

政策简报 平流层气溶胶注入 与相关治理

2021年3月25日

自从应对气候变化的《巴黎协定》生效以来，人们逐渐认识到，如果不加快行动，仅靠减排或现在实施的二氧化碳移除，无法将全球平均气温升幅控制在工业化前水平以上1.5°C -2°C的范围内。

一些人正在考虑用各种方法来改变气候，包括人工干预太阳辐射(SRM)。本文重点介绍其中的一项理论技术——平流层气溶胶注入(SAI)。SAI技术旨在通过增加平流层下部的反射性气溶胶微粒的数量，将更多太阳光反射回太空，从而达到降低全球气温的目的。

SAI永远不能作为减排或从大气中移除二氧化碳(CO₂)的替代方案。政府间气候变化专门委员会(IPCC)指出，“SRM可以用来进一步减缓过冲现象，以确保全球平均升温幅度控制在1.5°C以内，并暂时降低短期影响的严重程度”。SAI充其量就是为加速落实这些基本措施“争取更多时间”。SAI目前还处于理论阶段。然而，通过对自然现象的观察和模式研究结果表明，它可能是一种有效降低地球表面温度的方法，效果可能会在一年内显现。SAI也可能引发巨大、潜在的长期风险，因此在治理问题上需要高度重视。

SAI的本质

通过衡量火山爆发对气候的影响程度，可以得出平流层气溶胶能够影响气候的证据。SAI技术就是以相关知识为基础，向平流层注入气溶胶，目前认为最可行的方法就是通过特殊的飞机来喷洒。

这种技术在理论上相对容易实施，加上气溶胶的潜在辐射效率，我们可以看出，相比其他遏制气候变暖的措施，按同等规模来部署SAI所花费的直接成本可能更低。一些研究表明，SAI可能会在未来50年内，抵消人为导致的变暖，每年需花费80亿美元，而减少每单位（“瓦特/平方米”）辐射强迫的成本估计在175亿美元到1,000亿美元之间，不包括政策和治理程序等其他隐藏成本。

SAI这种应对气候变化的技术就像一把双刃剑，利弊共存，在部署方面也存在诸多潜在风险(见表1)。有关更详细的分析，请参见卡内基气候治理倡议(C2G)的“SAI证据摘要”。



治理不可或缺

国际社会对这种技术的风险、成本和潜在效益或治理难题所知甚少。理论上讲，SAI可能是迅速阻止全球升温的唯一技术，这意味着在全球经济“脱碳”的同时，SAI可以缓解气候变化造成的危害。但是，SAI可能也会影响很多物理系统，包括区域水文循环、平流层臭氧和植物生长等。

它也可能引发重大的文化和哲学问题，挑战人们根深蒂固的价值观。

人们对于潜在的地缘政治和安全影响，例如不同的部署方案和中止相关举措所带来的影响，还不太清楚。另外在有效探讨这些问题和解决有关担忧上，也没有任何治理框架可以遵循，这本身就是一种风险。


表 1 -SAI的潜在优势、劣势和风险

优势	劣势	风险
极有可能有效降低全球温度。	尽管研究表明注入气溶胶在技术上是可行的，但是注入机制的细节尚未敲定。	有关SAI的争议和研究可能进一步推迟或削弱在温室气体减排上的行动。
相比其他影响气候的技术，部署成本可能非常低。	目前尚不明确应该如何有效治理。	使用什么样的颗粒没有确定。有些SAI颗粒可能会减少大气中的臭氧，而有些颗粒则可以增加臭氧。 一些作为候选的气溶胶在飘到大气层以外时可能造成危害。
对火山爆发和气候模式的研究可以帮助人们更深入的了解SAI项目的潜在效果。	目前尚不清楚大规模实施SAI会对气候造成什么影响，比如可能会导致降雨模式的改变。	一国或多国展开研发、规划或实际部署可能引起地缘政治的紧张局势。
无需调整全球基础设施或能源供应体系。	用于SAI的研究经费有限，投入也很分散。	如果突然终止，可能会引发气候终止冲击，即温度快速升高。
部署该技术带来的降温效果可能会在全球均匀分布。	次生影响尚不明确，比如对植物生长速度的影响。	天气系统的变化可能会增加某些地区的气候风险。
部署该技术能够以可控的方式快速降温，即有可能在1年内降低全球温度。	掌握SAI相关知识的人和机构有限，而且该技术通常不为社会所接受。	海洋酸化将继续有增无减(除非通过其他手段解决)。

如何将SAI融入到其他气候政策以及可持续发展目标还尚不确定。比方说SAI技术可能至少对七个可持续发展目标产生影响，并切断二氧化碳浓度与全球平均温度，以及温度与气候变化风险之间的联系。这也让人们不禁担忧，对SAI的探索可能削弱人们完成发展目标和减排目标的决心，进而需要将气候和发展治理提上重要议程。

眼下的挑战就是对一些正在开发的方法进行小规模户外实验的研究实施治理。对研究的治理方法包括制定行为准则或独立的监控和保障措施，确保在没有相应的治理和许可的情况下，研究不会改变全球气候，也不会导致滑坡谬误的出现，即认为一旦展开研究，必然走向最终部署。

从长远来看，由于SAI可能产生越界和全球性的影响，国际治理就显得至关重要。能起到促进作用的论坛和进程包括例如联合国大会、联合国安全理事会、联合国环境大会、《联合国气候变化框架公约》、《生物多样性公约》和《维也纳公约》。此外，区域机构、政府、民间社会组织，研究机构和其他组织也可以有效参与SAI治理的相关讨论。现有举措恰当的程度，或者是已经在多大程度上涵盖SAI，这个问题还存在不确定性和争议。

技术	技术成熟度	治理挑战
 <p>向平流层注入反射性气溶胶以提高全球反照率,从而降低温度。</p>	<p>掌握了这项技术基本属于理论性的知识</p> <p>计划在2021年进行小规模实验,以进一步了解与该技术相关的平流层气溶胶。</p> <p>颗粒输送机制尚未明确。</p> <p>将SAI的任何效果直接归因于项目部署会比较棘手。</p>	<p>提高利益相关者对该技术的认识,让他们能够获取相关信息和知识。</p> <p>就研究的保障措施和政策方向达成一致意见,并解决由谁来决定是否、何时以及在什么条件下展开研究等问题。</p> <p>气候影响的监测和归因。</p> <p>确定哪些现有的治理工具可能适用、需要改进,或者新的机制或条约是否合适。</p> <p>有证据表明,部署或部署计划可能会导致国际关系、制度体系与合作陷入紧张状态,斡旋于地缘政治的紧张局势中。</p> <p>潜在的道德风险和其他形式的减缓妨碍。</p> <p>评估并管理对可持续发展目标的任何影响。</p> <p>就全球可接受的降温程度达成一致意见。</p> <p>确保不会过早终止。</p> <p>有关损害和损失的责任问题。</p>

有关影响气候的方法及相关治理的详细信息,请参见[C2G网站](#)。