

现状堪忧: 温室气体排放量再创新高!

Glen P. Peters^{1*} 和 Malte Meinshausen^{2,3}

¹CICERO 国际气候研究中心 (挪威 奥斯陆)

²墨尔本大学, 地理、地球与大气科学学院 (澳大利亚, 维多利亚州, 墨尔本)

³Climate Resource (澳大利亚, 维多利亚州, 墨尔本)

少年审稿人



JUDE

年龄: 15



THE

AMAZING SIX

年龄: 14–16

温室气体
(Greenhouse Gases)

能够捕获地表的太阳热量、使地球升温的气体。

尽管人类意识到气候变化已超过三十年, 但二氧化碳等温室气体的排放量仍有增无减。科学研究证实, 遏制二氧化碳排放是阻止全球变暖加剧的关键。最大的温室气体单一排放源是发电与交通领域的化石燃料燃烧。太阳能、风能、电动汽车和先进电池等技术可替代化石燃料, 有助于减少排放, 同时改善空气污染等环境问题。多国已承诺停止碳排放, 但唯有通过立法保障落实, 才能有效限制全球变暖。遗憾的是, 现行政策仍不完善。我们必须确保各国兑现承诺, 帮助社会规避全球变暖的恶果。

历史上的能源消耗与排放

自古至今, 大气中始终存在由腐烂植物、湿地和土壤等自然物产生的温室气体 (二氧化碳、甲烷和氧化亚氮)。数千年前, 当人类祖先开始砍伐森林开垦农田时, 更多温室气体开始进入大气, 不过当时人口稀少, 气候变化微乎其微。

排放 (Emissions)

燃烧煤炭、石油或天然气时释放到大气中的化学物质（如二氧化碳）。

化石燃料 (Fossil Fuels)

由数百万年前的动植物遗骸在地下形成的煤炭、石油和天然气。

图 1

(A) 1950 年以来全球主要能源结构演变图，显示煤炭、石油和天然气始终占据主导地位，同时水电、核能、太阳能、风能、地热等非化石能源开始在现代能源体系中崭露头角。**(B)** 1950 年至今的二氧化碳排放来源分析，包括煤、石油与天然气燃烧、水泥生产以及毁林造田（土地利用变化），表明仅化石能源来源会排放二氧化碳。

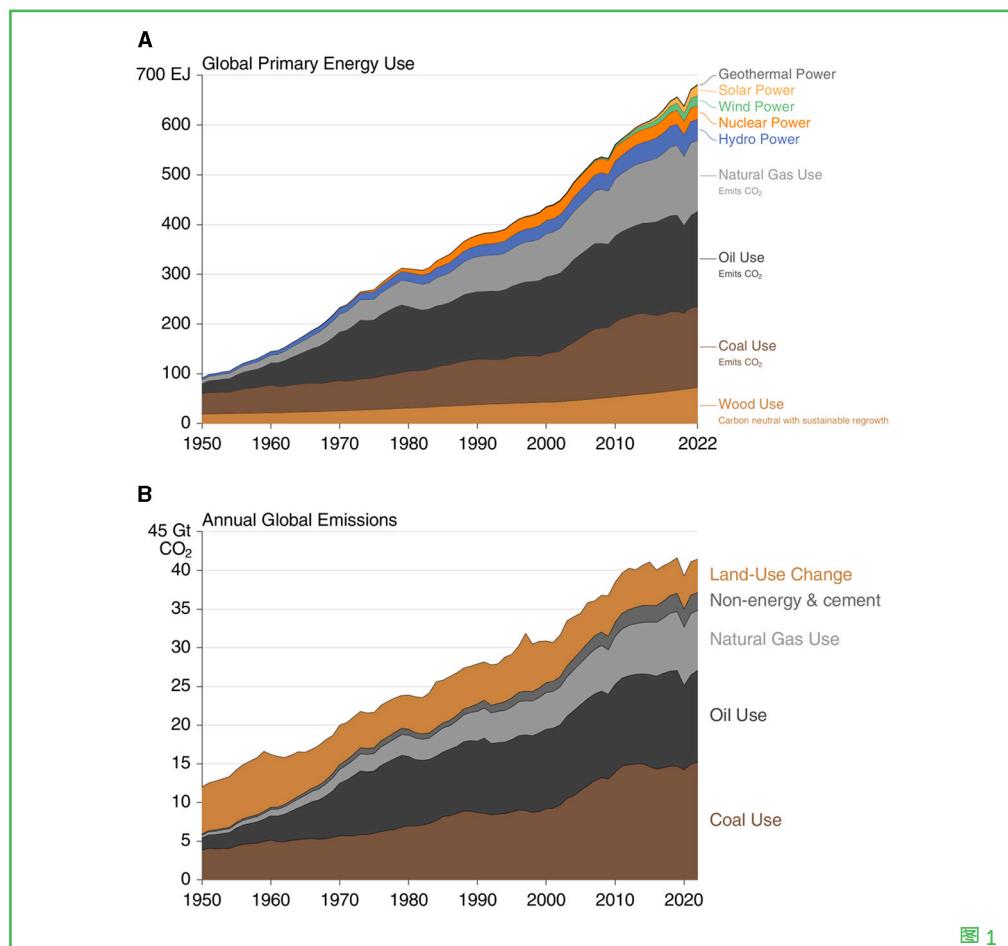


图 1

自 19 世纪以来，科学家便提出燃烧化石燃料可能改变地球气候的观点，如今这一点已被确凿证实 [2]。化石燃料是埋藏地下数百万年的动植物残骸，当它们被开采燃烧时，其中封存已久的碳元素就以二氧化碳的形式释放到大气中（图 1B）。这些不断累积的二氧化碳，正是导致全球变暖的主因。

气候正在改变

气候科学家指出，累计二氧化碳排放量（而非单年排放量）才是影响气候的关键 [3]。当我们停止燃烧化石燃料时，二氧化碳并不会从大气中自动消失，其中一部分将永久存留。工业革命时期的祖辈排放的二氧化碳

至今仍滞留在大气中，今日的排放将继续影响子孙后代的生存环境。我们虽能通过减排阻止全球变暖进一步加剧，却无法逆转已发生的变暖进程。自工业革命以来，人类活动排放的温室气体已导致全球平均气温上升约 1.3°C （更多气候变化成因请参阅[这篇 Frontiers for Young Minds 文章](#)）。

全球行动已展开，但进展太过缓慢

气候影响 (Climate Impacts)

因温室气体排放和气候变化导致的天气模式改变，例如频发的极端气温、热浪和强降雨。

全球变暖已加剧对世界多地的[气候影响](#)。政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 作为评估气候变化科学依据的机构，早在 1988 年就已成立。1992 年签署的《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC) 旨在防止人类活动对地球气候的影响。2007 年《京都议定书》和 2015 年《巴黎协定》相继签订，这些基于 UNFCCC 的国际条约共同致力于实现气候治理目标。由此可见，国际社会已明确认识到气候挑战的严峻性，并建立了科学机构与国际协议来应对气候变化，但全球排放尚未得到有效控制。

为应对全球变暖，人类社会已开发出风电、光伏等在许多场景下成本低于化石燃料的清洁技术。这些环境友好型技术确实有助于减少二氧化碳排放。在美国和欧洲，化石燃料消耗量已呈现下降趋势 [4]，这意味着太阳能与风能正在逐步取代传统化石能源。电动汽车也开始取代燃油车。

在印度、中国等国家，太阳能和风能同样以创纪录的速度发展。印度作为发展中国家，至今仍有大量贫困人口，但全社会正努力追赶欧美生活水平。在这些快速增长的经济体中，即使环保技术发展迅猛，仍不足以遏制二氧化碳排放量的增加 [4]。从整个世界来看，尽管过去十年来增速放缓，但能源消耗与二氧化碳排放总量仍在持续攀升（[图 1](#)）。

不容忽视的毁林与农业活动

毁林 (Deforestation)

将森林砍伐并转变为农田或牧场等其他用地的行为。

引发气候变化的因素远不止化石燃料及其碳排放。如今，我们的木材消耗量已远超数百年前的祖辈，若采伐方式不可持续或利用效率低下，便会推高二氧化碳排放。我们仍在以惊人速度砍伐森林（即[毁林](#)），将其转变为放牧牛羊或种植作物的农田，这又不断释放出更多二氧化碳。

当森林被开垦为农业生产用地时，除了砍伐和焚烧树木会直接排放大量二氧化碳，后续活动还会产生其他温室气体：牛羊打嗝和稻田和湿地的植物分解都会产生甲烷，施用化肥则会生成氧化亚氮（又称为“笑气”）。化石燃料在泄漏或不完全燃烧时也会排放甲烷等其他温室气体。所有这些排放会共同加剧温室效应，但二氧化碳始终是影响气候的最关键因素。

避免最严重的后果

气候政策 (Climate Policy)

政府为促进减排制定的激励措施，包括对煤炭、石油或天然气征收附加费用，或降低太阳能、风能及电动汽车的使用成本。

气候承诺 (Climate Pledge)

国家或企业对其尚未采取的行动所作出的承诺。

净零排放 (Net Zero Emissions)

同一年内排入大气中的温室气体量与从大气中清除的量相互抵消。

当前，全球许多国家和企业已制定气候政策，以抑制温室气体排放增长 [5]。这些政策包括对破坏气候的行为征收环境税，或立法禁售高能耗汽车。现有气候政策预计能使本世纪内的温室气体排放量维持在当前水平。在此条件下，到本世纪末，全球平均气温将较工业革命前上升 2.2-3.0°C，约是当前 1.3°C 升温幅度的两倍。当然，精确预测未来 80 年的排放趋势并非易事——尽管科学家已深入了解气候系统，仍存在许多不确定因素：实际升温幅度可能控制在 2°C，也可能高达 3.5°C。各国政府已达成共识，由 2°C 升温导致的极端高温、热浪和强降雨等气候影响将给人类社会带来难以承受的风险。

尽管许多政府和企业已作出更多减少排放的气候承诺，却尚未制定落实这些承诺的具体政策。这就好比嘴上说要打扫房间，却仍坐在沙发上迟迟不动。例如，多国虽承诺实现净零排放，却没有出台可帮助达成目标的政策。净零排放意味着所有排入大气的温室气体都必须被等量清除。考虑到碳清除的技术难度，人类必须首先全力阻止排放。这就好比在房间里打翻热巧克力：事先谨慎防范远比事后清理更容易。

所有长期任务都始于承诺。作出净零排放的承诺固然重要，但现在需要的是实际行动。若能通过制定气候政策来确保承诺落地，全球排放量将很快开始下降，本世纪末或许能将升温幅度控制在 2°C 以内 [5]。

各国政府仍有时间制定气候政策来避免气温攀升至危险水平：这需要到 2030 年将温室气体排放量减半，2050 年左右实现二氧化碳净零排放，2080 年左右实现所有温室气体净零排放。这比各国当前承诺的目标总和更为紧迫。现在我们需要真正开始“打扫房间”，不仅要说服同班同学，更要动员全校共同行动起来。既然大多数国家已作出承诺，当下的要务就是立即付诸实践。

隧道尽头的曙光

好消息是，研究表明，我们完全有能力实现净零排放，并将全球变暖幅度控制在 1.5°C 左右。虽然可能会暂时突破 1.5°C，但仍有望回落到该水平以下 [5]（图 2B）。全球已在太阳能、风能、电动汽车和电池技术方面取得长足进步，但在遏制煤炭、石油和天然气消耗上却进展迟缓。当前世界仍在持续勘探更多化石燃料，使这一问题不断加剧。能源消费与排放量仍在持续上升，尽管其增速比在没有任何气候政策的情况下要略微缓慢一些。

如今的减排行动越迟缓，未来气候影响将越严重，减排难度也越大。最明智的路径是大力发展可再生能源，而非继续滥用化石燃料并寄望于事后补救。正如我们祖辈的选择导致今日气候变暖一样，当今社会的决策也将深刻影响子孙后代的命运。未来气候影响将在现有基础上持续叠加。

图 2

(A) 未来温室气体排放预测与**(B)**其可能引发的升温幅度示意图。要将升温幅度控制在 1.5°C 左右, 必须在本世纪下半叶实现净零排放(蓝线); 若全面履行现有气候承诺, 科学家预估升温幅度约为 2°C (紫线), 但各缔约国需制定更强力的减排政策; 若仅依据现行政策推算, 全球减排速度将无法达标(橙色区域), 导致升温幅度远超 2°C , 进而引发更严重的气候影响。

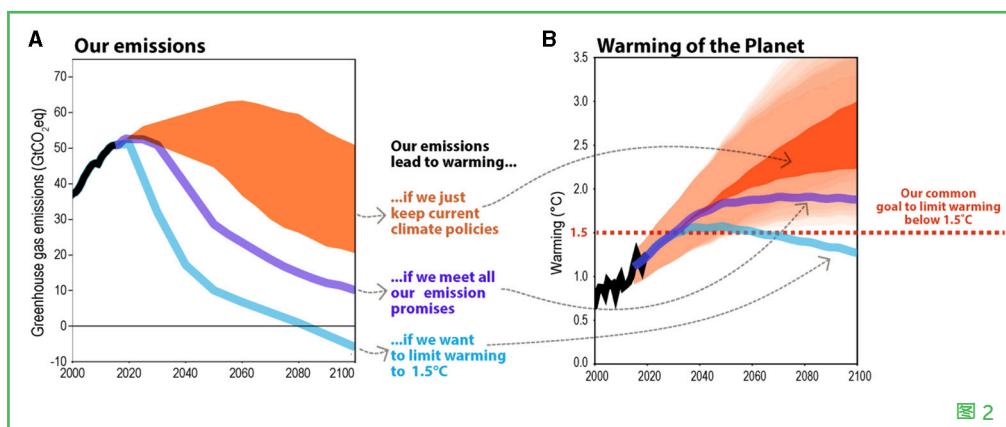


图 2

由于二氧化碳会在大气中不断累积, 我们必须迅速行动起来——而这正是当前全球人类并没有做到的事。我们应当携手努力, 日积月累推动改变: 从自身减排开始, 并呼吁他人加紧行动。

致谢

本研究由欧盟“地平线欧洲”科研与创新计划资助 (赠款协议号: 101056306, 项目名称: IAM COMPACT)。

AI 人工智能工具使用声明

本文中所有图表附带的替代文本 (alt text) 均由 Frontiers 出版社在人工智能支持下生成。我们已采取合理措施确保其准确性, 包括在可行情况下经由作者审核。如发现任何问题, 请随时联系我们。

参考文献

1. Friedlingstein, P., O'Sullivan, M., Jones, M. W., Andrew, R. M., Bakker, D. C. E., Hauck, J. et al. 2023. Global carbon budget 2023. *Earth Syst. Sci. Data* 15:5301–69. doi: 10.5194/essd-15-5301-2023
2. IPCC 2023. *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Core Writing Team, H. Lee, and J. Romero, eds.). Geneva: IPCC, 184. doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647
3. Allen, M. R., Friedlingstein, P., Girardin, C. A. J., Jenkins, S., Malhi, Y., Mitchell-Larson, E., et al. 2022. Net zero: science, origins, and implications. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 47:19.1–39. doi: 10.1146/annurev-environ-112320-105050
4. Le Quéré, C., Korsbakken, J. I., Wilson, C., Tosun, J., Andrew, R., Andres, R. J., et al. 2019. Drivers of declining CO₂ emissions in 18 developed economies. *Nat. Clim. Change* 9:213–7. doi: 10.1038/s41558-019-0419-7
5. Meinshausen, M., Lewis, J., McGlade, C., Gütschow, J., Nicholls, Z., Burdon, R., et al. 2022. Realization of Paris agreement pledges may limit warming just below 2°C. *Nature* 604:304–9. doi: 10.1038/s41586-022-04553-z

线上发布: 2025 年 12 月 19 日

编辑: Chris Jones

科学导师: Matteo Lorenzini 和 Catherine A. Walsh

引用: Peters GP 和 Meinshausen M (2025) 现状堪忧: 温室气体排放量再创新高! *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2024.1343809-zh

英文原文: Peters GP and Meinshausen M (2024) We Are Not on Track: Greenhouse Gas Emissions Are Higher Than Ever! *Front. Young Minds.* 12:1343809. doi: 10.3389/frym.2024.1343809

利益冲突声明: 作者声明本研究不涉及任何潜在商业或财务关系。

版权 © 2024 © 2025 Peters 和 Meinshausen. 这是一篇依据 [Creative Commons Attribution License \(CC BY\)](#) 条款发布的开放获取文章。根据公认的学术惯例，在注明原作者和版权所有者，及在标明本刊为原始出处的前提下，允许使用、传播、复制至其他平台。如违反以上条款，则不得使用、传播或复制文章内容。

少年审稿人



JUDE, 年龄: 15

闲暇时, 我喜欢弹吉他和遛猫。我经常和两个亲爱的兄弟一起玩。夏季, 我爱在湖区玩水上运动, 还喜欢徒步和桨板冲浪。作为土生土长的英国人, 每年能让我享受的好天气大概只有两周, 所以我非常期待能去更多地方旅行。



THE AMAZING SIX, 年龄: 14–16

我们的研究小组汇聚了六位热爱科学与分析研究的青少年。这个小组成立于 2023 年 12 月, 当时数学老师邀请我们参与这个有趣的项目。我们决定将团队命名为“神奇六人组”。我们的成员年龄都在 14 至 16 岁, 来自 (意大利) 罗马周边的多个小镇, 性格都很开朗, 善于合作。

作者



GLEN P. PETERS

Glen Peters 博士专注于二氧化碳排放趋势研究, 现任全球碳预算项目执行团队成员, 曾担任 IPCC 第六次评估报告中排放情景章节的主要作者。

*glen.peters@cicero.oslo.no



MALTE MEINSHAUSEN

Malte Meinshausen 现任墨尔本大学教授, 主要研究领域为评估不同排放情景的气候效应, 曾担任 IPCC 第六次评估报告主要作者及 IPCC 第六次综合报告核心撰写团队成员。

中文翻译由下列单位提供
Chinese version provided by

