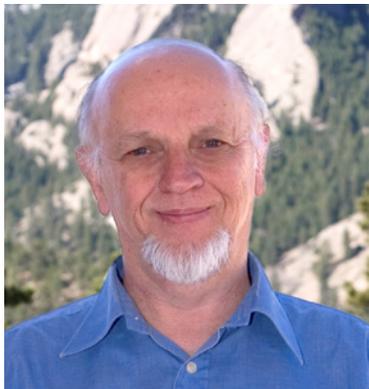


核能在实现巴黎协定气候目标中的作用

文/ Tom M.L. Wigley



Tom M. L. Wigley是阿德莱德大学气候科学家。此前，他曾担任东英吉利大学气候变化研究小组组长。他的主要研究领域包括气候数据分析和气候、海平面和碳循环模拟。由于他在这些领域的贡献，他被任命为美国科学促进会会员。

根据巴黎气候变化协定，核能在实现限制全球变暖目标方面的潜在作用主要取决于需要减排量。这是一个两步过程：我们必须确保在评估核能如何提供帮助之前，制定现实的目标。

现实的目标

“巴黎协定”是以《联合国气候变化框架公约》为基础、应对气候变化的具有里程碑意义的协定，它以两种方式规定了全球变暖目标：

第2.1(a)条：

把全球平均气温较工业化前水平升高幅度控制在远低于2°C，并为把升温限制在1.5°C以下而努力……

第4.1条：

缔约方的目标是……在本世纪下半叶使通过各种源人为排放的温室气体与通过各种汇消除的温室气体之间达到平衡……

协定在第4.1条中进一步规定，减排应“根据现有的最佳科学……”进行。

这里存在一些问题。

首先，第2.1(a)条要求温度始终保持低于规定的升温目标。虽然这在技术上是可能的，实际上极不可能实现，在温度最终回到所述目标范围内之前允许一些温度超调量会更容易些。但这提出了另一个科学问题：超调量可以是多少和持续多久，并且仍然符合《联合国气候变化框架公约》更加普遍的目标，即“避免对气候系统造成危险的人为干扰”，“人为干扰”在这里指的是人类活动造成的污染。

其次，第4.1条的目标基于现有的最佳科学，可能与第2.1(a)条不一致。我认为允许温度超调量是必要的，如果是这样，那么在本世纪末之

前无需将CO₂排放量降至零，以达到2°C的目标，这就是第4.1条经常被解读的方式。甚至可以在不考虑负排放区的情况下以适当的超调量达到1.5°C目标（见图），但需要从2060年左右开始，以小规模超调量实现负排放，这与第4.1条相一致。如果是这种情况，剩余持久的海洋和陆地汇将最终使排放量回到零以上。

这些问题如图所示，首先通过规定升温轨迹得出CO₂排放量——见图上部，适用于1.5°C目标的两个情况，然后以反向模式运用气候模型收出所需的化石CO₂排放量（见中间部分）。这些使得我们能够计算相应的CO₂浓度轨迹。

核能？

核能在满足图中间部分所示的排放轨迹目标方面可以发挥什么作用？我们可以部分地通过使用综合评价模型（用于预测未来能源需求细节和后果的能源经济学模型）生成的结果来回答这个问题。这些结果发表在“美国气候变化科学计划”中。

承担这项任务的是三个成熟的被国际认可的综合评价模拟小组，他们使用IGSM、MERGE和MiniCAM模型提出了一系列政策驱动的缓解情景。这些情景中的目标通过以下方式实现：

- 减少终端能源需求，例如通过节能和提高效率；
- 增加生物质能、非生物质可再生能源（主要是风能和太阳能）和核能的能源生产；
- 采取碳捕获和储存。

包括参考情景在内的所有情景中的CO₂减排都是自发发生的（即在没有新的减缓政策的情况下）以及实施

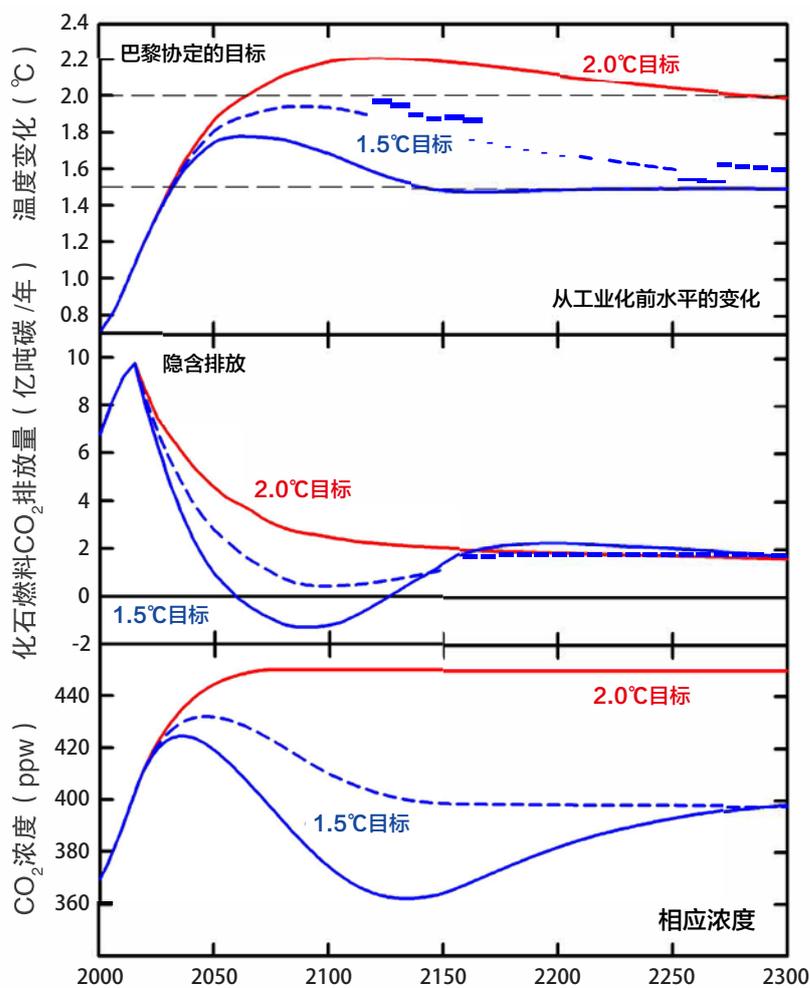
政策的结果。这意味着即使在参考情景中，无碳能源技术也在增加，以致到2100年，19~29%的一次能源生产是无碳的。但产生CO₂的一次能源仍需进一步大规模减产，以达到2°C的目标。

下表以百分比的形式显示了相对于基准一次能源水平，到2100年每种模型对总体一次能源减少量的贡献。

IGSM模型在能源需求减少方面明显属于外行。这是因为模型开发人员假定主要由于公众的反核情绪，核能生产只会发生最低限度的变化。随着核能的作用最小化，大部分减排需要来自需求的减少。其他两个模型给出的百分比细分情况与IGSM截然不同，这得归因于核能的作用大得多。

为了补充说明这些百分比，每个模型2100年时核能在一次能源中的值（艾焦）如下：使用MERGE模型为238艾焦（一次能源总计491艾焦）；使用MiniCAM模型为185艾焦（一次能源总计1288艾焦）；使用IGSM模型仅为20艾焦（一次能源总计1343艾焦）。2000年，目前仍在运行的451座核动力反应堆生产了大约8艾焦的电力，相当于一次能源约26艾焦，这意味着IGSM模型实际上预计核能产量将减少。从2000年到2100年，MERGE模型和MiniCAM模型预计分别增加9倍和7倍。

然而，有确凿的证据表明，对核能的重视可以促使核能以更快的速度增长，正如法国和瑞典这些国家决定“拥核”时快速历史增长所表明的那样。如果发生这种情况，核能可以而且应该发挥比上述模型所表明的更大的作用。



更积极地追求核能具有明显的优势。首先，核能是唯一能够提供无碳、持续（基荷）电力的能源，其占地面积远小于可再生能源。目前大家所认为的核能的缺点在很大程度上是虚幻的：小型模块化反应堆的近期建设和发电成本估算至少与化石燃料和可再生能源技术一样具有竞争力；废物问题有可能通过第四代技术得到解决；现代反应堆具有非能动安全性；以及扩散风险很小。鉴于气候背景下具有挑战性的目标，我认为，忽视核能的重要作用将是莽撞之举。

如果允许临时超越“巴黎协定”目标，则CO₂排放量不需要变为负值。（资料来源：Wigley,《气候变化》2018年第147期第31至45页）

模型	需求	生物质能	可再生能源	核能	碳捕获	其他
IGSM	50.4%	17.3%	3.3%	1.5%	16.8%	10.7%
MERGE	27.6%	17.5%	12.3%	16.0%	21.1%	5.6%
MiniCAM	18.7%	17.9%	13.7%	14.4%	22.8%	12.5%

各种来源对减少一次能源生产的贡献。“其他”是指仍然排放CO₂的一次能源产量。