表大会每 3-4 年举行一次部长级会议审议相关政策与运作情况等。资金来源为参与捐助国 (含发达与发展中国家)，通过世界银行托管的信托基金运作，每四年为一个充资期，截至目前已完成 8 次充资，最新的 GEF-8 (2022-2026 年) 充资规模达 53.3 亿美元，除 GEF7 外充资规模整体呈增长趋势；资金经 18 个代理机构投向受援国的政府机构、私营部门等各类主体，用于执行相关项目与计划。

(二) 气候投资基金 (CIFs)

气候投资基金 (CIF) 于 2008 年 7 月由 14 个国家共同发起设立，资金由世界银行托管。其核心宗旨是通过大规模、低成本、长期的金融解决方案，助力低收入和中等收入经济体开展气候智能规划与气候行动，应对全球气候危机、实现气候目标，同时推动社区向清洁绿色实践转型、增强气候风险抵御能力，为包容性可持续发展奠定基础。

自成立以来，CIF 已支持 72 个国家和地区的 370 余个项目，通过与政府、私营部门、民间社会等多方主体，以及六大多边开发银行合作，提供竞争性融资、降低投资风险与技术试点障碍，带动私营部门资本投向气候行动领域。治理架构上，CIF 秉持广泛包容、公平透明的原则，实行捐助国与受援国平等代表权、共识性决策，并为私营部门等主体设观察员席位。资金体系由清洁技术基金 (CTF) 和战略气候基金 (SCF) 两大信托基金构成，分别由信托基金委员会管理；其中 SCF 下设多个技术委员会及小组委员会，负责管理各类专项计划与新项目。

(三) 绿色气候基金 (GCF)

绿色气候基金 (GCF) 是全球规模最大的气候基金, 于 2010 年坎昆世界气候大会 (COP16) 设立, 作为《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC) 下设的资金机制运营实体, 对缔约方会议负责, 核心宗旨是支持发展中国家向低碳、气候韧性发展转型, 助力其实现国家自主贡献 (NDC)。

重点领域方面, GCF 聚焦环境建立、能源和工业、人类安全与生计福祉、土地利用与森林生态系统四大方向, 通过四种转型方法推进气候行动: 编制转型规划方案以发挥协同效益、促进气候创新验证新技术与模式、降低投资风险扩大筹资规模 (重点覆盖适应项目、最不发达国家等)、将气候风险与机遇纳入投资决策。

资金来源主要包括缔约国出资及公共、非公共等各类资源捐赠 (涵盖非缔约国、相关实体与基金), 目前已完成三次筹资, 正处于 2024-2027 年的第二次充资 (GCF-2) 阶段。

(四) 专项基金

专项基金是聚焦气候适应领域的专项融资工具, 核心服务于气候脆弱国家的适应性发展需求, 主要包括气候变化特别基金 (SCCF) 和最不发达国家基金 (LDCF) 两类, 均依托全球环境基金管理运作, 形成协同支撑格局。

1. 气候变化特别基金 (the Special Climate Change Fund, SCCF)

作为全球首批多边气候适应融资工具之一, SCCF 于 2001 年经《联合国气候变化框架公约》缔约方大会决议设立, 核心宗旨是助力气候脆弱国家应对气候变化带来的负面影响, 与最不发达国家基金并行运作、互补发力。其帮扶重点明确指向小岛屿发展中国家——这类国家因地理孤立、土地面积有限, 叠加盐水入侵、海平面上升、热带风暴加剧等气候威胁, 在饮用水供应、农业生产、沿海基础设施保护等方面面临严峻挑战, 气候变化带来的不利影响已深度渗透至人类安全、健康、经济生计等多个领域。SCCF 通过定向融资支持, 为这些国家应对上述气候风险、提升适应能力提供关键资金保障。

2. 最不发达国家基金 (the Least Developed Countries Fund, LDCF)

LDCF 的核心职能是支持最不发达国家实施国家适应计划与战略, 精准对接最不发达地区的适应优先需求。截至目前, 该基金已累计向最不发达国家提供超 17 亿美元赠款, 覆盖农业、水利、灾害风险管理、沿海地区管理、基础设施建设、可持续替代生计等多个脆弱环节, 形成了全球金融界规模领先的最不发达国家适应项目组合。

为进一步强化 LDCF 与 SCCF 的支撑效能, 全球环境基金第八期增资战略已明确将两大基金作为重点支持对象, 聚焦农业与粮食安全、健康、水资源、气候信息服务、基于自然的解决方案五大核心方向。新战略通过扩大适应资金获取渠道、强化创新驱动、提升私营部门参与度、构建全社会协同的包容性伙伴关系等举措, 助力最不发达国家更高效地解决适应优先事项, 持续夯实气候适应发展基础。

除上述两类特别基金外, 专项基金体系还涵盖其他聚焦特定气候领域的融资工具, 例如聚焦清洁能源技术推广、森林碳汇保护等方向的专项基金, 它们与特别基金协同发力, 共同填补气候融资在细分领域的缺口, 为全球气候治理提供多元化的资金支撑。

(五) 适应基金 (AF)

适应基金 (AF) 于 2009 年正式运营, 是《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC) 框架下的另一重要专项气候基金, 核心目标是为发展中国家提供定向资金支持, 助力其应对气候变化带来的负面影响。具体而言,《京都议定书》缔约方中受气候变化影响严重的国家, 可通过该基金申请资金, 用于推进气候适应项目落地实施。

治理与运营层面, AF 由联合国气候变化框架公约缔约方大会负责管理, 日常运营则委托全球环境基金等现有国际实体承担, 确保基金运作的专业性与规范性。资金来源方面, 主要依托发达国家根据《公约》承担的义务通过多边渠道筹集, 同时接受各类自愿捐款, 形成稳定且多元的资金供给体系。

从实践案例来看, 德国政府是 AF 的重要捐资方之一, 资金重点用于帮扶受气候变化影响最大的地区与居民。结合实际需求, AF 的资金投放主要聚焦三大核心领域, 分别是海岸防护工程建设、农业耕作方式转型升级、淡水供应保障体系完善等, 精准对接发展中国家最迫切的气候适应需求。随着全球气候变化加剧, 气候适应项目的需求持续增长, AF 的资金支撑作用将进一步凸显。

各类专项基金通过定位不同气候脆弱群体、不同适应场景的需求, 形成了覆盖广泛、互补协同的专项融资支撑体系, 与 GEF、CIF、GCF 等综合性气候基金相互配合, 为全球气候适应行动提供了多层次的资金保障。

三、UNFCCC 对各国金融政策与实际操作的影响

1. 推动绿色金融标准体系的建立

UNFCCC 资金机制通过多种方式积极推动各国建立和完善绿色金融标准体系, 这是确保全球气候资金有效利用和防止“洗绿”的关键基础工作。绿色金融标准通过明确界定哪些经济活动可以被认定为“绿色”, 为资金流向真正的气候友好型项目提供了重要依据。

首先，资金机制通过原则倡导和政策对话来推动标准建设。在《巴黎协定》框架下，UNFCCC 定期组织各方讨论如何使资金流动与温室气体排放和气候适应型发展路径保持一致。这些高级别政治共识为各国建立本国绿色金融分类标准提供了重要政治动力。例如，欧盟可持续金融分类方案就是在这样的国际背景下诞生的重要成果，它系统性地定义了哪些经济活动可以被视为环境可持续。

其次，资金机制通过能力建设和技术援助项目直接支持发展中国家制定本国标准。绿色气候基金（GCF）和全球环境基金（GEF）资助了大量技术援助项目，帮助发展中国家监管机构和金融机构建设制定和实施绿色金融标准的能力。蒙古国在 GEF 支持下开发了本国的绿色分类标准，明确了符合国家优先事项的绿色产业目录，为后续绿色信贷和债券发行奠定了基础。

再次，资金机制通过资金激励促使标准采纳。许多气候资金项目明确要求受援国建立或采用特定的环境社会标准和管理体系。例如，获得 GCF 大型资助的项目必须遵循基金的环境社会标准（ESS），这间接推动了受援国提升本国标准水平。印度在获得 GCF 大规模资金支持后，进一步完善了本国的绿色债券指引和可再生能源认证体系。

在标准内容上，资金机制特别强调与国际标准接轨的重要性。通过支持各国采纳气候债券标准（CBS）、绿色贷款原则（GLP）等国际公认标准，促进了全球绿色金融标准的互认和协调。南非约翰内斯堡证券交易所采纳国际标准开发了绿色债券列表要求，使该国发行人可以更容易地吸引国际绿色投资者。

特别值得注意的是，资金机制还推动建立了环境社会风险管理（ESRM）标准。这不仅包括项目层面的环境影响评估，还包括金融机构层面的风险管理体系要求。越南多家商业银行在 GCF 和 GEF 支持下开发了 ESRM 系统，将环境风险因素纳入信贷决策全过程。

通过这些多维度的努力，UNFCCC 资金机制正在帮助构建一个更加透明、可信和高效的全球绿色金融标准生态系统，为大规模气候资金的流动提供了必要的规则和信心基础。

2. 促进气候专项基金与配套政策的制定

UNFCCC 资金机制通过多种方式激励各国特别是发展中国家建立本国气候专项基金和配套政策体系，这是增强国家自主实施能力、确保气候行动可持续性的重要策略。国际气候资金不仅直接支持具体项目，更着眼于帮助各国建立健全长期的气候投融资机制。

首先，资金机制通过种子资金和配套资金要求激励各国设立国家气候基金。许多多边气候基金在提供资金支持时，要求受援国建立相应的国家执行机构或基金，并承诺提供配套资金。这种要求推动了各国建立专门的气候资金管理机制。例如，孟加拉国在获得 GCF 大规模资金支持前，率先成立了本国的气候变化信托基金（BCCTF），作为管理和协调国际国内气候资金的专门机构，该基金已成为南亚地区

最活跃的国家气候基金之一。

其次，资金机制通过技术援助和知识共享支持政策体系建设。GCF 和 GEF 资助了大量能力建设项目，帮助发展中国家设计本国气候融资战略和政策框架。肯尼亚在 GEF 支持下制定了国家绿色金融路线图，明确了建立绿色债券标准、气候风险披露要求等一系列政策举措，为吸引国际绿色投资创造了有利环境。

再次，结果导向的资金分配方式促进了政策创新。一些气候资金采用基于结果的支付（RBF）方式，将资金拨付与政策改革和实施成效直接挂钩。巴西在 GCF 支持下开展“减少毁林和森林退化排放（REDD+）”项目，基金支付与经过独立验证的减排量直接关联，这种机制推动了巴西完善森林保护和可持续土地利用方面的政策体系。

资金机制还特别注重支持针对最脆弱群体的专项政策。LDCF 专门支持最不发达国家制定和实施国家适应计划（NAPs），通过提供计划制定和实施的全周期资金支持，帮助这些国家系统性地将适应气候变化纳入国家发展规划。卢旺达在 LDCF 支持下完成了国家适应计划的制定，并据此设立了专门支持社区层面适应行动的基金窗口。

在推动公私合作政策方面，资金机制也发挥了重要作用。通过支持混合融资试点项目，展示了公共资金如何有效撬动私人资本，促使各国出台相应的配套政策。印度在 GCF 和 AF 支持下的太阳能屋顶计划成功证明了通过公共资金提供部分担保可以显著降低私人投资者的风险，这直接影响了印度政府后续出台支持分布式太阳能发展的融资政策。

通过这些多维度的激励措施，UNFCCC 资金机制正在帮助各国特别是发展中国家建立更加完善、可持续的气候投融资治理体系，确保气候行动能够获得持续稳定的资金支持，最终实现国家自主贡献目标。

3. 强化金融机构气候风险管理能力

UNFCCC 资金机制通过多种途径推动全球金融机构加强气候风险管理能力建设，帮助金融部门识别、评估和管理气候变化带来的转型风险和物理风险。这项工作对于维护全球金融体系稳定性和引导资本流向气候友好领域具有重要意义。

首先，资金机制通过开发方法论和工具为金融机构提供实操支持。绿色气候基金（GCF）和全球环境基金（GEF）资助开发了一系列气候风险管理工具，包括气候风险压力测试框架、碳足迹计算方法论和环境风险分析模型。墨西哥银行业协会在 GCF 支持下开发了本土化的气候风险压力测试工具，帮助当地银行评估干旱、飓风等物理风险对贷款组合的潜在影响。这些工具的开发和应用使金融机构能够量化气候风险对其资产组合的影响。

其次，资金机制通过能力建设项目提升金融机构的专业水平。GCF 设立了专门的气候风险管理培训项目，为发展中国家的银行、保险公司和监管机构提供系统培训。印度尼西亚金融服务管理局 (OJK) 在 GEF 支持下开展了银行业气候风险压力测试试点项目，帮助 10 家主要商业银行建立了气候风险管理的基本框架和能力。这些能力建设项目特别注重将国际经验与本地实际情况相结合。

再次，资金机制推动信息披露标准的制定和实施。通过支持气候相关财务信息披露 (TCFD) 建议的推广和实施，资金机制帮助提升金融机构气候风险管理的透明度。南非央行在 GCF 技术援助支持下，率先在非洲要求商业银行和保险公司按照 TCFD 框架披露气候相关风险，这一举措显著提升了当地金融体系的气候风险意识和管理水平。

特别重要的是，资金机制还支持监管政策和审慎框架的完善。通过与国际监管组织如央行与监管机构绿色金融网络 (NGFS) 合作，资金机制帮助各国监管机构将气候风险纳入宏观审慎管理框架。中国人民银行在 GEF 项目支持下，开展了气候风险压力测试，评估了气候变化对 21 家主要商业银行资产质量的潜在影响，为制定相关审慎监管政策提供了重要依据。

在风险缓释工具开发方面，资金机制也发挥了积极作用。GCF 和适应基金 (AF) 支持开发了多种气候风险保险产品，帮助金融机构转移和管理极端天气事件等物理风险。加勒比地区在 AF 支持下建立了气候风险保险基金，为当地银行提供灾害风险保障，增强了金融体系应对气候冲击的韧性。

通过这些综合措施，UNFCCC 资金机制正在帮助全球金融机构，特别是发展中国家的金融机构，建立起系统的气候风险管理能力，确保金融体系能够在支持低碳转型的同时保持自身稳定性。

第三节 《巴黎协定》与金融规则创新

《巴黎协定》是全球气候治理的核心依据，于 2016 年 11 月正式实施，核心使命是为全球应对气候变化行动制定系统性安排。

在法律地位上，《巴黎协定》是人类应对气候变化的第三个里程碑式国际法律文本，同时也是继《京都议定书》之后第二份具有法律约束力的气候协议。它不仅奠定了全球气候治理的基本格局，更以“通过全球合作应对气候变化、保护地球生态、实现可持续发展”为核心目标，为各国协同行动提供了法律框架。

《巴黎协定》最核心的长期气温目标，是将全球平均气温较前工业化时期的上升幅度控制在 2 摄氏度以内，并努力限制在 1.5 摄氏度以内。这一目标的紧迫性被联合国政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 进一步强调：一旦升温超过 1.5 摄氏度，将引发更频繁、更严重的干旱、热浪、极端降雨等气候灾害；而要实现 1.5 摄氏度控温目标，需确保全球温室气体排放在 2025 年前达峰，并在 2030 年较峰值下降 43%。

一、核心实施路径：国家自主贡献 (NDCs)

国家自主贡献 (NDCs) 是《巴黎协定》落地的核心载体，反映各国自愿减少温室气体排放、适应气候变化影响的具体努力。其实施规则明确：各国需定期报告并更新 NDCs 承诺，更新周期为每五年，且新承诺需体现“进步性”，同时遵循“共同但有区别的责任”原则，充分考虑各国国情差异；此外，协定还特别强调需为发展中国家缔约方提供必要支持，平衡不同发展阶段国家的行动能力。

二、长期战略支撑：低排放发展战略 (LT-LEDS)

为避免短期行动与长期目标脱节，《巴黎协定》邀请各国在 2020 年前制定并提交“长期温室气体低排放发展战略 (LT-LEDS)”。与强制性的 NDCs 不同，LT-LEDS 虽为自愿性文件，但核心价值在于为 NDCs 提供长期视野——它将短期减排承诺纳入国家长期发展规划与政策优先事项，为技术革新、产业转型、公共投资等提供方向性指引，确保气候行动的可持续性。

三、“资金-技术-能力建设”的国际支持框架

为解决各国应对能力不均衡的问题，《巴黎协定》构建了“资金-技术-能力建设”三位一体的国际支持框架，重点向发展中国家与脆弱国家倾斜：

资金支持方面，明确发达国家需带头向资源匮乏、气候脆弱的国家提供资金，同时首次鼓励其他国家自愿参与资金贡献。这些资金主要用于帮助欠发达国家适应气候变化影响（如建设防洪设施）、转向可再生能源（如光伏、风电项目），填补其气候行动的资金缺口。

技术转让方面，提出“全面实现技术开发与转让”的愿景，通过建立专门的技术框架，为技术机制提供总体指导，再由机制的政策与执行机构推动关键技术（如碳捕捉、新能源技术）的研发与跨国转让，提升各国应对气候变化的技术能力。

能力建设方面，针对发展中国家在气候监测、政策制定、灾害应对等方面的能力短板，协定要求发达国家加强支持，帮助发展中国家建立气候行动的本土能力（如培训气象监测人员、完善气候政策制定体系），确保其能有效参与全球气候治理。

《巴黎协定》的第九条“资金规模与责任”要求发达国家继续承担出资义务，向发展中国家缔约方提供资金，并继续带头从各种来源、手段和渠道调动气候资金。鼓励其他国家自愿贡献。资金需兼顾“减缓”与“适应”的平衡分配。巴黎协定设定了一个集体的量化目标，即每年达到最低 1000 亿美元，这个集体目标会一直到 2025 年，之后目标数额会根据具体情况进行调整。

表 2: 巴黎协定的市场机制相关条款

相关条款	总结
第 6.2 条	国家间碳信用交易: 允许国家通过转让“国际减排成果”(ITMOs) 实现国家自主贡献 (NDC), 例如 A 国建立光伏电站从而多减的碳, 可以卖给 B 国, 帮助 B 国完成自己的减排承诺。但需注意, 要避免减排量的重复计算 (即每吨碳只计一次, 防止既计为 A 国减排量, 又计为 B 国减排量), 需通过相应调整确保环境完整性。
第 6.4 条	全球碳信用机制: 建立全球碳市场, 由联合国统一监管, 为减排项目提供认证和交易平台。此机制要求项目开发者通过“双重审批”(国家+联合国), 确保减排真实性 (项目开发人员必须请求向监督机构注册他们的项目。项目必须得到实施国和监督机构的批准, 才能开始发行联合国认可的信用。) 这些信用可以由国家、公司甚至个人购买。在该机制下产生的缓解措施也可以由非东道方的缔约方用于履行其国家自主贡献 (NDC)。换言之, 本条款允许通过交易减排信用额来抵消。
第 6.5 条	计算的准确性和透明度: 建立严格的会计措施以避免重复计算减排量并提高透明度, 从而确保提议的基于市场的做法的完整性。

第四节 监管与披露框架

监管与披露框架是推动气候风险融入金融体系的核心机制, 其中央行与监管机构绿色金融网络 (NGFS) 和气候相关财务披露小组 (TCFD) 构成两大支柱, 分别从宏观审慎监管与微观企业披露角度强化气候风险管理。

一、央行与监管机构绿色金融网络 (NGFS)

2017 年, 中国、法国、德国等 8 国央行联合发起中央银行与监管机构绿色金融网络 (NGFS), 旨在协调全球金融体系应对气候风险。截至 2024 年, NGFS 的成员已扩展至 120 余家央行及金融监管机构 (如美联储、欧洲央行、中国人民银行), 覆盖全球 85% 的金融系统。其核心职能包括以下几点。

一是气候风险纳入金融稳定评估, NGFS 开发了全球首个央行适用的气候情景分析工具 (如“净零情景”), 量化转型风险对金融资产的冲击。例如, 2020 年发布的《环境风险分析方法案例集》为金融机构提供压力测试模板, 涵盖海平面上升、碳价波动等情景。

二是政策标准制定, 2019 年提出六项监管建议, 要求成员将气候风险纳入货币政策、审慎监管及自身运营。2023 年发布《央行气候披露指南》(第二版), 明确央行需公开披露治理结构、气候战略及风险敞口。

三是推动资本向绿色经济转移, 通过绿色债券纳入外汇储备、气候融资工具创新 (如碳中和再贷款) 等措施, 引导市场资金流向低碳项目。

根据国际金融协会披露的《2024 年金融机构气候风险报告》, NGFS 开发并定期更新气候情景, 为监管机构和金融机构开展气候风险压力测试提供统一参考。如汇丰银行的压力测试同时考虑转型风险和物理风险, 覆盖零售银行业务和住房贷款业务; 花旗银行构建四个情景, 使用不同时间跨度, 覆盖不同类型客户, 对短期和长期的转型风险与物理风险进行情景设定。通过压力测试, 金融机构能够评估气候风险对资产质量、资本充足率等方面的影响, 提前制定风险应对策略, 提升金融体系对气候风险的韧性。

二、气候相关财务披露 (TCFD)

TCFD (气候相关财务信息披露工作组) 由金融稳定理事会 (FSB) 于 2015 年设立, 2017 年发布《最终建议报告》后, 成为全球最权威的气候信息披露框架。根据 TCFD 披露的《2024 年进展报告》, 全球已有超过 5000 家企业和金融机构采用 TCFD 框架, 披露气候风险敞口与应对策略, 涵盖资产规模达 170 万亿美元。

TCFD 的核心贡献主要体现在两方面。

一是建立标准化披露框架, 要求机构从治理、战略、风险管理、指标与目标四大维度系统披露气候风险。其中, 治理层面需明确董事会监督气候风险的职责以及如何监督; 战略层面需分析气候情景 (如能源企业评估“2°C 情景”下的资产减值) 对商业模式的影响; 风险管理层面需将气候风险识别并整合至现有风控体系; 指标与目标层面需披露碳排放强度、碳定价成本等量化数据。

二是提升财务透明度, 强制要求机构披露气候风险的财务影响, 具体包括物理风险 (如洪水导致的资产损失)、转型风险 (如碳税导致的利润率下降) 及机遇 (如绿色技术收入占比), 从而推动气候相关信息与财务数据的深度融合。

第五节 主要国家和地区气候金融政策分析

气候金融的落地推进与政策引导密切相关，不同国家和地区基于自身发展需求，形成了各具特色的气候金融政策体系。

一、主要国家的政策现状

(一) 美国

1. 气候融资计划的战略布局

2021 年 4 月，美国推出《国际气候融资计划》，提出对发展中国家的气候融资规模较奥巴马时期增长一倍、适应资金规模增长为原来三倍的目标。在具体工作方面，扩大国际气候融资，美国国际开发署、美国国际开发金融公司等公共机构的国际气候投资规模显著提升；积极调动私人资本，通过多边开发银行与双边合作，撬动社会资本投入气候领域。此外，美国还积极参与国际信息披露和气候投融资标准制定，在国际气候金融规则制定中发挥重要影响力。

2. 《通胀削减法案》的政策推动

2022 年 8 月，美国签署了《通胀削减法案》，该法案在能源安全和气候变化领域投入 3690 亿美元，是应对气候变化的重要举措。通过补贴方式，为购买在北美组装电动车的消费者提供高达 7500 美元税收抵扣，并拨款超 600 亿美元支持本土清洁能源和运输技术供应链的清洁能源设施建设。

(二) 欧盟

1. 碳市场与绿色金融政策体系构建

欧盟排放交易体系（EU ETS）作为全球最大且最成熟的碳市场，持续引领碳定价机制发展。2024 年，EU ETS 碳价突破 110 欧元/吨，创历史新高，有效引导企业减排。同时，欧盟构建了完善的绿色金融政策体系，2020 年发布《可持续金融分类法案》，统一绿色项目界定标准，推动绿色债券市场繁荣发展。

2. 公正转型机制的协同推进

欧盟为实现公正、合理、包容的转型，建立了公正转型机制（JTM）。该机制通过三大支柱对受低碳转型影响的地区提供资金支持：一是欧盟预算框架下的公正转型基金（JTF），根据欧洲议会发布的《公正转型机制评估报告 2024》，在 2021-2027 年间为受影响严重地区提供 175 亿欧元资金，带动总体融资规模达 300-500 亿欧元；二是 Invest EU 计划下的公正转型计划，利用 18 亿欧元初始预算，

调动 450 亿欧元融资，支持范围更广；三是公共部门贷款机制（PSLF）。通过这些举措，帮助高碳排放行业实现平稳转型，保障受影响工人就业与社区稳定，促进区域经济协调发展。

(三) 中国

1. 全国碳市场

中国全国碳市场于 2021 年 7 月正式启动上线交易，纳入发电行业重点排放单位 2162 家，覆盖约 45 亿吨二氧化碳排放量，是全球规模最大的碳市场。2025 年 3 月，钢铁、水泥、铝冶炼等行业已被纳入扩围规划。扩围后全国碳市场覆盖的二氧化碳排放总量比重从 40%提升至 60%以上。

2. “双碳”目标下的政策协同

中国提出“双碳”目标后，构建了系统的政策协同体系。在能源政策上，大力发展可再生能源，根据国家能源局发布的《2024 年能源发展状况报告》，2024 年全国可再生能源发电装机容量达 13.2 亿千瓦，占全国发电总装机容量的 47.3%。产业政策方面，推动钢铁、水泥等高耗能行业绿色转型，对符合绿色标准的企业给予税收优惠、信贷支持。金融政策积极配合，例如，2024 年绿色债券发行量突破 3500 亿美元，募集资金主要投向清洁能源、绿色交通、节能环保等领域。

二、全球政策展望

2025 至 2050 年，全球气候金融领域将呈现阶梯式发展态势，围绕政策协同、技术突破、碳中和实现三大核心方向逐步推进，各阶段目标明确、层层递进，共同构建全球气候治理与金融发展的协同路径。

短期阶段（2025-2030 年）的核心目标聚焦加速政策协同与资金动员。这一时期，全球气候金融政策协调步伐将显著加快。根据国际标准化组织发布的《2024 年绿色金融标准路线图》，预计到 2030 年，至少 50%的国家和地区将采用统一的绿色金融分类标准，跨境绿色投融资成本有望降低 20%。碳市场作为核心减排工具，规模将持续扩张，根据 ICAP 发布的《2024 年碳市场展望报告》，全球碳市场覆盖排放量占比将从 2024 年的 45%提升至 60%，年交易规模将突破 5 万亿美元。资金动员层面，根据 GCF 发布的《2024-2030 年战略规划》，全球气候基金加速器有望撬动 3 万亿美元私人资本流向发展中国家，绿色气候基金（GCF）年度资金分配量将提升至 300 亿美元，重点向非洲、南亚等地区的可再生能源项目和气候适应工程倾斜，为全球气候行动筑牢资金基础。

中期阶段（2031-2040 年）将以技术突破与深度转型为核心任务，气候技术创新将进入爆发期。根据国际能源署发布的《2024 年 CCUS 技术路线图》，预计到 2040 年，碳捕集、利用与封存（CCUS）技术的全球年捕获量将突破 10 亿吨二氧化碳，成本较当前降低 50%；根据国际可再生能源署发布的

《2024 年交通脱碳报告》，新能源汽车充电桩全球覆盖率将达到 80%，氢能基础设施建设将覆盖 30% 的主要城市，两大领域的突破将带动全球交通领域碳排放下降 35%。根据金融稳定理事会发布的《2024 年气候风险与金融稳定报告》，金融体系的气候转型同步深化，全球金融机构将全面整合气候风险评估，基于人工智能的气候风险模型普及率将达 90%，银行对高碳资产的风险溢价平均提升 150 个基点，在风险定价机制的引导下，资本将向低碳领域加速流动，为深度转型提供核心支撑。

长期阶段（2041-2050 年）的核心目标是实现碳中和与气候韧性提升，推动全球气候治理迈向成熟阶段。根据联合国环境规划署发布的《2024 年全球碳中和路径报告》，到 2050 年，全球有望实现《巴黎协定》1.5°C 温控目标，通过碳市场、绿色债券等多元化金融工具累计减排 1000 亿吨二氧化碳当量。气候适应能力将显著增强，根据慕尼黑再保险发布的《2024 年气候风险展望》，全球气候风险保险覆盖率将达到 70%，易受气候灾害影响地区的基础设施韧性提升 60%，有效降低气候灾害带来的损失。与此同时，全球气候金融市场将形成统一规则体系，根据世界银行发布的《2024 年碳定价长期展望》，碳价将稳定在 150-200 美元/吨，跨境碳交易规模占全球碳市场的 80%，成为驱动全球减排的核心力量，实现气候治理与金融发展的深度融合。

第二章 气候金融的价值链

气候金融价值链是围绕应对气候变化相关金融活动所形成的一系列价值创造、传递和实现的过程。它涉及从资金的供给端到需求端，以及中间一系列金融服务和风险管理等环节，旨在促进资金流向有助于减缓和适应气候变化的项目和活动，实现经济、社会和环境的可持续发展。

第一节 气候金融价值链的主要环节

气候金融价值链是串联气候相关项目全生命周期的核心纽带，其高效运转直接决定气候金融资源的配置效率与环境、经济价值的实现成效。该价值链涵盖项目识别与评估、资金募集、项目投资与运营、价值实现与退出四大紧密关联的核心环节，各环节环环相扣、层层递进：项目识别与评估为资源精准投放筑牢前提，资金募集为项目推进提供资本支撑，投资与运营是价值创造的核心载体，价值实现与退出则保障资金循环与持续投入。本章将系统拆解各环节的核心内涵、运作机制及关键要点，清晰呈现气候金融价值链的完整运作逻辑。

一、项目识别与评估

气候金融项目的落地，首要环节是完成项目识别与评估，这一过程核心涵盖项目筛选、风险评估与环境效益评估三大核心模块，为后续资金配置与项目推进筑牢基础。其中，项目筛选是第一道准入关口，资金供给方与金融中介机构需从海量项目中精准甄别符合气候金融标准的标的，筛选维度全面覆盖环境、经济与社会三大效益。在环境效益层面，重点关注项目降低碳排放、提升能源效率等核心指标；经济效益层面，聚焦项目盈利水平、投资回报率等核心财务表现；社会效益层面，则侧重考量项目增加就业机会、推动区域协调发展等正向价值。以新能源项目筛选为例，装机容量、发电效率、成本收益比等具体指标会成为核心评判依据。

在完成项目筛选后，风险评估成为保障投资安全的关键环节，需对入围项目面临的技术、市场、政策等多元风险进行全面研判。技术风险方面，重点核查项目采用技术的成熟度与可靠性，预判潜在技术故障或性能不达标风险；市场风险层面，深入剖析项目产品或服务的市场需求规模、价格波动趋势等要素对项目收益的影响路径；政策风险维度，则密切关注政府气候政策、能源政策等调整动向可能给项目带来的不确定性。

环境效益评估作为项目识别的核心支撑，需采用专业的评估方法与标准，对项目产生的环境正向效益进行量化测算。常用评估指标包括二氧化碳减排量、污染物减排量、能源节约量等，通过科学测算可精准量化项目对减缓气候变化的实际贡献，为决策者与投资者提供核心决策依据。以节能改造项目为例，通过对比改造前后的能耗数据，可核算出项目每年的能源节约量及对应的二氧化碳减排量，直观呈现项目的环境价值。

二、资金募集

经过识别评估的合格项目，需通过多元资金募集渠道筹措建设与运营资金，当前气候金融项目的资金募集主要依赖债务融资、股权融资以及政府支持与补贴三大路径，形成多元化资金供给体系。债务融资是气候金融项目最常用的融资方式之一，企业与项目开发者可通过银行贷款、发行债券等渠道获取资金支持。其中，银行贷款凭借操作便捷性成为主流选择，企业可根据项目资金需求规模与自身还款能力，向金融机构申请针对性贷款；债券融资则以绿色债券为核心载体，企业通过发行符合特定环境标准的绿色债券，向资本市场投资者筹措资金，且绿色债券募集资金需专款专用，同时需满足明确的环境目标披露与信息公开要求。

股权融资为项目提供了长期资本支持，企业可通过发行股票、引入战略投资者等方式扩充资本规模。发行股票能够帮助企业在证券市场募集大额资金，有效提升企业资本实力；引入战略投资者则不仅能为项目带来资金注入，更能借助投资者的核心技术、专业管理经验以及广泛市场资源，为企业与项目发展赋能。例如，新能源企业引入大型能源集团作为战略投资者，在获得资金支持的同时，可依托投资方的研发平台共享核心技术资源，借助其成熟销售网络拓宽市场渠道，实现资金与资源的双重赋能。

政府支持与补贴是气候金融项目资金募集的重要补充，政府通过财政资金直接投入、税收优惠等多元政策工具，降低项目融资成本与运营压力。财政资金可直接定向投入气候相关项目，重点支持项目建设施工与初期运营阶段的资金需求；税收优惠政策则通过减免企业所得税、增值税等方式，直接降低企业运营成本，提升项目盈利空间。以新能源汽车产业为例，政府通过向消费者发放购车财政补贴、对新能源汽车生产企业实施税收减免等政策组合，有效降低了产业发展门槛，推动了新能源汽车产业的快速发展。

三、项目投资与运营

在完成资金募集后，气候金融价值链进入项目投资与运营的核心实施阶段，这一阶段需重点推进投资决策、项目建设运营以及全过程风险管理，确保项目价值稳步实现。投资决策环节，投资者需基于前期项目评估结论，结合自身投资目标、风险承受能力等核心要素，作出科学的投资选择。决策过程中，投资者需全面权衡项目预期收益水平、风险等级以及环境效益贡献度，进而确定适配的投资项目与投资方式。

项目建设与运营是实现项目价值的核心载体，由项目开发商主导推进，需严格保障项目推进质量与效率。在建设阶段，核心任务是保障工程建设质量达标，同时精准控制建设成本与建设工期，避免因成本超支或工期延误影响项目收益；进入运营阶段后，需聚焦运营效率提升与经济效益优化，通过精细

化管理提升项目运营水平。以垃圾焚烧发电项目为例，建设期间需严格落实环保设施建设标准，确保各项环保指标达标；运营阶段则需持续优化垃圾处理流程与发电转化效率，提升项目核心盈利能力。

全过程风险管理是项目投资与运营阶段的重要保障，需针对项目全生命周期可能面临的各类风险，采取针对性的风险管控措施。常用的风险管理手段包括风险规避、风险转移、风险控制等，例如，通过购买自然灾害保险将极端天气风险转嫁给保险公司，通过优化项目设计方案与运营管理流程降低技术故障与市场波动风险。同时，投资者与项目开发者需密切跟踪政策动态与市场变化，及时调整投资策略与运营方案，有效应对政策调整、市场需求变动等潜在风险。

四、价值实现与退出

项目投资与运营的最终目标是实现多元价值兑现，同时为投资者提供合理的退出路径，这一阶段主要包括项目收益达成、投资者撤资以及环境与社会效益价值转化三大核心内容。项目收益达成是价值实现的基础，项目通过生产销售商品或提供专业服务获取经济收益，不同类型气候金融项目的收益实现路径存在差异：新能源发电项目通过向电网出售电力获得稳定现金流，绿色建筑项目则通过房产租赁或销售实现收益回笼。值得注意的是，项目收益不仅包括直接经济收益，还涵盖环境效益与社会效益，这些多元效益可通过市场机制引导与政策支持实现价值转化。

投资者撤资是投资价值兑现的关键环节，当投资者达成预设投资目标后，可通过多元渠道实现退出。常见的退出路径包括股权转让、股票上市、债券到期偿还等：风险投资者通常在被投新能源创业企业发展至成熟阶段后，通过向其他投资者转让股权实现投资回报；上市公司股东则可通过证券交易市场公开出售股票完成撤资；债券投资者可在绿色债券到期后，通过债券发行人偿还本金与利息实现平稳退出。

环境效益与社会效益的价值转化是气候金融项目的独特价值体现，当前主要通过碳交易市场、绿色认证等机制实现。在碳交易市场框架下，项目产生的二氧化碳减排量可作为可交易的碳资产，通过市场交易为项目开发者与投资者带来额外收益；绿色认证则通过提升项目的市场认可度与品牌竞争力，助力项目产品或服务的市场推广。

第二节 气候金融价值链的参与主体

气候金融价值链的高效运转，依赖于需求侧、供给侧及中介力量三类核心参与主体的协同。需求侧构成资金流向的核心导向，供给侧提供资源保障，中介力量则搭建起资金与项目精准匹配的桥梁，三方通过多元互动形成完整的价值流转闭环。本节将系统梳理各类参与主体的核心构成、功能定位及运作模式，并结合实践案例剖析主体间的联动机制。

一、需求侧：气候金融的资金需求主体

资金需求是气候金融价值链启动的前提，气候金融需求侧主体涵盖企业、项目开发商、政府部门等，核心诉求围绕绿色转型、绿色产业发展、气候韧性建设等场景的资金筹措，具体可分为以下核心类型：

1. 产业类需求主体

1. 产业类需求主体主要包括能源企业、制造业企业、农业企业等产业端主体，资金需求聚焦于生产经营环节的绿色转型与可持续发展。其中，能源企业为推动从传统化石能源向清洁能源转型，需巨额资金用于风力发电厂、太阳能电站等新能源项目的建设运营；制造业企业的资金需求集中于节能减排技术改造，通过工艺升级提升资源利用效率、降低碳排放强度；农业企业则需资金推广可持续农业技术，减少农业生产对气候环境的负面影响，提升农业生态适应性。

2. 项目开发类需求主体

项目开发商是专门从事气候相关项目规划、设计、建设及运营的专业企业或机构，其资金需求贯穿项目全生命周期。以绿色建筑开发企业为例，其资金主要用于土地获取、绿色建筑设计、环保建材采购及施工建设等环节，最终实现符合绿色标准的商业或住宅建筑落地。

3. 公共部门类需求主体

地方政府作为重要的需求主体，资金需求主要投向城市气候适应类公共项目，包括防洪设施建设、城市绿化提升、生态修复等，通过此类项目提升城市应对气候变化的能力，保障居民生活安全与生活质量。

从需求场景的细分维度来看，主要呈现两大核心导向：一是高排放行业的绿色转型需求。传统高碳排放行业如燃煤电厂、煤矿、水泥、石化、钢铁等，其减碳转型过程涉及技术迭代、设备更新等多个环节，需大规模资金投入。实践中，富邦金控、兆丰金控等金融机构通过“议合”机制，为这类企业提供减碳计划制定与资金支持的一体化服务，匹配转型资金需求。二是新兴绿色产业的发展需求。可持续城市发展、绿色建筑、循环经济、清洁能源、电动汽车等绿色产业处于快速崛起阶段，成为资金需求的重要增长点。

此外，气候韧性建设领域的弱势群体与发展中国家的资金需求尤为突出。从群体维度看，低收入家庭和社区受气候变化影响更深且恢复能力较弱，其资金需求集中于气候韧性提升与气候适应项目，如洪水、干旱等灾害应对设施建设、适应性农业发展等，气象指数保险等创新工具成为缓解此类资金压力的重要支撑，可在灾害发生时快速赔付以助力渡过难关。从国家维度看，发展中国家及中低收入国家

面临显著的气候资金缺口，尽管 COP29 承诺到 2035 年每年提供不少于 3000 亿美元的资金支持，但实际需求规模或达 1.46 万亿美元。

二、供给侧：气候金融的资金供给主体

对应需求侧的资金诉求，供给侧主体通过多元渠道提供资金支持，核心包括投资者、政府及国际金融组织三大类，形成“市场主导+政府引导+国际补充”的多元化供给体系，为气候金融价值链提供稳定的资源保障。

1. 投资者群体

投资者涵盖个人投资者与机构投资者，是市场资金供给的核心力量。个人投资者基于环境责任认同与长期投资回报考量，将部分资金投向气候友好型项目；机构投资者则出于资产配置多元化与社会责任投资理念，持续加大对可再生能源、绿色建筑等领域的布局。其中，养老基金、保险公司、共同基金等机构投资者凭借资金规模优势，成为供给侧的关键支撑，例如部分养老基金为保障长期资产稳健增值，选择投资大型太阳能电站等收益稳定的气候项目。

2. 政府部门

政府通过直接资金注入与政策引导双重方式参与资金供给。在直接投入方面，政府通过财政预算设立专项基金，如低碳发展基金，为新能源汽车研发推广、节能减排技术改造等重点项目提供资金支持；在政策引导方面，借助税收优惠、财政补贴等政策工具，降低气候项目投资成本，引导社会资金向气候友好型产业集聚。

3. 国际金融组织

世界银行、亚洲开发银行等国际金融组织，通过低息贷款、赠款等方式，重点支持发展中国家的气候项目，弥补其本土资金供给的不足，助力全球气候治理的均衡推进。

从供给侧的实践运作来看，各类主体呈现差异化的功能定位。

一是金融机构与机构投资者，养老基金、保险公司等机构投资者持续加大对绿色领域的投资布局；商业银行将气候风险管理与绿色金融纳入核心战略，通过绿色授信、绿色投资、绿色承保等方式赋能低碳转型项目，典型如富邦金控、兆丰金控等金融巨头的实践；气候基金规模快速增长，私募资本开始介入高碳排放行业的脱碳转型领域；保险公司除传统财产保险业务外，还开发气象指数保险等创新产品，助力市场主体管理气候风险。

二是政府，通过制定“双碳”目标、出台绿色金融政策、推广环境导向型开发模式（EOD）等，明确气候金融发展方向；同时，通过绿色气候基金（GCF）、适应基金（Adaptation Fund）等公共基金，直接为气候项目提供资金支持。

三是政策性银行与出口信贷机构成为重要支撑。中国国家开发银行、中国进出口银行、中国出口信用保险公司等全球重要公共融资方，逐步调整资金投向，从传统化石燃料领域转向清洁能源领域，通过贷款、信用担保、保险等工具，推动绿色项目的国际化布局。

三、中介力量：气候金融的资源匹配桥梁

中介力量是连接资金供给与需求的核心纽带，通过搭建交易平台、提供专业服务、制定规则标准等方式，降低信息不对称，提升资金配置效率，保障气候金融价值链的顺畅运转。其核心构成包括市场平台、金融中介机构、专业服务机构及政策标准制定者四大类。

1. 市场平台

市场平台是资金流转的核心载体。此类平台为气候金融资源的高效流转提供基础支撑，核心包括碳市场与绿证交易平台。其中，全国碳排放权交易市场作为核心碳交易平台，承担着碳配额登记结算职能，连接控排企业与碳排放权购买方，通过碳质押融资、碳指数应用贷款等创新服务，实现“减碳价值化”，引导资金流向低碳转型领域；绿证交易平台通过核发与交易可再生能源电力“绿证”，量化清洁能源的环境价值，连接发电企业与绿电消费者，推动绿电市场化交易进程。

2. 金融中介机构

金融中介机构是资金匹配的核心渠道。银行、证券公司、保险公司等金融中介机构发挥专业优势，实现资金与项目的精准对接。银行一方面为气候相关项目提供定制化贷款服务，根据项目风险评估结果与还款能力确定贷款额度及利率，例如为新能源汽车制造企业提供固定资产贷款用于生产基地建设；另一方面开发绿色信贷、绿色债券等创新金融产品，归集社会资金并定向投向气候友好型项目。证券公司主要承担气候相关证券的发行与交易服务，协助企业发行绿色股票、绿色债券等融资工具，同时为投资者提供投资咨询服务，提升市场流动性，例如协助可再生能源企业在证券市场发行绿色债券并完成投资者对接。保险公司则通过提供气候风险保险产品，覆盖自然灾害、政策变化等各类气候相关风险，例如为沿海风力发电厂提供台风风险保险；同时，保险公司作为机构投资者，将保险资金投向气候相关项目，兼具风险保障与资金供给双重功能。

3. 专业服务机构

专业服务机构是智力支持的核心来源。咨询与研究机构、评级机构、技术服务商等为气候金融实践提供专业支撑。咨询与研究机构如世界资源研究所（WRI）、德国国际合作机构（GIZ）等，为地方政府与企业提供气候投融资能力建设服务，助力其精准识别气候风险与发展机遇；评级机构如 MSCI 通过 ESG 评级帮助投资者筛选绿色资产，CDP 搭建环境信息披露平台提升企业环境表现透明度，引导资本市场绿色投资导向；技术服务商借助数据科学、人工智能、区块链等技术，优化风险评估、项目筛选、碳核算等环节效率，精准定位气候资金需求区域，提升气候金融运作的智能化水平。

4. 政策与标准制定者

制度保障的核心主体。联合国秘书长特别代表、巴塞尔银行监管委员会等国际机构，以及各国财政部、央行、金管会等本土部门，通过制定可持续金融标准、信息披露要求、转型金融框架等，为气候金融健康发展筑牢制度基础。

四、参与主体的联动机制及实践案例

气候金融价值链的核心价值实现，依赖于需求侧、供给侧与中介力量的协同联动。实践中，已形成多种成熟的联动模式，通过主体间的高效配合，实现资金精准投放与项目价值提升。

1. 金融机构与企业的直接联动模式

以富邦金控、兆丰金控为代表的金融机构，不仅制定积极的脱碳投资策略，还通过举办“议合工作坊”等形式，直接对接高碳排放企业的转型需求，提供减碳计划定制与绿色投融资服务一体化解决方案，搭建起金融机构与企业之间的“绿色资金直通车”，提升资金配置效率。

2. 政府引导下的多元协同模式

在中国气候金融实践中，政府发挥核心引导作用，推动形成“政府+金融机构+社会资本”的协同格局。例如，生态环境部、国家发改委与国家开发银行联合推广的环境导向型开发模式（EOD），通过政府示范项目引领，撬动数亿元社会资金投入城市绿色低碳转型；人民银行推出的碳减排支持工具，通过向商业银行提供低成本资金，引导其向清洁能源、节能环保等重点领域发放贷款，实现资金从央行到商业银行、再到绿色项目的高效传导。

3. 中介平台的资源撮合模式

中介平台通过创新服务实现资金与项目的精准匹配。以全国碳市场为例，中碳登作为核心中介机构，在管理碳配额登记结算的基础上，推出碳质押融资贷款服务，允许企业以碳排放权为抵押获取银行资金，用于绿色项目改造，实现“排碳有成本、减碳有收益”的良性循环；同时，碳指数应用贷款进一步引导资金向低碳转型领域集聚。绿证则通过量化可再生能源的绿色属性并实现市场化交易，帮助企业证明清洁能源使用情况、应对潜在碳关税，凸显清洁能源的环境效益价值，吸引更多投资注入。

第三章 气候金融的市场化工具

气候金融的落地生根，离不开市场化工具的创新与应用。这些工具既是连接气候目标与金融资源的桥梁，也是平衡减排效益与市场效益的关键抓手。多元化的市场化工具正构建起覆盖“融资-风控-投资”的完整气候金融生态，为全球绿色低碳转型注入动力。

第一节 气候与金融的关系

气候与金融的关联核心聚焦于气候风险对金融体系的渗透影响，以及金融体系通过工具创新、资源配置等方式应对风险的动态互动过程。气候风险作为连接二者的关键纽带，其引发的不确定性将直接作用于金融稳定性，而金融体系的响应与适配不仅是风险对冲的核心路径，更推动形成了围绕气候议题的金融价值链。

一、气候风险的核心内涵与分类

气候风险是指由极端天气、自然灾害、全球变暖等气候因素，以及社会向可持续发展转型过程中产生的政策、技术、市场变化，对经济金融活动造成的不确定性影响，主要分为物理风险和转型风险两大类。

物理风险是直接由气候变化引发的各类风险，具体可分为急性物理风险和慢性物理风险。其中，急性物理风险属于事件驱动型，由突发性极端天气事件直接引发，如台风、飓风、短时强降雨导致的城市内涝等；慢性物理风险属于长期演变型，源于全球变暖、海平面上升、海洋酸化、降水模式改变等长期渐进的气候变化。

转型风险则是社会、经济向低碳环保的绿色经济模式转型过程中，因政策调整、技术变革、市场偏好转变、社会规范更新等因素，对企业、行业、金融机构或经济体造成的潜在负面冲击，具体可能表现为资产减值、盈利能力下降、融资成本上升、经营模式失效等。

二、气候风险对金融稳定性的影响

金融稳定性的核心要义在于金融体系中关键机构和市场的正常运转，以及市场价格能够真实反映基本面且无过度波动。气候风险通过物理风险和转型风险两大路径，从不同维度冲击金融稳定性，而金融体系通过技术适配、工具创新等方式开展应对，形成了风险与应对的动态平衡关系。

从气候风险与金融的互动关系来看，气候风险的多元化应对需求催生了多元金融产品与服务，推动形成了涵盖资金需求、供给与中介服务的完整金融价值链。企业应对物理风险的技术改造、灾害防控，

以及应对转型风险的产能升级、技术研发等形成了核心资金需求；银行、保险机构、债券市场等通过信贷、保险、债券等产品提供资金供给与风险保障；专业评估机构、气象数据服务商、政策标准制定者等则提供中介服务支撑。各主体围绕气候风险应对的核心诉求协同联动，使金融资源在风险防控、转型发展等场景中精准配置，最终形成了以气候议题为核心的金融价值链，既实现了对气候风险的有效应对，也拓展了金融体系的服务边界与价值维度。

第二节 碳市场工具

碳定价的核心工具主要分为碳税和碳排放交易体系两类，二者均通过对企业碳排放行为定价，引导企业转向低碳生产模式。从全球实践来看，目前已有 75 个碳定价机制落地，其中 39 个为碳税制度，36 个为碳排放交易体系，形成了两种工具并行发展的格局。

一、碳排放交易系统体系

作为核心碳定价工具之一，碳排放交易体系通过市场化机制实现碳排放权的合理配置，助力企业达成减排目标。其核心运作逻辑为：政府先设定年度碳排放总量上限，再将这一总量拆解为可交易的碳排放配额并分配给企业；企业若超出自身配额排放，需从市场购买额外配额补足缺口；反之，若企业通过技术升级、节能改造等方式实现超额减排，可将剩余配额在市场出售获利。这一机制的核心价值在于将碳排放的外部成本内部化——即把企业排放温室气体对社会造成的气候变化、健康损失等环境损害，转化为企业自身的经营成本，从而倒逼企业主动开展减排行动或切换至清洁能源生产模式。

当前全球碳市场呈现多元化类型并存的态势，主要包括强制履约市场、自愿碳市场以及碳信用抵消机制（即《巴黎协定》第 6.4 条确立的全球碳信用机制）。其中，欧盟碳排放交易体系（EU ETS）是全球最大的碳交易市场之一。中国也已构建起“强制+自愿”互补的碳市场体系：官方强制碳市场为“全国碳排放权交易市场”，对重点控排企业实施强制性减排约束；自愿减排市场为“全国温室气体自愿减排交易市场”（CCER），鼓励各类主体主动开展减排项目并形成可交易的减排信用，二者协同发力推动全社会碳减排。

表 3：全球碳市场的类型及代表机制举例

市场类型	代表机制
强制履约市场	欧盟 ETS、中国“全国碳排放权交易市场”
自愿碳市场	CORSIA（国际航空）、中国 CCER
碳信用抵消机制	《巴黎协定》6.4 条的全球碳信用机制

二、碳金融衍生工具

碳金融衍生工具的核心功能是提供风险管理及流动性支持，完善碳资产定价机制。具体来说，衍生工具通过市场化机制提升碳市场效率，通过价格信号引导减排投资、平抑市场波动，并为金融机构参与碳市场提供风险对冲手段，最终推动全社会以更低成本实现减排目标。

中国实践框架（JR/T0244-2022 标准）下，碳金融工具分为三类：碳市场融资工具（碳质押、碳借贷、碳债券）主要为控排企业提供融资支持；碳市场交易工具（碳远期、碳期权、碳掉期）用于管理碳价波动风险并锁定未来交易成本；碳市场支持工具（碳指数、碳保险、碳基金）则通过增强市场流动性、提供风险管理工具，完善碳市场功能。

国际主要碳金融衍生工具的类型主要包括碳期货、碳期权、碳远期、碳掉期和碳结构性产品等。这些工具在碳排放权交易基础上发展而来，用于对冲碳价格波动风险，提高市场流动性。例如，欧盟排放交易体系（EUETS）是全球主要的碳金融衍生品交易体系，其主要产品包括碳期货、碳期权等；芝加哥气候交易所（CCX）和欧洲气候交易所（ECX）等也提供了多种碳金融衍生品，如标准化的碳期货和期权合约，碳期货是国际碳市场流动性最强、市场份额占比最大的产品种类，尤其在欧洲市场，EUA 期货交易占欧盟碳市场交易总量的 90% 以上；瑞士再保险推出“极端天气指数保险”，覆盖飓风干旱损失。

1. 碳期货

碳期货是指以碳排放权为标的的标准化期货合约，通过约定未来特定时间、价格买卖碳资产，帮助控排企业对冲碳价波动风险，是碳金融市场核心风险管理工具之一。

例如企业套保案例，中国华能集团于 2022 年运用碳远期合约开展套期保值，成功降低履约成本数千万元，有效对冲碳价波动风险，凸显了碳期货类衍生品对控排企业的风险管理价值。又如，跨境金融产品案例，中国银河国际控股有限公司推出欧盟碳排放权期货合约跨境碳收益互换（TRS）产品，境内客户通过与银河德睿签署协议，以欧盟碳期货为标的，由银河国际相关部门提供顾问与投资服务，实现资金不出境即可参与欧盟碳市场交易，还可借助 1-5 倍杠杆降低资金成本，助力中国出口企业规避欧盟碳关税风险。

2. 碳期权

碳期权是赋予持有者在约定时间内以特定价格买卖碳资产权利的衍生品，具有风险管理灵活的特点，可让企业根据碳价走势自主选择行权与否，满足多样化风险对冲需求。

例如，欧洲气候交易所（ECX）的 EUA 期权合约，2022 年其看涨期权未平仓合约量同比大幅增长，反映市场对碳价上涨的强烈预期，既为投资者提供了收益获取渠道，也为控排企业提供了灵活的风险对冲工具。又如，上海环境能源交易所 2022 年推出碳配额远期+期权组合产品，首年交易量即实现较大突破，企业可通过远期合约锁定未来碳价，结合期权特性进一步降低风险或获取额外收益，精准匹配了多样化的风险管理需求。

3. 碳远期

碳远期是交易双方约定未来某一确定时间，以固定价格买卖碳排放权或核证减排量的金融合约，核心作用是锁定未来碳成本或收益，助力企业与金融机构应对环境政策风险。国际市场中，欧盟碳排放交易体系（EUETS）的 EUA 远期交易发展成熟，是欧洲碳市场主流交易方式；国内市场自 2021 年全国碳市场成立后逐步完善，华夏银行与国家能源集团旗下企业合作完成的全国碳市场首笔交割远期交易，彰显了市场活跃度。

例如，广州碳排放权交易所 2016 年完成首笔碳配额远期交易备案，后续该交易因一方企业破产出现信用风险纠纷，凸显了碳远期交易的信用风险防控要点。又如，湖北碳排放权交易中心同年推出全国首个碳排放权现货远期交易产品，葛洲坝集团旗下企业率先参与并完成多笔交割，有效降低了履约成本。再如，上海碳配额远期产品 2017 年上线后，累计交易量达数百万吨，为企业规避碳价波动风险提供了有效支撑。

4. 碳掉期/互换

碳掉期（碳互换）是以碳排放权为标的的金融衍生品，交易双方约定以固定价格进行初始交易，未来再以市场价格反向交易，最终仅对价格差额进行现金结算，主要分为现金结算差价掉期和不同碳资产间互换两类，实施机构负责保证金监管、交易鉴证及清算结算。

例如，2015 年中信证券与北京京能源创碳资产管理有限公司在北京绿色交易所签署国内首笔碳排放权场外掉期合约，委托交易所负责保证金监管与清算，实现碳市场与金融市场的有机结合，为市场参与者提供了风险防范与套期保值工具。又如，2015 年，壳牌能源（中国）有限公司与华能国际电力广东分公司开展全国首单碳掉期交易，通过碳排放配额与核证减排量（CCER）的互换，成为不同标的资产间互换的典型案列。再如，2017 年深圳妈湾电力与深圳中碳科技完成数十万吨碳排放配额与 CCER 的等量置换，创下当时国内单笔置换交易量纪录，帮助控排企业实现低成本履约并创造经济效益。

5. 碳抵押与质押融资

碳抵押/质押融资是碳资产持有者以碳资产为抵押物或质物向金融机构申请贷款的融资形式，到期通过还本付息解除抵押/质押，目前在上海、广东等碳市场已形成规范化业务规则，成为激活企业碳资产价值的重要融资工具。

例如，工行武汉分行为湖北省重点排放单位发放首笔基于下一年度预分配碳配额的质押贷款数千万元，通过与碳交易中心协同估值，有效激活企业碳资产。又如，招商银行黄冈分行为本地化工企业发放碳配额质押融资数百万元，专项用于绿电购买，一周内完成全流程审批投放，实现银企电三方共赢。再如，威海银行、九江银行推出林业碳汇相关质押贷款，分别以林业碳汇预期收益权、CCER 林业碳汇收益权为质押，为林业企业提供资金支持，助力森林保护与产业升级。

6. 碳资产托管

碳资产托管分为狭义与广义两类。狭义主要指控排企业将碳配额委托专业机构集中管理交易，实现保值增值；广义则涵盖 CCER 开发、碳账户管理、交易委托、低碳投融资及咨询等全链条碳排放管理服务。国内碳资产托管业务以碳配额托管为主，2014 年起深圳、广州、福建等地交易场所陆续推出相关业务。

例如，2014 年湖北碳排放权交易中心促成全国首单碳资产托管业务，湖北兴发化工将百万吨级碳排放权委托给两家专业机构管理，后续湖北出台相关实施细则规范业务开展。又如，2015 年深圳芭田生态与专业碳资产管理公司签署深圳碳市场首单托管协议，开启当地托管业务先河。再如，2021 年全国碳市场上线后，新加坡金鹰集团与交通银行江苏省分行签署碳排放权交易资金托管协议，开立专用账户委托银行监督保管，成为全国首单金融机构与跨国企业合作的托管业务。

7. 碳资产出售回购（碳回购）

碳资产出售回购（碳回购）是指重点排放单位等碳配额持有者，将碳配额出售给其他机构并签订回购协议，约定期限后以预定价格回购的交易模式，核心作用是帮助企业在不永久放弃碳资产的前提下获取短期资金，兼具灵活融资、活跃市场、风险管理等优势。

例如，2025 年中信证券与北京嘉诚热力在北京绿色交易所完成北京碳市场首笔场内约定购回交易，嘉诚热力通过盘活碳资产获得资金，用于支持低碳产业升级项目，中信证券联合信托机构开展合作探索，助力解决企业低碳创新融资瓶颈。又如，2024 年中信证券联合招商银行武汉分行，与华新水泥完成湖北碳市场碳配额回购交易，融资超 1 亿元，成为试点碳市场成立以来单笔规模较大的回购融资业务，资金用于企业降碳技术改造与生产系统升级。再如，申万宏源证券 2025 年为湖北某新型建材公司定制碳资产回购方案，提供短期资金支持企业更新环保设备、加装光伏装置，助力绿色低碳发展。

第三节 气候基金

气候基金是应对全球气候变化的重要金融工具，主要通过资金支持和技术转移推动减排、适应及可持续发展。

一、全球环境基金（GEF）

覆盖生物多样性、气候变化等五大领域，支持发展中国家履行国际环境公约义务。例如资助巴西热带雨林保护计划，通过碳汇机制增强生态韧性。

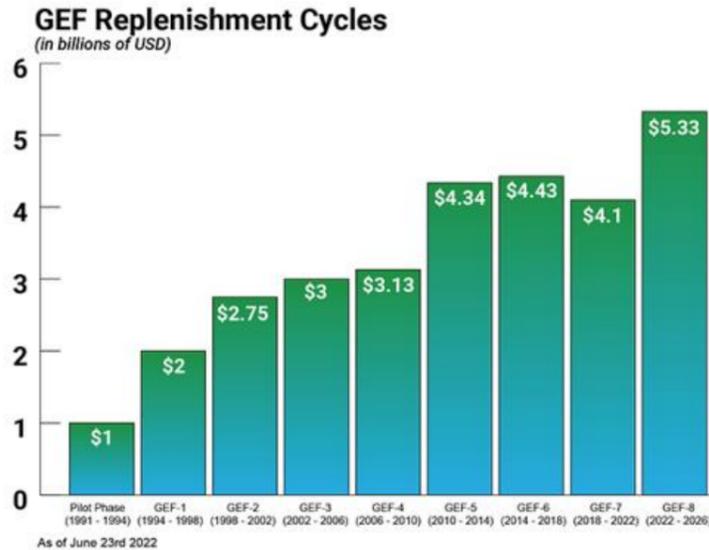
全球环境基金（Global Environment Facility, GEF）成立于 1991 年，是一个多边基金家族，旨在帮助解决地球上最紧迫的环境问题，其核心使命是帮助确保所有生命所依赖的自然得到保护和可持续利用，致力于应对生物多样性丧失、气候变化和污染，并支持陆地和海洋健康，支持发展中国家应对复杂挑战，并努力实现国际环境目标。除了 UNFCCC，GEF 还是其他四项公约的资金机制，包括《生物多样性公约》（CBD）、《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》（POPs）、《联合国防治荒漠化公约》（UNCCD）和《关于汞的水俣公约》，在支持发展中国家履行这些公约规定的义务和承诺方面发挥了关键作用。

GEF 的组织结构包括一个代表大会、理事会、秘书处、18 个代理机构、科学和技术咨询小组和评估办公室。GEF 大会（GEF Assembly）由所有 186 个成员国或参与者组成，每三到四年举行一次部长级会议以审查总体政策，根据提交理事会的报告审查和评估 GEF 的运作情况，审查成员资格，并根据理事会的建议审议相关文书的修正案，以协商一致方式予以批准。

GEF 资金由参与的捐助国提供，并转移给发展中国家和经济转型国家，支持其实现国际环境公约和协定的目标。理事会批准的资金通过 18 个代理机构转移到政府机构、民间社会组织、私营部门公司、研究机构以及广泛的潜在合作伙伴，以在受援国执行项目和计划。自 GEF 成立以来，已收到 40 个捐助国捐款，包括美国、法国、日本等发达国家，也包括中国、南非、巴基斯坦等发展中国家。

捐助国的捐助通过其管理的几个信托基金提供的，世界银行是 GEF 受托人，并由设在世界银行的一个独立秘书处提供相关服务。GEF 每四年为一次充资期。自 1991 年成立起至今，GEF 已经过 8 次充资周期，最近一期为 GEF-8（2022 年-2026 年）。除 GEF7 外，其他充资周期规模均呈现增长趋势，GEF-8 充资规模达到 53.3 亿美元。

图 1: GEF 充资周期



来源: GEF 官网

GEF 投资旨在产生持久和变革性的影响, 在 STAP 的支持下确定了几项指导原则。

表 4: GEF 投资指导原则及内容

指导原则	内容
跨部门、主题领域和驱动因素的整合	<ul style="list-style-type: none"> 解决生态、经济和社会驱动因素和结果。这包括考虑文化规范、消费模式、经济需求和激励措施等因素, 以及投资活动的成本和收益分配。 避免泄漏, 即将负面影响转移到其他地方, 这包括取代破坏性的生产做法以及毒素和废物的流动。 是跨部门和跨规模工作, 包括生物多样性保护、栖息地保护和恢复、粮食系统、交通、能源生产、化学污染和供应链之间的联系。
转型投资	<ul style="list-style-type: none"> 可靠地解决 GEF 战略中确定的一个或多个转型工具, 对于 GEF-8, 这些工具包括治理和政策、财务杠杆、创新和多方利益攸关方对话。 有目的地承担项目风险, 以实现大规模的影响, 这意味着转型变革需要在政策和金融、技术和管理实践以及社会变革领域采取新的方法。
持久投资	<ul style="list-style-type: none"> 面对多种可能的未来情景, 进行弹性设计, 包括明确考虑气候风险以及环境变化的其他方面。 建立体制和财务机制以维持影响, 这意味着扩大影响的最大机会通常出现在 GEF 投资期之后。

GEF 制定了一套项目筛选标准, 要求满足以下所有标准的项目或计划才能够获得 GEF 的资金资助。

表 5: GEF 投资项目筛选标准

项目筛选标准	内容
符合条件的国家	<p>满足以下两个条件之一的国家能够获得 GEF 的资助:</p> <ul style="list-style-type: none"> 该国签署 GEF 公约, 并符合每项公约缔约方大会决定的资格标准, 或该国有资格获得世界银行 (国际复兴开发银行和/或国际开发协会) 的资金/通过其核心预算资源调拨目标 (特别是 TRAC-1 和/或 TRAC-2) 成为联合国开发计划署技术援助的合格接受者。
国家优先事项	<p>即该项目必须由国家 (而不是外部合作伙伴) 推动, 并与支持可持续发展的国家优先事项保持一致。</p>
GEF 优先事项	<p>为实现多边环境协定的目标, GEF 必须支持最终旨在以综合方式解决环境退化驱动因素的国家优先事项, 包括生物多样性、气候变化、土地退化、国际水域以及化学品和废物等 GEF-8 核心关注领域, 为各国提供了参与选定“综合方案”的机会。</p>
融资	<p>该项目必须仅为实现全球环境效益相关措施的增量成本寻求 GEF 融资。</p>
参与	<p>项目必须让公众参与其设计和实施, 遵循利益相关者参与政策和相应的指导方针。</p>

GEF 按照规模将提供资金的模式分为四类, 分别为全规模项目、中型项目、赋能活动和方案方法, 要求所选的模式最能支持项目目标。具体来说, 全规模项目 (FSP) 融资金额超过 200 万美元的项目; 中型项目 (MSP) 融资规模低于或等于 200 万美元; 赋能活动 (EA) 为履行公约下的承诺而制定计划、战略或报告; 方案方法指对旨在对全球环境产生大规模影响的单个但相互关联的项目提供长期和战略性安排。

二、气候投资基金 (CIF)

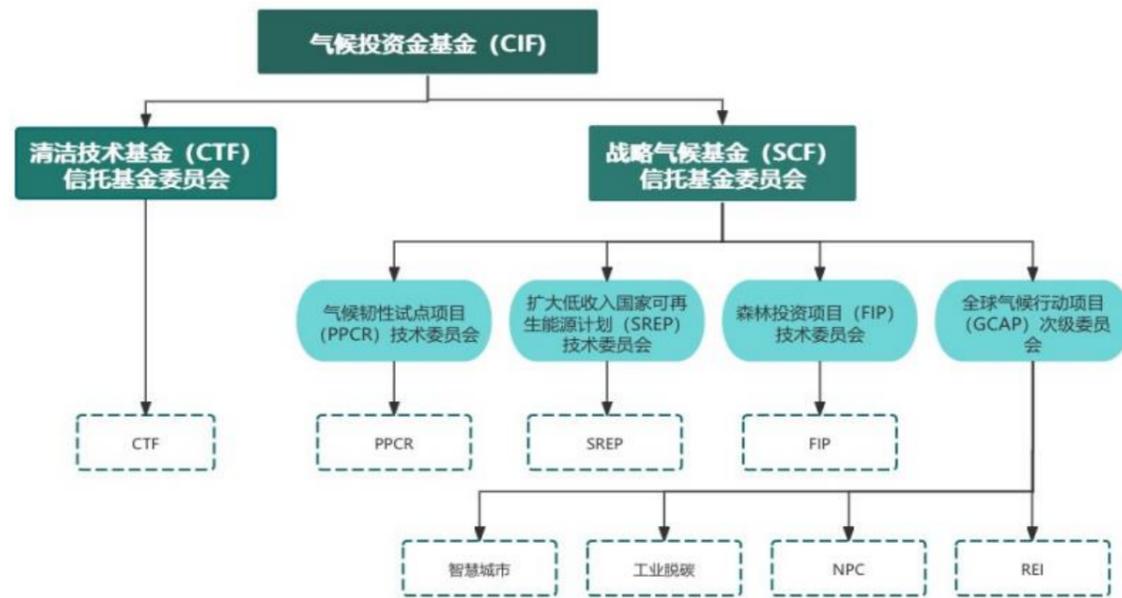
气候投资基金 (Climate Investment Funds, CIF) 于 2008 年 7 月成立, 由 14 个国家共同发起设立 (9 个欧洲国家、2 个北美洲国家和 3 个亚太国家), 其资金由世界银行托管。CIF 旨在助力低收入和中等收入经济体开创气候智能规划和气候行动, 通过大规模、低成本和长期的金融解决方案来应对全球气候危机, 以支持各国实现其气候目标。CIF 核心理念是帮助社区更快转向清洁和绿色实践, 增强人口对气候风险的抵御能力, 稳定国家和地区经济, 并为不让任何人掉队的更可持续发展铺平道路。

自成立以来, CIF 已支持 72 个国家和地区超过 370 个项目, 与政府、私营部门、民间社会、当地社区和六大多边开发银行 (世界银行集团、美洲开发银行、非洲开发银行、欧洲复兴开发银行和亚洲开发

银行)合作,提供具有竞争力的融资,降低投资者风险和新技术试点的障碍,扩大经验证的解决方案,开放可持续市场,并动员私营部门资本流向气候行动。

CIF 的治理架构体现广泛基础性和包容性,是致力于促进对话、伙伴关系和透明决策的公平治理模式,表现在三方面,一是捐助国和受援国的平等代表权;二是决策共识性;三是给予私营部门、民间社会和当地人民代表观察员席位。

图 2: CFI 治理架构图



来源: 根据 CFI 官网整理

CIF 由两个信托基金构成,分别为清洁技术基金 (Clean Technology Fund, CTF) 和战略气候基金 (Strategic Climate Fund, SCF)。两个基金分别由一个信托基金委员会管理,负责监督和决定其战略方向、运营和其他活动,以及推动这些活动的政策。此外,SCF 指定了三个技术委员会来管理其目标计划:气候韧性试点计划 (PPCR)、扩大低收入国家可再生能源计划 (SREP) 和森林投资计划 (FIP); 以及一个管理其新项目的小组委员会,即全球气候行动计划 (GCAP) 小组委员会,负责管理智慧城市、工业脱碳、自然、人民和气候 (NPC) 以及可再生能源一体化 (REI) 四个计划。

表 6: 气候投资基金的投资领域

基金名称	投资领域
清洁技术基金 (Clean Technology Fund, CTF)	主要投资于中低收入国家的清洁技术项目,这些技术具有较大的温室气体减排潜力。该基金通过赠款、或有赠款、优惠贷款、股权和担保等多种金融工具,使相关投资对中低收入国家的公共和私营部门投资者更具吸引力。
战略气候基金 (Strategic Climate Fund, SCF)	旨在为试点创新方法或扩大针对特定气候变化挑战或部门应对措施的活动提供资金,具体包括: - 通过边做边学提供经验和教训; - 为减缓和适应气候变化提供新的和额外的资金; - 在减贫背景下,为扩大和转型行动提供激励措施; - 提供激励措施,以维护、恢复和加强富含碳的自然生态系统,并最大限度发挥可持续发展的共同效益。
	气候韧性试点计划 (PPCR),即为一些最脆弱的中低收入国家和地区提供资金支持,以建立适应和抵御气候变化的能力。 扩大低收入国家可再生能源计划 (SREP),即支持扩大太阳能和地热等可再生能源解决方案的部署,以提高可再生能源的可用性。 森林投资计划 (FIP),它为解决森林砍伐和森林退化问题提供直接融资,并通过提供赠款和低息贷款,帮助政府、社区和企业共同为依赖森林的人民和经济体制定可持续的解决方案,同时维护重要的生态系统及其服务。 可再生能源一体化计划 (REI),旨在帮助解决将更高比例的间歇性可再生能源发电纳入电网的全系统障碍,并利用清洁能源转型带来的机遇。 自然、人民和气候计划 (NPC),旨在帮助政府、行业和社区在气候行动中利用土地资源和生态系统的潜力,减少农业和粮食系统、森林和其他陆地生态系统等领域的可持续性障碍。

三、绿色气候基金 (GCF)

绿色气候基金 (green climate fund, GCF) 是《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC) 下设的一个资金机制运营实体。作为全球最大的气候基金,GCF 旨在为发展中国家提供资金支持,帮助其减少温室气体排放并适应气候变化的影响,从而推动全球气候行动的实施。GCF 的设计理念兼顾了公平与效率,试图平衡发达国家与发展中国家在气候融资中的责任与需求。

然而,在实际执行过程中,绿色气候基金 GCF 面临着诸多挑战,包括机构能力不足、融资缺口巨大以及项目执行效率低下等问题。根据公开数据,尽管 GCF 在资金筹集方面取得了一定进展,但距离实现其 2020 年筹集 1000 亿美元/年的目标仍有较大差距。

1. 成立背景

绿色气候基金 GCF 的设立可以追溯到 2009 年哥本哈根气候大会，当时发达国家与发展中国家在气候融资问题上展开了激烈辩论。哥本哈根会议虽然未能达成具有法律约束力的全球气候协议，但发达国家承诺到 2020 年每年为发展中国家提供 1000 亿美元的气候融资，以帮助后者应对气候变化的挑战。这一承诺为绿色气候基金的设立奠定了基础。2010 年，在墨西哥坎昆举行的 UNFCCC 第 16 次缔约方大会上，绿色气候基金正式被确定设立，旨在成为《联合国气候变化框架公约》下新的资金机制，替代原有的全球环境基金 (GEF) 临时资金机制。绿色气候基金的设立标志着国际社会在气候融资问题上迈出了重要一步，反映了国际社会对气候变化问题的重视程度不断提高。

2. 投资领域

绿色气候基金 GCF 重点关注四个领域，分别为建立环境，能源和工业，人类安全、生计和福祉，以及土地利用、森林和生态系统，并通过四个转型方法来应对气候变化、实现环境目标。

一是编制转型规划和方案，即通过促进综合战略、规划和政策的制定，来最大限度发挥缓解、适应和可持续发展之间的协同效益；二是促进气候创新，即通过投资新技术、商业模式和实践来验证观念；三是降低投资风险以增加筹资规模，即利用稀缺的公共资源来改善低排放气候适应型投资和私人融资的风险回报状况，特别是针对适应、基于自然的解决方案、最不发达国家和小岛屿发展中国家；四是将气候风险和机遇纳入投资决策流程，实现金融与可持续发展的一致性。

GCF 理事会通过了《GCF2024-2027 年战略计划》，为 GCF-2 提供了主要规划方向。该计划阐明了 GCF 将如何通过其主要资源，包括财政资源、伙伴关系、号召力、人员和知识来加强对发展中国家的支持。

表 7: GCF 2024-2027 年战略计划结构

事项	内容
UNFCCC 和《巴黎协定》	5GCF 的目标是通过连续的周期为 UNFCCC 和《巴黎协定》的目标做出重大而雄心勃勃的贡献。
战略眼光	GCF 促进范式转变以及 UNFCCC 和《巴黎协定》的实施 - 在可持续发展的背景下，推动向低碳和气候韧性发展道路的转变 - 支持发展中国家在不断变化的气候融资中执行 UNFCCC 和《巴黎协定》
战略方向	GCF 旨在实现 2030 年全球路径的里程碑目标，并在 2024-2027 年的资源基础上取得有针对性的成果 - 减少 1.5-2.4 亿吨二氧化碳当量 - 增强 570 万至 900 万人的气候韧性

事项	内容
2024-2027 年规划倾向	GCF 2024-2027 年规划倾向
2024-2027 年优先事项	<ul style="list-style-type: none"> - 准备：更加关注气候规划和直接获取 - 减缓和适应：支持跨部门的范式转变 - 适应：解决紧急和立即的适应和韧性需要 - 私人部门：促进创新，刺激绿色金融
运营和机构优先事项	GCF 将学习和调整其运营，以提高可及性为核心目标，并采取制度措施来校准政策、流程、治理、风险、结果管理以及成功交付的组织能力

来源：根据 GCF 官网资料整理

GCF 制定了一套投资框架，包含投资标准和指标，为 GCF 利益相关方制定、评估和批准项目提供引导，覆盖影响潜力、范式转变的潜力、可持续发展潜力、受援国的需求、国家主权以及效率和效力六个维度。截至 2024 年 7 月，GCF 共批准 269 个项目，覆盖 129 个发展中国家，预计可避免 30 亿吨二氧化碳当量，资金规模达 149 亿美元，已实施 121 亿美元。

3. 治理结构

GCF 董事会负责基金管理的治理和监督。由 UNFCCC 的 194 个主权政府缔约方组成。

基金会的重要决议由理事会领导，秘书处执行日常相关的事务。该秘书处由气候金融专家组成，秘书处设于韩国松岛。绿色气候基金的理事会由 24 位正式理事成员组成，发展中国家和发达国家各占 12 席，第一届理事会成员 (board member) 分别来自贝宁、埃及、南非、中国、印度尼西亚、印度、哥伦比亚、伯利兹城、墨西哥、赞比亚、巴巴多斯、格鲁吉亚、澳大利亚、丹麦、法国、德国、日本、挪威、波兰、西班牙、德国、瑞典、英国以及美国共 24 个国家。

表 8: GCF 投资进展一览表

分析维度	具体情况
项目主题	<ul style="list-style-type: none"> - 55%的资金投资于气候适应领域； - 45%的资金投资于气候减缓领域（按等额口径来计算）。
规模	<ul style="list-style-type: none"> - 中型项目（最高预计总成本在申请时大于 5000 万美元、但小于或等于 2.5 亿美元）和小型项目（最高预计总成本在申请时大于 1000 万美元、但小于或等于 5000 万美元）投资比例最大，分别达到 36%和 35%； - 大型项目（最高预计总成本在申请时超过 2.5 亿美元）比例为 18%； - 微型项目（最高预计总成本在申请时小于或等于 1000 万美元）比例为 11%。
融资工具	<ul style="list-style-type: none"> - 以捐赠和贷款为主，占比分别为 42%和 40%； - 股权投资次之，占比为 12%； - 基于结果的支付 (RBP) 和保证金占比均为 3%。

分析维度	具体情况
领域	<ul style="list-style-type: none"> - 人民和社区的生计领域项目规模最大，有 167 个项目，融资金额为 19 亿美元； - 健康、食物和水资源安全领域次之，有 128 个相关项目，融资金额 16 亿美元； - 其他涉及基础设施和环境建设、生态系统及服务、能源生产与使用、交通运输、森林和土地使用等领域。

4. 资金来源

绿色气候基金 GCF 的资金来源主要包括缔约国出资、社会捐赠、资产运营收益等。根据设计，绿色气候基金的资金来源于 12 个发达国家的捐赠，对 UNFCCC 下的所有发展中国家开放。基金的设立基于“共同但有区别的责任”原则，即发达国家应当承担更多的减排责任，同时为发展中国家提供资金支持。这一原则反映了国际社会对发达国家和发展中国家在应对气候变化问题上不同责任和能力的认可，体现了气候融资的公平性。

5. 资金分配

绿色气候基金 GCF 的资金分配具有鲜明的特色和优先事项。首先，基金在资金分配上坚持“双 50%”原则，即 50% 的资金用于减缓气候变化，50% 的资金用于适应气候变化。特别是在适应资金中，50% 的资金专门用于支持最不发达国家、小岛屿国家等气候脆弱群体。

其次，基金特别重视支持小型项目，对 1000 万美元以下的小型项目，其投资比例可达到 100%。这一政策主要是考虑对中小企业和弱势群体的支持，体现了基金对包容性和普惠性的追求。

此外，对于大于 1 亿美元的大型项目，绿色气候基金会采用灵活处理的方式进行投资，但会更加严格地对技术、环境和社会影响进行评估，确保资金使用的效率和气候效益最大化。一般来说，单个项目能获得 GCF 的投资金额上限为 1 亿美元，且比例不超过项目总投资金额的 50%。

这种差异化的投资策略既考虑了项目的规模和复杂性，也确保了资金能够有效地支持最需要帮助的群体和项目。

相比其他气候资金机制仅能从公共部门筹资，绿色气候基金 GCF 最大的特色是，为了专门处理私营部门资金 (PSF) 运作而设立了私营部门机制。这一机制的主要作用是吸引和动员私营部门参与气候融资，以充分发挥资金的杠杆效应。也就是说，通过这一机制，绿色气候基金能够撬动更多的社会资本参与气候行动，扩大气候融资的规模和影响力。据中央财经大学绿色金融国际研究院统计，截至 2024 年 5 月，投向减缓领域的资金吸引社会资本参与的杠杆效应较为显著，共同融资比例（社会资本/GCF 投资资金）达到 3.6，即绿色气候基金每投入 1 美元可撬动 3.6 美元的社会资本参与。例如，“尼日利

亚太阳能独立电力生产支持计划”是 GCF 在尼日利亚支持的一个项目，总融资规模 4.67 亿美元，其中包括了 GCF 提供的优惠贷款 1 亿美元。该项目旨在加速该地区的清洁能源转型。这种公私合作的模式不仅能够扩大气候融资的规模，也能够提高资金使用的效率和创新性，为气候行动提供更多资源和解决方案。

绿色气候基金 GCF 的资金分配遵循一系列严格的标准和原则，如绿色投资标准、气候影响评估、环境社会影响管理、性别平等、财务可持续性和创新性等，以确保投资的环境和社会影响的可持续性。这些标准和原则不仅确保了资金用于最具气候效益和财务可持续性的项目，也体现了基金对社会公平和包容性的重视。

6. 运作模式

绿色气候基金 GCF 的运作模式具有显著的创新性和灵活性。基金不是直接向项目提供资金，而是通过执行机构来管理和实施项目。GCF 的执行机构包括联合国机构、多边开发银行、国家机构和私营部门实体等，这些机构在气候融资和项目实施方面具有丰富的经验和专业知识，能够为基金提供专业的支持和服务。

除了国际执行机构主导资金分配的模式，GCF 设立“国家指定机构” (NDA) 和“直接访问实体” (DAEs)，允许发展中国家绕过国际执行机构直接申请资金。“国家指定机构” (NDA) 是发展中国家政府指定的代表该国与 GCF 进行沟通和协调的官方机构，这些机构通常是国家政府的部委或专门设立的气候机构，负责监督和管理 GCF 在该国的资金分配和项目实施。通过指定 NDA，发展中国家可以确保 GCF 资金与其国家发展战略和优先事项保持一致，同时保持对资金分配的主权控制。“直接访问实体” (DAEs) 是指被 GCF 批准可以直接申请资金的非国家实体，包括非政府组织、私营企业和国际组织等。DAEs 的资格和认证过程严格，要求申请机构具备实施气候项目的长期经验、专业能力和良好的治理结构。DAEs 可以直接向 GCF 提交项目提案，无需通过 NDA。这一机制旨在促进民间社会、私营部门和其他非国家行为体的参与，确保资金流向最有效和创新的气候行动。例如，2017 年 4 月，GCF 第 16 次董事会批准了印度“奥里萨邦脆弱部落区域利用地下水回灌及太阳能微灌溉技术保证食品安全、增加应对气候变化弹性项目”，印度通过国家农业与农村发展银行 (NABARD) 成功获批 3440 万美元赠款项目。

7. 挑战与限制

绿色气候基金 GCF 作为 UNFCCC 核心资金机制，其设计兼顾公平与效率，但执行中仍面临诸多挑战。

首先，资金不足是绿色气候基金面临的最严峻挑战之一。根据设计，绿色气候基金的目标是到 2020 年每年筹集 1000 亿美元，然而实际到位资金不足。根据中央财经大学绿色金融国际研究院的数据，截至

2019年5月，GCF从43个国家共筹集了103亿美金。这一差距反映了国际社会在气候融资问题上仍存在分歧和挑战，也体现了发达国家在履行其气候责任方面仍需更多努力。

其次，机构能力有限。作为新设立的机构，绿色气候基金在项目评估、审批和管理等方面的能力有限，影响了其工作效率和质量。

第三，基金需要加强与各方的协调和合作，包括发达国家、发展中国家、私营部门、民间社会等，确保各方能够有效地参与和监督基金的运作。这包括建立有效的沟通机制、加强信息共享和协调、促进各方的对话和合作等。此外，基金还需要加强与现有国际金融机构和机制的协调和合作，避免重复和浪费，提高资金使用的效率和效果。

第四，私营部门参与不足。尽管基金设立了私营部门资金机制，旨在吸引和动员私营部门参与气候融资，但私营部门的参与仍然不足。基金需要吸引更多私营部门参与气候融资。这包括提供更有吸引力的融资条件、降低私营部门参与的门槛和风险、加强与私营部门的沟通和协调等。此外，基金还需要加强与私营部门的对话和合作，了解其需求和关切，为其参与气候融资创造更有利的条件和环境。

这些挑战和限制需要国际社会的共同努力来解决。发达国家需要加大对绿色气候基金的支持力度，确保其能够充分发挥其在气候治理中的作用。发展中国家也需要加强自身的机构建设和能力建设，为绿色气候基金的资金使用创造更有利的条件和环境。此外，绿色气候基金的运作也需要更多的私营部门参与。同时，绿色气候基金也需要进行自我改革和创新，以适应不断变化的全球气候治理格局和需求。这包括优化治理结构和决策机制、加强与各方的协调和合作、创新融资机制和工具、提高项目执行效率和质量等。

四、特别基金

气候变化特别基金 (the Special Climate Change Fund, SCCF) 是世界上第一批多边气候适应融资工具之一，在2001年由《联合国气候变化框架公约》缔约方大会上决议设立，旨在帮助脆弱国家应对气候变化的负面影响。SCCF由全球环境基金管理，与最不发达国家基金并行运作。

由于一系列气候和非气候因素，加勒比、非洲和印度洋以及太平洋的小岛屿发展中国家是世界上应对气候最脆弱的国家之一。盐水入侵严重影响了许多岛屿的饮用水供应和农业生产力。海平面上升使这种情况愈发恶化，尤其是在低洼岛屿上，再加上强降雨的增加，热带风暴对沿海基础设施、定居点和生态系统的破坏将更加严重。由于小岛屿发展中国家在地理上相对孤立，且土地面积有限，这些影响将更加复杂，往往更加难以解决。政府间气候变化专门委员会第六次评估报告提到了一系列预计的气候变化对小岛屿发展中国家的不利影响，这些影响将转化为对人类安全、健康、基础设施、生态系统、农业和粮食以及经济和生计的直接不利影响。

根据全球环境基金2022-2026年的全新气候变化适应战略，SCCF将聚焦于以下两方面。

表9: SCCF的投资领域

聚焦方向	支持领域
支持小岛屿国家的气候适应需求	<ul style="list-style-type: none"> - 风暴和洪水预警系统； - 改进区域预测； - 基于自然的解决方案，如红树林和其他保护措施； - 增强道路、公共基础设施和淡水资源的韧性； - 具有气候适应性的水产养殖、渔业和多样化收入； - 粮食、城市和旅游领域的系统韧性干预措施； - 气候韧性健康（媒介和水传播疾病）； - 以及建立韧性、减少脆弱性和使当地经济多样化的措施，减少对进口的依赖； - 以及将气候韧性纳入政策和发展规划的主流； - 建设国内适应能力。
加强技术转让、创新和私营部门参与	<p>SCCF 推动创造强有力的、具备气候韧性的经济系统和社区，致力于帮助各国解决以下一系列障碍，如：</p> <ul style="list-style-type: none"> - 获得气候韧性技术和基础设施的机会有限 - 预测和管理气候风险的机制能力有限 - 包括中小企业和企业家在内的私营部门对制定和提供适应解决方案的参与度低 - 缺乏从公共来源获得资金和进入适应解决方案市场的机会

最不发达国家基金 (the Least Developed Countries Fund, LDCF) 帮助各相关国家实施其国家适应计划和战略。LDCF 有着全球金融界最大的最不发达国家适应项目组合之一，解决了最不发达地区一系列脆弱环节的适应优先事项，包括农业、水利、灾害风险管理、沿海地区管理、基础设施和可持续替代生计等。该基金资助了365个项目，提供了约17亿美元的赠款支持相关活动，惠及预计5200多万人，并在区域、国家和地方各层级对800多万公顷土地进行气候适应性管理。

为支持不发达国家基金/气候变化特别基金而批准的全球环境基金第八期增资战略旨在重点关注农业、粮食安全和健康、水、气候信息服务和基于自然的解决方案。新战略旨在通过扩大获得适应资金的机会，进一步支持最不发达国家解决其适应优先事项，加强创新和私营部门的参与，并促进全社会方法和包容性伙伴关系。

五、典型案例分析

1. 发展中国家可再生能源项目融资案例

UNFCCC 资金机制通过其运营实体（如绿色气候基金 GCF、全球环境基金 GEF）以及与其他开发金融机构的合作，为发展中国家的可再生能源项目提供了多样化的融资支持。这些案例展示了国际气候资金如何帮助克服项目早期风险、降低融资成本，并成功撬动私人资本，最终推动当地能源转型和可持续发展。

尼日利亚分布式可再生能源项目是 GCF 与世界银行协同融资的典型范例。该项目通过“分布式可再生能源规模扩大计划”（DARES）获得了世界银行 7.5 亿美元的支持，并在此基础上进一步吸引了日本国际协力机构（JICA）提供的 1.9 亿美元优惠贷款。项目核心目标是为尼日利亚服务不足的社区提供清洁电力，计划使超过 1700 万人口受益。其创新之处在于采用混合融资模式，将优惠贷款、赠款（如 JICA 额外提供的 3200 万美元用于资助阿布贾、凯菲和阿帕帕的三座变电站）以及尼日利亚政府的配套资金（联邦执行委员会批准了 190 亿奈拉作为 JICA 2.38 亿美元电网扩建贷款的配套资金）有机结合。这不仅有效降低了项目总体融资成本，也通过加固国家电网和部署分布式可再生能源解决方案，增强了能源供应的可靠性和可及性，为类似国家提供了可复制的范式。

贝宁太阳能电站项目则展示了气候资金如何催化私人投资进入非洲可再生能源领域。在 AXIAN Energy 与 SikaCapital 联合开发的总额 5300 万美元的太阳能电站项目中，发展金融机构提供了 4100 万美元的债务融资，占比超过四分之三，显著降低了项目的投资风险。该项目将在博希孔、帕拉库、朱古和纳蒂廷古建设四座总容量 50 兆瓦的太阳能电站，预计为 5 万户家庭供电，助力贝宁实现 2030 年可再生能源占比 30% 的目标。此类由国际公共资金支持、私人企业主导运营的“独立发电商（IPP）”模式，正日益成为非洲新能源项目开发的主流，资金机制通过提供长周期、低成本的债务工具，有效弥补了商业资本市场在早期项目融资上的缺口。

多哥的“太阳能-储能”混合项目是全球环境基金（GEF）通过世界银行资助的又一范例。印度政府下属的 WAPCOS Limited 与多哥农村电气化和能源创新机构（AT2ER）合作，在该国达帕翁地区建设一座 25 兆瓦的太阳能电站，并配套建设 36 兆瓦时的电池储能系统（BESS）。项目核心目标是改善多哥 61 个地区的农村电气化水平。储能系统的配置确保了电力供应的稳定性和可调度性，解决了太阳能发电的间歇性问题，对提升电网对可再生能源的消纳能力具有重要的示范意义。

小岛屿发展中国家（SIDS）的可再生能源项目同样受益于资金机制的支持。以塞舌尔的 Seysun Lagoon 漂浮光伏项目为例，这一 5.8 兆瓦的项目是非洲迄今最大规模的漂浮光伏项目之一。项目获得了 Cygnus Capital 管理的“能源包容性基金”（FEI）提供的 570 万美元高级债务融资，并与塞舌尔公共事业公司签署了 25 年购电协议（PPA）以锁定长期收入。这类项目对小岛屿国家具有特殊价值，

不仅能帮助其减少对昂贵化石能源进口的依赖、迈向能源自立，还能保护其珍贵的陆地资源，并增强应对气候变化的韧性。

2. 商业银行绿色信贷能力建设案例

商业银行是推动绿色金融发展的核心力量，其能力建设直接关系到绿色信贷服务的质效。近年来，国内外商业银行积极探索，在战略规划、产品创新、风险管理、科技赋能和国际合作等方面积累了丰富的经验，为全球绿色信贷能力建设提供了重要借鉴。

商业银行将绿色金融提升至全行战略高度，并通过完善治理机制保障实施。江西银行于 2022 年出台《江西银行第三届董事会战略规划落地实施方案》，将绿色金融列为系统性改革重点，正式按下转型启动键。2024 年初，该行进一步发布《江西银行绿色可持续发展新征程战略规划》，锚定打造全省绿色金融“标杆行”的目标，并系统性规划发展路径，明确了总行 14 个部门的绿色发展职责和 13 项具体目标。工商银行淄博分行成立了绿色金融（ESG 与可持续金融）委员会，主要负责贯彻落实总、省行绿色金融战略和目标，协调推进各业务条线绿色金融相关工作，强化了顶层设计。邮储银行北京分行则由碳达峰碳中和领导小组统筹规划，结合总行蓝图与北京特色，将绿色贷款、绿色融资目标精准分解至各支行，确保全年任务有序推进。

3. 气候适应基础设施的金融创新案例

为应对日益频繁的气候灾害，全球范围内涌现出一系列针对气候适应基础设施的金融创新案例。这些案例通过创新的融资机制、工具和合作模式，有效提升了社区和经济系统应对气候变化的能力，特别是在发展中国家和最脆弱地区。

韧性海堤与海岸防护项目展示了混合融资在适应基础设施中的应用。印度尼西亚雅加达的海岸防护项目通过组合绿色债券、气候基金赠款和开发银行贷款，为抵御海平面上升的综合性防护设施筹集资金。该项目创新性地将部分防护设施上部设计为公共空间和交通走廊，产生的商业租金和广告收入被纳入专项偿债基金，用于偿还部分贷款本息，形成了可持续的融资闭环。世界银行下属的全球减灾与恢复基金（GFDRR）为此类项目开发了专门的技术援助工具包，帮助地方政府评估不同融资方案的财务可行性。

气候韧性农业基础设施领域出现了基于保险的金融创新。非洲多国正在试点气候指数保险与灌溉系统改善相结合的项目，其中全球环境基金（GEF）提供风险准备金，帮助保险公司开发针对干旱和洪涝的指数保险产品。农民购买保险后，保险公司将部分保费收入投资于灌溉系统和储水设施改善，形成“保险-减损-投资”的良性循环。塞内加尔的试点项目显示，这种模式使小农户的作物损失索赔减少了 40%，同时提高了水资源利用效率。

城市排水与防洪系统的融资创新同样值得关注。菲律宾马尼拉的大都会防洪管理系统项目获得了绿色气候基金 (GCF) 和亚洲开发银行 (ADB) 的联合融资, 其中 GCF 提供高度优惠的资金用于那些商业回报低但社会效益高的组份, 如社区早期的预警系统和疏散路线建设; ADB 则提供市场化条件的贷款用于具有收费机制的大型排水隧道工程。这种分层融资结构使项目整体财务可行, 同时确保了社会公平性。

基于自然的适应解决方案 (NbS) 也出现了创新的融资模式。加勒比海地区的珊瑚礁修复和红树林恢复项目通过蓝色债券和生态系统服务付费 (PES) 机制获得资金。其中, 部分项目将旅游业收入 (如潜水许可费) 证券化发行债券, 世界自然保护联盟 (IUCN) 等机构提供还款担保, 降低了融资成本。牙买加的项目实践表明, 每投资 1 美元于珊瑚礁保护, 可通过减少海岸防护成本和维持渔业产出产生超过 3 美元的经济回报。

小岛屿发展中国家 (SIDS) 的水资源适应项目采用了创新的社区参与式融资机制。库克群岛的雨水收集和储存系统项目通过社区气候适应基金 (CCAF) 提供启动资金, 该系统由社区成员共同设计、建设和维护, 部分运营收入回流至基金用于支持其他适应项目。太平洋区域环境规划署 (SPREP) 为此类项目开发了标准化监测和验证协议, 确保资金使用透明和效果可衡量。

这些案例表明, 气候适应基础设施的融资创新正在从单纯的项目融资向系统性解决方案转变, 通过巧妙设计资金结构、风险分担机制和收入模式, 使适应项目既具有环境韧性又具备财务可持续性。未来需要进一步扩大这些创新模式的应用规模, 特别是在最脆弱国家和地区。

第四节 绿色债券

一、绿色债券的诞生与发展

绿色债券, 作为一种专门募集资金用于支持环境友好型项目的有价证券, 其发行遵循法定程序, 并承诺按约定条件还本付息。全球范围内, 绿色债券市场正在稳步增长, 各国政府和国际组织通过政策支持和激励措施, 如税收优惠和财政补贴, 鼓励绿色债券市场的扩张。

绿色债券体系构建了多维度的规范框架, 在资金用途方面实施严格限定, 要求募集资金 100% 投入《绿色债券支持项目目录 (2021 年版)》界定的绿色项目, 具体涵盖清洁能源、污染防治、生态修复等低碳环保领域。

绿色债券的发行主体呈现多元化特征, 不同主体发行的债券功能各有侧重。金融机构 (如政策银行、商业银行) 发行绿色金融债券, 资金定向用于绿色产业项目; 企业发行绿色企业债券, 重点支持节能减排、循环经济等项目; 非金融企业在银行间市场发行绿色债务融资工具, 专项支持节能环保类项目。此外, 还有以国家信用背书的绿色主权债券, 服务于气候变化应对与低碳转型需求。

在标准对接方面, 2021 年中国人民银行、发展改革委、证监会联合发布的《绿色债券支持项目目录 (2021 年版)》, 不仅统一了国内绿色债券的项目分类标准, 还实现了与国际绿色项目判断标准的协同, 特别明确排除煤炭等化石能源清洁利用项目, 以契合国际通行的绿色债券标准。

(一) 绿色债券的历史与发展

绿色债券的概念最早由欧洲投资银行 (EIB) 和世界银行在 2007 年提出。当时, 联合国政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 连续发布“全球升温突破临界点警告”, 各大金融机构由此意识到, 在有助于减缓环境风险的清洁能源、节能改造等领域存在巨大资金缺口。

2007 年 7 月, 欧洲投资银行发行了全球首支“气候意识债券” (Climate Awareness Bond, CAB), 该债券规模为 6 亿欧元, 期限 5 年, 属于零息债券, 其募集资金被专项用于风能开发与能效提升项目, 并由挪威船级社 DHV 实施独立第三方认证; 而在 2008 年, 世界银行与瑞典北欧斯安银行 (SEB) 联合发行了全球首支明确命名为“绿色债券”的债券, 募集资金专项用于应对全球温室效应的绿色项目。

至今, 一些国际绿色债券组织已先后发布了绿色债券的认定标准, 主要有绿色债券原则, 气候债券标准, 以及欧盟可持续金融分类方案。

表 10: 绿色债券的主要国际标准体系

标准名称	发布机构	概况	实施要求
绿色债券原则 (Green Bond Principles, GBP)	国际资本市场协会 (International Capital Market Association, ICMA)	全球适用范围最广的绿色债券标准, 旨在为绿色债券的发行提供透明度和信息披露方面的建议。	GBP 的四个核心要素: 资金用途、项目评估和选择过程、资金管理和报告。
气候债券标准 (Climate Bond Standards, CBS)	气候债券倡议组织 (Climate Bonds Initiative, CBI)	在 GBP 的基础上进行了细化, 提供了更具体的实施指导和认证程序。	CBS 不仅要求绿色债券的资金用途符合低碳和气候适应性经济的要求, 还要求通过第三方认证来确保资金的合规使用。CBS 划分为八类绿色项目, 涵盖能源、建筑、工业、交通等多个领域, 并为每类项目制定了行业特定标准。此外, CBS 还要求绿色债券必须经过认证, 以增强投资者信心。

标准名称	发布机构	概况	实施要求
欧盟可持续金融分类方案（EU Taxonomy）	欧盟委员会技术专家组（Technical Expert Group, TEG）	欧盟委员会于 2019 年发布的法规，旨在明确哪些经济活动具有环境可持续性。	该分类法定义了六个环境目标，包括气候变化、水资源管理、污染控制等，并要求绿色债券的资金用途必须与这些目标一致。 EU GBS 要求，绿色债券的资金用途必须完全符合 EU Taxonomy 中的分类，并且必须由外部审查员进行检查。

来源：毕马威中国，公开资料整理

（二）国际绿色债券的发展历程

1. 萌芽期（2007—2015 年）

在绿色债券市场发展的初期阶段，其发行主体呈现出以开发性金融机构为核心主导力量的显著特征，这一类型机构凭借其政策导向性和长期资金配置优势，在推动绿色债券市场从概念走向实践的过程中扮演了关键角色。然而，受市场认知度有限、绿色项目界定标准尚未统一以及投资者群体培育不足等多重因素影响，这一时期的市场规模相对较小，年均发行量始终未能突破 50 亿美元的门槛，整体市场活跃度和融资规模均处于较低水平。直至 2014 年，国际资本市场协会（ICMA）正式发布了《绿色债券原则》（GBP），该原则通过明确绿色项目的四大核心要素——资金用途、项目评估与遴选流程、资金管理以及报告与披露机制，为绿色债券的发行与运作提供了一套相对系统和规范的指导性框架，尽管此时的原则仍有待在实践中进一步完善和细化，但它标志着绿色债券行业首次拥有了被广泛认可的全球性标准雏形，为后续市场的规范化发展和规模扩张奠定了重要基础。

2. 快速发展期（2016—2020 年）

绿色债券市场近年来经历了显著的爆发式增长，具体表现为从 2015 年的 420 亿美元规模大幅攀升至 2020 年的 2695 亿美元，期间实现了高达 45% 的复合年增长率。在这一增长进程中，主权国家的参与成为重要推动力量，2016 年波兰率先发行了全球首只主权绿色债券，此后法国、斐济等多个国家纷纷效仿跟进，有力地促进了主权资本进入绿色债券市场。与此同时，市场结构也在不断朝着多元化方向发展，发行人类型已从最初以银行为主，逐步扩展到涵盖各类企业以及政府部门等多个主体。在基础设施建设层面，绿色债券市场同样取得了重要进展，2016 年卢森堡成功建立了全球首个专门的绿色证券交易所，为绿色债券的交易和流通提供了专业平台；气候债券倡议组织（CBI）也积极推出了相应的认证体系，不过根据参考资料显示，2020 年经过认证的债券在整个市场中的具体占比数据暂未明确提及。

3. 成熟规范期（2021—至今）

全球可持续金融领域正经历多维度的深刻变革，监管体系持续强化，其中欧盟《可持续金融披露条例》（SFDR）已于 2021 年正式实施，明确要求金融市场主体披露环境风险相关信息，为行业合规设立了刚性框架；2023 年，国际财务报告准则基金会（IFRS）进一步推动全球标准统一，设立国际可持续发展准则委员会（ISSB），致力于构建一套全球通用的可持续发展信息披露标准，以解决此前披露规则碎片化的问题。与此同时，市场深度发展态势显著，预计到 2025 年，全球可持续金融产品存量规模将突破 3 万亿美元，其中非金融企业发行占比超过 65%，成为市场增长的核心驱动力；技术创新在此过程中扮演关键角色，区块链技术被广泛应用于实现全生命周期的碳足迹追踪，确保环境信息的透明可追溯，人工智能（AI）则辅助提升环境效益评估的精准度与效率，为投资决策提供更科学的依据。在标准协同方面，2024 年《可持续金融共同分类目录》的发布取得重要进展，已覆盖中欧 80% 的项目类别，有效促进了跨区域绿色项目的资金流动与合作；然而，行业仍面临挑战，为防范“漂绿”风险，国际资本市场协会（ICMA）于 2025 年对《绿色债券原则》（GBP）进行修订，强化了资金使用的监管要求，明确规定第三方鉴证需覆盖 100% 募集资金的使用情况，以提升市场信任度与信息真实性。

（三）中国绿色债券的发展

1. 政策背景与起步阶段

2015 年，中国绿色债券发展迈出了关键步伐。这一年，国务院发布《生态文明体制改革总方案》，首次在国家层面明确提出建立绿色金融体系，为绿色债券在中国的正式推行奠定了重要的政策基础，标志着中国绿色债券市场发展的序幕正式拉开。同年，新疆金风科技股份有限公司作为中国新能源领域的代表性企业，率先在香港联交所成功发行了首支境外绿色债券，该债券发行规模达到 3 亿美元，期限设定为 3 年，票面年利率为 2.5%。此笔债券资金被专项用于公司风力发电设备的核心技术研发以及风电场的建设与开发项目，项目实施后预计每年可实现减排二氧化碳 53 万吨，并节约标准煤 18 万吨，展现了绿色债券在推动实体经济绿色转型、实现环境效益方面的积极作用。进入 2016 年，中国绿色金融体系建设取得了更为实质性的进展，中国人民银行牵头印发了《关于构建绿色金融体系的指导意见》，该指导意见的出台标志着中国绿色金融体系的五大支柱——包括绿色信贷、绿色债券、绿色股票指数和相关产品、绿色发展基金、绿色保险、碳金融等在内的多层次绿色金融产品和市场体系——已初步构建完成，为后续中国绿色金融市场的规范、健康和快速发展提供了全面的制度框架和政策指引。

2. 早期发行案例

2016 年 1 月，浦发银行在全国银行间债券市场公开发行了 2016 年第一期绿色金融债券，这是我国首支绿色金融债券，发行总额达 200 亿元，债券期限为 3 年，票面利率 2.95%，超额认购倍数超过 2 倍；2017 年 7 月，江西省获准发行首支绿色企业债券，此举标志着地方绿色债券发行实现突破；2025 年 4 月，中华人民共和国财政部代表中央政府在英国伦敦成功簿记发行了 60 亿元人民币绿色主权债券，为我国首支绿色主权债券，其中 3 年期和 5 年期各 30 亿元，发行利率分别为 1.88% 和 1.93%，均低于香港特区二级市场同期限国债利率水平。

3. 标准体系发展

2021 年，国家相关部门积极响应全球绿色低碳发展趋势，正式发布了《绿色债券支持项目目录（2021 年版）》。该目录在项目筛选上展现出鲜明的绿色导向，明确将煤炭等化石能源清洁利用项目排除在外，不再纳入绿色债券的支持范畴，同时，为了更好地与国际接轨并确保项目的环境友好性，采纳了国际通行的“无重大损害”原则，从源头上严格把控绿色债券所支持项目的环境标准。紧接着，在 2022 年，为进一步规范和推动中国绿色债券市场的健康发展，绿色债券标准委员会适时发布了《中国绿色债券原则》。这一原则在四大核心要素方面，包括资金用途、项目评估与遴选、资金管理以及信息披露，均与国际资本市场协会（ICMA）制定的《绿色债券原则》（GBP）保持了高度一致，体现了中国绿色债券市场在规则层面与国际标准的接轨。然而，在具体的项目认定范围上，《中国绿色债券原则》又充分考虑了中国当前的生态环境保护 and 产业发展实际情况，更侧重于污染治理领域以及绿色产业的培育与壮大，旨在通过绿色金融工具的引导作用，有效推动国内环境质量改善和绿色经济的转型升级。

二、中国绿色债券市场发展现状

（一）发行主体

我国绿色金融市场呈现多主体协同参与的格局。金融机构发挥主导作用，其中银行业通过发行绿色金融债积极支持可再生能源项目，单笔发行规模最高可达 300 亿元，例如建设银行、邮储银行等均有显著动作；央企与地方政府深度参与，证监会与国资委联合推动央企发行绿色债券，重点聚焦低碳转型领域，地方政府则通过发行绿色政府债券支持生态环保类项目建设；非金融企业亦积极拓展多元化融资渠道，能源、交通等行业企业广泛运用绿色融资工具进行融资。

（二）资金投向

在当前绿色发展的大背景下，清洁能源领域展现出显著的引领地位，其中风电、光伏等可再生能源项目占比最高，达到 25.46%，成为推动能源结构转型的核心力量；紧随其后的是低碳交通领域，占比为 20.39%，绿色建筑也占据了重要份额，共同构成了清洁能源体系的重要组成部分。与此同时，污染防治与生态保护工作也全面展开，该领域涵盖了污水处理、固废处理等关键环境治理环节，同时高度重视生物多样性保护项目，致力于实现生态环境的可持续发展。

同时，2021 年版《绿色债券支持项目目录》通过剔除化石能源相关项目，实现了对绿色债券资金投向的精准引导与优化调整，这一关键性修订促使资金得以更高效、更集中地流向低碳技术推广应用以及气候适应能力建设等核心领域，从而进一步强化了绿色金融对经济社会绿色低碳转型和可持续发展目标实现的支撑作用。

（三）政策环境与监管框架

国内，2022 年发布的《中国绿色债券原则》从制度层面为绿色债券市场的规范发展奠定了坚实基础，该原则明确要求绿色债券所募集的资金必须 100% 专项用于符合规定条件的绿色项目，确保了资金流向的精准性与绿色属性的纯粹性，同时，为保障投资者权益并提升市场透明度，原则进一步强化了发行主体在资金使用情况、项目进展、环境效益等方面的信息披露要求，推动绿色债券全生命周期管理的规范化与公开化。在政策激励方面，中国人民银行积极运用碳减排支持工具等结构性货币政策工具，通过向金融机构提供低成本资金，引导金融机构加大对绿色债券发行的支持力度，这一举措有效降低了绿色债券的发行成本，使得其平均发行利率较同期限、同评级的普通债券显著降低，有力提升了企业发行绿色债券的积极性，促进了绿色金融市场的活跃度和规模扩张。

国际合作层面，2025 年，中国在绿色金融领域迈出了具有里程碑意义的一步，首次成功发行了 60 亿元离岸人民币绿色主权债券，这一举措不仅为全球投资者提供了新的高质量绿色投资标的，更在推动国际绿色金融标准互认方面发挥了积极作用，有助于提升中国在全球绿色金融治理中的话语权和影响力。与此同时，中国与欧盟持续深化在可持续金融领域的合作，双方共同致力于更新和完善可持续金融分类标准，通过细化和统一绿色项目的界定与分类，有效降低了跨境绿色资本流动的信息不对称和交易成本，为全球范围内绿色资金的高效配置和绿色产业的协同发展注入了强劲动力。

三、中国绿色债券市场的国际合作现状与成果

(一) 与国际组织深度合作

1. 国际资本市场协会 (ICMA)

中国在全球债券市场规则制定领域展现出积极参与的姿态，深度融入由国际资本市场协会 (ICMA) 主导的相关工作进程。2025 年，ICMA 中国债务资本市场年度会议在北京成功举办，这一重要会议成为推动中国绿色债券标准与国际通行的《绿色债券原则》(GBP) 实现有效接轨的关键契机。为进一步促进跨境绿色资本的顺畅流动，中国已明确允许境外机构采用 GBP 框架在境内发行绿色熊猫债。作为这一政策导向下的典型实践，2025 年 2 月，中国银行间市场交易商协会发布相关规定，明确优质境外主体在使用国际绿色债券框架发行熊猫债时，需在遵循 GBP 的基础上，补充参考中欧《可持续金融共同分类目录》等标准，此举既体现了对国际规则的尊重与吸纳，也兼顾了区域绿色金融标准的协调与统一，为跨境绿色融资活动提供了更为清晰的操作指引。

2. 气候债券倡议组织 (CBI)

CBI 持续深耕中国可持续债务市场，不仅连续发布《中国可持续债务市场报告》，其中 2024 年版报告数据显示中国绿色债券规模已占全球 22%，还积极与中方开展深度合作，针对绿色债券信息披露展开专项研究，该研究覆盖了 627 只债券，总规模达 1.1 万亿元人民币。在此基础上，合作成果显著，2025 年，CBI 成功推动彭博发布了符合中欧《共同分类目录》的中国绿色债券清单，这一举措极大地便利了国际投资者对中国绿色债券的识别与投资。

(二) 区域标准互认与跨境发行

1. 中欧《共同分类目录》

截至 2024 年底，中国银行间市场符合该目录的绿色债券存量规模达 3502 亿元，占全部绿色债券的 20.8%，其中中期票据作为主要品种占比高达 65.5%。从互认效应来看，该目录有效覆盖了风力发电（占比 34.8%）、太阳能光伏（占比 21.3%）等重点绿色能源领域，这一覆盖优势在 2024 年新增债券中得到显著体现，当年新增债券中有 58.5% 在发行时已通过认证，充分反映了目录在引导绿色债券市场规范发展与提升项目认可度方面的积极作用。

2. 离岸人民币绿色债券

2025 年 4 月，中国财政部在伦敦成功簿记发行 60 亿元人民币绿色主权债券，此次发行获得了 415.8 亿元人民币的总申购金额，认购倍数高达 6.9 倍，市场反响热烈。其中，3 年期和 5 年期债券的发行利率分别确定为 1.88% 和 1.93%，均低于香港二级市场同期限国债利率水平，充分体现了国际投资者对中国主权信用的高度认可以及对绿色债券的积极追捧。此次发行中，22% 的订单来自绿色投资者，这不仅为全球绿色资金提供了优质的人民币资产配置选择，也有力推动了人民币国际化进程与中国绿色金融标准的国际输出。在跨境机制方面，该债券实现了在香港联合交易所与伦敦证券交易所的同步上市，成功构建起连接中国与国际市场的“绿色资金走廊”，进一步畅通了绿色资本的跨境流动渠道，为后续相关领域的国际合作与发展奠定了坚实基础。

(三) 多边与双边合作框架

1. 国际倡议参与

在全球可持续金融治理进程中，中国始终发挥着积极的引领和推动作用。在 G20 框架下，自 2016 年起，中国便开始主导绿色金融议题的讨论与实践，为全球绿色金融体系的构建奠定了重要基础。进入 2024 年，中国进一步推动将转型金融框架纳入 G20 重要成果，同时积极协调中欧绿色标准的兼容与对接，旨在促进全球绿色金融市场的互联互通与协同发展。此外，在央行与监管机构绿色金融网络 (NGFS) 中，中国央行与国际清算银行共同担任研究专家网络联席主席，这一角色使中国能够深度参与全球气候相关金融政策的研究与制定。2024 年，中国更牵头研讨气候风险缓释政策，致力于提升全球金融体系应对气候变化带来的各类风险的能力，为维护全球金融稳定与可持续发展贡献中国智慧和方案。

2. 双边合作案例

在绿色金融合作领域，各方呈现出不同的推进路径与重点方向。对于美国而言，尽管尚未与中国建立直接的绿色债券合作机制，但中国通过发行绿色主权债券的方式，已成功吸引包括美国养老基金在内的众多国际资本的关注与参与，预计到 2025 年，非亚太地区的投资者将更加积极地融入中国-东盟自贸区的绿色金融市场。在东盟方向，随着中国-东盟自贸区 3.0 版于 2025 年的推进，绿色经济已明确被纳入双方核心合作范畴，例如光大集团等中国机构正通过提供绿色信贷等方式，积极支持东盟地区的低碳项目建设，助力区域绿色转型。与此同时，中日两国在绿色金融领域的学术交流与经验借鉴也将迈出新步伐，计划在 2025 年由两国学界联合开展碳中和和金融研讨活动，重点探讨并借鉴日本在能源转型等相关技术方面的先进经验，以期共同提升应对气候变化的金融支持能力。

(四) 新兴领域国际合作

1. 转型金融

中国人民银行积极推动煤电、钢铁等高碳行业制定科学完善的转型金融标准，通过明确资金支持范围、项目评估指标和信息披露要求等具体细则，引导社会资本有序流向这些行业的绿色低碳转型项目，助力其在保障能源安全和产业链稳定的前提下实现减排目标；同时，中国与 G20 成员国保持密切合作，主动分享在“安全降碳”领域的实践经验和政策思路，包括如何平衡经济发展、能源安全与碳减排的关系，如何通过技术创新和机制改革推动高碳行业平稳转型等，为全球共同应对气候变化、构建公平合理的转型金融体系贡献中国智慧。在绿色金融领域，中国 2025 年发布的绿色主权债券框架进一步细化了资金使用规范，明确要求未分配的募集资金严禁投向煤炭、石油、天然气等化石能源项目，这一严格的资金管理标准不仅强化了绿色债券的环境效益，也因其高度的透明度和规范性获得了国际社会的广泛认可，提升了中国绿色金融工具在全球市场的公信力和吸引力。

2. 蓝色债券

中国正积极与联合国开发计划署携手合作，共同探索蓝色债券的发行事宜，在此过程中，双方充分借鉴了塞舌尔主权蓝色债券的成功模式，并将海洋污染治理作为核心聚焦领域，旨在通过创新的金融工具为海洋生态保护与可持续发展项目提供稳定的资金支持，助力解决海洋塑料污染、海洋生态系统退化等紧迫问题。到 2025 年，中国外交部进一步明确将“蓝色经济”纳入周边合作的重点范畴，这一举措不仅彰显了中国在推动区域海洋可持续发展方面的坚定决心，也为深化与周边国家在海洋环境保护、海洋资源合理开发、蓝色产业协同发展等领域的合作指明了方向，有助于构建更加紧密的蓝色伙伴关系，共同守护海洋健康与人类共同福祉。

四、绿色债券与气候债券

绿色债券与气候债券的核心功能是通过定向融资机制引导资本投向环境友好型项目。两者均以金融工具创新推动可持续发展，但气候债券更强调对气候变化的直接干预。

根据气候债券倡议组织（CBI）的分类方案，气候债券可分为四类，为投资者、发行人和监管机构提供了清晰的评估框架，有助于引导资金流向真正有利于气候目标的项目。该方案在全球绿色债券市场得到广泛应用，成为气候金融领域的重要参考标准。

表 11: 气候债券分类方案表

名称	定义	特点	典型应用领域
绿色(自动兼容)债券	明显有助于实现低碳和气候适应性经济的债券。这类债券的募集资金用途、项目类型和预期环境效益都明确符合 CBI 的《气候债券标准》要求。	<ul style="list-style-type: none"> - 项目类型明确属于低碳或气候适应领域 - 环境效益可量化且显著 - 符合 CBI 制定的技术筛选标准 - 通常需要第三方认证 	<ul style="list-style-type: none"> - 可再生能源项目（风电、光伏等） - 低碳交通（电动公交、轨道交通） - 能效提升建筑 - 可持续水资源管理 - 气候适应型基础设施
橙色(可能兼容)债券	在特定条件下可能符合低碳目标的债券。这类债券的兼容性取决于具体实施方式和附加条件。	<ul style="list-style-type: none"> - 项目本身具有潜在气候效益 - 需要满足特定条件才能实现减排目标 - 可能涉及转型经济活动 - 需要更严格的环境效益评估 	<ul style="list-style-type: none"> - 传统能源企业的低碳转型项目 - 高碳行业的能效改进 - 农业领域的可持续实践 - 需要附加减排承诺的工业项目
红色(不兼容)债券	不符合低碳要求的债券。这类债券的募集资金用途或项目类型与气候目标存在根本冲突。	<ul style="list-style-type: none"> - 直接支持高碳经济活动 - 可能加剧气候风险 - 不符合任何气候债券标准 - 通常被排除在绿色金融投资组合之外 	<ul style="list-style-type: none"> - 新建燃煤电厂 - 高耗能传统制造业 - 破坏性化石燃料开采 - 不符合可持续标准的农业项目
灰色(待定)债券	兼容性尚不明确的债券。这类债券的气候影响需要进一步评估或缺乏足够信息判断。	<ul style="list-style-type: none"> - 项目信息不完整或评估标准不明确 - 可能涉及新兴技术或创新领域 - 需要更多数据支持决策 - 通常需要进一步研究或分类 	<ul style="list-style-type: none"> - 新兴低碳技术试点项目 - 复合型基础设施项目 - 缺乏明确分类标准的创新领域 - 数据披露不充分的转型项目

第五节 绿色信贷

绿色信贷是商业银行、政策性银行等金融机构依据国家环境经济政策和产业政策，对从事环保、节能、清洁能源、生态保护等绿色产业的企业或项目提供贷款扶持并实施优惠利率，同时对高污染、高耗能企业及项目采取限制贷款或惩罚性高利率的金融政策工具。其核心机制是通过信贷资金的差异化配置，引导社会资本流向绿色低碳领域，从而促进生态环境改善和经济社会可持续发展。

一、定义与核心特征

绿色信贷具有鲜明的政策属性，是政府运用金融手段推动环境保护的重要举措。2007 年，原国家环保总局、中国人民银行和原银监会联合发布《关于落实环保政策法规防范信贷风险的意见》，首次明确要求金融机构将企业环境合规性作为信贷审批的前提条件，标志着绿色信贷制度在我国正式建立。

在资金用途上，绿色信贷与普通贷款存在本质区别，其资金必须专项用于符合国家标准的“绿色项目”。根据中国人民银行《绿色贷款专项统计制度》和《绿色产业指导目录（2019 年版）》，绿色项目涵盖节能环保、清洁能源、生态环境等六大类产业，具体包括节能改造、新能源开发、资源循环利用等领域。

在国际实践方面，绿色信贷与《绿色贷款原则》（Green Loan Principles）保持协同。该原则由国际资本市场协会制定，明确要求绿色贷款需用于具有显著环境效益的项目融资或再融资，同时允许各国根据国情对“绿色项目”的具体范围进行适应性调整。

二、运作机制：差异化信贷政策

绿色信贷通过差异化信贷政策实现环境治理目标。在正向激励方面，金融机构对绿色企业和项目提供低息贷款、延长信贷周期、优先放款等支持。例如，清洁能源项目通常可享受低于基准利率 0.5%-1% 的优惠，具体如国家开发银行向宁夏宝丰能源集团提供的光伏项目贷款，利率较常规项目低 0.8%。

在负向约束方面，对违反环保标准的企业实施信贷压缩或拒贷。根据银保监会要求，未通过环评的项目不得获得任何信贷支持；已授信项目若出现环境违法，银行需中止拨付贷款。例如，2022 年中国银行对某钢铁企业因环保不达标而暂停了 5 亿元的授信额度。

绿色信贷在资源配置方面发挥导向作用，引导资本从污染性行业转向绿色产业，有效解决环保项目融资难题。在风险防控层面，它将环境与社会风险纳入银行风险管理体系，有助于降低高碳资产搁浅风险。在行为引导方面，通过融资成本差异驱动企业绿色转型，例如山东魏桥创业集团通过减排技术升级，获得兴业银行提供的低息贷款，用于电解铝生产线低碳改造。

三、ESG 挂钩贷款：减排达标=降低利息

ESG 挂钩贷款的运作本质是“绩效导向的动态定价”，其核心机制是将贷款利率与企业的环境、社会和治理（ESG）绩效目标实现情况相绑定，以此构建“减排达标即降低融资成本”的经济激励闭环。该贷款通过科学设定关键绩效指标（KPI）、持续监测数据并引入第三方验证，实现利率的浮动调整，同时也高度重视防范企业“漂绿”行为，确保绿色转型的真实性与有效性。其运行主要包括目标设定、利率确定、监测验证、评估应用等环节。

(一) 目标设定：科学锚定可量化 KPI

科学设定关键绩效指标（KPI）是 ESG 挂钩贷款的基础，所选指标需同时具备行业适用性、可测量性及实质性。行业适配性要求指标应聚焦于该行业的核心排放或资源消耗环节，例如制造业重点关注单位产值能耗、纺织业优先衡量每吨织物用水量、航运业则普遍采用船舶能效设计指数（EEDI）。可测量性强调数据应可通过低成本工具便捷获取，如智能电表、物联网传感器及水平衡测试等自动化手段。实质性则要求指标必须真实反映企业减排降碳的成效，避免选用易被操纵或与可持续发展关联性弱的指标，如公益捐赠金额或绿色项目数量。

行业 KPI 设定可参考以下常见做法：制造业通常采用单位产值能耗，通过智能电表与月度能源报表进行追踪；纺织业多使用每吨织物用水量，依赖联网水表及水平衡测试实现监测；航运业则广泛采纳船舶燃料效率指数（EEDI），利用船载 GPS 与油耗监测系统采集数据。在选择过程中，企业应优先借鉴国际通用标准，例如 ISO50001 能源管理体系，以提升指标的公信力和可比性。

(二) 基准利率确定：挂钩企业信用与行业风险

ESG 挂钩贷款的基准利率并非固定不变，而是由两大核心要素共同决定：一是反映企业自身信用状况的基础利率，二是衡量企业所在行业环境风险水平的风险溢价。其定价机制可简明表示为：基准利率=企业信用评级基础利率+行业 ESG 风险溢价。

在此机制下，信用等级高的企业能够获得更低的基础利率，而处于环境风险敏感行业的企业则需承担更高的风险溢价，从而直接影响其最终融资成本。

(1) 高碳行业风险溢价分析：0.3%-0.8%的构成逻辑

以钢铁、水泥为代表的高碳行业，其风险溢价普遍处于较高区间，主要源于碳关税带来的成本压力及技术落后导致的资产搁浅风险。

欧盟碳边境调节机制（CBAM）要求进口商为每吨碳排放支付欧盟碳价（约 80-90 欧元/吨）与生产国碳价（如中国约 8 欧元/吨）的差额。经测算，每吨钢铁需额外缴纳约 129.6 欧元（折合人民币 1000 元）的碳关税，导致出口成本增加 11%-12%；水泥每吨碳关税达 57.6 欧元（约人民币 450 元），甚至超过其出口价格（约 360 元/吨）。金融机构会将此类潜在成本内化为融资溢价。例如，某钢铁企业若超过 30% 营收来自欧盟市场，其风险溢价通常需上浮 0.5%；若同时碳排放强度超出欧盟基准 20%，则溢价可能进一步上调 0.3%。

技术迭代滞后同样推高融资成本。目前中国电炉钢比例仅为 10%（欧盟为 40%），传统长流程炼钢的

吨钢碳排放高出 70%。若企业未能如期完成低碳改造，银行可能采取压缩授信或要求追加抵押物等措施。河北某钢厂因未通过 ESG 贷后审查，其贷款利率由 4.5% 上升至 5.3%，风险溢价实际上调 0.8%，导致年度利息支出增加约 1200 万元。

(2) 低碳行业风险溢价分析：最低可至 0.1% 的驱动因素

光伏、风电等低碳行业则凭借成本下降、政策支持及收益稳定性增强，享受较低风险溢价。

2024 年光伏组件价格同比下降超 35% (PERC 组件降至 0.68 元/W)，风电中标价降幅达 10%-23%。度电成本已降至 0.1-0.15 元/千瓦时，显著低于煤电基准价 (0.3-0.4 元/千瓦时)，保障项目内部收益率 (IRR) 稳定在 8% 以上。此外，绿电交易环境溢价 (约 0.03-0.05 元/千瓦时) 及国家核证自愿减排量 (CCER) 等碳资产收益，进一步增强了项目盈利能力和抗风险能力，使银行敢于提供低至 0.1% 的风险溢价。

政策支持与消纳改善也增强了银行信心。随着多条特高压线路投运，西北地区“弃风弃光”问题得到缓解，风电、光伏年利用小时数回升至 2000 小时以上。例如，宁夏宝丰能源某光伏电站凭借高效发电设备和绿证交易收益，获得工商银行提供的 3.9% 低息贷款，较行业平均利率低 0.4%。

(三) 案例

1. 航运公司 ESG 贷款运作全流程

国内某大型航运企业——中远海运能源运输股份有限公司，为应对国际海事组织 (IMO) 日益严格的碳排放要求，推进船队绿色升级，与交通银行上海市分行达成一项金额为 1 亿美元的 ESG 挂钩贷款协议。该笔贷款的核心条款将利率与船队能效提升表现直接挂钩。

双方约定的关键绩效指标 (KPI) 为：全年船队平均燃油消耗量较基准年下降 8%。为实现这一目标，企业计划通过优化航线规划、加速淘汰高耗油老旧船舶，并引入新型节能船队。

在数据监测方面，企业在所有船舶上安装基于人工智能的油耗实时监测仪，该设备可自动采集燃油消耗数据，并通过卫星通信系统实时传输至银行风控平台和第三方核查机构平台，确保数据透明可靠。

验证方式上，合约规定由国际权威机构劳氏船级社 (LR) 作为独立第三方，对年度油耗数据进行全面核验，并出具验证报告，作为利率调整的最终依据。

经过一年期的绩效追踪，企业成功实现年度油耗下降 8.5%，超额完成预定目标。根据合同约定，贷款利率由原来的 5.2% 下调至 4.5%。仅利率优惠一项，企业每年即可节省利息支出约 70 万美元。

除融资成本降低外，企业还因能效提升获得额外经营收益：燃油消耗量下降直接带来燃料费用节省约 180 万美元/年，显著提升了企业经营效益。

该案例完整展现了 ESG 挂钩贷款“监测-验证-激励”的闭环运行机制。通过这一机制，企业将 ESG 投入转化为实实在在的经济收益，实现了节能减排与降本增效的双重目标；银行则通过科学的风险定价，降低了资产组合的碳风险暴露，增强了业务的可持续性。这一创新金融工具为高碳排放行业的绿色转型提供了可复制、可推广的解决方案。

2. 铝业碳足迹挂钩贷款——广西投资集团银海铝业有限公司

欧盟碳边境调节机制 (CBAM) 的实施显著推高了铝产品出口成本，广西投资集团旗下广西广投银海铝业有限公司作为主要出口企业，亟需降低电解铝生产过程中的吨铝能耗和碳排放强度，以维持国际市场竞争能力。

民生银行南宁分行为企业量身提供了碳足迹挂钩贷款，总额 2.2 亿元，最大创新点是将贷款利率与吨铝碳排放强度指标绑定。双方约定，企业通过引入人工智能技术优化电解槽能耗，实现年度吨铝碳排放下降不少于 5% 的目标，即可触发利率优惠条款。

企业通过系列技改措施，最终吨铝电耗下降超 500 千瓦时，碳排放强度显著优于欧盟基准值。基于绩效达成，企业享受贷款利率下调 0.7%，年节省利息支出约 154 万元。此外，该项目符合国家技术改造再贷款政策，叠加财政贴息后，企业综合融资成本下降高达 40%，实现了显著的财务节约与低碳转型双赢。

3. 航运业转型贷款——中远海运能源运输股份有限公司

为应对国际海事组织 (IMO) 日益严格的船舶碳排放规定，中远海运能源运输股份有限公司积极推动船队绿色转型，计划建造 6 艘新型甲醇双燃料动力油船，以大幅降低船舶运营过程中的碳排放强度。

交通银行上海市分行积极响应企业转型需求，创新提供了一笔总额 2.73 亿元的转型贷款。该笔贷款创新性地将贷款利率与船舶能效设计指数 (EEDI) 挂钩，约定若新建船舶的 EEDI 值优于行业准入标准 15% 以上，企业即可享受利率优惠。该项目采用先进的甲醇双燃料动力系统，显著提升船舶能源利用效率。

实际运营数据显示，新建甲醇动力油船的碳排放强度较传统燃油船下降 30%，预计年均减少碳排放超过 1 万吨。在经济效益方面，得益于燃料效率提升 10%，企业每年可节省燃油成本约 500 万元。同时，因 EEDI 指标超额达成，触发贷款协议中的利率下调条款，利率降低 0.5%，进一步降低了企业的融资成本，实现了环境效益与经济效益的协同提升。

4. 建筑碳信用融资——上海吴淞中心医院

上海吴淞中心医院原有空调及照明系统能效水平较低，年碳排放总量达 7,319 吨，不仅造成能源浪费，也难以满足国家对于公共机构节能减排的要求，亟需开展系统性节能改造。

绿地金创集团基于该医院的节能改造项目，创新开发了碳信用产品“吴医降碳”，并依托贵州省绿金低碳交易中心进行挂牌交易。中国银行积极参与碳信用交易，以 60 元/吨的价格购入 70 吨碳信用，用于抵消其自身运营排放，为医院节能改造提供了创新性的资金支持渠道。

医院通过采用磁悬浮空调系统及全面更换 LED 照明灯具等节能措施，综合节能率高达 40%，累计实现二氧化碳减排 2,363 吨。这一绿色转型不仅带来了显著的环境效益，也产生了可观的经济回报：通过出售碳信用获得 4.2 万元收入，同时每年能源费用支出大幅降低 150 万元，充分体现了碳金融机制对公共机构绿色低碳发展的助推作用。

5. 能源产业“三化”挂钩贷款——广西能源集团

广西能源集团为推进陆上风电项目扩容及智慧电厂建设，需筹措低成本资金以实现绿色转型目标。企业希望创新融资方式，将绿色绩效与融资成本相结合，降低综合财务压力。

中国农业银行广西分行为该企业创新设计并投放了 2 亿元“三化”（清洁化、智能化、高效化）挂钩贷款。该笔贷款将利率与“清洁能源装机量”和“智慧技术投入比例”双指标动态绑定，并引入第三方机构对风电项目发电效率及智能运维系统建设进度进行独立验证，确保数据客观可信。

项目成功实现新增风电装机容量 100MW，年减碳量达 7.8 万吨；智慧电厂改造推动运维能耗降低 20%。在经济收益方面，企业因绿电交易享受每度电 0.05 元的环境溢价，年增收 500 万元；同时因达成绩效目标获得 0.6% 的利率优惠，有效降低了融资成本，充分体现了绿色金融对能源企业高质量发展的多维赋能作用。

6. 湿地碳汇质押贷款——蚌埠湿地保护企业

某专业从事湿地生态修复的企业因缺乏传统意义上的抵押物，长期以来面临融资渠道受限、资金短缺的发展困境，制约了其开展大规模湿地保护和生态修复项目的能力。

中国工商银行蚌埠分行突破传统信贷模式，创新以该企业拥有的湿地碳汇收益权作为质押物，成功发放 1000 万元贷款。该项融资创新以湿地生态系统年固碳量 18.24 万吨为依据，经专业机构评估碳汇价值约 912 万元，并以此设定质押物价值和授信额度，为轻资产类环保企业融资提供了新路径。

通过项目实施，修复后的湿地固碳能力显著提升 12%，年新增碳汇量 2.2 万吨，生态效益显著。企业获得贷款后，流动资金缺口得到 90% 缓解，且该笔贷款融资成本较传统信用贷款降低 1.2%，有效支持了企业运营扩张和生态保护工作的持续推进，实现了生态价值与金融价值的有效转化。

第六节 绿色保险

近年来，全球极端气候事件频发，飓风、野火、洪水等灾害的频率与强度显著上升，对人类社会构成严峻挑战。IPCC 第六次评估报告 (AR6) 指出，全球变暖导致极端高温、强降水、干旱和热带气旋的频率与强度显著增加。2024 年成为有记录以来最热年份，欧洲气温较工业化前水平高出 2.4°C，冰川消融速度创历史纪录。北极海冰覆盖面积跌至卫星记录以来同期最低，南极海冰也处于历史低位。世界气象组织预测，未来五年至少有一年全球气温将突破 2023 年的纪录。

— 飓风与台风：强度与频率双升

2023 年大西洋飓风季生成 20 个命名风暴，为 1950 年以来第四多，其中 7 个达到飓风强度。2024 年西北太平洋台风季更创纪录，26 个台风中有 15 个在秋季集中生成，台风“摩羯”以 17 级以上强度登陆海南文昌，刷新我国秋台风最强纪录。美国国家海洋和大气管理局 (NOAA) 指出，海洋温度升高为飓风提供了更多能量，导致其破坏力持续增强。

— 野火：干旱与高温的致命组合

2023 年加州发生 7,386 起野火，过火面积 332,822 英亩，尽管数量有所下降，但极端干旱和高温使火灾风险居高不下。2024 年美国野火季过火面积达 3.28 万平方公里，远超过去十年平均水平。印度尼西亚 2023 年野火过火面积达 116 万公顷，是 2022 年的 5 倍，烟雾影响东南亚多国空气质量。澳大利亚因高温干旱提前启动 2023-2024 年火灾季，昆士兰等州面临更高风险。

— 洪水：极端降水引发连锁危机

2024 年欧洲遭遇严重洪涝，西班牙、德国等地 337 人死亡，经济损失达 138 亿欧元。英国环境署报告显示，2023-2024 年洪水事件频率高于近年平均水平，泰晤士河流域防洪压力显著上升。中国京津冀地区 2023 年因台风“杜苏芮”引发罕见暴雨，河北临城县累计雨量达 1,003 毫米，直接经济损失超百亿元。2024 年湖南华容县洞庭湖堤防决口、海南琼海遭遇“暴雨列车”袭击，均凸显极端降水的破坏力。

伴随着气候问题的日益严峻，气候风险可能给人类社会带来巨大的生命和财产损失，气候保险通过转移分散风险成为应对气候风险的有效机制。气候保险是由保险公司提供的、针对气候相关灾害（如极

端天气、海平面上升、生态变化) 导致的经济损失进行风险转移的金融工具。其核心机制是通过精算模型量化气候风险, 投保人支付保费换取理赔保障, 以增强社会气候韧性。

一、气候保险在应对气候风险中的角色

极端气候频发已成为全球常态, 其背后是气候系统失衡的深刻警示。从飓风登陆到野火肆虐, 从洪水泛滥到热浪侵袭, 每一次灾害都在考验人类的韧性与智慧。气候风险保险作为市场化解决方案, 不仅能缓解灾后经济压力, 更能通过风险定价引导防灾减损。然

气候风险保险通过风险转移与经济补偿, 成为应对极端气候的关键工具。例如, 英国 Flood Re 计划通过风险池机制提升洪水保险可获得性, 中国锡林郭勒盟的肉羊天气指数保险利用气象数据精准定损, 帮助牧民抵御雪灾和干旱。同时, 大数据、AI 等技术正推动风险评估与理赔效率提升, 如加州允许保险公司在保费定价中纳入气候因素。

1. 气候风险保险在保险转移和分散风险中的作用

风险转移机制: 投保人通过支付保费将气候风险转移给保险公司, 使个体承担的潜在巨灾损失转化为可预测的固定成本。例如, 飓风多发区的居民投保后, 无需独自承担房屋损毁的全部经济压力, 风险由保险公司集中承接。对于超出单一保险公司承受能力的巨灾风险, 可通过再保险机制进一步转移至国际再保险市场, 如美国飓风保险中约 30% 的风险通过再保险分散至全球市场。

风险分散原理: 基于大数法则, 保险公司集合大量同质风险单位 (如不同区域的投保人), 通过风险池运作摊薄个体损失。例如, 英国 Flood Re 计划将全国洪水风险纳入统一风险池, 伦敦高风险区域与苏格兰低风险区域的保费收入统筹使用, 避免单一区域灾害导致的支付危机。同时, 跨险种组合 (如同时承保飓风、野火、洪水风险) 可通过风险类型的非相关性分散整体波动, 降低极端事件集中爆发的冲击。

2. 气候风险保险在促进气候韧性、支持灾后重新中的作用

促进气候韧性建设: 保险通过定价机制激励灾前风险防范, 形成“保费优惠-防损投入-风险降低”的正向循环。例如, 美国飓风保险对符合《佛罗里达建筑规范》的抗风房屋给予 10%-30% 保费折扣, 推动该州飓风高发区新建房屋抗风能力提升 40%; 英国 Flood Re 计划要求参保家庭采取防洪改造 (如安装止回阀), 否则保费上浮, 促使约 23% 的高风险家庭主动提升房屋抗洪标准。此外, 保险公司基于风险数据向政府提供防灾建议, 如瑞士再保险为加州提供野火风险热力图, 辅助政府优化防火隔离带规划, 2023 年该措施使特定区域野火蔓延速度降低 27%。

支持灾后重建加速: 保险赔付为灾后恢复提供即时资金流, 显著缩短重建周期。2023 年美国飓风灾后, 投保家庭平均 14 天内获得赔付资金, 重建启动时间较未投保家庭提前 62 天; 英国 Flood Re 计划在 2024 年春季洪水中, 72 小时内完成 89% 的小额理赔, 使受损商铺平均复工时间缩短至 21 天, 较依赖政府救济的区域快 3 倍。从宏观经济看, 保险赔付减少政府财政压力, 2023 年京津冀暴雨中, 保险赔付占直接经济损失的 18%, 缓解了地方财政的紧急拨款压力, 使公共资金可优先用于基础设施修复等长远需求。

气候保险在运作机制上与传统财产险存在显著差异, 其核心区别在于将气候变化驱动的动态风险特征系统性嵌入保险全流程, 通过气候科学、数据建模与金融创新, 对风险识别、定价、触发及分散机制进行了全面重构。

传统财产险的保费计算以历史损失数据结合静态地理参数为基础, 费率调节依赖资产价值、固定划分的区域风险等级等因子, 理赔触发核心是需人工定损的实际损失证明, 响应时效通常长达数周至数月, 复杂案件还会进一步延迟, 风险分散范围也局限于局部区域或同业共保体; 而气候保险则以气候模型驱动的动态风险图谱作为保费计算基础, 费率调节融入温度、降水、风速等气候变量变化趋势, 同时纳入防灾行为激励因子, 理赔触发依托气候事件强度阈值或损失替代指标, 响应时效大幅提升至小时到天级, 其中指数型产品可在 48-72 小时内完成赔付, 风险分散更是拓展至全球资本市场 (如巨灾债券) 并借助公共财政杠杆放大效应。

二、气候保险的分类

根据气候风险的分类 (物理风险与转型风险), 气候保险可相应划分为以下类别。

1. 应对物理风险的气候保险

极端天气灾害保险: 旨在应对洪水、飓风、野火等急性极端天气事件造成的损失。该类保险占气候保险总份额百分之八十以上。例如, 美国国家洪水保险计划 (NFIP), 自 1968 年实施以来, 为洪水高风险地区居民提供保障。在 2017 年飓风“哈维”袭击美国期间, NFIP 赔付大量资金用于受灾居民房屋及财产损失赔偿。此类保险通过精算模型, 结合历史灾害数据与气象预测, 评估风险并确定保费。

渐进性气候风险保险: 针对海平面上升、长期降水模式改变等渐进性气候风险。如某些沿海地区推出的海岸侵蚀保险, 保障因海平面上升及海浪侵蚀导致的海岸线土地及建筑损失。依据相关研究, 在一些太平洋岛国, 部分保险公司已试点此类保险, 帮助居民与企业抵御长期海岸侵蚀风险。

表 12: 应对物理风险的气候保险举例

类别	典型产品	代表案例
极端天气险	飓风/洪水参数化保险	美国国家洪水保险计划 (NFIP): 2023 年赔付\$32 亿 (FEMA 年报)
慢性变化险	海平面上升长期资产贬值险	佛罗里达沿海房产“淹没条款” (保费年均涨 15%, 佛罗里达州保险局)

2. 应对转型风险的气候保险

碳市场相关保险: 在全球向低碳经济转型背景下, 碳市场不断发展, 碳市场相关保险应运而生, 主要来自欧盟碳关税压力。在《京都议定书》清洁发展机制项目中, 常涉及此类保险。

高碳资产转型保险: 助力传统高碳行业企业在向低碳转型过程中, 应对因技术革新、政策变动导致的资产减值、转型成本增加等风险。例如, 部分钢铁企业为应对碳减排政策压力, 购买高碳资产转型保险, 以保障企业在升级设备、采用新技术过程中的经济风险。

3. 综合类气候保险产品

一些保险产品综合考虑物理风险与转型风险, 提供一揽子保障方案。例如, 部分大型能源企业购买的综合气候保险, 既涵盖因极端天气导致的能源设施损毁风险 (物理风险), 也包括因能源转型政策变化致使传统能源业务收益受损的风险 (转型风险)。这类保险通过复杂的风险模型, 融合多源数据, 精准评估企业面临的综合气候风险, 从而制定合理的保险条款与费率。

表 13: 综合类气候保险举例

类别	典型产品	代表案例
政策突变险	碳税追溯责任险	欧盟钢铁企业投保“碳边境税 (CBAM) 合规险”
资产搁浅险	高碳资产提前退役补偿险	澳大利亚煤电厂退役保险
技术替代险	清洁技术专利侵权诉讼险	特斯拉光伏专利诉讼保险
市场重构险	绿氢替代化石燃料导致的营收损失险	沙特阿美“氢能转型收入保险”

三、气候保险的发展及现状

气候保险市场规模在全球范围内持续扩大, 2024 年全球灾害风险保险市场规模约为 2.503 亿美元。根据瑞士再保险公司的数据预测, 到 2040 年, 气候变化预计会导致风险资产池规模增长 33%至 41%。

中国气候保险市场规模也在不断扩大。数据显示, 中国气候保险市场规模从 2020 年的 400 亿元增至 2024 年的 1000 亿元, 年复合增长率达 15%。

气候保险的发展经历了几个阶段。

1. 萌芽期 (1950s-1980s): 国家主导巨灾保障

20 世纪中叶, 全球气候灾害频发, 政府开始主导巨灾保障体系建设。1959 年, 英国率先建立洪水保险计划, 该计划由政府与保险行业合作, 旨在为居民提供洪水灾害保障, 后逐渐演变为 Flood Re 雏形, 为英国洪水风险管控奠定基础。1968 年, 美国国会通过《国家洪水保险法》(NFIP), 创立联邦再保险机制, 要求洪水高风险地区居民强制投保, 政府通过补贴保费、承担再保险责任等方式, 初步构建起覆盖全国的洪水保险网络。这一时期, 气候保险以政府行政力量为主导, 体现了国家对民生保障的重视。

2. 市场化探索期 (1990-2005): 风险证券化突破

20 世纪 90 年代, 极端灾害造成的巨额损失促使保险业寻求市场化解决方案。1992 年, 安德鲁飓风袭击美国, 造成高达 270 亿美元的经济损失, 传统保险与再保险体系难以承担如此巨大的赔付压力, 倒逼巨灾债券 (Cat Bonds) 诞生。巨灾债券通过将保险风险转移至资本市场, 吸引投资者承担灾害损失风险, 实现了风险分散的创新。1997 年, 世界银行发行首只主权巨灾债券——墨西哥地震债, 规模达 4.5 亿美元, 开创了主权国家通过资本市场分散灾害风险的先河, 推动气候保险向市场化、证券化方向迈进。

3. 科学化转型期 (2006-2015): 气候模型融合

进入 21 世纪, 随着气象科学与大数据技术的发展, 气候保险开始与气候模型深度融合。2006 年, 参数化保险兴起, 以非洲干旱险 (ARC) 为代表, 该保险通过降雨量指数触发赔付, 替代传统损失评估, 减少理赔争议, 提升保险效率。2012 年成立的加勒比灾害风险基金 (CCRIF), 依托先进的气象模型和风险评估体系, 实现灾害发生后 72 小时快速理赔。例如, 在飓风桑迪袭击海地后, CCRIF 仅用 48 小时就向海地赔付 800 万美元, 为灾后重建提供及时资金支持。

4. 气候金融整合期 (2016 至今): 全球机制升级

2016 年《巴黎协定》签署后, 气候保险加速与气候金融体系整合。各国政府、国际组织和金融机构协同创新, 推动保险产品多元化。绿色气候基金 (GCF)、世界银行等机构通过资金支持和技术援助, 在发展中国家推广气候指数保险、生态碳汇保险等产品。同时, 区块链、人工智能等技术被应用于保险流程, 提升风险评估精准度和理赔效率。例如, 中国在农业领域广泛推广气象指数保险, 并探索“保险+期货”“保险+碳金融”等复合模式; 欧盟推动建立泛欧巨灾保险机制, 加强区域风险共担能力。气候保险正从单一风险保障, 向服务全球气候治理、推动低碳转型的综合金融工具转变。

四、案例

(一) 美国飓风保险

美国东部和南部沿海地区（如佛罗里达州、路易斯安那州）常年受北大西洋飓风活动的显著影响，而全球变暖进一步加剧了这一风险，不仅导致飓风出现频率增加、强度持续升级（表现为更高的风暴潮和更强的降雨），叠加沿海地区人口与资产密度不断上升的趋势，传统保险市场由此陷入严峻困境。具体来看，这一困境主要体现在三个方面：一是商业保险公司大规模撤离，飓风卡特里娜、艾达、海伦妮等频发的巨灾造成的损失远超私营保险公司的偿付能力，迫使众多保险公司不断缩减高风险区域的承保范围，甚至直接退出市场，尤其是在 2022-2024 年间，多家大型保险公司暂停了佛罗里达等高风险州的新保单业务，进一步加剧了保险市场的供给短缺；二是保障缺口持续扩大，无法获得商业保险保障的居民要么被迫自行承担飓风风险，要么只能面对高额保费与严苛的承保条件（如免赔额大幅提升、除外责任不断增加），而银行等贷款机构通常会强制要求借款人投保飓风相关险种，这又进一步引发了信贷受限与住房危机等连锁问题；三是系统性风险隐患凸显，飓风灾后往往出现重建滞后、经济衰退（如旅游业崩溃、房地产贬值）等问题，同时联邦政府需依赖大量救灾拨款，公共财政压力剧增，这一系列问题倒逼政府深度介入风险分摊机制。

在此背景下，美国飓风保险体系逐步成型，其核心依托公私合作模式构建，各参与主体分工明确。其中，联邦政府依据《国家洪水保险法》设立了国家洪水保险计划（NFIP），由联邦应急管理局（FEMA）负责该计划的运营、再保险采购等具体工作，并承担最终的赔付责任，截至 2023 年，NFIP 的债务已超过 200 亿美元；州政府层面则通过设立专项基金（如佛罗里达州飓风 catastrophe 基金 FHCF）提供再保险支持，建立“最后承保人”机制（如加州联合保险委员会 CPIC），同时推出防灾补贴等配套政策；私营保险公司方面，约 70 家机构参与 NFIP 的“写你自己”（WYO）模式，通过提供承保服务获取代理费，同时在低风险区域提供商业飓风保单，并借助再保险和巨灾债券等工具分散自身风险。

从产品特点来看，美国飓风保险的风险范围与除外责任划分清晰，商业保单主要覆盖风灾造成的损失，NFIP 则聚焦于风暴潮及符合标准的内陆洪水损失，同时提供部分附加保障，但无论是商业保单还是 NFIP，均不涵盖非直接损失、未达标的暴洪等多种损失类型；在保费定价上，主要参考投保地区的风险等级、建筑特征等核心因素，同时结合市场调节与政策导向确定保费水平，免赔额通常设置在 2%-10% 之间。

这一保险体系在实践中取得了一定成效，尤其是在灾后损失补偿方面发挥了关键作用，例如飓风艾达、海伦妮过境后，保险赔付有效缓解了受灾地区的经济压力，帮助投保家庭快速恢复生产生活，同时 NFIP 的常态化运行也年均减少了政府的救灾支出。但与此同时，体系面临的挑战也十分突出：一是覆

盖范围严重不足，2024 年全美仅有 3.3% 的家庭持有 NFIP 保单，大量居民仍暴露在无保障的风险之中；二是理赔纠纷频发，保险条款解读差异、定损标准不统一等问题导致投保人与保险公司之间的矛盾不断；三是财务可持续性堪忧，NFIP 长期陷入债务高企的财务危机，而针对保费定价的改革又引发广泛争议，推进困难。

(二) 加州野火保险

加州因其独特的地中海气候、常年干旱的环境，再叠加全球变暖加剧了高温干旱态势，成为全球野火的高发区域。据加州林业和消防局（CalFire）的数据显示，在过去 20 年加州最具破坏性的 20 场野火中，有 15 场都发生在 2015 年之后；而气候模型预测，未来加州的野火风险还将持续恶化，这一风险将直接威胁到超过 120 万户住宅及商业资产的安全。

野火风险的持续升级让加州野火保险市场陷入严重的市场失灵困境。2022 年，全美最大的保险公司 StateFarm 宣布暂停在加州的新住宅保单业务，涉及 7.2 万栋房屋；2023 年，另一家大型险企 Allstate 也跟进停止了加州新客户的投保业务。从长期趋势来看，2015 年至 2023 年间，加州个人住宅保险的承保能力下降了 15%，其中高风险区域（如旧金山湾区东部）的拒保率更是从 2018 年的 12% 飙升至 2023 年的 34%。在这样的市场环境下，当地居民要么被迫放弃保险保障，要么只能承受高昂的保费。为了缓解这一困境，政府层面主动介入，推出了 FAIR 计划（即“最后承保人”计划）以及野火韧性贷款，逐步构建起多层次的野火风险应对框架。

作为应对框架的核心组成部分，FAIR 计划的核心目标是为高风险区域的居民和企业提供基础的保险保障。其保障范围涵盖住宅及商业建筑的结构损失（例如火灾、烟雾造成的损毁），以及部分个人财产损失，但不包括洪水、地震等其他灾害造成的损失。在赔付额度上，该计划设置了明确的上限：住宅建筑最高赔付 30 万美元、个人财产最高 10 万美元，商业建筑最高 150 万美元、商业财产最高 50 万美元。资金来源方面，FAIR 计划的运营资金主要依靠两部分，一是投保人缴纳的保费，二是参与该计划的保险公司按份额分摊的“评估金”（仅在保费收入不足以覆盖赔付支出时启用）。2023 年，该计划的保费收入约为 12 亿美元，其中 15% 的资金用于采购再保险以分散风险；在赔付方式上，FAIR 计划采用“实际现金价值”赔付原则，即赔付金额需扣除资产折旧部分，这也导致其保费水平比传统商业保险市场高出 20%-50%。

为了进一步完善野火风险应对体系，加州近年来也在持续推进一系列策略调整与创新。2023 年，加州保险部（CDI）修订相关法规，明确允许保险公司在计算保费时纳入“气候风险模型预测数据”。据《洛杉矶时报》报道，这一修订实施后，高风险区域的保费平均上涨了 18%-35%，而低风险区域的保费则下降了约 5%，同时法规还要求保险公司必须披露保费中气候风险因素所占的具体比例，提升定价

透明度。2024 年，加州启动了“野火风险减量计划”试点：政府为居民提供最高 5000 美元的防火改造补贴，鼓励居民对房屋进行防火升级；保险公司则对完成防火改造的房屋给予 10%-20% 的保费折扣，形成正向激励；此外，Kinsa 等科技公司也参与其中，提供遥感风险评估服务，助力精准识别风险。不仅如此，加州财政厅还计划在 2025 年前发行“野火巨灾债券”，参考成熟的飓风债券模式，通过资本市场转移 10 亿美元的野火风险，进一步增强风险分散能力。

（三）英国 Flood Re 计划

英国作为岛国，受温带海洋性气候与地形特征的双重影响，洪灾威胁覆盖范围广泛。据英国保险协会统计，在全国约 2350 万户家庭中，有 200 万户面临中度洪水风险（如庭院进水），40 万户面临严重洪水威胁（房屋可能被淹没）；而受全球变暖趋势影响，未来可能将有 350 万户家庭被纳入洪灾威胁范围。近年来，英国洪灾发生频率不断攀升，受威胁房产数量急剧增加，旧有洪水保险制度的弊端愈发凸显：一方面，高风险区域缺乏多样化的保险产品选择，中低风险区域虽保险产品充足，但重灾区居民几乎难以购置合适的保险，灾后往往无法及时获得足额赔偿；另一方面，严重洪灾造成的损失规模远超保险公司的偿付能力，巨额理赔导致保险行业陷入入不敷出的困境，甚至出现针对高风险区域的拒保现象。在此背景下，英国于 2014 年推出非营利性的“Flood Re”保险池计划，核心目标是破解高洪水风险地区家庭的保险市场失灵问题。

从计划详情来看，Flood Re 由英国国内财产保险业按市场份额出资运营，所有参与市场竞争的保险公司均需按比例缴纳资金。由于该计划仅聚焦洪水风险再保险领域，欧盟曾对其是否构成“国家援助”展开评估，最终认定该计划通过为高风险地区提供低价保险惠及公共利益，且因对所有保险公司开放、运作流程透明，对市场竞争的扭曲程度有限，符合欧盟条约相关规定。计划采用自愿参与原则，保险公司同时可借助传统再保险市场分散风险，形成了灵活多元的洪水风险分摊体系，既有效保障了居民的保险权益，又维护了保险市场的可持续运作。需要注意的是，Flood Re 从设计之初就定位为临时解决方案，根据法律规定，该计划需在 2039 年正式终止，其最初构想是为保险公司提供风险缓冲期，助力行业更好地精准评估洪水风险，同时为英国防洪体系的建设争取时间与空间。

在运营层面，Flood Re 团队规模精简，约有 55 名员工，办公地点位于伦敦金融区的联合办公空间。2020 年，该计划发起“重建美好家园”活动，向遭遇洪水淹没的房主提供最高 1 万英镑的资金支持，用于安装防洪门等防护设施，或用瓷砖等防水材料替换易被毁坏的木质材料，目前英国约 70% 的保险公司都已跟进推出类似的防灾激励措施。此外，Flood Re 还致力于推动风险透明化建设，希望通过要求保险公司在保单中明确标注客户是否参与该计划，让洪水风险信息更清晰；同时计划为每栋房屋设立一份量化其洪水脆弱性的证书，类似英国现有针对房屋的能源性能证书制度。

从成果评估来看，Flood Re 计划取得了一定成效：其一，有效提升了高洪水风险地区家庭的保险可及性，通过保险池的集中运作，让高风险区域居民能够以相对可负担的价格获取保险保障；其二，“重建美好家园”等激励措施，推动部分房主主动采取防洪改造措施，提升了房屋自身的抗洪能力，同时带动更多保险公司推出防灾激励政策，助力社会整体洪水韧性的提升；其三，英格兰银行的研究数据显示，Flood Re 计划平均可为房产增值 4000 多英镑，实际每年至少为房价提供 2.12 亿英镑的补贴。

与此同时，计划推进过程中也面临诸多挑战：首要难题是提升房主的洪水风险意识，英国红十字会的研究表明，英国民众的洪水风险意识普遍偏低，即便是生活在高风险地区的居民也是如此，大多数人甚至不清楚自己正从 Flood Re 计划中受益；其次，Flood Re 计划提出的洪水性能证书制度可能对房地产市场产生负面影响，类似英国此前的包层危机，若房屋突然被标注为高洪水风险等级，其估值可能会立即大幅波动，进而导致房主面临房屋难以出售等问题；此外，若英国未能及时推进防洪防御措施建设，Flood Re 计划会人为抬高洪水易发区域房屋的价值，后续若要纠正这一估值偏差，可能会给房地产市场和相关家庭带来阵痛。

第七节 气候指数化投资工具

气候指数化投资工具是专门针对气候变化风险设计的指数型金融工具，其核心目标在于降低气候风险、把握气候机遇并支持碳中和路径推进。该类工具通过系统筛选企业实际碳排放、气候风险管理能力、绿色收入占比等关键指标，引导社会资金精准流向低碳转型企业，助力投资者在规避气候相关风险的同时，挖掘绿色经济领域的投资价值。

从发展演进来看，气候指数化投资工具已形成清晰的三代迭代脉络。第一代气候指数聚焦基础的风险规避，核心策略是降低高碳排放企业的资产配置比例，同时超配低碳排放企业，实现资产组合的初步“去碳化”；第二代气候指数在第一代的基础上进一步优化，新增对拥有“绿色收入”业务企业的配置奖励，例如重点向可再生能源等绿色产业企业倾斜，强化对绿色经济机遇的捕捉；第三代气候指数则实现了更全面的转型引导，不仅持续剔除高碳排放企业，还重点识别并纳入具备明确转型承诺与实质性转型行动的企业，推动全行业而非单一低碳领域的绿色转型进程。

在实际应用场景中，气候指数化投资工具主要发挥两大核心作用。一是风险规避功能，通过量化分析企业碳排放数据、评估其气候风险应对措施与转型进展，帮助投资者有效规避气候物理风险（如极端天气引发的资产损失）和转型风险（如政策调整、技术变革导致的高碳资产减值）；二是机遇捕捉功能，精准聚焦可再生能源、低碳技术、节能环保等绿色经济核心领域，助力投资者把握气候变化背景下绿色产业崛起带来的长期投资机遇。需要注意的是，气候指数的构建需严格符合国际法规要求，例如衔接欧盟净零目标、《巴黎协定》等全球气候治理核心框架，确保其导向与全球气候行动目标保持一致。

第四章 气候风险的压力测试

压力测试是常见的气候风险的管理工具之一，通过确定分析目标与风险因素，设置压力情景与压力指标（如碳排放路径变化、全球气温升幅、能源结构调整、环保标准等），构建气候与环境风险传导模型，选择金融风险模型与承压指标（即违约率、违约损失、估值变动等风险度量指标），实施压力测试，分析结果并采取相应应对措施。多服务于银行和监管机构进行监测和管理风险。

第一节 压力测试概览

气候风险压力测试作为量化与管理风险的核心工具，其战略价值愈发凸显。传统的风险管理工具（如历史数据回归模型）难以应对气候风险的长期性、非线性和不确定性，而压力测试通过构建极端情景（如 2°C/4°C 升温路径、碳价飙升至 1000 美元/吨），能够模拟未来数十年的风险演化路径，为决策者提供前瞻性的参考依据。例如，荷兰央行通过压力测试发现，若海平面上升 1 米，荷兰沿海地区的抵押贷款违约率可能上升至 30%，据此推动银行收紧沿海地区的信贷政策，并要求借款人购买洪水保险。

一、发展背景

国际社会已将气候风险压力测试纳入监管框架，形成全球协同的推进态势。2021 年，巴塞尔委员会发布《气候相关金融风险审慎处理原则》，明确要求银行将气候风险纳入压力测试体系；央行与监管机构绿色金融网络（NGFS）已推出三版气候情景框架（2020 版、2022 版、2024 版），为全球 70 余家央行和监管机构提供了标准化的情景参数。欧盟走在前列，其《资本要求指令 V》（CRDV）强制要求欧盟境内银行从 2023 年起开展气候风险压力测试，并披露测试结果；英国央行则将气候压力测试与银行资本充足率挂钩，对测试结果不达标的机构实施限制分红等措施。

中国在气候风险压力测试领域的实践也在加速深化。2022 年，中国人民银行发布《金融机构气候风险压力测试指引（试行）》，成为全球首个针对金融机构气候风险压力测试的专项指引；2023 年，银保监会将气候风险压力测试纳入绿色金融评价体系，推动银行保险机构主动提升风险管理能力。地方层面同样积极探索，上海市在 2023 年开展了国内首次区域性气候风险压力测试，覆盖银行、保险、能源企业等 20 家机构，模拟了“长三角地区 2050 年极端降水频率增加 50%”情景下的风险传导路径，为区域经济政策制定提供了数据支撑。

从企业实践来看，气候风险压力测试已成为提升竞争力的关键抓手。微软（Microsoft）通过压力测试发现，若全球碳价在 2030 年升至 200 美元/吨，其数据中心的运营成本将增加 12%，据此加速推进“100%绿电使用”计划，2023 年绿电占比已达 75%，较 2020 年提升 40 个百分点。壳牌（Shell）则通过测试不同转型情景下的资产价值变化，决定将石油产量每年削减 1%-2%，同时将可再生能源投

资从 2020 年的 50 亿美元增至 2025 年的 200 亿美元。这些案例表明，气候风险压力测试不仅是风险管理工具，更是企业战略转型的“导航系统”。

然而，气候风险压力测试的应用仍面临诸多挑战。数据层面，气候模型输出的区域级数据精度不足，企业 ESG 信息披露不完整，导致测试结果的可靠性受限——据 CDP（碳信息披露项目）统计，2023 年全球仅 35% 的上市公司能够提供符合 TCFD 要求的气候风险数据。模型层面，不同机构的测试方法差异较大，结果缺乏可比性，例如对“2030 年碳价 150 美元/吨”情景下的银行信贷损失测算，不同机构的结果偏差可达 5-10 倍。认知层面，部分企业将压力测试视为“合规负担”，未能将其与战略决策深度融合，导致测试结果束之高阁。

在此背景下，系统梳理气候风险压力测试的工具体系、方法论与实践案例，对于推动各行业提升风险管理能力具有重要意义。无论是金融机构优化信贷组合、企业调整投资策略，还是监管部门制定政策、学术机构开展研究，都需要一份兼具理论深度与实操价值的参考资料。本白皮书正是基于这一需求，旨在构建一个全面、系统、易懂的知识框架，助力各界更好地理解和应用气候风险压力测试工具。

二、主要类型

根据测试目标与方法的差异，气候风险压力测试可分为以下类型。

1. 宏观压力测试

以国家或区域经济为对象，评估气候风险对 GDP、就业率、财政收支等宏观指标的影响。例如，英国财政部 2021 年开展的气候风险宏观测试显示，在“无序转型”情景下，到 2050 年英国 GDP 可能较基准情景下降 10%。

2. 微观压力测试

聚焦单一机构或企业，测算气候风险对其资产负债表、利润表和现金流量表的冲击。例如，摩根大通 2022 年对其信贷组合的测试显示，在“2030 年碳价达 200 美元/吨”情景下，高碳行业贷款的不良率将上升 2.5 个百分点。

3. 专项压力测试

针对特定风险类型（如洪水、碳价）或特定资产（如沿海房地产、煤电项目）开展的定向测试。例如，美国联邦住房金融局（FHFA）2023 年对“两房”（房利美、房地美）的测试显示，到 2050 年海平面上升 0.6 米将导致其持有的抵押贷款违约率上升 3.2%。

三、国际标准与监管要求

全球范围内，气候风险压力测试的标准体系与监管框架已初步形成，国际组织、国家监管机构 and 行业协会通过发布指引、情景工具包和披露要求，推动测试方法的规范化与应用的普及化。

(一) 国际组织层面

1. 央行与监管机构绿色金融网络 (NGFS)

2020 年发布首版《气候情景分析指南》，2022 年更新至第二版，2024 年推出第三版，构建了覆盖“有序转型”“无序转型”“热惯性”三大类别的情景体系（见表 1）。情景参数包括全球温升路径（1.5°C/2°C/4°C）、碳价（2030 年 50-200 美元/吨）、能源价格（如原油 2030 年 30-150 美元/桶）等，为全球 70 余家央行和监管机构提供了基准情景。

2. 巴塞尔委员会

2022 年发布《气候相关金融风险审慎处理原则》，明确要求银行将气候风险纳入压力测试框架，建立“情景设计-模型构建-结果应用”的全流程管理机制，并提出“气候风险应作为操作风险、信用风险、市场风险的交叉因素进行评估”的核心原则。

3. 气候相关财务信息披露工作组 (TCFD)

2017 年发布披露建议，2021 年更新版将“气候风险压力测试结果”列为强制披露指标，要求企业说明测试情景、关键假设、量化影响及应对措施。截至 2023 年，全球超 3000 家上市公司（包括苹果、微软、丰田等）已采用 TCFD 框架披露气候风险信息。

表 14: NGFS2024 版核心情景参数对比

情景类型	2030 年全球温升	2030 年碳价 (美元/吨)	2050 年可再生 能源占比	2030 年原油价格 (美元/桶)
有序转型	1.8°C	150-200	45%	60-80
无序转型	2.2°C	50-100 (波动剧烈)	30%	30-150 (波动剧烈)
热惯性	2.7°C	<50	25%	80-120

来源：NGFS《2024 年气候情景更新报告》

(二) 各国监管层面

1. 欧盟

通过《资本要求指令 V》(CRDV) 和《可持续金融信息披露条例》(SFDR) 构建了严格的监管体系。要求欧元区银行自 2023 年起每年开展气候风险压力测试，测试结果作为资本充足率评估的参考因素；2024 年起，资产规模超 500 亿欧元的银行需公开披露测试模型与关键参数。欧洲央行 2023 年开展的银行业气候压力测试显示，在“无序转型”情景下，到 2030 年欧元区银行的气候相关信贷损失可能达 1800 亿欧元。

2. 英国

英格兰银行自 2019 年起每两年开展一次气候风险压力测试，覆盖银行、保险公司和资产管理公司。2021 年测试结果显示，若全球延迟减排，到 2050 年英国保险业的年均赔付成本将增加 40%，银行业的不良贷款率将上升 3 个百分点。英国金融行为监管局 (FCA) 还要求资产管理人自 2022 年起，在基金说明书中披露气候风险压力测试结果。

3. 美国

美联储 2022 年启动“气候风险情景分析”试点，选取 6 家资产规模超 1000 亿美元的银行（包括摩根大通、美国银行）参与，测试情景包括“急性物理风险”（如飓风导致的沿海资产损失）和“慢性转型风险”（如碳价上涨对能源行业的冲击）。美国证券交易委员会 (SEC) 2023 年发布的《气候信息披露规则》要求上市公司披露气候风险压力测试的关键发现。

(三) 国内监管进展

中国在气候风险压力测试领域的监管框架建设快速推进，形成了“央行指引+行业规范+地方试点”的多层次体系。

1. 中国人民银行

2022 年发布《金融机构气候风险压力测试指引（试行）》，是全球首个针对金融机构的专项指引。明确要求银行、保险公司、证券公司等机构“每年度开展至少一次气候风险压力测试”，测试范围应覆盖“表内资产、表外业务、投融资组合”，并提出“物理风险与转型风险并重、定性与定量结合”的基本原则。

2. 银保监会

2023 年将气候风险压力测试纳入《绿色金融评价办法》，对开展测试的银行给予评价加分；2024 年发布《银行业保险业气候风险压力测试实施细则》，细化情景设计、模型构建、结果应用等操作要求，例如规定“高碳行业贷款占比超 10% 的银行需每半年开展一次专项测试”。

3. 地方试点

上海市 2023 年开展区域性气候风险压力测试，覆盖 20 家金融机构和 10 家高碳企业，测试情景包括“长三角地区 2050 年极端降水频率增加 50%”和“2030 年全国碳价达 120 元/吨”，结果用于优化地方产业政策和信贷投向。广东省 2024 年启动“珠三角气候风险压力测试联盟”，推动银行、企业、科研机构的数据共享与模型共建。

四、工具价值与应用场景

气候风险压力测试已超越单纯的风险管理工具范畴，成为经济主体应对气候挑战、把握绿色机遇的战略支撑，其应用场景涵盖风险识别、战略决策、合规披露、市场沟通等多个维度。

1. 风险识别与量化

压力测试能够精准定位高风险资产与业务环节，为风险缓释提供靶向目标。例如，某国有银行通过测试发现，其信贷组合中 5% 的贷款（集中于煤电、钢铁行业）在“2030 年碳价 150 元/吨”情景下的违约概率将超过 20%，据此制定了“逐步退出高碳行业、设置差异化授信额度”的策略，2023 年高碳行业贷款余额较上年下降 12%。某房地产企业通过物理风险测试，识别出其 15% 的项目位于百年一遇的洪水风险区，随即启动“防洪设施升级计划”，投入 2 亿元改造地下车库排水系统，预计可降低洪水损失 80%。

2. 战略规划与投资决策

压力测试结果可为企业转型路径选择提供数据支撑，平衡短期成本与长期收益。例如，某能源央企通过多情景测试（无序转型、有序转型、净零情景），测算出不同转型节奏下的资产回报率：若 2030 年前风光电装机占比从 30% 提升至 50%，在净零情景下的 IRR（内部收益率）可达 8%，较维持现状高 3 个百分点，据此将“十四五”风光电投资目标从 5000 亿元上调至 8000 亿元。某汽车制造商通过测试发现，若 2030 年新能源汽车渗透率达 60%（较原预期提前 5 年），其燃油车生产线将面临 30% 的产能闲置，因此加速推进“油电混线改造”，投资 10 亿元将 3 条燃油车生产线改造为柔性生产线，可同时生产燃油车与电动车，降低转型成本 40%。

3. 合规披露与监管沟通

在全球 ESG 信息披露强制化趋势下，压力测试结果已成为企业合规的必备内容。根据欧盟 SFDR 要求，资产规模超 10 亿欧元的金融机构需在 2024 年起披露气候风险压力测试的“关键参数、模型假设、量化影响”；中国证监会 2023 年修订的《上市公司信息披露管理办法》也将“气候风险及应对措施”纳入强制披露范畴，部分上市公司（如宁德时代、比亚迪）已在年报中披露气候风险压力测试结果。通过规范披露，企业可向监管机构展示风险管理能力，降低合规成本——德勤 2023 年调研显示，披露气候风险压力测试结果的企业，平均合规检查时间缩短 30%，监管处罚率降低 25%。

4. 市场沟通与品牌建设

透明的压力测试信息有助于增强投资者、客户与公众的信任，提升企业声誉价值。例如，某欧洲保险公司在官网公开其飓风风险测试模型与结果，展示“在 500 年一遇飓风情景下仍能保持偿付能力”的韧性，2023 年新单保费增长 15%，投资者关注度提升 20%。某快消品牌通过披露“供应链气候风险测试”结果（如极端干旱对原材料供应的影响及应对措施），获得消费者认可，其低碳产品线销售额占比从 2021 年的 10% 升至 2023 年的 25%。

5. 政策制定与区域规划

政府部门可通过宏观压力测试评估气候风险对区域经济的影响，优化公共政策与基础设施投资。例如，荷兰政府基于海平面上升压力测试结果，制定了“三角洲计划”，投资 500 亿欧元加固海堤、修建人工岛，预计可将 2100 年海平面上升 1.5 米情景下的洪水损失降低 90%。中国粤港澳大湾区管委会 2023 年开展的气候风险测试显示，若 2050 年平均气温上升 2°C，珠三角地区农业产量将下降 15%，工业能耗增加 8%，据此调整了“十四五”基础设施规划，新增 100 亿元用于电网抗高温改造和农业节水灌溉系统建设。

气候风险压力测试的价值还体现在其动态适应性上。随着气候数据的积累、模型技术的进步和政策环境的变化，测试工具可不断优化，持续提升风险评估的精准度。例如，卫星遥感技术的应用使物理风险测试的空间分辨率从 10 公里提升至 1 公里，能够识别单栋建筑的洪水风险；人工智能算法的引入，使转型风险模型对碳价波动的预测误差从 20% 降至 8%。这种动态优化能力，确保了气候风险压力测试能够长期适应气候变化的复杂性与不确定性。

综上，气候风险压力测试既是应对气候挑战的“防御工具”，也是把握绿色转型机遇的“进攻武器”。其应用不仅有助于经济主体规避风险、降低损失，更能推动资源向低碳领域优化配置，加速全球碳中和进程。在气候风险日益严峻的背景下，掌握并有效应用这一工具，已成为各类主体提升竞争力、实现可持续发展的必备能力。

第二节 压力测试工具的核心框架

一、工具分类与适用场景

气候风险压力测试工具的选择需结合测试目标、数据可得性、行业特征等因素，不同工具在方法论、复杂度和适用范围上存在显著差异。目前主流工具可分为四类：情景分析法、敏感性分析法、动态随机模型、物理风险地图，各类工具的核心原理与应用场景如下。

(一) 情景分析法

1. 概述

基于预设的气候情景（如 IPCC 的 RCP 情景、NGFS 的转型情景），模拟风险因素在特定路径下的演化过程，量化其对经济主体的影响。该方法的核心是构建“气候-经济”联动的逻辑链条，例如“全球温升 2°C→极端降水增加→农业减产→食品价格上涨→CPI 波动”。

情景分析法的优势在于能覆盖长期转型风险与复杂物理风险，尤其适合评估跨行业、跨区域的系统性影响。例如，欧盟委员会使用情景分析法测试“碳边境调节机制（CBAM）”对制造业的影响，在“2030 年碳价 135 欧元/吨”情景下，钢铁行业的生产成本将上升 23%，部分高碳企业可能退出欧洲市场。但其局限性在于情景假设具有主观性，不同机构对同一变量（如碳价涨幅）的设定可能相差 3-5 倍，导致结果可比性较低。

2. 适用对象

宏观经济政策制定者（如央行、财政部）、大型跨国企业（如能源集团、汽车制造商）。国际能源署（IEA）在《世界能源展望》中，通过“既定政策情景”“宣布承诺情景”“净零情景”三种路径，分析不同气候政策下的能源需求变化，为各国能源战略提供参考。

(二) 敏感性分析法

1. 概述

通过单一变量的极端波动（如碳价±50%、温度±2°C），测试经济主体的财务指标（如净利润、资产减值、违约概率）对该变量的敏感程度。例如，某化工企业测试发现，原油价格每上涨 10 美元/桶，其毛利率将下降 1.2 个百分点；若叠加碳价上涨 50 元/吨，毛利率下降幅度将扩大至 2.5 个百分点。

该方法的优点是操作简单、数据需求低，适合资源有限的中小企业快速评估关键风险点。例如，中国某省级电力公司通过敏感性分析发现，煤价每上涨 100 元/吨，其年度净利润将减少 8 亿元，据此制定了“煤电联营+长协锁价”的风险缓释策略。但局限性在于忽略变量间的联动效应（如碳价与能源价格的正相关性），难以捕捉“多重风险叠加”的非线性冲击。

2. 适用对象

中小型企业（如地方制造业、区域农业合作社）、单一业务线机构（如专注于房地产贷款的区域银行）。根据毕马威 2023 年调研，全球 60% 的中小企业在开展气候风险评估时优先选择敏感性分析法，主要用于测试碳价、极端温度对成本的影响。

(三) 动态随机模型

1. 概述

整合气候数据、经济变量与风险传导路径，通过蒙特卡洛模拟（数万次随机试验）生成风险指标的概率分布（如“碳价飙升导致信用违约的概率为 15%”）。该模型的核心是构建多因子联动方程，例如：
$$\text{违约概率} = \alpha \times \text{碳价涨幅} + \beta \times \text{极端天气频率} + \gamma \times \text{GDP 增速} + \varepsilon \text{ (误差项)}$$

动态随机模型的优势在于能捕捉风险的非线性与不确定性，输出结果更贴近现实。例如，摩根士丹利使用该模型测试其 1.2 万亿美元投资组合，在“2050 年全球温升 3°C”情景下，组合价值缩水的概率为 32%，其中高碳行业资产的减值风险达 58%。但其局限性在于数据需求庞大（需覆盖 30 年以上的气候、经济、行业数据），计算成本高，小型机构难以承担。

2. 适用对象

大型金融机构（如全球性银行、保险公司）、复杂产业链企业（如半导体、汽车制造）。美国联邦储备委员会在 2023 年银行压力测试中，采用动态随机模型模拟“飓风+碳价上涨”的复合冲击，评估银行的资本充足率变化，结果显示最大损失可能达 800 亿美元。

(四) 物理风险地图

1. 概述

叠加地理信息系统（GIS）与气候灾害数据，可视化展示资产在物理风险下的暴露度（如“某仓库位于 50 年一遇洪水区的概率为 70%”）。其核心数据包括：历史灾害频率（如过去 30 年飓风登陆次数）、未来风险预测（如 IPCC 的区域降水变化）、资产地理坐标与抗灾能力（如建筑抗震等级）。

物理风险地图的优势是直观呈现空间分布差异，帮助识别高风险资产。例如，瑞士再保险通过其“CatNet”系统，为全球 100 多个国家绘制洪水风险地图，某东南亚农业企业据此调整种植布局，将高风险区域的水稻种植面积缩减 40%，改种耐旱作物，灾害损失降低 65%。但其局限性在于依赖高精度气候数据，部分发展中国家的区域数据精度不足（如非洲部分地区的降水数据误差达 20%）。

2. 适用对象

房地产企业、基础设施运营商（如电网、港口）、农业企业。中国自然资源部 2023 年发布的《全国地质灾害风险普查报告》，结合物理风险地图技术，识别出地质灾害高风险区 1.2 万个，指导地方政府开展搬迁避让与工程治理。

表 15: 四类压力测试工具的对比

工具类型	核心数据需求	实施成本 (万元)	结果输出形式	典型应用场景
情景分析法	气候情景参数、行业关联数据	50-500	多情景下的指标对比	国家能源战略制定、跨国企业转型
敏感性分析法	单一风险因子、财务数据	10-50	变量-指标敏感度曲线	中小企业成本控制、单一业务风险评估
动态随机模型	多因子时间序列、概率分布	500-2000	风险指标概率分布	银行资本充足率测试、投资组合管理
物理风险地图	地理信息、灾害频率数据	30-300	风险热力图、暴露度排名	房地产开发选址、基础设施抗灾设计

来源: 根据《央行与监管机构绿色金融网络 (NGFS) 工具手册》(2024) 整理

二、关键技术组件

气候风险压力测试的精准度依赖于“数据层-模型层-输出层”的协同运作，各组件的质量直接决定测试结果的可靠性。

(一) 数据层

构成测试的“原材料”，需覆盖气候、经济、资产、行业四大维度，数据质量（精度、时效性、完整性）是核心。

1. 气候数据

包括历史观测数据（如过去 50 年的温度、降水、飓风路径）与未来预测数据（如 IPCC 的 RCP2.6/RCP8.5 情景）。全球气候数据主要来自：IPCC 第六次评估报告 (AR6) 提供的 1850-2100 年全球升温与极端天气概率；世界气象组织 (WMO) 的《全球气候状况报告》提供逐年观测数据；区域数据则依赖国家气象机构，如中国气象局的“中国气候数据集”包含 1961 年以来的省级温度、降水数据，空间分辨率达 10 公里。

2. 经济数据

涵盖宏观指标（GDP 增速、CPI、利率）与微观指标（企业营收、成本、资产负债）。国际数据可参考世界银行的“全球经济监测数据库”、国际货币基金组织 (IMF) 的“世界经济展望”；国内数据则来自国家统计局、Wind 数据库，如中国碳市场价格数据可通过上海环境能源交易所官网获取，截至 2024 年 6 月，全国碳市场配额均价为 85 元/吨，较 2021 年启动时上涨 68%。

3. 资产数据

核心是资产的地理坐标与物理属性，例如：某电厂的经纬度、装机容量、燃料类型；某写字楼的海拔高度、建筑结构、投保情况。金融机构的信贷资产数据需包含客户行业、地理位置、抵押品信息，例如某银行的“绿色信贷系统”记录了 1.2 万笔贷款的企业所在行业（如钢铁、光伏）、项目地址（精确至区县）、碳排放强度（吨 CO₂/万元产值）。

4. 行业数据

包括行业减排成本曲线（如钢铁行业氢能改造的单位成本）、技术替代速度（如光伏度电成本下降趋势）、政策敏感度（如碳税对化工行业的影响系数）。国际能源署 (IEA) 的“行业能效数据库”提供主要工业行业的能耗与减排潜力数据，例如水泥行业通过碳捕捉技术可减排 30%，单位成本约 50 美元/吨 CO₂。

(二) 模型层

实现数据的“加工转换”，通过算法将原始数据转化为风险指标，核心包括三类模型。

1. 气候经济集成模型

连接气候变量与宏观经济，例如 DICE 模型（动态综合气候-经济模型）通过“碳排放→升温→GDP 损失”的传导链条，测算气候风险对长期经济增长的影响。斯坦福大学能源建模论坛 (EMF) 的研究显示，在 RCP8.5 情景下，到 2100 年气候变化可能导致全球 GDP 下降 7.2%，其中发展中国家受影响更大（如印度 GDP 下降 10.2%）。

2. 风险传导模型

刻画气候风险向企业财务的传导路径，例如信用风险模型通过“碳价上涨→企业成本增加→利润下降→违约概率上升”的逻辑，测算贷款违约率变化。穆迪分析 (Moody's Analytics) 开发的“气候信用模型”显示，在“2030 年碳价 150 美元/吨”情景下，煤电行业的信用评级平均下调 2-3 个等级，违约概率从 1.5% 升至 8.3%。

3. 估值模型

量化风险对资产价值的影响，例如 DCF（现金流折现法）调整模型通过提高贴现率（反映气候风险溢价）或减少未来现金流（反映物理损失），计算资产减值幅度。高盛（Goldman Sachs）使用该模型评估沿海房地产，在“2050 年海平面上升 0.5 米”情景下，全球沿海豪宅的估值将缩水 12%-18%，美国佛罗里达州受影响最严重（缩水 25%）。

(三) 输出层

将模型结果转化为可决策的“产品”，需兼顾专业性与易懂性。

1. 风险指标

包括绝对指标（如资产减值金额、净利润损失）与相对指标（如不良贷款率上升幅度、资本充足率下降百分点）。例如，某保险集团的压力测试结果显示：在“50 年一遇飓风”情景下，单笔赔付最高可达 2.3 亿元，整体赔付率将从 55% 升至 82%，需计提 15 亿元应急准备金。

2. 可视化报告

通过图表直观呈现结果，如风险热力图（展示不同区域的资产暴露度）、情景对比曲线（展示不同升温路径下的指标变化）、敏感性雷达图（展示多变量的影响权重）。例如，中国某能源企业的测试报告用红色标注出“碳价敏感型资产”（占总资产的 18%），用蓝色标注“极端高温敏感型资产”（占总资产的 12%），为资产剥离提供清晰指引。

三、实施流程

气候风险压力测试需遵循“风险画像→情景设计→模型选择→执行测试→结果应用”的闭环流程，各步骤需结合行业特征定制化实施。

1. 步骤 1: 风险画像——识别核心风险

需从“风险类型-影响路径-薄弱环节”三维度勾勒风险轮廓。例如，煤电企业的核心风险为转型风险（碳价上涨、煤电替代），影响路径是“碳成本增加→发电成本高于电价→现金流断裂”，薄弱环节是“未参与碳市场交易的机组”；农业企业的核心风险为物理风险（干旱、洪涝），影响路径是“降水异常→产量下降→收入减少”，薄弱环节是“无灌溉设施的旱地作物”。

风险画像需结合历史数据与行业特性。例如，中国气象局的“农业气候风险数据库”显示，小麦在灌浆期遭遇 35°C 以上高温，千粒重将减少 10%-15%，因此河南、山东等冬小麦主产区需重点关注热浪

风险。某省级农业合作社据此开展专项测试，发现若灌浆期高温持续 10 天，其小麦减产率可达 20%，需提前购买气象指数保险。

2. 步骤 2: 情景设计——构建测试场景

情景设计需兼顾“国际基准+区域特色+行业焦点”。国际基准可参考 NGFS 情景（有序转型、无序转型、热惯性）或 IPCC 的 RCP 情景（RCP2.6/RCP4.5/RCP8.5）；区域特色需结合地方气候特征，如中国长三角需强化“极端降水”情景，西北地区需突出“干旱加剧”情景；行业焦点则针对关键风险因子，如汽车行业需设定“新能源渗透率”情景，航运业需关注“国际海事组织（IMO）碳税”情景。

情景参数的设定需基于权威数据。例如，“2030 年碳价”参数可参考：国家发改委《碳排放权交易管理办法》的预期（120-150 元/吨）、国际碳行动伙伴组织（ICAP）的全球碳价趋势（发达地区 200 美元/吨）；“极端降水频率”可参考中国水利部《全国洪水风险图》，如珠江流域百年一遇洪水的降水量为 800mm/72 小时。

3. 步骤 3: 模型选择——匹配工具与目标

根据测试范围与资源约束选择工具：宏观层面（如国家、区域）优先用情景分析法；微观层面（如企业、项目）若资源有限用敏感性分析法，若追求精准用动态随机模型；涉及地理分布的资产（如房地产、电网）需结合物理风险地图。

某城市商业银行的选择逻辑具有代表性：其资产规模较小（5000 亿元），且 90% 的贷款集中于本地制造业，因此采用“敏感性分析法+物理风险地图”组合——用敏感性分析测试碳价对制造业贷款的影响，用物理风险地图识别位于洪水风险区的抵押品，整体测试成本控制在 30 万元以内，耗时 2 个月，符合其资源约束。

4. 步骤 4: 执行测试——数据校验与模型运行

数据校验需重点检查：时间跨度（气候数据需覆盖 30 年以上）、空间匹配（资产坐标与气候分区一致）、逻辑合理性（如碳价涨幅与政策目标匹配）。例如，某企业在测试中发现，其引用的“2050 年碳价 500 美元/吨”与国家“双碳”目标冲突（该情景下难以实现 2060 年碳中和），遂调整为 200 美元/吨。

模型运行需进行“压力测试的压力测试”——通过改变参数（如增加极端值）验证结果稳定性。例如，某保险公司将飓风风速从“50 年一遇”（33 米/秒）提高至“100 年一遇”（40 米/秒），发现赔付金额从 5 亿元增至 12 亿元，增幅与风速平方成正比（符合流体力学原理），证明模型逻辑可靠。

5. 步骤 5：结果应用——从数据到决策

测试结果需转化为具体的风险缓释措施，形成“测试-决策-反馈”的闭环。例如：

- 金融机构：对高风险客户提高贷款利率（如煤电企业上浮 100BP）、缩减授信额度（如钢铁行业压缩 20%）、要求追加抵押品（如沿海房地产增加 15%抵押率）；
- 实体企业：调整产能布局（如将高碳产能转移至碳价较低地区）、加大技术改造（如钢铁企业投资氢能炼钢）、购买风险对冲工具（如碳期货、气象保险）；
- 政府部门：优化产业政策（如限制高碳项目审批）、加大基础设施投资（如修建防洪堤）、完善风险补偿机制（如设立气候风险基金）。

某省级电网公司的应用案例具有参考价值，其测试显示，在“2050 年极端高温天数增加 50%”情景下，空调用电负荷将激增 30%，可能导致变压器过载跳闸。据此，该公司投资 8 亿元对 200 座变电站进行扩容改造，同时建立“高温预警-负荷转移”联动机制，将故障概率从 15%降至 5%以下。

四、不同行业工具应用的差异化要点

气候风险压力测试工具的应用需紧密结合各行业特性进行定制化调整，坚决避免“一刀切”的粗放模式，确保测试结果精准适配行业风险特征与发展需求。

金融行业的核心关注点在于资产组合的风险敞口及风险传导效应。其中银行业在开展信贷组合测试时，需精准区分客户的行业属性（如煤电、光伏等不同碳强度行业）与项目的地理属性（如沿海气候脆弱区、内陆稳定区），例如某国有银行将客户划分为高碳、中碳、低碳三类，在“2030 年碳价 150 元/吨”的情景假设下，测算出高碳行业贷款不良率预计上升 3.2 个百分点，并据此设定差异化拨备覆盖率，将高碳客户的拨备覆盖率提高至 200%。保险业则需结合风险的累积性设计测试情景，比如飓风多发地区的保单组合可能面临“单次灾害触发大规模集中赔付”的风险，某财产保险公司通过动态随机模型测试发现，在“连续两年遭遇超强飓风”的情景下，其偿付能力充足率将从 200%降至 120%，因此需提前筹备 50 亿元增资以应对风险。

能源行业需重点平衡转型风险与物理风险的双重冲击。传统能源企业（如煤电、油气企业）在转型风险测试中，需纳入“技术替代速度”相关参数，例如风光电度电成本下降曲线等；某煤电集团的测试结果显示，若光伏度电成本每年下降 10%，其 2028 年后新建的煤电项目将全部陷入亏损，基于此该集团将“十四五”期间新能源投资占比提升至 60%。新能源企业（如光伏、风电企业）则需聚焦物理

风险中的“气候资源波动”，某风电企业通过敏感性分析发现，风速每下降 0.5 米/秒，年发电量将减少 8%，因此在风电场选址环节额外增加 20%的风速冗余度，以对冲资源波动风险。

制造业的测试核心是聚焦供应链韧性与生产中断风险。高耗能制造业（如钢铁、化工企业）在转型风险测试中，需量化“碳成本内化”对企业利润的影响，某钢铁企业测算显示，在“全生命周期碳成本纳入定价”的情景下，其螺纹钢毛利率将下降 5 个百分点，据此加快氢能炼钢改造进程，预计可降低单位碳成本 40%。电子制造业则需重点关注极端天气对供应链的连锁影响，某手机厂商通过情景分析法发现，若台湾地区遭遇强台风导致芯片厂停产，其全球产能将下降 30%，因此在东南亚布局备用生产线，投入 20 亿元将供应链韧性提升至 90%。

农业与食品行业需重点评估气候变量对产量与品质的影响。种植业的物理风险测试要结合作物生长周期，某水稻种植企业的测试结果显示，水稻抽穗期若遭遇 3 天以上 38°C 高温，结实率将下降 15%，据此该企业一方面购买“高温指数保险”，另一方面调整播种时间以避免高温期。畜牧业则需关注“饲料价格波动”的传导链条，某生猪养殖企业通过敏感性分析发现，玉米价格每上涨 10%，生猪养殖成本将上升 3%，且玉米价格与极端干旱的相关性达 0.7，因此建立饲料储备库，将库存周期从 1 个月延长至 3 个月，以应对气候引发的饲料价格波动。

房地产与基础设施行业的测试需突出地理空间属性与资产寿命周期的特性。房地产开发企业在物理风险测试中，需纳入资产全寿命周期（如 70 年产权）的气候趋势预测，某房企在海南的项目测试显示，到 2090 年海平面上升 0.8 米将导致项目一楼被淹，据此将一楼设计为架空层，同时提高防潮标准，虽增加 5%的投资，但可避免未来资产减值 30%。交通基础设施领域则需测试极端天气对通行能力的影响，某高速公路公司通过绘制物理风险地图发现，其 30%的路段位于滑坡风险区，在“年降水量增加 20%”的情景下，道路中断概率将上升至 15%，因此投资 10 亿元加固边坡，并建立实时监测系统，保障通行安全与运营稳定。

第三节 典型气候风险压力测试工具解析

一、国际主流工具

全球气候风险压力测试工具的发展已形成多元生态，国际组织、商业机构与学术团队开发的工具各有侧重，覆盖宏观经济、金融机构、实体企业等不同应用场景，其技术成熟度与市场认可度已通过大规模实践验证。

1. NGFS 气候情景工具包

作为全球应用最广泛的气候风险测试基准，央行与监管机构绿色金融网络 (NGFS) 自 2020 年起持续更新气候情景体系，2024 年发布的第三版工具包包含“有序转型”“无序转型”“热惯性”三大核心情景，每个情景下细分 12 个行业模块与 50+宏观经济参数，形成覆盖“气候物理变化-经济政策响应-行业影响传导”的全链条模型。

该工具包的核心优势在于情景参数的权威性与兼容性。其温升路径严格对标《巴黎协定》温控目标 (1.5°C/2°C)，碳价、能源价格等参数综合了 IPCC、IEA 等 20+国际机构的研究成果。例如，“有序转型”情景下 2030 年全球碳价设定为 150-200 美元/吨，与欧盟碳市场 2030 年目标 (135 欧元/吨) 基本吻合；“无序转型”情景则模拟政策延迟导致的碳价剧烈波动 (2030 年 50-100 美元/吨，年波动率达 30%)，反映转型不确定性带来的风险。

在应用案例方面，欧盟央行 2023 年银行业压力测试即采用 NGFS 情景工具包，覆盖欧元区 109 家银行 (资产占比 80%)。测试结果显示：在“无序转型”情景下，到 2030 年银行体系对高碳行业的信贷损失将达 1800 亿欧元，其中电力、钢铁行业的违约率分别上升 4.2 和 3.8 个百分点；若叠加“极端洪水”物理风险，总损失将增至 2300 亿欧元。基于此，欧盟央行要求高碳行业贷款占比超 5% 的银行，2024 年前需额外计提 1.5% 的资本缓冲。

2. S&P Global CRISIL 气候风险评估模型

标普全球旗下 CRISIL 开发的气候风险评估模型，以“企业信用评级与气候风险挂钩”为核心，整合物理风险与转型风险的量化评估，覆盖全球 150+行业、2 万家企业。其独特之处在于将气候风险转化为可直接应用的信用指标，如“气候风险调整后的违约概率”“信用评级下调幅度”等，便于金融机构在信贷审批、投资决策中使用。

模型的技术框架包含三层。底层是 200+气候变量数据库 (如极端天气频率、碳价预测)，中层是行业特异性传导模型 (如水泥行业的“碳成本-毛利率”弹性系数)，顶层是信用风险映射算法。以煤电企业为例，模型测算显示：在“2030 年碳价 150 美元/吨”情景下，企业平均 EBITDA 将下降 35%，信用评级从 BBB 降至 BB-的概率达 65%，对应的贷款违约率从 1.2% 升至 7.8%。

印度某国有银行应用该模型后，对高碳客户的贷款利率平均上浮 150BP，2023 年高碳行业不良贷款率较上年下降 0.8 个百分点。同时，模型输出的“气候风险得分” (0-100 分) 被纳入贷款审批系统，得分低于 40 分的客户需提供额外抵押品，此举使银行气候风险敞口缩减 20%。

3. Moody's Climate Risk Analytics (MCRA)

穆迪分析开发的 MCRA 工具，以“物理风险空间精细化建模”为核心竞争力，通过 1 公里×1 公里的空间分辨率，量化资产在飓风、洪水、野火等灾害下的损失概率。其数据层整合了 30 年历史灾害数据、卫星遥感影像与建筑结构参数，模型层采用 catastrophe modeling (巨灾模型) 技术，可模拟单一灾害的“强度-频率-损失”关系。

以美国飓风风险测试为例，MCRA 工具能精确到“某栋建筑在卡特里娜级飓风下的损失率”。位于佛罗里达州迈阿密海滩的某酒店，在“50 年一遇飓风”情景下，结构损坏概率为 35%，资产减值幅度达 22%；若风暴潮叠加海平面上升 0.3 米，损失率将升至 48%。该工具已被美国联邦应急管理局 (FEMA) 用于洪水保险定价，2023 年使保险赔付误差率从 18% 降至 9%。

欧洲某房地产投资信托 (REIT) 使用 MCRA 后，将旗下 12% 的高物理风险资产 (主要位于沿海地区) 剥离，同时对剩余资产增加防风防潮改造，2023 年飓风季实际损失较预期减少 60%。

表 16: 国际主流气候风险压力测试工具对比

工具名称	核心优势	典型客户	2023 年市场占有率	单次测试成本 (万美元)
NGFS 气候情景工具包	情景权威、覆盖宏观	各国央行、跨国银行	65%	50-500
S&PCRISIL 模型	信用风险关联度高	商业银行、资产管理公司	42%	30-300
Moody's MCRA	物理风险空间精度高	保险公司、房地产企业	38%	20-200
Goldman Sachs Climate Prime	资产估值模型精准	投资银行、私募股权基金	25%	100-1000

来源: Greenwich Associates 《2023 年气候风险管理工具市场报告》

4. Goldman Sachs Climate Prime

高盛开发的 Climate Prime 工具聚焦“气候风险对资产估值的影响”，核心模型包括碳成本内化模型、物理损失贴现模型与转型机遇评估模型，适用于股票、债券、不动产等多类资产。其创新点在于将 ESG 因子与传统估值模型深度融合，例如在 DCF 模型中加入“碳价波动率”作为风险溢价调整项。

在能源行业应用中，该工具测算显示：在“净零 2050”情景下，全球油气公司的平均估值将缩水 40%，但头部企业若将可再生能源投资占比提升至 30%，估值跌幅可收窄至 15%。某主权财富基金使用该工具调整投资组合，2023 年减持高碳资产 120 亿美元，增持低碳资产 80 亿美元，组合收益较基准指数高出 2.3 个百分点。

二、国内自主工具

中国气候风险压力测试工具的开发呈现“政策驱动、行业协同”的特点，央行、金融机构与科研院所联合攻关，形成了一批符合中国国情的工具成果，在数据适配性、场景针对性上具有显著优势。

1. 中国金融学会绿色金融专业委员会 (CGFS) 气候风险压力测试模型

由央行指导、CGFS 牵头开发的该模型，是国内首个覆盖“物理风险+转型风险”的综合性工具，2022 年纳入《金融机构气候风险压力测试指引》推荐工具清单。其核心特色是深度融合中国政策参数与区域气候特征，例如将“双碳”目标分解为省级碳强度下降指标，将长江流域、黄河流域的降水特征纳入物理风险模型。

模型的情景体系包含三类本土化情景。“政策达标情景”（严格落实国家碳达峰行动方案）、“加速转型情景”（2060 年前实现碳中和）、“区域极端情景”（如珠江流域 50 年一遇洪水）。以“政策达标情景”为例，2030 年全国碳价设定为 120 元/吨，煤炭消费比重降至 50% 以下，风光电装机占比达 35%。

某国有大行应用该模型开展的测试显示，在“加速转型情景”下，其钢铁行业贷款不良率将从 1.3% 升至 4.5%，需计提拨备 120 亿元；但同时，绿色信贷（如光伏、风电项目）的收益率将提高 1.2 个百分点，可部分对冲风险。基于此，该行制定“高碳行业贷款每年压降 5%、绿色信贷每年增长 20%”的目标。

2. 中证指数气候风险因子模型

中证指数公司 2023 年发布的该模型，专为 A 股上市公司设计，通过“行业碳强度+区域物理风险+转型敏感度”三维度评分，量化企业气候风险敞口。模型覆盖 3000+ 上市公司，输出“气候风险得分”（0-100 分），得分越低表示风险越高，其中高碳行业（如煤炭、钢铁）平均得分 38 分，低碳行业（如信息技术、新能源）平均得分 65 分。

模型的独特价值在于与资本市场联动，得分被纳入 ESG 指数编制（如中证沪深 300 气候风险筛选指数），并为量化投资提供因子数据。某公募基金基于该模型开发的“低碳优选基金”，2023 年收益率达 15%，跑赢同期沪深 300 指数 8 个百分点，其核心策略是减持得分低于 40 分的股票，增持得分高于 70 分的股票。

从企业应用看，某钢铁上市公司通过模型测试发现，其气候风险得分仅 32 分（主要因碳排放强度高、厂区位于暴雨风险区），据此启动“氢能炼钢改造+厂区防洪工程”，投资 50 亿元，预计 2025 年得分可提升至 55 分，融资成本下降 50BP。

3. 国家气候中心“区域气候风险评估系统”

国家气候中心开发的该系统，是国内物理风险测试的权威工具，整合了 1961 年以来的气象观测数据、IPCC 区域气候预测数据与地理信息系统，可生成省级、市级乃至县级的气候风险地图。系统提供“极端降水、高温热浪、干旱、海平面上升”四类物理风险的量化评估，输出“风险等级”（1-5 级，5 级最高）与“年度预期损失率”。

以广东省为例，系统评估显示，珠三角地区（广州、深圳、东莞）的极端降水风险等级为 4 级，年度预期损失率达 1.2%（即资产年均损失占比），主要集中在制造业与房地产业；粤北地区干旱风险等级为 3 级，对农业影响显著（预计玉米减产率 8%）。

广东省某市政府应用该系统后，调整城市规划，将高耗能工厂从珠三角迁至粤北（但避开干旱区），同时投资 80 亿元升级珠三角排水系统，使极端降水导致的内涝损失减少 40%。农业部门则根据干旱风险地图，指导农户调整种植结构，在风险等级 3 级以上区域改种耐旱作物，2023 年粮食减产幅度控制在 3% 以内。

表 17: 国内主流气候风险压力测试工具应用场景

工具名称	核心应用场景	数据特色	典型用户案例
CGFS 气候风险压力测试模型	银行信贷组合风险评估	融合“双碳”政策与省级数据	某国有大行绿色信贷调整
中证指数气候风险因子模型	上市公司风险披露与投资决策	A 股公司碳排放与地理数据	某公募基金低碳主题产品
国家气候中心区域评估系统	地方政府规划与农业风险管理	县级精度气候数据与地理信息	广东省城市规划调整
上海环境能源交易所碳价模型	碳市场参与方风险对冲	全国碳市场交易数据与政策预测	某发电企业碳配额管理

来源：中国金融学会绿色金融专业委员会《2023 年气候风险管理工具应用报告》

4. 上海环境能源交易所碳价模型

针对全国碳市场参与者开发的该模型，专注于转型风险中的碳价波动测试，通过“政策解读-供需预测-价格模拟”三步骤，预测不同情景下的碳价走势。模型纳入的核心参数包括年度碳排放配额总量、重点行业减排潜力、CCER（国家核证自愿减排量）供给量等。

在“2025 年全国碳市场覆盖八大行业”情景下，模型预测碳价将达 150-180 元/吨，较 2023 年上涨 80%；若出现“配额超发 10%”的情景，碳价可能回落至 100 元/吨。某火电企业应用该模型制定碳

配额管理策略：在碳价低于 120 元/吨时买入配额，高于 160 元/吨时卖出，2023 年通过碳市场交易获利 2.3 亿元，抵消了 60%的碳成本。

三、工具选择的决策框架

企业与金融机构在选择气候风险压力测试工具时，需构建“目标-资源-场景”三维决策框架，避免盲目跟风或工具错配。

第一步：明确测试目标

1. 若目标是合规披露（如满足 TCFD、SFDR 要求），优先选择 NGFS 工具包、CGFS 模型等与国际/国内标准对接的工具；
2. 若目标是资产配置调整（如减持高风险资产），可选择 Moody's MCRA（物理风险）、中证指数模型（转型风险）；
3. 若目标是战略转型规划（如新能源投资规模），建议使用 S&PCRISIL 模型（信用影响）、高盛 Climate Prime（估值影响）。

第二步：评估资源约束

1. 小型企业（年营收<10 亿元）：建议选择开源工具（如 NGFS 开源包）或轻量化工具（如敏感性分析模板），成本控制在 10 万元以内；
2. 中型企业（年营收 10-100 亿元）：可采用模块化工具（如购买中证指数模型的行业模块），预算 50-100 万元；
3. 大型企业（年营收>100 亿元）：推荐综合工具（如 Moody's MCRA+CGFS 模型），并组建专职团队（3-5 人），年投入 200-500 万元。

第三步：匹配行业场景

1. 高碳行业（能源、钢铁）：需同时覆盖转型风险（碳价、技术替代）与物理风险（极端天气对生产的影响），优先选择 S&PCRISIL+国家气候中心系统；
2. 金融行业：银行侧重信贷组合的转型风险（如 CGFS 模型），保险侧重保单组合的物理风险（如 Moody's MCRA）；
3. 区域型企业（如地方制造业）：重点关注本地物理风险，国家气候中心区域评估系统是最优选择。

某长三角地区的化工企业（年营收 50 亿元）的选择路径具有参考价值。其核心需求是“评估碳价上涨与本地洪水对工厂的影响”，资源预算 80 万元。最终选择“CGFS 模型（碳价模块）+国家气候中心区域系统（洪水模块）”的组合，测试发现，在“2030 年碳价 150 元/吨+10 年一遇洪水”情景下，年度损失将达 3.2 亿元，据此投资 15 亿元进行“碳捕集改造+厂房防洪升级”，使预期损失降至 0.8 亿元。

四、工具应用的性能评估

气候风险压力测试工具的有效性需通过“准确性、稳定性、可解释性”三大指标评估，避免因工具缺陷导致决策失误。

1. 准确性

指测试结果与实际风险的吻合度。可通过“回测”验证，即使用历史数据测试工具，看其能否准确预测已发生的风险事件。例如，用 2019 年数据输入 Moody's MCRA 工具，测试 2020 年 Hurricane Laura 对美国路易斯安那州的损失，若预测值与实际损失（约 190 亿美元）的偏差在 10%以内，则认为准确性达标。

2. 稳定性

指工具在参数微小变动时的结果波动程度。某银行测试显示，当碳价参数从 150 元/吨调整为 155 元/吨时，优质工具的不良率预测偏差应<0.1 个百分点，而劣质工具可能偏差>0.5 个百分点。稳定性不足的工具可能导致决策反复，增加管理成本。

3. 可解释性

指测试结果的逻辑透明度。金融监管机构通常要求工具“黑箱程度低”，即能清晰展示“风险因子→影响路径→最终结果”的传导链条。例如，NGFS 工具包的每个情景参数都附带详细的假设说明与文献引用，便于监管机构审核与企业理解。

国际绿色金融研究院 2023 年对 10 款主流工具的评估显示，NGFS 工具包在稳定性（92 分）与可解释性（90 分）上领先，Moody's MCRA 在准确性（88 分）上最优，国内 CGFS 模型的综合得分（85 分）已接近国际先进水平，但在参数精细化（如区域气候数据分辨率）上仍有提升空间。

气候风险压力测试工具的发展正从“国际引进”向“自主创新”转型，国内工具在贴合中国政策、适配区域特征上的优势日益凸显。未来，随着数据共享机制的完善（如全国气候风险数据库建设）与技术的迭代（如 AI 算法优化），国内工具的性能将进一步提升，为中国企业与金融机构的气候风险管理提供更精准的支撑。

第四节 行业实践案例

一、银行业：应对信贷组合转型风险

银行业作为资金中介，其信贷资产直接暴露于高碳行业与气候脆弱领域，气候风险压力测试已成为优化信贷结构、防控金融风险的核心工具。国际国内银行通过差异化的测试设计与结果应用，形成了可复制的实践经验。

案例 1: 汇丰银行 (HSBC) 2023 年高碳行业信贷组合测试

汇丰银行作为全球资产规模前十大的跨国银行，其信贷组合覆盖 100+ 国家，高碳行业（能源、钢铁、化工）贷款余额达 3200 亿美元，占总贷款的 18%。为应对欧盟“可持续金融信息披露条例”（SFDR）的合规要求，该行采用 NGFS “无序转型” 情景与 S&PCRSIL 模型，开展了覆盖 2023-2030 年的压力测试。

测试设计：

- 核心情景：2030 年全球碳价升至 200 美元/吨（较 2023 年上涨 150%），煤电、钢铁行业产能分别削减 60%、40%，可再生能源占比达 40%。
- 测试对象：1200 家高碳客户（贷款余额占高碳组合的 75%），重点监测指标包括违约概率（PD）、违约损失率（LGD）、不良贷款率（NPL）。
- 数据支撑：整合客户碳排放数据（来自 CDP 披露）、行业减排成本曲线（IEA 数据）、区域气候政策（如欧盟碳边境税）。

测试结果：

- 整体影响：在“无序转型”情景下，高碳行业贷款不良率将从 2023 年的 1.2% 升至 2030 年的 5.8%，预期损失达 180 亿美元，资本充足率下降 0.8 个百分点。
- 行业分化：煤电行业违约概率从 2.5% 升至 18%（涨幅最大），钢铁行业因技术替代（氢能炼钢）较慢，不良贷款率达 7.2%，化工行业因部分产品可循环利用，风险相对较低（不良率 4.5%）。
- 区域差异：欧盟地区高碳贷款损失率（6.5%）高于全球平均水平，主要因碳政策更严格；新兴市场（如印度、东南亚）因转型延迟，2035 年后风险敞口将扩大。

应对措施：

- 信贷政策调整：对煤电行业实施“授信限额管控”，2030 年前贷款余额缩减 50%；钢铁行业贷款需附加“减排承诺条款”（如 2025 年碳排放强度下降 30%）。

- 定价机制优化：高碳客户贷款利率平均上浮 100-300BP，碳足迹低于行业均值的客户可享受利率优惠（下浮 50BP）。
- 绿色转型支持：设立 200 亿美元“低碳转型基金”，为客户提供节能改造贷款（如钢铁企业氢能改造），利率较普通贷款低 150BP。

实施成效：2023 年汇丰银行高碳行业贷款余额较上年下降 8%，绿色信贷（如风电、光伏）增长 25%，经气候风险调整后的资产收益率提升 0.3 个百分点。

案例 2: 中国某股份制银行“区域+行业”双维度测试

针对国内“双碳”目标与区域气候差异，该银行选取长三角地区（贷款占比 35%）开展试点，采用 CGFS 模型与国家气候中心区域评估系统，测试“政策达标+极端降水”复合情景对信贷组合的影响。

测试设计：

- 情景参数：2030 年全国碳价 120 元/吨，长三角极端降水频率增加 50%（50 年一遇），重点覆盖制造业（30%）、房地产（25%）、基础设施（20%）三大行业。
- 数据特色：融入地方政策（如上海碳配额试点、江苏钢铁行业超低排放要求）、区域气象数据（近 30 年长江流域降水极值）。

测试结果：

- 转型风险：长三角制造业贷款（以化工、纺织为主）在碳价 120 元/吨情景下，净利润平均下降 18%，不良率从 1.5% 升至 3.8%。
- 物理风险：沿海城市（如上海、宁波）房地产抵押贷款因洪水风险，违约率上升 2.3 个百分点，其中一楼商铺抵押品减值达 20%。
- 协同影响：极端降水导致工厂停产（平均 15 天/年），叠加碳成本上升，部分中小企业（年营收 <1 亿元）违约概率超 20%。

应对措施：

- 区域信贷限额：将长三角高碳制造业贷款占比从 20% 降至 2025 年的 15%，优先支持低碳项目（如新能源汽车零部件）。
- 抵押品管理：对沿海地区房地产抵押品实施“海拔分级估值”，海拔低于 5 米的房产抵押率下调 10 个百分点。
- 银政合作：与长三角生态绿色一体化发展示范区共建“气候风险共担基金”，对受极端天气影响的企业提供贷款展期，政府与银行各承担 50% 损失。

二、能源行业：平衡转型与物理风险

能源行业是气候风险的“双重承压者”：既面临转型风险（化石能源替代），又受物理风险（极端天气对设施的破坏）冲击，压力测试结果直接影响其投资决策与资产配置。

案例 1：壳牌 (Shell) 全球油气资产搁浅风险测试

作为国际油气巨头，壳牌 2023 年启动“净零情景下资产价值评估”，采用高盛 Climate Prime 工具与 Moody's MCRA 模型，测试不同温控目标对资产组合的影响。

测试设计：

- 核心情景：IPCC 的 1.5°C 情景（2050 年全球净零）、2°C 情景（2070 年净零），重点评估油气田、炼油厂的搁浅风险。
- 关键参数：油气需求峰值时间（1.5°C 情景下为 2025 年）、碳捕集成本（2030 年降至 40 美元/吨）、极端天气对海上平台的破坏概率。

测试结果：

- 资产搁浅规模：在 1.5°C 情景下，壳牌现有油气资产中 35% 将在 2030 年前失去经济价值（搁浅损失约 1200 亿美元），主要为高成本页岩油、重油项目。
- 区域风险：加拿大油砂项目因碳排放强度高（30kgCO₂/桶），搁浅概率达 80%；北海油田因开发成本低、可结合碳捕集，搁浅风险降至 20%。
- 物理风险叠加：飓风对墨西哥湾海上平台的年度损失率在 2°C 情景下将达 3%（当前 1.2%），2050 年后可能导致部分平台提前退役。

应对措施：

- 资产剥离：2023-2025 年计划出售高碳资产（如加拿大油砂），预计回收资金 300 亿美元，用于新能源投资。
- 投资转向：将可再生能源投资占比从 2023 年的 15% 提升至 2030 年的 40%，重点布局风电（尤其是海上风电）、氢能产业链。
- 技术对冲：在炼油厂配套碳捕集设施（如荷兰鹿特丹炼厂），预计可降低碳排放 40%，延长资产寿命 10 年。

案例 2：中国某央企光伏电站物理风险测试

针对西北地区光伏电站受极端天气（高温、沙尘暴）影响显著的特点，该企业采用国家气候中心区域评估系统与敏感性分析法，测试不同情景下的发电效率与资产损失。

测试设计：

- 情景设定：高温情景（年平均气温上升 2°C）、沙尘暴频率增加情景（每年影响天数从 15 天增至 30 天），覆盖 12 座光伏电站（总装机 2GW）。
- 数据支撑：电站历史运维数据（2015-2022 年）、区域气象站观测数据、组件耐候性参数（厂商提供）。

测试结果：

- 高温影响：光伏组件工作温度每升高 1°C，转换效率下降 0.35%，在“气温上升 2°C”情景下，年发电量减少 2.1%，收入损失约 4000 万元。
- 沙尘暴影响：覆盖率每增加 10%，发电效率下降 8%，若每年影响天数增至 30 天，年损失达 1.2 亿元，组件清洁成本增加 3000 万元。
- 叠加效应：两种风险叠加时，总损失率达 5.8%（单独高温 1.8%+单独沙尘暴 3.2%），呈现非线性放大。

应对措施：

- 技术改造：在电站加装“智能降温系统”（投资 500 万元），可降低组件温度 3°C，减少发电量损失 60%；采用抗风沙组件（透光率提升 5%），适应西北地区气候。
- 保险对冲：购买“气象指数保险”，覆盖高温、沙尘暴导致的发电量损失，保费约 200 万元/年，可转移 70% 风险。
- 布局优化：新建电站优先选择气候适应性更强的区域（如甘肃、青海），避开沙尘暴高发区（如内蒙古部分地区）。

三、保险业：量化极端天气下的赔付压力

保险业是气候风险的直接承受者，物理风险压力测试对其产品定价、准备金计提、业务布局至关重要。国际领先保险公司通过精细化建模，提升风险定价能力与偿付能力。

案例：法国安盛 (AXA) 全球巨灾保险组合测试

安盛作为全球最大保险集团之一，2023 年巨灾保险保费收入达 280 亿欧元，覆盖飓风、洪水、野火等 10+ 灾害类型。为应对赔付率上升压力（2020-2023 年平均赔付率 68%，较 2010-2019 年上升 12 个百分点），采用 Moody's MCRA 工具与自有巨灾模型，开展全球范围的压力测试。

测试设计：

- 情景矩阵：包括“百年一遇单一灾害”（如卡特里娜级飓风、中国长江流域特大洪水）、“多灾种并发”（如美国西部野火+东海岸飓风）、“长期气候趋势”（海平面上升 0.5 米）三类情景。
- 数据维度：整合 30 年全球灾害数据库（瑞士再保险 Sigma 报告）、卫星遥感的资产暴露数据（如美国佛罗里达沿海房产数量）、建筑抗灾标准（如日本抗震等级）。

测试结果：

- 单一灾害峰值损失：百年一遇飓风对美国的赔付金额可达 350 亿欧元（占年保费的 125%），中国长江流域洪水的赔付约 180 亿欧元（主要为财产险）。
- 多灾种叠加：2030 年若同时发生“欧洲热浪+印度洪水”，总赔付将达 220 亿欧元，偿付能力充足率下降 15 个百分点。
- 长期趋势影响：到 2050 年海平面上升 0.5 米，全球沿海财产险赔付将年均增加 40 亿欧元，其中美国、孟加拉国、荷兰是高风险区。

应对措施：

- 保费定价调整：沿海地区财产险保费平均上调 15-30%，根据海拔高度实行“阶梯定价”（海拔低于 3 米的房产保费翻倍）。
- 业务区域优化：缩减飓风高发区（如美国佛罗里达）的高风险业务（占比从 18% 降至 10%），增持气候韧性较强的市场（如北欧）。
- 产品创新：推出“气候韧性保险”，覆盖灾后建筑升级（如安装防洪挡板）的费用，2023 年该产品保费收入达 15 亿欧元。
- 再保险安排：将 30% 的巨灾风险通过再保险转移，2023 年再保险支出增加 20 亿欧元，但降低了单一灾害的偿付压力。

实施成效：2023 年安盛巨灾保险赔付率降至 62%，较上年下降 6 个百分点，气候风险调整后的利润率提升 1.2 个百分点。

四、农业与食品行业：物理风险下的供应链韧性

农业对气候波动高度敏感，极端天气直接影响产量与品质，压力测试帮助企业调整种植结构、优化供应链布局。

案例：中国某粮油集团全球供应链风险测试

该集团在巴西、美国、乌克兰拥有 1000 万亩种植基地，年加工粮食 5000 万吨，采用国家气候中心区域评估系统与敏感性分析法，测试“极端干旱+洪涝”对大豆、玉米供应链的影响。

测试设计：

- 情景参数：巴西大豆主产区干旱（减产 30%）、美国玉米主产区洪涝（减产 25%），时间跨度覆盖种植季（3-9 月）。
- 数据支撑：卫星遥感的作物长势数据（NASAMODIS）、历史产量与气象关联分析（近 20 年数据）、物流中断概率（如港口因洪水关闭）。

测试结果：

- 产量损失：巴西大豆在干旱情景下减产 30%，导致全球大豆价格上涨 20%，集团采购成本增加 15 亿元；美国玉米减产 25%，饲料加工业务利润下降 40%。
- 物流中断：巴西巴拉那河因干旱水位下降，货船装载量减少 30%，运输成本上升 50%，交货周期延长 15 天。
- 替代成本：转向阿根廷采购大豆，因品质差异导致加工成本增加 8%，且面临汇率波动风险。

应对措施：

- 种植布局调整：在巴西增加耐旱大豆品种种植（占比从 20% 升至 50%），在美国玉米基地建设排水系统（投资 2 亿元），降低洪涝损失。
- 供应链多元化：将乌克兰采购比例从 30% 降至 15%，增加阿根廷、加拿大的采购量，分散区域风险。

- 期货对冲：提前签订大豆期货合约（覆盖 50%的采购量），锁定价格波动风险，2023 年通过期货交易获利 3 亿元，抵消部分成本上涨。
- 保险组合：为巴西基地购买“干旱指数保险”，保费 8000 万元/年，赔付触发条件为降水量低于历史均值的 70%，可覆盖 60%的产量损失。

从上述跨行业案例可提炼出气候风险压力测试的共性经验与最佳实践。

表 18：主要行业气候风险压力测试核心参数对比

行业	核心风险类型	常用工具	关键测试指标	典型应对措施
银行业	转型风险为主	NGFS 工具包、CGFS 模型	不良贷款率、资本充足率	信贷限额、利率定价调整
能源行业	转型+物理风险	Climate Prime、MCRA	资产搁浅规模、发电效率	资产剥离、新能源投资
保险业	物理风险为主	MCRA、自有巨灾模型	赔付率、偿付能力充足率	保费上调、再保险转移
农业	物理风险为主	国家气候中心系统	产量损失率、采购成本	品种改良、供应链多元化

来源：根据各行业案例及《央行与监管机构绿色金融网络（NGFS）行业应用报告》（2024）整理

第一，情景设计需兼顾“国际基准+本土特色”。国际机构（如汇丰、安盛）以 NGFS、IPCC 情景为基础，国内企业（如股份制银行、粮油集团）则结合“双碳”目标与区域气候特征，确保测试结果的政策适配性。

第二，数据整合是测试精准度的核心。成功案例均依赖多维度数据：企业内部数据（如信贷台账、资产坐标）、第三方数据（如 CDP 碳排放、卫星遥感）、行业数据（如减排成本曲线、抗灾标准），数据质量直接决定结果可靠性。

第三，结果应用需穿透至业务决策。从汇丰的信贷限额到壳牌的资产剥离，从安盛的保费定价到粮油集团的种植调整，优秀实践均将测试结果转化为具体措施，并设置 KPI 跟踪（如高碳贷款缩减比例、新能源投资进度）。

第四，工具选择应匹配行业风险特征。转型风险突出的行业（银行、能源）侧重 NGFS、CRISIL 等工具，物理风险主导的行业（保险、农业）优先选择 MCRA、区域气候评估系统，避免“一刀切”。

这些案例表明，气候风险压力测试已从“合规工具”进化为“战略赋能工具”，其价值不仅在于风险防控，更在于帮助企业识别绿色转型机遇，在气候危机中构建竞争优势。

第五节 挑战与优化建议

气候风险压力测试在全球范围内的应用虽已取得阶段性进展，但实践中仍面临数据壁垒、模型局限、人才缺口等多重挑战。这些问题相互交织，制约了测试结果的精准度与应用价值，亟需系统性破解。

一、数据壁垒：从采集到应用的全链条梗阻

气候风险压力测试对数据的广度、精度与时效性要求极高，而当前数据供给体系存在显著短板，形成了“采集难、整合难、应用难”的三重困境。在基础数据精度方面，全球约 30%的区域（主要集中在非洲、中亚）缺乏高精度气象观测站，导致极端天气概率测算误差高达 20%-30%，正如世界气象组织（WMO）2023 年报告所指出的，撒哈拉以南非洲的暴雨数据分辨率仅为 50 公里×50 公里，难以支撑县级级的洪水风险测试；企业数据层面，ESG 信息披露不规范问题突出，CDP2023 年全球报告显示，仅 45%的上市公司能提供对产业链气候风险评估至关重要的 Scope3 碳排放数据（涵盖供应链间接排放）。

跨领域数据割裂进一步加剧了数据困境，气候数据（气象部门）、经济数据（统计部门）、企业数据（市场主体）分属不同体系，缺乏有效的共享机制。以中国某省级银行为例，其在开展区域压力测试时，仅获取“某市制造业企业碳排放+厂区海拔高度+历史洪水损失”的关联数据，就需对接生态环境、自然资源、应急管理 5 个部门，数据整合耗时超 3 个月，且因格式不兼容，有 30%的数据无法直接使用。此外，数据时效性滞后问题同样突出，物理风险数据（如海平面上升预测）通常基于 IPCC 五年一度的评估报告，难以及时反映气候系统的最新变化；转型风险数据（如碳价、技术成本）的更新频率也无法满足动态测试需求，例如 2023 年欧洲碳市场碳价波动幅度达 80%（从 60 欧元/吨升至 110 欧元/吨），但多数机构的测试模型仍沿用年初参数，导致结果与市场实际偏差较大。

二、模型局限：非线性与不确定性的双重挑战

气候风险的复杂性远超传统金融风险，现有模型难以完全捕捉其非线性传导与系统性影响，导致测试结果的参考价值大打折扣。首先是风险传导机制刻画不足，气候风险与经济系统的互动存在“蝴蝶效应”，诸如“北极冰盖融化→欧亚寒潮→能源需求激增→碳价波动”的链式反应，现有模型对这类跨圈层传导的模拟准确率不足 60%。斯坦福大学能源建模论坛（EMF）2023 年对比研究也印证了这一问题，10 家机构对“碳价上涨 100 美元/吨对全球 GDP 的影响”的测算结果差异达 3 倍（从下降 1.2%到下降 3.8%），核心原因在于对能源替代弹性、技术扩散速度等关键参数的假设不同。

极端情景外推失真也是模型面临的重要瓶颈，压力测试常需模拟“千年一遇”等极端情景，但历史数据的稀缺性导致模型外推存在巨大不确定性，美国联邦应急管理局（FEMA）2023 年就承认，其飓风损失模型对“卡特里娜级以上”飓风的赔付测算误差达 50%，根源在于这类事件在历史记录中仅出现过 3 次，难以支撑模型校准。此外，区域适配性不足问题显著，国际主流模型（如 NGFS 工具包）的参数设置以欧美经济体为基准，对发展中国家的特殊国情考虑不足。中国某能源企业使用国际模型测试煤电资产搁浅风险时便发现，模型默认“2030 年风光电度电成本降至 0.03 美元”，但该假设未考虑中国西北地区的土地成本与输电损耗，导致对煤电替代速度的预测偏差达 40%。

三、人才缺口：跨学科复合能力的供给短缺

气候风险压力测试需要具备“气候科学+金融建模+行业知识”的跨界复合型人才，但当前全球范围内这类人才的缺口达 70%，严重制约了测试的深入开展。一方面，人才知识结构存在明显单一化问题，金融机构的风险管理团队多擅长传统信用风险模型，却缺乏气候系统动力学知识，难以理解“RCP 情景与碳循环的关联”；而气候科学家又对 VaR、压力测试传导路径等金融工具了解有限。某国际咨询公司 2023 年调研显示，全球仅 15% 的银行设有专职气候风险团队，且其中 60% 的成员无气候科学背景。

另一方面，行业实践经验极度匮乏，气候风险压力测试在国内的应用历史不足 5 年，尚未形成成熟的人才培养体系。高校层面，仅清华大学、中国人民大学等 10 余所高校开设气候金融相关课程；企业层面，内部培训多侧重政策解读，缺乏模型实操训练。中国金融学会绿色金融专业委员会 2023 年报告指出，国内金融机构中能独立设计气候情景的专家不足 200 人，人才供给短缺问题亟待解决。

表 19：气候风险压力测试主要痛点及影响程度

痛点类型	具体表现	对测试结果的影响程度	行业分布差异
数据壁垒	精度不足、跨域割裂、时效滞后	高（误差率 20%-30%）	农业、保险业受影响最大
模型局限	传导机制缺失、极端情景失真	中高（误差率 15%-25%）	能源、银行业受影响较大
人才缺口	跨学科能力不足、实践经验匮乏	中（误差率 10%-15%）	全行业普遍存在

来源：根据《2023 年全球气候风险管理现状报告》（Cambridge Institute for Sustainability Leadership）整理

针对气候风险压力测试的现存痛点，全球领先经济体已探索形成一批可复制、可推广的实践经验，为破解瓶颈提供了重要参考。

欧盟通过制度创新破解数据壁垒，其依托《数字市场法案》建立强制性气候相关数据披露机制，明确要求气象机构、企业主动披露气候数据，并搭建“欧洲气候数据门户”，整合全球 100 多个国家的气候与经济数据资源，向公众免费开放。尤为关键的是，该门户设置标准化 API 接口，支持企业直接调用数据嵌入测试模型，大幅提升数据应用效率，使数据准备时间缩短 80%，有效解决了“数据整合难、应用难”的问题。

英国借助“监管沙盒”推动技术创新，由英国金融行为监管局（FCA）专门设立“气候风险模型沙盒”，为金融机构提供创新模型测试的安全环境。在沙盒框架下，监管部门不仅为机构提供精准数据支持，还全程开展合规指导，降低创新试错成本。例如某银行通过沙盒测试优化转型风险模型，成功将计算效率提升 3 倍，提前 6 个月实现商用，为模型迭代升级提供了高效路径。

新加坡聚焦人才缺口推进能力建设，由新加坡金融管理局（MAS）与南洋理工大学深度合作，推出“气候风险管理人才计划”。该计划采用“3 个月理论+3 个月实操”的带薪培训模式，结业后授予专业资格证书，已成功培养 1000 余名具备跨学科能力的专业人才。这一举措显著提升了当地金融机构的气候风险管控能力，使新加坡银行的气候风险测试覆盖率从 2020 年的 30% 大幅提升至 2023 年的 90%。

这些经验充分表明，气候风险压力测试的优化提升并非单一主体能完成，需政府、市场、科研机构协同发力。通过制度创新破解数据与监管障碍、技术创新提升模型效能、模式创新强化人才供给，才能系统性突破现存瓶颈，让气候风险压力测试充分发挥其在气候风险管理中的核心工具作用。

第六节 未来发展趋势

一、全球气候风险压力测试的发展方向

随着气候变化加剧与低碳转型加速，气候风险压力测试正从“自愿性探索”向“强制性规范”演进，其技术框架、应用场景与治理体系将呈现三大趋势，推动工具价值向纵深拓展。

趋势一：监管框架从“分散化”向“全球协同”升级

当前各国气候风险压力测试监管呈现“区域差异显著”特征：欧盟通过 SFDR、CRDV 构建了最严格的强制测试体系，要求 2025 年前所有金融机构完成全资产组合测试；美国采取“试点+逐步推广”模式，2024 年将测试范围从 6 家大行扩大至 30 家区域银行；中国以“政策指引+地方试点”为主，2022 年《金融机构气候风险压力测试指引》奠定了制度基础，但强制覆盖范围仍限于系统重要性金融机构。

未来 5 年，全球监管协同将成为核心方向。央行与监管机构绿色金融网络（NGFS）计划 2025 年发布《全球气候风险压力测试统一标准》，涵盖情景设计、模型参数、披露要求三方面，推动测试结果的跨境可比性。据 NGFS2024 年测算，统一标准后，跨国银行的测试成本可降低 30%，跨境投资的气候风险评估效率提升 50%。

表 20：主要经济体气候风险压力测试监管进展对比

经济体	强制测试范围	核心监管要求	披露频率	2025 年规划目标
欧盟	所有银行、保险公司、资管公司	需覆盖物理+转型风险，结果纳入资本充足率	年度	建立跨境测试结果互认机制
美国	系统重要性银行（资产>1000 亿）	聚焦能源、房地产行业，2024 年扩大至 30 家	半年度	将测试结果与美联储 StressTest 融合
中国	系统重要性银行、央企	按《指引》开展年度测试，地方试点扩围	年度	2025 年覆盖所有城商行、省级国企
新加坡	所有持牌金融机构	采用 MAS 情景包，需提交风险缓释方案	季度	2026 年前实现与东盟国家测试协同

来源：根据 NGFS《2024 年全球气候监管进展报告》整理

趋势二：技术框架从“单一静态”向“动态智能”迭代

传统压力测试以“年度静态评估”为主，难以捕捉气候风险的快速演化。未来技术框架将呈现三大突破。

实时动态测试成为可能。物联网与卫星遥感技术的普及，使气候数据采集频率从“年度”提升至“小时级”。例如，欧盟“气候监测卫星星座”（由 6 颗卫星组成）2024 年投入使用后，可实时监测全球碳浓度、地表温度与极端天气，为动态测试提供数据支撑。某欧洲能源公司基于实时数据开发的“碳价-发电成本”动态模型，能每小时更新一次风险评估，较传统年度测试的响应速度提升 8760 倍。

人工智能深度赋能模型优化。机器学习算法将主导风险传导路径的挖掘，例如谷歌 DeepMind 与英国巴克莱银行合作开发的“气候风险图谱”模型，通过分析 10 亿+条历史数据，识别出“厄尔尼诺现象→秘鲁渔场减产→欧洲海鲜价格上涨→食品加工企业违约”的隐性传导链，这类跨行业关联的捕捉准确率较传统模型提高 45%。

数字孪生技术实现全场景模拟。构建经济系统的数字镜像，同步映射气候风险的实时影响。新加坡“数字新加坡”项目已为全国 1000 座建筑建立数字孪生体，在“海平面上升 0.5 米+暴雨”情景下，

可模拟出每栋建筑的积水深度、电力中断时长与资产损失，测试精度达厘米级，为城市气候韧性规划提供决策依据。

趋势三：应用场景从“金融领域”向“全经济覆盖”拓展

气候风险压力测试的应用正突破金融机构范畴，向实体企业、公共部门延伸，形成“全价值链覆盖”格局。

实体企业将测试纳入战略管理。全球 500 强企业中，78%计划 2025 年前将气候风险压力测试结果纳入董事会决策（据德勤 2023 年调研）。例如，丰田汽车通过测试发现，在“2030 年全球电动车渗透率 60%”情景下，其传统燃油车生产线将闲置 40%，据此加速“油电混线改造”，投资 50 亿美元将 10 条生产线升级为柔性制造系统，可同时生产燃油车、电动车与氢能源车，转型成本降低 35%。

公共部门用于政策有效性评估。政府将压力测试作为政策制定的“预演工具”，例如印度政府使用气候风险模型测试“全国碳市场扩容方案”，在“2030 年碳价 100 美元/吨”情景下，发现钢铁行业就业将减少 12 万人，但可再生能源行业可新增 25 万个岗位，据此配套出台“转型就业培训计划”，拨款 10 亿美元用于工人技能重塑。

区域经济韧性规划的核心工具。城市与区域政府通过测试优化基础设施投资。例如，荷兰鹿特丹港的“气候韧性测试”显示，若 2050 年海平面上升 0.8 米，港口年损失将达 12 亿欧元，据此调整扩建计划，增加 30%投资用于防洪堤加高与排水系统升级，使风险损失降低至 3 亿欧元/年。

二、区域实践的差异化路径与协同潜力

不同发展阶段的经济体因气候风险特征、产业结构与技术能力的差异，将形成差异化的测试发展路径，但跨境协同的潜力巨大，可通过经验共享与技术合作加速能力建设。

发达经济体：引领技术创新与标准输出

欧美、日韩等发达经济体凭借技术积累与监管先行优势，将聚焦“模型精细化”与“全球协同”。

美国：重点发展“物理风险-金融市场”耦合模型，美联储计划 2026 年前将气候风险纳入银行“压力测试（CCAR）”体系，要求银行在测试中同时考虑“飓风导致的房贷违约”与“碳价上涨引发的能源债抛售”的协同影响。其技术突破点在于“极端天气对金融市场流动性的冲击模拟”，某投行模型显示，五级飓风可能导致美国高收益债市场单日交易量萎缩 40%，流动性溢价上升 150BP。

欧盟：推动“全生命周期测试”，要求企业从项目立项到退役全程开展气候风险评估。例如，德国西门子在风电项目开发中，通过测试发现“2050年极端风速增加10%”将导致机组维护成本上升20%，据此在设计阶段增加叶片强度，虽初始投资增加5%，但全生命周期收益提高12%。欧盟同时主导国际标准制定，2025年将推动ISO发布《气候风险压力测试指南》，推广其“情景矩阵+披露模板”的方法论。

日本：侧重“多灾种叠加测试”，针对地震、海啸与气候变化的协同风险，开发“复合灾害模型”。东京海上日动保险公司的测试显示，在“南海海沟地震+海平面上升0.3米”情景下，日本沿海地区的保险赔付将达800亿美元，是单一地震情景的2.3倍，据此调整保费定价，沿海地区财产险费率平均上调25%。

新兴经济体：聚焦“实用化”与“能力建设”

发展中国家受限于数据与技术短板，将以“解决实际问题”为导向，探索低成本、易推广的测试方案：

中国：推进“区域特色+行业聚焦”的测试路径，在长三角、粤港澳大湾区开展“台风+高温+碳价”复合情景测试，同时针对煤电、钢铁等重点行业开发标准化测试模板。国家发改委2024年发布的《重点行业气候风险测试指南》，为煤电企业提供“碳成本-发电小时数-资产减值”的简易测算工具，企业只需输入基础参数即可生成测试报告，使用成本控制在1万元以内。

印度：优先解决“农业与普惠金融”的气候风险测试，印度储备银行(RBI)为农村信用社开发“季风变异压力测试工具”，输入降雨量、作物类型与贷款金额后，可自动计算违约概率。试点显示，该工具使农村小额贷款的不良率预测误差从22%降至9%，2025年将推广至全国60万家信用社。

巴西：聚焦“热带雨林保护与经济发展”的平衡测试，巴西央行测试发现，在“亚马逊雨林砍伐率降低50%”情景下，虽然农业短期收益减少8%，但生态旅游与碳汇交易可新增12%的GDP，据此出台“雨林保护信贷优惠政策”，对符合环保标准的企业贷款贴息3个百分点。

跨境协同：南南合作与南北对话的潜力

气候风险的全球性决定了测试能力建设需要国际合作。

技术转移与能力共建：发达国家向发展中国家共享测试工具与数据，例如法国开发的“非洲气候风险模型”（含干旱、洪水模块）免费向非洲国家开放，已帮助肯尼亚、埃塞俄比亚等国将农业风险测试误差从30%降至18%。

跨境项目联合测试：“一带一路”沿线国家开展基础设施项目的联合测试，中老铁路项目通过中老两国气象部门的数据共享，测试出“湄公河流域极端降水”可能导致铁路中断15天/年，据此增加桥梁防洪等级，投资增加10%但运营期损失减少60%。

全球风险数据库建设：联合国环境规划署(UNEP)牵头建设“全球气候风险数据库”，整合195个国家的历史灾害、碳排放与经济数据，2024年已上线beta版，支持100+国家的免费查询，预计使发展中国家的测试数据准备时间缩短50%。

三、关键技术突破与产业影响

未来5-10年，气候风险压力测试的技术突破将重塑产业竞争格局，推动高碳行业加速转型，催生绿色金融新生态。

突破点一：碳足迹追踪技术重构测试颗粒度

区块链与物联网的结合，使产品全生命周期碳足迹的追踪精度从“企业级”提升至“单品级”，为微观测试提供数据基础。例如，沃尔玛与IBM合作开发的“食品碳足迹区块链”，可记录每包牛肉从牧场到超市的碳排放（包括饲料、运输、冷藏），精度达0.1吨CO₂。基于该数据，超市可测试“碳价100美元/吨”情景下不同品类食品的利润变化，据此调整采购策略，低碳食品占比从2023年的15%提升至2025年的40%。

对制造业而言，单品级碳足迹测试将推动“碳成本内化”，某汽车厂商通过测试发现，其某款燃油车的全生命周期碳排放为25吨CO₂，在“2030年碳价150美元/吨”情景下，碳成本达3750美元，远超电动车（10吨CO₂，碳成本1500美元），据此加速停产燃油车，电动车型占比从2023年的20%提升至2025年的60%。

突破点二：极端气候预测技术提升物理风险测试能力

超级计算机与人工智能的结合，使极端天气预测时效从“7天”延长至“3个月”，且准确率提升30%。美国NOAA（国家海洋和大气管理局）2024年部署的“气候超级计算机”（算力达100PFLOPS），可提前90天预测飓风路径与强度，某再保险公司利用该数据优化测试模型，飓风赔付预测误差从25%降至12%，2024年再保险成本降低18%。

对农业而言，中长期预测技术使种植结构调整更精准。中国农业科学院开发的“作物气候风险预警系统”，可提前3个月预测主产区降水与温度，某小麦种植合作社据此测试不同品种的收益：在“2025

年灌浆期高温”情景下，耐旱品种亩产损失 8%，普通品种损失 25%，据此调整种植结构，耐旱品种占比从 30%升至 70%，预计增收 1200 万元。

突破点三：绿色金融产品与测试结果深度绑定

气候风险压力测试结果将成为绿色金融产品定价的核心依据，催生“风险分层定价”机制。

绿色信贷：银行根据企业测试结果设定利率，某国有银行规定，气候风险得分（0-100 分） ≥ 80 的企业可享受基准利率下浮 10%， < 40 的企业利率上浮 50%，2024 年该机制使绿色信贷不良率较普通贷款低 1.2 个百分点。

气候债券：发行主体需披露测试结果，投资者根据风险等级要求收益补偿。例如，某沿海城市发行的“防洪债券”，测试显示在“50 年一遇洪水”情景下违约概率 2%，据此票面利率较普通市政债高 150BP，2024 年发行即获超额认购。

保险-linked securities (ILS)：将巨灾风险通过证券化转移，测试结果决定发行规模。瑞士再保险 2024 年发行的“全球洪水 catastrophe bond”，基于 100 年一遇洪水测试结果，发行规模 5 亿美元，触发赔付的损失阈值设定为 20 亿美元，为 10 个国家的洪水风险提供保障。

表 21：气候风险测试对主要行业的影响预测

行业	技术突破点	2030 年产业变化预测	风险测试应用场景
能源	碳捕集成本实时测算	煤电装机占比从 30% 降至 15%，风光电占比超 50%	资产搁浅风险测试指导产能退出
制造业	单品碳足迹追踪	低碳产品溢价率达 10%-20%，高碳产品市场份额萎缩	碳成本测试优化产品组合
农业	中长期气候预测	耐旱作物种植面积扩大 40%，区域种植结构优化	产量损失测试指导品种选择与保险购买
房地产	海平面上升动态模拟	沿海高风险区域开发量减少 30%，绿色建筑占比超 60%	资产减值测试指导项目选址与设计
金融	风险定价模型与测试融合	气候风险溢价成为信贷、债券定价的标配	测试结果决定利率、保额与发行规模

来源：根据《2024 年全球气候技术与产业趋势报告》（世界经济论坛）整理

第五章 气候情景分析

气候情景分析是衔接气候科学与金融决策的关键工具，它通过构建不同排放路径下的未来气候图景，为市场主体与政策制定者提供风险预判的依据。

第一节 气候情景分析概览

气候情景分析是气候风险管理的核心工具之一，用于预测未来气候变化对经济、社会和生态系统的潜在影响，并制定适应性或减缓性策略。其核心是通过构建不同的温室气体排放路径和社会经济发展情景，模拟气候系统的响应机制，评估风险的范围和强度。

气候情景方案的应用范围广泛，包括压力测试、风险评估、战略规划和投资决策等。例如，金融机构可以利用这些情景评估其投资组合在不同气候路径下的表现、贷款组合在气候突变下的损失概率（如沿海房产抵押品贬值），监管机构则可以用其评估金融系统对气候风险的脆弱性、量化不同减排路径的经济成本（如碳价 300 美元/吨对工业的影响）。

气候情景可以根据其目的和应用领域进行分类，气候情景大体上可以分为两类。物理情景关注气候变化引起的地球物理系统影响模式，例如温度、海平面上升等，通常用于评估气候变化对环境的影响。转型情景关注不同政策、能源和经济路径对气候的影响，例如不同政策下的温室气体排放和减排路径。

气候情景的创设方式通常包括直接采用公开情景、在公开情景的基础上优化以及自行拟定三种方式。其中，选择前两种方式设计气候情景的机构较多。主流的公开情景框架来源于联合国政府间气候变化专门委员会 (IPCC)、国际能源署 (IEA)、央行与监管机构绿色金融网络 (NGFS) 等机构，这些气候风险情景具有“普适性”的特点，往往需要调整优化，以更符合特定国家/地区、行业的需求。

1. 政府间气候变化委员会 (IPCC)

政府间气候变化委员会 (IPCC) 广泛用于科学研究与政策基础，提供未来温室气体排放可能路径及其气候响应。2013 年，IPCC 提出“代表性浓度路径” (RCP) 的概念，描述了温室气体、气溶胶以及辐射强迫水平在未来可能发生的变化情况，包括 RCP8.5、RCP6.0、RCP4.5 和 RCP2.6 四种情景。2021 年，IPCC 开发了以共享社会经济路径 (SSP) 为基础的情景，提出 SSP1 (可持续路径)、SSP2 (中间路径)、SSP3 (区域竞争路径)、SSP4 (不平衡路径) 和 SSP5 (化石燃料为主发展路径) 五种情景。IPCC 第六次评估报告 (AR6) 中，新增了一组低排放情景 SSP1-1.9 (快速脱碳+可持续发展)，给出了一种理想的“碳达峰、碳中和”目标下的气候变化预估结果。使用了 SSP 与 RCP 的组合，称为 SSP-RCP 或 SSPx-y。包括以下五条主要情景：SSP1-1.9 (快速脱碳+可持续发展)、SSP1-2.6 (可持续发展，但减排速度稍慢)、SSP2-4.5 (中间道路，当前政策延续)、SSP3-7.0 (区域竞争，当前政策延续) 和 SSP5-8.5 (化石燃料密集型发展)。

研究低碳路径通常选用 SSP1-1.9 或 SSP1-2.6；研究“照常发展”风险通常选用 SSP2-4.5 或 SSP5-8.5；区域冲突与适应不足的风险通常选用 SSP3-7.0。

2. 国际能源署 (IEA)

旨在评估能源和气候政策发展（如降低可再生能源成本、全球对石油依赖的变化）对未来能源需求、价格以及排放的影响。IEA 的气候模型结合了其研发的世界能源模型 (WEM) 和能源技术展望模型 (ETP)，从自下而上的角度关注能源市场运作和能源技术改变对排放的影响。所以 IEA 情景的主要特点在于其对能源市场的中长期的判断和理解。IEA 每年都会更新其旗舰报告《能源市场展望》，会根据市场发展更新能源及模型相关参数。因此从这个角度看，IEA 的情景比较适合企业用来做转型气候风险的分析。最新的《全球能源和气候模型 2024》包含三种情景：2050 净零排放情景 (NZE)，承诺政策情景 (APS) 和既定政策情景 (STEPS)。

3. 央行绿色网络 (NGFS)

整合转型风险、物理风险与宏观金融影响三方面内容，适用于中央银行和金融监管者进行风险评估。NGFS 是一个由 29 家央行和监管机构组政策团体，所以情景分析着重在气候政策目标及技术推动。

第二节 政府间气候变化委员会 (IPCC)

IPCC 的全称是“联合国政府间气候变化专门委员会” (Intergovernmental Panel on Climate Change)，于 1988 年由联合国环境规划署 (UNEP) 和世界气象组织 (WMO) 共同创立，是开展全球气候变化科学评估的权威组织。

IPCC 是联合国系统的主要机构之一，由来自全球 195 个成员国的科学家和政策制定者、专家志愿者组成，通过对科学、社会和政策相关问题的评估来为政策制定提供决策者所需信息，以应对气候变化和温室气体排放等问题。

IPCC 包含 3 个工作组和一个专题组。第一工作组的主题是气候变化的自然科学基础，第二工作组是气候变化的影响、适应和脆弱性，第三工作组是减缓气候变化。专题组的主题是温室气体。IPCC 主导制定了三大情景体系：SRES(排放情景特别报告)、RCPs(代表性浓度路径)、SSPs(共享社会经济路径)。

一、IPCC 的职责和工作机制

IPCC 通过定期发布评估报告，整合全球科研成果，为各国气候政策提供科学支撑。IPCC 的报告不仅影响各国政策，还推动国际合作，促进绿色技术和可持续发展。其评估结果常被用作教育普及和公众宣传，提升全球气候变化意识。通过跨学科合作，IPCC 不断优化预测模型，提升应对气候变化的科学

性和实效性。

IPCC 不仅限于科学研究，更在于推动全球共识，助力各国制定切实可行的气候行动计划。其报告的广泛传播，增强了公众对气候变化紧迫性的认识，促进了社会各界积极参与减排行动，共同应对这一全球性挑战。

IPCC 的主要职责包括：

- 科学评估：系统评估气候变化相关的科研成果；
- 报告编制：通过四个工作组（物理学基础、影响与脆弱性、减缓措施、国家温室气体清单）编写评估报告；
- 政策支持：为《联合国气候变化框架公约》等国际协议提供科学依据。

IPCC 报告经过严格同行评审，确保信息的准确性和权威性，成为国际气候谈判的重要参考。IPCC 的工作机制包括数据收集、模型分析和专家评审，确保评估报告的全面性和可靠性。其评估周期通常为 5-7 年，涵盖气候变化的所有关键领域，从基础科学到社会经济影响，为全球气候行动提供坚实基础。

IPCC 评估报告是全球气候变化领域的权威参考资料，为各国政府制定气候政策、国际社会开展气候合作提供了关键科学依据，引导着全球应对气候变化的行动方向，影响着从能源政策到可持续发展战略等诸多领域的决策。

IPCC 报告被视为全球气候变化领域最独立、客观和权威的科学参考文献，并直接推动了《联合国气候变化框架公约》、《京都议定书》等重要国际气候法律文件的制定。2007 年，IPCC 和美国副总统阿尔·戈尔共同获得了“诺贝尔和平奖”。

二、IPCC 的发展历程

自成立以来，IPCC 已组织编写 6 套评估报告。这些报告汇集全球最新的气候变化科研成果，从不同角度对气候变化进行深入剖析。

1990 年，IPCC 第一次评估报告出炉，首次向全世界系统性地揭示了人类在工业革命以后的温室气体排放对地球的气候系统产生的显著影响，进而引发了更广泛的讨论和关注。促成了一个具有里程碑意义的国际公约——《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC) 的诞生。

2014 年，IPCC 发布了第五次评估报告，描述四类典型浓度路径 (RCP2.6、RCP4.5、RCP6.0 和 RCP8.5) 和温室气体浓度轨迹。

图 3: IPCC 的发展历程图



来源：中国气象局气象宣传与科普中心（中国气象报社）“IPCC 系列科普图解①”

2021 年，IPCC 发布了关于气候变化自然科学的第六次评估报告，开发了以共享社会经济路径 (SSP) 为基础的情景，提出 SSP1 (可持续路径)、SSP2 (中间路径)、SSP3 (区域竞争路径)、SSP4 (不均衡路径) 和 SSP5 (化石燃料为主发展路径) 五种情景。预计人类活动造成的全球变暖比工业化前水平高出约 1.1°C (1.8°F)，即使在非常低的排放情景下，到 2040 年全球变暖也可能达到 1.5°C (2.7°F)。该报告被称为“人类红色代码”。

2025 年 2 月 24 日至 28 日 (IPCC) 第 62 次全会于在杭州召开。这是 IPCC 全会第一次在中国召开，来自 130 余个国家的 IPCC 成员国政府代表、有关观察员组织和国际组织代表参会。此次全会重点审议第 7 个评估周期的三个工作组报告大纲和一个方法学报告大纲。全会期间，中方积极分享了在气象防灾减灾领域的先进经验和做法。在中方的大力支持推动下，会议通过了 IPCC 第七次评估报告大纲，明确了气候变化科学评估的重点方向，为凝聚全球科学界合力、共同提升气候治理水平奠定了重要的基础。

三、IPCC 第六次评估报告 (AR6) 的核心发现

IPCC 在瑞士因特拉肯正式发布第六次评估综合报告《气候变化 2023》(Climate Change 2023)，明确指出了人类活动是气候变暖的关键。自 1850 年以来，全球地表平均温度已上升约 1.1°C，如果要将气温控制在工业化前 1.5 摄氏度之上，则在本十年内所有领域都需要进行深度、迅速和持续的减排。如果希望这个目标有任何实现的机会，那么现在就需要减排，并且要在 2030 年将碳排放减少近一半。

IPCC 对四种未来的升温幅度进行了情景分析，分别是相较工业化前升温 1.5°C、2°C、3°C 和 4°C。

在全球温度升高 1.5°C 的情景下，全球健康、生计、食品安全、供水、人类安全和经济增长等方面的与

气候相关风险将会增加。在陆地生态系统中，现有的成千上万物种中，3-14%可能会面临极高的灭绝风险。珊瑚礁预计进一步下降 70-90%，世界上许多低海拔和小型冰川将在几十年到几个世纪内消失。风险相对较高的地区包括北极生态系统、干旱地区、小岛屿发展中国家和最不发达的国家。

在全球温度升高 2°C 的情景下，大规模灾难性事件的风险会增加，与极端天气事件有关的风险将大幅增加。气候相关的食品供应和饮食质量的变化将增加与营养相关疾病和营养不良人数，影响高达数亿人口，特别是撒哈拉以南非洲、南亚和中美洲的低收入家庭。比如说，有些依赖于雪融水的河流流域，灌溉水的可用性将下降 20%。随着全球进一步升温，城市和关键基础设施面临的气候变化风险将在中长期内急剧上升，特别是在高温、沿海地区或具有高脆弱性的地区。

在全球温度升高 3°C 的情景下，许多地区会面临非常高的附加风险，这意味着广泛的系统性影响，不可逆转的变化和许多额外的适应限制。如果气温从 1.5°C 升高到 3°C，生物多样性热点区的特有物种的灭绝风险，将增加至少十倍。与洪水有关的间接损失在 2°C 时将增加 1.4-2 倍，在 3°C 时将增加 2.5-3.9 倍。

在全球温度升高 4°C 的情景下，热带海洋物种约 50% 将灭绝，占全球陆地面积 35% 的生物群系将消失。全球约 10% 的陆地面积将同时面临极高的降水量和极低的降水量，这会影响到 21 亿人口，同时预计将有约 40 亿人经历水资源短缺。全球烧毁面积比现在预计将增加 50% 至 70%，火灾频率比现在增加约 30%。

四、典型案例分析

(一) 城市气候适应性典型案例

1. 舟山市碳排放测度研究 (中国)

舟山市作为中国典型海岛城市，采用 IPCC 参考方法系统测算了 2001-2015 年间各部门碳排放量。研究运用 STIRPAT 扩展模型定量分析了能源强度、人均 GDP 以及城市化率等关键驱动因子对碳排放的影响，并基于 IPCC 情景分析技术对未来的碳排放量进行预测。结果显示：2001-2015 年间舟山市碳排放量年均增长率达 32%，碳排放强度呈“U 型”变化；城市化率对碳排放增加影响最大；预计舟山市在 2020 年和 2030 年的碳排放总量将分别达到 2142 万 t 和 4333 万 t。该研究为海岛城市低碳发展提供了科学依据。

2. 格拉斯哥气候适应金融工具 (英国)

格拉斯哥通过“Clyde-Re-Built”项目建立了创新的“措施-金融工具”矩阵，将适应措施与金融工具系统

匹配。项目首先利用欧盟 COACC 项目开发的工具评估不同气候变化情景对城市的经济影响，确定每年 1.84 亿英镑的适应资金需求；然后将 11 类适应措施分为“增量性”和“变革性”两类，匹配公共和私营部门的金融工具；最终开发了绿色基础设施混合融资贷款、气候森林基金等创新工具。这一案例展示了 IPCC 情景分析在城市气候融资中的创新应用。

3. 东亚季风区降水变化模拟

基于 IPCC SRES A2 和 B2 方案，科学家利用海-气耦合模式模拟了 21 世纪后 30 年东亚季风气候的变化。结果显示：全球变暖导致夏季海-陆温差增大和冬季海-陆温差减弱，进而使东亚季风环流在夏季加强，冬季减弱；江淮流域和华北地区的夏季降水量显著增强，且后者更为显著；东亚季风区 9 月份的降水量在两个方案中都显著增加，表明多雨季节将延迟一个月；华北地区 7-9 月份降水年际变率显著增强，水灾风险加大。这一研究为区域气候风险评估提供了重要依据。

(二) 农业领域应用案例

1. 《提升小农适应气候变化案例集》

该案例集收录 15 个国际案例，覆盖非洲、亚洲、美洲、大洋洲等多个地区，参考 IPCC 第六次评估报告的科学结论。案例显示，全球 72% 的农户经营着不足 1 公顷的土地，却贡献了全球 36% 的粮食产量；气候冲击放大了小农经济的脆弱性；社区主导和多利益相关方协作对提高抗风险能力至关重要；基于自然的解决方案 (NbS) 在多个案例中得到成功应用。肯尼亚农民合作社网络和缅甸莫塔马湾滩涂社区管理项目等案例展示了 IPCC 情景分析在小农适应实践中的指导价值。

2. 中国甲烷排放情景分析

基于 IPCC 框架，中国学者利用 IPAC 模型分析了能源转型背景下甲烷排放的变化趋势 1940。研究发现，到 2050 年能源转型可减少能源活动甲烷排放 67%；能源部门甲烷减排具有更好的协同性；低甲烷排放情景可实现 2050 年全范围排放比 2015 年减少 58%。研究还指出，进一步减排需要在考虑其他大气污染物减排的基础上，通过实现天然气的深度减排来实现。这一案例展示了 IPCC 方法在非 CO₂ 温室气体减排中的应用潜力。

3. 柳沟村农业转型 (中国陕西)

柳沟村的案例研究显示，1992-2014 年当地气温显著升高，积雪减少；2012 年“7·9 洪灾”造成 2285 亩农田受灾；茶树适宜生长区北移促使当地调整种植结构；通过生态农业和气候适应性作物实现转型。该案例生动展示了 IPCC 区域气候情景在微观层面的应用，为小尺度农业适应提供了实证参考。

(三) 金融领域创新实践

1. 气候相关金融风险评估

金融机构运用 IPCC 情景分析量化气候风险，面临数据的时空错配（气候风险影响周期与金融资产期限差异）和模型局限性（传统模型难以捕捉气候风险的“前所未有性”）等挑战。英国央行建议采用 NGFS 气候情景，特别关注主权债券（从宏观利率到信用风险的传导）、公司债券（区域碳价、供应链韧性、转型机遇的影响）以及住房抵押贷款（转型风险和物理风险的长期影响）。案例显示，资产级分析需整合企业脱碳计划、能源效率数据及宏观经济依赖性，填补了传统金融风险模型的空白。

2. 气候风险债券披露诉讼案（澳大利亚）

2023 年 O'Donnell 诉澳大利亚联邦案成为全球首例气候风险债券披露司法案例。原告认为国债发行文件未充分披露气候变化带来的转型风险和实体风险，违反证券法。此案促使金融机构更加重视 IPCC 情景分析在财务信息披露中的应用，推动了 TCFD（气候相关财务信息披露工作组）框架的普及。该案例凸显了 IPCC 科学评估在法律和金融监管领域的影响力。

3. 中国气候物理风险评估

中国学者构建了气候物理风险指数，基于 1973-2024 年日度气象数据评估极端天气频次。研究发现，农业极易受干旱、洪涝、台风影响；沿海地区房地产面临台风、海水倒灌等复合风险；发电行业对多种气候灾害敏感；公用事业、能源、金融等行业长期风险较大。这一研究为金融机构应用 IPCC 情景分析提供了本土化范例。

(四) 能源与工业领域应用

1. 中国能源长期低碳情景

应用 IPAC/Emission 模型，研究人员模拟分析了 2100 年全球 CO₂ 浓度稳定在 550ppm 情景下中国的排放路径。研究考虑了社会经济发展、技术进步、消费模式变化和资源可供程度等驱动因素，提出了 2050 年低碳排放情景和减排成本估算。结果表明，实施清洁能源和低碳排放需要强政策干预和大量研发投入；2020 年前的政策措施对长期减排至关重要。这一研究为能源战略规划提供了量化依据。

2. 中国大陆 SO₂、NO_x 排放清单预测

研究采用 IPCC 情景设计方法，设置了 A1B、A2 及 B1 三种社会经济情景。结果显示，2020 年 A2 情景下排放量最高，B1 最少；2050 年 A1B、B1 排放持续下降，A2 仍有增长；加强控制措施可使 SO₂、NO_x 排放显著降低；工业、交通运输业及火力发电业仍是关键控制部门。这一案例展示了 IPCC 方法在传统污染物治理中的拓展应用。

(五) 情景预测与实际观测对比

IPCC 第四次评估报告（2007 年）曾预测到本世纪末全球地表温度可能升高 1.6°C 到 6.4°C。后续观测显示，IPCC 的早期预测普遍偏高，如第一次评估预测 1990-2005 年每十年升温 0.3°C，实际观测值为 0.2°C。这种差异主要源于对气溶胶冷却效应等因子认识的深化。情景分析的不确定性包括：难以涵盖所有未来可能性、无法准确评估各情景可能性、社会经济变量预测难度大等。这些经验推动了 IPCC 评估方法的持续改进。

第三节 国际能源署（IEA）

IEA（国际能源署）成立于 1974 年 11 月，源于 20 世纪 70 年代的石油危机。当时石油供应中断和价格大幅上涨，给许多国家经济带来巨大冲击，为应对石油供应安全问题，经合组织的 20 个成员国共同建立了该机构。目前 IEA 拥有 32 个成员国，包括美国、英国、法国、德国、印度和日本等。

IEA 主要职责包括能源数据收集与分析，能源趋势预测，保障能源供应安全，推动能源转型，促进能源政策协调。具体负责收集和全球能源数据，涵盖石油、天然气、煤炭、电力等各个能源领域，为成员国和全球能源市场参与者提供准确、及时的信息。同时，IEA 建立了应急石油储备机制，要求成员国储备不少于上一年度 90 天石油净进口量的战略石油储备。当发生重大石油供应危机时，可协调成员国释放储备石油，稳定市场供应和价格。通过发布《世界能源展望》等各种能源报告，对未来能源趋势进行预测和分析，帮助各国政府和企业制定合理的能源战略，在能源效率、可再生能源、能源技术研发等方面开展工作，推动全球能源向更加清洁、可持续的方向发展，为成员国提供能源政策交流和合作的平台，成员国可在此分享能源政策经验，协调能源政策立场，减少政策冲突，促进全球能源市场的协调发展。

作为国际能源研究和技术合作的召集者和领导者，IEA 通过技术合作计划（TCPs）等方式，提供平台和资源，促进高质量数据和专业知识的获取与交流，缩小能源贫困差距。强调对所有关键能源供需部门的短期和长期问题进行分析，维护强大的集体安全协调机制，应对供应中断风险，且该机制能随着全球能源市场的发展而演变。

国际能源署（IEA）的气候情景分析通过构建不同的情景，帮助各方理解气候变化对能源系统的影响，识别潜在风险与机遇。IEA 主要提出了既定政策情景（STEPS）、承诺目标情景（APS）、可持续发展情景（SDS）和 2050 净零排放情景（NZE2050）这四种情景。

1. 既定政策情景 (STEPS)

该情景基于各国现行的能源政策和目标设定，是一种较为保守的预测情景，旨在展示在当前政策延续下能源系统的发展趋势。在这种情景下，能源转型的步伐相对缓慢，传统能源在能源结构中仍将占据重要地位。根据《国际能源署<2020 年世界能源展望>：核电发展需要新动力》，在 STEPS 情景中，2020-2030 年全球核能发电量将增加约 15%，但由于新兴市场和发展中国家与发达国家的发展路径差异，核电在全球总发电量中占比将略微下降。此外，在该情景下，未来 10 年内发达国家预计将永久关闭逾 70GWe 核电装机容量，而约 120GWe 因延寿而继续运行的核电容量也将于 2030 年关闭。

在 STEPS 情景下，沃尔玛采取了一系列与现行政策适配的行动。在供应链碳排放管控上，仅要求供应商披露范围 1/2 碳排放，暂不强制范围 3 减排，这是因为现行政策对供应链范围 3 的强制要求尚未普及，企业多以“自愿披露+逐步推进”为主。在包装和物流方面，沃尔玛积极采取措施减少包装浪费，如从塑料邮件袋转向可回收纸袋、采用尺寸合适的包装技术、提供合并发货选项等，还利用应用人工智能来优化订单配送，减少运输里程和纸箱使用。这些措施既符合减少包装废弃物的相关政策导向，也有助于降低运营成本，与 STEPS 情景下企业在现有政策框架内寻求成本效益和可持续发展的平衡相契合。在能源使用上，沃尔玛虽未大规模进行能源转型，但积极探索可再生能源的使用，如计划投资 140 亿美元用于实现 100% 可再生能源的使用，这表明其在现行政策和技术条件下，逐步向可持续能源使用方向迈进，以适应未来可能的政策变化 and 市场需求。

2. 承诺目标情景 (APS)

IEA 对 APS (宣布承诺情景) 的定义为，假设各国政府制定的国家能源和气候目标都能按时全部实现来进行的展望。该情景假设各国实现已宣布的气候承诺，包括国家自主贡献 (NDCs) 和长期净零目标等。它探索在这些承诺下能源系统的变化情况，但由于部分政策执行可能存在延迟或力度不足，与实现《巴黎协定》1.5°C 目标仍存在一定差距。

苹果公司在应对气候变化方面制定了宏伟目标，承诺到 2030 年，其整个供应链和产品生命周期都将实现碳中和。为推动这一目标的实现，公司积极促使供应商减少碳排放。苹果为供应商提供资金支持，帮助他们进行节能改造，如升级老旧设备、优化生产流程等，以提高能源利用效率。公司还分享先进的低碳技术，协助供应商探索和采用更环保的生产方式。同时，苹果建立了严格的供应商评估机制，将碳排放表现纳入重要考核指标，对表现优秀的供应商给予更多合作机会，对不达标的供应商进行督促和辅导。苹果在环境保护方面的各项工作，如减少碳排放、使用可再生能源、提升产品回收利用率等，强调了其在产品制造和供应链环节推动环保的措施，这与苹果公司促使供应商减少碳排放的具体做法紧密相关。众多供应商在苹果的推动下，积极开展节能减排行动。部分供应商通过节能改造，能

源消耗明显降低，碳排放也随之减少。通过供应链的协同努力，苹果在实现自身碳中和目标的道路上取得了显著进展，也为整个电子行业的供应链减排树立了良好典范，符合 APS 情景下对企业带动供应链实现减排的期望。

3. 可持续发展情景

可持续发展情景 (Sustainable Development Scenario, SDS) 是国际能源署 (IEA) 提出的一种情景模型，旨在实现更严格的可持续发展目标。它与《巴黎协定》中设定的目标相一致，即到本世纪末有 50% 的可能性将全球气温升幅控制在 1.65°C 以内，同时还要实现普及能源供应和改善空气质量等目标。该情景描述了能源部门的一个快速但可实现的转变，需要能源系统的所有部分迅速且广泛地进行变革，包括将更多的节能建筑、工业和运输，更多的可再生能源和灵活的动力结合起来。

华为作为全球领先的通信设备供应商，积极推动绿色能源的使用，在全球范围内建设光伏电站，为自身业务提供绿色电力。同时，华为还研发了节能环保的通信设备，降低能源消耗。在环境保护方面，华为对生产过程中产生的废弃物进行分类处理，确保有害废弃物得到妥善处理，还鼓励员工参与废弃物回收，提高资源利用率。

阿里巴巴通过优化物流体系，降低运输过程中的碳排放，与物流企业合作，推广使用新能源车辆。在其办公园区，如杭州西溪园区，实行“以渔活水”的方式，维护湿地生态，还按照“海绵城市”的设计标准建造，回收雨水用于绿化灌溉。此外，园区和阿里云能耗宝合作，通过物联网及人工智能技术，识别闲置能耗及异常用电情况，降低能源消耗。同时，阿里巴巴搭建个人减碳行为激励平台“有心”，引导员工参与减碳活动。

4. 2050 净零排放情景

2050 净零排放情景 (NZE2050) 情景不依赖能源部门以外的减排来实现其目标，通过广泛部署清洁能源技术组合，不依赖土地利用措施的抵消，并且技术部署的决策由成本、技术成熟度、市场条件、现有基础设施和政策偏好驱动。该情景还实现了关键的与能源相关的可持续发展目标，特别是到 2030 年实现普遍能源接入和大幅改善空气质量，与政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 第六次评估报告中评估的减排量一致，将全球温度上升限制在 1.5°C (至少有 50% 的概率) 且不超过限值。

拜耳处方药北京供应中心致力于可持续包装转型目标，与主要供应商签署减碳协议，共同打造绿色供应链，以实现 2030 减碳 25% (基于 2019 年)、2050 “净零排放”的目标。北京供应中心自 2023 年起分阶段建成屋顶光伏项目，总装机容量近 1MW，年发电量超过 100 万 KW，可覆盖工厂约 10% 的用电需求，每年减少碳排放超过 600 吨。同时，自 2025 年起将实现 100% 绿色电力使用，减碳超过

8000 吨。

中国电建承建的阿联酋风电示范项目是阿联酋首个公共事业规模的风能项目，也是加速实现阿联酋 2050 年净零排放战略的重要一环。该项目总装机容量为 117.5MW，自投入商业运行以来，已累计发电 207GWh，为阿联酋能源转型和碳中和作出巨大贡献。

时尚和生活方式在线零售商 SHEIN 宣布其 2050 年净零排放目标，以及近期、长期科学减排目标已获 SBTi（科学碳目标倡议组织）批准。SHEIN 的 2030 年和 2050 年减排目标以 2023 年为基准年，到 2050 年在整个价值链上实现温室气体（GHG）净零排放。到 2030 年，SHEIN 将致力于实现范围 1 和范围 2 的绝对温室气体排放量减少 42%；范围 3 的绝对温室气体排放量减少 25%。

第四节 央行绿色网络（NGFS）

央行与监管机构绿色金融网络（NGFS）成立于 2017 年 12 月，是由中国人民银行与多国央行和监管机构共同发起的一个全球性合作组织。NGFS 旨在应对气候变化对金融稳定和审慎监管的挑战，通过加强金融体系的风险管理能力、推动绿色低碳投资以及促进可持续金融发展，为全球向低碳经济转型提供支持和指导。

2024 年发布了“第五版长期气候情景”（vintage5.0），并于 2025 年发布第一批短期情景（short-term scenarios）。NGFS 目前的 7 种情景分为四个维度，划分为有序、无序、为时已晚、全球暖化失控情景四大类共计七个情景。这些情景均以温升幅度、政策响应速度、技术变革速度、二氧化碳去除技术（CDR）应用以及地区政策差异化程度为主要假设。

一、NGFS 的背景与使命

央行与监管机构绿色金融网络(NGFS)于 2017 年 12 月 12 日在巴黎“同一个地球”峰会上成立，是一个由各国央行和监管机构组成的团体，旨在帮助加强应对巴黎协定目标所需的全球行动，致力于推动金融领域环境和气候风险管理的发展，并动员主流金融支持向可持续经济的转型。

NGFS 最初由 8 家央行和监管机构共同发起，包括了中国人民银行、荷兰央行、法国央行和宏观审慎与处置委员会、英格兰银行、德国央行、瑞典金融管理局、新加坡金管局以及墨西哥央行。

NGFS 的使命是帮助金融机构管理气候和环境风险，调动资本支持绿色转型，并促进气候相关财务信息的披露。为实现其“自愿联盟”的愿景，NGFS 作为一个基于共识的论坛运作，其目的是在自愿基础上

分享最佳实践，促进金融领域环境和气候风险管理的发展，并开展或委托绿色金融相关的分析工作。

NGFS 在全球气候风险管理中扮演着重要角色。它通过发布指导文件、提供分析工具和分享最佳实践，帮助各国央行和监管机构将气候风险纳入金融稳定监测和宏观审慎政策框架。

二、NGFS 气候情景概述

NGFS 情景为分析气候风险对经济和金融的影响提供了统一的参考基准。这些情景基于气候变化（物理风险）、转型政策、技术发展和公众偏好转变（转型风险）的不同演变路径，勾勒出多种可能的未来发展方向。

NGFS 情景展示的是多种可能的结果，而非单一预测。由于气候转型过程与气候变化本身存在较大不确定性，NGFS 借助多种经济模型，覆盖不同区域与行业，模拟多样化的情景，以帮助评估气候相关的宏观经济与金融风险。

需要强调的是，NGFS 情景并非对未来做出的预测。其目的是探索一系列“可能出现的未来”情形——这些情形既不代表最可能的发展，也未必最符合理想。它们主要用于评估金融系统潜在的风险，并增强其对未来气候相关冲击的应对能力。

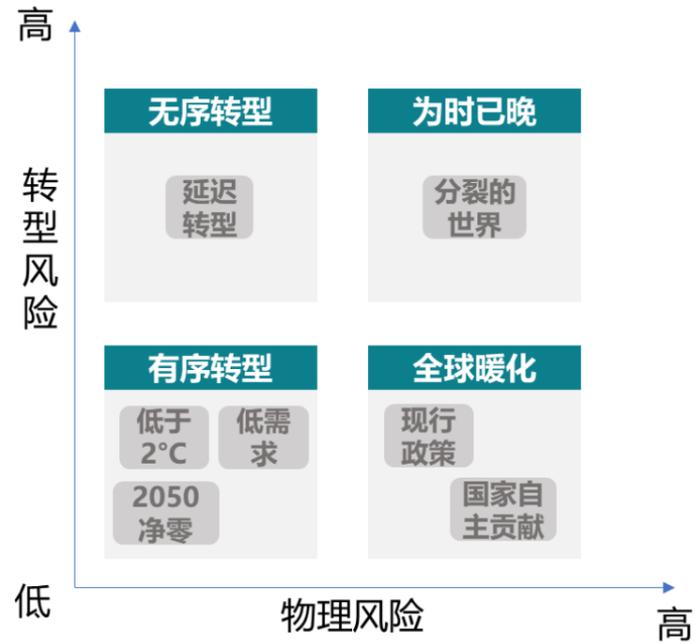
NGFS 情景具有一系列特点，适合多种应用场景，它们提供了逻辑一致的分析框架，同时纳入转型风险与物理风险，兼顾宏观经济与金融演变，覆盖全球范围，并通过公共线上平台免费开放使用。

尽管 NGFS 情景在持续完善中，但目前气候与经济建模仍存在显著的不确定性和局限。例如，气候系统临界点（tipping points）尚未在当前一代情景中充分体现。

三、NGFS 的参考情景

NGFS 参考情景是用于评估气候变化对经济和金融体系影响的一系列标准化情景，旨在帮助金融机构和监管机构识别和管理气候相关风险。主要分有序、无序、全球暖化失控和为时已晚四种情景，其中有序转型情景——假设气候政策尽早实施并逐步趋严，物理与转型风险均相对可控；无序转型情景——因政策延迟或各国、各行政策分化而呈现更高的转型风险；全球暖化失控情景——假设部分司法管辖区实施了气候政策，但全球努力不足以阻止显著变暖。这些情景导致严重的物理风险，并包含海平面上升等不可逆影响；为时已晚情景——现有气候情景中尚未包含“太少、太迟”的叙事（即政策中断情景）。此类情景可能会出现在 NGFS 未来版本中。

图 4: NGFS 情景对应的转型风险和物理风险



1. 有序转型情景

有序转型路径假设气候政策在早期出台，并逐步趋于严格。物理风险和转型风险都相对较低。有序转型包含三种参考情景。

- 2050 净零排放：假设通过严格气候政策与创新将全球变暖限制在 1.5°C 以内，到 2050 年左右实现全球二氧化碳净零排放。
- 低于 2°C：假设气候政策严格性逐步提升，有 67% 的概率将全球变暖限制在 2°C 以下。
- 低需求：假设在影响碳价和技术驱动的努力之外，显著的行为变化（如减少能源需求）将缓解经济压力，助力 2050 年左右实现全球二氧化碳净零排放。

根据 NGFS 与 FSB 的联合报告《司法管辖区气候情景分析》，净零 2050 情景是央行和监管机构在气候情景分析中最常用的情景之一。

2. 无序转型情景

无序转型情景因政策延迟或国家、行业间的不一致而产生更高转型风险。例如，相同温控目标下碳价通常较高。无序转型主要有一种参考情景。

- 延迟转型：假设 2030 年前年排放量没有下降，需在 2030 年后迅速采取强力政策以将变暖限制在 2°C 以下。

3. 全球暖化失控情景

全球暖化失控情景假设部分司法管辖区实施气候政策，但全球努力不足以阻止显著变暖，导致严重物理风险（如海平面上升）。与有序和无序转型类似，全球暖化失控包含两种情景。

- 现行政策：假设仅维持目前实施的政策，不采取额外措施。因此，排放价格的变化可以忽略不计。《巴黎协定》规定的气候目标将无法实现——到 2050 年，平均气温将上升超过 2°C，到 2100 年将接近 4°C，从而带来严重的物理风险。
- 国家自主贡献 (NDCs)：假设所有承诺目标（即使尚未落实政策）均被考虑。物理风险将略低于现行政策情景，但仍远高于巴黎目标（2050 年气温中位数上升超 2°C，2100 年超 3°C）。

现行政策情景是 NGFS 所有情景中物理风险最严峻的。根据 FSB-NGFS 报告，目前已有 17 项情景分析使用该情景。

4. 为时已晚情景

- 分裂的世界：假设全球各国气候政策响应延迟且分歧严重，则会导致高物理与转型风险。净零目标国家仅部分实现目标（80%），其他国家则遵循现行政策。

表 22: 情景风险分析

情景名称	类型	温升预期	主要风险
有序情景	2050 净零排放		
	低于 2°C	远低于 2°C	较低的转型风险
	低需求		
无序情景	延迟转型	低于 2°C	极高的转型风险
全球暖化失控 (温室世界)	现行政策		
	国家自主贡献 (NDCs)	2.0°C-3°C	极高的物理风险
为时已晚	分裂的世界	3°C+	极高的物理和转型风险

结合前文提及的气候风险相关参考情景，以下通过几个典型案例来展开分析。

1. 有序转型情景——欧洲央行全经济气候压力测试

欧洲央行旨在评估气候变化对欧元区宏观经济和金融稳定的影响，覆盖银行业、保险业等多领域。通过采用 NGFS 情景框架，结合欧洲各国的气候政策、能源结构和经济数据，构建宏观经济模型，分析不同情景下 GDP 增长、通货膨胀、金融机构盈利能力等指标的变化。测试结果表明，有序转型情景下欧元区经济可实现平稳过渡，而延迟转型或现行政策情景可能导致经济增速放缓、金融机构不良资产率上升。该案例展示了 NGFS 情景在宏观金融风险中的综合应用。

2. 现行政策情景——英格兰银行气候压力测试 (CBES)

英格兰银行利用 NGFS 情景框架开展气候压力测试，从而评估英国金融机构在不同气候情景下的风险敞口。基于 NGFS 的“2050 年净零排放”和“现行政策”情景，结合英国本土气候数据和行业特征，对金融机构的资产质量、资本充足率等指标进行压力测试。根据测试结果显示，若维持现行政策，金融机构面临的物理风险和转型风险将显著上升，可能导致资产减值和资本消耗；而有序转型情景下，风险水平相对可控。该案例展示了 NGFS 情景在量化气候风险对金融体系影响方面的实用性。

3. 为时已晚情景——法国兴业银行压力测试

法国兴业银行通过利用 NGFS “分裂的世界”情景设计压力测试，显示新兴市场主权债违约概率增加 22%，由此推动其减持政策分歧国家的债券头寸。该案例展示了 NGFS 情景在金融风险中的综合应用。

四、NGFS 长期情景

NGFS 已经开发了多版气候情景方案，为金融机构和监管机构提供分析气候变化影响的标准化工具。

2024 年 11 月的第五版 NGFS 长期情景中，NGFS 情景设计与分析工作组进一步发展了 NGFS 情景，以确保它们能够为金融系统在未来提供有意义的分析。与之前的版本一样，更新主要是为了反映全球气候承诺的动态演变格局，随着世界各国完善其气候政策目标和战略，NGFS 建模框架对这些发展保持响应。这样确保了情景能准确反映全球气候政策的变化。此外，第五版提供了关于气候政策实施强度偏小所带来的宏观经济后果的新见解。

NGFS 的七大长期情景框架如下。

1. 有序转型 (Orderly)

有序路径假设气候政策在早期出台，并逐步趋于严格。物理风险和转型风险都相对较低。有序转型包括以下三种情景：

- 降低能源需求 (Low Demand)：假设转型主要由降低能源需求驱动，具体由行为变革及技术革新降低能源需求，将全球变暖限制在 1.5°C 以下。
- 2050 年实现净零排放 (NetZero2050)：假设通过严格的气候政策和创新，将全球变暖限制在 1.5°C 以下，到 2050 年左右实现全球净零二氧化碳排放。
- 全球变暖限制在 2°C 以下 (Below2°C)：假设逐渐提高气候政策的严格程度，使能把全球变暖控制在 2°C 以下的概率达到 67%。

2. 无序转型 (Disorderly)

无序路径下，减碳行动呈现前缓后急的趋势，由于各国和各部门政策延迟或分歧，转型风险增加。因需要达成温度目标，后期碳价通常较高。无序转型包括以下一种情景：

- 延迟转型 (Delayed Transition)：假设 2030 年之前，几乎没有减少排放；2030 年之后，需要强有力的政策来将全球变暖限制在 2°C 以下。延迟转型时，负排放受限（吸收二氧化碳来抵消排放量）。在这种情景下，减排政策延后且突然引入低碳转型政策，具有不可预见性和冲击性。

3. 温室世界 (Hot house world)

温室世界的假设中，虽然某些司法管辖区实施了一些气候政策，但全球努力不足以阻止全球变暖。临界温度阈值被超越，导致严重的物理风险和海平面上升等不可逆转的影响。温室世界包括以下两种情景。

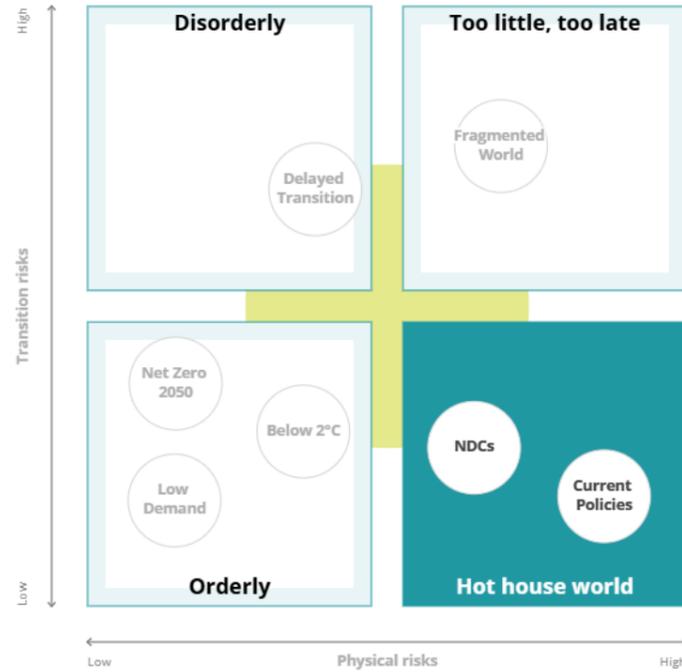
- 国家自主贡献 (NDCs)：国家自主贡献 (NDCs) 包括所有已承诺的目标，即使尚未得到有效政策的支持。在这个情景中，仅有局部政策，全球努力不足。
- 现行政策 (Current Policies)：假设只保留目前实施的政策，在这个情景中，物理风险极高。

4. 延迟无效 (Toolittle, toolate)

此情景假设了气候行动在时间上的延迟和效力上的微弱，反映了气候政策目标的延迟和国家之间的分歧，这意味着由于转型总体无效，一些国家的转型风险上升，所有国家的物理风险都较高。延迟转型包括以下一种情景：

- 分裂世界 (Fragmented World)：假设世界各国之间存在延迟和不一致的气候政策响应，导致物理风险和转型风险皆高。在这个情景中，没有净零目标的国家遵循当前政策，而其他国家仅部分实现目标（目标的 80%）。

图 5: NGFS 长期情景四象限定位



来源: NGFS 官方网站

五、案例分析: 欧洲央行如何用 NGFS 情景预判气候危机下的金融风险

2022 年联合国环境规划署警告, 若维持现有减排政策, 全球温升可能在 2030 年突破 1.5°C 阈值。这一预测引发全球对气候金融风险的关注——极端天气可能摧毁基础设施, 碳价剧烈波动可能冲击高碳行业, 而金融体系作为经济命脉, 亟需系统性评估这些风险。欧洲央行 (ECB) 作为全球主要经济体央行之一, 率先将气候风险纳入金融稳定框架。2023 年, 该行发布第二轮全经济气候压力测试结果, 首次系统应用 NGFS (央行与监管机构绿色金融网络) 气候情景模型, 覆盖欧元区 104 家主要银行, 涉及贷款组合规模超 25 万亿欧元。这场测试的核心目标, 是回答一个关键问题: 如果全球变暖失控, 欧洲金融体系能否承受冲击?

这次测试基于 NGFS 第三代情景 (2022 年发布), 选择三类典型路径:

- 有序转型 (2050 净零): 假设全球协同推进碳定价与清洁能源投资, 2050 年实现净零排放;
- 延迟转型 (2030 年后发力): 模拟碳价在 2030 年后陡增的政策冲击;
- 温室世界 (现行政策延续): 采用 NGFS 预测高排放路径, 反映《巴黎协定》目标未达成的后果。

从整体经济学的角度, 分析气候风险对企业、家庭和银行业的影响。压力测试显示, 相比“转型开始晚、动作慢”的情况, 越早大力推进绿色转型, 企业、家庭和银行的压力都会更小。

测试发现, 不管哪种情景, 转型过程中信用风险都会上升, 但“延迟转型”情景下风险上升幅度最大, 即到 2030 年, 企业和家庭的违约风险比 2022 年高出 100% 以上, 比“加速转型”的 60% 增幅高了近一倍。而在“有序转型”情境下, 虽然短期内, 家庭和企业会因为能源涨价导致成本增加, 但益处也很明显, 出于能源效率的提升和可再生能源产能的大量投资, 能源支出很快会下降, 将在中期降低金融风险。更关键的是, 早转型能让银行降低坏账风险, 同时绿色项目贷款需求增加, 银行的收入反而会因此改善。

这次测试对全球气候压力测试研究有三个新贡献。一是设计了三个“短期转型方案”, 把 NGFS 提出的转型路径和欧洲实际的能源发展的宏观经济预测结合起来; 二是用了具体部门级别的数据和具体国家能源数据, 更贴近现实; 三是分析了数百万家企业的详细气候与能源财务数据, 再加上国家级家庭数据, 能更全面地揭示气候风险对欧元区企业和金融体系的影响。

其实欧洲央行早在 2021 年 9 月就做过第一轮全经济气候压力测试, 当时的主要结论现在看依然有参考价值: 第一, 转型越早, 收益越明显; 第二, 采矿、电力、天然气这些行业要承担更多转型成本, 短期到中期违约风险更高, 而本身就在气候脆弱地区的行业 (比如容易受洪水、高温影响的地区) 会先面临物理损失; 第三, 如果完全不采取措施应对气候变化, 物理风险 (比如极端天气造成的破坏) 会在长期内爆发式增长, 速度远超预期。

第六章 气候金融的监管

随着气候风险向金融领域的渗透，全球金融监管机构正加速构建“碳约束”下的监管体系。从英国金融行为监管局（FCA）的气候披露规则，到欧洲证券和市场管理局（ESMA）的碳市场合规框架，再到美国证监会（SEC）的气候信息披露要求、新加坡金管局（MAS）的绿色金融指引，以及中国人民银行的碳金融政策布局，各国监管实践的差异化与协同性，共同塑造着金融行业的低碳转型方向。

第一节 英国 FCA（金融行为监管局）

英国 FCA 对气候相关金融产品信息披露的规范构建了多层次监管框架，核心目标是确保投资者获得清晰、准确且一致的气候相关信息，以做出明智决策并防范“洗绿”风险。

一、披露标准与原则的制定与推广

FCA 积极推动并采纳国际公认的气候信息披露标准，特别是气候相关财务信息披露工作组（TCFD）的建议框架。TCFD 框架从治理、战略、风险管理以及指标与目标四个维度，要求金融产品发行人披露气候相关因素对产品的潜在影响。FCA 将 TCFD 建议纳入其监管预期，鼓励并逐步要求受监管的金融机构（包括资产管理公司、保险公司等产品发行主体）在产品信息披露中体现 TCFD 的核心要素。这意味着产品说明书、发售文件、年度报告等材料需系统性地阐述气候风险敞口、气候相关机遇、所采用的气候情景分析以及减碳目标等内容。

二、针对特定金融产品的披露细则

1. 零售投资产品

FCA 对面向普通投资者的零售气候相关金融产品（如 ESG 基金、绿色债券等）实施更为严格的披露要求。产品名称和营销宣传材料必须清晰、不具误导性，避免使用模糊或未经证实的气候相关声明（如“绿色”“可持续”等标签）。若产品宣称以气候目标为导向（如“碳中和基金”），则必须在披露文件中明确：

- 气候目标的具体定义和衡量标准（如基于科学的减排目标 SBTi）；
- 实现目标的投资策略和筛选标准（如排除高碳行业、纳入绿色技术企业）；
- 定期评估和报告目标达成情况的机制（通常为年度报告）。

2. 机构投资产品

针对专业投资者，FCA 要求披露更深入的气候风险分析，包括物理风险（如极端天气对资产价值的影响）和转型风险（如政策变化、技术革新导致的资产搁浅风险）。例如，在资产支持证券（ABS）的发行中，需披露基础资产（如房地产、基础设施）的气候适应性和碳排放数据。

三、反“洗绿”监管与误导性陈述的打击

1. 标签使用规范

要求产品使用的气候相关标签（如“绿色基金”“ESG 整合产品”）必须有明确的定义和客观依据，且与产品实际投资策略和运作一致。FCA 对标签的使用拥有审批权，禁止使用未经认可的模糊标签。

2. 信息验证与审计

鼓励发行人聘请独立第三方机构对气候相关信息披露进行鉴证或审计，确保数据的准确性和方法的科学性。例如，基金的碳排放数据需经过第三方验证，避免发行人自行编造或选择性披露数据。

3. 执法行动

对存在误导性披露的机构采取严厉处罚，包括罚款、公开谴责、暂停业务等。例如，2022 年 FCA 对多家资产管理公司展开调查，要求其整改不规范的 ESG 基金命名和宣传，部分公司因未能充分证明产品的气候属性而被迫更名或调整披露内容。

四、数据质量与可比性要求

为解决气候数据碎片化和不可比的问题，FCA 推动建立统一的数据披露模板和指标体系。

1. 标准化披露模板：开发“气候信息披露核心模板”（Climate Disclosure Core Template），要求所有气候相关金融产品按统一格式披露关键信息，包括产品基本信息、气候目标、投资策略、风险分析、绩效指标等模块。模板采用模块化设计，不同类型产品可根据自身特点选择相应模块进行披露。

2. 核心指标体系：零售产品强制披露“气候目标达成度仪表盘”，包含 6 项核心量化指标：投资组合加权平均碳强度（WACI，吨 CO₂e/百万欧元）、绿色收入占比（GIR，%）、巴黎协定 1.5°C 路径对齐度（%）、气候风险敞口比例（%）、第三方鉴证比例（%）、目标达成进度（%）。机构产品需额外披露气候压力测试结果，包括不同升温情景（RCP2.6、RCP4.5、RCP8.5）下的预期损失率（ELR）和风险价值（VaR）。

3. 数据质量管理：建立“气候数据质量分级制度”，将数据质量分为 A（优秀）、B（良好）、C（合格）、D（不合格）四级，评级结果与产品销售限制挂钩。要求数据来源需满足“可追溯性”（数据来源可查）、“准确性”（误差率≤5%）、“时效性”（年度数据不超过 12 个月，季度数据不超过 3 个月）三大标准，鼓励使用区块链技术进行数据存证。

- 4. 绿色标签预审制度:** 2024 年推出“绿色标签预审制度”，要求使用“可持续”“碳中和”“绿色”等标签的产品需通过 FCA 指定第三方机构的“标签合规性认证”。认证内容包括标签定义与产品特征的一致性、气候目标的科学性、数据披露的完整性等，未通过认证的产品面临最高 2000 万英镑罚款。
- 5. 跨机构数据共享:** 推动建立“英国气候金融数据共享平台”，整合金融机构、企业、政府部门的气候数据，为监管机构和投资者提供数据查询服务。平台采用“数据最小化”原则，仅共享必要的气候相关信息，同时通过数据加密、访问权限控制等措施保护数据隐私。

第二节 欧盟 ESMA (欧洲证券和市场管理局)

欧盟 ESMA 构建以《可持续金融信息披露条例》(SFDR) 为核心的分级监管框架，核心目标是通过统一披露标准消除市场信息不对称，防范“洗绿”行为并促进资本向可持续项目流动。

一、披露标准与原则的制定与推广

欧盟 ESMA 将 TCFD 框架核心要素纳入 SFDR 监管要求，强制金融产品从治理（董事会气候职责）、战略（气候机遇与风险整合）、风险管理（气候情景分析方法）、指标与目标（量化减排路径）四个维度进行系统性披露。2024 年修订版明确要求所有第 8/9 条产品需在年报中单独设立“气候治理章节”，说明高管薪酬与气候目标达成度的挂钩机制。

二、针对特定金融产品的披露细则

1. 绿色债券

需通过欧盟《分类法》(Taxonomy) 认证，证明至少 70% 资金投向符合“实质性贡献环境目标”的经济活动，并按“四大环境目标”（气候变化减缓、适应、水资源、生物多样性）分类披露资金用途。每笔投资需同时满足“无重大损害”原则，即不得对其他环境目标造成负面影响，2024 年新增“过渡活动”披露要求，需说明高碳资产转型计划与欧盟气候法的兼容性。

2. ESG 基金

按 SFDR 第 6/8/9 条分类披露：第 6 条产品需说明 ESG 因素整合方法（如负面筛选、ESG 整合模型参数）；第 8 条产品需量化环境目标促进作用，包括投资组合年度碳减排量（吨 CO₂e）及绿色收入占比（GIR）；第 9 条产品需逐笔披露底层资产的《欧盟分类法》合规比例，并设置“气候目标达成度追踪表”，包含季度碳排放强度变化、巴黎协定 1.5°C 路径对齐度等动态指标。

三、反“洗绿”监管与误导性陈述的打击

- 1. 标签使用规范:** 严格界定“可持续”“绿色”等标签的使用条件，第 9 条产品若宣称“碳中和”需提供经欧盟委员会认可的第三方机构出具的“碳足迹验证报告”，禁止使用“气候友好”等模糊表述。信息验证与审计方面，强制要求产品的气候数据需通过 ISAE3000 鉴证。
- 2. 执法行动:** 2023-2024 年对 12 家违规机构采取执法措施，包括罚款（最高 1500 万欧元）、暂停产品销售等，典型案例为某资管公司因未充分披露第 9 条基金的化石燃料投资敞口（占比达 18%）被责令整改并公开致歉。

四、数据质量与可比性要求

制定统一的气候数据披露模板（ESEF 格式），要求量化指标需满足“五性”标准，即相关性（与气候目标直接关联）、准确性（数据误差率≤5%）、完整性（覆盖全生命周期）、一致性（方法学连续 3 年不变更）、及时性（季度更新关键指标）。2024 年推出“气候数据质量标签”制度，通过认证的数据可获得“ESMA Verified”标识，提升投资者信任度。

第三节 美国 SEC (证券交易委员会)

美国 SEC (证券交易委员会) 构建以投资者保护为核心的气候信息披露监管体系，核心目标是确保投资者获得充分、准确的气候相关财务信息，以便评估投资价值和风险。

一、披露标准与原则的制定与推广

美国 SEC 的 2023 年气候披露规则 (Climate Disclosure Rule) 将气候风险明确界定为“重大财务风险”，要求上市企业及 ESG 基金强制披露范围 1（直接排放）、范围 2（外购能源间接排放）及重大范围 3（价值链其他间接排放）数据，其中范围 3 需细化至 15 个类别（如商务差旅、废弃物处理、上游供应链）。规则采用“实质影响原则”，即只要气候因素可能对财务报表产生重大影响，就必须披露。

二、针对特定金融产品的披露细则

1. ESG 基金

禁止使用“可持续”“碳中和”等模糊标签，需在招募说明书中设置“气候因素权重表”，量化说明气候风险在投资决策中的权重占比（如估值模型中的气候调整系数）。基金名称若包含“绿色”“低碳”等字样，需满足“80% 投资测试”（至少 80% 资产投向符合定义的气候相关项目），并披露 SBTi（科学碳目标倡议）目标验证状态。

2. 碳中和基金

2024 年补充规则要求必须披露“抵消信用溯源信息”，包括碳汇项目类型（如林业碳汇、可再生能源）、认证标准（如 GS 标准、VCS 标准）、项目地理位置及额外性证明文件，禁止使用未核证的碳汇项目额度。每只碳中和基金需单独设立“抵消信用台账”，按季度更新使用情况。

三、反“洗绿”监管与误导性陈述的打击

1. 标签使用规范

实施“严格标签定义”政策，对“可持续”“碳中和”等术语进行法律界定，例如“碳中和基金”必须承诺在基金存续期内实现投资组合净零排放，并制定包含短期（5 年）、中期（10 年）、长期（30 年）的减排路径图。

2. 执法行动

2023-2024 年对 6 家资管公司采取执法行动，罚款总额达 1.2 亿美元，典型案例为某资管公司因夸大 ESG 基金的碳排放减排效果（实际减排率仅为宣传值的 35%）被责令整改并退还投资者损失。

四、数据质量与可比性要求

要求气候数据需经过独立第三方鉴证，采用“合理保证”（Reasonable Assurance）标准，鉴证报告需说明数据收集方法、核算标准（如 GHG Protocol）及潜在误差范围。2024 年推出“气候数据标准化模板”，要求所有披露主体使用统一格式报送碳排放数据，提升跨公司、跨行业数据可比性。

第四节 新加坡金管局 (MAS)

新加坡金管局 (MAS) 构建以技术赋能为特色的气候金融监管框架，核心目标是通过数字化工具提升气候信息披露质量和监管效能，推动新加坡成为区域气候金融中心。其主要监管措施和要求如下：

一、披露标准与原则的制定与推广

新加坡金管局 (MAS) 将气候风险纳入宏观审慎监管框架，要求金融机构将 TCFD 框架与新加坡《绿色金融行动计划》(Green Finance Action Plan) 相结合，从治理（董事会气候监督职责）、战略（气候相关业务发展规划）、风险管理（气候压力测试流程）、指标与目标（量化减排承诺）四个维度进行披露。2024 年要求所有系统重要性银行设立“首席气候官”职位，直接向董事会汇报。

二、针对特定金融产品的披露细则

1. 房地产投资信托 (REITs)

强制使用 MAS 开发的 500 米网格精度“气候影响图谱工具” (Climate Impact Mapping Tool)，披露旗下资产的“三维风险敞口”：物理风险（海平面上升淹没概率、极端气温对建筑能耗的影响）、转型风险（碳税敏感性系数、绿色建筑认证达标进度）、声誉风险（绿色认证等级、租户 ESG 表现）。2024 年起实施“季度动态披露”制度，要求每季度更新碳排放数据和气候适应性改造措施。

2. 银行贷款组合

要求银行在 2024 年压力测试中模拟“2050 年 RCP8.5 情景”（高排放情景）下抵押资产违约概率变化，重点覆盖沿海房地产、火电、交通等高风险行业。测试结果需纳入贷款定价模型，对气候风险敞口较高的客户收取风险溢价，未达标机构需限制相关产品发行规模。

三、反“洗绿”监管与误导性陈述的打击

1. 绿色金融产品认证

实施“新加坡绿色金融认证计划” (Singapore Green Finance Certification Scheme)，要求绿色债券、绿色贷款等产品需通过第三方机构认证，证明资金投向符合国际或国内绿色标准。未通过认证的产品不得使用“绿色”“可持续”等标签。

2. 执法行动

2024 年对 2 家银行采取监管措施，因未充分披露贷款组合的气候风险敞口，被要求暂停绿色金融产品发行 3 个月，并进行内部整改。

四、数据质量与可比性要求

开发“气候数据共享平台” (Climate Data Sharing Platform)，整合政府、企业、科研机构的气候数据，为金融机构提供标准化数据接口。要求金融产品披露的气候数据需满足“时效性”（季度更新）、“空间精度”（至少 500 米网格）、“情景多样性”（至少覆盖 RCP2.6、RCP4.5、RCP8.5 三种情景）三大标准，提升数据可用性和可比性。

第五节 中国人民银行

中国人民银行构建以服务国家“双碳”目标为导向的气候金融监管体系，核心目标是引导金融资源流向绿色低碳领域，防范气候相关金融风险，支持经济绿色转型。

一、披露标准与原则的制定与推广

将气候风险纳入宏观审慎评估（MPA）体系，要求金融机构从战略（绿色金融业务发展规划）、治理（绿色金融委员会设置）、风险管理（气候风险识别与评估流程）、指标与目标（绿色信贷占比、碳减排量等）四个维度进行披露。2024 年《绿色金融指引》要求所有系统重要性银行设立“绿色金融事业部”，统筹推进气候信息披露工作。

二、针对特定金融产品的披露细则

1. 绿色信贷

建立“行业差异化披露体系”，火电、钢铁、水泥等高碳行业贷款需披露“碳成本传导系数”（即碳价每上升 100 元/吨对企业 EBITDA 的影响比例）和“技术替代风险敞口”（如煤电企业的 CCUS 技术改造进度、可再生能源替代比例）。2024 年起要求银行按季度报送“绿色信贷资产质量报告”，包括不良贷款率、逾期率等指标。

2. 绿色债券

需通过“中国绿色债券支持项目目录（2024 年版）”认证，且募集资金投向项目需满足“碳减排效益量化披露”要求，包括单位融资的碳减排量（吨 CO₂e/万元）、项目 IRR（内部收益率）的气候敏感性分析（不同碳价情景下的 IRR 变化）。2024 年新增“绿色债券存续期信息披露指引”，要求发行人每半年披露募集资金使用情况和项目进展。

三、反“洗绿”监管与误导性陈述的打击

1. 绿色项目认证

实施“绿色项目认证制”，由中国金融学会绿色金融专业委员会负责项目认证，未通过认证的项目不得纳入绿色信贷/债券支持范围。2024 年对 12 家银行开展绿色信贷专项检查，发现并整改“洗绿”项目贷款余额达 320 亿元。

2. 执法行动

对虚假披露、“洗绿”等行为零容忍，2023-2024 年对 5 家金融机构罚款合计 8700 万元，典型案例为某银行因将房地产开发贷款违规划入绿色信贷统计被责令整改并公开通报。

四、数据质量与可比性要求

依托“全国绿色金融信息管理系统”，要求金融机构按统一标准报送绿色金融业务数据，包括项目名称、所属行业、碳减排量、环境效益等。2024 年推出“绿色金融数据质量提升计划”，通过大数据、区块链等技术手段提升数据真实性和准确性，建立“数据质量评级”制度，对评级较高的机构给予政策支持。

第七章 气候金融的行动

气候金融的落地，需要从风险评估到全球协同的全链条行动支撑。一方面，将气候相关金融风险纳入金融稳定评估，是筑牢金融系统韧性的基础；另一方面，G20 可持续金融路线图的推进，正推动全球金融活动向绿色低碳方向对齐。

第一节 央行将气候风险纳入金融稳定评估

央行主要通过构建监测框架、开展压力测试、完善数据收集与披露、运用宏观审慎政策、创新政策工具与机制、制定绿色金融政策和标准等方式将气候风险纳入金融稳定评估。

构建监测与评估框架：欧洲央行和欧洲系统性风险委员会发布联合报告，通过监测框架收集金融稳定指标相关证据，以评估气候变化对金融系统的风险。美联储也指出其金融稳定监测框架具有足够的灵活性，可以广泛纳入气候相关风险的许多关键要素。

开展气候压力测试：欧洲央行 2022 年首次进行气候压力测试，采用三重情景分析法，涉及 19 个欧元区国家的多家金融机构，通过 30 年动态资产负债表模型评估气候变化的长期影响。美联储 2023 年启动试点气候情景分析，关注美国六大系统重要性银行，评估飓风、野火等物理风险对金融系统稳定性的影响。中国人民银行 2021 年组织开展了首次气候风险敏感性压力测试，评估中国碳达峰碳中和目标转型对银行体系的潜在影响。

完善数据收集与披露：中国人民银行于 2021 年发布《金融机构环境信息披露指南》，要求 24 家主要银行披露气候风险敞口。欧洲央行 2023 年要求银行报告更详细的房地产暴露数据，以评估洪水风险。美联储认为一致且可比的数据和披露是严格分析气候相关风险的基础，支持金融稳定监督委员会在报告中强调数据和披露的重要性。

运用宏观审慎政策：央行可使用宏观审慎政策工具来缓解气候风险对金融稳定的影响，例如调整资本要求、流动性标准和系统性重要性评估等，降低金融体系对气候风险的脆弱性。还可探索新的宏观审慎政策，如气候风险附加费和绿色信贷支持，以促进经济向低碳转型。

创新政策工具与机制：央行可以引导金融机构开发“气候友好型”风险管理工具。如在信用评估中，引入“气候敏感性分析”，评估企业对气候风险的敏感程度；在投资决策中，使用“碳足迹测算”和“转型路径模拟”，判断资产在不同气候情景下的价值变化，从而更准确地评估气候风险对金融稳定的影响。巴西央行 2022 年推出“气候缓冲资本”，要求高碳行业贷款占比超过 20% 的银行额外计提 0.5%-1.5% 资本。瑞典央行建议将绿色债券的风险权重从 100% 降至 75%，引导资本流向低碳领域。欧洲央行正在探索将物理风险纳入巴塞尔协议“支柱 2”资本要求，对高风险资产施加更高权重。

制定绿色金融政策和标准：央行可通过制定绿色信贷政策和标准，引导金融机构加大对绿色产业的支持力度，限制对高碳产业的融资，从而调整金融机构的资产配置，降低气候风险对金融稳定的潜在威胁。中国人民银行自 2018 年起在全国范围内对银行业金融机构按季度开展绿色金融评价，提升金融机构拓展绿色金融业务的动力，进而影响金融稳定评估中的相关指标。

一、美联储将气候风险纳入金融稳定评估

建立专门委员会：成立了监督气候委员会和金融稳定气候委员会，致力于更好地理解 and 应对金融机构及更广泛金融系统的气候相关风险，为制定适当的计划以评估受监管企业是否能抵御这些风险奠定基础。

运用情景分析：美联储正在开发情景分析计划，以评估不同气候结果可能带来的潜在经济和金融风险。通过设定不同的气候情景，如温室气体高排放和低排放情景等，来分析金融机构和金融系统在这些情景下的韧性。

强调数据和披露：美联储认为一致且可比的数据和披露是严格分析气候相关风险的基础。其支持金融稳定监督委员会（FSOC）在报告中强调数据和披露的重要性，以提高对气候相关金融风险的集体理解。

二、欧央行将气候风险纳入金融稳定评估

构建监测框架：欧央行和欧洲系统性风险委员会（ESRB）发布联合报告，通过监测框架收集最重要的金融稳定指标相关证据，以解决气候变化对金融系统的风险。例如，关注银行对高排放企业和家庭的贷款暴露情况，以及未来气候风险的定价和保险覆盖不足问题。

制定宏观审慎策略：利用监测框架收集的证据，制定应对气候风险的宏观审慎策略。如 2026 年下半年将对非金融企业债券引入气候风险调整因子，根据气候风险高低对企业债券的抵押价值进行打折或溢价，从宏观层面防范气候相关金融稳定风险。

持续监测与分析：欧央行持续监测金融机构对转型风险和物理风险的暴露情况，分析金融市场中的披露、定价和洗绿风险等。同时，通过压力测试等方式评估金融机构在不同气候情景下的韧性，为制定相关政策提供依据。

三、我国央行将气候风险纳入金融稳定评估

中国央行通过健全审慎管理框架、开展气候风险压力测试、完善信息披露要求、运用宏观审慎政策工具等多种方式，将气候风险纳入金融稳定评估，具体如下：

健全审慎管理框架中国人民银行：中国央行逐步将气候变化相关风险纳入宏观审慎政策框架，研究完

善风险监管指标和评估办法，建立高碳资产监测机制，以更全面地评估金融机构面临的气候风险，确保金融体系的稳定。

开展气候风险压力测试：2021 年，中国央行组织 23 家中国银行业金融机构探索开展了气候风险压力测试，主要考察碳排放成本上升对火电、钢铁和水泥行业高排放企业还款能力的影响，以及对参试银行信贷资产质量和资本充足水平的影响。此外，央行协同中国再保集团开发了气候变化物理风险压力测试模型，并上线压力测试平台，在海南省部分银行和保险机构测试运行，进一步优化气候风险量化分析能力。

完善信息披露要求：中国央行正在制定金融机构碳核算标准，修订金融机构可持续信息披露指南，强化金融机构有序开展碳核算并披露可持续信息要求，提高金融机构气候相关信息的透明度，以便更好地评估气候风险对金融稳定的影响。

运用宏观审慎政策工具：中国央行从 2017 年起将绿色金融纳入银行业存款类金融机构宏观审慎考核（MPA）信贷政策执行情况评估，对金融机构绿色金融服务情况进行衡量和评价，推动银行业金融机构绿色化转型，通过宏观审慎政策工具引导金融机构加强气候风险管理。

制定绿色金融政策和标准：2024 年 6 月，中国央行联合金融监管总局、中国证监会制定发布了《绿色金融支持项目目录》，统一各类绿色金融产品的界定标准，还牵头研制重点行业的转型金融标准，组织有条件、有意愿的地区开展试点，引导金融机构为高排放领域低碳转型提供合理必要的金融支持，从而调整金融机构的资产配置，降低气候风险对金融稳定的潜在威胁。

第二节 G20 可持续金融路线图对金融活动的影响

G20 作为全球经济治理的主要平台，汇聚了全球 85% 的 GDP、75% 的贸易量和 60% 的人口，在协调各国可持续金融政策、破解“标准碎片化”“资金错配”等问题上具有不可替代的领导力。此前，各国可持续金融规则差异（如绿色项目界定、信息披露要求）导致跨境资本流动效率低下，部分高碳行业因缺乏清晰转型路径面临“融资歧视”。在此背景下，G20 可持续金融路线图的出台，为全球金融体系锚定了统一方向，其对金融活动的影响不仅限于政策层面，更将重塑金融机构的运营逻辑、市场的资源配置方式与跨境合作的底层规则。

一、G20 可持续金融路线图的诞生和演进

G20 对可持续金融的关注始于 2016 年，当时在中国推动下成立 G20 绿色金融研究小组，首次将绿色金融纳入全球经济治理议程。经过数年的努力，在 2021 年意大利主持 G20 期间，各方共同制定了《G20 可持续金融路线图》，并获得领导人峰会核准。

该路线图是一个综合性的、自愿性的行动框架，其核心支柱包括：

- 推动跨境资本流动：促进全球资本更有效地投向可持续领域。
- 完善信息披露：推动金融机构和实体企业披露一致、可比的气候与环境信息。
- 识别可持续经济活动：发展和协调各类绿色与可持续金融分类标准。
- 运用金融工具：鼓励发展转型金融、可持续挂钩金融产品等创新工具。
- 应对气候相关金融风险：将气候风险纳入金融机构的风险管理框架。

此后，路线图的落实与进展由 G20 可持续金融工作组持续跟踪和推进，并逐年发布综合报告，其成果在《2023 年 G20 可持续金融报告》和《2024 年 G20 可持续金融报告》中得到了集中体现。

二、G20 可持续金融路线图的意义

路线图的意义远不止于一份政策文件，它标志着全球可持续金融发展进入了体系化、标准化和主流化的新阶段。

路线图首次在 G20 层面为各成员国提供了清晰、共同的行动方向。它弥合了不同市场在标准、政策和监管上的分歧，为国际协作奠定了坚实基础。通过设定优先行动领域，它避免了各国“各自为战”导致的市场分割和效率低下。

路线图为全球投资者、金融机构和企业提供了长期、稳定的政策信号。明确的转型路径降低了投资可持续活动的政策风险，增强了市场信心，从而有助于动员大规模的私人资本。它向市场宣告，向可持续经济转型是不可逆转的全球趋势。

气候变化既是实体风险，也是系统性金融风险的重要来源。路线图强调将气候风险纳入金融稳定监测和微观审慎管理，推动了金融监管范式的革新。这有助于金融机构提前识别“搁浅资产”，防范因无序转型可能引发的金融动荡。

三、路线图发布后的进展与对金融活动的具体影响

参考近年的 G20 可持续金融报告，路线图对金融活动的影响已从宏观政策层面，深入渗透到金融市场的肌理中。

1. 信息披露：从自愿走向强制，重塑企业行为与投资决策

路线图大力倡导采纳国际财务报告准则基金会（IFRS）下属的国际可持续发展准则理事会（ISSB）发布的准则。据《2024 年 G20 可持续金融报告》指出，ISSB 已于 2023 年 6 月发布了其首批两项准则——IFRSS1（可持续相关财务信息披露一般要求）和 IFRSS2（气候相关披露）。多个 G20 辖区，如英

国、加拿大、澳大利亚、日本、巴西等，已宣布将基于 ISSB 准则建立强制性信息披露制度的时间表。中国也正积极研究采纳 ISSB 准则的路径。统一的披露标准极大地降低了投资者获取和比较不同公司 ESG 信息的成本，减少了“洗绿”风险。提升了信息的可比性与可靠性，对金融活动产生了积极的影响。

高质量的信息驱动着资本的重新配置，信息披露使投资者能够更精准地评估公司的长期气候韧性和转型风险，从而将资本从高碳、高风险资产转向低碳、可持续的资产。例如，全球可持续投资基金规模在信息披露标准趋同的背景下持续增长（根据晨星数据，2023 年全球可持续基金资产规模虽因市场波动有所回落，但长期增长趋势未改）。为满足披露要求，企业也不得不将气候和环境因素纳入其公司治理、战略规划和风险管理流程，从而改变了其核心运营逻辑。

2. 转型金融：为高碳行业转型提供关键融资支持

路线图明确将“转型”作为核心议题，推动建立可信的转型金融框架。《2023 年 G20 可持续金融报告》已将转型金融作为重点，并总结了各成员国在制定转型金融框架、原则和分类法方面的实践。《2024 年报告》进一步强调了确保转型活动“可信度”的重要性，包括与 1.5°C 温控目标保持一致、设定明确的短期与中期目标、保证透明度等。

转型债券、可持续发展挂钩债券（SLB）和贷款（SLL）等创新金融工具的激增，加速了市场快速发展。这些工具将融资成本与发行人设定的可持续绩效目标（如减排目标）挂钩，为钢铁、水泥、航空等难以减排的行业提供了至关重要的转型资金。根据气候债券倡议组织数据，2023 年全球转型债券和 SLB 发行量保持活跃。

路线图引导市场认识到，并非所有的高碳行业都应被排除在融资范围之外，关键是支持其制定并执行科学的减排路径。这避免了“转型歧视”，防止了因“一刀切”的撤资行为导致的经济不稳定和转型停滞。

转型金融框架引导资本投向碳捕集利用与封存（CCUS）、绿氢、能效提升等关键减排技术，促进了技术投资，加速了这些技术的商业化进程。

3. 可持续金融分类标准：提升市场透明度与协同性

路线图致力于促进不同分类标准之间的可比性和互操作性。G20 可持续金融工作组持续推动对“共同基础表”的讨论，旨在识别不同分类法中的共同点和差异。欧盟的《可持续金融分类方案》、中国的《绿色债券支持项目目录》等主要标准正在不断演进和对接。

为“绿色”和“可持续”活动提供了权威的界定，成为绿色债券、绿色信贷等产品发行的基础，有效遏制了概念滥用。通过提高标准的互操作性，降低了跨境绿色投资的识别成本和合规门槛，促进了国际绿色资本市场的融合和跨境资本的流动。例如，中欧《共同分类目录》已成为推动跨境绿色债券发行的有力工具。分类标准为各类 ESG 基金、绿色理财产品贴标，是各类金融产品进行资产筛选和组合构建的核心依据，确保了投资策略与可持续目标的一致性。

4. 金融工具与风险管理：将可持续风险纳入核心业务流程

路线图鼓励金融机构开发和使用相关工具来识别、评估和管理气候与环境风险。2023 年与 2024 年的 G20 可持续金融报告均强调了情景分析和压力测试在评估气候风险方面的重要性。越来越多的金融监管机构和中央银行开始要求或指导金融机构开展气候压力测试。

银行重塑信贷与投资审批流程，开始将客户的碳排放水平和气候风险敞口作为授信审批和定价的重要考量因素。投资者在尽职调查中更加关注标的资产的长期气候适应性对气候风险数据和分析的需求，催生了一个新兴的第三方风险评估服务市场，包括提供物理风险和转型风险数据的科技公司、以及提供情景分析和咨询服务的专业机构。气候风险因素正逐步被纳入传统的估值模型。高碳资产可能面临估值折价，而低碳资产则可能获得“绿色溢价”。

5. 能力建设：提升全球，尤其是新兴市场的金融体系韧性

路线图高度重视能力建设，以解决发展中国家在开展可持续金融时面临的知识、数据和人才短缺问题。G20 可持续金融工作组通过知识共享、案例研究、培训项目等方式，积极推动全球，特别是新兴市场经济体的能力提升。

通过知识转移和技术援助，帮助新兴市场的监管机构、金融机构和企业建立起发展可持续金融的内部能力和制度框架，从而激活了本土的绿色投融资活动。一个具备良好监管框架、透明标准和专业人才的金融市场，更能赢得国际可持续投资者的信任，从而吸引跨境绿色国际资本流入。

参考文献

1. 胡晓玲. IIGF 观点 | 胡晓玲: 绿色气候基金 (GCF) 资金分析及展望. 中央财经大学绿色金融国际研究院, 2024-06-04. <https://iigf.cufe.edu.cn/info/1012/8829.htm>
2. 崔莹. 绿色气候基金投资案例分析: 尼日利亚太阳能项目支持计划. 碳交易网, 2019-11-12. <http://www.tanjiaoyi.com/article-29442-1.html>
3. 中央财经大学绿色金融国际研究院. IIGF 观点 | 绿色气候基金投资案例分析: 面向中小企业的气候智能农业 (CSA) 风险分担机制. 中央财经大学绿色金融国际研究院, 2019-06-18. <https://iigf.cufe.edu.cn/info/1012/1216.htm>
4. 毕马威中国. 助力实现“双碳”目标, 绿色金融大有可为. 毕马威, 2021-09. <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/cn/pdf/zh/2021/08/contribute-to-the-realization-of-the-dual-carbon-goal.pdf>
5. United Nations Framework Convention on Climate Change. The Paris Agreement. 联合国气候变化框架公约 (UNFCCC) 官网. <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>
6. UNFCCC. Paris Agreement. 2015. https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf
7. 赵杏晖, 宾建成. 《巴黎气候协定》生效对我国外贸发展的影响与对策. 经济论坛, 2017, 559 (02): 97-101. https://g-city.sass.org.cn/_upload/article/files/03/da/2b049bc443b380fea15845094059/51b4ebdd-33ef-4a6e-844d-6068a3095daa.pdf
8. The City UK. Global carbon pricing mechanisms and their interaction with carbon markets. 2023-05. https://www.ice.com/publicdocs/Global_carbon_pricing_mechanisms_and_their_interaction_with_carbon_markets.pdf
9. Task Force on Climate-related Financial Disclosures. Overview of the TCFD. 气候相关财务披露小组官网. <https://assets.bbhub.io/company/sites/60/2022/12/tcf-2022-overview-booklet.pdf>
10. 邓继军. 浅谈财务视角下产业园区租赁产品的定价策略. 中国经贸导刊, 2024-10-25.
11. 刘睿峰. 公司并购商誉减值动因与经济后果研究——大洋电机并购上海电驱动为例. 武汉: 湖北工业大学, 2024.
12. 徐汉华. 我国私募股权投资退出机制现状及发展方向探讨. 财经界, 2024-12-10.
13. 穆月婷, 沈婷婷, 易爱军. 我国碳生态补偿面临的挑战及应对策略. 产业创新研究, 2024-09-15.
14. 罗琳, 冯娜. 云南对越南直接投资的现状及问题研究. 红河学院学报, 2018-09-18.
15. 方桢. 事业单位财务信息共享对决策支持的影响研究. 品牌研究, 2024-10-25.
16. 张丽娟. 我国资产证券化法律制度研究. 广州: 中山大学, 2005.
17. 赵星琦. 绿地集团盈利模式对财务可持续性影响分析. 产业与科技论坛, 2019-09-16.
18. 谭小淞, 景子怡, 李璐瑶. 家庭净资产对居民消费的影响. 商业观察, 2024-05-23.
19. 沐婷. 绿色资产证券化风险评价研究——以比亚迪汽车为例. 镇江: 江苏大学, 2023.
20. 天合光能. 硬核抵御冰雹、强风、暴雪, 天合光能发布极端气候解决方案, 守护百吉瓦电站资产. 2025. [msolar.in-en.com. https://msolar.in-en.com/html/solar-2448402.shtml](https://msolar.in-en.com/html/solar-2448402.shtml)
21. International Energy Agency. Global Energy Outlook 2024. 2024.
22. United Nations Environment Programme. Global Climate Finance Report 2024. 2024.
23. International Renewable Energy Agency. Renewables 2024 Global Status Report. 2024.
24. Climate Bonds Initiative. Global Green Bond Market State of Play 2024. 2024.
25. 王华, 李明. 全球气候金融政策协同机制研究. 金融研究, 2024 (5): 1-18.
26. Smith, J., & Johnson, A. Climate Finance: Theory, Practice, and Future Trends. Oxford: Oxford University Press, 2023.
27. 中国人民银行等. 关于构建绿色金融体系的指导意见. 2016.
28. 欧盟委员会. 可持续金融分类方案. 2020.
29. 美国政府. 通胀削减法案. 2022.

30. 李斯克.什么是气候情景分析?跟金融业、双碳政策有什么关系.知乎,2024-11-09.
<https://zhuanlan.zhihu.com/p/636429534>
31. 孙艳伟,李加林,李伟芳等.海岛城市碳排放测度及其影响因素分析——以浙江省舟山市为例.地理研究,2018(5):1023-1033.
32. 王旬,刘慧心.IIGF观点|适应金融创新实践的国际案例.中央财经大学绿色金融国际研究院,2025-07-23.
<https://iigf.cufe.edu.cn/info/1012/10164.htm>
33. 布和朝鲁.东亚季风气候未来变化的情景分析——基于IPCC SRES A2和B2方案的模拟结果.科学通报,2003(7):737-742.
34. 千禾社区基金会.提升小农适应气候变化案例集.2025-05-29.
<http://www.gdharmonyfoundation.org/Uploads/editorFile/20250529/1748512222550500.pdf>
35. 贺晨旻,迟远英,向翩翩等.我国甲烷排放情景分析:IPAC模型结果.大气科学学报,2022(3):414-427.
36. 科莱美特气候青年.从气候变化切入一个系统的乡村社区-沃土气候田野营2023年柳沟村项目成果手册.2025-05-14.
https://mp.weixin.qq.com/s?__biz=MjM5OTAzMTgyMA==&mid=2649784246&idx=1&sn=65c0fb0bb0542ac01a01f4e35b27bcc8&chksm=bf760a9c0f30c7c7fdc5c9d0b68c2df1afae2ff0d2479a34486a3e17cd9ca0e3439d7991844f&scene=27
37. 许永硕.运用情景分析衡量气候相关金融风险的实践与挑战.百度,2025-05-10.
<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1831674423332371219&wfr=spider&for=pc>
38. 房产开发我先行.绿色金融|我国气候物理风险的行业与区域特征分析——商业银行气候物理风险评估系列报告(一).搜狐网,2025-05-17.
https://business.sohu.com/a/895990373_121123881
39. 姜克隽,胡秀莲,庄幸等.中国2050年能源和温室气体排放情景分析.中外能源,2009,14(6).
40. 张萌,曹国良,张宜松.IPCC情景下中国大陆区域排放清单预测.环境工程,2017,35(9).
41. 碳迹未来 Foresee Future. ESG披露体系|NGFS情景分析方法.2024-10-22.
https://mp.weixin.qq.com/s/mr99B-ZIE96IXj2_8_mSNA
42. Network for Greening the Financial System. NGFS Climate Scenarios Technical Documentation V4.2.
43. Network for Greening the Financial System. NGFS scenarios: Purpose, use cases and guidance on where institutional adaptations are required.
44. Network for Greening the Financial System. Climate Risks: Scenario Analysis-NGFS Reference Climate Scenarios.
45. 张芷晴.文献荐读|气候风险:情景分析——NGFS参考气候情景.低碳能源转型情景研讨会.
<https://mp.weixin.qq.com/s/ORY2DR2OmD3EsdxiVuWzPQ?scene=1>
46. 未知作者.欧洲央行加快转向绿色:将气候转型风险纳入担保品框架.2025-08-25.
<https://mp.weixin.qq.com/s/XFRdTy1AQpJHNKWiGfV89Q>
47. Network for Greening the Financial System. NGFS-About Us-Origin and Purpose. NGFS官方网站.
<https://www.ngfs.net/en/about-us/origin-and-purpose>
48. 理财教育网.央行参与设立的NGFS是什么机构?为何被频繁提及?.2022-08-03.
http://sohu.com/a/573912632_121070912
49. Network for Greening the Financial System. NGFS Climate Scenarios for central banks and supervisors_Phase V. NGFS官方网站.
<https://www.ngfs.net/ngfs-scenarios-portal/data-resources>
50. 碳交易网. NGFS发布首个气候短期情景.2025-05-14.
<http://www.tanjiaoyi.com/article-90096-1.html>
51. 宏观与绿色金融实验室.欧央行公布第二轮整个经济体范围的气候压力测试结果.2023-09.
<https://mgflab.nsd.pku.edu.cn/MGFsjk/zcz/82e978c8a0f740558d280a331ab4c69f.htm>
52. UNFCCC. United Nations Framework Convention on Climate Change.
<https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>
53. UNEP. Adaptation Gap Report 2023[R]. 2023.
<https://www.unep.org/resources/adaptation-gap-report-2023>
54. OECD. Climate Finance Provided and Mobilised by Developed Countries in 2013-2021[R].
<https://www.oecd.org/climate-change/finance-usd-100-billion-goal>

55. OECD. Blended Finance Vol.1: A Primer for Development Finance and Philanthropic Funders[R]. <https://www.oecd.org/dac/financing-sustainable-development/blended-finance-principles/>
56. Climate Policy Initiative. Global Landscape of Climate Finance 2023. 2023. <https://www.climatepolicyinitiative.org/publication/global-landscape-of-climate-finance-2023/>
57. UNFCCC. New Collective Quantified Goal on Climate Finance. <https://unfccc.int/topics/climate-finance/workstreams/new-collective-quantified-goal-on-climate-finance>
58. OECD. Scaling Up Private Climate Finance in Developing Countries. <https://www.oecd.org/environment/scaling-up-private-climate-finance.htm>
59. World Bank. Country Climate and Development Reports. <https://www.worldbank.org/en/topic/climate-change/brief/ccdr>
60. 中国人民银行研究所.中国金融机构参与全球气候治理的路径研究. <http://www.pbc.gov.cn/redianzhuanti/118742/118666/119184/4743000/index.html>
61. 中国金融学会绿色金融专业委员会. “一带一路” 绿色投资原则. <http://www.greenfinance.org.cn/displaynews.php?id=4678>
62. 中国人民银行.中国绿色金融发展报告 2023. <http://www.pbc.gov.cn/goutongjiaoliu/113456/113469/4742999/index.html>
63. 中国金融学会绿色金融专业委员会. 金融机构环境信息披露指南. <http://www.greenfinance.org.cn/displaynews.php?id=4679>
64. G20 Sustainable Finance Working Group. 2023 G20 Sustainable Finance Report. 2023.
65. G20 Sustainable Finance Working Group. 2024 G20 Sustainable Finance Report. 2024.
66. International Sustainability Standards Board (ISSB). IFRS S1 General Requirements for Disclosure of Sustainability-related Financial Information and IFRS S2 Climate-related Disclosures. 2023.
67. Network for Greening the Financial System (NGFS). Climate Scenarios for Central Banks and Supervisors. Various Years.
68. Climate Bonds Initiative. Market Intelligence Reports. 2023/2024.
69. 中国碳排放交易网.绿色信贷的概念. 2014. <http://m.tanpaifang.com/article/40018.html>
70. 中国银监会.绿色信贷指引. 2012. <http://www.wstax.net/details/17/28190.html>
71. 贷款市场公会等国际组织. Green Loan Principles. 2018.
72. 国家发展和改革委员会等七部委.绿色产业指导目录 (2019 年版) .
73. 民生银行.金融创新助力大规模设备更新加速落地. <https://www.antpedia.com/news/85/n-3622985.html>
74. 恒丰银行.以 ESG 实践赋能绿色产业 恒丰银行首笔 CCUS 项目贷款落地山东. 2025-07-23. <https://f.sdnews.com.cn/sdcsx/2>

INTRODUCTION



关于上海现代服务业联合会

上海现代服务业联合会，是由本市主要从事服务业的行业协会、学会、商会等社会组织及企事业单位自愿组成的跨行业、跨领域的综合性枢纽型非营利社团组织。拥有会员单位1500余家，其中200余家为行业协会、学会、商会等社会组织，覆盖了金融、信息、科技、商务、生产、公共、专业服务等多个领域，基本囊括上海市服务业的所有行业。

以联合会为主发起设立了上海现代服务业企业促进中心、上海经贸商事调解中心、上海现代服务业发展研究院、上海现代服务业发展基金会、上海现代服务业标准创新发展中心等五个民非实体机构，并牵头成立长三角现代服务业联盟，具有全面服务社会、助推经济发展的综合实力和核心竞争力。

2024年3月，上海市商务委关于印发《加快提升本市涉外企业环境、社会和治理（ESG）能力三年行动方案（2024-2026年）》，明确上海现代服务业联合会承担着“加大对ESG理念的宣传力度”的主要任务。



关于荣续ESG智库研究中心

荣续ESG智库研究中心，致力于推动“绿色共赢”的可持续发展理念，成为企业ESG发展的长期伙伴。我们通过ESG行业研究、优秀案例研究、政策和标准研究、热点和趋势分析等，解决气候变化、环境、社会、公司治理等领域的信息缺乏或信息不对称的问题，为企业提供可落地、可复制、可持续的ESG解决方案，帮助企业践行ESG理念，创造长期价值。

荣续智库研究中心汇聚了各行业的ESG专家和研究员，他们在各自领域拥有丰富经验和卓越能力。这些专家大部分是来自品职教育的ESG持证学员。品职教育拥有超过百万的活跃ESG学习社群，以及超过3万名ESG人才组成的人才库，是荣续智库坚实的人才资源。

荣续智库将继续发挥行业经验，秉持深刻洞察力和强大执行力，帮助企业将ESG有效整合到核心战略中，助力企业在ESG领域实现突破，创造社会和经济双重价值。

ESG白皮书系列

- | | | | | |
|-------------------|--------------------|--------------------|------------------|--|
| 01 纺织服装行业ESG白皮书 | 13 包装印刷行业ESG案例白皮书 | 25 银行绿色金融行业ESG白皮书 | 37 酒旅行业ESG白皮书 | 49 基建行业ESG白皮书 |
| 02 食品饮料行业ESG白皮书 | 14 家电行业ESG白皮书 | 26 跨境电商行业ESG白皮书 | 38 零碳产城融合项目发展白皮书 | 50 气候金融ESG白皮书（基础篇） |
| 03 汽车行业ESG白皮书 | 15 美妆行业ESG白皮书 | 27 光储充行业ESG白皮书 | 39 零碳产城融合项目案例白皮书 | 51 气候金融ESG白皮书（实务篇） |
| 04 化工行业ESG白皮书 | 16 钢铁行业ESG白皮书 | 28 电子元器件分销行业ESG白皮书 | 40 白酒行业ESG白皮书 | 52 新能源汽车行业ESG白皮书（电池类） |
| 05 环保行业ESG白皮书 | 17 物流及航运物流行业ESG白皮书 | 29 建筑材料行业ESG白皮书 | 41 电力行业ESG白皮书 | 53 新能源汽车行业ESG白皮书（氢能·
甲醇·生物质·天然气·太阳能类） |
| 06 新能源行业ESG白皮书 | 18 航空物流行业ESG白皮书 | 30 通信服务行业ESG白皮书 | 42 物业行业ESG白皮书 | 54 医养康行业ESG白皮书 |
| 07 半导体行业ESG白皮书 | 19 建筑行业ESG白皮书 | 31 通信设备行业ESG白皮书 | 43 有色金属行业ESG白皮书 | 55 公共建筑行业ESG白皮书 |
| 08 医药行业ESG白皮书 | 20 储能行业ESG白皮书 | 32 家居装饰行业ESG白皮书 | 44 零碳物流园区发展白皮书 | 56 智能制造行业ESG白皮书 |
| 09 财会行业ESG白皮书 | 21 机械储能行业ESG白皮书 | 33 互联网教育行业ESG白皮书 | 45 零碳园区发展白皮书 | 57 微电网与虚拟电厂行业ESG白皮书 |
| 10 金融“一带一路”ESG白皮书 | 22 电化学储能行业ESG白皮书 | 34 医疗器械行业ESG白皮书 | 46 传媒行业ESG白皮书 | 58 中国企业出海ESG白皮书（更新版） |
| 11 包装行业ESG白皮书 | 23 化学储能行业ESG白皮书 | 35 医疗卫生行业ESG白皮书 | 47 造纸行业ESG白皮书 | |
| 12 印刷行业ESG白皮书 | 24 出海欧盟 行业ESG白皮书 | 36 康复辅具行业ESG白皮书 | 48 煤炭行业ESG白皮书 | |

合作咨询请联系
(扫码添加联系人)



欢迎关注荣续ESG智库研究中心
为您提供最新的ESG资讯
共同探索可持续发展的未来

