

政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 第六次评估报告 (AR6)  
第一工作组报告《2021 年气候变化：自然科学基础》  
中涉及人工干预太阳辐射的简报

2021 年 8 月 9 日，IPCC AR6 第一工作组 (WG-I) 报告正式发布。报告对气候变化的自然科学基础进行评估，包括对减排至净零、二氧化碳移除 (CDR) 和人工干预太阳辐射 (SRM) 的需求。本简报的第一部分总结了报告对 SRM 进行评估后的主要发现并以此作为基础，这些研究发现在主报告和“决策者摘要” (SPM) 中均有描述。第二部分阐述了卡内基气候治理倡议 (C2G) 对政策影响的初步分析。<sup>1</sup>到 2022 年，第二工作组 (WG-II，气候变化的影响、适应和脆弱性) 将对这项技术的潜在风险、道德问题和公众认知进行研究分析，而第二工作组和第三工作组 (WG-III，减缓气候变化) 有望针对 SRM 的治理问题进行分析，届时才能对 AR6 如何处理 SRM 问题进行全面评估。

**第一部分：总结 WG-I 报告关于 SRM 的主要研究发现**

- IPCC 报告中评估的 SRM 技术包括平流层气溶胶注入 (SAI)、海洋云增亮 (MCB) 和地表反照率增强，这些技术旨在将太阳辐射偏转回太空，从而达到降低地球表面温度的目的。卷云薄化 (CCT) 能够使更多红外辐射从地表逸出，从而降低温度（详情请参见 WG-I 报告第 4 章的表 4.7（第 91 页）和 4.6.3.3 节（第 83 页））。
- 报告的气候情景或《决策者摘要》均未涵盖 SRM。然而，报告的其他部分对 SRM 进行了评估。报告指出，目前我们就气候对 SRM 的响应的理解置信度较低，特别是在区域尺度上（“执行摘要”第 4 章（第 7 页）），无法对考虑 SRM 给出足够的依据，但仍得出了很多发现：
  - 从概念上看，设计经过优化的 SRM 策略可以同时实现多个气候政策目标（第 4 章第 4.6.3.3 节，第 90 页）；
  - 从概念上看，SAI 也许能够实现全球降温的气候响应，但部署 SRM 的直接和间接影响在全球范围内并不均衡（第 4 章第 4.6.3.3 节，第 87-88 页和第 6 章第 6.4.6 节，第 56 页）；
  - 具有较高置信度的是在某些情况下，SRM 可以增强对二氧化碳的吸收，但对其数量不确定（第 5 章，第 5.6.3.1 节，第 112 页）；
  - SRM 可能导致光合作用、热胁迫减弱以及植物和土壤呼吸过程发生变化，从而影响农作物产量，而最终这些影响的积累平衡因农作物类型和地区而异，因此对农作物产量影响的平衡总体置信度较低（第 5 章第 5.6.3.1 节，第 112 页）；
  - SRM 突然和持续终止将引发全球气温在十年或二十年内迅速升高，进而危及生物多样性、削弱碳汇（第 5 章第 5.6.3.2 节，第 113 页），增加降水和改变水循环（第 8 章第 8.6.3 节，第 115 页）；

- 逐步停止 SRM，同时继续实施减排，可以减少 SRM 突然终止带来的巨大负面影响（第 5 章第 5.6.3.3 节，第 113 页）。

## 第二部分：C2G 的分析和政策影响

这一部分根据 IPCC AR6 WG-I 报告中阐述的新发现，提出了与人工干预太阳辐射 (SRM) 治理<sup>i</sup> 相关、需要考虑的潜在问题。

### 背景：为什么要讨论 SRM

与之前 IPCC 的评估结果相比，这份报告更加确信人类活动带来的影响导致大气、海洋和陆地变暖（SPM 第 A.1 节，第 5 页）。在报告所评估的解决气候危机的五种情景中，只有两种能够实现《巴黎协定》的 1.5-2°C 温控目标（SPM 第 B1.1 和 B1.2 节，第 17-18 页）。这两种情景都依赖于变革性的减排，以及二氧化碳移除 (CDR) 措施来达到净零，之后再实现净负排放，从而完成这些目标（图 SPM.4，第 5-16 页，方框 SPM 1.1，第 15 页）。需要注意的是，这两种情景所要求的 CDR 水平 目前还达不到，需要采取一系列 CDR 措施，而大规模的实施需要数年甚至数十年的时间。

即使在 2050 年左右或之后达到净零排放（方框 SPM 1.1，第 15 页），并且最大程度地使用 CDR（目前还达不到这样的水平），全球变暖幅度仍有可能超过 1.5 °C（SPM 第 B1.3 节，第 18 页）。

此外，根据碳移除的类型、规模、持续时间和永久性，CDR 方法可能具有潜在的广泛影响，报告对这一点有高置信度。报告指出，在对实现可持续发展目标 (SDG) 有重要影响的各项因素中，CDR 会影响水的可用性和质量，以及粮食生产和生物多样性。要确定一系列措施，最大限度地减少危害、提高收益和达到《巴黎协定》目标所需的 CDR 水平，CDR 的有效治理显得至关重要。

### SRM 及相关潜在政策影响

鉴于这些挑战的存在，现在人们对研究各种 SRM 技术的兴趣逐渐加强。如本简报的第一部分所示，WG-I 报告就气候对这些技术的响应进行了有限的评估。以下列出了 C2G 提出的 **初步 SRM 政策问题**。

1. **知识差距**——虽然报告指出在概念上 SRM 连同大规模减排和碳移除是能够帮助实现《巴黎协定》的目标，但该报告对世界以目前的研究能力，能否准确给出 SRM 相关的政策考量还缺乏信心。决策者不妨考虑是否以及如何解决这些知识差距，以便为有关 SRM 的决策提供有效依据。

2. **研究治理**——该报告观察到了对这一领域的研究能力不足，这一观察及其重要。研究 SRM 可能会分散、耽误或淡化变革性减排和移除的关键需求，决策者可以化解这方面的担忧。不知道是否可以将 SRM 作为在科学、社会、操作和政治上可行的应对气候的附加方案也会造成一定风险，决策者们可以权衡这两方面的担忧。

3. **治理差距**——目前还没有全面的国际框架来提供可以就风险、收益和治理挑战问题进行交流意见和学习，以及最终就 SRM 做出决策的空间，这样造成的治理空白本身就是一个全球风险。决策者不妨考虑：

- 是否、如何以及在何处组织有必要、全面而透明的全球对话，以便各国共同决定采用 SRM 所涉及的风险和收益是否大于不使用它的风险和收益；
- 世界是否以及如何将风险（已知的和未知的）最小化并实现与任何可能使用 SRM 相关的收益最大化；
- 关于是否将 SRM 纳入或从潜在应对气候的措施列表中删除，以及如何应对所带来的影响。

4. **社会评价**——与全球不同受众展开广泛讨论，包括倾听容易受到气候影响的社区的声音和观点，并借鉴多个学科的知识，有助于解决与任何 SRM 政策立场相关的高度复杂性。此外，他们可以提高对不同风险承受能力的理解，并建立对证据基础的广泛共识。决策者不妨考虑是否以及如何鼓励和支持此类活动。

5. **多边讨论**，例如联合国内部的讨论，可以提高相关认识，扩大对围绕改变气候的不同方案（包含和不包含 SRM）的潜在风险、收益和治理挑战与机遇的理解。联合国环境大会 (UNEA) 等组织就 SRM 发起全球范围内的讨论、知识共享和审查，以及 IPCC 对最新科学的评估都有可能发挥作用。这些额外的信息可以帮助联合国大会 (UNGA) 初步考虑如何在可持续发展框架中解决 SRM 问题，以及是否可以将其作为解决气候引发的全球临界点的技术。决策者不妨考虑是否以及在相关政府间机构以非正式和正式的方式推进对这些问题的审议。

[本简报以 AR6 第一工作组报告为基础。如有任何修正建议，请发送电邮至 \[contact@c2g2.net\]\(mailto:contact@c2g2.net\)。](#)

本文可在 C2G 确认后转载。

原文于 2021 年 8 月 10 日发布（英文）。

---

<sup>i</sup> 欲详细了解改变气候的新方法及相关治理，请访问 C2G 网站：[www.c2g2.net](http://www.c2g2.net)。若对这一领域不太熟悉，可以参考 [C2G 术语表](#)。

<sup>ii</sup> 一个全方位的概念，涵盖各种制定、管理、实施和监测政策与措施的方法（《[IPCC 全球升温 1.5°C 特别报告](#)》术语表，第 550 页）。