

气候变化的烟与镜

过去十年以来，有少数——但越来越多的——政府和科学家们一直在推动从政治上考虑采用地球工程技术，即通过技术手段大规模对气候进行操纵，他们大多数来自世界上最强大、同时也是气候污染最严重的国家。

地球工程技术具有天然的高风险属性，且其负面效应可能会分布不均，因此一直以来常被认为是应对气候危机的“次优选项”。但自从《巴黎协定》雄心勃勃地将控制全球升温目标设定在 2°C 以内，甚至努力达到 1.5°C，针对地球工程的看法便发生了变化。如今，地球工程日益被推崇为实现《巴黎协定》目标的一个“根本性”途径。支持者希望通过实施一系列高风险技术将碳从大气层中移除，创造所谓的“负排放”，或者通过控制全球恒温器来直接降低气温。

随着气温的升高，地球工程获得更多的政治资本并不为奇。化石燃料行业拼命想保住其估值约为 55 万亿美元的既有基础设施，以及 20-28 万亿美元的账面资产，而只有允许各个公司超额排放温室气体，这些资产才能变现。

关于地球工程存在如下理论假设：地球工程技术可以从大气层中重新捕获二氧化碳，并且将它们埋入地底或海洋；或者，在平流层注入硫可以降低气温，从而为最终达成大幅削减化石燃料排放的一致意见“争取更多时间”。两者中任何一种方法都可以帮助化石燃料企业避免戳破公然否认气候变化的“碳泡沫”。

换句话说，地球工程提案正成为化石燃料企业用来阻止达成切实减排政治意愿的主要工具。另一方面，有一些气候科学家苦于无法找到既能满足增长驱动型经济模式、又能提供一个气候安全的未来的路径，于是地球工程的提议变成了这些绝望科学家的最后武器。

但究竟什么是地球工程？具体建议的技术又有哪一些？这些技术在生态完整性、环境与气候的公正与民主方面又各自有哪些风险和影响？

什么是地球工程？

气候领域的地球工程概念已经存在超过一个世纪的时间了。但直到不久以前，这个概念的提出大多作为军事领域控制天气、打击敌人的一类工具。随着气候危机的进一步恶化，地球工程的范畴也进一步扩大。今天人们在讨论地球工程的时候，探索的是是否可以把它做为对抗气候变化——而非对抗他国——的一种工具。

地球工程，或气候地球工程，指的是采用所选的一系列技术，人为地、大范围地干预和改变地球系统，尤其是气候系统，把它作为应对气候变化的“技术解决包”。现在人们越来越多的提议使用地球工程技术，把它看做为未来真正的、彻底的变化“争取更多时间”的一种权宜之计；或者把它当做为子孙后代所买的一份保险，凭着这张保单便把这一难题交给后代去承担。

地球工程包括针对土地、海洋或大气的各种干预措施。具体来说，包括通常所称的太阳辐射管理(SRM)，以及属于温室气体移除类(GGR)的各种地球系统干预措施，例如二氧化碳移除(CDR)技术。目前这些都属于理论建议，虽然有一些支持者声称若干 CDR 技术已经接近面市，但是认为这些技术能够有效解决气候变化问题的观点都属推测，顶多是基于有限的计算机建模所作出的推测。

非常重要的一点是，所提议的地球工程技术中没有一项是旨在解决气候变化背后的深层次原因的。相反，使用它们仅意在局部应对气候变化的一些表征。而导致气候变化的深层驱动因素（例如日益增长的消费、毁林、不可持续的农业以及改变土地用途等），将不会受到任何影响。另外，地球工程从定义上来讲，旨在人为地改变地球系统，如碳循环和水循环，其本质上是跨境的。而且由于我们对地球生态系统整体及其子系统是如何发挥各自功能的知之甚少，因此这么做很有可能非但无法改善气候，反而会使情况恶化。

本简报原文为[英文](#)，旨在为参加 2017 年 5 月 UNFCCC 波恩会议的公民社会组织提供背景知识。本篇是系列文章中的一篇，后续将发布更多相关文章。

欢迎提出反馈和建议。

联系方式：grupoetc@etcgroup.org
或者 schneider@boell.de

为什么说地球工程是危险的？

每一项地球工程技术都有其特定的风险，但是所有地球工程技术都面临共同的关键性挑战：

规模：对于任何地球工程技术来讲，如果要影响全球气候就必须进行大范围的部署。而这些技术一旦产生了任何意料之外的后果，也将是大规模的，而且很大可能是跨境的。

不可靠性和高风险性：地球工程想要干预的是我们知之甚少、动态变化且复杂高深的系统，例如气候和海洋生态。任何机械故障、人为失误、片面的知识和气候数据、不可预测的协同效应、自然现象（如火山爆发、地震和海啸等）、跨境影响、政局变化或融资失败等因素都可能导致干预失败。在某些情况下，例如太阳辐射管理工程，如果突然终止，将会导致气温的骤然跃升，以及一些回馈效应，这些效应可能比本来要解决的气候效应还要糟糕。

不可逆性：全球气候系统中有很多的临界点都是不可逆的。任何所谓的“负排放”都不可能帮助我们使得北极重新冰冻或者是恢复季风。地球工程技术的部署本身也可能是不可逆的。由于地球工程技术的部署或实验而导致的生态或社会的损害，可能是无法修复的。一旦我们开始一面人工地为地球降温，另一面继续维持来自化石燃料使用的排放，那么就不可能在中场叫停这些技术的使用。

鼓励气候不作为：对于那些否定气候变化的人、以及那些不愿承担碳减排政治成本的政府部门来说，地球工程是一个“理想的借口”。对于那些企图制止有意义的气候行动的人来说，积极开发和实验地球工程的工具看起来是“解决”气候变化的更好路径。同时也能够成为对高排放企业放松限制的一个论据。甚至那些否定气候变化者也会将地球工程视作解决他们认为根本不存在的问题的一个更方便的（军事）解决方案。现在看来，推动地球工程研究最大的一些力量来自于与相关行业过从甚密的新保守主义智库，此前他们曾一度将鼓吹气候否定主义作为一种策略，如比约恩·隆伯格（Bjorn Lomborg）的哥本哈根共识中心（Copenhagen Consensus Center）和美国企业研究所（American Enterprise Institute）。

使资源、资金和研究偏离方向，致使其不能被投入到最急需的、真正有效的、预防性的、生态环保且公正的气候变化减缓和适应方法中去。

单边性和不平等性：目前看来，正是那些来自历史上温室气体主要排放国的公司如今控制着最有可能开发和实施这些提案的预算和技术。如果还是让这些污染者来负责解决气候变化问题，那么被边缘化的和被压迫的人民的利益仍将会被排除在外。而许多提案的负面影响，恰恰会在全球南部的发展中国家显得尤其严重。

环境危害：所有提议的地球工程技术都可能产生非常严重的环境影响。例如，海洋施肥可能会破坏海洋食物链，产生有害的藻类爆发现象，并造成某些海层缺氧。生物能和碳捕获与封存（BECCS）对于土地、水和营养物来说可能会产生灾难性的影响，甚至会导致“土地和人口的大规模迁移，对全球的粮食供应、土地权利和环境正义都会产生影响”。¹至于太阳辐射管理（SRM）技术，人们不可能明确地知道改变地球受热将会如何影响生态系统，因为这意味着建立一个全新的生态平衡（或干扰），可能会减少生物多样性，并且扰乱各个生态系统。辐射到地球上的阳光所带来的能量，是地球生命赖以生存的最基本资源，而且与诸多因素息息相关，比如支持着产生地球绝大多数氧气的海洋藻类的存在。基础生态常识告诉我们，改变这一关键变量将会在全球生态系统中产生涟漪效应。根据所采用的技术和地理情况的不同，SRM还可能产生许多潜在的严重影响，有些甚至是灾难性的，包括进一步破坏臭氧层、改变热带和亚热带地区气候模式、以及导致非洲和亚洲地区的严重干旱。这些将严重影响数十亿人口的食物和水源。

1 Silke Beck and Martin Fatoyin, “The IPCC and the politics of anticipation,” *Nature Climate Change*, vol. 7 no. 5, April 2017.

代际不公正：有人认为地球工程将会为人类“争取时间”，即可以用今后几十年来向低碳可持续政策转型。但这种想法从根本上来讲是不现实的，对于子孙后代来讲也是不公平的。通过二氧化碳移除（CDR）技术来实现“负排放”的概念仅仅是基于理论，其效果和可行性并未在任何地方得到印证。然而，仅这个概念就已经拖延了我们急需的一些减排措施。这些幽灵般的技术还将负担施加在了我们的子孙后代身上。安德森和彼得斯（Anderson and Peters, 2016年）称之为“不公正的、高风险的赌博”。²至于SRM这一技术，因为它相当于在大气层的表面铺上了一层面罩，一旦措施终止，温度就会骤然跃升，地球将急剧变暖。对于生态系统和人类社会而言，都将比原本的缓慢升温更加难以适应。假设地球工程技术从我们这一代开始实施，却无法在我们这一代善终，就不应该让子孙后代成为受制于这些技术的囚徒。更不能因为我们自己没有适当的解决方案，就让子孙后代面临更严酷的气候未来，还指望他们开发出神奇的技术。

武器化：地球工程的军事起源和军事影响，通常被大众所遗忘或故意不被提起。然而控制天气和气候的概念的确来自于军事战略，甚至导致了《禁止改变环境技术公约》（ENMOD）的签署。³美国和其他国家的军事领导人多年来都在考虑将操控天气的能力作为一种武器的可能性。即使某技术公开的用途是“对抗气候变化”，但这并不能保证对它的应用仅限于和平目的，而不是掩盖双重用途实验的幌子。就像历史学家詹姆斯·弗莱明（James Fleming）所说的，如果有人声称可以控制地球恒温器，那么这一技术就肯定能够，并且终将用于军事和地缘政治的目的。⁴即使尚未被用于敌对目的，任何国家或者行为方只要声称能够改变全球气候模式，那么他们将掌握强有力的地缘政治筹码，而且将会利用这一筹码对其他国家进行威胁或霸凌。

加剧全球力量的不均衡：如果控制全球温度的能力真的存在，那么同时也会带来关于权力和正义的重要问题：谁可以根据自己的利益来控制地球恒温器，并对气候进行调节？如果这种激进的措施被认为是技术上可行的，那么谁来决定何时去部署？谁的利益又会被排除在外？各国政府已经认识到，不可能以民主、协作的方式讨论并通过一项具有全球法律约束力的、体现公平的责任共担、成果共享原则的气候变化协定。那么一旦涉及到地球工程，很难想象各国反而能够实现这一点，因为各个国家都有明确的地缘政治利益，都希望能够决定区域甚至全球的气候。事实上，如果我们能在共同面对的气候问题的决策上面实现上述国际协作和互信的话，则根本用不着讨论地球工程了。因为那样的话，我们就应该已经看到真正有效的气候行动在全球落地了。

气候商业化：如今，认为自己已经掌握解决全球气候危机方案的各方，已经在专利局吵得不可开交。如果一个私人的垄断机构拥有了改变气候的“权利”，那么未来将是让人恐惧的。

以碳牟利：有一些地球工程师出于自己的商业利益而推广地球工程技术并从中牟利。这些人拥有专利，其中一些人还在积极寻求将地球工程技术列为满足碳排放交易制度的合格技术。

违反条约：地球工程技术的实施，将会违反多项联合国条约和决议，包括《禁止改变环境技术公约》、《生物多样性公约》、《伦敦公约》/《伦敦议定书》。

对于那些否定气候变化的人、以及那些不愿承担碳减排政治成本的政府部门来说，地球工程是一个“理想的借口”。

2 Kevin Anderson and Glen Peters, “The trouble with negative emissions.” *Science*, vol. 354, no. 6309, October 2016

3 ENMOD 是1977年通过的一项国际条约，禁止缔约方为军事或任何其他敌对目的使用对环境造成广泛、长期或严重损害的作战方法。在此之前，美国在越南战争中曾通过操纵天气来打击敌方。

4 James Fleming, *Fixing the Sky: The Checkered History of Weather and Climate Control*, Columbia Studies in International and Global History, Columbia University Press, 2012.

地球工程技术提案

温室气体移除

温室气体移除 (GGR)，指的是一系列能够将温室气体从大气中移除的技术。更普遍的一个概括性说法是“**二氧化碳移除 (CDR)**”，但这一说法将甲烷等其他气体排除在外。建议的这类技术列举如下：

海洋施肥 (OF)

海洋施肥，指的是将铁或其他营养物质（例如：尿素）投放到生物生产力比较低的海洋区域，以此来促进浮游植物的生长。理论上讲，由此而产生的浮游植物可以降低大气二氧化碳浓度，它们死亡之后沉入海床并将碳封存。海洋施肥的效果受到强烈质疑，因为所封存的碳绝大多数都有可能通过食物链重新被释放到环境中。海洋施肥还可能破坏海洋食物链，以及造成某些海层缺氧，进而引发有毒藻类的爆发。

人工上升流

这一技术指的是人为地将深海富含营养物质的水抬升到海水表面，使表层和底层的海水相混合，最后达到刺激浮游植物活动的目的。理论上讲，这一方法可以通过给海洋施肥的方式降低二氧化碳。但是，和海洋施肥一样，这种方法的效果也受到质疑。它也会扰乱海洋食物链与环境，同时将已经封存的二氧化碳带到海面。

碳捕获与封存 (CCS)

碳捕获与封存通常指的是通过机械手段收集来自发电厂和其他工业源的二氧化碳排放。通过使用化学吸附剂，二氧化碳在离开烟囱之前就能被收集。之后，液化的二氧化碳被泵入地下含水层，进行长期封存。这种方法最开始被称为“提高原油采收率”（EOR），因为这一技术源自石油行业，即通过向空井内泵入高压气体来采收残余的石油。碳捕获与封存并不是经济上特别可行的一种方法，除非得到大规模的补贴。而且当其被用作一种石油采收技术时，会进一步鼓励石油开采。其永久封存碳的能力也受到广泛质疑。所封存的碳可能由于多种原因发生泄漏，例如：施工不当、地震或其它地下运动。被封存的二氧化碳的浓度非常高，一旦泄漏，对动物和植物都是有剧毒的。《联合国生物多样性公约》并未将与化石燃料相关的碳捕获与封存定义为一种地球工程技术，但是在一些其它的定义中，它被归为地球工程技术。

碳捕获、利用与封存 (CCUS)

CCUS 指的是将从工业或大气中捕获到的二氧化碳用作制造业的原材料。理论上讲，最终二氧化碳会被以制造业产品的形式封存起来。一个有待证明的例子是将捕获到的二氧化碳喂给藻类，以生产生物燃料。另一个例子是将二氧化碳与钙化矿物发生反应，生产建筑用混凝土。CCUS 有很多和 CCS 相同的潜在效果，但是它也面临着二氧化碳在加工和最终产品中再次释放的更大风险。如果考虑到运输和加工过程的总能量需求，以及产品的最终报废，CCUS 在能量平衡方面也令人质疑——它可能反而会增加温室气体的净排放。

直接空气捕获 (DAC)

直接空气捕获 (DAC) 指的是通过使用化学和机械的手段，将二氧化碳或其他温室气体从大气中提取出来。通常会使用化学吸附剂或大型风扇，将环境空气进行过滤。经此方法提取出来的二氧化碳通过 CCS 或 EOR 的技术进行处理，或用作他用。DAC 是一种商业性建议，对能源的要求非常高。而且和 CCS 一样，也被提议用在那些工业二氧化碳来源非常有限的地方，以提高原油采收率。目前的 DAC 原型从空气中捕捉到的二氧化碳非常少，若要产生很显著的效果，则可能对土地造成很大的环境影响。而且，所需要的大量吸附剂也会产生很大的毒性影响。储存问题也尚未解决，就像刚才所描述的，仅在理论上将其与 CCS 或 CCUS 相挂钩并不能解决储存问题。

生物能源和碳捕获与封存 (BECCS)

BECCS 指的是捕获生物能应用（例如乙醇生产或燃烧生物质发电）产生的二氧化碳，然后将捕捉到的二氧化碳通过 CCS 或者 CCUS 进行封存。理论上认为 BECCS 是“负碳排放”的，因为理论上生物能源是碳中性的——植物会重新生长，将已经排放的碳进行固定。生物能批判者则指出，这样的方法忽视了土地利用变化引起的排放和生命周期排放。根据政府间气候变化委员会 (IPCC) 的《第五次评估报告》(AR5)，要想把温升控制在 2°C 以内，若采取理论上有效的 BECCS 系统，需要大概 5 亿-60 亿公顷的土地。考虑到当前全球作物生产土地面积为 15 亿公顷，若真实实施这一技术，其对土地、水、生物多样性和生计的影响，以及同粮食作物的土地竞争将是灾难性的。

加速风化 (EW)

加速风化 (EW) 技术提议将破碎后的矿物质在土地或海洋中进行分解和溶解 (尤其是含硅的矿物质), 目的是使其与海洋和土壤中的二氧化碳发生化学反应达到固碳的效果。这种做法对矿物质有巨大的需求, 将严重破坏土地和生物多样性, 并且进一步扩大采矿作业产生的不良影响。另外, 人为地改变海洋的整体化学构成也面临着很多未知和不可预测的因素。

生物炭

生物炭技术提议在低氧条件下燃烧生物质和市政垃圾, 形成炭黑。再将炭黑作为一种添加剂与土壤混合, 以此将碳直接埋进土壤。支持者宣称, 生物炭土壤由于含有更高的碳含量, 肥力也将更大。这种做法的灵感来自于亚马逊的黑土土壤, 当地原著民用木炭来改进土壤肥力, 但是两者有很大的差异。产业化的生物炭需要大面积的土地来种植可供燃烧的生物质, 这会扰乱土壤生命周期, 而且也可能增加来自土壤的温室气体排放。而根据生物质来源的不同, 某些情况下这种技术可能会产生一定浓度的有毒污染物。再者, 不同类型的生物炭作为土壤改良方式提高土壤生产能力的效果也是不一样的。

太阳辐射管理

太阳辐射管理 (SRM) 指的是利用一系列建议的技术, 在太阳光使地球气温升高之前, 将其反射回外太空。SRM 的提议包括以下一些方面:

平流层气溶胶注射 (SAI)

这种 SRM 方案指的是将大量无机颗粒物 (例如: 二氧化硫) 喷洒到平流层 (也就是大气层的高层) 作为一种反射屏障, 阻挡太阳光的射入。建议的方式包括: 大炮喷射、大型水管喷射、或者飞机尾部喷洒。也有人提议用可以自悬浮的颗粒物, 或其他反射材料所制成的颗粒物 (例如钛、铝、方解石甚至冰晶)。如果使用开展研究最多的硫化物的话, 将可能破坏臭氧层并扰乱热带和亚热带地区的降水格局和大气环流。这可能会导致非洲和亚洲的干旱, 影响到季风, 进而产生严重的环境影响, 危及到 20 亿人口的粮食以及水源。

海洋云层增亮 (MCB)

或增强云层反射率

MCB 的提议旨在通过增加云层的白度, 将更多的阳光反射回太空。和其他的 SRM 方案一样, 这一方案会改变太阳辐射, 进而影响到气候模式, 也可能对海洋、海岸生态系统以及农业产生影响。

卷云层变薄

卷云层指的是存在于高海拔的纤细而狭长的云。有一些研究者认为通过使卷云层变薄可以让更多的热量散发到太空, 从而实现气候降温。然而, 对于云的形成和化学成分仍有许多未知, 这种方法可能导致一些无法预测的反面效果。

高反照率作物和雪林清除

有很多提案提到了种植那些能反射更多阳光的作物, 例如新的基因工程作物, 或者现有作物的高反照率品种, 认为这种方法能够将更多的太阳辐射反射回太空, 从而给地球降温。还有一些提案提到清除那些常年积雪覆盖地区的森林, 这样可以通过表面更平、更亮的雪将更多的阳光反射回太空。使用转基因作物或树木的方法会对生物安全和土地利用造成影响, 包括土壤侵蚀以及污染性农业化学品的大量使用。清除森林来创造白色荒漠, 也会对生物多样性和气候产生负面影响。

微泡和海洋泡沫

还有的建议提出, 通过在水的表面创造微小的泡沫或散播发泡剂来提高海洋或其他水体表面的反射率。这样做除了会干扰到海洋生命的光通量, 泡沫也可能会减少海洋上层的含氧量, 从而对生物多样性造成负面影响。

人工干预天气

人工干预天气 (WM) 指一系列包括人工降雨和相关技术在内的手段, 它们改变天气和降水的节律, 但并不改变整体的气候模式。人工降雨已经导致一些地区的作物遭受洪涝和/或干旱, 但是由于它被认为只对本地区有影响, 所以通常并不被视作一种地球工程手段。

想了解更多有关于每一种技术的影响, 参见“地球工程观察” www.geoengineeringmonitor.org。

地球工程的治理

联合国《生物多样性公约》(CBD)从2007年开始就一直在讨论地球工程。2009年,在发布了一个关于海洋施肥方面彻底的、经过同行评审的技术报告之后,并且考虑到有人呼吁对《伦敦公约》⁵采取“最谨慎”的态度,《生物多样性公约》通过一致决议,暂缓海洋施肥,并敦促各国政府保证只有在满足一系列严格要求之下才能开展施肥活动,以及“建立一个透明、有效的全球性控制和监管机制”。⁶

2010年,《生物多样性公约》又做出了标志性的决议,决定在事实上暂缓地球工程,这是193国政府的共识性号召(美国不是《生物多样性公约》的缔约方),这样才能保证“与之前通过的关于禁止海洋施肥的决议保持一致”,“在有充分的科学依据证明其合理性,并且充分考虑了相关的环境和生物多样性风险以及社会、经济和文化的影响之前,不应该允许任何与气候相关的、可能会影响到生物多样性的地球工程活动的发生。”⁷但是,在关于地球工程的定义中,《生物多样性公约》并未把“来自于化石燃料(而非来自于生物能源)的碳捕获与封存”定义为一种地球工程。此后,《生物多样性公约》又发布了两个经同行评审的有关于地球工程的技术性报告,并于2012年和2016年再次重申了暂缓地球工程活动的决议。⁸

两个暂缓令,都给“小型”实验留出了一定空间,但实验必须是“为了搜集科学数据”而开展的,而且在开展之前,必须满足一系列前提要求,比如:要做充分的事前环境影响评估,拥有一个“可控的环境”,并且确保不会发生跨境影响。

5 International Maritime Organization, “Ocean Fertilization under the LC/LP,” (History of the negotiations on geoengineering under LC and its London Protocol). Available at: <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/LCLP/EmergingIssues/geoengineering/OceanFertilizationDocumentRepository/OceanFertilization/Pages/default.aspx>

6 CBD, COP 9 Decision IX/16 section C, paragraph 4, 2008. Available at <https://www.cbd.int/decision/cop/?id=11659>

7 CBD, COP 10 Decision X/33 paragraph 8(w), 2010. Available at <https://www.cbd.int/decision/cop/?id=12299>

8 The decade-long history of the CBD negotiations and produced reports are gathered at: <https://www.cbd.int/climate/geoengineering/>

9 Quirin Schiermeier, “Ocean fertilization experiment suspended,” *Nature News*, 14 January 2009. Available at <http://www.nature.com/news/2009/090114/full/news.2009.26.html>

10 ETC Group, “Case Study: Ocean Fertilization near Haida Gwaii,” 28 March 2013. Available at <http://www.etcgroup.org/content/casestudy-ocean-fertilization-near-haida-gwaii>

11 ETC Group, “Say no to the Trojan Horse,” News Release, 27 September 2011. Available at <http://www.etcgroup.org/content/say-notrojan-hose>

12 London Convention/ London Protocol, Resolution LP.4 (8) in LC 35/15

关于海洋施肥,《生物多样性公约》称,“不能用于产生和销售碳补偿,或者是其它任何商业用途。”

《生物多样性公约》缔约方政府认为这些决议是高度相关的,有关三项地球工程试验的讨论便呼应了《生物多样性公约》的决议。(印度和德国进行的海洋施肥试验 LOHAFEX;⁹ 加拿大夏洛特皇后群岛附近由私人开展的 HRSC 海洋施肥试验;¹⁰ 英国一项 SRM 设备的试验 SPICE。¹¹)

2007年以来,《伦敦公约》及其《伦敦议定书》(《防止倾倒废物和其它物质造成海洋污染公约》)进一步向前推进了关于海洋施肥的讨论和决议,并且数次呼吁“最大程度的预防”。2013年《伦敦议定书》决定禁止所有的海洋施肥活动,除了那些构成“正当科学研究”的相关活动,而“正当科学研究”这一概念也是有严格定义的。¹²

纵然如此,来自高排放的北方国家的一小撮政府,以及地球工程的拥趸,今天仍然坚持声称这些暂缓令仅仅是一个呼吁,试图降低其重要地位。与此同时,他们想兜售的是一些不具有约束力的“伦理指南”、“行为准则”,以及由一群学术人士制定的类似的自愿性措施,把这些作为未来地球工程研究和潜在部署的全球治理方式。一方面是《生物多样性公约》这样的全球性条约下193个政府一致通过的决议,另一方面则是由一些亲地球工程机构背书的所谓专家制定出来的指南,将两者相提并论是对民主治理的拙劣歪曲。但正是这些所谓的指南合理化了地球工程进一步的实验、也为他们的研究争取到了更多资金支持。

2010年,《生物多样性公约》又做出了标志性的决议,决定在事实上暂缓地球工程,这是193国政府的共识性号召。

《联合国气候变化框架公约》（UNFCCC）并未在其官方议程中纳入地球工程。但该公约从 2005 年开始，便启动了关于碳捕获与封存（CCS）这一议题的辩论，许多政府都持反对意见。2011 年，CCS 被批准纳入清洁发展机制。2014 年召开了关于 CCS 的技术专家会议。如今，《巴黎协定》虽得以通过，其目标和各国所确定的国家自主贡献量之间仍存在差距。这种形势使得地球工程师们努力想将地球工程这一议题引入《联合国气候变化公约》。例如将其纳入 2018 年的全球盘点各国自主贡献量的对话机制中去。

政府间气候变化委员会（IPCC）从《第二次评估报告》（AR2）到《第四次评估报告》（AR4），都有简要提及地球工程。基本上表示“地球工程方案很大程度上都是推测性且未经证实的技术，有产生未知副作用的风险”。2011 年，IPCC 曾经召开了一次关于地球工程的专家会议，这次活动受到了 160 个国际和各国民间组织的广泛批评。¹³

在 IPCC《第五次评估报告》（AR5）中，有一小节分析了部分 CDR 技术，在其《综合报告》中表述如下：

“SRM 技术提出了研发和部署带来的成本、风险、治理及伦理影响问题。协调研究的国际体制和机制面临新的特殊挑战，它们有可能抑制测试和部署。即或 SRM 可减轻人为全球温度的升高，但它意味着风险在空间和时间上出现重新分布。因此，SRM 引入了关于代内和代际正义的重大问题。SRM 的研究以及最终的部署已遭到伦理上的反对。尽管预估某些 SRM 部署技术潜在成本很低，但也不一定会通过考虑了一系列风险和负面效应的“效益—成本测试”。SRM 的治理影响极具挑战性，在单边行动可能会对其它方造成显著影响和成本情况下尤其如此。¹⁴

但 IPCC《第五次评估报告》中出人意料地在第三工作组中考虑了一种地球工程方案在绝大多数未来可能情景中的广泛应用，这种方案即 BECCS。在提供给气候政策制定者的四条“典型浓度路径”（RCP）中，BECCS 以及“负排放技术”的应用得到了着重的介绍，却根本未考虑在大尺度上应用 BECCS 的可行性，以及对社会、粮食安全及环境的极其严重的影响。这种有失偏颇的做法促使科技媒体及民间组织发表了越来越多的具有高度批评性的论文。¹⁵

考虑到这一错误，以及《第五次评估报告》中对 SRM 的批评立场，我们又一次惊讶地看到《第六次评估报告》若干特别报告的背景文件及其他文件将地球工程作为可进一步分析的备选方案。在 IPCC

《第六次评估报告》主席愿景中，提议将地球工程列为所有工作组都可以考虑的跨学科议题。这样的做法已经遭到来自政府和公民社会的批评。有关于《第六次评估报告》内容的最终决定将在 2017 年 9 月份 IPCC 第 46 次会议讨论决定。

《生物多样性公约》和《伦敦公约》及《伦敦议定书》的决议，以及其他多边论坛的条款，都是正在建立中的地球工程治理框架中非常重要的一部分。地球工程将可能对不同国家和地区产生的不平等的负面影响，也可能加剧全球气候系统不平衡，这意味着任何有关于地球工程在露天实验或部署的决定，都必须纳入到一个多边、民主、透明及可问责的全球治理机制中，包括考虑制定针对地球工程的永久禁令。如今，推崇地球工程的论述以及相关科研正在迅速开发支持大规模实验以及有可能的单边部署的工具，这就意味着我们必须快速行动。公民社会积极开展针对地球工程的批判性的讨论是至关重要的，这能够帮助政策制定者以及更广泛的公众了解到地球工程的影响和替代方案。

一方面是《生物多样性公约》这样的全球性条约下 193 个政府一致通过的决议，另一方面则是由一些亲地球工程机构背书的所谓专家制定出来的指南，将两者相提并论是对民主治理的拙劣歪曲。但正是这些所谓的指南合理化了地球工程进一步的实验、也为他们的研究争取到了更多资金支持。

13 Open Letter to IPCC, 2011. Available at <http://www.etcgroup.org/content/open-letter-ipcc-geoengineering> ETC Group, “The IPCC’s AR5 and geoengineering,” Briefing, 28 March 2014. Available at <http://www.etcgroup.org/content/ipcc-ar5-geoengineering-march2014>

14 IPCC, *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*. IPCC, 2015, p. 69.

15 Biofuelwatch & Heinrich Boell Foundation, *BECCS: Last-ditch climate option or wishful thinking?* Report, April 2016. Available at: <https://www.boell.de/en/2016/04/29/last-ditch-climate-option-or-wishful-thinking>

但我们是否至少应该开展实验以了解更多？

小规模地球工程试验经常被描述为一种无害且必要的步骤，帮助我们更多的了解地球工程的风险和益处。有人认为这种实验的环境影响不会立即显现，而且应该首先开展针对与地球工程相关的大气化学和大气物理方面的实验。但是这种视角忽略了以下关键问题。

首先，必须将地球工程视作一个政治问题，而非技术问题。我们需要针对其他方面开展更广泛的讨论，来决定作为整个社会我们是否选择启用这些高风险、不民主的技术。

其次，地球工程的拥趸渴望进入露天实验阶段，这并非出于无私的科学目的，而是出于政治原因。一项技术一旦进入到原理验证的实验阶段，那么它就朝着最终的实现迈出了重要的一步，支持者也更有可能将其作为可信的政策选择加以提倡。

最根本的是要加强预防为主的原则：除非有强有力的治理，否则不能允许开展现实世界（露天、海洋和土地）的实验。

这也是为什么“野外实验”往往具有高度争议性（例如：核技术、转基因作物、太空武器以及“科研捕鲸”的野外实验）。

第三，根本就不存在所谓“地球工程实验”。没有任何地球工程提案已经成熟到可以进行对全球气候产生影响的部署。通过“小范围”实验去发展科学知识或硬件，对我们了解这种技术对全球气候系统的影响没有任何帮助。要达到这种效果，我们需要在一定地理范围和时间尺度上对技术进行部署（这样才能将正常的气候改变引发的影响和“气候噪音”区分开来）。而一旦达到这种规模，就不能再将其称之为实验了：应该称其为部署，随之而来的还有各种风险和可能发生的不可逆后果。

因此，最根本的是要加强预防为主的原则：除非有强有力的治理，否则不能允许开展现实世界（露天、海洋和土地）的实验。

政治和预防优先

由于地球工程会产生较大的地缘政治筹码、武器化的风险以及代际影响，在允许开发这些工具之前，国际社会应该首先针对这些方面展开辩论。因为一旦开发，即使其他政府都认为这些工具太过冒险而且会造成不公平，但仍会有否认气候变化的政府，或者所谓的“支持者联盟”去使用它们。地球工程的讨论决不应仅限于技术层面、将其视作一个“开发工具以防万一”的手段，或仅局限在气候角度。

关于地球工程的研究应该与《生物多样性公约》决议保持一致，重点关注社会政治、生态、伦理问题以及潜在的影响，并为是否可能实现地球工程的民主化治理以及如何实现的讨论作出贡献。更重要的是，气候变化领域的资金和研究迫切需要进一步得到加强，用于支持那些已证明有效的、经过本土化适应、对生态和社会有利的解决气候危机的方案上，而非推测性质的、转移注意力的技术解决包。

相关链接

www.etcgroup.org
www.boell.de/en
www.geoengineeringmonitor.org

联系人

Lili Fuhr – fuhr@boell.de and Linda Schneider – schneider@boell.de, Heinrich Böll Foundation.
Neth Daño – neth@etcgroup.org, ETC group.

 HEINRICH BÖLL STIFTUNG

www.boell.de/en

 etc GROUP
monitoring power
tracking technology
strengthening diversity
www.etcgroup.org