

气候变化综合评估模式研究：任重道远

——美英科学论坛第三次主题年会介绍

■ 戴洋

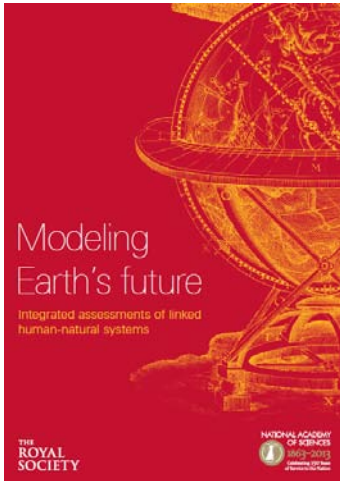


图1 《模拟地球的未来》报告

全球气候变化问题是人类迄今为止面临的规模最大、范围最广、影响最为深远的挑战之一。一直以来，气象学家们孜孜不倦地改善气候模式，以期对未来的气候变化做出更准确的预测。2012年美英科学论坛^①召开了第三次年会，主题为“综合评估模式和气候变化研究的未来需求”，就这一气候变化研究新领域，形成了很多鲜明的、发人深思的观点。

一、会议概况

2008年创建的美英科学论坛，目的在于帮助两国科学界领导层在一些在全球范围有利于整个人类的科学焦点问题上建立一个持久的伙伴关系，另一个目的则是在于检验科学技术作为引擎，在创造人类未来这方面的驱动力究竟几何。2012年，该论坛围绕“综合评估模式和气候变化研究的未来需求”主题，召开了第三次年会。此次论坛汇集了一批来自各领域的专家和学者，



2008年创建的美英科学论坛的另一个目的在于检验科学技术作为引擎，在创造人类未来这方面的驱动力究竟几何。

他们用各种不同方式来模拟自然和人类系统，其中，有的纯粹专注于自然系统，有的则涉猎广泛，研发的模式包括了经济、技术、农业和其他人类系统。正如会议总结报告（图1）撰写者Olson所说，“每一个群体都有很多要向其他群体学习的，也都有很多要向其他群体说的”。

二、综合评估模式

综合评估模型并非是因为气候变化研究才横空出世的，事实上，综合评估方法所使用的一些分析工具及技术，如生态模拟和系统分析等，其发展可追溯到20世纪中后期对全球环境的研究，为了解决全球环境问题，“综合评估”的政策评价过程被引入，相应的评估模型作为核心研究工具进而被逐步研发。自国际应用系统分析研究所（International Institute of Applied Systems Analysis, IIASA）研发了综合评估模型RAINS对欧洲酸雨问题及适应对策进行分析评估，Nordhaus将经济系统与生态系统整合到一个模型框架里来对气候政策进行评价之后，气候变化综合评估模式取得了长远发展。目前全球比较知名的综合评估模式有IGSM，IMAGE，DICE，CETA，PAGE，LFBQUEST，ESCAPE等。

类似于气候模拟者用对大气、海洋和陆地的数值模拟来预测未来

气候那样，综合评估模式将复杂度不一的气候模式与对经济活动、技术进步、农业和其他人类活动的模拟相结合，来探测气候变化的广泛影响，以及人类社会可能减缓和适应气候变化的可能方式。综合评估模式中包括了物理的气候系统（一般都是简化的），也包括了经济行为、技术进步，农业生产和其他人类系统行为，通过对自然和人类系统进行耦合，来探究气候变化的广泛影响及人类社会可能减缓和适应气候变化的可能方式，预测一个变化中的气候对食物生产、自然生态系统、人类健康、人口迁徙、淡水供应等很多重要方面的影响。学者殷永元等认为，综合评估方法具有5个特征：政策导向，联接气候变化影响与可持续发展；系统性及多学科交叉；多目标多部门评估；多个利益团体参与及展示利弊得失；使用先进的分析方法。这些特征的概括，也在一定程度上说明了综合评估模式研发的艰巨性。

综合评估模式具有多样性的特征。有的相对简单，例如，Dynamic Integrated Climate Change (DICE) model^②，只有19个公式；有的则有成千上万的公式。一些模式是“自下而上”架构的，着眼于减排技术；有的则是“自上而下”，重点在于经济市场。按模型框架划分，可分为最优化模式、可计算一般均

① 由Raymond和Beverly Sackler建立于2008年

② <http://www.econ.yale.edu/~nordhaus/homepage/DICE2007.htm>

衡模式和模拟模型等。按其区域划分,则可分为全球模型和区域化模型。就经济、物理和生态的影响,不同的模式输出也不一样,有的是简单的输出,有的是较详细的社会经济措施;一些聚焦于预估相关的不确定性,另一些则目标锁定在建设“愿景”或界定最优政策。

在模式的目标方面,综合评估与一般的基础科学研究之间最主要的区别之一是研究目的不同:后者主要在于进一步了解某系统或事物的内在联系;而前者大多在于为决策或政策制定提供科学依据,即政策导向。本次论坛的综合评估模式的目标是多样的,包括:1)为综合评估模式系统内部的各种反馈提供信息。如气候变化了,人类生产生活、经济等各方面都相应地发生变化,这些变化又会反过来反作用于气候。2)发现那些可能尚未被现有的综合评估模式纳入研究,但实际很重要的相互作用。例如,城市空气污染一般是局地或者区域尺度,而不是像气候变化那样的全球尺度,但局地或者区域尺度的污染物又能影响全球尺度的大气。所以,气候变化有关的政策就与大气污染政策有关系,考虑污染就会有益于对气候变化的研究。其他一些类似的已被或可能尚未被模式考虑进来的主题还包括:粮食生产、交通运输、制造业、城镇化、生物多样性、人口增长、水资源供应和质量、人类健康、土地退化沙化、生态系统紊乱、垃圾降解等。3)为决策者的决策提供信息。综合评估模式能获得很有价值的政策观点。这些模式表明,要避免自然和人类系统可能会发生的可怕的变化,目前政策提出的排放限制是不够的。他们证明,并不需要大量减少人类福利,也可以稳定温室气体浓度,然而这需要一些可能很难被落实执行的政策。此外,他们还显示了一些减缓气候变化行动(如,为温室气

体排放进行定价)所可能带来的结果。等等。

无论是简单的还是复杂的综合评估模式,其结果都有着不确定性。例如,各个河川流域的径流量预估在会议期间引起了众多讨论,这是个融合了气候、土地作用、农业等很多影响因素的复杂难题,气候模式本身对于预测区域降水尚有不不确定性,其他各种相关因素的影响使得综合评估模式对其预估的不确定性更为严重。与极端事件有关的不确定性同样很突出:不管是自然系统的极端事件,还是人类系统的极端事件,其影响都不容小觑,但目前模式对极端事件的模拟能力几乎是匮乏的,因此这对于模式来说是个严重的瑕疵。再以碳循环模式为例,为了使模式能真实地刻画相关的庞杂的各种生物物理化学过程,碳循环模式比过去要复杂得多,但同时一个显而易见问题是,他们是否因此比过去更准确?英国研究人员Pierre参与的一项碳循环模式比较研究表明,由于碳循环模式变复杂,使得气候模式的输出结果的不确定性增加,而气候模式结果不确定性的增加,自然会给综合评估模式带来更大的不确定性。

模式对不确定性的处理非常关键。本次论坛形成的观点包括:1)承认不确定性是讨论和未来分析的一个不可缺少的共同认知基础,尤其是当不同的观点分化严重时。2)在评估未来可能付出的代价时,将不确定性(包括事件的可能性和影响)的整个变幅区间都纳入模式,要比用可能性和影响的平均值代入模式时,获得的模拟结果更好。3)不确定性评估还使得科学家能够确定模式中不同的输入所带来的不同影响。例如,综合评估模式PAGE的一系列模拟实验显示,对温室气体增加的气候敏感性的不确定性是评估未来气候变化代价(成本)时最大的影响,位列其后的是折现率和

大气中温室气体半衰期等的输入。按照这个分析,对这些不确定的输入的深入理解,可以为未来节约上千亿美元的付出。4)所有的模式都有不确定性,但不确定性并不一定就是个缺点。实际上,对模式来说,给出预估结果和对不确定性的识别与量化是同等重要的。

综合评估模式到底能发挥什么作用,是本次论坛集中讨论的热点之一。麻省理工学院20年来研发的综合全球系统模式MIT Integrated Global Systems Model (IGSM)^①是一个比较复杂的模式,具有模块化的框架,其组成成分可根据研究目的不同而增减,除了模拟自然系统的气候模式、陆地生态系统模式、耦合的大气化学与自然排放模式等之外,还包括排放预测和政策分析模型EPPA(一个囊括了全球大的经济体里众多消费和生产活动的经济学模型),以及对能源使用、农业生产的模拟等。IGSM模拟结果表明,发达国家的能量消费会保持稳定,发展中国家则会增长到发达国家当今的水平。

另一个热点是研究为了稳定温室气体浓度而改变全球能源系统所要付出的成本。例如,一个排放预测和政策分析经济学模型已应用于计算在实行不同减排政策的情况下到2050年全球福利损失的可能性。结果表明,到2050年,若大气中CO₂含量稳定在560ppmv的水平,则全球福利损失大于1%的可能性为70%,大于2%的可能性为30%,而大于3%的可能性仅为10%。

三、综合评估模式的未来发展

在很多方面,综合评估模拟还处于发展初期(婴儿期)。未来发展还有很多亟待解决的方向。

首先是如何更好地处理多学科交叉融合的问题。由于综合评估需要把生态、环境和社会经济各方面纳入到一个全面系统的分析框架中,因此综合评估模式需要不同学

^① <http://globalchange.mit.edu>

科背景的专家坐到一起共同解决问题，多学科交叉的研究方法和途径是必须和必要的。只有靠跨学科研究，合作者们跨越界限开展研究，才有望解决一些光靠本学科力量无法解决的难题。然而真正坐到一起时，这些不同学科专业背景的科学家又不可避免地会站在自己的立场（学科背景）来看待问题。未来，如何有效地协调不同学科专业的研究人员在综合评估研究中的交流与合作，是综合评估模式研究能够取得成功的关键。

第二，人类活动与气候和环境变化之间有着高度错综复杂的关系，我们对这些系统的内在关系及它们动态发展的了解也极为有限，而模式中完全的综合，则意味着要将地球生活很多改变的方面都折成货币价值，这是一个广泛面临的挑战，也是这类模式所共有的一个特点。特别是，综合评估需要联接科学研究与政策制定，向决策者、公众团体及利益集团提供决策依据，

以完成综合评估的目的。因此，不完全综合模式，辅以专家判断相结合，是一种互补的有用的方式。在模拟研究中结合参与途径方式（participatory approach），实现多个利益团体参与及展示利弊得失，以弥补计量模型的不足，已得到了综合评估研究界的认可。

第三，极端天气气候事件影响大，理应被纳入到综合评估模式中。但目前，顶级的气候模式对于详尽模拟极端天气气候事件尚有难度，对发展还比较“稚嫩”的综合评估模式来说，困难尤甚。气候模式正在开始用随机技术，将小尺度的人类行动（低于目前已比较精确的模式格点精度）的影响考虑进模式。应该开发综合评估模式中刻画极端事件的这些技术。模式对次网络事件的不确定性的描述必须清楚透明，然而要达到这个要求，对任何一个综合评估模式研究者来说都是个挑战。

此外，如何改进综合评估模式

中普遍存在的大量的简化，是个棘手的难题。同时，效仿世界气候研究计划为推动气候模式的发展所组织的一系列模式比较计划，对气候变化综合评估模式开展类似的比较研究也是很有价值的。

（作者单位：中国气象局气象干部培训学院）

深入阅读

魏一鸣, 米志付, 张皓. 2013. 气候变化综合评估研究新进展. 系统工程理论与实践, 33(8): 1905-1915.

殷永元, 王桂新. 2004. 全球气候变化评估方法及其应用. 北京: 高等教育出版社.

张雪芹, 葛全胜. 1998. 气候变化综合评估模型. 地理科学进展, 18(1): 60-67.

The Royal Society. Modeling Earth's future. 2013. The Royal Society. <https://royalsociety.org/~media/policy/Publications/2013/modeling-earths-future/2013-10-01-modelling-future.pdf>

气候“门外汉”接任美国总统气候及能源政策高级顾问

■ 吴灿



迪斯在其位于白宫的办公室
（图片来源：The New York Times）

美国总统前气候变化及能源政策顾问波德斯塔，在气候领域拥有丰富从业经历，其离任后，谁将有资格接替他成为下一任顾问，一直是舆论讨论的焦点。今年2月，美国总统奥巴马公布了新的总统气候变化及能源政策顾问人选——前美国行政管理和预算办公室副主任布雷恩·迪斯（Brian Deese）。

与波德斯塔“德高望重”的形象相比，迪斯不仅年轻（37岁），甚至此前都未从事过任何与气候、环境及能源相关的工作，也没有参与过国际谈判，可以说经济学出身的迪斯完完全全是气候能源领域的“门外汉”。对于这一“门外汉”的当选，着实出乎外界意料。作为总统的气候变化及能源政策顾问，其主要工作是推动奥巴马总统雄心勃勃的气候政策。气候政策的成功推进，必须争取煤炭行业的支持，因而选择怎样的人选代表总统向煤炭行业进行游说尤为关键。奥巴马选择迪斯这样一个毫无行业背景的后生担当此重任，可谓是相当大胆的举动。

最近，迪斯公布了奥巴马政府减排的核心内容：承诺到2025年在2005年的基础上减排温室气体26%~28%，这与前些时候中美的联合声明相一致。美国的这一承诺将通过严格减少汽车和燃煤电厂排放实施。虽然今后擅于利用统计数据，从经济学的角度分析和处理气候及能源问题的迪斯的路还很长，但是在年末巴黎气候峰会之前，“门外汉”上任不久助力美国政府在承诺减排上的大手笔出台，似乎给人带来更多的期待。

（作者单位：中国气象局气象干部培训学院）