



CBD



## 生物多样性公约

Distr.  
GENERAL

UNEP/CBD/SBSTTA/19/7  
14 September 2015

CHINESE  
ORIGINAL: ENGLISH

科学、技术和工艺咨询附属机构  
第十九次会议  
2015年11月2日至5日，蒙特利尔  
临时议程\*项目4.2

### 与气候相关的地球工程

执行秘书的说明

#### 导言

1. 本文件述及关于贯彻“与气候相关的地球工程”的第 XI/20 号决定的一些问题。
2. 在第 XI/20 号决定的第 9 段，缔约方大会邀请缔约方就根据第 X/33 号决定第 8 (w) 段所采取的措施提出报告。缔约方大会请执行秘书汇编缔约方报告的信息，并通过信息交换所机制予以提供（第 XI/20 号决定，第 15 段）。下文第一节概述了这些信息。
3. 在第 XI/20 号决定的第 16(b)段，缔约方大会请执行秘书在考虑到性别因素的情况下，并借助 UNEP/CBD/SBSTTA/16/INF/30 号文件所载关于土著和地方社区意见和经验的概览，对缔约方、其他政府、土著和地方社区以及其他利益攸关方关于地球工程对生物多样性潜在影响以及相关的社会、经济和文化影响的进一步意见作一概述。下文第二节概述了所收到的进一步意见。
4. 2012 年秘书处发表了生物多样性公约的第 66 号技术系列：《地球工程与生物多样性公约：技术与监管事项》。<sup>1</sup> 该出版物包括两项研究，一是关于与气候相关的地球工程对生物多样性的影响，二是关于与公约相关的与气候相关的地球工程管制框架。这些研究是根据第 X/33 号决定第 9(l)和(m)段编制，为科咨机构第十六次会议审议这一问题、也为第 XI/20 号决定提供了参考依据。
5. 在第 XI/20 号决定的第 16(a)段，缔约方大会请执行秘书在资金允许的情况下，在适当的时间，借助政府间气候变化专门委员会的第五次评估报告等所有相关报告和环境管

\* UNEP/CBD/SBSTTA/19/1。

<sup>1</sup> <http://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-66-en.pdf>。

理小组下的讨论，编制、提供其同行审议报告并提交科学、技术和工艺咨询附属机构未来的一次会议审议关于地球工程技术对生物多样性的潜在影响和关于《生物多样性公约》的与气候相关的地球工程管理框架最新情况。

6. 2014年6月，科咨机构第十八次会议上公布了关于地球工程技术对生物多样性的潜在影响和关于《生物多样性公约》的与气候相关的地球工程监管框架的中期最新情况（UNEP/CBD/SBSTTA/18/INF/5）。政府间气候变化专门委员会第五份评估报告的综合报告现已发表，缔约方大会所要求的最新情况也已编制，供科咨机构第十九次会议审议。综合报告是在2015年8月缔约方和专家做过审查后定稿。“关于与《生物多样性公约》相关的气候地球工程的最新情况”载于UNEP/CBD/SBSTTA/19/INF/2号文件，其概要载于本说明的第三节。

7. 第四节是拟提出的建议。

#### 一. 关于根据第 X/33 号决定第 8(W)段所采取措施的信息

8. 在第 XI/20 号决定中，缔约方大会邀请各缔约方报告根据第 X/33 号决定第 8(w)段所采取的各项措施，该决定中载有以下指导：

“按照和符合关于海洋肥沃化和生物多样性及气候变化的第 IX/16 C 号决定，在地球工程活动还没有科学依据的、全球性的、透明和有效管制和监管机制的情况下，依照预先防范办法和《公约》的第 14 条，在获得足以支持这种活动的充分科学依据，和适当地考虑到对环境和生物多样性以及相关的社会、经济和文化影响之前，不得从事影响到生物多样性的与气候的地球工程活动。但小规模的科学研究的除外，而这些研究将依照公约第 3 条在受控的环境中进行，并且这些研究具备收集科学数据的合理理由并对环境可能产生的影响受到事前充分评估。”

9. 因此，执行秘书于 2013 年 11 月 12 日散发了第一份通知（2013-102）<sup>2</sup>，于 2015 年 2 月 12 日散发了第二份通知（2015-015）<sup>3</sup>，邀请各缔约方提交关于其根据第 X/33 号决定第 8(w)段所采取的任何措施的信息。秘书处提供了 3 个缔约方（爱沙尼亚、大不列颠及北爱尔兰联合王国和法国）2013 年提交的信息的概述，供科咨机构第十八次会议审议（见 UNEP/CBD/SBSTTA/18/13）。根据 2015 年印发的第二份通知，4 的缔约方（大不列颠及北爱尔兰联合王国、法国、加拿大和多民族玻利维亚国）提交了信息。所提交文件的汇编可查阅：<http://www.cbd.int/climate/geoengineering/>。

10. 根据第一份通知，爱沙尼亚通知秘书处，提交文件时爱沙尼亚尚未根据第 X/33 号决定第 8(w)段作过大规模的科学研究的。任何可能具有重大环境影响的地球工程项目都需要遵守爱沙尼亚《国家环境影响评估法》中的规则。

11. 在其提交的第一份文件中，大不列颠及北爱尔兰联合王国（联合王国）提供了以下信息：(a) 联合王国地球工程建议的监管框架；(b) 联合王国就地球工程采取的行动；以及 (c) 联合王国研究理事会提交的补充信息，包括有助于了解与气候相关的地球工程的最近

<sup>2</sup> <https://www.cbd.int/doc/notifications/2013/ntf-2013-102-geoeng-en.pdf>.

<sup>3</sup> <https://www.cbd.int/doc/notifications/2015/ntf-2015-016-cc-geoeng-en.pdf>.

和现行联合国研究项目清单。<sup>4</sup>根据第二份通知，联合王国确认，2013 年提交的文件继续代表其立场。

12. 根据第一份通知，法国提交了由其生物多样性研究基金会（Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité）编写的说明。根据该基金会所召集的科学专家组的说法，截至 2014 年 1 月，法国没有开展过小型科学研究。关于海洋酸化问题（主要由铁造成），第一份通知时，法国未进行过以地球工程为目标的项目。但大约十年前，法国曾经开展过了解将铁酸化与海洋中二氧化碳生物泵联系起来的研究。这些研究所使用的是酸化的天然类似物，例如被铁自然肥化的地区（例如 KEOPs 项目）。其他研究包括一项关于环境工程的问题和方法的报告以及模拟研究。

13. 根据第二份通知，法国重新提交了生物多样性研究基金会编写的说明，此外，法国还介绍了由一科学家联合会编写的关于地球工程问题和技术的考虑的题为“*Réflexion systémique sur les enjeux et méthodes de la géo-ingénierie de l’environnement*”的报告的信息。<sup>5</sup>该报告探讨了不同的地球工程技术，讨论了所涉社会问题等有关问题。

14. 加拿大在提交的文件中表示，加拿大在参与相关国际论坛时，是支持相互兼容的决定的，例如，《伦敦议定书》的修正就是为了通过建立合法科学研究的许可制度，进一步对海洋酸化作出规范，同时建立规范未来进行其他类型海洋地球工程的机制。加拿大还报告称，加拿大正在同世界气候研究方案的地球工程模式比较项目（GeoMIP）进行协作。

15. 在其提交的文件中，多民族玻利维亚国重申了该国在接受政府间气候变化专门委员会（气候专委会）第五份评估报告中的缓解气候变化第二工作组决策者摘要的最终文本保留意见时表明立场，强调气候专委会所提议的促进缓解行动的工艺，主要是通过借助基于二氧化碳清除（CDR）工艺的地球工程，特别是利用了生物技术和转基因作物，同时指出，这些技术违反了地球母亲的权利，特别是违反了地球母亲自然适应气候变化的权利，对当地和土著人民的生计和基本权利具有重要影响。玻利维亚认为，不应使用地球工程工艺，并提供了有关展示地球工程潜在影响的研究报告的参考资料。<sup>6</sup>

## 二. 缔约方、其他各国政府、土著和地方社区以及其他利益攸关方关于地球工程对生物多样性的潜在影响以及相关社会、经济和文化影响的进一步意见

16. 在第 XI/20 号决定的第 16(b)段，缔约方大会请执行秘书在考虑到性别因素的情况下，并借助 UNEP/CBD/SBSTTA/16/INF/30 号文件所载关于土著和地方社区的意见和经验的概览，编制一份有关各缔约方、其他政府、土著和地方社区以及其他利益攸关方关于地球工程对生物多样性潜在影响以及相关的社会、经济和文化影响的进一步意见的概览。

---

<sup>4</sup> 详见：UNEP/CBD/SBSTTA/18/13。

<sup>5</sup> “*Réflexion systémique sur les enjeux et méthodes de la géo-ingénierie de l’environnement*”，可查阅：<http://arp-reagir.fr>。编写最新情况时对报告进行过审查。

<sup>6</sup> Tilmes 等（2013 年）；Ferraro 等（2014 年）。2015 年最新情况中对这些文件作了审查，其中提供了全面的参考资料。

17. 根据这一要求，执行秘书在通知（2015-015）<sup>3</sup>中邀请各缔约方提供关于地球工程对生物多样性的潜在影响以及相关社会、经济和文化影响的进一步意见。
18. 根据该通知，加拿大确认了气候专委会第五份评估报告的综合报告中所提供的关于地球工程的潜在影响的信息，例如，关于地球工程技术的副作用和潜在影响的评估，包括二氧化碳清除（CDR）和太阳能辐射管理（SRM）。
19. 加拿大在其提交的文件中还提及 2012 年英属哥伦比亚 Haida Gwaii 附近发生的 3 起铁质肥化事件。文件概述了这些事件影响的结论。加拿大称，铁质肥化事件对于碳循环和生态系统的反应、特别是对高营养层级的全面影响还有待弄清。文件还指出，铁质肥化事件并没有得到加拿大政府的授权，目前正在接受调查。
20. 多民族玻利维亚国在其文件中指出，亚马逊地区、安第斯地区和高纬度生态系统内生活的土著人民和地方社区受到气候变化对生计、自然资源的获取的不利影响以及社会经济和文化结构改变的直接影响，增加了贫富之间的差距。
21. 多民族玻利维亚国称，技术必须用于改善生活和为发展提供均衡和与地球母亲和谐相处的福利。

### 三. 与《生物多样性公约》相关的气候地球工程最新情况概览

#### 导言

22. 2012 年，生物多样性公约秘书处发表了第 66 号技术系列：《地球工程与生物多样性公约：技术与监管事项》（“2012 年研究报告”），内含两项研究报告<sup>7</sup>：一是关于与气候相关的地球工程对生物多样性的影响，二是关于与公约相关的与气候相关的地球工程管制框架。这些研究报告是根据第 X/33 号决定第 9(l)和(m)段编制，为科学、技术和工艺咨询附属机构第十六次会议和缔约方大会第十一届会议审议这一问题提供了参考依据。
23. 《2015 年最新情况》的主要作用是就地球工程技术对生物多样性的潜在影响提供最新情况，同时说明管制的发展情况。<sup>8</sup>向 2014 年的科咨机构第十八次会议提供了临时最新情况。过去三年中，发表了很多有关气候地球工程的科学论文和报告，《2015 年最新情况》中提到了大约 350 份这种出版物。政府间气候变化专门委员会所有三个工作组在专委会的第五份评估报告中述及地球工程，一些其他主要报告也述及地球工程。《2015 年最新情况》已作为 UNEP/CBD/SBSTTA/19/INF/2 号文件印发。本说明提出了《2015 年最新情况》的主要讯息。这些主要讯息补充了《2012 年研究报告》（附件），该项研究报告仍然有效。

---

<sup>7</sup> 生物多样性公约秘书处（2012 年）与生物多样性公约相关地球工程：技术和管制事项，蒙特利尔，第 66 号技术系列，共 152 页。<http://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-66-en.pdf>，包括：第一部分：Williamson, P., Watson, R.T., Mace, G., Artaxo, P., Bodle, R., Galaz, V., Parker, A., Santillo, D., Vivian, C., Cooper, D., Webbe, J., Cung, A. 和 E. Woods（2012 年）。与气候相关的地球工程对生物多样性的影响，以及第二部分：Bodle, R., with Homan, G., Schiele, S.和 E. Tedsen（2012 年）。与生物多样性公约相关的与气候相关的地球工程管制框架。

<sup>8</sup> UNEP/CBD/SBSTTA/18/INF/5。

24. 同原来报告一样，可将与气候相关的地球工程定义为有意干预地球环境，其性质和规模均意在阻止人为气候变化及其影响。在不妨碍《公约》嗣后可能商定的任何定义的情况下，为了《2015 年最新情况》的目的使用了这一定义。“气候地球工程”和“气候干预”可被视为等同于“与气候相关的地球工程”，以下称地球工程。一般而言，与气候相关的地球工程在技术层面分为两大组：(一) 涉及温室气体清除（GGR）的技术（又称“消极排放技术”；大多数现有和拟议技术都归在“二氧化碳清除”（CRD）的术语之下）；以及(二) 称为阳光反射方法的技术（SRM；或“太阳能辐射管理”或“反射率管理”）。此外，还存在其他能够直接增加热耗或在地球系统内将能源再分配的建议技术。该定义的主要特点是干预是有意的，其规模很大，足以能够对温室气体的升温效应起到重大的抵消效应。因此，它们与减少排放的行动不同。但是，一些涉及温室气体消除的技术（例如植树造林、重新造林，管理土壤以增加碳固存的技术），以及结合碳捕获和储存使用生物能源，也被视为缓解气候变化技术。后面提到的技术并非都被所有利益攸关方视为地球工程。无论如何，开展规模很小（例如：地方性植树项目；屋顶刷白）的干预（包括温室气体清除和太阳能辐射管理）通常不被视为地球工程。根据第 X/33 号决定，该定义也不包括从矿物燃料中捕获碳（CCS；例如防止二氧化碳向大气中释放），与此同时承认，其他被视为地球工程的技术也可能使用这一过程的碳储存部分。

25. 评估地球工程对生物多样性的影响不会一帆风顺，面临很多不确定性。相对而言，很少有研究直接涉及“对生物多样性的影响”的问题，或者涉及较广泛的环境影响；相反，自然科学家的努力主要集中在气候（物理-化学）问题或对农业系统的影响上，而社会科学家谈的是监管、框定和道德因素。《2015 年最新情况》同原来的《2012 年研究报告》一样，考虑的是地球工程对生物多样性丧失驱动因素的影响，包括有效的地球工程技术可能导致气候变化驱动因素的减少、其他驱动因素的改变（包括土地用途改变），这些都必然与某些地球工程办法相关联，以及具体技术的其他积极和消极的副作用。因此，对生物多样性造成的后果更多地是从气候效应、土地用途改变或其他间接影响的角度谈起（例如，施肥或抽水）。必须指出的是，从自然生态系统的观点来看，生产力的下降或提高都不可取，但后者有可能在农业系统中带来好处。

### 气候变化

26. 气候变化已经影响到生物多样性，进一步的影响不可避免。各国发生的严重、高速的去碳化，很有可能仅仅通过减少排放便把气候变化控制在 2 摄氏度的限度内。但是，这种机会窗口在迅速失去。即便如此，与升温 2 摄氏度相关的气候变化将给生物多样性带来严重影响。根据当前的趋势，排放量大体上与 8.0 的典型浓度途径（RCP）（气候专委会第五份评估报告中所使用的主要 4 中情景中的最严重的情景）相符，这将导致生物多样性极大数量的丧失。气候变化框架公约缔约方当前所作承诺将大幅减少气候变化及其影响（可能降至 6 的典型浓度途径和 4.5 的典型浓度途径），但仍不足以是升温保持在 2 摄氏度之内。地球工程技术如果可靠而有效，预期会减少气候变化对生物多样性的影响。但是，一些技术可能通过土地用途改变等其他驱动因素而导致生物多样性的丧失。

### 二氧化碳清除（温室气体清除）

27. 2100 年前未来气候变化的情景，有可能将全球平均气候升高保持在高于工业化之前气温 2 摄氏度的限度内，这种情景极大程度上依靠二氧化碳清除技术和减排，在本世纪的下半叶实现包括净负排放的途径。然而，遂行这种规模的二氧化碳清除的潜力还非常不确定。实施 2050-2100 年期间气候专委会第五份评估报告所报告情景所设想的二氧化碳清除，会允许在 2050 年之前出现更多人为温室气体排放，延长了矿物燃料的使用期限，有可能降低淘汰这种燃料的成本。对于 2.6 的典型浓度途径来说，气候专委会第五份评估报告中大约 90% 的途径假定将实施二氧化碳清除技术。包括碳捕获和储存的生物能源（BECCS）和（或）植树造林/重新造林（AR）被视为能够提供此种净负排放的经济上最可靠的途径。包括碳捕获和储存的生物能源和植树造林/重新造林的土地和水用途要求是限制性因素，但是，现有的模型尚未考虑到这些要求及其影响。对于包括碳捕获和储存的生物能源来说，二氧化碳储存能力也可能具有限制性。

28. 消除一定数量的温室气体，不应能够完全抵消先前的“超量”排放。2.6 的典型浓度途径情景中的超排情况的发生，要求当前的排放必须通过未来的“负排放”予以抵消。有人提出假定，认为可以在所需要的规模上实现二氧化碳清除，而且采取这种行动本身不会有重大的不可取的后果；这种假定看来并不可靠。特别是，并非所有“超量排放”的气候和环境后果都能通过未来的二氧化碳清除直接抵消。增加以及后来减少某一数量的二氧化碳的净效应，如果在这种加减过程之间没有大的时间差，那么，其结果只能为零；大约 50 年的延宕能给生物多样性和地球系统造成重大的、可能无法逆转的后果。为此，评价二氧化碳清除技术的潜在作用，应该集中于其是否能够有效帮助在少于大多数现行情景所设想的时间内将净排放减至零，从而补充严格的减排。

29. 大规模实施包括碳捕获和储存的生物能源，有可能通过土地用途的改变而给生物多样性带来重大的消极影响。如果根据大多数 2.6 的典型浓度途径所假定的规模来实施包括碳捕获和储存的生物能源，那么，将需要大量的土地（数亿公顷）、水（有可能使农业水需要翻一番）和化肥来维持生物能源作物。限制灌溉以减少所用水量，或不替代养分，将会增加土地的要求。即便根据乐观的情景，通过放弃农地也只能完成不到一半的负排放。最核心的 2.6 的典型浓度途径情景所设想的土地用途改变将导致丧失大量的陆地生物多样性。

30. 包括重新造林和适当植树造林的生态系统恢复能够推动清除二氧化碳和提供重大的生物多样性共同惠益。但是，这些活动本身清除碳的规模仍然达不到最新情景中所要求的规模。避免毁林，避免其他高碳自然植被的丧失，能够比恢复或植树造林更有效地推动气候缓解，具有更多的生物多样性共同惠益。对目前属于非森林当地植被的生态系统进行植树造林，有可能导致这种生境所独有的生物多样性的丧失，从生态观点来看应予避免。<sup>9</sup> 此外，氮肥中的二氧化氮所产生的温室效应有可能超过二氧化碳的好处；北非针叶

---

<sup>9</sup> 《气候变化框架公约》下的术语“植树造林”指的是至少 50 年内未种植树木的土地上种植树木。因此，这一术语可能包括以往林地上的重新植树以及非森林原生植被区内的生态系统的植树造林。

林地和沙漠地带的植树造林有可能通过反射率效应加强全球变暖；未来的气候变化可能增加林火、虫害和疾病以及极端天气事件的频率，从而破坏森林碳汇。

31. **某些情况下，生物碳有可能有助于二氧化碳清除，农业土壤所使用的技术有可能带来生产力的共同惠益。**对土壤施用生物碳（木炭），有可能给土壤生物多样性和生产力带来积极或消极的影响，但积极影响的证据更多一些，特别是在酸性土壤上。此外，对土壤施用生物碳也有可能减少土壤碳排放。当前正在确立数量方面了解影响生物碳固存的固存因素。但是，在淘汰煤和其他高排放矿物燃料的用途之前，将木炭用作燃料的替代做法具有较大的气候缓解潜力。需要对不同生物碳进程和产品的惠益、共同惠益和充分进行评估，以便全面评价这一技术的潜力。当前情景所设想的是从作物残留物和粮食废物中生产生物碳。但是，大规模实施这种技术将对用土地、水和化肥生产所需生物质产生重大的直接和间接的影响。

32. **直接空气捕获（DAC）、加强风化和海洋酸化等替代性负排放技术是否可行，尚未得到证明。**《2012年研究报告》以来开展了重大的研究工作，但结论基本上依然如故。虽然比《2012年研究报告》中报告的低很多，但二氧化碳的直接空气捕获的可能成本和能源要求仍然非常高。由于可能存在进一步降低成本的可能，因此，需要关注关于二氧化碳直接空气捕获以及甲烷的更多研究。陆地或海洋上加强风化对于负排放的可能贡献仍不清晰，但后勤因素看来有可能限制大规模的实施。本地海洋应用可能有效地减缓和减少海洋肥化，从而给海洋生物多样性带来好处，但可能存在负面效应，如来自沉积的影响。通过刺激开阔洋里浮游植物的生长和通过增添养分（“海洋肥化”）或改变涌升，提高海洋的生产力，只可能固存较少的二氧化碳，大规模实施方面的环境风险和不确定性仍然很高。

33. **从大气中捕获的二氧化碳（或其他温室气体）必须通过某种形式加以储存。备选办法包括植被、土壤、木炭或地质构造中的二氧化碳。**植被、土壤和木炭表现出不同程度的永久性（非永久性）。最近，对与地质构造中的安全碳储存进行了检查，预期这种储存最大可能是在海底以下。海洋泄露的主要影响是本地的海洋肥化，有实验研究表明（至少对于释放速度较慢的而言），环境影响相对限于局部地区。关于海洋肥化的很多文献，包括在自然二氧化碳释放区观察到的生物多样性变化，在这方面都有关联行。但是，相对少的高二氧化碳对海洋生物体的影响的研究，涵盖了泄露情况下可能出现的全面价值。其他海洋储存形式被视为具有无法接受的风险，而且不被《伦敦公约》/《伦敦议定书》所允许。

#### *阳光反射方法/太阳能辐射管理*

34. **近期的研究和评估证实，太阳能辐射管理技术在理论上说有可能减缓、阻止或扭转全球气温升高。因此，如果这些技术能够有效，就有可能减少升温给生物多样性带来的影响，但是，关于太阳能辐射管理技术还存在很多不确定性，有可能给生物多样性带来重大的新风险。**建模工作不断显示，地球平均气温的降低（或防止进一步升高）以及某种程度上相关降雨量的改变，都存在可能性，但都不会使未来气候条件恢复到当前状况。气温和降雨效应的区域性分布情况，也不同于各种太阳能辐射管理技术；这方面进行了模拟，但仍有很多不确定性。即便平均而言，采取太阳能辐射管理技术给区域性气候造



成的干扰也低于没有太阳能辐射管理技术情况下的气候变化来得大，这方面仍不确定：一些区域可能获益，而其他区域有可能遭受更大损失，可能给治理带来复杂的影响。大多数模型都没有对给生物多样性造成的影响进行审查。但如果开始采用太阳能辐射管理技术，而嗣后又突然停止，终止效应（涉及非常快速的气候变化）便有可能导致严重的生物多样性丧失。在‘和缓的’太阳能辐射管理技术之外使用二氧化碳清除，可能减少此种风险，现在较多强调的是关于这两种办法的可能的互补性的科学文献。

35. **模型表明太阳能辐射管理技术有可能减缓北极海冰损失的速度。但是，不可能通过太阳能辐射管理技术做到防止北极海冰的丧失，而又不给其他地方造成无法接受的气候影响。**模型显示，即使在全球实施太阳能辐射管理技术的规模能够是全球平均气温恢复到工业化之前的水平，北极海冰的丧失还会继续，但速度会有所减慢。有可能通过当地强力推行的太阳能辐射管理技术（利用不对称应用平流层气雾剂）来防止北极海冰的进一步丧失，但是，这会因大气和海洋回流的重大改变而相应带来极其不利的影晌。卷云变薄从理论上说有可能破坏北极海冰的稳定，但对这种技术的看法仍不确定。

36. **太阳能辐射管理技术有可能削弱气温造成的白化而给珊瑚礁带来好处，但在高二氧化碳的条件下，也可能间接地增加海洋酸化的影响。**尽管区域分布存在不确定性，采用太阳能辐射管理技术后导致的全球平均气温的下降，有可能减少未来暖水珊瑚白化的发生（与 RCP 4.5 的典型浓度途径或 6.0 的典型浓度途径条件相比）。海洋酸化、气温和对珊瑚（或其他海洋有机物）的影响之间的互动十分复杂，很大程度上将取决于采取措施减少大气二氧化碳增加的辅助措施的规模。如果通过太阳能辐射管理技术阻止了升温，生物地球化学反馈所产生的辅助二氧化碳排放就会减少；但是，相对的降温将会降低碳酸盐饱和度，如果不去限制二氧化碳的排放，这种情况就会降低钙化程度，甚至溶解现有的（冷水珊瑚的）结构。

37. **使用硫化气雾剂实施太阳能辐射管理技术将带来大气层臭氧丧失的风险；还会有大气层气雾剂喷射（SAI）涉及的更普遍的副作用。**尽管如果使用替代性气雾剂有可能避免臭氧层消耗效应，但这方面的稳定性和安全性尚未做过演示。如有效，各种大气层气雾剂喷射技术就会改变抵达地球表明阳光的质量和数量；预期这对于生产力的净效应会很小，但可能对生物多样性（群落结构和构成）有影响。

38. **海洋云层增亮的气候效应取决于对微观物理和云彩行为所作的假设。**很多相关的问题仍然非常不确定。区域规模应用的潜力现已确定；其环境影响包括盐对陆地植被的破坏，对这些影响还没有进行过详细调查。

39. **陆地和海洋表明反射率的大幅改变看起来并不可行，成本效益也不好。**不可能在足以影响气候的规模上改变作物的反射率。在较大面积上改变草地或沙漠的反射率，可能需要大量的资源，同时亦破坏生物多样性和生态系统，并有可能造成区域范围内的气温和降雨量的巨大波动。海洋反射率（通过长效泡沫实现）的改变理论上可产生气候效应，但同时会带来很多地球物理化学和环境损害，有可能产生无法接受的生态和社会经济影响。



### 旨在增加热耗的技术

40. 卷云变薄可能具有阻碍气候变化的潜力，但这一技术的可行性和潜在影响并未受到注意。这一技术会让更多的热量（长波辐射）脱离地球，太阳能辐射管理（其目的是反射射入地球的短波能源）则不然。

### 社会-经济和文化因素

41. 近来的社会科学文献集中讨论的是同大气太阳能辐射管理相关的框定、治理和道德问题。研究还涵盖了国际关系、国内法和国际法以及经济学，大多数文件由美欧撰稿人编写。虽然关于生物燃料极其对粮食安全的讨论某种程度上已触及到大规模陆上二氧化碳清除技术的社会经济学，但在二氧化碳清除技术（例如包括碳捕获和储存的生物能源）的商业可行性、在涉及碳交易和税收激励的相关体制框架以及对于环境影响（就生态系统服务而又）和对土著人民和地方社区的影响等方面，还有很大的差距。就太阳能辐射管理而言，考虑过很多不同的框架，基于‘气候紧急情况’或‘临界点’的框架受到特别的关注和批评。实行多学科和跨学科气候地球工程方案的趋势日渐增强，在社会科学家的帮助下，开始提出了较综合性的分析。

42. 公众在接受调查时对于地球工程的接受程度普遍较低，特别是对太阳能辐射管理的接受程度。但是，很多国家的研究发现，人们对于二氧化碳清除和太阳能辐射管理技术普遍持认可的态度，但条件是必须展示这种研究安全可靠。

### 管制框架

43. 《伦敦议定书》缔约国已通过对《伦敦议定书》进行修正，以便对海洋肥化物质的存放和其他海洋地球工程活动作出规范。这涉及到国际海事组织所管理的《1972年防止倾倒废物及其他物质污染海洋的公约》的《1996年议定书》。2013年通过该修正，目的是让其他海洋地球工程活动受到考虑，并在未来如果属于《议定书》的范畴并有可能危害海洋环境时，被列入一项新的附件中。该项修正将于《伦敦议定书》三分之二缔约国批准后生效。一旦生效后，该修正将加强海洋肥化活动的管制框架，为今后规范其他海洋地球工程活动提供一种框架。生物多样性公约缔约方大会在其第XII/20号决定中注意到第LP.4(8)号决定，并邀请《伦敦议定书》的缔约方批准该修正，同时邀请其他国家政府酌情根据该修正采取适当措施。

44. 《奥斯巴公约》2007年修正允许在东北大西洋海底以下地理构造中储存二氧化碳，该项修正已于2011年7月生效，目前已对16个《奥斯巴公约》缔约方中的11个缔约方生效。

45. 正如原报告中指出的，那些有可能造成重大跨界不利影响以及业已部署在国家管辖范围以外和大气中的地球工程技术，有可能最需要全球性、透明和有效的基于科学的控制和监管机制。这些机制将包括广义的与气候相关的地球工程（上文第24段）中包括的一类技术。如上文所述，很多基于海洋的潜在地球工程办法已包括在《伦敦公约》和《伦敦议定书》中。但是，气候专委会第五份评估报告很多情景中所建议的大规模包括碳捕获和储存的生物能源和植树造林，有可能在国际层面上提出涉及相关土地用途和土地用

途改变的新的规范问题。迄今为止，国际监管框架或文献还没有具体谈论到这种大规模包括碳捕获和储存的生物能源在潜在国际治理影响。

46. **没有太阳能辐射管理的监管框架仍是一重大差距。**关于太阳能辐射管理，气候专委会第五份评估报告指出，“治理影响……尤其具有挑战性”，特别是在可能的单方面行动的政治影响方面。各种风险的空间和时间重新分配，提出了有关人与人之间和代际之间的公平的更多问题，<sup>10</sup> 这将影响到国际监管和控制机制的设计。太阳能辐射管理所提出的道德和政治问题，需要公众的参与和国际合作，才能妥善得到解决。其他涉及改变大气环境的办法包括（包括朵云变薄），也没有涉及到。

47. **一个一再出现的问题是，监管框架应该如何以及怎样才能解决研究活动（不同于潜在的实施）。**然而，一旦过了建模和实验室阶段，便难于为了管制的目的而对研究和发展加以区分。有人认为，管理能够为“安全和有益”的研究带来辅佐作用；在这方面，可以看出《伦敦议定书》的“合法科学研究”的概念支持了2013年修正。

48. **这些事态发展并没有改变《2012年研究报告》第二部分主要讯息的有效性，**包括“能够适用于与《公约》有关的现行监管机制并不构成能够满足是全球性、透明和有效的基于科学的整个地球工程框架”，以及“由于海洋肥化试验和地理构造中的二氧化碳储存可能被列为例外，现有的法律和监管框架目前还无法与气候相关地球工程（包括跨界影响）的可能规模和范围相匹配。”

## 结论

49. **生物多样性受一系列改变驱动因素的影响，而这些驱动因素自身将要受到所建议的二氧化碳清除和太阳能辐射管理地球工程技术的影响。**如果有效，地球工程将减少气候变化对生物多样性的全球性影响。但是，就高二氧化碳条件下的太阳能辐射管理的情况来说，在地方层面上却不一定就是如此，原因是气温和降雨效应的分布本身就不可预测。另一方面，通过大规模基于生物质的二氧化碳清除，生物多样性降低气候变化影响的好处有可能被土地用途改变抵消，至少部分被抵消，甚至有可能被超过。因大规模肥化而造成的海洋生产力的改变必然导致海洋生态系统的重大改变，同时也给生物多样性带来风险。一般而言，可能损害生物多样性的技术方面的副作用尚未被人充分了解。

50. **评估气候地球工程的直接和间接影响（或是积极或是消极的影响）不可能直截了当。**这些因素必然带来技术可靠性和有效性方面的不确定性；规模依赖性；同非地球工程条件的复杂比较以及价值判断和道德因素。对于评价气候地球工程技术而言十分重要的技术方面因素包括：有效性、安全和风险；共同惠益；准备程度；治理和道德操守；成本和是否担负得起。这些因素很多都无法切实地加以量化，而‘成本’必须包括市场和非市场价值。在有适当保障措施情况下开展进一步的研究，能够有助于减少其中的若干知识差距和不确定性。

---

<sup>10</sup> 气候专委会第五份评估报告综合报告系列，第89页；第三工作组，第488页。

#### 四. 拟提出的建议

科学、技术和工艺咨询附属机构不妨：

(a) *注意到* 关于与生物多样性公约相关的与气候相关的地球工程的最新报告 (UNEP/CBD/SBSTTA/19/INF/2) 及其主要讯息 (UNEP/CBD/SBSTTA/19/7) ；

(b) *建议* 缔约方大会*注意到* 根据第 X/33 号决定第 8(w)段就其所采取措施提供了信息的缔约方数量很少，并*呼吁*其他缔约方酌情提供此种信息。

## 附件

以下主要讯息来自第 66 号技术系列（生物多样性公约，2012 年）（这里重刊的是原研究报告中以黑体加粗的部分；全文可参阅研究报告的全文）。

### **来自第 66 号技术系列第一部分的主要讯息：与气候相关的地球工程对生物多样性的影响** Williamson 等, 2012 年)

1. 生物多样性、生态系统及其服务对人类福祉极其重要。保护生物多样性和生态系统需要减少致使生物多样性丧失的驱动因素。

#### *拟议的与气候相关的地球工程技术*

2. 在本报告中，与气候相关的地球工程被定义为采取深思熟虑的行动，在性质和规模上，以应对人为气候变化及其影响为目的，干预地球环境。

3. “阳光反射法”又称为太阳辐射管理，目的是通过减少入射及随后对短波太阳辐射的吸收、将少量阳光反射回空间的方式应对全球变暖及相关气候变化。

4. 二氧化碳清除（CDR）技术的宗旨是从大气层中清除二氧化碳，它是一种主要温室气体。

5. 目前没有任何单一地球工程技术满足有效性、安全和经济可承受能力三项基本标准。不同技术处于不同的发展阶段，大多数都处于理论发展阶段，其中有很多技术的有效性值得怀疑。

#### *气候变化和海洋酸化及其对生物多样性的影响*

6. 二氧化碳及其他大气温室气体的持续增加不仅对全球和区域平均气温产生重要影响，而且也对降水、土壤湿度、冰盖动态、海平面上升、海洋酸化以及洪灾、干旱和野火等极端事件的发生频率和烈度产生重要影响。

7. 自从 2000 年以来，人类活动造成的二氧化碳排放量增长速度一直在加快，平均每年增长 3.1%。其他温室气体的排放也在增加。因此，将全球变暖限制为拟议的 2°C 极具挑战性。

8. 即便采取强有力的气候变化减缓政策，进一步的人为气候变化也是不可避免的，原因是地球气候系统的反应滞后。

9. 人类原因导致的气候变化对生物多样性和生态系统服务带来的威胁越来越严重，大大增加了物种灭绝和局部丧失的可能性。

10. 预测气候变化所产生的陆地影响最大的可能是山区和极地生境、受海平面变化影响的沿海地区以及淡水可利用性发生重大变化的地区。

11. 海洋物种和生态系统正在越来越多地受到海洋酸化以及温度变化的影响。

12. 生物圈在气候过程中发挥重要作用，特别是作为碳水循环的一部分。

### *阳光反射法地球工程可能对生物多样性产生的潜在影响*

13. 如果能够在缩小变暖规模方面发挥有效作用，阳光反射法将会减少气候变化对生物多样性产生的若干影响。此种技术也有可能对生物多样性产生其他意想不到的影响。
14. 模型分析以及来自火山喷发的证据表明，对于地球大部分表面而言，通过某种非特定大气阳光反射措施使阳光均匀变暗 1-2%，可以减少在未减缓温室气体排放的情况下未来预期温度变化。
15. 阳光反射法在温室气体的加热作用和因减少阳光所导致的致冷作用之间施加了一种新的动力。
16. 大气中因人类活动引起的二氧化碳的总量不会受到阳光反射法的影响。因此，阳光反射法对海洋酸化及其对海洋生物多样性的相关影响不会产生什么作用，也不会影响大气中二氧化碳浓度增加对陆地生态系统的（积极或积极）影响。
17. 阳光反射法已经采用了一段时间，并且能够在很大程度上减缓由于持续温室气体排放所导致的变暖作用，迅速终止阳光反射法几乎肯定会对生物多样性和生态系统服务产生很大负面影响。
18. 利用硫酸盐颗粒进行平流层气雾剂注射将会影响光线达到生物圈的总量和质量；对大气酸性的影响相对较小；并且也可能会加剧平流层臭氧耗尽。
19. 云层增亮是一种比较局部的阳光反射法建议，可能运用于有限的特定海洋区域。其对气候影响的可预期性目前尚不明确。
20. 改变地表反照率需要在很大的陆地区域（次大陆一级）进行，或者在大面积的全球海洋上进行，只有这样才能对全球气候产生实质性影响，并因此对生态系统产生影响。强大的局部冷却可能会对区域天气模式产生某种破坏性作用。

### *二氧化碳清除法地球工程技术对生物多样性的潜在影响*

21. 根据预期，如有效且可行，二氧化碳清除技术将会降低气候变化对生物多样性的积极影响，而且大多数情况下也会降低海洋酸化对生物多样性的影响。
22. 根据性质、规模以及碳捕获和储存的位置不同，个别二氧化碳清除技术可能会对陆地和（或）海洋生态系统产生意想不到的重要影响。
23. 海洋肥沃化涉及到生物初级生产力提高，并且使浮游植物的群落结构和物种多样性发生相关变化，并且对更广泛的食物网产生影响。
24. 加强风化将会涉及对碳酸盐和硅酸盐岩石的大规模开采和运输，并且会涉及到固体或液体材料在陆地或海上的散布。对陆地和沿海生态系统的影响规模（可能是积极的影响，也可能是积极的影响）将取决于执行的方法和规模。
25. 通过植树造林、重新造林或加强土壤和湿地碳方式进行生态系统碳储存对生物多样性的影响取决于执行的方法和规模。

26. 以碳固存为目的，在足以对气候产生重要影响的规模上进行生物质生产可能会与粮食及其他作物争夺土地，也可能会涉及大规模改变土地用途，从而对生物多样性以及温室气体排放产生影响，可能部分抵消（或甚至超出）以生物质形式固存的碳量。
27. 目前对在不同类型的土壤中以及在不同的环境条件下长期储存生物碳（木炭）的影响尚未充分了解。
28. 据预期，在海洋中储存陆地生物质（例如，作物残渣）会对生物多样性产生负作用。
29. 以化学方式从周围空气中捕获二氧化碳需要消耗大量能源。有些拟议过程可能还会需要大量淡水，并且可能会因为加工吸附剂而产生化学污染；要不然，它们对生物多样性的直接影响相对较小。
30. 在海洋中储存二氧化碳必然会改变局部化学环境，很有可能产生生物效应。
31. 如果地点选得的好，储存在海底以下地质水库中的二氧化碳的泄漏不太可能发生，虽然如此，这么做可能也会对局部深海底动物群落产生生物多样性影响。

#### *与气候相关的地球工程的社会、经济、文化和伦理因素*

32. 对地球一种作为一种潜在选项的考虑提出了很多社会经济、文化和伦理问题，不管具体的地球工程做法是什么。
33. 人类是改变地球环境的主要力量。
34. 有人认为，地球工程的“道德风险”是一种技术倒退，可能会减少为缓解气候变化所做出的努力。
35. 除了限制不想要的气候变化影响之外，大规模运用地球工程技术几乎肯定会涉及到意想不到的副作用，并且会加剧社会政治紧张关系。
36. 另一个问题是出现技术、政治和社会“锁定”的可能性。
37. 地球工程引起很多与社会内部及内部之间以及不同时间点的资源和影响分布有关的问题。
38. 在地球工程实验或干预措施可能对国家管辖以外区域产生跨界效应或影响的情况下，可能会导致地缘政治紧张。

#### *综合*

39. 如果可行且有效，采用地球工程技术可能会缩小气候变化及其对生物多样性影响的规模。同时，大多数地球工程技术都有可能对生物多样性带来意想不到的影响，特别是在规模很大从而对气候产生重要影响时，而且风险和不确定性都很大。
40. 对很多领域的认识依然非常有限。
41. 利益攸关方对地球工程概念、技术及其可能对生物多样性产生的潜在积极和消极影响的了解很有限。

**来自第66号技术系列第二部分的主要讯息：关于《生物多样性公约》的与气候相关的地球工程的监管框架 (Bodle 等, 2012 年)**

42. 生物多样性公约缔约方大会，考虑到可能需要有以科学为基础的全球、透明和有效的控制和管制机制，请求执行秘书进行一项在与气候相关的地球工程方面涉及生物多样性公约方面的现有机制所存在差距的研究。

43. “与气候相关的地球工程”是概括性的术语，包含若干不同地球工程概念、技术或工艺。

44. 需要有以科学为基础的全球、透明和有效的控制和管制机制可能与那些有可能产生重要不利跨界影响以及用于超出国家管辖区域以及大气层中的地球工程概念的关系最为密切。

45. 现有监管框架包括国际法和特定国际条约的一般习惯规则。

*习惯国际法的一般规则*

46. 国家责任描述了一个国家对其错误行为或过失以及所导致的法律后果负有责任的一般情形所适用的各种规则。

47. 所有国家都确保其管辖或控制区域内的各项活动尊重其他国家或超出其管辖或控制范围的区域的环境。

48. 各国有责任对可能产生重大跨界不利影响（特别是对共有资源）的活动开展环境影响评估。

49. 虽然预防性原则或做法具有重要意义，但其在习惯国际法中的法律地位和内容尚未明确确定，而且其对应用地球工程的影响尚不明确。

50. 其他相关的一般性概念包括可持续发展、共同但有区别责任、涉及在保护本国管辖范围以外区域及共有资源的国际权益的概念以及生物多样性等共同关心的问题。

*具体条约制度和机构*

51. 《生物多样性公约》通过了一项关于地球工程的决定，其中涉及到可能影响生物多样性的所有技术。

52. 《联合国海洋法公约》（《海洋法公约》）列出了开展包括相关地球工程活动在内在所有海洋和海上活动必须遵守的法律框架。

53. 《伦敦公约》和《伦敦议定书》（《伦敦公约》及其《议定书》）提供了有关海洋肥沃化以及碳储存的详细指导，并且正在考虑更广泛地应用于其任务之内的其他海洋地球工程活动。在《伦敦议定书》中，不允许在水柱或海底处理二氧化碳。

54. 《气候公约》和《京都议定书》未同样涉及到地球工程概念或及治理问题。



55. 除其他外，《保护臭氧层维也纳公约》还要求各缔约方采取措施，保护人类健康和环境免受因改变或可能改变臭氧层的人类活动而导致的不利影响。《蒙特利尔议定书》要求各缔约方逐步淘汰某些消耗臭氧层物质。
56. 如果被用作一种战争手段，《禁止为军事或任何其他敌对目的使用改变环境技术公约》（《改变环境技术公约》）将只直接适用于地球工程。
57. 在外层空间部署反射或阻挡太阳辐射的遮阳板或镜子将属于《空间法》的管辖范围。
58. 《保护东北大西洋海洋环境公约》禁止在水柱或在海底储存二氧化碳，并且已经制定在海底地下地层储存二氧化碳的准则和指南。
59. 《远距离越境空气污染公约》可能与向大气层注入硫磺或其他物质的气雾剂注射等地球工程概念相关。
60. 如果某个特殊地球工程活动侵犯了特定人权，则适用于人权法。
61. 联合国大会、联合国环境规划署（环境规划署）、世界气象组织（气象组织）和联合国教科文组织的政府间海洋学委员会（海委会）都与地球工程治理有关。
62. 因为与运用已经了解其影响或风险的技术明显不同，所以除了某些领域内的特殊规则之外，国际法普遍未涉及具体研究。

#### *当前在监管框架方面存在的差距*

63. 可以适用于与《生物多样性公约》相关的与气候相关的地球工程的当前监管机制并未构成符合以科学为基础的全球、透明和有效框架之标准的整个地球工程的框架。
64. 避免跨界伤害的责任以及需要开展环境影响评估（EIA）等一些国际法一般原则与国家责任规则一起提供了一些与地球工程有关的指导。
65. 有些地球工程技术受到现有条约制度的监管，而另外一些则被禁止：
- (a) 在《伦敦议定书》中，不允许在水柱或在海底处理二氧化碳。《保护东北大西洋海洋环境公约》也禁止采用这种做法；
  - (b) 海洋肥沃化实验受到《伦敦公约》/《伦敦议定书》关于倾倒废物的条款以及包括风险评估框架在内的补充非约束性指南的监管；和
  - (c) 在地下地质层中储存二氧化碳受到《伦敦公约》/《伦敦议定书》和《保护东北大西洋海洋环境公约》的监管。已经根据《气候公约》之规定，在政府间气候变化专门委员会评估的基础上编写了进一步的指南。（第 6.1 节）
66. 一些其他地球工程技术需要在现有条约制度内履行一般程序义务，但迄今为止，尚未制定适用于这些特殊技术的具体规则：
67. 大部分但并非所有条约都潜在地对可能确定所涉条约是否适用于某种特定地球工程活动的机制、程序或机构的问题做出了规定，并且涉及到此种活动。

68. 缺少对阳光反射法的监管机制是存在的一个主要差距，特别是考虑到平流层气雾剂和加强海上云层反照率等技术可能会产生重大有害跨界效应。

69. 本报告中所讨论的大部分监管机制都是在地球工程成为一个重大问题之前建立的，同样，目前并未明确涉及各种地球工程做法。

---