关于人工干预太阳辐射的简报

政府间气候变化专门委员会(IPCC)向我们传递了哪些重要信息？

关键信息

- 根据政府间气候变化专门委员会(IPCC)最新发布的第六次评估报告(AR6)，几乎可以肯定地说，全球当前减排、移除和适应措施的落实速度和规模不足以达到《巴黎协定》提出的1.5－2℃的温控目标。
- 该报告提出了一个重要的新见解：即使采取最迅速和深度举措来达到最低温室气体排放情景，从目前来看，全球升温幅度超过1.5° C的可能性仍旧过半。
- 除了深度且迅速的气候减缓和适应措施之外，研究人员正在探索另一种被称为“人工干预太阳辐射”(SRM)的方法，即通过提高地球的反射率来暂时限制全球变暖。研究、开发或潜在部署SRM存在诸多潜在风险（包括已知和未知风险）以及收益。然而，超过《巴黎协定》的温控目标也会给人类和我们赖以生存的生态系统带来风险。
- 目前缺少专门的、正式的国际框架或平台来指导和对接针对SRM研究、开发、演示或部署的治理流程。考虑到SRM会影响地球上的每个国家，但影响程度不一定均衡，这种治理上的空白本身构成风险。

背景

- 地球变得越来越热，人为引起的气候变化已经产生了广泛的不利影响。而如果全球升温幅度超过1.5℃，就会引发其他重大风险[1]。
- 全球温室气体减排方面进展不足，这意味着即便达到了经IPCC评估的最大深度减排和移除情境，从目前来看，升温幅度超过1.5 ℃的可能性仍然过半[2]。全球近一半的人（以及所有生命赖以生存的生态系统）对气候影响高度脆弱[3]。尽管气候适应取得了一些进展，但仍然存在很多差距[4]，而且随着变暖的加剧，适应措施也将达到极[5]。
- 除了以深度且快速的气候减缓和适应为重点，研究人员还在探索一种被称为“人工干预太阳辐射”(SRM)的方法，即通过提高地球的反射率来暂时限制全球变暖（例如在升温幅度超过1.5 ℃的情况下）[6]。科学界和公众目前正在提高对SRM的关注。进一步的研究有助于更好地了解在迅速变暖的世界中实施或不实施SRM的相对风险。一些政府和非国家行为体正在对SRM进行研究[7]。

关于人工干预太阳辐射(SRM)，IPCC 向我们传递了哪些信息？

- IPCC 是联合国机构，负责为政策制定者定期评估人为引起的气候变化的科学认识。十多年前，IPCC 首次召开涉及 SRM 的专家会议[8]。随后，IPCC 在第五次评估报告(AR5)[9]和一份关于全球升温 1.5℃ 的特别报告中对 SRM 进行了评估[10]。IPCC 最新的第六次评估报告(AR6)有 780 多名作者参与编制，经过了各国政府的审批，而 IPCC 三个工作组也在各自于 2021/22 年发布的报告中对其进行了介绍[11]。应各国政府的要求，AR6 还评估了与 SRM 有关的研究和科学认识，包括相关治理。

- AR6 评估了在五种未来排放情景中全球温室气体排放从极高到极低不等的水平下，气候会做出怎样的反应。评估结果显示，短期内（2021-2040 年），在极高排放情景下全球升温幅度超出 1.5℃ 目标的可能性非常大（可能性大于 90%），在高排放和中等排放情景下也是可能的（可能性大于 66%）。在低排放情景中，超出升温 1.5 ℃ 目标是可能性过半（可能性大于 50%），即使在极低排放情景中也是可能性过半（可能性大于 50%），温度过冲后到本世纪末回落到 1.5℃ 以下[12]。因此，国际减排和移除工作开展得越快、越深入，未来在实施 SRM 等具有潜在风险的新方法上所面临的压力就越小。

- IPCC 指出，应对气候变化风险不能依赖 SRM 作为应对气候变化的主要政策。SRM 充其量只是对在全球范围内实现持续净零或净负二氧化碳排放水平的一种补充[13]。SRM 与减排和移除等气候变化减缓措施有明显不同，它是对气候变化问题的一种“遮掩”，即通过将阳光反射回太空来降低温度，并非试图解决问题的根源，即大气中温室气体的增加[14]。

- 一些旨在降低风险的气候变化应对措施可能会带来新的影响和风险，包括适应不良的风险以及某些减排和二氧化碳移除措施的不利影响[15]。

- 虽然 SRM 方法具有抵消变暖和减少某些气候危害的潜力，但围绕其降低气候变化风险的潜力（即气候灾害、暴露度和脆弱性共同作用产生的潜在不利后果）存在很大的不确定性和知识上的欠缺。此外，如果要实施 SRM，它将给人类和生态系统带来广泛的新风险，而人们对这些风险还不甚了解[16,17]。

- 不同的假设性 SRM 部署情景在 SRM 收益、不利影响和风险的水平及分布上呈现不同的结果[18]。部署 SRM 的力度越大，产生不利影响和环境风险的可能性就越大（因具体部署的 SRM 方案而异）[19]。

- 平流层气溶胶注入是研究最多的一种 SRM 方法，也带来重大的国际治理挑战，因为它可能以相对较低的直接成本进行单边或微边部署，并且比其他任何气候策略措施更快地改变全球平均温度[20]。

- 目前针对 SRM 的研究、开发、演示或部署还缺少专门的、正式的国际治理。一些多边协定间接和部分涵盖 SRM，但都不够全面。缺乏 SRM 治理会带来风险[21]。

注释和参考

[1] IPCC (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability。Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change，剑桥大学出版社。参见：www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/

[2] 在极低排放情景下，据 IPCC 估计，到 21 世纪末，全球地表的升温幅度回落到 1.5℃ 以下的可能性过半（可能性大于 50%），并且暂时超过 1.5℃ 温控目标的幅度不超过 0.1℃。参见：IPCC (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis。Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change。剑桥大学出版社，英国剑桥和美国纽约州纽约市，第 3-32 页。参见：https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/ (SPM B.1.3)

[3] IPCC (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability。Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change，剑桥大学出版社。参见：www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/ (SPM B.2)

[4] IPCC (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability。Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change，剑桥大学出版社。参见：www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/ (SPM C.1) 参见：UNEP Adaptation Gap Report (2021) https://www.unep.org/resources/adaptation-gap-report-2021

[5] IPCC (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability。Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change，剑桥大学出版社。参见：www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/ (SPM C.3)

[6] SRM 是指将更多短波辐射（太阳光）反射回太空以抵消人为因素引起的全球变暖及其造成的有害影响的提议。目前已经提出了很多 SRM 方案，包括：平流层气溶胶注入(SAI)、海洋云增亮(MCB)、人工干预地表反照率(GBAM)和改变海洋反照率(OAC)。详见：IPCC (2022). Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change。Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change。参见：www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/（第 14 章“跨工作组第 4 方框部分”）。

[7] C2G (2022). Status of global activities relating to solar radiation modification and its governance。2022 年 5 月 17 日。卡内基气候治理倡议(C2G)。卡内基国际事务伦理委员会。纽约。参见：https://bit.ly/GlobalSRM_TB（引用日期：2022 年 7 月 7 日）。

[8] IPCC (2012). Meeting Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Expert Meeting on Geoengineering [O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, C. Field, V. Barros, T.F. Stocker, Q. Dahe, J. Minx, K. Mach, G.-K. Plattner, S. Schlömer, G. Hansen, M. Mastrandrea (eds.)]。IPCC 第三工作组技术支持小组，波茨坦气候影响研究所，德国波茨坦，第 99 页 https://archive.ipcc.ch/pdf/supporting-material/EM_GeoE_Meeting_Report_final.pdf

[9] IPCC (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, 瑞士日内瓦，第 151 页 https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar5/

[10] IPCC (2018). Global Warming of 1.5° C。在全球加强应对气候变化威胁、坚持可持续发展和努力消除贫困的背景下，IPCC 就全球气温比工业化前水平高 1.5° C 造成的影响和相关的全球温室气体排放路径制作的特别报告。[Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]。待出版。https://www.ipcc.ch/sr15/

[11] IPCC (2021). Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change，剑桥大学出版社。参见：www.ipcc.ch/report/ar6

[12] IPCC (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis。Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change。剑桥大学出版社，英国剑桥和美国纽约州纽约市，第 3-32 页。参见：https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/ (SPM B.1.3)

[13] IPCC (2022). Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change。Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change。参见：www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/（第 14 章“跨工作组第 4 方框部分”）。

[14] IPCC (2022). Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change。Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change。参见：www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/（第 14 章“跨工作组第 4 方框部分”）。

[15] IPCC (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability。Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change，剑桥大学出版社。参见：www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/ (SPM B.5)

[16] IPCC (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability。Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change，剑桥大学出版社。参见：www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/ (SPM B.2)

[17] 尽管已经有数百项气候建模研究模拟了 SRM 对气候灾害的影响，但很少有研究来评估 SRM 风险（包括气候灾害、暴露度和脆弱性的共同作用对人类和生态系统造成的潜在不利后果）或 SRM 降低风险的潜力。还需要注意的是，对 SRM 的潜在收益和风险的评估仍然主要依赖于计算机建模及其基本情景假设。参见：IPCC (2022). Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change。参见：www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/（第 14 章“跨工作组第 4 方框部分”）。

[18] IPCC (2022). Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change。Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change。参见：www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/（第 14 章“跨工作组第 4 方框部分”）。

[19] IPCC (2022). Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change。Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change。参见：www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/（第 14 章“跨工作组第 4 方框部分”）。

[20] IPCC (2022). Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change。Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change。参见：www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/（第 14 章“跨工作组第 4 方框部分”）。

[21] IPCC (2022). Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change。Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change。参见：www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/（第 14 章“跨工作组第 4 方框部分”）。

有关更多简报、信息和学习资源，请访问：www.c2g2.net

本简报的内容是本着诚意，并根据最新的高质量证据来源，以及 C2G 的使命和原则来制作的。欢迎指正。如发现印刷错误，请发送电邮至 contact@c2g2.net。

本文档经知识共享(Creative Commons)CC BY-NC-SA 4.0（署名-非商业性使用-相同方式共享 4.0）协议许可。若出于教育宣传或非营利目的，可以在取得卡内基气候治理倡议(C2G)的许可后转载本文内容。
www.c2g2.net

原版发布于 2022 年 8 月 9 日（英文）。