DOI:10.20069/j.cnki.DJKX.2026016

气候风险的不确定性特征及其对气候金融政策的启示

刘志洋，解瑶姝
东北师范大学 经济与管理学院，吉林 长春130117

移动端阅读

摘要：应对气候风险需要理解气候风险的本质特征。在不确定性理论框架下，气候风险的不确定性特征更为显著。基于Keynes不确定性理论和Knight不确定性理论，分析气候风险的不确定性本质，并进一步分析气候相关金融风险中物理风险与转型风险以及风险折现因子所表现的不确定性特征，及其对气候相关金融风险管理的影响。在建构理性和生态理性决策理论框架下，提出建构理性概念源于Keynes不确定性理论，生态理性概念则源于Knight不确定性框架，应对气候相关金融风险时气候金融政策路线呈现出“必要性上的建构理性与过程性的生态理性”相矛盾的两难状态。据此，气候相关金融风险的不确定性特征要求金融业在应对气候风险时，既要以建构理性方式迅速采取政策行动，又要以生态理性方式实施政策，从而实现Keynes不确定性理论和Knight不确定性理论在自然科学属性和社会科学属性之间的折中与融合。因此，应开展气候风险压力测试，借鉴Keynes不确定性理论提升气候风险的数据质量和模型精确度，同时借鉴Knight不确定性理论提高气候金融政策制定能力。

关键词：气候风险；不确定性理论；金融风险管理；建构理性；生态理性；气候金融政策
文献标识码：A **文章编号：**1002-2848-2026(03)-0130-13

气候风险会破坏实体企业，导致商业银行不良贷款率上升，对金融稳定构成潜在威胁。然而，金融业对气候风险的评估无法借鉴传统金融风险管理实践，原因在于传统实践依托相对准确地风险概率分布测算；对于气候风险而言，人们无法准确估计其概率分布，这为气候金融政策制定带来挑战。由全球90家中央银行、金融监管机构和观察员组成的国际组织绿色金融体系网络（NGFS）主要关注金融政策如何适应气候变化和低碳转型带来的风险，即气候相关金融风险（CRFR）。CRFR主要包括物理风险和转型风险。CRFR对金融体系影响深远，具有不可预见性、不可逆性、内生性以及系统性。由于金融市场的短视性导致CRFR被低估或未能被有效定价，因此当前应对CRFR的政策反应集中于市场纠正策略。从这个意义上讲，应对CRFR的金融政策发力点之一是鼓励金融机构审查和披露其对CRFR的风险敞口，并进行情景分析和压力测试。

NGFS在2019年发布了首份综合性报告*A Call for Action*，其中提出的主要政策建议是自愿制定情景分析方案[1]。然而，由于没有足够的“风险知识”来理解CRFR的性质，对于如何制定有效的金融政策来管理CRFR，NGFS没有给出完整的政策框架。CRFR蕴含的转型风险和物理风险更多具有“不确定性”的特征，即无法准确计算未来不同状态出现的概率。这意味着金融政策所需的足够“风险智力与能力”将难以达到。这给基于预防性和审慎视角的金融政策带来了挑战。审慎性监管政策强调在掌握目标风险变量的概率特征基础之上的政策工具设计，而CRFR概率属性的缺乏会使得金融风险“退化”为具有模糊特征的金融不确定性。因此，有必要在不确定性视域下重新认识CRFR及其对金融政策制定的

基金项目：国家社会科学基金一般项目（25BJY073）。
作者简介：刘志洋，男，东北师范大学经济与管理学院教授，博士生导师，研究方向为金融风险管理与金融监管，电子邮箱为liuzy100@nenu.edu.cn；解瑶姝，女，东北师范大学经济与管理学院副教授，硕士生导师，研究方向为宏观经济政策。

影响。

一、“风险”与“不确定性”

国外学者指出，“在不确定性条件下，经济推理（例如有效市场假说）没有价值”[2]。这意味着，对于受到显著极端不确定性影响的资产，市场价格不准确；或者说，市场对这种激进的不确定性是盲目的。在经济学和金融风险建模中，根据不确定性理论，风险通常被理解为“概率或随机风险”，即概率已知的随机结果。风险评估主要涉及在统计或计量分析中使用概率密度函数，并基于对过去数据的前瞻性预测。因此，在风险的概念框架下，未来在本质上被概念化为对过去的复制。相比之下，“不确定性”指的是没有足够信息来形成可计算的概率。Lawson[3]指出，当概率在数值上不确定且与其他概率不可比时，便会产生不确定性问题。在不确定性情境下，未来是不可知、不可预测，因而是非遍历的。

关于“不确定性”理论，主要有Keynes不确定性理论和Knight不确定性理论。两个理论看似差异不大，实则在本体论、认识论与方法论等方面存在明显区别。二者在不同的哲学世界观下对不确定性给出了不同的定义。Keynes不确定性理论认为不确定性来自决策者对未来结果客观概率和先验概率的无知，而概率知识是可以通过因果学习来发现的。Keynes不确定性理论认为，科学进步能够缓解甚至最后消除不确定性。

Knight不确定性理论认为不确定性具有偶然性，即具有非决定论的特征。该理论认为，不确定性产生的原因是无法清晰认知外部现实世界及充斥其中的悖论。Knight在1921年出版的著作《风险、不确定性与利润》中，将概率分为三种类型，分别是先验概率、统计概率和估计概率。先验概率是在确定已知结果论域的情况下，通过应用演绎逻辑客观计算的概率，能够定量测算，具有较高的客观性和较低的不确定性。统计概率从经验和观察中归纳定义，过去的观察和抽样在确定事件发生概率方面起到重要的作用。统计概率相对较为准确，具有较强的“风险”特征，但不确定性因素也较多。估计概率的可能结果只能根据主观评价来预测。与先验概率和统计概率不同，估计概率可能缺乏一致性，且基于个人选择和主观评价的概率结果不稳定，会导致测量的准确性和客观性较低，表现出高度不确定性特征。总体来讲，在Knight的理论视域下，“风险”与“不确定性”的本质区别在于是否能够相对准确和客观地测算未知结果的概率分布。能够清晰知晓未知结果的概率分布称之为“风险”，否则就应归结至不确定性的概念框架之下。

资产定价的核心是对金融风险的定价。在定价过程中，风险概率分布为市场参与者提供关于未来的可获知信息，可以帮助投资者调整投资组合以实现利润最大化。如果该风险可以通过科学的手段精确地量化，则按照Keynes不确定性理论，该不确定性能够最终被消除。然而，如果无法精确测算某一事件可能发生的概率，则与该事件相关的金融风险不可量化，因此会更加具有Knight不确定性理论特征。许多金融学文献的“风险”特指可以定价的、能够精确计算的Keynes不确定性理论视域下的风险，因为有足够概率分布信息；相反，无法精准定价的风险则偏向于Knight不确定性，具有“激进不确定性”特征。因此，越是考虑一个涉及复杂、不可预测、前所未有的事件或情景，就越会暴露于“激进不确定性”，此时风险（抑或是不确定性）似乎无法得到精确量化。

在有效市场假说框架下，证券价格充分反映影响潜在风险信息，即代表已知的“真实”风险，市场交易制度为科学认知金融风险奠定了制度基础，因此处于Keynes不确定性理论视域。然而，当存在激进的、Knight不确定性时，市场无法对此类风险暴露进行有效定价。面对气候风险敏感的投资项目时，金融机构需要气候数据的统计分析来对气候风险进行定价。这些气候数据包括基础信息（如年平均气温和降水量）和复杂的信息（如气象极值例如强降水概率的统计）。理想情况下，科学的不断进步可以得到更为精确的气候风险数据，并构建更为精准的气候风险模型（Keynes不确定性理论）。但现实状态是，气候模型提供的信息与决策者所需要的数据之间存在严重不匹配，由此导致的不确定性特征难以借助模型克服，因此对于气候风险的认知应向Knight不确定性理论视域转移。

二、气候风险本身所具有的不确定性特征

气候风险本质上是气候不确定性问题。不确定性来源包括两类：科学视域下的不确定性和人类社会经济活动视域下的不确定性。科学领域和社会经济领域的不确定性相互交织，研究二者的关联有助于预测气候变化的冲击。根据Knight不确定性理论，“气候风险”[①]应称为“气候不确定性”，因为无法清晰测算未来不同结果的概率分布。认识到气候风险的不确定性特征非常重要，因为对于经济政策制定和分析来讲，政策制定中经常使用的期望效用理论有很大的局限性。

（一）科学视域下的不确定性

“科学视域下的不确定性”更契合Keynes的不确定性理论。科学视域下的不确定性体现的是认识论下的不确定性概念，即行动者无法准确知晓未来结果的客观概率和先验概率。这些概率可以通过因果学习得到，科学技术的进步能缓解这种不确定性，直到不确定性被精确测量以致消失。然而，目前科学没有研究清楚气候变化与大气成分之间的函数关系，即气候会在多大程度上以及以多快速度随着温室气体排放量的增加而变化。

第一，气候敏感性参数的不确定性。气候敏感性是指平均地表温度对二氧化碳浓度的敏感度。科学家在各类假设情景下，使用各种全球气候模型来估计气候敏感性参数，但模型中的许多参数值本身无法达成一致。为了解决该问题，科学家使用不同的参数进行加权来计算气候敏感性参数，加权方式包括平均加权、基于先验概率加权、基于拟合历史气候数据好坏程度的加权。在使用历史数据估计的模型中，各个模型使用的数据来源均不一样。当前并没有标准证明哪个模型表现更为优秀，对未来的预测能力更强，而且也没有统一办法将不同的模型估计结果进行加权以得到一个具有共识的气候变化对二氧化碳浓度的敏感性指标。

第二，气温随时间变化的不确定性。气候风险的重要表现形式是气温的变化，气温变化信息对于政策制定非常重要。Hawkins等[4]将气温不确定性分为三类：初始条件不确定性、排放场景不确定性以及模型不确定性。在短期，比如20年以内，初始条件不确定性扮演重要角色。由于气候系统是混沌系统，因此其最终演化路径对初始条件敏感。Hawkins等[4]指出，对于地区气温预测，初始条件不确定性非常重要。全球层面，在未来20～50年，模型不确定性是估计未来气温不确定性的重要参考来源；超过50年以后，对于未来气温不确定性预测的主要参考来源是排放场景的不确定性。

第三，气候变化的空间关联不确定性。如果将视角从全球缩小至国家和地区层面，各类不确定性因素也会显著上升。Masson等[5]在空间维度分析气候不确定性之间的相关性，研究表明，空间相关性越高，各模型预测的不一致性越低。由于具体地区存在空间分割，空间相关性会降低，因此当通过研究具体地区气候变化来预测整体气候发展趋势时，模型预测的不一致性会显著上升。研究降水、环境、海平面、极端天气事件等各类气候风险如何影响地区经济社会发展时，模型预测不一致问题会更为严重。这说明，不论是气候缓释政策还是适应性政策，管理不确定性问题都是重要一环。

总之，当前气候变化对二氧化碳浓度敏感性的预测相对较为成熟，但当预测气候的变化趋势以及关注具体地区受气候变化影响时，所面临的不确定性问题明显更多。Knutti等[6]指出，按照当前技术、方法和数据的发展，应对未来气候不确定性的挑战艰巨，气候政策的制定也只能依赖目前可得到的不确定性信息。但是，如果人类通过不断地努力，提高测量气候变化的能力，理论上来讲科学视域下的不确定性可能会消失。

（二）社会经济视域下的不确定性

社会经济视域下的不确定性更多属于Knight不确定性理论，即由现实世界的不可知性导致的、更具有偶然性并作为一种主观存在的状态。Knight不确定性理论认为，不确定性是人类社会的固有特征，源

① 本文称之为“气候风险”，但在本文中气候风险一词具有很强的“不确定性”倾向。

于主观且常常矛盾的价值观和偏好。在社会经济视域下，气候知识匮乏以及对未来科学技术发展的认知有限等因素导致的不确定性对气候政策制定的影响非常大。即使所有科学层面的不确定性都已经解决，但人类还是会面临社会经济层面的不确定性，因为人类不清楚未来的碳排放路径，而碳排放路径依赖人类科学技术进步和政策选择，这些本身就具有不可预测性。比如，假设科学能够清晰预测未来海平面上升的幅度，但未来人类对此会如何反应，整体搬迁还是筑坝，整体搬迁行为是有组织的和平搬迁吗，海平面上升导致的岛屿国家的行为是什么，国际社会将会有什么行动？再比如，假设科学能够精确预知当出现气候灾害时农业减产，但未来人类如何应对是未知的，其经济结果是什么？对于上述问题的回答影响人类应对气候的行为，也充满了不确定性。

根据微观经济学期望效用理论，假设未来存在不同的风险状态，每个状态都有外生的概率分布，人们对不同状态的偏好不一样，因此可以通过计算期望效用来表示个体的偏好水平。然而在气候政策决策中，期望效用理论存在局限性。第一，对于未来气候的不同状态，无法计算清晰的概率分布，比如无法清晰预测气候变化导致的大西洋热盐环流的变化；第二，即使在一些能给出概率分布的场景中，对于客观概率的确定也存在差异。因此，无法在期望效用框架下进行决策。这意味着，在存在不确定性的情况下，难以存在一个概率分布来刻画当前知识的匮乏；对于理性政策分析，知识的不确定性不能作为输入参数。

技术进步及其未来可能的影响具有不确定性。技术进步影响人类能源消费，进而影响碳排放。比如水力压裂技术降低了美国天然气的价格，从而降低了美国煤炭消耗。这说明技术进步在降低碳排放以及使人类适应气候变化过程中发挥重要作用。根据Ramsey法则，技术进步是决定折现率的重要参数，折现率则决定了政策实施的成本与收益关系。这意味着技术进步的不确定性会影响政策制定。在气候政策的成本收益分析中，折现率决定了最终短期成本和长期收益如何平衡。Weitzman[7]认为，应该对不同的风险折现因子进行加权处理，权重为其所代表的个体数量。正如Ramsey法则指出的，决定折现率的参数包括增长率、边际消费弹性等，而这些参数的具体数值无法统一。对于长期折现值计算，折现率微小的变化会导致最终结果出现大幅改变。在经济学框架下，由于个体偏好存在差异，因此需要用一种方式将个体的不同偏好加总成社会整体偏好。Heal等[8]研究了当人们的时间偏好不同时，如何加总群体折现率。他们认为，这是一个社会选择问题，结果可能是个体偏好的中位数成为代表性折现率；或者是通过构造代表性参与者最大化全社会福利来决定合理的折现率水平。其结论为该折现率随着时间的变长逐渐变小，这个结论对气候政策影响非常大。

三、气候相关金融风险的不确定性特征

在气候变化经济学领域，不确定性扮演着重要角色。这种不确定性不是指已知未来结果的概率分布，而是对未来会发生什么几乎无法准确预测，因此无法评价任何一种气候状态对经济和金融稳定的影响。在概率分布未知的情况下作预测，其难度可想而知。人们能够预测未来可能出现的灾难性情景，因此可以从保守的角度建立气候预测模型，这至少对于保险行业是有必要的。Weitzman[9]假设人类可以通过学习进行信息更新，每个人都根据贝叶斯法则来作决策，对于预测气候变化最有价值的信息来自尾部的极值，因此政策应以极端损失下的气候场景为主要研究对象。一旦确定了具体气候政策的研究对象，则在极端场景下，可以使用成本收益分析来制定相应的经济政策。

（一）物理风险与转型风险的不确定性特征

物理风险和转型风险来自人类行为的不确定性。现在和未来几十年的气候减缓行动将决定21世纪后半叶的气候变化水平。因此，眼前和即将到来的气候风险不确定性主要是关于气候减缓政策本身，即如何向净零碳排放过渡。各国中央银行在2015年就进行了气候风险与金融稳定关系的研究，当时英格兰银行行长Mark Carney在劳埃德银行的演讲中警告投资者，气候变化可能通过物理风险、转型风险和债务风险等渠道影响经济和金融稳定[①]。

① 参见https://publications.parliament.uk/pa/cm5801/cmselect/cmtreasy/correspondence/Mark-Carney-BoE-to-Chair-270220.pdf。

物理风险的影响充满不确定性。特定的升温程度和由此产生的长期后果(例如在海平面上)对建筑物或基础设施的确切影响和可能导致的潜在损害具有高度不确定性,相关救助成本、对物理风险影响的适应程度以及由此引发的第二轮影响也是高度不确定的。全球气候未来状态的影响虽然难以精确评估,但人们能够模糊地知晓各种气候减缓政策、气候金融政策能够产生的积极影响。不同情景下的模拟结果显示,经济金融系统层面的影响具有高度的不确定性。气候变化的物理属性本质上是复杂的,因为气候变化的物理影响需要描述一个多维、非线性的动力系统,且涉及多个子系统。随着人类经济活动对气候变化的影响日益显著,CRFR的不确定性特征表现更为明显。在这个"自然—人类"的联合总系统下,每个单一子系统自身的不确定性水平都显著上升,对其认识既需要掌握物理变化规律,又需要考虑人类经济活动的反馈效果。这种类型的不确定性与极端不确定性存在概念上的相通性,即难以在合适的置信水平下得出人类经济活动与气候系统交互作用导致未来可能结果的概率分布。从理论上讲,似乎Keynes不确定性理论更适合指导应对物理风险,因为毕竟随着人类认知能力的提高,预测物理风险的能力应该上升。但实践中,人类经济社会活动与自然紧密交织,目前难以准确测算和预测人类经济行为如何影响自然的变化,更多的是不确定性的主观认知。

人类社会经济发展的低碳转型带来全球意义上的深刻转变。经济社会如何实现净零碳排放涵盖了大量的可能性路径,在跨越政策、产业、技术、地缘政治、社会和个人行为的所有界限之间存在细微差别。消费者和企业将如何反应和适应气候相关政策在很大程度上是一个假设问题,而那些对消费者和企业可能产生的特别严重的财务冲击是不可知的。在气候政策制定中,需要关注经济活动可能产生的温室气体排放,将经济不同的发展路径与情景与气候政策的最终影响相对应。这种深刻变革给人类社会和自然子系统(例如能源系统、交通系统、基础设施、农业和森林等)均带来很大的不确定性。为了实现经济低碳转型,特定领域的政策也会产生特定层次的不确定性,而最终政策结果的影响充满模糊性和复杂性。在此背景下,转型风险所引致的不确定性特征更表现为人类的主观认知,其融合了人类经济行为与自然环境的相互动态影响。因此,此时不确定性的表现更加偏向于Knight不确定性理论。

(二)风险折现因子的不确定性特征

风险折现因子是金融风险管理中的重要参数。从理论上讲,经济体代表性参与者的风险折现因子能够用来对未来的收益和成本进行折现分析。但在现实世界中,如何基于实际来确定所有人的风险折现因子,或者根据所有人的风险折现因子加总出代表性参与者的风险折现因子,则充满不确定性,且具有系统"超参数"的特征。Nordhaus[10]认为,斯特恩报告之所以呼吁采取果断行动减少温室气体排放是因为其使用的风险折现因子相对较低,约为1.3%,而不是更现实的4%。

Heal等[8]研究了当不同的人具有不同的时间偏好时,社会群体应该如何对未来进行贴现,即如何将不同的价值判断合成具有代表性的风险折现因子。一种方案是将其视为一个社会选择问题,并考虑通过投票等过程调和这些价值观的分歧。在这种情况下,结果很可能是使用时间偏好的中值来计算风险折现因子。另一种方案是使用一种更为传统的经济学方法,求解最大化不同代理人福利的加权和。

风险折现因子反映金融市场对风险的态度,有助于实现跨期计算成本和收益。实现跨期分析是评估气候金融政策的一项重要任务,因为气候金融政策通常具有短期成本高但长期收益大的特征。确定风险折现因子需要考虑的因素非常多,不确定性程度较高,包括定性方面的经验不确定性、定量分析方面的参数设置的不确定性等。经验不确定性很大程度上来源于经济增长率的不确定性。根据拉姆齐公式,风险折现因子是经济增长率的函数。其可以分解为两部分:一部分取决于人类赋予后代福利多少权重,另一部分取决于对代际间消费不平等的厌恶程度。根据拉姆齐公式,如果未来经济增长率存在不确定性,那么如何折现未来消费的变化进而折现气候金融政策的收益也存在不确定性。Weitzman[7]指出,不同的经济学家推荐不同的折现因子可被视为基于真实基础利率的独立估计,因此结果本身就是不确定的,据此建议将这些估计结果结合起来,对其进行加权平均。此外,对风险折现因子的估计需将经济增长率的经验预测与个人福利参数(即他们的时间偏好和边际效用弹性)结合。福利参数的差异反映了衡量福利的根本分歧,与前述经验不确定性存在区别。这种区别对如何计算风险折现因子具有重要影响。特别地,如果个体有不同的偏好,就需要以某种方式聚合加总,以识别总体上具有代表性的社会偏好。这种理论

上聚合式的风险折现因子加总无法得到准确的概率分布估计，增加了CRFR的不确定性问题。

从这个意义来讲，在经济学视域下，风险折现因子本身具有社会属性，反映的是“人”对未来风险的认知，而“认知”难以精确度量，因此风险折现因子所蕴含的不确定性特征则更多地具有Knight不确定性特征。

（三）不确定性对气候相关金融风险管理的影响

总体来讲，虽然从认识论上更加期待能通过科学技术进步来消除气候风险所具有的不确定性特征，但实践中人类主观认知存在的局限使得气候风险在经济社会视域下更多表现为主观上无法准确认知的不确定性，即具有Knight不确定性特征。CRFR的不确定性内生于复杂的金融系统，因为金融市场的反应不可预测，可以说CRFR的内生性也是其典型特征。与气候风险相关的冲击可以从金融体系内部产生，市场参与者的反应会对价格和市场结果产生影响，进而影响其他参与者的金融决策。对于CRFR，传统的金融风险管理模型，比如在险价值（VaR）无法对这种内生的不确定性建模，因为复杂和非线性的风险运行机制难以以确定性或概率的方式描述，而这种Knight不确定性特征给金融业管理气候风险带来巨大挑战，具体表现在以下方面：

第一，增加风险管理活动的复杂性。气候变化会引发金融风险虽然在金融界已经基本达成共识，但如何理解CRFR的短期波动与长期演变，却时刻影响金融机构的行为方式和金融政策的制定。事实上，经济低碳转型所耗时间越长，CRFR对金融体系的影响越大，但问题的核心在于金融机构在多大程度上认为短期内CRFR会成为影响金融体系风险的主要风险因子。CRFR的不确定性特征导致金融风险管理活动的复杂性体现在难以用概率描述事件是否发生，以及难以理解事件为什么发生，核心是无法对不确定性进行建模，最终结果就是未来发生什么是未知的。为了研究CRFR，建模需要将气候变化及其经济社会影响进行结合，而在复杂性和多重性的耦合状态下，对未来将要发生的事情赋予概率权重变得不可能。因此，对于评估CRFR的模型，需要深刻理解和实事求是地分析模型的有效性。

第二，如何解决压力测试的时长选择问题。压力测试和情景分析的使用一定程度上意味着承认准确预测和管理CRFR的不可能性[11]。基于当前金融机构的资产负债表难以对长期的物理风险和转型风险进行压力场景设计。英格兰银行认为对CRFR进行压力测试的最大考验在于时间的选择[11]。比如，以2020年资产负债表为基准，对2050年可能出现的情景进行假设和预测，如何对预测结果进行解释是一个很大的挑战。进一步，如果物理风险的影响时间跨度长达50年，那么以2020年资产负债表为基础进行的情景分析和压力测试，其预测意义何在？同时，这种压力测试和情景分析往往假设其他变量不变，但在如此跨度的时长范围内，该假设是否能够成立值得商榷。此外，快速的低碳转型可能更容易被更短的时间窗口所捕获，因此在应对气候风险过程中金融机构资产负债表的运动规律具有时变属性，如何在压力测试的长期框架下刻画这种时变特征，对长期动态资产负债表的建模能力提出了挑战。

第三，情景分析的场景设计以及对传导机制的分析。面对CRFR，情景分析是主要的研究方法，金融机构能够在面对多重挑战时通过设计特定场景来降低风险评估难度。但是，评估特定社会经济情景的代表性和稳健性在很大程度上限制了其解释的有效性，除非进行情景分析的实体有充分的理由考虑一种特定情景而不是另一种。增加情景分析代表性和有效性的方式是增加合理性情景的数量，并确定可接受程度的边界。在选择一个特定情景之后，必须从物理风险和转型风险延展到企业价值链上，进一步到企业自身的内部运营，进而到其财务表现，最终到金融市场对该结果的反馈，以及与其他金融资产之间的相互影响。在金融机构构建投资组合以及进行风险分析时，难以对这种传导机制进行建模。尽管情景分析方法被明确地设想为一种工具来规避这种不确定性背后的问题，但它们本身并不能解决这一复杂性问题。

第四，资本监管政策工具充满不确定性因素。当前的资本充足率框架并没有约束商业银行对高碳行业贷款的行为，也没有为绿色信贷创造良好的信贷政策环境[12]。应对CRFR需要在资本充足率框架中纳入“棕色资产惩罚因子”，对高碳行业贷款要求更高的资本，进而降低对高碳行业的投入，缓解CRFR。同时，这种高资本充足率要求也为商业银行应对转型风险提供资本缓冲。虽然很多学者也积极呼吁在资本充足率框架中纳入“绿色激励因子”，但实践中往往存在局限性，主要原因在于如何定义“绿色”难以达

成一致，但相对来讲定义“棕色”较为容易。英格兰银行考虑对碳密集型贷款类型施加更高的资本充足率要求，将其作为气候压力测试的潜在政策工具之一[①]。其实在将CRFR纳入资本充足率框架过程中存在的最大不确定性是，没有证据表明“棕色”贷款比“绿色”贷款风险高，且市场参与者缺少对两类贷款的风险感知[13]。这说明，CRFR难以转为金融市场价格。绿色企业比高碳企业更不容易违约的观点是充满不确定性的，因为高碳行业处在成熟的产业链和工业体系之下。绿色企业违约风险低的前提是处于正确的转型路径上，但什么是正确的转型路径，应该如何正确制定政策，也充满了巨大的不确定性。

四、不确定性视域下的气候金融政策困境：建构理性抑或生态理性

评估气候变化的经济（金融）和社会影响是政策决策者面临的主要不确定性来源。人们越来越认识到，传统的气候经济学和金融风险模型立足于一般均衡理论，在代表性参与者假设框架以及线性约束和跨期优化约束下，不能很好地刻画气候风险的特征及其影响。Heimann[14]开创了组织冗余需求领域的研究，在该框架中指出了两种类型的策略错误。第I类错误是实施了错误的政策，第II类错误是没有实施正确的政策行动。前者代表的是委托错误，后者代表的是遗漏错误。在两类错误决策的理论框架下，建构理性和生态理性在制定和设计政策时也都有自己的作用，在不同的条件和背景下，具体接受哪种理念与可获得的信息和作出错误决策的成本有关。

（一）建构理性与生态理性的内涵

建构理性以笛卡尔逻辑为基础，主张人的理性可以通过对人行为的有意识塑造来演绎建构。笛卡尔逻辑的基础是，社会要么沿着理性原则自上而下地衍生其结构，要么通过符合社会规划者的偏好而客观地知道什么是社会的“最佳”制度。从决策者的角度来看，建构理性相对于生态理性的启示体现在所要采取的政策种类或政策行为体本身。建构理性暗示了有足够的信息来决定什么是最优的政策策略，从而有利于进行全面的政策变革。当然，它也可以用来证明维持现状的合理性，因为现有政策是基于已有知识来制定的。建构理性的合理性依赖这样的假设，即预测模型足够精确，可以用来进行长期预测。它显性或隐性地假设人类有能力理解周围的世界以及各种现象的复杂因果关系。

建构理性的一个替代方案是生态理性，它与有限理性的原则和假设密切相关。生态理性运用理性重构，基于个体的经验和民间知识来考察个体的行为，发现文化遗产所蕴含的规则、规范和制度中体现的智慧。因此，生态理性是在文化演变和生物进化过程中，利用本身的行动原则、规范、传统和道德来作出决策。根据生态理性假设，决策者在决策中发展经验法则或进行启发式、探索式决策。这种方法意味着对于一个特定的问题，确定全局最优解或最大化策略是不可能的。生态理性认为，政策制定者必须更加理性地对待他们的未来，其可能拥有信息，但也需认识到世界是一个不稳定和不断变化的复杂系统，具有非线性特征，预测未来非常困难，特别是在长期。在生态理性框架下，问题的性质是不确定的，行动的方向也是不确定的，首选的政策应是演化的、增量的和基于可获得信息的持续行为。

因此，从某种意义来讲，建构理性与Keynes不确定性理论相通。Keynes不确定性理论将不确定性视为认识论层面的问题且可以减轻和缓解，从而更偏好技术角度出发的理性计算，认为其可作为确定最优行为的更高效方式。而生态理性的概念实际上则是源于Knight不确定性框架，即源于主观认知层面的、难以降低的不确定性，更强调制度是有条件变迁且不断演化的。

建构理性与生态理性的政策含义见表1。秉承生态理性的决策者希望等待时机以掌握更多信息，或者采取有限的、渐进的步骤来应对气候风险。他们对未来的可能性持开放态度，希望在作出政策改变之前获得额外的信息。生态理性认为即使气候变化问题确实严重，但过于迅速和激进的应对措施可能成本过高，对经济增长的破坏性也较大。“采取激进果断政策行动”与建构主义关于气候变化的立场一致。这

① CARNEY M. Capital rules and brown penalising factors：letter to the UK parliament’s treasury select committee chair[EB/OL]. (2020-02-27)[2025-09-01]. https://publications. parliament. uk/pa/cm5801/cmselect/cmtreasy/correspondence/Mark-Carney-BoE-to-Chair-270220. pdf.

反映了人们对气候变化会造成长期严重危害这一结论存在高度认同，反映了只有采取果断行动才能产生足够的减缓效果，以限制全球变暖的影响。

建构理性下的政策失败反映了一种信念带来的错误，即对气候变化的模拟模型保持足够的信心，以至于他们认为模型预测的各种可能结果可以被视为“风险的结果”，而不接受所有可能结果的集合是不确定的观点。建构理性决策者建立了一个大的置信区间，并接受一个低显著性水平来拒绝原假设。生态理性下的政策失败是表1中的第II类错误。生态理性从Knight不确定性理论的角度出发，认为可用于决策的数据存在较大不确定性，因此无法承诺需提供大量的资源或采取激进的政策方针来缓解气候变化。与生态理性相反，建构理性下的政策失败是表1中的第I类错误，意味着其更愿意相信数据和模型提供的预测结果。

表1　Heimann政策决策矩阵

行为	不采取政策措施	激进果断的政策行动
不采取政策措施	决策正确	第I类错误
应该采取措施	第II类错误	决策正确

（二）建构理性与生态理性的政策“两难”

在实现全球平均气温升幅控制在工业化前水平以上2 ℃以内目标下，迫切需要以新的理念来制定气候政策以应对气候变化对社会经济系统影响的不确定性和复杂性。这就需要考虑气候影响的异质性、主体和系统响应的非线性、反馈强化和平衡的可能性以及级联效应和政策路径依赖等问题。

一方面，气候风险所引起的经济社会影响，需要全人类采取行动降低碳排放量，否则其后果不堪设想。因此，金融业似乎应按照建构理性，立刻采取行动来评估、测量、监测以及应对CRFR。按照Keynes不确定性理论的指导，金融业应该精确测度气候风险引致的金融风险。由153个国家缔结的《联合国气候变化框架公约》（UNFCCC）指出，缔约方应采取预防性措施，预测、预防或尽量减少气候变化，减轻其不利影响；在存在严重或不可逆转损害威胁的情况下，不应以缺乏充分的科学确定性作为推迟采取政策措施的理由。这说明气候变化是一个巨大的威胁，必须立即采取行动，以避免未来的灾难，全球变暖必须通过旨在减少排放到大气中的二氧化碳和其他温室气体的重大政策干预来应对。总之，学术界、政府部门和实务部门均认为，气候风险给经济社会带来巨大损失，风险已经传导至金融系统，因此金融业要高度重视气候风险管理。

另一方面，CRFR所伴随的不确定性特征，使得金融业对气候风险建模以及即刻采取政策反应的建构主义行为极容易犯表1中的第I类错误，即政策失误导致目标无法完全实现。在金融业应对气候风险进程中，主观感知表现得更为明显。全球碳排放量在2017年出现企稳后再次上升，这使得将全球温度升高限制在《巴黎协定》的目标内存在巨大挑战。Coronese等[15]在汇总10年数据后发现，实际上气候变化导致的全球经济损失呈现右肥尾分布特征，因此基于正态分布的统计建模将会带来错误的政策决策。此外，政策实施效果表明，气候减缓和适应方面的投资相对不足，需要更强的政策和长期投资来填补每年2.5万亿美元的缺口，直至2050年[16]。人们越来越意识到，仅仅依靠市场力量不可能实现《巴黎协定》目标。各国启动了“绿色新政”，通过出台明确、连贯和协调的金融政策刺激绿色技术的大规模投资，目前虽已被经济学家所倡导，但仍旧充满巨大争议[17]。金融业所面临的气候风险与传统金融风险类型相同，更多地会呈现出无法精确计量的不确定性特征。这给气候金融政策的制定带来巨大挑战。无论是在时机、规模还是实施条件方面，政策都具有很高的不确定性，具体表现为：一些国家退出《巴黎协定》；推迟取消化石燃料补贴；在国内实行绿色投资，在低收入国家实行碳密集型投资。这些行为向投资者和金融市场提供了矛盾的信号。尽管大多数国家承认《巴黎协定》，积极发布国家自主贡献度，但大多数国家的绿色投资和碳减排轨迹仍然与其预期目标相去甚远。应对气候风险的相关金融政策极易犯错，建构理性政策行为会遭遇挑战，理性的科学努力似乎难以得到满意的结果。作为应对气候风险的行动者，金融业可能更多地会通过主观所感知的风险来制定策略。

现实中，金融政策路线似乎显现出“必要性上的建构理性与过程性的生态理性”的相矛盾状态。一方面，根据Keynes不确定性理论，随着大数据模型的发展，金融业应该有能力精确测算所面临的气候风险，逐渐消除对因果关系的认知局限性；另一方面，气候风险所具有的社会经济属性则意味着，金融业对气候风险的认知存在高度局限性，难以精确测度，更多地应立足于经济发展和实际制度环境，采取演化方式来制定应对气候风险策略。在波兰Katowice举办的UNFCCC COP24缔约方气候大会上，各国政府商定了执行《巴黎协定》的规则手册。然而，由于美国和巴西政府的反对，各国政府未能就实现气候目标所需的气候政策的及时出台达成一致，也未能促成到2050年实现碳中和所需的全球经济转型政策。越来越多的研究发现，气候政策不确定性会影响投资者对气候政策的预期，从而影响投资者在政策出台后的业务调整行为和投资组合策略。实证研究表明，尽管在《巴黎协定》签订后高碳指数相关风险较高，但金融市场尚未将气候风险在金融合约中进行定价①。这说明，金融体系对气候风险的反馈存在被动的一面，而金融市场无法对气候风险进行精确定价无助于全球经济的低碳转型，最终极有可能增加对高碳资产的投资，进而威胁金融体系稳定。

总之，气候风险引发的CRFR要求金融业立刻采取措施。一方面，金融业需应对CRFR的物理风险和转型风险对金融机构资产负债表的冲击；另一方面，政策当局也应积极制定气候金融政策，引导和激励金融业有效应对CRFR，提高管理CRFR的主动性和积极性。这些共识性的想法似乎与建构理性相符合，需要通过科学技术发展来消除不确定性。不可否认，当前金融业在应对CRFR过程中，仍旧处在传统金融风险管理的理论和实践框架下，而以精确测度风险为核心的传统金融风险管理实践在应对充满不确定性的CRFR时存在心有余而力不足的状况。在应对CRFR过程中，金融业需要面对的是无法提供概率分布的、产生各类影响的不确定性事件，因此这种不确定性导向的表现特征使得管理CRFR的建构理性思想面临更多的错误风险。生态理性导向的政策制定虽然步伐平稳，但在应对气候风险时，政策制定也掣肘于各类不确定性事件，可能政策反应相对缓慢，而这恰恰与Knight不确定性理论对应。因此在应对CRFR时，最理想的政策是耗时最短且最有效的政策，但在无法达到理想状态时，金融业在应对CRFR时需要对建构理性和生态理性进行战略折中，最大限度提高预测能力，减少对因果关系认识的局限性，在保证政策制定和有效风险管理的基础上，立足现有政策制度环境，最快地将政策和风险管理实践落实在行动上，从而提高金融业应对CRFR的有效性。

五、不确定性视域下气候金融政策的设计理念

事实上，超出CRFR认知之外的一个观点是：在必要的低碳转型政策出台以前，没有证据表明绿色贷款风险低、“棕色”贷款风险高，也没有市场参与者对气候风险定价[13]。事实上，CRFR本身是以低碳转型战略为基础的。这说明，必须冒着犯第I类错误的风险来采取行动，但政策制定和实施又面临巨大不确定性，因此以逐渐摸索的方式实施气候政策似乎又偏向于生态理性。在目前的认知范围内，很难解释为什么绿色企业比碳密集型企业更不容易违约，因为前者是一个潜在的增长部门，具有相当大的不确定性；而后者仍然是基于化石燃料能源占主导地位的成熟工业生态系统的关键部分。因此，真正缓解CRFR的政策应是支持低碳转型的政策，从而内生地决定第I类错误似乎不可避免。党的二十大报告指出，“积极稳妥推进碳达峰碳中和”，“有计划分步骤实施碳达峰行动”。总之，CRFR的不确定性特征要求金融业在应对气候风险时，既要以建构理性的方式提升预测能力并迅速采取政策行动，又要以生态理性的方式来实施政策，实现Keynes不确定性理论和Knight不确定性理论在自然科学和社会科学领域的折中与融合，相互补充，互为借鉴，共同指导金融业应对气候风险。基于上述考虑，本文认为在不确定性视域下制定气候金融政策时，应遵循以下理念：

第一，因势利导，以演化式的生态理性指导气候金融政策制定。实践中，金融业所面临的气候风险更多地体现为难以精确测算，因此Knight不确定性理论在政策制定中指导意义更强。在Heimann[14]的决策

① 参见https://www.researchgate.net/publication/329528453_Are_financial_markets_pricing_carbon_risks_after_the_Paris_Agreement_An_assessment_of_low-carbon_and_carbon-intensive_stock_market_indices。

理论框架下，有串行决策和并行决策两类决策系统。串行决策的结构要求是存在一个决策点序列，每个“单元”在系统整体能够行动之前均已运行完毕。所有决策点相继完成决策后才能使政策向前推进。任何一个单元对任何特定的政策决定都有否决权。在并行决策系统下，即使一个或多个单元拒绝该策略，整个系统也可以执行政策。当决策者面对快速复杂多变的情景时，并行决策系统更加受政策制定者的青睐，会提供快速实施政策的机会。并且，在只有两种状态（正确政策和错误政策）的情况下，并行决策系统更有可能产生错误的政策。由此，其提出一个“三态”世界，即政策制定者犯第I类错误、第II类错误和决策正确三种状态。在“三态”世界中，串行系统是最优的，因为减少了犯第I类错误的可能性；而并行决策系统会增加第I类错误的概率，降低第II类错误的概率。减少第I类错误是金融业应对气候风险政策制定的主要政策目标之一。在充满不确定性的世界中，串行决策意味着试探性的前进，具有前述的生态理性导向。在制定金融业应对CRFR的政策进程中，往往面对有限理性和高度不确定性，探索式前进应是最优选择。因此在面对CRFR时，金融政策的制定应基于“历史条件”进行演化式决策，这种决策方式在政策纠正成本高昂时无疑可以降低第I类错误的概率。

第二，顺时施宜，以“模型化”理念提升CRFR的预测能力。随着大数据技术的快速发展，金融业评估测度风险的能力也与日俱增，且气候变化本身具有自然科学属性，因此金融业也应尽其所能，提高自身对气候风险的预测能力，夯实气候风险管理基础。虽然建构理性视角下的政策制定容易犯第I类错误，但建构理性的政策理念却与CRFR需要立刻采取行动的需求相契合。为了提升气候风险的定价能力，减少CRFR模型结果的不确定性，帮助市场和投资者对CRFR定价，政策制定者首先需要清晰定义“绿色”。气候科学明确指出什么是化石燃料，特别是煤炭会导致全球气候变暖，但在对“绿色”的共识方面，随着时间、技术和社会的变化，从可再生能源到核电，从负排放技术到高效的消费模式，人们的认识在不断演变。为此欧盟委员会成立了可持续金融技术专家组，发布绿色金融分类法和绿色债券标准，并就气候风险披露指标提出建议。管理CRFR应借鉴建构理性的模型化做法，提高数据搜集、存储和分析能力，增强模型的可预测性，又快又准地对CRFR进行测度。基于演化经济学和复杂性科学的方法可以为传统的气候经济学模型提供补充。

第三，防患未然，以“预防性”理念制定气候金融监管政策。虽然根据Keynes不确定性理论，人类能够通过科学技术发展消除不确定性，但实践中，政策的实施往往具有时效性，所以气候金融政策应对气候风险或许更加接近Knight不确定性理论。审慎监管的核心在于防患于未然。CRFR具有显著不确定性特征，且同时具有系统性特征，因此审慎视角下的金融政策设计是制定气候金融政策的应有之义。从建构主义角度来讲，迫切需要一个更为宏观和具有弹性的金融政策框架体系应对CRFR，因此宏观层面的审慎监管是管理CRFR的必然选择。但是，在金融体系应对CRFR过程中，需要根据CRFR的特征与作用点，针对具体情况设计具体政策工具。而在宏观审慎政策工具箱中，多种政策工具均可以用来管理CRFR对金融体系的冲击，且时间维度下的宏观审慎框架又可以随着CRFR对金融体系冲击的走势进行时变调控，这意味着宏观审慎政策工具的实施满足了生态理性的特征。宏观审慎政策既符合建构理性的行动力要求，又满足了生态理性的具体实践要求。在金融风险领域，或者说在CRFR领域，预防性原则的合理延展是实施宏观审慎监管，因为CRFR所带来的金融风险具有系统性特征。CRFR的威胁能够达到系统性规模，且具有不可逆转性，其所附带的不确定性要求实施审慎导向的金融监管政策。

第四，避繁就简，以“简单化”理念指导气候金融政策的实施。在无法精确测算风险的时候，简单化政策流程无疑符合Knight不确定性理论。与传统的基于复杂模型的风险管理实践不同，面对CRFR的不确定性，金融业也需要更多的定性方法与定性分析。仅仅根据“经验法则”，金融机构就知晓应降低对高碳部门的信贷支持，尽管无法准确测算政策的影响。Gollier[18]的“干中学”思路认为早期的政策行动可以带来关于系统运动规律有用的“质”性信息，从而使决策向前推进。因此，应对CRFR的流程不应是“等待学习然后再行动”。总之，所有方法都可以帮助金融体系在面对不确定的情况下作出决策，但是由于CRFR复杂性而产生的高不确定性，金融政策制定者与其付出巨大成本来提升微弱精确性，不如在对其有初步认知的情况下，采取“干中学”的策略，以建构理性的行动态度和生态理性的行为模式，主动、积极地应对CRFR，从而最大限度地助力应对气候风险，实现经济低碳转型。

六、气候风险不确定性视域下的政策建议

中国高度重视气候金融发展，已构建起较为完善的政策体系。2016年，中国人民银行等七部委联合发布《关于构建绿色金融体系的指导意见》，成为中国发展绿色金融的基础和指导性文件。此后，中国陆续出台一系列政策文件，如《关于做好金融“五篇大文章”的指导意见》《银行业保险业绿色金融高质量发展实施方案》等，明确气候金融发展目标、任务和措施，为气候金融发展提供政策保障。风险是金融的核心，气候金融发展的基础是对气候风险有效定价。然而，气候风险高度复杂的不确定性特征，使得气候金融对气候风险定价存在阻碍。因此，基于气候风险不确定性视角来制定气候金融政策，对于中国金融业应对气候风险具有重要的政策指导价值。

第一，开展气候风险压力测试。气候风险从自然科学属性来讲，本身具有极端属性特征，因此提高风险预测能力，进而进行压力测试，则是Keynes不确定性理论指导下的选择。金融业在面对这种压力场景时，从社会经济领域视角来看，更多是一种认知困境的体验，毕竟气候风险究竟会产生何种冲击，金融机构难以预知。因此，在Knight不确定性框架下，金融业应该在有限认知范围内，运用压力测试的方法，不那么精确地预判金融业气候风险最坏的情况，从而得到在一定的制度环境下可能产生的冲击。从这个意义来讲，开展压力测试进行气候风险管理，既满足了Keynes不确定性要以科学的方法应对风险的要求，又符合Knight不确定性框架承认难以精确测度气候风险、立足基本制度框架来应对气候风险的要求，是不确定性视角下应对气候风险合理的政策工具。中国金融机构也在压力测试方面开展探索。2020年，六大国有银行中的中国银行、中国工商银行、中国建设银行以及国内首家赤道银行——兴业银行均通过构建不同气候情景，分析气候风险对金融机构资产质量、盈利能力、资本水平和流动性的影响，为金融机构风险管理提供决策依据。在情景分析方面，中国金融机构参考国际经验，结合国内实际情况，构建了多种气候情景，如气温上升、海平面上升、极端天气事件等，评估这些情景对不同实体行业和地区的影响。

第二，立足气候风险的自然科学维度，借鉴Keynes不确定性理论，提升应对气候风险的数据质量和模型精确度。Keynes不确定性理论要求尽最大努力降低对客观概率的无知程度，而数据质量的好坏以及模型精确度的高低则决定了金融业管理气候风险的能力和水平。气候风险评估需要大量的高质量数据，但目前中国金融业在气候数据收集、整理和共享方面还存在不足，部分数据缺乏标准化和可比性，影响了气候风险评估的准确性。例如，不同地区的气候数据采集标准和方法存在差异，导致数据难以进行整合和分析。在模型精度方面，现有的气候风险评估模型在精度和适用性方面还存在一定问题，一些模型过于简化，无法准确反映气候变化的复杂性和不确定性。例如，在评估极端天气事件对金融机构的影响时，现有的模型可能无法充分考虑事件之间的关联性和叠加效应。因此，根据Keynes不确定性理论，应消除对客观概率认知的缺失，金融业应建立统一的气候数据标准和共享平台，提高数据的质量和可用性；加强数据收集和整理工作，确保数据的准确性和完整性；推动数据开放共享，促进数据在科研、政策制定和金融投资等领域的应用。同时，在模型建设方面，金融业应加大对气候风险评估模型的研究和开发力度，提高模型的精度和适用性，结合中国实际情况，构建具有中国特色的气候风险评估模型；加强模型验证和评估工作，确保模型的可靠性和有效性。

第三，立足气候风险的社会科学维度，应借鉴Knight不确定性理论，提高气候金融政策制定能力。人与自然之间的关系具有非线性的复杂特征，当前气候风险充满了人类经济行为影响的痕迹，因此应制定经济政策缓释和适应气候变化对人类经济社会的冲击。如前所述，在社会经济视域下，人类价值观、认知能力、主观能动性等均影响气候政策的制定，很多政策参数（比如风险折现因子）难以给出精确的估计，且政策参数难以精确量化，气候金融政策本身也随着人类社会的发展呈现演化式的变化。在中国，绿色金融标准体系并非固定不变。从早期的《绿色债券支持项目目录》到2025年正式发布的《绿色金融支持项目目录（2025年版）》，其覆盖范围和技术标准一直在更新和扩大。这正是在无法精确预知所有绿色技术路径时，通过建立并不断修正一个权威的“分类清单”，来降低市场面临的模糊性，引导资金流向。气候政策的制定应避免过度抽象，立足当前制度环境的具体状态，立足地区在文化和价值观上的差异性，引导经济活动参与者积极践行和落实相关气候政策。中国“1＋N”政策体系是应对系统不确定性的典型范式。

这个体系不强求一个能预测所有细节的完美方案，而是构建一个顶层设计与多领域、多地区具体行动方案协同推进的框架。这允许在总目标下，各子系统进行探索、试错和调整，增强整体政策的适应性和韧性。金融业气候风险管理也应更加强调制度性和合规性等监管政策在风险管理中的作用，而风险量化和计量则更多地体现为提供政策制定依据的角色。从某种意义来讲，在Knight不确定性理论下，金融业气候风险管理关注点可能不是如何精确测度气候风险，而是积极践行绿色低碳理念，发挥金融业调配资源向绿色低碳领域配置的优势，实现全社会的气候风险的应对，从而在根本上降低自身气候风险敞口。

参考文献：

[1] Network for Greening the Financial System. A call for action：climate change as a source of financial risk[R]. Network for Greening the Financial System First Comprehensive Report，2019.

[2] CHENET H，RYAN-COLLINS J，Van LERVEN F. Finance，climate-change and radical uncertainty：towards a precautionary approach to financial policy[J]. Ecological Economics，2021，183：106957.

[3] LAWSON T. Uncertainty and economic analysis[J]. The Economic Journal，1985，95(380)：909-927.

[4] HAWKINS E，SUTTON R. The potential to narrow uncertainty in regional climate predictions[J]. Bulletin of the American Meteorological Society，2009，90(8)：1095-1108.

[5] MASSON D，KNUTTI R. Spatial-scale dependence of climate model performance in the CMIP3 ensemble[J]. Journal of Climate，2011，24(11)：2680-2692.

[6] KNUTTI R，SEDLACEK J. Robustness and uncertainties in the new CMIP5 climate model projections[J]. Nature Climate Change，2013，3(4)：369-373.

[7] WEITZMAN M L. Gamma discounting[J]. American Economic Review，2001，91(1)：260-271.

[8] HEAL G，MILLNER A. Discounting under disagreement[R]. National Bureau of Economic Research Working Paper，No.18999，2013.

[9] WEITZMAN M L. On modeling and interpreting the economics of catastrophic climate change[J]. Review of Economics and Statistics，2009，91(1)：1-19.

[10] NORDHAUS W D. A review of the stern review on the economics of climate change[J]. Journal of Economic Literature，2007，45：686-702.

[11] Bank of England. The 2021 biennial exploratory scenario on the financial risks from climate change[R]. Bank of England Discussion Paper，2019.

[12] D'ORAZIO P，POPOYAN L. Fostering green investments and tackling climate related financial risks：which role for macroprudential policies?[J]. Ecological Economics，2019，160：25-37.

[13] Network for Greening the Financial System. A status report on financial institutions' experiences from working with green，non green and brown financial assets and a potential risk differential[R]. Network for Greening the Financial System Technical Document，2020.

[14] HEIMANN C F L. Understanding the challenger disaster：organizational structure and the design of reliable systems[J]. American Political Science Review，1993，87(2)：421-435.

[15] CORONESE M，LAMPERTI F，CHIAROMONTE F，et al. Natural disaster risk and the distributional dynamics of damages[R]. Scuola Superiore Sant'Anna LEM Working Paper Series，No.22，2018.

[16] The International Renewable Energy Agency，Climate Policy Initiative. Global landscape of renewable energy finance[R]. International Renewable Energy Agency Report，Abu Dhabi，2018.

[17] LAMPERTI F，MAZZUCATO M，ROVENTINI A，et al. The green transition：public policy，finance，and the role of the state[J]. Vierteljahrshefte zur Wirtschaftsforschung，2019，88(2)：73-88.

[18] GOLLIER C. Should we beware of the precautionary principle?[J]. Economic Policy，2001，16 (33)：302-327.

编辑：郑雅妮，高原

The Uncertainty Characteristics of Climate Risk and Their Implications for Climate Finance Policy

LIU Zhiyang, XIE Yaoshu

Business School, Northeast Normal University, Changchun 130117, China

Summary Within the framework of uncertainty theory, the uncertain characteristics of climate risk are more prominent. In economics and financial modeling, based on uncertainty theory, risk is typically understood as "probabilistic or stochastic risk", referring to random outcomes with known probabilities. Within the conceptual framework of risk, the future is essentially treated as a replication of the past. In contrast, "uncertainty" refers to situations where there is no basis for forming any computable probability. Therefore, uncertainty theory appears to be more suitable for analyzing climate risk.

First, this paper analyzes the uncertainty characteristics of climate risk within the frameworks of Keynesian uncertainty theory and Knightian uncertainty theory. It argues that uncertainty from a scientific perspective aligns more closely with Keynesian uncertainty theory, while uncertainty in the socioeconomic perspective more often falls under Knightian uncertainty theory. Building on this, the paper further examines the uncertainty characteristics of the physical risks, transition risks, and discount factors associated with climate-related financial risk (CRFR), and analyzes the impact of this uncertainty on the management of climate-related financial risks. These impacts are primarily manifested in four aspects: (1) increasing the complexity of risk management activities; (2) addressing the issue of selecting the duration for stress testing; (3) scenario design and transmission mechanism analysis in scenario analysis; (4) the capital regulatory policy tools being fraught with uncertain factors.

Second, drawing on Heimann's (1993) decision-making framework of constructivist rationality and ecological rationality, this paper argues that constructivist rationality is rooted in Keynesian uncertainty theory, whereas ecological rationality is rooted in Knightian uncertainty theory. When addressing climate-related financial risks, the policy approach to climate finance appears to face a dilemma between constructivist rationality in terms of necessity and ecological rationality in terms of process.

This implies that the uncertainty characteristics of climate-related financial risks require the financial sector to adopt a dual approach when responding to climate risks: taking swift policy actions in a constructivist rational manner while implementing policy in an ecologically rational way, thereby achieving a compromise and integration of Keynesian uncertainty theory and Knightian uncertainty theory in terms of their natural science and social science attributes. Regarding policy design concepts, this paper proposes: (1) guiding climate finance policymaking with an "evolutionary" notion of ecological rationality; (2) enhancing the predictive capability of CRFR with a "modeling" approach tailored to the times; (3) formulating climate financial regulatory policies with a "preventive" mindset to address risks proactively; (4) guiding the implementation of climate financial policies with a "simplification" approach to streamline processes.

Finally, from the perspective of uncertainty, this paper proposes policy recommendations for how China's financial sector should respond to climate risk. First, conducting climate risk stress tests; Second, based on the natural science dimension of climate risk, drawing on Keynesian uncertainty theory to improve data quality and model accuracy in addressing climate risks; Third, based on the social science dimension of climate risk, drawing on Knightian uncertainty theory to enhance the capacity for formulating climate financial policies.

Keywords climate risk; uncertainty theory; financial risk management; constructive rationality; ecological rationality; climate finance policy