

政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 第六次评估报告 (AR6)
第二工作组报告《2022 年气候变化：影响、适应与脆弱性》
中涉及人工干预太阳辐射的简报

2022 年 2 月 28 日，IPCC AR6 第二工作组 (WG-II) 报告ⁱ（以下简称“《报告》”）正式发布。《报告》分析了气候变化影响下的社会经济和自然系统脆弱性、气候变化的后果以及适应气候变化的各类方案。本简报第一部分总结了《报告》ⁱⁱ对人工干预太阳辐射 (SRM) 的评估，第二部分是卡内基气候治理倡议 (C2G) 总结的一些关键政策影响。ⁱⁱⁱ 预计 2022 年 4 月发布的第三工作组报告将对 SRM 做进一步的评估。《AR6 综合报告》计划在 2022 年 9 月发布，其中涵盖三份工作组报告的主要发现。

第一部分：《报告》中关于 SRM 的主要研究结果摘要

《报告》在不同地方对 SRM 及相关信息进行了介绍，包括第 16 章的“SRM 跨工作组部分”中对 SRM 方法的详细评估。《报告》的《[决策者摘要](#)》(SPM) 和《[技术摘要](#)》也提到了 SRM。第一部分包含对这些信息的摘录。¹

《决策者摘要》

- “在 AR6 三个工作组中，风险为理解气候变化对生态系统、生物多样性和人类系统造成的日益严重、相互关联且往往不可逆转的影响；不同区域、行业和群体所受到的不同影响；以及如何最有效地降低对后世后代的不利影响提供了一个框架。在气候变化的大背景下，风险可能来自与气候相关的灾害（见第一工作组报告）、受影响的人类和生态系统的暴露度和脆弱性之间的动态相互作用。人类对气候变化的响应可能带来的风险是风险概念中最新纳入考量的一个因素。” {SPM A}
- “气候变化的影响和风险正变得愈发复杂且难以管理。多种气候灾害将同时发生，多种气候与非气候风险将相互影响，形成复合风险，并造成不同行业和区域之间风险的叠加。部分气候变化响应措施会带来新的影响和风险。（高置信度）” {SPM B. 5}
- “SRM 一旦实施，会给人类和生态系统带来广泛的新风险，而这些风险还没有得到充分理解（高置信度）。SRM 也许可以抵消变暖并缓解一些气候灾害，但在区域尺度和季节时间尺度上会发生重要的剩余气候变化或过度补偿变化（高置信度）。对于 SRM 降低气候变化风险的潜力，还存在巨大的不确定性和知识缺口。在人为排放持续不断的情况下，SRM 无法阻止大气中二氧化碳浓度的增加，或缓解由此产生的海洋酸化（高置信度）。” {SPM B. 5. 5}

《技术摘要》

《技术摘要》中给出的详细信息有助于建立更全面的了解，同时也为 SPM 所提供的大部分信息提供了依据。下面两段中带下划线的文字就是《技术摘要》中用于 SPM 的描述。

¹ To note that the final text of the SPM contains a mixture of exact quotes, as well as additional and sometimes different text to what is in the detailed technical report.

- “新风险来自对气候变化的响应，包括不良适应和减缓方案产生的意外副作用，包括植树造林和水力发电的影响为例（非常高的置信度）。人工干预太阳辐射(SRM)方法“给人类和生态系统带来了一系列新的风险，这些风险尚没有得到充分理解（高置信度）。” {1.3.1、3.6.3、5.13.6、CWGB SRM} (TS.C.11.10)
- “人工干预太阳辐射(SRM)方法具有抵消变暖和缓解其他气候灾害的潜力，但对于它们降低风险或给人类和生态系统带来新风险的潜力，还尚不清楚（高置信度）。SRM对气候灾害的影响很大程度上取决于部署情景，并且会在区域尺度和季节时间尺度上发生重要的剩余气候变化或过度补偿变化（高置信度）。部分由于研究不足的原因，SRM对作物产量、经济、人类健康或生态系统预计会产生的有利影响或风险表现为低置信度。在二氧化碳浓度高的情景下，SRM突然终止，并且终止一直持续，预计这会导致快速变暖，造成严重的负面影响。在人为排放持续不断的情况下，SRM无法阻止大气中二氧化碳浓度的增加，或缓解由此导致的海洋酸化（高置信度）。文献普遍认为，在应对气候变化风险方面，SRM充其量只是对实现全球持续净零或净负二氧化碳排放水平的一种补充。如果能同步推进SRM治理和研究，就有可能合理开发SRM技术，确保公众广泛参与和政治合法性，并防止各种情景下的潜在风险和危害。” {CWGB SRM} (TS.C.13.4)

SRM 跨工作组部分

《报告》在这一部分非常详细地“评估SRM提议、它们对减少或增加气候风险的潜在影响，以及可能带来的其他风险（在IPCC AR6 1.2.1.1风险定义中归类为气候变化响应风险），以及相关的认知、道德和治理问题。” {CWGB SRM} 下面列举了一些关键发现，这些也是“跨工作组部分”涵盖的几个方面（斜体字是直接引用的内容） {CWGB SRM}：

- “SRM与减排和二氧化碳移除等减缓气候变化的方法有所不同，SRM通过改变地球的辐射收支，进行对气候变化问题的一种‘遮掩’，并非解决问题的根源即大气中温室气体浓度的增加。“研究文献普遍认为，在应对气候变化风险方面，SRM不能作为应对气候变化的主要对策，充其量只是全球实现持续净零或净负二氧化碳排放水平的一个补充。（详见方框部分关于“人工干预太阳辐射方案提议”）
- “在努力实现《巴黎协定》全球长期温控目标的背景下，SRM部署存在不同的假设情景”，表现为“SRM收益、副作用的不同程度和分布。”……“有部分观点认为，要确保到2100年实现《巴黎协定》的温控目标，如果实施减排和二氧化碳移除还不够，可能SRM就是唯一的选择”。（详见方框部分“哪些情景”）
- 最近研究表明，优化后的SRM策略从概念上看可以实现多个气候目标。然而，SRM这种方法给人类和生态系统带来了一系列新风险，包括对作物、人类健康、生物多样性的风险，以及给国际合作与和平带来的风险。部分由于研究不足的原因，这种方法给作物产量、经济、人类健康或生态系统带来的风险还不是非常清楚，而对于SRM降低气候变化风险的潜力，也存在巨大的不确定性和知识缺口。（本段是从多个段落里整理出来的。有关详细信息，请参见方框部分“SRM给人类和自然系统的风险以及降低风险的潜力”
- “大多数[关于公众认知的]研究仅限于西方社会，但也有一些例外。研究一再发现，受访者对SRM基本没有了解。”（详见方框部分“公众认知”）

- “有人担心公开讨论、研究和潜在部署平流层气溶胶注入 (SAI) 技术等做法可能引发‘道德风险’，也许会阻碍正在实施和未来继续推进的减缓措施，但实证根据有限，而且其主要还停留在个体层面，而不是社会层面”……“对于研究和户外实验是否会为最终部署形成“滑坡谬误”，从而导致锁定长期实施 SRM，或是后期可以通过有效监管来防止不利结果的出现，文献的一致性较低。”……“参与 SRM 研究的主要是发达国家的少数专家，要让不同国家和地区的人们参与进来，可以做的还很多……”（详见方框部分“道德”）
- “目前还没有专门的、正式的国际 SRM 治理框架来规范研究、开发、演示或部署等行为……”和“……缺乏有力和正式的 SRM 治理会带来风险。”“如果能同步推进 SRM 治理和研究，就有可能合理开发 SRM 技术，确保公众广泛参与和政治合法性，并防止与各种情景下的潜在风险和危害。”（详见方框部分“研究和部署治理”）。

第二部分：C2G 分析和潜在政策影响

这一部分根据 IPCC AR6 WG-II 报告所提出的新发现，列举了 C2G 分析中对于 SRM 的治理^{iv}具有参考意义的潜在问题。

- **知识缺口** - 《报告》指出，虽然 SRM 也许能够作为主要气候应对方案（即减缓和适应）的一种补充，抵消变暖和缓解一些气候危害，但人们对 SRM 降低风险或导致新风险的潜力仍然知之甚少。决策者可以考虑是否以及如何加强对 SRM 的了解并填补这些知识缺口，以便未来在可能就 SRM 展开进一步讨论或做出决策时握有足够的数据和信息，同时有效解决与道德风险有关的问题。加强对有关 SRM 风险和影响的跨学科知识的积累有助于为风险比较分析提供重要信息，这种风险比较指的是在未来世界超过原定温度目标或全球气候关键临界点的情况下，比较部署或不部署 SRM 的相对风险。这种风险比较分析对决策者来说可能会变得越来越重要。这种分析还可以为加强 SRM 相关治理提供重要的信息依据。
- **研究治理** - 《报告》强调，SRM 研究取得了进展，但仍然不足，同时也缺少正式的国际研究治理，这些是导致研究和部署之间界限模糊的户外实验面临特殊挑战的因素。决策者可以考虑围绕此类研究专门实行更正式的国际治理措施的重要性，以及如何在实践中落实，包括如何最有效地解决道德风险问题。《报告》强调的一种潜在方法就是“如果能同步推进 SRM 治理和研究，就有可能合理开发 SRM 技术，确保公众广泛参与和政治合法性，并防止与各种情景下的潜在风险和危害。”决策者还可以从消除这几项担忧入手：研究 SRM 可能会分散、拖延或淡化变革性减排、移除和适应（道德风险）的关键需求。还有一种风险就是不清楚 SRM 从科学、社会、操作和政治可行性的角度看能否成为额外的气候响应方案，决策者可以权衡这种未知风险和道德风险。
- **治理缺口** - 《报告》还强调，目前在研究、开发、演示或部署上缺乏专门的、正式的国际 SRM 治理。《报告》指出，“文献普遍认为，在应对气候变化风险方面，SRM 不能作为应对气候变化的主要对策，充其量只是对实现全球持续净零或净负二氧化碳排放水平的一种补充。”全面的国际框架可以为 SRM 风险、收益和治理挑战提供交流空间和进行了解，从而有可能利于 SRM 的决策，缺少这样的框架会导致治理出现空白，这本身就是一种全球风险。决策者不妨考虑以下几点：

1. 是否、如何以及在何处组织必要的、包容且透明的全球讨论，以便各国能够共同确定部署 SRM 的风险和收益是否超过不部署的风险和收益；

2. 全球能否以及如何将任何潜在部署 SRM 带来的风险（已知和未知）最小化和收益最大化；

3. 能否以及如何处理将 SRM 纳入或排除为管理气候风险列出的潜在响应方案中所带来的影响。

• **社会评估** – 与全球不同受众展开包容性的讨论，倾听来自气候脆弱群体的声音和观点，并融合多学科知识，可有助于解决与任何涉及 SRM 的政策立场的高层面的复杂问题。此外，这样的讨论可以提升对不同水平的风险承受能力的理解，并建立对证据基础的更广泛的共识。**决策者不妨考虑能否以及如何鼓励和支持此类活动。**

• **多边讨论** – 例如联合国内部的对话可以提高对 SRM 作为气候响应方案所能发挥的潜在作用（如果有的话）的认识并拓宽理解。联合国环境大会 (UNEA) 等进程针对 SRM 展开全球讨论、知识共享和评估，以及 IPCC 对最新科学研究进行分析可能会有一定的帮助。联合国大会 (UNGA) 的初步考虑可以为多边讨论提供高层面的指导，并确定后续行动方案来有助于人们更好地了解 SRM 在解决全球温度超过（超调）原定温控目标或气候引起的全球临界点等情景中可能发挥的作用（如果有的话）。**决策者可以考虑能否以及在相关政府间进程和论坛中以非正式和正式的方式推进对这些问题的审议。**

有关 SRM 和 IPCC 报告的更多信息，请访问 C2G 网站：

<https://www.c2g2.net/intergovernmental-panel-on-climate-change/>

如发现文中存在重大错误或提出更正建议，请发送电邮至 contact@c2g2.net。本报告经知识共享 (Creative Commons) [CC BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)（署名-非商业性使用-相同方式共享）协议许可。若出于教育宣传或非营利目的，可以在取得 C2G 的许可后转载本文内容。原版发布于 2022 年 3 月 8 日（英文）。

ⁱ 请参见：<https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-ii/>

ⁱⁱ 欲查看有关第一工作组报告如何评估 SRM 的单独简报，请访问 C2G 网站：

<https://www.c2g2.net/intergovernmental-panel-on-climate-change/>

ⁱⁱⁱ 有关改变气候的新兴方法及其治理的更多详细信息，请访问 C2G 网站：www.c2g2.net。若您对于这项议题不是很了解，可以从 [C2G 术语表](#) 中找到有用信息。

^{iv} 一个全面的概念，涉及用于制定、管理、实施和监控政策和措施的各种方法（[IPCC《全球升温 1.5°C 特别报告》术语表](#)，p550）