

# 走出“气候赌场”

许小峰

(中国气象局, 北京 100081)

**摘要:** 2018年诺贝尔经济学奖获得者威廉·诺德豪斯(William D. Nordhaus)针对气候问题曾写过一本专著《气候赌场》<sup>[1]</sup>,以大众化的语言风格阐述了他对气候问题的基本看法,将人类活动对气候的负面影响看作是一场赌博,将面临难以预料的后果,若不设法及时全身退出,人类社会生存所依赖的气候环境可能面临失控的风险。使用“赌场”这个词很形象,或许是受到了经济学领域曾发生的著名赌博案例的影响。尽管通过多方努力,世界大多数国家签署了《巴黎协定》,为人类社会合作应对气候变化奠定了坚实基础,但仍存在诸多难点和问题,有效的协调机制还有待进一步确立,仅从地球环境已发生的演变趋势看,并不乐观。

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2023.04.001

## Exiting the “Climate Casino”

Xu Xiaofeng

(China Meteorological Administration, Beijing 100081)

**Abstract:** William D. Nordhaus, winner of the 2018 Nobel Prize in Economics, has written a monograph on climate issues named *The Climate Casino*, which expounds his basic views on climate issues in a popular language style, and regards the negative impact of human activities on climate as a gamble with unpredictable consequences. If human beings do not exit in a timely manner, the climate environment on which the human society depends may face the risk of losing control. The vivid use of the word “casino” is perhaps influenced by the famous gambling cases in the field of economics. Although most of the countries signed the Paris Agreement through multiple efforts, laying a solid foundation for the cooperation of human society to address climate change, there are still many difficulties and problems, and an effective coordination mechanism needs to be further established. Solely from the evolution trend of the Earth’s environment that has already appeared, the future is not optimistic.

### 0 引言

在经济学界有过一次产生了广泛影响的赌博事件,参与赌局的是两位美国经济学家,马里兰州立大学的朱利安·西蒙(Julian Simon)和斯坦福大学的保罗·埃尔里奇(Pawl Ehrlich)。悲观派埃尔里奇认为不可再生性资源,如石油、煤及各种矿石等,在地球上的储藏量是有限的,越用越少,价格会大幅度上升,总有一天会消耗殆尽。持乐观主义观点的西蒙不认同埃尔里奇的观点,认为这些资源不会趋于枯竭,价格也不会大幅度上升,还有可能下降。

由于无法说服对方,他们决定赌一把,让事实做出最终的验证。他们共选定了五种金属,包括铬、铜、镍、锡、钨。假定双方各投入1000美元,分别购买200美元的5类金属,以1980年9月29日这5种金属价格为准,到了1990年9月29日,若这5种金属的价格在剔除通货膨胀的因素后上升了,西蒙就付给埃尔里奇这些金属的总差价;反之,若这5种金属的价格下降了,埃尔里奇将把总差价支付给西蒙。

十年赌期过去了,在1980—1990年世界人口增长了8亿多,但5种金属的价格无一例外都下跌了,如铬

在1980年的售价为每磅3.90美元,1990年降至3.70美元,锡在1980年为每磅8.72美元,十年后降至3.88美元。1990年10月的一天,西蒙在马里兰州的家中收到了一封信,信中有一张5种金属的价格变化表和一张576.07美元的支票,没有多余的留言(图1)。信是埃尔里奇从加州发出的,赌输了,信守承诺,并将金属下跌的差价告知了西蒙。赌资不算高,但相对于最初设定的1000美元,可以看出五种金属的平均价格下跌应超过了50%,此次赌局受到世人广泛关注,因为涉及到了人类未来的前景命运<sup>[2]</sup>。赌局有了结果,但并没有化解分歧,以西蒙为代表的经济学乐观主义阵营与埃尔里奇为代表的生态悲观主义阵营的争论一直没有停止,没有因一场赌局的结果而改变原有的立场,1998年西蒙因病去世,但较量没有结束,他的追随者仍顽强地坚守阵地,延续至今。

西蒙教授在谈赢得赌局的原因时提到两点理由,一是经济学中的价格机制,二是科技进步。价格机制可以调节资源的供求关系,减少人们对资源的过度消耗。同时,当资源减少、价格升高时,又对供给起到了刺激作用,这时,科技的作用显现了,技术的进

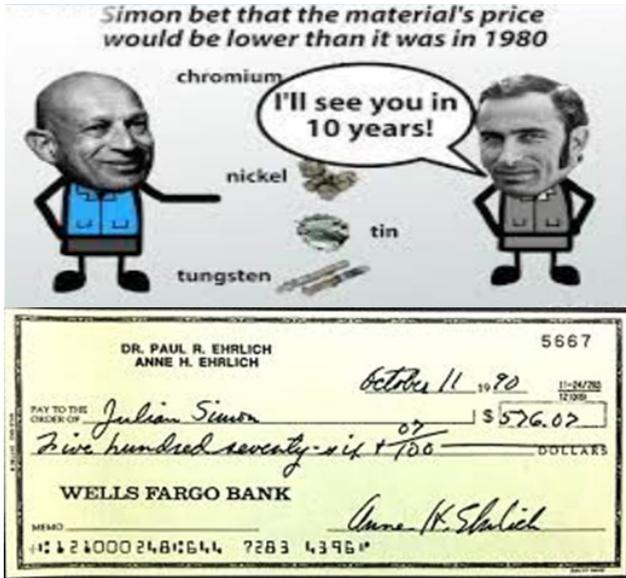


图1 西蒙和埃里奇的赌局

Fig. 1 Bet between Julian Simon and Paul Ehrlich

步可以更有效地利用现有资源，还可以通过开发更丰富、更便宜的替代品平抑物价。西蒙教授综合考虑了两方面因素的综合效应，避免了仅考虑单一因子可能产生的误判。

从以上赌局的结果和胜负理由分析看，通过经济学视角理解自然资源保护与社会经济发展协调问题，或许可以设计出合理、可行的解决方案，但对不同的问题显然选择会有差别。是不是所有自然资源都会遵循那5种矿产的价格变化呢？这是需要探讨的问题，西蒙教授谈到的第一个因素涉及价格问题，这需要与产品的所有权挂钩，而气候无国界，是全人类的共同财富，难以通过价格因素解决；第二个因素涉及科技进步与替代品问题，前提是技术进步与抑制地球气候环境恶化进程要能匹配。与地球环境密切相关的气候资源恶化程度如果突破临界点，将会万劫不复，那又该怎样应对呢？乐观的西蒙认为人类才是终极资源，人类的智慧和进取心能够克服资源紧张局面，新的解决方案能让整个社会变得比出现问题之前更加繁荣。但无论前景怎样，人类必须理性面对现实存在的难题，分析其中的差别，合理设计新的路径，只有找到能克服现实矛盾的解决方案，光明的前景才能接入扎实的根基。

威廉·诺德豪斯的研究领域涉及到的一个重点问题正是社会经济与自然环境之间的相互作用，并创建了描述全球经济与气候相互作用的定量模型，被广泛用于气候政策的制定过程。在诺德豪斯教授的理论中可以发现西蒙和埃里奇两位教授的共同点，可以通过经济手段抑制人们对自然环境造成负面影响的行

为，但不能让自然环境的恶化进入到失控阶段，人类无法找到适宜的气候替代品，除非科技发展足以帮助人类找到并移居至其他适宜生存的星球。

## 1 气候变化与《气候赌场》

威廉·诺德豪斯1967年在麻省理工学院（MIT）获经济学博士学位，师从著名经济学家保罗·萨缪尔逊，毕业后在耶鲁大学任教，1973年被聘为终身教授，在获得诺贝尔奖之前已是美国国家科学院院士和美国人文科学院院士，也是研究气候变化经济学的知名学者。诺德豪斯在研究全球气候变化经济学时，极力主张从碳排放许可制度转向征收碳税制度，发展了控制全球变暖的经济学方法，他建立的气候变化综合评估模型DICE/RICE是气候经济领域的经典之作，是将经济系统和气候系统整合在一个框架中的区域动态均衡经济模型，为应对气候变化提供了理论模型和实现途径。

2015年诺德豪斯出版的《气候赌场》，不算是一部纯学术著作，虽然其中一些图表对非专业人员而言不算浅显，但多数内容都不难读懂，既有规范、严谨的推理，也注意到了文字阐述的浅显生动，引人思考。书名有个副标题：“全球变暖的风险、不确定性与经济学”，读者可从中清晰感受到作者的意图，气候变化、经济学、赌场有着某些共同特征，即不确定性与风险性。或者说人类行为对气候产生的影响，并非可以靠市场或科技进步就可以达到控制结果的目的，如果参与了赌场活动，掷出骰子后的结果将难以预料，可能带来的风险无法预估。《气候赌场》既告诫了人们在走进气候这个赌场后可能发生的风险，也在引导人们如何理性地选择退出。

作为经济学家的诺德豪斯教授选择“气候变化的起源”作为开篇的切入点，从经济社会发展的角度阐述了人类是如何走进气候赌场的，介绍了与经济增长密切相关的气候变化问题，重点是气候与环境如何遭受到了人类活动的影响。

在阐述了气候变化起源后，接着指出了气候变化所造成的风险与危害，其中的关键点是特别指出了可控系统与不可控系统的概念，当人类活动的影响超越了不可控系统的临界点（图2），将会引起灾难性后果，从好的均衡走向坏的均衡。

明白了走进气候赌场的风险，又该如何退出呢？诺德豪斯教授开始强调应对气候变化也要遵循经济学的基本原则，即成本与收益的平衡，应对气候变化是一项长期投资，今天投入的成本，要在未来产生效益，如同基础设施、教育，是必须要支出的，但也不能不惜代价，并具体分析了应对气候变化的成本计

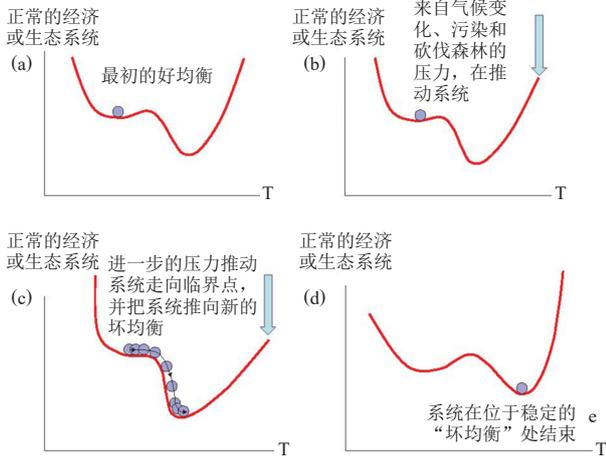


图2 临界点：从一个良好的均衡变动到一个坏的均衡。双底槽说明压力如何缓慢地，改变系统直至达到临界点，此后就是迅速而可能是灾难性的变化。注意，有两种均衡：(a) 好均衡；(d) 坏均衡。(来源：诺德豪斯著作《气候赌场》)

Fig. 2 The critical point: From a good equilibrium to a bad equilibrium. The double bottom troughs show how pressure slowly changes the system until reaching a critical point. Afterwards, there will be rapid and potentially catastrophic changes. Please be noted that there are two types of equilibriums: (a) good equilibrium; (d) bad equilibrium. (Cited from *The Climate Casino* by William D. Nordhaus)

算、评估和相应的政策问题。

温室气体排放引发的气候变暖可转化为经济学中的负外部性问题，由于市场无法对由于CO<sub>2</sub>排放产生的影响做出定价，造成了排放量无序增长。因排放而获得收益的人们并不需要付出相应的气候成本。要想扭转这一局面，则需要政府力量干预市场，通过制定合理的政策鼓励企业和个人付出必要的代价减少排放，而政策的导向还需要与市场规律相一致，通过税收、价格等经济手段引导人们的行为趋于理性。

最后，又将问题从经济学转到了政治领域，大气无国界的特征使温室气体减排问题的解决无法通过一国或少数国家的努力达到预期效果，至少需要大多数国家在政策上协调一致才有可能产生有效行动。要做到这一点，需要克服的困难涉及面要广得多，国家利益、企业效益、政治家偏见、公众认知、舆论误解、发展差异等构成多重障碍，政治家往往会更顾及短期的成本，而忽略长远的收益。要想走出赌场，摆脱人类面临的气候风险，国际间需要取得共识，达成协议，并出台约束性法律，采取实质性的对策，而达到这一目标的基础则是科学家扎实的理性分析和经济学家合理的机制设计。

从全书可以看到，应对气候变化问题需要克服多重障碍，进入赌场后想全身而退并非易事，可持续

发展涉及到科学、经济、社会、政治、外交等诸多方面，认知与利益，短期与长远，发展阶段的差异等相互影响，相互交织，被紧密地捆绑在一起。

## 2 人类活动影响与气候变化的科学探索

在得出气候变化的归因是受人类活动影响这一结论过程中，科学界做了长期的探索，这也是解决气候变化问题的基础。人类因追求经济发展需要大量燃烧化石燃料，不断向大气环境中排放以CO<sub>2</sub>为主的温室气体，产生温室效应，从而引发气候变暖，这一结论已得到从理论到实践的验证。

著名法国科学家傅里叶 (Joseph Fourier) 在研究热传导问题时通过计算后认为，地球如果仅受到太阳辐射的影响而变暖，应该比实际温度要冷得多。他在1824年发表的《地球及其表层空间温度概述》中讨论了额外热量的各种可能来源，认为星际辐射可能占有额外热源的一大部分，并首次提出地球大气层的隔热效应，起到了地球保温作用。他在1827年发表的论文《地球温度和平面空间温度备忘录》<sup>[3]</sup>中又进一步证实了温室效应的存在，这使得地球没有像月球一样，温度随太阳辐射变化而急剧升高或下降。尽管傅里叶的理论并不完备，但对于温室气体影响地球温度这一重要概念的建立无疑是奠基性的，后续诸多科学家在这一领域的探索最终使这一理论得以日臻完善，并成为气候变化问题研究的重要理论依据。

1856年，美国女科学家尤尼斯·牛顿·富特 (Eunice Foote) 通过实验验证了傅里叶的假设，通过比较不同气体对太阳照射后的温度变化，证实了CO<sub>2</sub>和水蒸气具有温室效应，为奠定气候变化的科学基础做出了重要贡献，文章发表在1856年《美国科学与艺术》杂志上<sup>[4]</sup>。晚富特三年，爱尔兰物理学家约翰·丁泽尔 (John Tyndall) 也利用实验数据验证了水蒸气和CO<sub>2</sub>是吸收太阳辐射的主要成分，并证明温室效应不是由阳光直射引起的，而是源于地球温暖表面产生的红外辐射，这一发现发表在1860年《英国皇家学会会刊》上<sup>[5]</sup>。

另一项开创性工作来自瑞典物理化学家斯凡特·阿伦尼乌斯 (Svante Arrhenius)。1896年，他创建了世界上第一个气候变化模型，利用物理化学的基本原理来计算温室效应，从能量平衡的角度得出结论，“人类向大气排放CO<sub>2</sub>将使地球表面不断升温”，认为大气中的CO<sub>2</sub>含量若增加1倍，地球表面温度会升高5~6℃，纠正了傅里叶对地表温度计算结果的偏差，这与后来的气候学家给出的计算结果差别不大<sup>[6]</sup>。此项工作的重要贡献是将温室效应与气候变化问题密切

关联起来。而通过实际数据对这一问题进行印证的工作则来自英国工程师盖·卡伦达 (Guy Callendar)。1938年,通过收集1890—1935年的地表平均温度,卡伦达发现地球温度确实升高了 $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,将这些温度量值与大气 $\text{CO}_2$ 浓度进行关联分析,可以看到温度上升与 $\text{CO}_2$ 浓度增加确实存在一致性<sup>[7]</sup>。尽管卡伦达在当时条件下获取的数据有一定局限性,但后人在重建全球百年温度记录的曲线后,发现与卡伦达的数据相比具有很好的一致性,充分肯定了这项工作<sup>[8]</sup>(图3)。

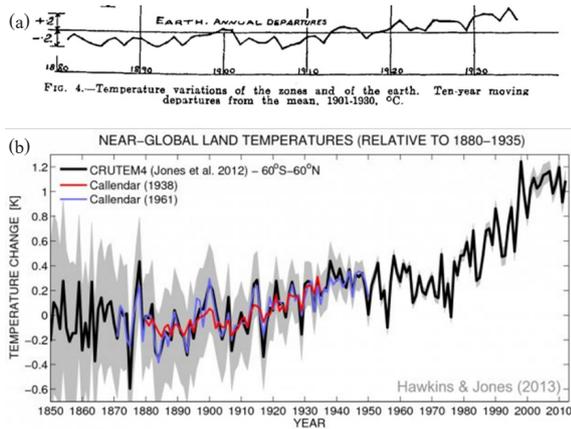


图3 1938年卡伦达构建的全球平均气温上升曲线<sup>[7]</sup> (a) 和后期气候科学家将卡伦达1938年研究所得的原始温度数据(红色)与现代气候数据(黑线)进行比较(b,其中蓝色线为1961年卡伦达再次发布的新数据集<sup>[8]</sup>)

Fig. 3 The ascending curve of global mean temperature<sup>[7]</sup> by Callendar in 1938 (a) and the comparison between the original temperature data (red) from Callendar in 1938 and the modern climate data (black) (b, the blue line representing the dataset published by Callendar in 1961<sup>[8]</sup>).

比较系统地建立温室气体的观测则是到20世纪50年代,1957—1958年,国际地球物理年(IGY)期间,美国科学家查尔斯·大卫·基林(Charles David Keeling)在南极和美国夏威夷的莫纳罗亚火山安装了红外气体分析仪。根据1958年至今在夏威夷岛莫纳罗亚天文台进行的连续测量结果,给出了地球大气中 $\text{CO}_2$ 变化曲线,即著名的基林曲线<sup>[9]</sup>,印证了大气中 $\text{CO}_2$ 浓度持续增加的变化趋势,浓度从第一次测量平均值为 $315\text{ ppm}$ ,到2022年已达 $421\text{ ppm}$ (图4)。

20世纪60年代,伴随第二次世界大战后世界经济的快速恢复和发展,环境问题越来越受到关注,其中也涉及到了气候问题。如作为世界最大经济体的美国,总统科学顾问委员会(Science Advisory Committee)就先后发表了两篇著名的环境问题咨询报告,第一篇为《农药的使用》(The use of pesticides),主要只针对美国生物学家、科普作家蕾切尔·卡森(Rachel Carson)的科普著作《寂静的春天》(Silent

spring)一书而撰写,该书对因农药滥用引起环境破坏表示了谴责。第二篇为《恢复我们的环境质量》(Restoring the quality of our environment)<sup>[10]</sup>,是一篇很有影响力的报告,从系统工程的角度全面检讨了当时美国所面临的环境问题,特别是对化石燃料排放的有害影响提出了警告,并引用了基林等人获得的全球温度重建和 $\text{CO}_2$ 数据所得出的结论,详细讨论了化石燃料燃烧导致的 $\text{CO}_2$ 在大气层中的累积,温室效应导致的温度升高、南北极冰盖融化、海平面上升等严重影响,认为大气中 $\text{CO}_2$ 水平的上升是化石燃料燃烧的直接结果,并认为人类活动足以产生影响全球气候的重大影响。

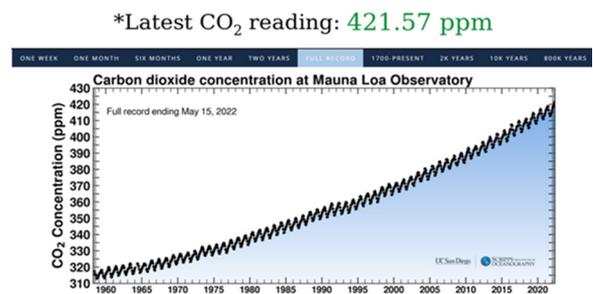


图4 2022年5月,显示温室气体 $\text{CO}_2$ 的水平基林曲线达 $421\text{ ppm}$ (查尔斯·大卫·基林于1958年首次开始测量时, $\text{CO}_2$ 水平为 $315\text{ ppm}$ )

Fig. 4 Keeling Curve, which represents the level of  $\text{CO}_2$ , reached  $421\text{ ppm}$  in May, 2022 (The level of  $\text{CO}_2$  was  $315\text{ ppm}$  when Charles David Keeling started measuring  $\text{CO}_2$  in 1958.)

20世纪60年代后期,2021年诺贝尔物理学奖得主、美籍日本气候学家真锅淑郎(Syukuro Manabe)先生和他领导的团队则将温室气体与现代气候系统模式相结合,开发出了首个全面考虑温室气体辐射吸收以及对流能量输送的一维模型,对大气中 $\text{CO}_2$ 翻倍增长造成的温度变化进行了量化计算,给出了开创性的量化结果,表明当 $\text{CO}_2$ 浓度从 $300\text{ ppm}$ 增加到 $600\text{ ppm}$ 后,地表温度会增加 $2.36\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,首次定量确定了 $\text{CO}_2$ 翻倍后对地球增温的影响<sup>[11]</sup>。

1972年,英国皇家学会会员、气象学家约翰·斯坦利·索耶(John Stanley Sawyer)在《自然》杂志上发表了题为“人造 $\text{CO}_2$ 及温室效应”的文章<sup>[12]</sup>,总结了当时关于 $\text{CO}_2$ 分布、增长和人为归因的科学认知,并预测了1972—2000年的全球变暖速度,预计在约30年时间里 $\text{CO}_2$ 将增加25%,全球温度上升 $0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。1975年,美国地球化学家华莱士·史密斯·布鲁克(Wallace Smith Broecker)在《科学》杂志发表了一篇很有影响的文章“气候变化:我们是否处于明显的全球变暖的边缘?”,介绍了“全球变暖”的概念,解释了燃烧化石燃料排

放的CO<sub>2</sub>会导致全球变暖的后果，并预测1975年将是一个漫长快速变暖的开始，会导致21世纪初全球气温达到过去1000年从未达到的水平<sup>[13]</sup>（图5）。另一篇重磅文章则要属1979年发布的《查尼报告》<sup>[14]</sup>了，是应美国政府要求为国家科学院而准备的，并最终提交给了时任美国总统卡特。美国国家科学院为此设立了“CO<sub>2</sub>和气候特设研究小组”，由著名美国气象学家，麻省理工学院教授查尼（Jule Charney）领衔，对当时已掌握的相关科学进展进行了归纳评估，形成长达20多页的报告，其主要结论为：“估计CO<sub>2</sub>翻倍最有可能引起的全球变暖约为3℃，可能的误差为±1.5℃。”这一40多年前得出的结论至今依然有效，夏威夷莫纳罗亚观测站测到的大气年平均CO<sub>2</sub>浓度40年来增加了约21%，同一时期，全球平均温度上升了约0.66℃。

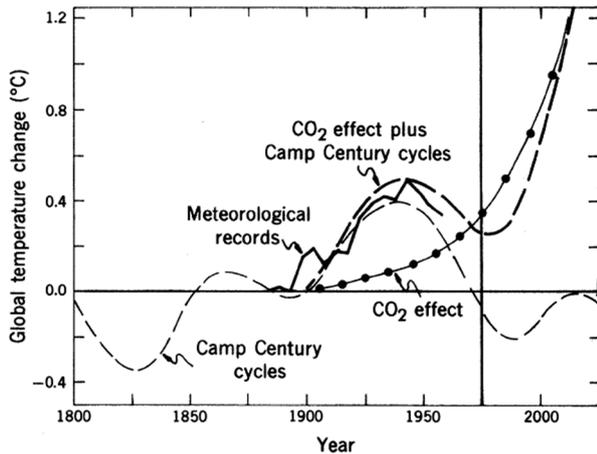


图5 化石燃料CO<sub>2</sub>效应叠加自然气候循环共同引起的全球温度变化曲线与有气象记录以来实测温度5年均值变化周期的比较，及对未来演变的预估<sup>[13]</sup>

Fig. 5 Comparison between the global temperature change curve caused by the CO<sub>2</sub> effect of fossil fuels combined with natural climate cycles and the 5-year average temperature change cycle measured since meteorological records are available as well as the projection of future evolution<sup>[13]</sup>

### 3 从IPCC到《巴黎协定》——赌场止损之路

温室效应的科学问题很重要，是研究气候变化的基础和依据，但人们的关注点显然不会止步于此，其对地球环境所造成的影响和后果则引发人们更为普遍的关注。20世纪70年代，世界上许多地区出现了历史罕见的严重干旱和其他气候异常现象，特别是1968—1973年非洲一些地区出现大旱，造成数十万人死亡，对其诱因虽有争议，但引起了人们对全球气候问题的关注。为此，世界气象组织（WMO）于1979年2月12—23日在日内瓦举行了第一届世界气候大会，取名为“世界气候大会——气候与人类”，通过了“世界

气候大会宣言”<sup>[15]</sup>，并为气候问题研究设定了两个主要方向，一是提升对气候演变规律认识，另一是人类活动对气候的影响，首次将气候变化与人类活动作为一个整体问题提出，并给予了特别关注。显然，这已涉及到人类的发展模式与路径的选择问题。为了加强对气候问题的研究，在世界气候大会上还拟定了世界气候计划（WCP）<sup>[16]</sup>，并在当年举行的第八次气象大会上得到批准，计划包括了四个子计划：世界气候资料计划（WCDP）、世界气候应用计划（WCAP）、世界气候影响研究计划（WCIP）和世界气候研究计划（WCRP）。

1987年挪威前首相布伦特兰夫人代表联合国世界环境与发展委员会做了《我们共同的未来》的报告<sup>[17]</sup>。提出了“既满足当代人的需求，又不损害子孙后代的利益”的可持续发展理念。1988年，联合国下属的WMO和联合国环境规划署（UNEP）共同创建了政府间气候变化专门委员会（IPCC），成为一个划时代的事件。在持续至今的工作中，IPCC为应对气候变化相关问题做出了重要贡献。1992年，联合国环境与发展大会在里约热内卢召开，将可持续发展作为人类迈向21世纪的共同发展战略，这是在人类历史上首次将可持续发展战略由概念和理论落实为世界各国的行动，被认为是人类转变传统发展模式的一个重要转折点。会议通过了《里约热内卢环境与发展宣言》、《21世纪议程》等重要文件，154个国家签署了《气候变化框架公约》（UNFCCC），148个国家签署了《生物多样性公约》。

IPCC的成立极大推进了世界各国在应对气候变化问题上的协调与合作。该组织本身并不组织任何创新性的研究工作，而是对气候变化相关问题的科学认知现状进行梳理和分析评估，每隔6~7年发布一次针对气候变化问题的评估报告。在一些关于气候变化的国际重要决议关键节点上，都可以看到IPCC报告的影响。1990年发表的《第一次评估报告》促使联合国大会做出制定《联合国气候变化框架公约》的决定；1995年发表《第二次评估报告》，为公约的《京都议定书》谈判提供了依据；2014年发布的《第五次评估报告》为2015年巴黎气候变化大会达成《巴黎协定》发挥了重要作用。《巴黎协定》明确提出21世纪末将全球平均气温升幅控制在工业化前水平以上2℃之内，并努力将升幅限制在1.5℃之内的目标，已有190多个国家批准加入。在2018年发布的IPCC《第六次评估报告》中明确提出“毋庸置疑，人类活动影响已造成大气、海洋和陆地变暖。大气圈、海洋、冰冻圈和生物圈发生了广泛而迅速的变化。”对人类活动引起气候变

化及相关影响给出更为明确的肯定答案。由于IPCC在气候变化工作领域的杰出贡献，2007年，诺贝尔委员会决定将当年的诺贝尔和平奖由IPCC和美国前副总统艾伯特·戈尔（Albert Arnold Gore Jr.）分享，以表彰他们在逐步确立和推广有关人类活动导致气候变化的科学知识，以及在应对气候变化所应采取的措施的基础工作方面所付出的努力。

与金属供需问题可以靠市场和技术最终调节不同的是，判断气候变暖的影响危害时，一个关键的概念是系统的可控性，可控性又与大气升温的临界点密切相关。气候系统在演变的过程中，若引发变化的因子跨越了临界点的门槛，将会发生突变和不可逆的变化过程，如极端天气气候事件频发、冰川退缩、生态退化、物种消失、海平面升高等，这些后果在IPCC的最新报告中都给出了确定性答案<sup>[18]</sup>。这时，人类所具备的所有能力或技术都将失效，难以阻止地球环境恶化的趋势，更难以恢复其原本的自然平衡状态，损失

将无法挽回。实际上，人类现在已直接感受到了所面临的现实问题，即极端灾害性天气事件发生的频率明显提升。如果说对每一个具体事件还需要做全面的归因分析，但长期的大范围综合调查所给出的结论则应有足够的说服力。2021年，WMO发布了一份由诸多科学家和组织共同编写的《WMO天气、气候和水极端事件造成的死亡和经济损失图集（1970—2019）》<sup>[19]</sup>，对1970—2019年与天气、气候和水相关危害造成的死亡人数和经济损失状况进行了分析，给出的结论是“与20世纪70年代相比，如今全球发生天气灾害的频率增加了4~5倍，造成的破坏则增加了7倍。”通过研究过去半个世纪的11000多起天气灾害事件，可以看到在20世纪70年代，世界平均每年约发生711起天气灾害，但到了21世纪10年代，这一数字已达到3165起。应对气候变化显然已不是在考虑未来之忧，而是具有非常紧迫的现实意义（图6）。

然而，正如经济学乐观主义阵营与生态悲观主

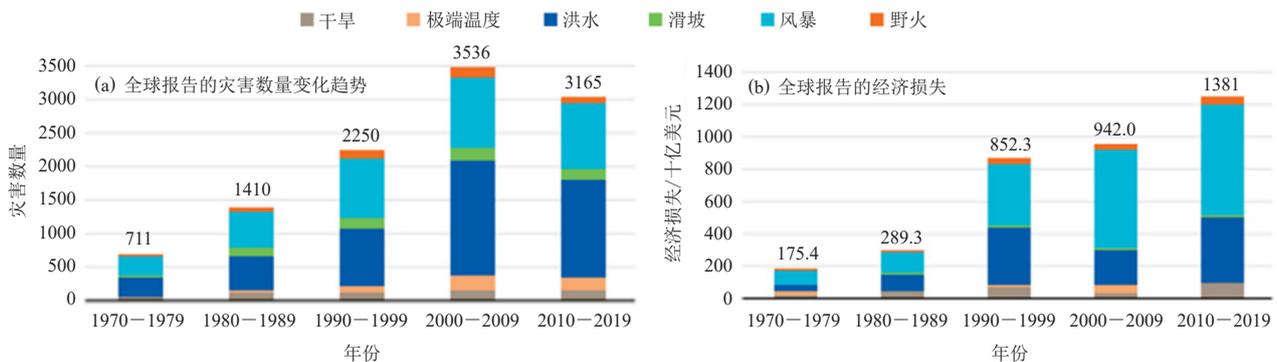


图6 全球报告的灾害数量与经济损失变化趋势<sup>[19]</sup>

Fig. 6 Variation trends in the number of disasters and economic losses reported globally<sup>[19]</sup>

义阵营的争论一直没有停息类似，关于气候变化问题的争论也持续了多年，包括科学问题、认识问题，路径问题及利益问题等，常会出现激烈的交锋，对国际间形成共识产生重大影响。2021年，英国著名气候问题学者彼得·斯托特（Peter Stott）发表了一本专著，题目为“热空气：反对否认气候变化的斗争内幕（Hot air: The inside story of the battle against climate change denial）”<sup>[20]</sup>，比较系统地回顾了他参加气候变化相关工作几十年来所经历的争论过程，包括他本人近几十年来参与激烈辩论的经历。尽管作为应对气候变化的坚定支持者，斯托特有其明确的立场，但无论持何种观点，书中所揭示的事实和影响，对理解应对气候变化工作一路走来的不易，对与否认气候变化论者的长期争论所进行的深刻描述，以及对IPCC工作过程细致的内部观察，都应会有更深层面的认识和理解。如斯托特在书中介绍了在推动应对气候变化进程

中一次重大挫折，即2009年发生的被称之为“气候门”事件。黑客闯入了英国东英吉利大学气候研究部门（CRU）的电子邮件系统，并在网上发布了科学家之间发送的数千条消息，为气候变化否定论者提供了支持，认为这些信息表明CRU密谋歪曲全球变暖背后的科学，夸大其影响，有些人借此事件宣称全球变暖是一个骗局。尽管英国任命了三个专业团队对“气候门”进行了全面调查，最终排除了所涉及科学家的任何不当行为，但斯托特表示，这一负面事件导致了十分严重的后果，在2009年12月召开的由联合国192个成员国代表参加的哥本哈根气候变化峰会（COP15）上，无法达成任何有意义的共识，以失败收场。在斯托特看来，“本应在那一刻达成一项具有里程碑意义的协议”。多年后，随着2015年《巴黎协定》的签署，各国政府同意了全球变暖的升幅阈值的限制目标。但斯托特认为在这段时间里失去了至少6年的进展，这

是一个关键的延迟。虽然各国达成了共识，但仍没有转化为足够的行动，一些游说者仍在要求推迟气候行动，认为目前的计划会给家庭和企业带来过重的成本。斯托特说：“在当前气候危机的背景下，这真的很危险，我们没有时间了。”

另一方面，再回看西蒙教授赢得赌局的两点理由，价格机制和科技进步，在探索应对气候变化的措施中也仍然贯穿其中。各国政府在做出减排的承诺时，无法回避的问题是其中的代价。既保持经济增长，又达到减排目标，唯一的选择是在技术进步中寻找出路。从世界主要发达国家在本世纪初已先后完成碳达峰的过程可以看出经济发展方式与技术进步的共同推动作用<sup>[21]</sup>。而在《巴黎协定》中也明确提出：“缔约方共有一个长期愿景，即必须充分落实技术开发和转让，以改善对气候变化的复原力和减少温室气体排放。”对发达国家要向发展中国家提供必要的资金和技术支持提出明确要求。从世界科技发展的趋势也可以看出，在温室气体减排目标的驱动下，新能源领域出现了迅猛的创新变革，从清洁能源开发利用，到电动汽车的发展，从节能材料的研发，到电池存储技术的革新，可以清晰感受到通过应对气候变化战略而推动的新技术革命浪潮，需求在有效引领着发展路径的变革。

## 4 讨论

1) 走出“赌场”的必然选择。已步入“气候赌场”多年的人类社会在向大自然不断索取收益的进程中，也对气候环境和自身的可持续发展造成了长远危害，且产生了难以恢复或失控的负面影响，试图兼得鱼和熊掌的赌注难以得到如愿的回报。经过多年探索和实践，促使世界各国达成了基本共识并签署多项协议，意味着人类已就撤离赌场的选择达成了一致，迈向与自然环境和谐共生的可持续发展之路。

2) 科学问题是有效应对气候变化的基础。人们在探索气候变化的诱因、适应和应对方案的进程中，诸多科学家们做出了重要贡献，最终在探索气候变化问题上找到了足够的证据，给出了令人信服的解释，为应对气候变化奠定了科学基础。2007年诺贝尔和平奖、2021年诺贝尔物理学奖授予与气候变化相关工作的科学家，是对他们工作的充分肯定。与气候变化相关的科学问题仍很多，许多难点有待于进一步解决，需要更多相关领域的科学家积极参与。

3) 共识、协议的落实仍需要克服诸多难点和障碍。自从1992年联合国环境与发展大会以来，经过大量的科学探索与分析评估工作，在联合国框架下，世界

各国签署了多项协议，为人类共同应对气候变化奠定了基础。但从目前的现实状况和实际效果看，并不乐观。温室气体的排放量还没有得到有效遏制，海洋酸化、海平面升高、冰川退缩等地球生态系统灾害仍在持续，极端天气气候事件频发则对人类生存环境造成了更为直接的负面影响，应对气候变化的有效机制还没有真正形成，任重道远，仅从时间角度看，并不乐观。

4) 科技创新仍是应对气候变化必须考虑的关键因素。气候环境问题的特殊性使得无法任由市场来最终解决，需要各国政府间形成共识，通过转变发展方式来推动。一旦确立共同的目标，其实现方式还需科技进步的有效介入。

### 参考文献

- [1] Nordhaus W D. The climate casino. *Review of Political Economy*, 2013, 27(1): 1323-1325.
- [2] Christensen J. Environmental policy: The biggest wager. *Nature*, 2013, 500(7462): 273-274.
- [3] Fourier. Mémoire sur les températures du globe terrestre et des espaces planétaire. *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de l'Institut de France*, 2013, 27(1827): 570-604.
- [4] Foote E. Circumstances affecting the heat of the sun's rays. *The American Journal of Science and Arts*, 1856, 22: 382-383.
- [5] Tyndall J. Note on the transmission of radiant heat through gaseous bodies. *Proceedings of the Royal Society of London*, 1860, 10: 37-39.
- [6] Svante A. On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, 1896, 41(251): 237-276.
- [7] Callendar G S. The artificial production of carbon dioxide and its influence on temperature. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 1938, 64(275): 223-240.
- [8] Hawkins E, Jones P. On global temperatures: 75 years after Callendar. *National Centre for Atmospheric Science Climate, Climate Lab Book*, 2013.
- [9] Miller F P, Vandome A F, Mcbrewster J, et al. Keeling Curve. 2010.
- [10] Eberhardt R. Restoring the quality of our environment, Report of the Environmental Pollution Panel, President's Science Advisory Committee. *Journal of Wildlife Management*, 1967, 31(4): 846.
- [11] Manabe S, Wetherald R T. Thermal equilibrium of the atmosphere with a given distribution of relative humidity. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 1967, 24(3): 241-259.
- [12] Sawyer J S. Man-made carbon dioxide and the greenhouse effect. *Nature*, 1972, 239(5366): 23-26.
- [13] Broecker W S. Climatic change: Are we on the brink of a pronounced global warming? *Science*, 1975, 189(4201): 460-463.
- [14] Charney J G. Carbon dioxide and climate: A scientific assessment, report of an Ad Hoc Study Group on carbon dioxide and climate. Washington: National Academy of Sciences, 1979.
- [15] 世界气候大会宣言. *气象科技*, 1979, (4): 8-9.
- [16] 张家诚. 世界气候计划简介. *甘肃气象*, 1987, (1): 22-26.
- [17] Keeble B R. The Brundtland report: Our common future. *Medicine Conflict and Survival*, 1988, 4(1): 17-25.
- [18] Chow W, Dawson R, Glavovic B, et al. Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability: Factsheet human settlements. IPCC Sixth Assessment Report, 2022.
- [19] World Meteorological Organization. Atlas of mortality and economic losses from weather, climate and water extremes (1970 - 2019). World Meteorological Organization, 2021.
- [20] Stott P. Hot air: The inside story of the battle against climate change denial. Atlantic Books, 2021.
- [21] UNEP. Emissions gap report 2022. United Nations Environment Programme, 2022.