

保险气候风险管理与人工智能技术

应用研究报告



随着全球气候变化日益加剧，极端天气事件频发、气候不确定性上升，保险行业作为社会风险管理的核心机制，正面临前所未有的挑战与转型压力。在此背景下，人工智能（Artificial Intelligence, AI）技术的快速发展为保险业应对气候风险变化提供了全新的方法和逻辑，并在数据处理、风险识别、评估建模、理赔管理等多个环节展现出强大的能力。

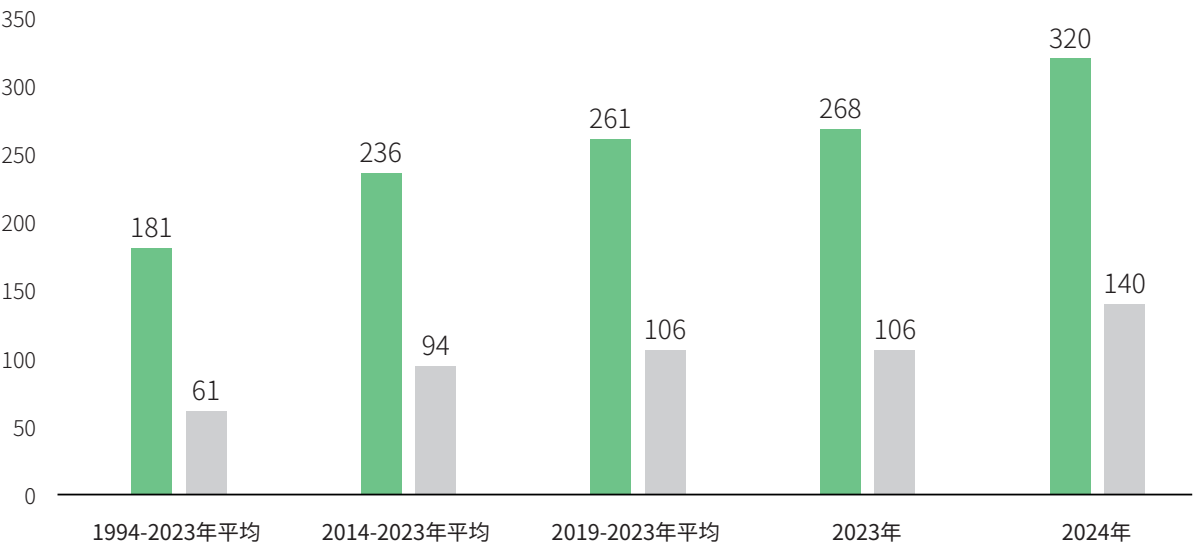
本文聚焦保险气候风险管理与人工智能技术的结合应用开展前瞻性研究。首先，分析气候变化对财险与寿险公司造成的多重影响，梳理保险行业在风险暴露、产品结构与制度适应方面的响应趋势。随后，系统探讨人工智能如何通过风险识别、动态评估、自动理赔与个性化产品创新，优化传统保险流程与技术逻辑。在此基础上，进一步揭示人工智能赋能过程中所面临的数据合规、算法偏差与制度嵌套等关键挑战，并从政策与技术协同角度展望其未来发展方向。通过机制剖析与案例研究相结合的方式，本章旨在为保险行业构建韧性化、智能化的气候风险应对体系提供系统性参考，推动保险业迈向更加智能、高效、前瞻的气候风险管理模式。

气候风险对保险行业的影响

1.1 财险公司：致灾与承灾双重压力下的赔付风险上升

近年来，气候变化引发的物理风险表现出显著的演化趋势，不仅在发生频率上快速上升，还在灾害强度、空间分布等方面发生系统性改变。这一趋势直接造成财产保险行业赔付端承压。据慕尼黑再保险公司（Munich Re），2024 年全球自然灾害的平均经济损失约为 3200 亿美元，较 2023 年增加了 19.4%，比前十年平均经济损失增加了约 840 亿美元。与之对应地，保险损失也在呈现出相同的变化趋势：2024 年，全球保险损失为 1400 亿美元，较 2023 年增加了 32%，比前十年平均保险损失增加了约 460 亿美元（图 1）。

财产保险赔付压力的上升，主要来自于两个方面：一是致灾端，气候变化使得极端事件的发生频率与强度不断增加；二是承灾端，气候变化导致风险的分布与风险暴露区域不断扩大，使得可保资产面临更广泛的自然灾害威胁。



数据来源：Munich Re《Natural disasters in 2024》

图 1 自然灾害与保险损失情况（单位：十亿美元）

表 1 气候物理风险变化情况

灾害类型	数据来源	变化情况
 洪涝灾害	EM-DAT 国际灾害数据库	1980年代全球每年平均发生重大洪灾约62起，而2020年代初期（2020–2023年）该数字上升至年均178起，增幅接近三倍，且呈持续上升趋势。特别是在南亚与东南亚地区，洪涝灾害已从间歇性事件演变为几乎每年发生的常态过程。
 极端高温	欧洲气象局 (EUMETNET, 2023)	欧洲大陆共发生2次影响广泛的跨国热浪事件，而2010–2023年间，类似热浪事件发生次数已增至至少8次，平均每两年就发生一次。特别是2018年、2019年、2022年和2023年，热浪均打破当年同期多国历史高温纪录，显示高温事件不仅频发而且强度增强。
 森林火灾	加拿大自然资源部 (Natural Resources Canada, 2024)	2010–2019年间，加拿大年均林火事件约7,600起，年均烧毁面积约270万公顷，而2023年单年林火事件超过8,000起，烧毁面积突破1,400万公顷，创下历史新高。这种“火灾季节”长度拉长、过火区域扩大的趋势，亦反映出气候异常引发的灾害频率与持续性均在同步上升。

数据来源：由作者收集整理

1.1.1.1. 致灾端：极端天气事件频率与强度上升

一是频率显著增加。近年来，全球范围内极端自然灾害的发生频率持续上升，气候相关风险呈现常态化趋势。根据世界气象组织（WMO）与联合国减灾办公室（UNDRR）联合发布的《2021 年全球灾害评估报告》，气候相关自然灾害的年均发生次数已由 20 世纪 80 年代的约 100 起上升至 2010 年代以后的每年超过 350 起，增长约 3.5 倍。其中，洪涝、热浪和森林火灾的频次增长尤为显著（具体变化情况见表 1）。此外，政府间气候变化专门委员会（IPCC）在其第六次评估报告中指出，受全球变暖影响，高温、强降水、干旱等极端事件在多个区域呈多发趋势，并认为这一趋势将在未来几十年持续强化。二是强度不断增大。除了频率上升，极端气候事件的破坏力亦显著增强，表现为风速更高、气温更极端、降水更集中、干旱更持久，导致更严重的次生灾害和经济损失。例如，2022 年欧洲经历历史罕见的高温热浪，法国、西班牙等地连续多日气温超过 45°C，导致 6 万人死亡（Ballester 等，2023）；中国中部的“7·20”郑州暴雨短时间内极端降雨突破历史纪录，3 天内降雨 617 毫米，相当于年均量一半，造成 398 人死亡，直接经济损失逾 1200.6 亿元。

1.1.1.2. 承灾端：风险暴露面扩大与资产集中

随着全球气候系统的持续变暖，物理风险在地理分布上正发生变化，原本相对安全的区域正逐步演化为新兴高风险区，气候灾害的空间风险图谱面临重构的可能。以欧洲为例，根据哥白尼气候变化服务中心（C3S）的数据显示，2022 年欧洲年平均气温较工业化前上升约 2.3°C，是全球平均增幅的近两倍，极端高温和干旱事件已从南欧蔓延至中欧乃至斯堪的纳维亚半岛，打破了欧洲温带地区“气候安全区”的传统印象（Copernicus Climate Change Service, 2023）。同样在中国，原本降水集中于南方的格局正在改变，极端强降水和干旱交替发生的现象开始频繁出现在华北和黄淮地区。例如 2023 年台风“杜苏芮”残余环流则引发京津冀大范围洪涝灾害，揭示了传统非高风险区在极端天气频发背景下的风险上升态势。此外，在北美，加州与加拿大西部传统冷温带区域的山火频率与强度也持续攀升。据美国国家海洋与大气管理局（NOAA）和瑞士再保险研究院（Swiss Re Institute）统计，2023 年加拿大森林火灾总面积超过 1800 万公顷，为历史同期均值的 8 倍，烟霾波及纽约、芝加哥等地，导致空气质量急剧恶化（NOAA National Centers for Environmental Information，

2025; Swiss Re Institute, 2024)。这些证据表明,气候变化正在突破以往地理分布边界,使得温带、中纬度乃至寒带地区日益暴露于自然灾害风险之下,区域物理风险结构可能正向着更广阔且更具不确定性的方向演变。

1.1.3. 需求端：推动保险需求扩大

气候变化也引起了保险市场需求的变化,推动气候相关保险需求扩大。随着公众对气候风险敞口保护意识的提高,企业和个人通过购买保险进行气候风险转移的意识逐步提升。气候变化导致的新的风险需求,也将为保险行业带来了新的市场机遇。比如,在财产保险领域,极端天气事件频发将推高财产损失风险,沿海地区房屋因风暴潮、洪水导致的损毁风险增加,海平面上升导致的房屋损失风险,促使业主寻求更高保额的财产保险;在农业保险领域,干旱、暴雨等灾害使农作物减产风险上升,推动农业保险覆盖范围从单一产量保障扩展至全产业链风险,包括种子、灌溉设施及市场价格波动;在责任保险领域,企业因气候变化引发的环境污染、碳排放超标等责任风险加剧,这或将推动环境污染责任保险和碳排放权交易责任保险等保险需求的增长。

1.2 寿险公司：资产久期与碳暴露交织中的投资风险加剧

与财产险公司相比,寿险公司无论是在业务结构还是盈利模式上都存在显著差异,这也决定了二者对气候风险的敏感性路径存在本质不同。对于财产险公司而言,气候风险主要通过物理风险路径传导,表现为极端天气事件引发的有形财产损失显著增加,从而直接推高赔付率,使得财产险公司面临实质性的承保压力。

相比之下,寿险产品则具有保障期限长、现金流稳定、赔付节奏可预测等特点,其核心风险假设建立在死亡率基础之上。就中国国情而言,当前气候物理风险对寿险负债端的影响仍较为温和:一方面,国家医疗保障体系日趋完善,医保覆盖广泛且分摊能力强,极大程度缓释了因气候变化引发的健康支出风险;另一方面,城市公共卫生系统在应对极端气候事件所致传染病、热射病等方面具备较强能力,使得突发健康事件对寿险赔付的实际冲击有限。此外,从精算视角看,寿险公司当前所使用的死亡率表及相关假设

仍延续人口预期寿命缓慢提升的长期趋势,尚未显现出显著受气候变化扰动的结构性拐点。

然而,寿险公司作为长期资金的重要运用方,其资产配置结构对气候风险,特别是转型风险的敏感性正在逐步显现。寿险资金体量大、期限长,广泛投资于债券、基础设施、不动产与长期股权等领域,其中相当比例资产仍与高碳行业密切相关。在“碳达峰—碳中和”政策背景下,传统高碳资产面临政策收紧、技术替代和市场偏好转变等多重重估压力,可能引发资产价值贬损、收益下降甚至流动性受限,从而对寿险公司的资产负债匹配能力、利润稳定性及偿付能力构成实质性挑战。因此,相较于负债端的影响,投资端的资产重估风险已成为气候变化冲击寿险公司财务稳健性的核心路径。总体来看,主要体现在以下几个方面:

1.2.1. 高碳资产的价值重估风险上升

目前寿险公司在资产配置中有一部分资金投资于能源、公用事业、交通运输等高碳行业债券或长期项目。据《2021年保险业统计年报》显示,当年保险资金总资产为23.3万亿元,其中用于基础设施类债券和股权投资的规模超过3.3万亿元,占比约14.2%,为寿险资产配置中占比第二高的资产类别。这类资产通常具有收益相对稳定、期限结构与负债相匹配等特征,契合寿险资金“长期性与稳健性”并重的投资偏好。然而,在碳定价、排放约束和绿色税收等政策持续强化的背景下,相关行业面临成本上升与资产贬值的双重压力。部分高碳资产的信用风险将随之上升,影响寿险公司的资产安全性和收益率水平。

1.2.2. 绿色投资供需错配带来的配置难题

政策推动下,绿色金融正在成为主流方向,寿险公司被要求逐步提升绿色资产配置比例。然而,当前高质量绿色资产供给相对有限,且多以中短期债券形式存在,难以满足寿险资金久期匹配与收益稳定的双重要求。这种供需错配可能迫使寿险公司在绿色转型过程中面临收益下降或组合失衡的风险。

1.2.3. 声誉风险驱动的非市场性投资调整

在ESG监管与市场舆论的双重推动下,寿险公司面临更高的声誉管理压力。若继续投资于高碳行业,可能遭遇投资者质疑、评级机构下调、舆情曝光等问题,影响公司

形象与资本市场表现。因此，即便某些高碳资产尚具有良好收益预期，也可能因声誉风险而被迫减持，从而引发投资收益与责任匹配之间的矛盾。

1.2.4. 转型节奏不确定性加剧组合管理挑战

气候转型节奏在行业与区域间存在高度不确定性，相关政策与技术变革可能呈现“突变式”冲击。这种非线性风险特征对寿险公司的资产组合管理、压力测试和情景分析能力提出更高要求，尤其是在长期负债持续存在的背景下，投资端若发生剧烈波动，可能导致资产负债匹配失衡、偿付能力下降等连锁反应。

1.3 未来保险行业：气候风险深化中的制度适应与前瞻转型

诚然，短期内气候风险尚难在运行模式或技术路径上对保险公司在制度逻辑或商业模式层面产生本质性影响，然而随着气候变化加速演进，其影响可能会逐步从边缘扰动转向核心变量。因此，随着气候变化的持续演进及其系统性外溢效应的累积，未来保险行业是否会在承保逻辑、运行模式、精算假设以及监管框架等方面经历一系列更深层次的调整与演化，这些值得思考。接下来，将从三个方面探讨气候变化背景下，保险行业可能发生、或者正在发生的深层次转变。

1.3.1. 从灾后补偿向风险前置转型

在气候变化背景下，极端天气事件呈现出频率升高、强度增强、空间分布趋于复杂化等趋势，使得传统以灾后赔付为核心的承保逻辑将面临日益严峻的可持续性挑战。一方面，极端灾害事件发生频率和强度持续攀升，导致历史赔付数据在预测未来损失上的参考价值下降，使得基于经验模型的定价结果更易偏离真实风险水平；另一方面，风险高度集中也加剧了区域性共振损失，对保险公司的再保安排和资本准备提出更高要求，增加了系统性赔付压力。因此，保险公司的承保结构正呈现出从事后补偿向事前干预逐步倾斜的趋势。

以农业保险为例，农业保险经营主体的服务模式正从“风险等量管理”向“风险减量管理”持续演进。保险经营主体一方面借助气象预警系统，提前向农户推送极端天气信息，提升防灾减损效率；另一方面，通过遥感、无人机、物联网等技术手段，对作物生长状况进行动态监测，为农

户提供生产决策支持和灾情分析服务。在此基础上，部分保险服务还进一步延伸至农业基础设施领域，通过组织实施防洪、抗旱、病虫害防治等措施，从源头改善农业生产条件，全面增强风险抵御能力。

1.3.2. 定价或将逐步引入气候风险因子

气候风险持续演变，传统依赖历史经验数据构建的保险定价模型或将面临适应性压力。极端气象事件的不确定性增加，使基于既往赔付记录和风险频率的定价方法在反映未来风险结构上的有效性受到考验。在此背景下，保险公司可能需要探索将更多气候相关的变量引入到产品定价逻辑中。例如气象要素（如高温日数、极端降水概率）、区域性暴露指标（如土地利用密度、防灾能力）乃至碳排放数据等，均可作为未来费率调整的参考依据。这种变化不仅有助于提升风险识别的前瞻性，还可能推动定价因子从静态转向动态，逐步建立更具气候敏感性的费率机制。

动态定价机制的建立，意味着保险定价将不再仅基于历史损失统计，而是综合考虑实时气候数据、风险预测模型与未来趋势判断。这种机制有望提升风险识别与评估的敏感性与时效性，推动保险产品在覆盖气候相关风险方面更具弹性与精准性。

1.3.3. 行业治理框架或将引入更系统性的气候风险管理机制

随着气候风险对金融体系潜在冲击的认知不断深化，全球多个国家和地区的监管机构已开始推动气候相关风险纳入保险行业治理体系之中。不同于传统聚焦偿付能力和运营合规的监管逻辑，气候风险治理更加强调前瞻性、系统性和跨部门协同，要求保险机构在组织架构、风险管理流程、信息披露等方面建立更为全面的应对机制。

在国际层面，多个监管组织已先行探索相应机制。如国际可持续保险论坛（SIF）、国际保险监督官协会（IAIS）等机构，近年来相继发布了关于气候风险监管原则与实施指引，强调将气候因素纳入企业治理、战略规划与资本评估体系，并鼓励开展情景分析与压力测试。以气候相关财务信息披露框架（TCFD）为代表的披露标准，也正逐步成为全球主要保险市场强化气候风险透明度的关键工具，英国、新西兰、日本、加拿大、瑞士等国家已将其纳入强制监管要求。在欧盟、英国等地区，监管机构更进一步推动气候信息纳入企业年度报告，强化绿色投资的风险控制标准。

在此趋势下，我国监管体系亦有望逐步接轨国际惯例，从宏观审慎角度引导保险机构提升对气候风险的识别、评估与管理能力。这不仅意味着监管口径上将纳入更多与气候相关的风险指标，也可能引导保险公司在治理结构中设立专职的气候风险管理职责，并将相关内容纳入内控、战略、审计和高管激励机制中。特别是对寿险与大型保险集团而言，其资产端与长期负债特性决定了更高的气候风险敏感性，因此在投资指引、资本充足率评估及流动性监管中，未来可能引入更多与气候情景相关的考量因素。

人工智能在保险气候风险管理中的应用

人工智能作为当前技术进步的重要方向，正在为保险公司应对气候风险提供新的工具和方法。相较于传统模式，人工智能在信息提取、复杂关系建模和大数据处理方面具有明显优势，使得保险机构在风险识别、评估、理赔与产品设计等环节具备更高的响应效率和更强的适应能力。在气候风险频发、不确定性增强的背景下，探索人工智能技术的实际应用路径，有助于提升保险行业的风险感知能力与管理精度。以下将围绕风险识别、风险评估、理赔管理与产品创新四个方面展开讨论，分析人工智能在各关键环节中的具体作用与应用案例。

2.1 人工智能在保险气候风险识别中的应用

在保险行业中，风险识别是指对企业、家庭或个人面临的以及潜在的风险加以判断、归类和风险性质进行鉴定的过程，即对尚未发生的、潜在的和客观存在的各种风险，系统地、连续地进行识别和归类，并分析产生风险事故的原因（赵春梅和郭颂平，2006）。风险识别是保障风险管理有效性的首要环节，它不仅仅是发现某种风险是否存在，更是要判断其性质、识别其形态、理解其成因。

在传统保险事务中，风险判断主要依赖专家经验、标准化问卷以及对历史数据的静态统计分析等方法。然而，随着气候风险呈现出高度复杂性、强动态性和多源性等新特征，传统方法在识别和判断上的适应性逐渐减弱。尤其面对那些具有长期潜伏性、演化路径复杂、预警信号微弱的气候风险，传统手段在精准性与前瞻性方面日益显现出局限性。

相比之下，人工智能在信息提取、模式识别、非线性建模和多源数据融合方面具有明显优势，可有效突破传统方法在维度处理和结构表达上的局限，提升风险判断、归类和致灾分析的准确性，从而为保险行业建立更加全面、深入和动态的风险识别体系提供支持。

2.1.1. 风险感知智能化：从静态查勘到多源动态监控

人工智能可通过深度学习、图像识别、传感融合等方法，实现在多源数据下的风险早期识别与持续监测。首先，人工智能技术能够整合卫星遥感影像、气象观测、无人机航拍、物联网（IoT）设备等多种异构数据源，对环境状态进行持续感知。例如，通过遥感影像中地表反射率和热红外通道的变化识别干旱胁迫、热岛效应或潜在滑坡区域；利用传感网络实时监测温湿度、风速、土壤湿度、建筑震动等指标，可动态构建被保险标的的风险剖面（Dwyer, 2025）。

其次，基于计算机视觉技术，人工智能可以从保险标的的照片或视频中自动提取潜在风险特征，如墙体裂缝、屋顶结构老化、水渍痕迹、电线外露等，这些原本依赖人工查勘的工作可被部分替代或优化，大幅提升识别效率与一致性。

这一系列能力的提升，使得保险公司能够从“事后响应”逐步向“事前识别与动态监控”转变，在风险尚未显性化时即提前识别并评估，从而增强风控主动性。这不仅有助于提升承保质量和定价精度，也为风险预警与再保险策略优化提供了坚实的数据基础。

2.1.2. 风险演化建模系统化：应对复杂非线性风险路径

在气候风险识别中，理解灾害发生的动态演化过程、揭示风险因子的作用路径，是实现精准承保与预警响应的关键。然而，气候事件的形成往往由多个因子长期积累并非线性交互触发，其动态演化路径具有高度复杂性与不确定性。例如，热带气旋的发展不仅与海温、风切变、湿度相关，还受到地理形态与历史路径的影响，这类多因子、多阶段的非线性关系难以通过传统线性建模或 Copula 结构建模手段完整还原。

人工智能技术，尤其是以深度学习为核心的建模体系，在应对这种复杂性上展现出明显优势。其核心能力在于无需预设函数结构，即可从大量历史数据中自动学习变量

之间的深层次映射关系。目前国际上一些保险科技与气候风险数据服务商均做了许多探索。比如，法国 Descartes Underwriting 公司应用深度神经网络建模多时空气象变量，用于支撑其全球参数化保险产品的风险指数设定。美国 ZestyAI 公司利用人工智能技术构建建筑和自然环境的高精度数字孪生模型，尤其在野火风险识别方面，通过卫星遥感图像、街景图像及建筑信息训练深度学习模型，提取屋顶结构、植被距离、可燃物堆积等特征变量，计算“Z-FIRE”风险评分，已被美国多州保险公司采用于保单定价与承保筛选中。

2.1.3. 风险归类能力增强：支撑结构化风险知识图谱构建

人工智能技术可通过高维数据降维、无监督聚类、图结构建模等手段，协助保险公司将海量且异质的风险数据归入可操作的分类体系之中。在承保管理中，美国的 CAPE Analytics 等公司已将深度卷积网络应用于卫星图像识别，自动提取房屋结构属性与潜在风险特征（如屋顶材质、可燃物堆放等），并结合地理风险因子进行风险分层，服务于批量续保策略优化。

此外，图神经网络（GNN）等技术正在被探索用于构建“风险知识图谱”，通过多维度风险因子的节点连接，实现对复杂风险形态的结构化表达。这为保险产品的风险因子定价与业务分层提供了新的建模方式。

2.2 人工智能在保险气候风险评估中的应用

在全球气候变化的大背景下，气候风险已成为保险行业无法回避且亟待解决的重大挑战。传统的保险气候风险评估方法，在面对日益复杂且多变的气候数据，以及长期风险的预测时，暴露出诸多局限性。而人工智能（AI），凭借其卓越的数据处理能力、精准的识别能力和强大的学习能力，在保险气候风险评估的领域中释放出巨大的潜力，为行业带来了新的希望与变革契机。

2.2.1. 人工智能提升数据处理效率与准确性

保险气候风险评估是一项数据密集型的工作，需要处理海量的数据，涵盖历史气象数据、地理信息数据、保险理赔数据等多个维度。传统方法在处理这些数据时，往往面临着效率低下且容易出现误差的困境。

人工智能技术中的机器学习算法，能够快速且高效地处理和分析大规模的数据集。以深度学习中的卷积神经网络（CNN）为例，它在处理地理空间数据方面具有独特的优势。CNN 可以自动提取地理空间数据中的特征，识别出不同地理区域与气候风险之间的复杂关系。美国国家海洋和大气管理局（NOAA）便充分利用了基于 AI 的数据处理系统，对过去几十年的气象卫星图像进行深度分析。通过对这些图像的学习，系统能够更准确地识别气候异常模式，如特定区域的长期干旱趋势、频繁的暴雨带等，进而精准定位与之相关联的保险风险区域。另外，芬兰微型卫星公司 ICEYE 利用其卫星雷达成像技术，在云层覆盖下仍能实时监测地表变化，其数据被广泛应用于洪水淹没图谱绘制与野火扩散追踪，为保险产品的设计提供了前所未有的数据支持。这种数据驱动的设计范式，使得保险产品能够更精准地反映实际风险状况，实现从静态风险覆盖到动态风险响应的转变。

这使得保险公司能够获取更精确的风险评估结果，从而制定出更合理的保险费率，避免因费率不合理而导致的业务风险。

在数据准确性方面，AI 算法展现出了强大的自我优化能力。以支持向量机（SVM）为代表的算法，可以在不断输入新的气象和理赔数据时，动态调整风险评估模型。传统的评估模型往往基于固定的假设和规则，难以适应数据的动态变化。而 SVM 算法能够根据新数据的特征，自动调整模型的参数，减少人为因素导致的误差。例如，当某一地区的气象条件发生异常变化，或者保险理赔数据出现新的模式时，SVM 算法可以及时捕捉到这些变化，并对模型进行更新，确保风险评估结果的准确性。此外，AI 技术还能够对数据进行清洗和预处理，提高数据的质量。在收集到的原始数据中，往往存在噪声、缺失值和异常值等问题。AI 算法可以通过数据挖掘技术，自动识别并处理这些问题数据，为后续的风险评估提供更可靠的数据基础。

2.2.2. 气候风险预测与建模

准确预测气候风险是保险行业进行风险评估的核心环节，而人工智能在这方面具有独特的优势。时间序列分析是气候风险预测的重要手段之一。循环神经网络（RNN）

及其变体（如 LSTM，长短期记忆网络）在处理时间序列数据方面表现出色。以飓风风险预测为例，飓风的形成、发展和移动是一个复杂的时间序列过程，受到多种气象因素的影响。通过收集历史上所有飓风的路径、强度、气象条件等数据，利用 LSTM 模型进行深度学习。LSTM 模型能够捕捉到飓风发展的时间序列特征，如飓风在不同阶段的速度、方向变化与气象因素之间的关系。通过对这些历史数据的学习，模型可以预测未来飓风可能发生的路径和强度，进而评估其对不同地区保险资产的影响。比如，中国人保财险公司的“PICC 气象指数保险定价模型”在研发过程中应用 LSTM 算法对某些气象指数进行计算，并从时间维度和事件维度对气象指数保险进行风险定价；瑞士再保险公司的洪水模型融合了先进的计算技术、复杂的水文学和丰富的历史洪水数据，能够模拟和预测在不同气候情景和地形条件下可能发生的洪水事件。这些模型不仅能够评估洪水发生的概率，为保险公司、政府机构和企业提供了强大的风险管理支持。

此外，AI 还能够整合多源数据构建综合风险模型。在现实世界中，气候风险不仅仅取决于气象因素，还与经济发展数据、人口分布数据等密切相关。例如，在一些发展中国家，城市化进程加快，人口密集区域的保险气候风险与当地的经济结构和人口分布紧密相连。在经济发达地区，人口密集、财产价值高，一旦发生气候灾害，保险损失可能更为严重。通过 AI 技术将这些复杂因素整合进风险模型，可以更全面地评估气候风险，避免单一因素评估的片面性。AI 算法可以对多源数据进行融合和分析，挖掘出不同因素之间的潜在关系，从而构建出更符合实际情况的风险模型。在构建综合风险模型时，AI 技术还可以利用数据挖掘和特征选择的方法，筛选出对气候风险影响最为显著的因素。这有助于简化模型，提高模型的计算效率和解释性。同时，通过对不同因素的权重分配，模型能够更准确地反映各因素对风险的影响程度，为保险公司的决策提供更有力的支持。

2.2.3. 风险分类与定价

在保险业务中，准确的风险分类和定价是核心环节，直接关系到保险公司的盈利能力和市场竞争力。人工智能技术犹如一位精准的“风险分类师”和“定价师”，有助于保险公司更科学地进行风险分类和定价。

机器学习中的聚类算法（如 K-means 聚类算法）可以将保险客户按照气候风险程度进行细致分类。以洪水保险为例，根据客户所在地区的洪水历史发生频率、地形地貌、排水系统等因素，利用聚类算法将客户分为高、中、低不同风险等级。在洪水高发地区，地形低洼、排水系统不畅的区域客户可以被归为高风险等级；而地势较高、排水良好的区域客户则归为低风险等级。这样保险公司可以针对不同风险等级的客户制定差异化的保险产品和价格策略。对于高风险等级的客户，保险公司可以适当提高保险费率，或者设置一些限制条件；对于低风险等级的客户，则可以提供更优惠的费率和更全面的保障，从而吸引更多的优质客户。

决策树算法也是常用的风险定价工具。它可以根据多个风险因素（如气候条件、建筑结构、防灾措施等）构建决策规则，确定不同情况下的保险费率。保险公司可以利用决策树模型，综合考虑当地的气候风险（如野火、暴雨等）和房屋的抗灾能力（如屋顶材料、建筑年代等），为房屋制定更精确的保险价格。例如，对于位于野火高发区域且房屋屋顶材料易燃的房屋，决策树模型会给出较高的保险费率；而对于采取了防火措施、屋顶材料耐火的房屋，则会适当降低费率。这种基于多因素的风险定价方式，能够更准确地反映保险标的的实际风险水平，提高保险产品的市场竞争力。

此外，AI 技术还可以实时监测市场动态和风险变化，及时调整风险分类和定价策略。随着气候变化和环境因素的改变，某些地区的气候风险可能会发生变化。AI 系统可以持续收集和分析相关数据，当发现某一地区的气候风险等级发生改变时，自动调整该地区客户的保险费率和风险分类，确保保险公司的风险定价始终与实际情况相符。

2.2.4. 应对不确定性

气候系统具有高度的不确定性，这是保险气候风险评估中面临的巨大挑战。而人工智能技术可以在一定程度上应对这种不确定性。

贝叶斯网络是一种概率图模型，它能够表示变量之间的概率关系。在气候风险评估中，贝叶斯网络可以将各种气候因素（如气温、降水、海平面上升等）和保险风险（如

农作物损失、财产损失等）之间的关系用概率的方式进行建模。当出现新的数据或不确定信息时，贝叶斯网络可以根据概率规则快速更新风险评估结果。例如，在面对突发的极端气候事件（如前所未有的暴雨）时，贝叶斯网络可以根据已有的气象数据和保险理赔数据的概率关系，对可能产生的保险损失进行预估。它会考虑到各种可能的情况及其发生的概率，为保险公司应对不确定性提供决策支持。这种基于概率的评估方式，使保险公司能够在不确定的环境中更好地评估风险，制定合理的风险管理策略。

同时，AI 技术还可以通过模拟不同的气候情景来评估风险。蒙特卡罗模拟结合 AI 算法可以生成大量的气候情景，每个情景都有不同的气候参数组合。例如，在模拟未来气候变化对农业保险的影响时，可以设置不同的气温升高幅度、降水变化模式等情景。通过对这些情景下的保险风险进行评估，保险公司可以了解到在不同可能性下的风险暴露情况，从而更好地制定风险管理策略。这种情景模拟的方法可以帮助保险公司提前做好应对准备，降低不确定性带来的损失。

此外，AI 技术还可以利用机器学习中的强化学习算法，在不确定的环境中不断优化风险管理策略。强化学习算法可以让智能体在与环境的交互中学习最优的决策策略。在保险气候风险评估中，智能体可以根据不同的气候情景和保险业务目标，不断调整风险评估和风险管理策略，以达到最优的风险控制效果。

2.2.5. 人工智能在保险气候风险评估中的应用案例

(1) 人保财险：“巨灾安澜”——数智化巨灾风险减量技术平台

人保财险自主研发的“巨灾安澜”平台，集成气象、地理、建筑等 9 大类 9900 万条风险数据，构建暴雨、洪水等 8 类自然灾害风险地图，可提供灾害风险分析、灾害风险模拟、风险监测预警、巨灾知识库等服务功能，支持不同地域一地一策差异化定制服务，依托卫星遥感、无人机航测和物联监测等多维数据与技术工具，构建“天空地一体化”智能监测预警平台，为气候相关风险评估、预警预报、应急响应等提供有力的技术支撑，增强灾害抵御韧性。2024 年，人保财险累计提供气象预警 1463.92 万次，物联预警 19.37 万次。

(2) 平安产险：“鹰眼 X”国际版——智能预警与风险管控的典范

平安产险推出的“鹰眼 X”国际版，是人工智能在气候风险保险产品创新中的典型代表。该平台通过整合地理信息、天气模式、灾害历史和保险数据，构建了覆盖 2 万亿个数据点的风险模型。利用机器学习算法，平台能够对地震、极端降雨、台风等 6 种灾害类型生成全球数字风险地图，并实时更新 15 类灾害警报。在台风“雅吉”登陆海南岛前，该平台提前 3 天发布 2400 万条预警，帮助居民和车主有效防范风险。此外，平台还提供了灾害损失评估、救援资源调配等一站式服务，形成了“预警 - 保险 - 救援”的闭环管理体系。这种创新不仅提高了保险产品的风险管理能力，还增强了客户对保险服务的信任度和满意度。

2.3 人工智能在气候风险保险理赔管理中的应用

气候变化正以前所未有的速度重塑全球风险格局，极端天气事件（如暴雨、台风、干旱、野火）的频率与强度显著增加，给保险行业带来巨大挑战。保险理赔管理是保险业务的核心环节之一，它直接关系到客户体验和保险公司的运营效率。传统理赔流程依赖人工审核、现场查勘与纸质单据，存在效率低、成本高、欺诈风险大等痛点。人工智能（AI）技术的快速发展为保险理赔管理提供了创新解决方案，正在推动理赔管理从“成本中心”向“价值创造中心”转型。通过智能识别、自动化审核、实时风险监控等手段，保险公司能够更高效地处理气候风险理赔案件，降低运营成本，提升风险防控能力，并增强客户在灾害中的韧性。本文将探讨人工智能在气候风险有关保险理赔管理中的应用场景、现存问题与未来趋势。

2.3.1. 气候风险对保险理赔管理的挑战

全球气候变暖导致极端天气事件频发，保险理赔案件数量急剧上升。例如，2024 年台风“贝碧嘉”等灾害事件造成大量财产损失，保险公司面临巨大的理赔压力。传统理赔模式依赖人工现场勘查、资料审核等环节，处理效率低下，难以满足快速赔付的需求。暴雨引发的城市内涝可能涉及多个区域和行业，损失评估需要综合考虑地理、建筑、基础设施等多方面因素。保险公司需要更精准的风险评估工具来优化定价策略，降低赔付风险。同时，在灾害发生后，

欺诈性理赔案件可能增加，部分被保险人可能夸大损失程度或伪造理赔资料以获取更高赔付，保险公司需要更有效的欺诈检测手段来防范道德风险。

2.3.2. 人工智能在气候风险保险理赔管理中的核心应用场景

(1) 智能灾害预警与实时监测

为了应对气候风险，保险公司开始利用人工智能技术进行智能灾害预警与实时监测。通过整合气象卫星、地面传感器、社交媒体等多源数据，构建实时灾害监测系统。同时，基于历史灾害数据训练预测模型，提前预警极端天气事件，并预测可能受影响的区域和损失程度。例如，人保财险依托“卫星遥感广域覆盖+无人机飞巡精准验证+物联监测实时反馈”的多维数据协同，结合深度学习模型，逐步构建“天空地一体化”智能监测预警平台，帮助客户有效管控风险，增强灾害抵御韧性，缩短理赔周期。该平台现已接入全国物联网设备 3.8 万余台，覆盖 25 个省、172 个地市，过去一年共提供物联预警近 20 万次。以广东为例，人保财险广东省分公司在农业保险领域引入“天空地一体化”智能风控技术，通过卫星遥感技术，实现作物分布识别、长势情况监测、产量损失评估；通过无人机飞巡，实现飞巡任务智能调度、农事飞防作业、承保标的快速采集、灾后智能定损；通过物联监测技术，运用病虫害 AI 识别，绘制病虫害知识图谱，实现病虫害实时监测。

(2) 智能定损与损失评估

在气候风险理赔中，智能定损与损失评估是关键环节。通过图像识别与计算机视觉技术，保险公司可以利用无人机、卫星遥感或客户上传的照片，自动识别受损财产的类型、位置和程度。同时，基于历史理赔数据训练损失评估模型，快速估算赔付金额。例如，2024 年第 11 号超强台风“摩羯”登陆海南，灾害损失严重。人保财险上下联动，迅速响应，启动大灾理赔一级应急响应，总公司大灾理赔工作组赶赴现场指导，调动全国 100 多名理赔精英支援，海南分公司充分利用卫星遥感、无人机等科技手段加速查勘定损。台风“摩羯”期间，人保财险灾后 4 天内快赔预赔 2.09 亿元，灾后 15 天农险赔付进度超 80%，最快一笔农房赔案从客户报案到赔款支付仅 6 分钟，最大一笔预赔付金额超 3 亿

元，引领行业“早赔快赔”。对于一些简单的案件，通过 AI 技术保险公司可以快速响应给出定损结果，大大缩短了定损时间。

(3) 智能审核与欺诈检测

气候风险理赔中，智能审核与欺诈检测同样至关重要。通过自然语言处理（NLP）技术，保险公司可以自动解析理赔申请中的文本信息，提取关键要素（如事故时间、地点、原因）。同时，构建气候风险理赔知识图谱，整合行业规则、历史案例和专家经验，自动识别高风险案件。此外，基于机器学习模型，检测理赔数据中的异常模式（如重复索赔、金额异常），有效防范欺诈风险。例如，中国人保集团深耕大灾理赔响应，积极研发探索新技术、新方法，实现自动化审核超过 2000 万次。从客户净推荐值（NPS）看，中国人保集团旗下人保财险、人保寿险、人保健康 3 家子公司 NPS 已分别达到 44.94%、42.55% 和 40.67%，位于行业前列，客户满意度持续攀升。

(4) 智能客服与全流程透明化

为了提高客户满意度，保险公司开始利用人工智能技术提供智能客服与全流程透明化服务。通过虚拟数字人技术，提供 7×24 小时拟人化服务，解答客户关于气候风险理赔的疑问。同时，客户可以通过移动端查询理赔进度，系统自动推送关键节点通知（如材料补交提醒、赔付金额确认），实现全流程透明化。例如，人保财险智能语音导航已经开通一揽子 AI 服务，客户在咨询办理业务时，无须在电话中经过多次按键选择，只需要说“报案”“救援”等关键词语即可，AI 系统会快速识别客户意图，减少客户交互次数，精准转接到专业人员，直达客户需要。2022 年 8 月 22 日河北突遇暴雨灾害，当日人保智能语音成功报案 865 笔，占比 20%。2023 年 7 月 30 日台风“杜苏芮”来袭，河北大范围遭遇强降雨，导致车险报案量剧增，此时智能语音报案系统发挥应急作用，当日智能语音成功报案量达 1710 笔，占比约 32.61%，日均提升近 13 个百分点。在大灾情况下，AI 辅助客户更加高效地完成报案登记，客户无须排队等待人工坐席，平复客户等待的焦急心理；在县城乡村灾情方面，AI 识别功能解决了用户无法准确说出详细地址，而难以报案的问题；在 7×24 小时不间断服务方面，智能语音报案系统辅助夜间值班人员，24 小时为客户提供快捷的服务支持。

2.4 人工智能在气候风险保险产品创新中的应用

气候变化正以前所未有的速度重塑全球风险格局，极端天气事件频发对经济、社会和生态系统的冲击日益加剧。保险行业作为风险管理的核心力量，亟需通过创新手段应对这一挑战。人工智能技术的崛起为气候风险保险产品创新提供了全新路径，其强大的数据处理、模式识别和智能决策能力，正在推动保险从传统的“损失补偿”向“风险预防”和“韧性建设”转型。本文将结合权威案例与数据，深入探讨人工智能在气候风险保险产品创新中的具体应用及其带来的变革。

2.4.1. 人工智能驱动气候风险保险产品创新的底层逻辑

传统气候风险保险产品的设计依赖于有限的历史气象数据和经验模型，存在数据滞后性、风险评估偏差以及产品灵活性不足等问题。人工智能技术的引入，从根本上改变了这一局面。通过整合卫星遥感、物联网传感器、社交媒体等多源异构数据，人工智能能够构建动态、高精度的气候风险数据库。同时，人工智能技术推动了参数化保险的发展，打破了传统保险“损失发生后赔付”的局限。参数化保险通过将保险责任与物理参数（如水位、风速、温度等）直接挂钩，实现了风险的实时触发和自动化赔付。这种设计不仅提高了赔付效率，还降低了道德风险和运营成本，使得保险产品更加贴近市场需求。

此外，人工智能技术还促进了气候风险保险产品的生态化转型。通过将保险服务与风险预警、灾害救援、气候适应性改造等相结合，保险公司能够为客户提供更加全面、一站式的风险管理解决方案。

2.4.2. 人工智能在气候风险保险产品创新中的具体应用

(1) 农业保险：从产量补偿到气候指数

农业是受气候变化影响最为显著的领域之一。传统农业保险依赖于人工定损，存在成本高、效率低、道德风险高等问题。人工智能技术的应用，为农业保险产品创新提供了新的思路。通过构建基于天气指数的保险合同，保险公司能够根据实时气象数据与作物生长模型，自动计算赔付金额，无需人工核损。例如，南洋理工大学研究团队在天气指数农业保险领域进行了深入探索，研究团队利用神

经网络模型，揭示了温度、降雨等天气变量与作物产量损失的复杂关系，设计出基于人工智能的天气指数保险合同。该合同通过实时监测气象数据和作物生长状况，自动调整保费和赔付标准，实现了精准定价和风险分散。该合同将保费降低 37%，同时使保单持有人收益提高近 5%。比如在某水稻种植区，该合同根据实时降雨量和温度数据，动态调整了保费和赔付比例，使得保单持有人在干旱或洪涝等极端天气事件中能够获得及时的经济补偿（Chen 等，2024）。这种创新不仅提高了农业保险的可持续性和覆盖面，还促进了农业生产的稳定和发展。

(2) 能源保险：从设备保障到气候韧性

可再生能源项目在推动能源转型的同时，也面临着气候变化带来的巨大风险。极端天气事件可能导致风电场、太阳能电站等设施受损，影响能源供应和投资回报。人工智能技术的应用，为能源保险产品创新提供了有力支持。例如，人保财险基于自主研发的“PICC 光伏发电量损失风险定价模型”，利用 LightGBM 机器学习算法创新开发发电收入损失保险产品，并提供涵盖建设运营期间财产物质损失、第三者责任风险的全周期综合保障方案，协助分布式光伏建设运营单位在事前和事中开展风险减量管理，通过数字化平台参与光伏电站的日常运维监督过程，综合应用物联网和大数据技术评估发电效率和识别安全隐患，为承保电站稳定运营提供全面保障。又如，Descartes Underwriting 公司利用人工智能技术，为风电厂提供“无风启动延迟”保险。当风速低于阈值导致发电延迟时，系统自动触发赔付，保障项目投资回报。此外，该公司还为太阳能电站提供“极端天气设备损坏”保险，通过分析卫星图像与传感器数据，实时评估设备受损程度，赔付周期缩短至 72 小时内（Gallagher Re, 2022）。这种创新不仅降低了能源项目的投资风险，还促进了可再生能源的快速发展。

(3) 巨灾保险：从政府兜底到市场机制

巨灾风险具有发生概率低、损失程度大的特点，传统上依赖政府财政兜底进行应对。然而，随着气候变化加剧和城市化进程加快，巨灾风险日益增大，政府财政压力也随之增加。人工智能技术的应用，为巨灾保险产品创新提供了可能。通过构建基于人工智能的巨灾风险模型，保险公司能够更准确地评估风险敞口和定价策略，推动巨灾保

险从政府兜底向市场机制转型。例如，人保财险为深度融入国家灾害治理体系，立足我国国情使用多种机器学习数据分析算法，自主研发了“PICC 中国地震巨灾模型”，并基于巨灾模型设计巨灾保险产品与方案，有力推动了巨灾保险产品创新、风险定价和损失评估。又如，英国 FloodFlash 公司开发了一款参数型洪水保险，该产品通过物联网传感器实时监测投保地点的水位变化，当水位超过预设阈值时，系统自动触发赔付流程，大幅提升赔付效率。同时，FloodFlash 公司利用机器学习算法分析历史水位数据与建筑结构特征，动态优化触发阈值与保费，确保产品定价与风险敞口精准匹配。这种创新不仅提高了保险产品的灵活性和响应速度，还降低了运营成本和道德风险。

人工智能在保险气候风险管理中的挑战

尽管人工智能在气候风险识别中展现出显著优势，能够提升风险监测的动态性、建模的精度与归类的系统性，但其在实际保险应用中仍面临诸多挑战，亟需行业、科技与监管力量的协同应对。

(1) 高质量、多维度的气候与灾害数据仍是人工智能系统运行的关键基础。目前，我国数据基础设施发展存在区域差异，部分欠发达地区尚缺乏长期、连续且具备足够地理覆盖度的数据资源，致使模型训练易出现样本偏倚、泛化能力不足等问题。同时，相关数据分散在气象、水利、应急、自然资源等多个部门之间，尚未形成高效共享机制，难以实现对风险全景的统一认知与建模支撑。

(2) 人工智能技术在监管体系中的认可度仍有限，制约了其在保险主流程中的深入应用。当前，人工智能技术在气候风险识别中的能力虽已在技术端得到验证，但尚未纳入监管规则体系，识别结果难以直接作为核保、定价等关键决策的合规依据，影响其在保险公司内部的战略部署与资源投入。此外，人工智能模型的“黑箱性”、解释性不足也进一步加剧了监管机构在采纳其风险评估成果时的谨慎态度。保险公司需要建立算法审计机制和伦理审查委员会，对算法进行独立验证和伦理评估。同时，加强与监管机构的沟通与合作，共同制定人工智能在保险领域的应用标准和规范。

(3) 隐私问题是重要挑战之一。在数据共享和使用过程中，涉及到客户隐私和数据安全问题。保险数据包含客户

的个人信息和财务信息，气候数据也可能涉及到国家安全和商业机密。保险公司需要建立严格的数据管理和安全机制，确保数据的准确性、完整性和安全性。例如，采用数据加密技术、访问控制技术和匿名化处理方法，保护客户的隐私和数据安全。

(4) AI 模型的可解释性也是一个挑战。一些复杂的 AI 模型（如深度学习模型）就像“黑匣子”，难以解释其决策过程。在保险行业，监管机构和客户通常需要了解风险评估的依据和过程，以确保评估的公正性和合理性。因此，提高 AI 模型的可解释性是未来的一个重要研究方向。研究人员正在探索各种方法，如特征重要性分析、模型可视化等，来解释 AI 模型的决策过程，使其更符合保险行业的要求。

(5) 人工智能技术的应用还需要大量的专业人才。保险行业需要既懂保险业务又懂人工智能技术的复合型人才，来开发、维护和优化 AI 模型。目前，这类专业人才相对匮乏，保险公司需要加强人才培养和引进，以满足业务发展的需求。

(6) 模型偏见是制约人工智能应用的关键因素。气候数据的稀疏性与非平稳性可能导致模型偏差，影响风险评估的准确性。为应对这一挑战，保险公司需要加强数据治理和质量控制，采用数据增强技术和模型可解释性方法，提高模型的鲁棒性和透明度。

(7) 技术成本与普惠性也是人工智能应用的重要障碍。人工智能技术的研发与部署成本较高，可能限制中小保险公司的参与。为推动技术普惠，保险公司可以加强行业联盟合作，共享技术资源和数据资源，降低研发成本。同时，政府可以通过提供研发资金、税收优惠等政策支持，鼓励保险公司加大在人工智能领域的投入。

未来展望：人工智能与气候风险保险产品的深度融合

展望未来，随着卫星遥感、边缘计算、物联网与人工智能等技术的融合发展，气候风险识别正逐步向高频感知、因果建模、可解释决策与自动响应等方向演进。保险公司可通过构建跨学科人才团队、积极参与行业标准制定、加强与科技企业的深度合作，加快实现从“技术工具辅助”向“智能系统集成”的转型升级。同时，监管部门亦应推

制定覆盖模型质量评估、算法伦理审查和法律责任划分的制度规范，为人工智能在保险行业的广泛应用提供稳定有序的发展环境。

人工智能与气候风险保险产品的深度融合将成为行业发展的重要趋势。一方面，随着技术的不断进步和应用场景的拓展，人工智能将在气候风险评估、产品定价、风险预警、灾害救援等方面发挥更加重要的作用。例如，通过数字孪生技术模拟极端天气对基础设施的冲击，提前制定减灾方案；通过区块链技术实现保险数据的透明化和不可篡改，提高客户信任度。

另一方面，保险公司将加强与科技公司、政府机构、非政府组织等跨界合作，共同构建气候风险生态圈。例如，

保险公司可以与气象局合作获取实时气象数据，与应急管理部合作开展灾害救援工作，与科研机构合作研发新技术新产品。这种跨界合作将促进资源共享和优势互补，推动气候风险保险产品的创新和发展。

此外，人工智能还将推动气候风险保险产品从“风险转移”向“韧性建设”转型。保险公司不仅提供风险补偿服务，还将积极参与气候适应性改造、低碳技术研发等工作，助力社会应对气候变化挑战。例如，为可再生能源项目提供保险支持的同时，推动其采用更先进的气候适应性技术；为农业客户提供保险服务的同时，推广耐候作物品种和节水灌溉技术。

参考文献

- [1]Ballester, J., Quijal-Zamorano, M., Méndez Turrubiates, R.F., et al., 2023. Heat-related mortality in europe during the summer of 2022. *Nature Medicine*, 29(7): 1857–1866.
- [2]Chen, Z., Lu, Y., Zhang, J., et al., 2024. Managing weather risk with a neural network-based index insurance. *Management Science*, 70(7): 4306–4327.
- [3]Copernicus Climate Change Service, 2023. European state of the climate 2022. Copernicus Climate Change Service.
- [4]Dwyer, K., 2025. IoT sensors and advanced forecasting: The future of protecting your business from extreme weather.
- [5]Gallagher Re, 2022. 2022Q2 Gallagher Re global insurtech report. Gallagher Re.
- [6]NOAA National Centers for Environmental Information, 2025. U.S. Billion-Dollar Weather and Climate Disasters. <https://www.ncei.noaa.gov/access/billions/>.
- [7]Swiss Re Institute, 2024. Natural catastrophes in 2023: a year of weather extremes. Swiss Re Institute.
- [8] 赵春梅, 郭颂平, 2006. 保险基础知识. 首都经济贸易大学出版社.

