

审稿人副本



978-2-3798-4166-8



通过设计使未来人性化

重塑未来主题开放期刊

百年特刊

2131年 春季

开放设计协会, 奥斯陆

目录:

04 编者按

09 1.全球能源文化: 实现 22 世纪的彻底本土化及以后

作者: *Irja Aoki, Parve Zenlin & Manuela Cadogan*

1. 生活在偷来的时间中: 气候危机悖论
 - 1.1 悬于时空之上的气候危机
 - 1.2 化石燃料国之罪
 - 1.3 能源结构的绿色转变
2. 化石燃料废止和气候赔偿
 - 2.1 重获生机的社会
 - 2.2 对社会有用的能源生产 (2045-2076)
 - 2.2.1 气候基础设施和市政微电网
 - 2.2.2 碳封存社区
 - 2.2.3 培育有机电池
 - 2.2.4 3D光学太阳能电池
 - 2.3 本土能源文化的出现: 马西西人 (2076 年起)
 - 2.3.1 马西西能量仪式
 - 2.3.2 本土 Hi-TEK 在生物有机能量方面的发展

3. 讨论

参考文献

37 2. 走向陆地: 气候恢复区, 共生制造和生态系统再生

作者: *!Kweiten-ta-!kwain & Lai Sinn Mei*

1. 毁坏生命
 - 1.1 生物灭绝: 生物多样性和生态系统服务
 - 1.2 恩将仇报
 - 1.3 土地归还: 条约破裂和原住民消失
 - 1.4 合法性危机
2. 再生生命: 为全球气候行动恢复社会自由
 - 2.1 重新思考行星经济学
 - 2.2 重建社区: 恢复社会生活
 - 2.3 土地去殖民化: 实现本土主权
 - 2.4 长期碳排放: 重建、生物多样性和农业生态学 (2028-2054)
 - 2.4.1 重建气候恢复区(Climate Resilience Zones, CRZ)网络
 - 2.4.2 新蒙巴萨气候恢复区的游击播种者
 - 2.5 变革性恢复力: 泛本土自治区域(2054年起)

- 2.5.1 互利共生主义的出现：一种自我意识的实践
- 2.5.2 气候恢复区 (CRZs) 内的共生制造

3. 讨论

参考文献

69

3. 超越“零件”：铭记蓝色赔偿计划

作者：*Razia Jaladas, Ton Konpa & Maung Saw Chowdhury*

- 1. 蓝色星球上的生命：从持续丰富到突然失调
 - 1.1 冰冻圈动力学
 - 1.2 流体力学
 - 1.3 海洋生物多样性
 - 1.4 淡水纠缠和真正的人力成本
 - 1.5 想象的危机：没有前路，没有退路，没有出路
- 2. 水就是生命：名副其实的赔偿
 - 2.1 3. 技术共享与开放技术问题
 - 2.1.1 生物修复制造技术：生物矿化器
 - 2.1.2 脚踏实地：社区共生冶金的出现
 - 2.1.3 关于造雨器，冰塔和人工冰川
 - 2.2 4. 与淡蓝色圆点结缘
 - 2.2.1 电珊瑚修复计划
 - 2.2.2 孙德尔本斯的黑珊瑚沼泽

3. 讨论

参考文献

107

4. 后记

参考文献

112

5. 技术附录

参考文献

编者按

您正在阅读的是重塑未来主题开放期刊的百年特刊。为了纪念创刊一百周年，编辑团队将重建那些在这个被称为气候恢复的世纪中起重要作用的历史事件，并依此进行实验。2131年春天，位于奥斯陆的重塑未来研究中心举办了百年系列讲座来纪念创刊一百周年这一重要时刻。通过举办邀请讲座的形式，在该纪念活动中形成了一个旨在研究过去一百年里人们采取或停止了哪些有关气候的行动的学科联盟；通过回顾，我们可以了解未来会发生什么，并记住其中所涉及的利益与风险。本刊的作者们进行了令人振奋的演讲；他们互相激发、互相讨论，期间所产生的观点最终汇聚成了本刊物。为了与作者们所提出的观点的复杂性相匹配，我们有必要为了这个百年特刊而偏离传统。尽管本刊一般只发表论文，但考虑到一些学术研究特有的性质，我们须要重新思考本刊的传统，并以此来回应不同的学术产出形式。因此，我们决定在百年特刊中推出三个长格式的章节。当然，依照惯例，本期刊将同时以多个语言发表。您正在阅读的是中文版。

虽然许多研究早期21世纪问题的学者倾向于认为社会变革的必然性是不言而喻的，但事实并非如此。本刊之后的章节重构了当时人们对危机的理解的范围、人们当时已有的知识，以及在理解了所面对的挑战后，人们利用已有知识采取和停止了哪些行动。正如作者们所总结的那样，为了在那个时代构想一个截然不同的社会形象，我们需要完成看似不可能的事以防止不可想象的事情发生。在这些时代建立的人类生活依赖于与自然世界的疏远。就像咬自己尾巴的蛇一样，这些时代的政府趋于做一些自相矛盾的事，并不停地摧毁着他们声称要修复和照顾的东西。即使在政权颠覆的时刻，这样的矛盾仍然被视为是理所当然的，并且几乎会被立即重塑，就好像当时的社会无法想象出别的方式一样——尽管这听上去非常怪异。随着气候阈值被突破，这种被称为“社会想象力钙化”的现象让行星生物圈付出了沉重的代价。

出于上述原因，以及考虑到这些趋势背后的合理性在今天看起来已是那么陌生，本刊的历史重建任务是非常艰巨的。我们现在仍难想象当时的社会竟可以故意忽视对一种处于休眠状态的、几乎不为人所知的自由的可能性的追求。其中一位作者恰当地将这种趋势描述为“文明层面的巨大愚蠢”。尽管困难重重，但那些为了气候恢复和废除化石能源而奋斗的人继续实践了一种具有创造性的、大胆的、对一个不同社会的想象。本刊之后的这些章节还试图阐明我们的祖先经历的一些斗争和他们所忍受的残忍镇压。

因此,人们有时会忘记气候赔偿项目和蓝色赔偿项目其实也是文明运动。在这一时期,随着日常生活被重新人性化,许多基本的自由也逐渐成熟并融入生活文化当中。日常生活中的气候正义是毋庸置疑的:事实证明,增加护理机构和社会自由与气候复原力运动的共生性比当时许多人所承认的要大得多。当我们重新构想作者们所描述的这些“社会自由”的形式时,或许我们需要审视:哪些东西我们现在可能仍在缺失?对世界产生了切实影响的那些社会自由:从气候恢复区到泛本土原始森林;从网络化的市政微电网到放射性景观中出现的能源文化的本土化;从梦想鲁莽造雨者的自由到共生冶金实践的成功;所有这些,全都可以用于黑珊瑚礁的大型珊瑚修复项目。

我们希望读者能够留心本刊中的观点,就像我们精心雕琢它们时那样。

编辑团队

“重塑未来”研究中心

开放设计协会, Oslo



行星的意义建构

插图来自Saphin Alexander

“从来没有能源危机，只有文明危机。”

——Noam Appiah, 来自《Masisi长者写给旧世界的第一封信》(2106)



1.全球能源文化：实现22世纪的彻底本土化及以后

简介

22世纪仍然存在着几个世纪以来遗留的化石燃料开采设施，并忍受着其对地球生态系统的破坏。虽然出现了一时的工业文明，但它几乎同样立即成为对所有生命和自身生存的威胁。本章将探讨这一时期到 22 世纪的技术历史遗产，这可能有助于我们理解祖先当时的全球能源文化，即几个世纪以来从地球和海床中抽取碳以获取“廉价”化石碳氢化合物燃料。尽管文明在此过程中几经崩溃，但22世纪似乎已经显示出一些潜在的复苏迹象。

虽然人们可以在公开的档案记录中探索这一时期的政治、社会经济和生态斗争，但本章将探讨其中的一些观点，以便通过对某些特定的使用可再生能源的人工制品的研究，来更一致地理解具有可再生性的社区复原力的实践能力。虽然一些人工制品，如：装有有机电池的打印机和使用3D打印技术制造的光纤太阳能电池，已经在城市微电网中被投入使用，但我们还将把它们应用于能够充分发挥它们功能的场景中。这些行为很有可能导致在一些特定的地区出现“彻底本土化”的可能，因为这些地区早已从根本上为人们重新设想了更多有关能源生产和消费的共生概念。随着许多应用于气候赔偿的社会文化和生态的途径不断发展，公共生活的技术社会领域的彻底本土化也在稳步推进。有一种可能被首次发现——尽管仍具有不确定性，但全球平均升温可能开始低于2°C。

Irja Aioki

设计理论家，
稻城开放科学研究所

Parve Zenlin

社会人类学家，
斯德哥尔摩开放人类学学会

Manuela Cadogan

气候变化的历史学家
斯德哥尔摩开放人类学学会

关键词：

可再生能源，
气候变化，
化石能源废止
碳不平等
本土化

1. 生活在偷来的时间中：气候危机悖论

不言而喻的是，22世纪的挑战跨越连续的空间和时间，使其区别于之前世纪的挑战。然而，人们还无法得知导致文明本身近乎覆灭的可能原因，却早在一个多世纪以前就预测到，人们在22世纪的大部分时间里仍将在温室地球中挣扎的事实（Steffen等人，2018；Ubumwe，2114）。无论最近观察到的全球能源足迹的减少幅度有多大（Richardson等人，2129），这种转变都伴随着许多动荡，最终形成了可再生能源转型所需的负排放循环。为了试图把握这些变化的出现，人们必须在它们是如何发生的背景下理解它们，也许还要确保人类在“温室”状态之外有一个稳定的生物圈。

1.1 悬于时空之上的气候危机

几十年来，调查这些问题的政府间委员会一致认为：有组织的人类生活需要被彻底改变。他们呼吁禁止排放化石碳，停止“蓄意毁灭整个生态系统”，并敦促政府采取严厉措施恢复和再生生态系统（IPCC，2018；IPBES，2019）。而这些建议被提出多少次，就被社会经济霸权体系无视多少次。民族国家和统治政权打着人类进步的幌子，对无限的经济增长进行着异乎寻常的、非理性的追求。人类文明正在跨越地球上不可逾越的热力学门槛，而实际上引发危机的机制和结构却被认为是解决危机的手段（图1a）。

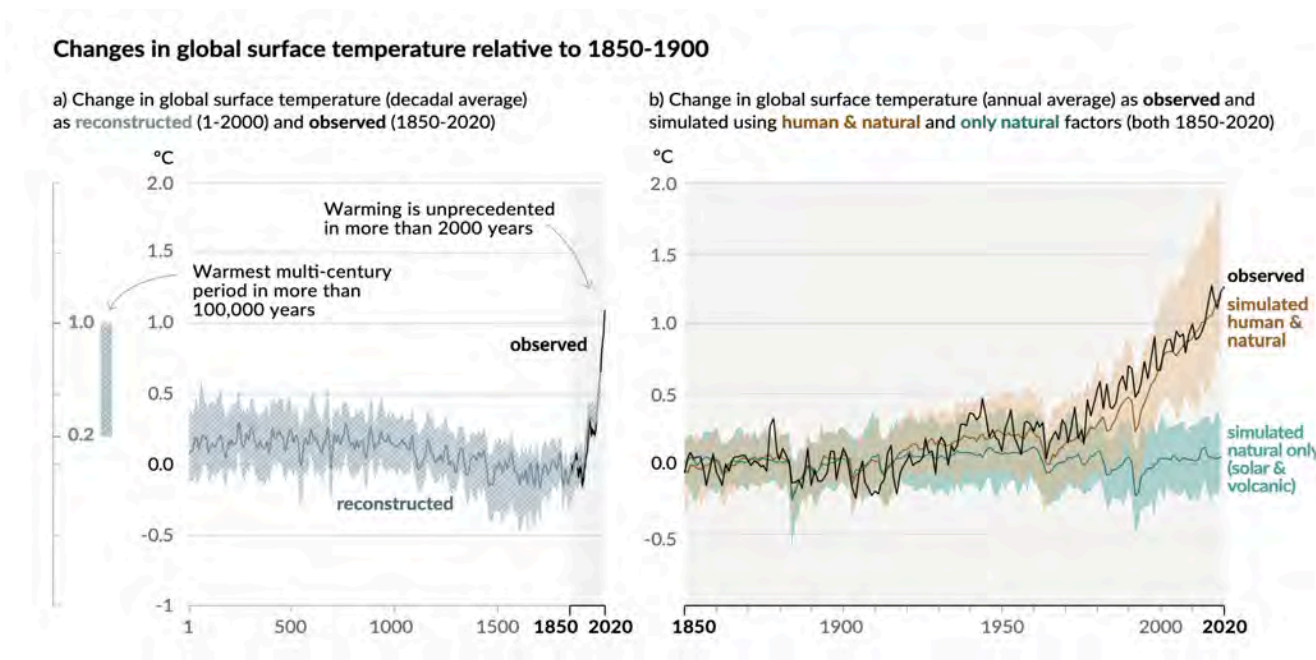


图1 从2020年前后的数据中了解到的全球温度变化和全球变暖的原因 a) 从古气候档案和直接观测中重建的全球地表温度变化；b) 人类和自然因素（棕色）以及仅自然因素（太阳和火山活动，绿色）造成的全球地表温度变化。资料来源：（IPCC，2021）

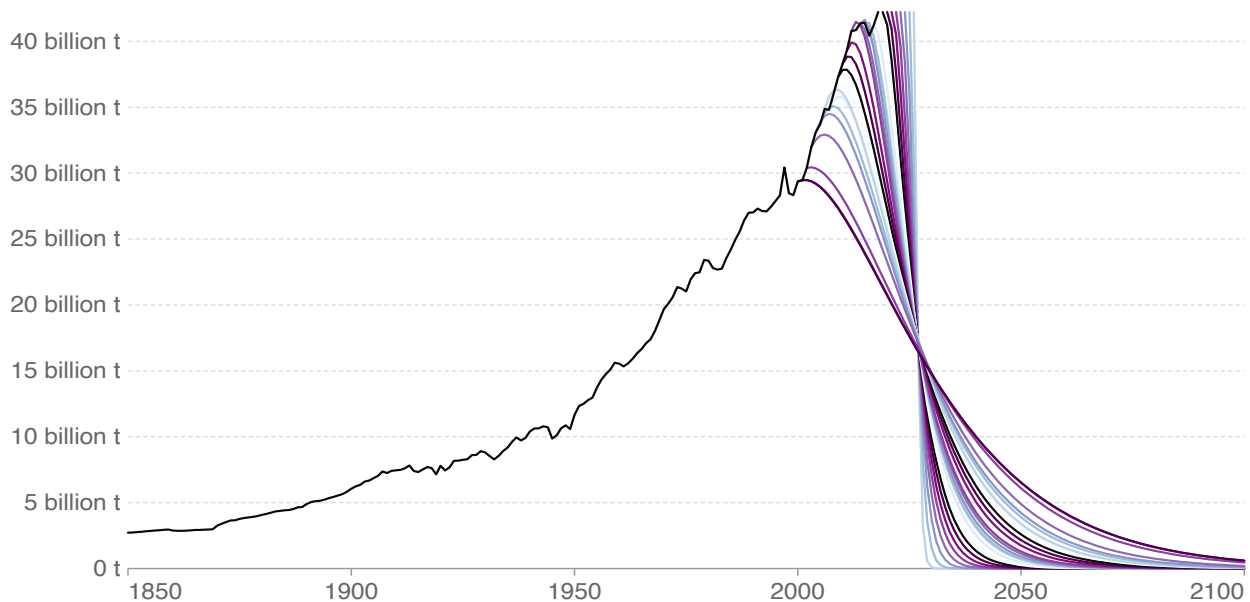


图2 21世纪早期的可再生能源转型的重点是将全球变暖限制在1.5°C，然而全球行动被推迟到最后一刻，错过了一个机会——因为当时并非所有的能源使用都可以电气化，而且在任何这些变化发生之前，时间已经不多。图片来源：《数据中的世界》，2019年

显而易见且不容忽视的是，能源消耗和排放总量呈指数级增长，远远超过前工业时代（图1b）。尽管可再生能源的采用取得了重大进展，但与全球能源系统中现有的化石燃料总使用量相比，它们还是相形见绌（图2）——化石燃料的使用在当时没有停止的迹象。鉴于气候系统的惯性，排放物的变暖效应在大约30年内不会显现。由于这种“碳滞后”，大部分变暖已经被锁定，即使全球排放在一夜之间变为零——如果那时的人们考虑了这些言论，似乎才有变为零的可能（Rauf, 2064）。世界等待采取行动的时间越长，大幅减排的曲线就变得越陡（图2）。在这种情况下，可再生能源无法在“一切照旧”的情况下解决能源系统中长期存在的化石燃料排放问题。除非现有化石燃料基础设施在全球能源组合中的份额大幅缩减（图2）。其次，无论什么样的能源系统对于基本的文明功能来说是必要的，都需要被可再生能源所取代，而取代的时间不到建立能源系统所需时间的一个小部分（图2）。

1.2 化石燃料国之罪

简单来说，在这些经济安排下，“发达”国家的财富依赖于五个多世纪的殖民、后殖民和新殖民政权的遗产。许多社会经济实验成功的衡量标准依赖于衡量经济指标，这些指标代表了将生物圈作为“累积资本统治的燃料和饲料”的贪得无厌的消耗能力。也许与我们的讨论更相关的是，在过去几个世纪，这些采掘积累能力呈指数级增长——这种现象的出现建立在煤炭、原油和天然气等化石燃料商品的“廉价”基础上的（Ubumwe, 2114）。这些丰富的资源和有补贴的开采使它们成为“廉价”能源，随着时间的推移，“发达”国家通过剥削和统治实现了新殖民主义形式的扩张，同时也形成了对

在这种廉价化的推动下, 一个被称为“国民经济”的抽象实体诞生了。在20世纪初, 人们通过这一抽象实体管理剩余战争生产的规划和控制货币分配以避免危机, 并开发了专门的宏观经济指标和工具来衡量这种纯交换价值的经济。现在已经过时的国内生产总值 (GDP) 的指标是衡量当时占主导地位的国家资本主义体系状况的可靠工具之一, 尽管这些指标只是虚构的抽象概念, 但人们还是如此理解 (Maithili & Tenzing, 2106)。

然而, 这些经济模式是否有助于满足一个社会对高质量生活的基本需求是另一回事 (Munda, 2058; Ubumwe, 2114)。在国家之间, 它创造了某些“特权国家”, 其人民生活排放量远远超过了贫穷的“光杆”国家 (Althor等人, 2016; Doon, 2035; 政府间科学政策平台, 2043; 乐施会, 2015)。这些不平等建立在历史上殖民掠夺的非法遗产上, 并以此为由上受到争议 (Hickel, 2018)。接下来的问题是: 哪些社会经济阶层需要改变他们的生活排放方式。一些研究证实, 生活排放方式的责任与一个人在经济体系中的地位相关 (Althor等人, 2016; Chancel & Piketty, 2015; Doon, 2035; Ubumwe, 2114)。在全球化的经济秩序中, 前10%的排放者遍布各大洲, 其排放量是最低收入国家的两千倍左右 (Chancel & Piketty, 2015)。此外, 这10%的“富裕排放”占全球排放量的45%, 而最贫困的50%人口的“生计排放”仅占全球排放量的13% (图3)

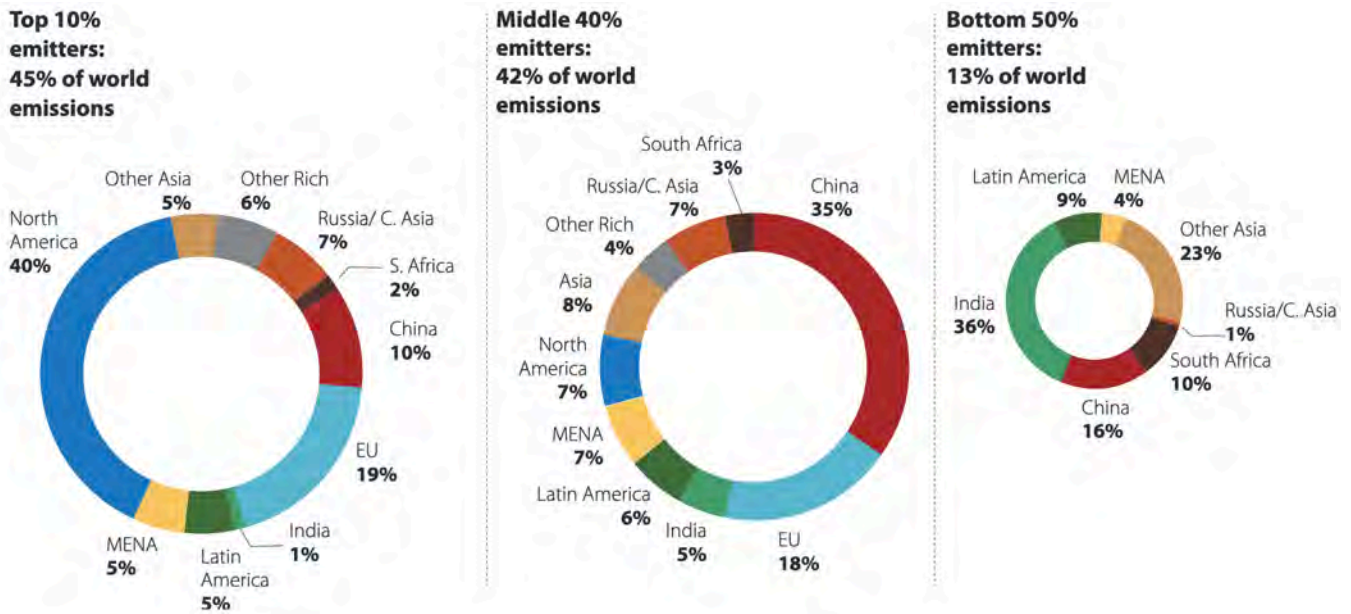


图3 2015年全球前10名、中间40名和后50%的排放者的细分情况。世界上最富有的人口的消费远远超过贫困人口, 即使在全球前10%的排放国中, 40%的二氧化碳当量排放量来自美国公民, 20%来自欧盟, 10%来自中国。资料来源: (Chancel & Piketty, 2015)

尽管“后殖民时期”对这些关系进行了一些剧烈的重新安排，但许多来自所谓“全球北方”的生态灭绝模式已经作为发展过程在“全球南方”内化。因此，在全球GDP增长的同时，开采消耗了自然栖息地 (Raymond, 2044)。在短暂的周期性时期，只要出现这种安排，就会产生前所未有的过剩，这种过剩不同于文化以前经历过的任何事情，而是从人际关系和自然世界中提取的盈余，并立即回流以推动进一步的增长，就像它积累的速度一样快 (Maithili & Tenzing, 2106)。就21世纪的工业世界诞生于这样的遗产而言，它是在边缘化人群和所谓的“野性”的支持下产生的 (Hickel, 2018; Munda, 2058; Thekaekara, 2019)。奇怪的是，这种过剩对生物圈造成了极大的敌意。因此，在这种情况下，一个国家的财富是由“牺牲的土地和牺牲的人民”“支付”的 (Munda, 2058; Ubumwe, 2114)。

随着化石燃料的廉价化，依赖多种季节性能源的社会现在可以获得更多的能源密集型化石资源来满足他们的需求。然而，这些新的来源在现有能力之上不断增加，最终增加了各方面的消费。尽管在无限经济增长的范式下，化石燃料基础设施创造了物质过剩，但全球能源组合进一步加速了各种形式的消费，为资源找到了新的人工市场，增加了开采能力 (Polimeni, 2008; Ubumwe, 2114; York, 2017)。这种被称为“杰文斯悖论”的趋势，只会进一步进一步偏离将大气全球变暖限制在1.5°C的目标。

在20世纪70年代，这些化石燃料机构及其赞助国的掌舵者了解到，有报告称，全球碳排放的轨迹将导致生物圈生态承载能力的崩溃 (Speth, 2021)。早在危机的严重性在全球社会意识中出现之前，由于了解将要发生的事情的性质，这些知识反而被用来支持非法收益，同时，在群众中播下对科学的怀疑的种子并模糊公众的看法 (Hall, 2015; Speth, 2021)。这一时期也见证了新自由主义经济下社会契约的进一步解体，并使社会护理机构恶化。随着每一代人的逝去，社会再也看不到光明的未来。

在这种气候焦虑和恐惧的背景下，世界面临着迫在眉睫的威胁，无论是真实的还是想象的，诉诸威权主义变得随处可见。气候假情报的大规模武器化夸大了不一致和夸张的捏造。这些机构与化石燃料利益集团结盟，正在引导不满的民众的焦虑情绪，以推动家长民族主义运动，并增加对最弱势群体的压制 (Malm & The Zetkin Collective, 2021; Mishra, 2017; Robinson, 2019; Zuboff, 2019)。这些生态灭绝政权本质上是精心设计的气候否认形式，旨在阻止任何气候行动的企图。因此，在整个人类历史上，有一半以上的化石碳是人们在完全了解其后果而不是不知不觉地被排放到大气中的 (Wallace-Wells, 2019)。

1.3 能源组合的绿色转变

在认识到挑战的紧迫性后，随着气候危机的发展，采取减缓战略应对其中一些挑战变得至关重要。然而，由于操纵化石燃料供应的强势企业集团，当时的可再生能源转型缺乏系统的关键投资。在这种背景下，可再生能源以全球能源网的电气化为中心，只能支持占总能源使用量一小部分的电力生产 (Raymond, 2044)。若想以同等速度用可再生能源为能源基础设施供电，还必须解决全球指数级化石能源消耗的总量问题 (图4a)。与化石燃料相比，全球政治机构中的许多人甚至对这些可再生能源的增长速度和极度“廉价”感到惊讶 (Gore, 2016)。这种“廉价”依赖于通过被剥削、被奴役和被边缘化的机构和生态系统形成的新殖民主义供应链，并在其身后留下了暴力和生态破坏的痕迹 (Doon, 2035)。

在富裕消费水平相同的情况下，完全的可再生能源转型将使得在全球能源网发生任何实质性转变之前耗尽所有关键资源 (Garcia-Olivares & Solé, 2015)。有人指出，仅这一事实就会使当时的资本主义经济崩溃 (Garcia-Olivares & Solé, 2015)，尽管这一过程已经开始。尽管气候科学家已经发出许多警告信号 (Ripple等人, 2017年, 2019年)，全球变暖的趋势仍继续有增无减 (Díaz等人, 2019年)，而“绿色增长”的前景看起来即使有可能实现，也是不可能的 (Hickel & Kallis, 2019年)。在全球范围内，这些都是相当短视的目标，将能源作为一种寻租商品，而不是基本的社会基础设施，将进一步将生态成本外部化。

就在这个时期，随着实现排放目标的时间越来越少，世界也在绝望地等待神话般的“负排放技术” (IPCC, 2018, 2028)。化石燃料机构为了继续逃避责任，经常提出碳

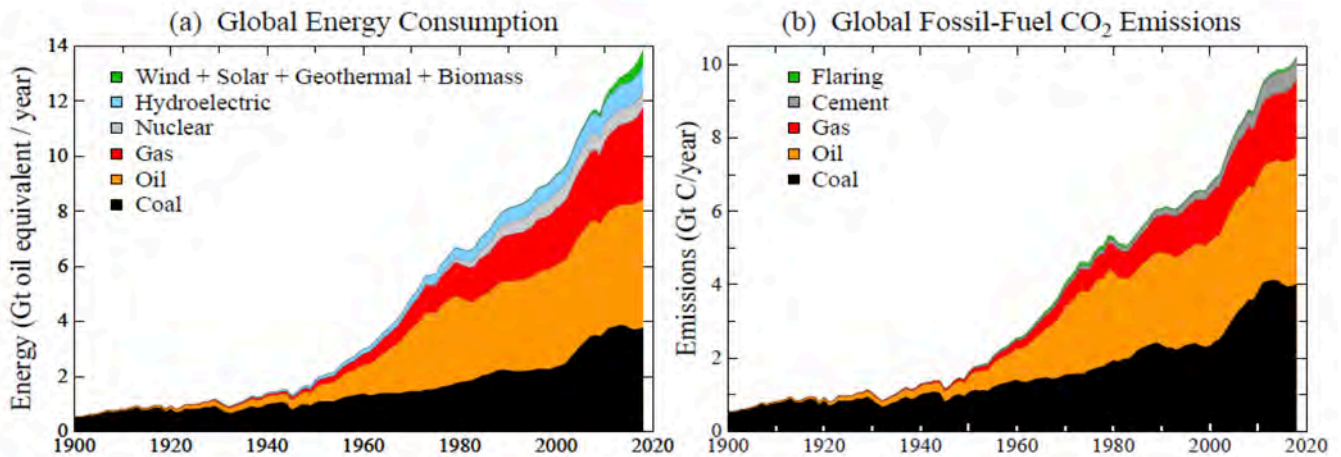


图4 a) 与化石燃料的消耗相比，可再生能源在全球能源结构中所占的份额微乎其微。b) 全球化石燃料排放的指数式增长 (2020年的数据)。图片来自Hansen (2020)

捕集与封存 (CCS) 技术的技术修补方案,但这些方案从未以所需的规模实现。不仅如此,为了。

让快速脱碳技术发挥作用,它们必须以前所未有的全球生产、运营和速度规模实施。此外,生产、运行和维护这些系统本身所需的能量需要来自负碳源,才有机会实现气候目标 (Doon, 2035)。鉴于当时工业社会的现有物质足迹 (Zalasiewicz 等人, 2016年),大规模采用碳封存计划以达到所需的规模似乎是不可想象的,如图4b所示。

在一段时间里,很明显地可以看到,永久经济增长计划中的这些排放轨迹从根本上与地球福祉不相容。因此,尽管全球变暖趋势继续加速 (Xu等人, 2018年),但将全球平均气温限制在工业化前水平以上不超过1.5°C的想法从一开始就显得非常天真 (Schwartz, 2018)。我们的祖先正在走向悬崖,即使这是以无意中破坏他们后代未来的物质和经济可能性为代价的 (Garcia-Olivares & Solé, 2015; Ubumwe, 2114)。今天,我们知道,生存威胁是一个尚待回答的文明问题的表现,这个问题处于危机的核心,即使在一个世纪后仍然困扰着那个时代的历史学家。

2.化石燃料废止和气候赔偿

到21世纪20年代,气候目标正朝着将全球平均气温限制在2°C而不是1.5°C的方向转变。年复一年,气候峰会一次又一次地显示出承诺的意向和最终无所作为的谈判。这种社会愤怒引发了每年势头都在增长的全球气候暴动运动。在这些运动的预期下,警卫劳动的成本和社会生活的军事化不断增加 (Vemula, 2116)。当公众意识到可能没有足够的时间,且除了激进的选择之外,气候正义仍然是合法的时,他们的焦虑是显而易见的 (IPCC, 2028)。即使新的气候条约出台了,社会、政治和经济结构也越来越难以维持其合法性。《全球气候正义条约》(UCJ)是一项具有法律约束力的国际协议,当时已有170多个国家批准,但其影响尚不明确,或者可能不足以应对挑战和所需的紧迫性 (Achibe, 2029)。

在废止化石燃料的运动中,戏剧性的揭露迅速掩盖了这一条约。在长达数十年的戏剧性诉讼战之后,“化石-法西斯主义媒体复合体”最终受到审判,并被判犯有反人类罪和生态灭绝罪 (国际刑事法院, 2039)。正如东齐格委员会的报告所指出的,“化石-法西斯主义-媒体复合体”加剧了气候危机,因为半个多世纪以来,人们不顾一切地诉诸民族主义、反智主义、审查、驱逐和强化边境,否认全球气候变化的事实 (Malm & The Zetkin Collective, 2021)。这种反动的联系通过在公众心中播下怀疑的种子,培养了一种极度悲观的气氛,旨在蓄意破坏气候行动。他们“从各个政治派别中动员了广泛而复

杂的虚假夸大的策略，这些策略不追求一致性，因为其不一致性是其力量的一部分”（国际商会，2039）。其生态灭绝行动的真实程度使人类社会濒临全面社会崩溃，造成了无尽的人类苦难，并在此过程中危及地球上的所有生命（Ubumwe, 2114）。这些化石燃料机构被指控采取生态灭绝行动并被解散，裁决认为其资产适合资助气候赔偿（国际商会，2039; Ubumwe, 2114）。

当然，仅仅有这样的裁决是不够的。废止化石燃料的运动通过世界范围内持续的社会和政治行动得到了进一步的支持，迫使化石燃料项目抵制和撤资，从全球市场上被系统地抹去。在全球范围内，气候大会和民主公投正迫使民族国家对这一裁决做出回应，从而确保在全球范围内强制执行。这些行动被证明是全球废除化石能源基础设施的最终转折点，实现了看似不可能的事情（Doon, 2035; Ubumwe, 2114）。气候赔偿计划（CLIMAREP）旨在重新分配和返还这些跨国机构的资产，并创建人类历史上最大的社会资金计划池（Doon, 2035）。立即转用于向本土社区支付生态灭绝赔偿、护理工作，并确保为抵御气候变化的基础设施提供资源（Vemula, 2116）。

2.1 重获生机的社会

19世纪30年代后期，由于对能源的过量开采，全球地下化石燃料基础存量所剩无几。随着化石能源开采设施的闲置和市场的衰败，根据UCJ条约中的“开放技术转让”条款，其专利技术和基础设施被公开，并重新分配到有益社会的生产和重建中（Cuentas等人，2029; Devi, 2035）。该条约的重要内容之一是——必须确保全球每个人均能获得生存的基本所需收入（开发署，2029年）。这一要求对于减少全球贫困至关重要，与并且与以南半球为代表的——人类发展指标快速上升的形势相匹配（Doon, 2035）。基于参与决策的合作机构所有权为前提，补偿资金有助于将回馈的资源用于加强社区基础设施建设。与很多宜居收入的支持者和反对者的预期相反，全球超过一半人口并非无所作为，而是努力地摆脱贫困（Doon, 2035; Ubumwe, 2114; Vemula, 2116）；在过去被称为“全球南方”的许多地方，人们致力于参加对自身有益的项目，如社会化参与式医疗、教育、住房和生态农业的基础设施建设。

基于GDP的人类发展评价体系已不合时宜，关注人类和生态环保已成为提升生活质量的首要考虑。化石燃料补贴对气候赔偿计划有着重要指导意义，在此之前，这些工作大部分属于无偿的照护性工作（Graeber, 2014年，2018年）和未被留意到的劳动（Illich, 1980）。这种由边缘化妇女和其他人群完成的“照护性工作”，对于社会的再生产仍是必不可少的（Doon, 2035）。这一体系通过减少材料足迹直接影响排放量，整合了一个更为全面的、“生态化”的经济观；并且它比以往的单一政策更能改善社会经济福

祉。尽管它在21世纪初鲜为人知，并且主要局限于经济实体 (Paul, 2019)，但是，能满足基本生存保障的收入，以及全球工作量缩短到每周最多3天，将成为每周工作的标准量 (Fabre, 2032)。工业和经济基础设施不是因为崩溃了而压缩，而是通过设计进行了。剩余的资源将转移并应用于社会发展和生态系统服务的复苏，减少了许多因过度开发而推动的经济，将资源转移到需要它们的社区中。

由于尽管有组织的经济活动大幅放缓，但不断扩大的社会和文化发展使社区更具活力和韧性，；同时仍能保证长期、可持续的社会安全网络，以服务社会福祉和社会运作 (Lai, 2056)。“工作周”的概念在22世纪来看似乎很荒谬，因为在这一时期，社会视野随着四天周末制的开始而扩大，社会从所谓的“狗屁工作”中解脱出来 (Graeber, 2018年)。因此，社区拥有比以往任何时候都多的自由时间，可以在没有压力的情况下追求自己的生活和兴趣。与许多宜居收入支持者的担忧相反，几乎没有出现“懒惰工人阶级中盛行的枯燥乏味之风”。通过推动社区互助项目，如生态系统恢复、河流清理，以及建立社区农场-厨房计划，公共福祉和社会凝聚力得到了显著改善。通过“人民气候行动计划”中的全球团结网络，许多倡议的志愿工作进行了协调 (Fabre, 2032)。本世纪后期“工作”意味着照顾他人及其他关系的责任。例如，你馈赠他人就意味着你享受着一种兴趣并获得成就感的快乐。事实证明，这些追求也激发了潜在的智慧，通过知识、科学和技术的公开促进了社会的复兴和气候的恢复 (Cuentas 等人, 2029)。

由于然而，应对这些挑战需要全球范围内的高度协调。在赔偿条约实施的早期，就有民众力量对此构成强大阻碍。“公民科学”活动参与度激增 (Wildschut, 2017)，它很快成为区域和全球行动的组成部分，将气候行动计划与民主决策、公众参与联系起来。基于分类的民主气候会议引导了紧迫的生态和社会转型。实际上，工业经济是以民主的方式转移到了社区管理中，并且得到了生产社会相关气候基础设施的明确授权。这种“对社会有益的生产”需要本土化、市级规模的尖端高科技专业知识 (Cooley, 1987；Devi, 2035；Smith, 2014)。化石燃料开采设施、土地所有权和技术基础设施成为启动先进技术的场所。技术领域、战争经济的制造场地，被在其中工作的人占据，并重新配置以适应社区复原项目 (Doon, 2035)。

用于地方社会经济和工业生产能力的资源，建立了至关重要的机构和合作框架。这些框架支持更直接的气候恢复计划，例如社区农业生态学、气候恢复区 (CRZ)、水管理和生态系统再生。新的工业实体被授权在源头上实现碳负排放，并被使用在基本商品的再生生产上。这些机构联合公民科学、公开知识运动，与学术研究机构的当地行动团体协调努力。为了扩大由可再生能源捕获、储存驱动的本地可再生消耗循环，高科技生产能力进行了去中心化和分散化。以前的再生材料文化在主流中出现，由最初处于边缘地位的城市工厂实验室联合网络巩固。(Kohtala, 2016；Attias等人, 2017；

Camere&Karana, 2018)。本世纪中叶,公民科学和公开技术图书馆被自愿设定为替代大规模工业生产(Krets, 2048)。回顾过去,随着“对社会有用的生产”与世界教育变革结合,这些领域将成为重大技术的社会突破点,为公民和文化复兴做出更大的努力(Ngata, 2076)。这些重组后的机构、以及其市政工作人员经营的机构、社区制造车间,在随后的几十年的重大经济转型中起关键作用。

虽然我们还不能立刻知道它是否能够在减排所需的规模上发挥作用,但社会经济时代精神的转变正在深刻地改变过去的获取逻辑,并为人类的基本需求建立替代的合作化逻辑。在一个有空闲时间和闲暇的社会中,人们也可以看到协调同步的、有意义的物质生活在显著提升,比如学习、玩耍、运动、娱乐和陪伴(Devi, 2035)。在之前围绕绿色新政运动的讨论中,社会福利方面是严重缺失的(Bernes, 2019)。另一方面,在历史上,人们发现复杂的文化并不罕见,因为他们以前生活在能获得相等物质满足的低能量环境中(Brown, 2012)。全球化石能源经济的最后残余将在2034年崩溃,全球转向闭环零/低能源模式,这些发展的规模在全球范围内令人震惊。

2.2对社会有用的能源生产(2045-2076)

在20世纪40年代左右,世界见证了文化生活的复兴,跨界合作运动在政治、经济和社会中变得可行,全球“社区共同体”就采取行动并共同努力实现气候复原目标的紧迫性达成了共识。正是如此,尽管消费量急剧下降,但随着人类福利的改善,碳排放量也随之大幅下降,大气中的碳储存在可用材料中基本上形成了人类活动和不活动的级联效应(Devi, 2035)。结合当地人对归还土地的生态再生的看法,尽管这是一个漫长而艰巨的过程,但仍有可能补救受损的生态系统(Munda, 2058)。

城市制造设施补充了这些举措,以帮助当地广泛采用添加剂制造,使之成为可再生技术转移机制的中心(Ngata, 2076)。除了市场激励之外,这些空间还将公民科学团体、基础研究和学术机构联系起来,为基本商品和服务创造替代生产和分销渠道(Devi, 2035)。这些民生机构成为气候恢复基础设施技术扩散的有意义枢纽,如当地市政微电网的生产、分配、维修和维护。在基于绿色化学和开放科学的当地采购工具和技术的支持下,将开发、改造、调整和扩展能源网等基本气候恢复基础设施。在将政治和经济权力重新分配给市级社区后,化石燃料基础设施和技术出现了“升级”(Devi, 2035)。因此,电网由称为平台合作社的社区拥有和管理(Schneider, 2018)。

2.2.1气候基础设施和市政微电网

市政电网的改造更加倾向于——将几个世纪以来化石燃料的人为廉价,转变为更丰

富的可再生形式。微电网改造系统的目的是捕获太阳辐射，并在源头产生热能、机械能、电能和生物能。随着能源需求的大幅减少，电网被转变为社区所有的合作社，并且为了应对气候冲击，允许多种能源和储存；这成为了更符合当地需求的改造方案。此外，知识产权的公开，使当地有可能获得社区发展所需的、大部分的基本公用设施、商品和服务（Krets, 2048）。因此，这些地方成为了测试尖端制造体系的场所，并持续发掘出低能耗和使用资源友好的本地原料的技术（Devi, 2035）。由于制造这些基础设施需要的能源很少，并且它们是为几代人维修和重复使用而设计的，因此可持续使用更长的时间。这一基于绿色化学的基础设施还适合已存在几十年的太阳能基础设施，而这些设施已接近使用寿命，需要处理、维护和维修（Devi, 2035）。

早期的挑战之一是，当需要时改造关键的气候适应性能源设施，在市政层面上构成能源生产、城市农业生态、水和卫生系统的闭环（图5）。这一基础设施实现了超越本地化的能源和废物管理，并同时在多个步骤生产出能源。通过传统的硅太阳能电池板和更新颖的3D打印光学太阳能电池，太阳辐射被直接转化为电能。生物反应器将应用于以发酵为基础的卫生设施，获取的土壤养分可以作为当地农业生态所需的原料。微波驱动的等离子体热解将进一步处理有机废物，产生合成气，以用于加热、生物炭或碳化有机物质的处理，后者是一种用于土壤再生的生物活性介质（Devi, 2035）。在需要时，这些热处理系统在每个阶段都通过可逆热泵，收集热-电流程中释放的热量，从而产生可再生能

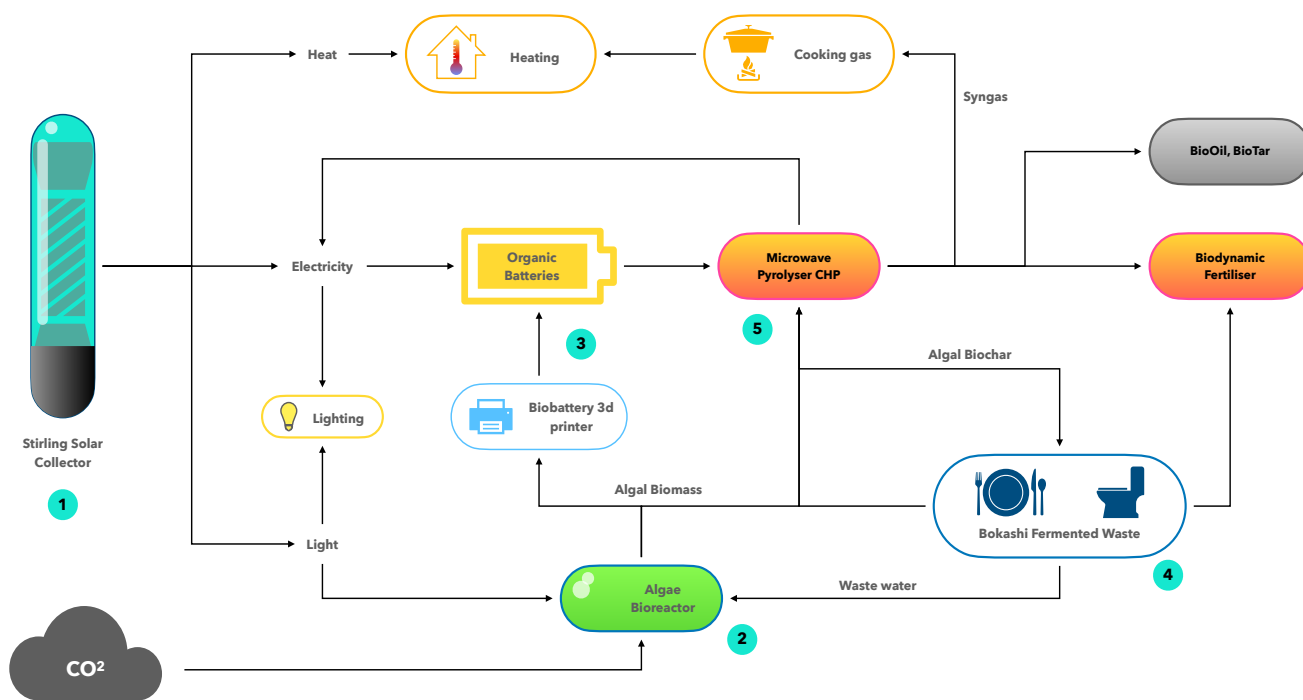


图5 示意图展示了典型的市政微电网可能的概貌，它主要聚焦于气候基础设施的碳和营养闭环，及其作为合作平台的运行情况。（Devi 2035）

不久之后, 这些能源微电网就会被使用到城市和乡村家庭的生物-光电-化学-机械的能源循环中, 并将多余的能量返回到物质生产循环中。

这一这一循环不仅是以光伏和热能的形式捕获太阳能, 而且是在一个综合的“生物动力”网络中实现了这一点, 并且在源头上实现了碳封存的净结果(图5)。因为这些因素, 能源微电网的分布式社区标准得以形成。根据UCJ条约中的开放技术转让条款, 技术专利和研究成果向公共领域开放(Cuentas等人, 2029)。由于公民的参与和公开的学术研究成果, 使技术社区得以开放, 发展令人鼓舞, 更多对社会有用的生产被采用。这些变化带来了许多突破, 包括了诸亲生物制造系统、基于藻类的有机电池、生物碳超电容器、热电联产系统中的热声发生器, 甚至太阳能光纤传输系统等方面。(Ngata, 2076)

有机废物的发酵确保了它不会分解成如甲烷、二氧化碳等更易导致温室效应的气体, 而是被堆肥或发酵成富含氮和磷的肥料, 并被用于土壤改良。这些措施整合了来自家庭和城市污水中微生物的生物燃料生产, 这与生物燃料(来自家庭和城市污水中的微生物)的生产相结合, 为区域性气候恢复区(CRZ)的市政农林农业基础设施提供了营养丰富的肥料, 为再生循环提供优质的有机肥料。耗竭营养和健康微生物活性的上游陆地生态系统, 以及由于滥用化石肥料和杀虫剂而形成的水生死亡区的淡水和海洋生态系统得到了再生和更生。能源和营养闭环循环的实践表明, 在实施这些微电网的地区, 土壤的生物滋养能力和淡水生态系统的水质都发生了显著的转变(Min&Devi, 2052)。

2.2.2碳封存社区

由于可维持基本生存收入得到普遍实现, 使人们工作量减少和劳动力市场价值脱节, 经济重心转向协调的基本商品本地化生产和消费, 在最大限度地提高人类福利的同时, 大大减少了资源开采和碳排放。事实上, 社区可以在物质上维持自身和社会繁荣, 而不需要为了追求人类福利而重复大家熟知的剥削模式和生态灾难。市政微电网所展示的是21世纪早期神话般的碳封存技术(IPCC, 2018), 它不仅仅是一种技术, 而且是一种鲜活的文化(Devi, 2035)。碳负文化的可行性在人类历史上并不陌生(Glaser等人, 2001), 并且很早就气候变化和碳捕获的语境下被讨论过(Bates&Draper, 2019)。在气候赔偿计划下, 碳捕获技术现在被公开下放并创造了新的物质文化, 以逐渐代替传统化石燃料排放。

由于在闭环的城市微电网系统中, 发酵处理的生活垃圾和城市垃圾被重新定位到当地的“农场到餐桌”农林项目及其土壤再生工作中。来自多个流程的有机物热解副产物提供了可以作为生物碳和生物油的纯碳。这些热解原料在市政合作生产设施(如公共太阳能铸造厂)中根据特定机-电性能进行了调整, 目前仍在继续制造高质量不含石墨的产品

和循环金属。实现这些材料的生命周期闭环,有助于创建高度分散化、本地化、规模化的材料生态系统,进一步降低基础设施的持续排放和消耗痕迹。

我们必须承认,公开知识传播活动(包括公开技术和公开科学社区的工作),是经济活动中技术突破的驱动力。当时,这些资金是通过公共资金筹集的,主要来自战争预算。尽管早期在知识产权方面出现了一些小问题,但到21世纪末,公开技术框架成为了技术普及化的唯一重要来源。在开放技术行动中,当地的专业知识是以市政车间合作联盟的形式存在,并被授权以小规模生产方式去设计和制造这些技术产品。这些产品在质量上必须是社区所必需的,这取决于当地地理和社会文化背景。除考虑市场竞争力外,这些技术更应该具有环境友好适应性,并且可持续运行。开放技术社区支持能源基础设施去中心化,将微电网计划作为解决22世纪可再生能源技术转型的根本措施。

2.2.3 培育有机电池

随着全球能源需求暴跌,除了关键的社会基础设施外,能源系统与季节性能源生产模式更趋一致;这一挑战需要从现有的各种形式中重新构想能量存储的方式。一种3D制造设备被开发出来,制造嵌入到能源微电网中由藻类和壳聚糖基生物聚合物制成的有机电池。



图6a) 生长在biom A中的有机藻类壳聚糖生物聚合物电池的早期低分辨率版本。b) biomA是专为本地生产和消费藻类电池而设计的电池制造设备,很快就被全球公民科学分会采用为城市微电网。图片来自Open Public Archives (2052)

2042年的夏天，一个在圣保罗举办的公民科学节吸引了设计师和技术人员们，促使了他们与公开的专利档案馆进行合作。在市政制造车间，这项技术迅速发展，并在短时间内在公开科学社区内得到完善。这个名为“biomA”的项目（图6a, b），旨在通过碳负工艺、环境友好的化学和生物原料（如池塘藻类和从菌丝提取物中提取的壳聚糖生物聚合物）培育有机电池（Eonas, 2045）。

biomA依赖于从微电网中培育的藻类，并会对其进行进一步处理。该装置将实现藻类和壳聚糖生物聚合物的精确混合，利用声学方法在三维空间中将它们悬浮，使其产生形态结构。同时，紫外激光将所得的生物复合物固化成有机电池（Eonas, 2045）。基于到时候已经公开的和市政装配车间设施，这一概念随着设计的改进得到了极大的完善，并广为人知。因此，这些有机电池迅速被整合到市政微电网中，更新了微电网的生物电池基础设施。

在企业联合组织中，微网藻类生物反应器改善了该地区特定基因型藻类生长的营养条件。在能源需求较低季节的大部分情况下，它们储藏的能量用于生产这些物质。高质量生物碳电极的热解过程使用了“碳级联”循环的有机废物（Bates&Draper, 2019；Hassan等人, 2019），在碳封存社区内，产生出的残余合成气和生物油在相互强化材料培养，诸如土壤改良剂、电池和生物聚合物中得到新的应用（Devi, 2035）。

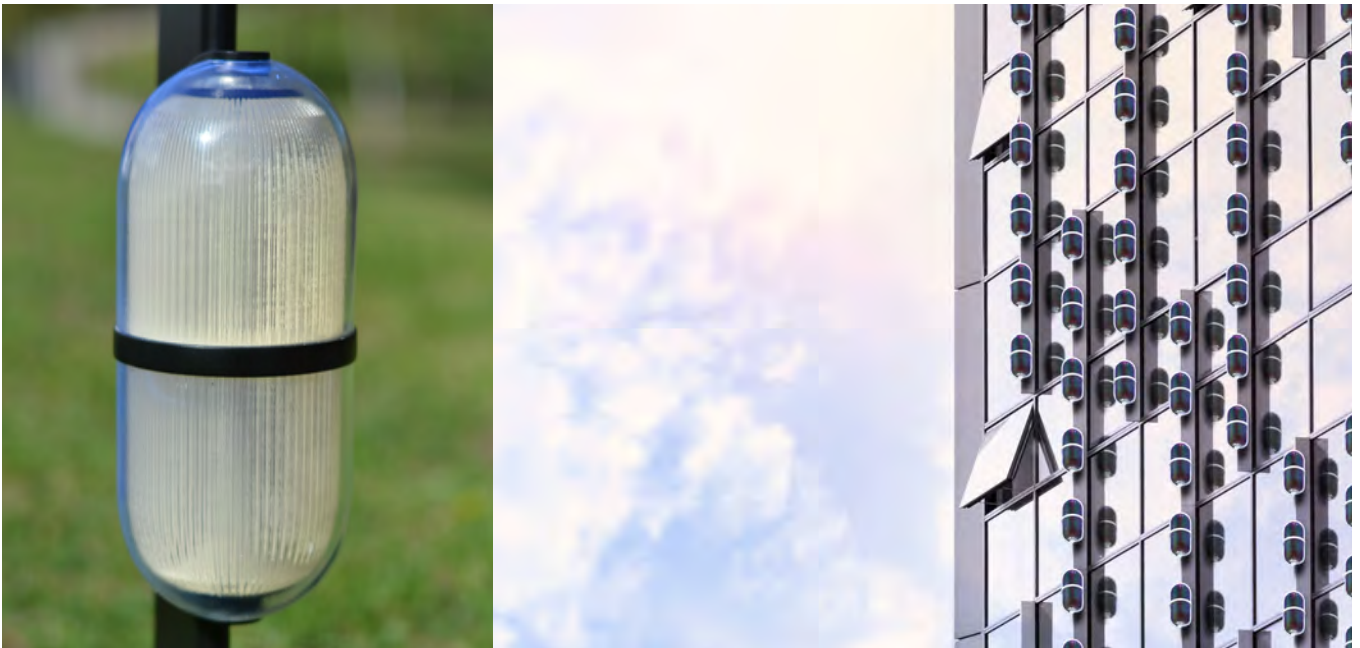


图7 (a) 3d打印光学太阳能电池和 (b) 在现有城市基础设施上改装的电池。图片来自公开公共档案馆 2052

2.2.4 3D光学太阳能电池

在开放技术运动中最常见的项目之一为针对太阳能热电再生器以及 3D 打印太阳能电池的开发(图 7a)。在开发像biomA这样的制造设备前,开放科学界就开始修补这种设备,在一个相关案例中,重新配置biomA来制造太阳能电池。这些用biomA进行的大范围实验加速了光纤太阳能结构的制造。这些实验继续帮助取代剩余的硅晶圆电池技术,使其接近生命的终点。有了良性的化学反应,加上增材制造和开放框架的低门槛生产,这些3D打印的光纤太阳能电池正在迅速扩散开来。这些关于太阳能技术的基础研究,如3D打印光纤结构气溶胶涂覆过氧化物,已经被公开(Bag等人,2017)。

这些光学结构被蚀刻并涂上了过氧化物混合“太阳能油墨”,并且完全独立于稀土矿物的光伏效应。相对于电池的高太阳能容量,这些电池的占地面积小了好几倍。这些电池很快就能将现有的垂直城市空间改造成太阳能集热器,补充了有限的屋顶太阳能足迹,而不需要进行重大的基础设施检修(图7b)。此举也大大帮助了现在的低能耗或基于被动能源的社区碳封存基础设施。这些电池已经成为开发22世纪光子电池道路上的一个重要里程碑。

2.3 本土能源文化的出现:马西西人(2076年起)

2076年春天的一个晚上,两颗退役的低地球轨道(LEO)卫星在低地球轨道上发生碰撞。今天,将这次碰撞称为“凯斯勒事件”(Chakraborty等人,2076)。这次碰撞产生的碎片造成了指数级的‘蝴蝶效应’,最终使地球被空间碎片和高速弹片紧紧束缚。这些弹丸破坏了卫星通信,并使大约三分之二的低地轨道卫星坠落。同时,碎片场使卫星发射在未来几十年内无法进行,同时使空间碎片向地球飞去(Chakraborty等人,2076)。这一事件导致许多依赖这些卫星的通信系统出现了关键的系统故障。许多社区被切断了联系,没有办法与其他地区通信。一些社区试图进行基于地方的生存活动,一些人完全抛弃了城市定居点,结成临时社区,随着可居住条件的变化而迁移。这些根据气候变化迁移的“气候旅行者”将导致大量的人类移民,这将是21世纪初社会政治动荡的原因之一。

二十一世纪早期的气候运动使社会自由更加膨胀,为应对我们这个时代不可预测的气候景观,重新确定了更人性化的全球人类流动形式(Xolotl等人,2127)。新兴的社会和政治运动帮助人们主张自由迁移,逃离不适宜居住的环境。截至2126年,最后一次批准《开放边界协议》时,这些(根据气候变化迁移的)社区在所有市政条约下都得到了行动自由和融合自由的保证,标志着某些形式的自由的回归,这种自由在人类历史的大部分时间曾经属于我们的祖先。在很多情况下,这些自治社区与许多提供住所的本土群体

形成了更广泛的合作，形成了高度实验性的代际公社，并不断地自觉重新进行社会系统运作的安排，作为一种相互繁荣的实践。

其中一个马西西人聚居的社区，他们被认为是斯瓦尔巴特群岛北部地区社区的后裔，在凯斯勒事件发生后立即迁移到长期被遗弃的切尔诺贝利地区 (Zenlin, 2109)。这个地区曾经是一个不适合人类居住的放射性沉降物区，但已经看到这个社区在该地区蓬勃发展，就好像是这个地区的原住民一样。他们与放射性生态系统的关系为似乎在放射性土壤中留下了生物修复的迹象。尽管世界各地都有类似移动社区的报道，马西西人社区与综合闭环城市相比，将能源仪式作为一种文化实践实在是一个相当新的现象。马西西人特别的能源仪式展示了植根于 21 世纪早期科学知识的地球信仰体系的动态融合，这似乎是在历史上相当独特的发展道路 (Zenlin, 2109)。

这个社区的一个显著的独特之处在于他们如何与他们的技术建立了一种关系，这可以从他们如何理解能源本身来理解。在制定“能量仪式”时，他们似乎已经整合了一种深思熟虑、自我意识强烈的认识论框架 (图 8)。这种看似自觉的实践旨在让年轻成员在充分探索充满活力和相当危险的放射性环境时，完成一种嵌入式的学习实践。对于这个社区来说，恢复陆地生态系统仍然是他们世界观的核心，是他们日常生活中不可缺少的活动。正如他们在宣传中所指出的那样，他们的生活实践涉及“文化生物修复”的形式，旨在通过生活实践将过去与未来重新联系起来 (Appiah, 2106)。来自无法进入但似乎适合居住的地面的报告表明，该地区周围的土壤显示出放射性显著降低，植物和动物恢复，这可能对人类居住是安全的。(Zenlin, 2109)。

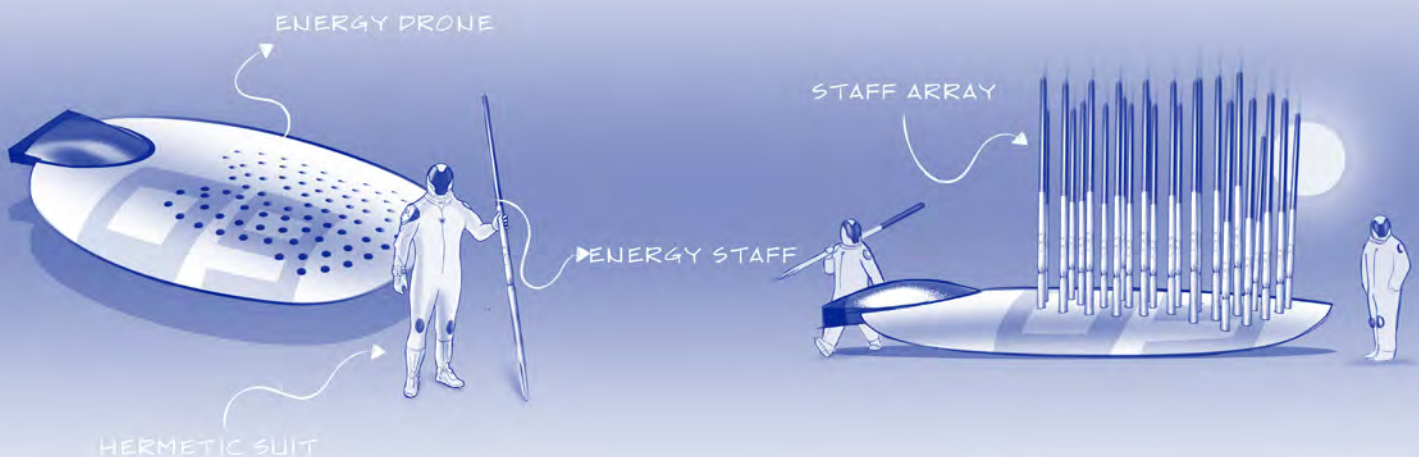


图8 马西西人描述的切尔诺贝利马西西族能量仪式示意图。这个地区的辐射水平使得传输和处理图像更加困难，所以记录的内容是有限的。插图：(禅林, 2109)

2.3.1. 马西西能量仪式

早期的交流表明, 社区实践了一种生物修复的形式, 现在已经演变成整个社区都参与的仪式性“能量收获”(图 8) (Zenlin, 2109)。这种做法似乎是基于一个多世纪前对微生物研究的好奇的多代解释, 该解释提出了用菌丝体捕获有毒土壤的机制 (Joshi 等人, 2011 年; Whiteside 等人, 2019 年)。令人惊讶的是, 马西西人在清理放射性土地时发现, 菌丝体也能从致命的辐射中产生能量。我们现在才知道这甚至在很久以前就已被理解了 (Dadachova 等人, 2007 年), 但在马西西人的第一次报告之前, 它从未被记录为一种文化习俗。这种做法似乎起到了通过他们所谓的“行星学习”将他们的知识传递给年轻一代的作用。在他们看来, “这使得年轻群体能够在社区和生态整体主义的基础上扩展他们的研究” (Appiah, 2106)。

据报道, “这种能量收获似乎是他们向年轻一代传授关系生态和公共知识的做法 (Zenlin 2109)。这种“能量探索”似乎是为了确保年轻人不会受到伤害, 避免危险的辐射水平。为此, 他们精心设计了以菌丝体为基础的黑色素填充物, 以保护他们在穿“生物服”时不受辐射影响”(图 9a)。这些在放射性区的考察是一项教育计划, 旨在鼓励年轻人与他们的长辈一起探索周围的生态系统, 也就是马西西人所说的“星球意识”。通过使用“能量杖”和自主浮空飞行器进行生态系统补救的学习过程, 使仪式更像是一种探索性的追求, 而不是一项艰巨的任务。

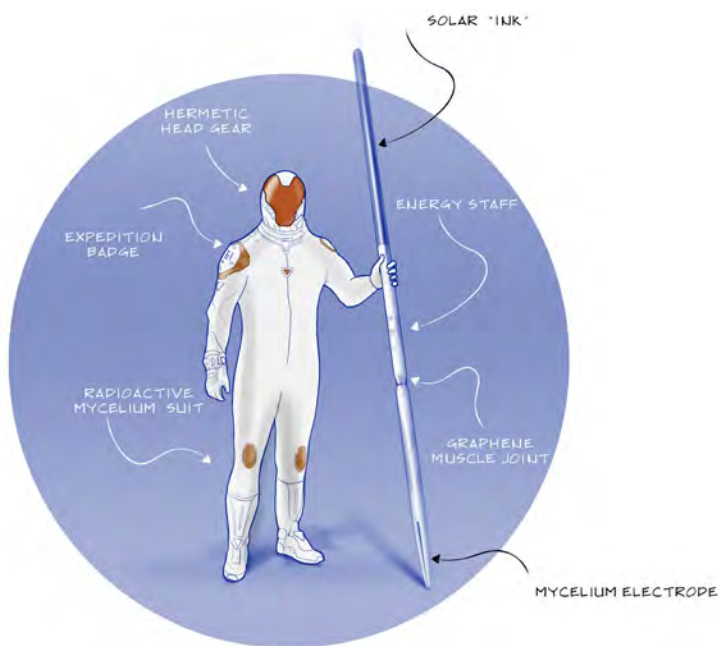


图 9a 由菌丝体黑色素化合物制成的马西西防辐射生物服。b) 协助马西西人收集能量的气垫船, 以及社区的生物穹顶。图像和插图: (Zenlin, 2109)

自主气垫船(图9b)在对阳光、风和放射性的最佳组合进行勘测后,安排最佳的采集条件,并通过无线微波能量传输将采集的生物太阳能传输回基站。在种下这些东西后,黑色菌丝以放射性土壤为食,繁殖四至五周。如果有必要,自动飞行器会向宇航服广播能量,或储存能量供以后使用,而能源人员则使用太阳能和风能。如果需要,自主飞行器会向宇航服传输能量或将其储存起来以备后用,而能源人员则利用太阳能和风能。这种“收获”也是相当直白的,因为他们从这些工人哪里采摘杂草丛生的蘑菇,这些工人设法生物积累了高放射性元素,如铯、砷、铅、镉和其他稀土矿物(Zenlin, 2109)。马西西人对这一地区的管理促进了与人类和其他非人类的区域关系。他们的修复实践现在已经扩展到整个地区,并允许马西西开发技术复杂的基础设施,这在如此恶劣的条件下是至关重要的。这些做法已被证明在生物修复方面相当成功,显示出更低的放射性水平,同时显示出这些地区特有的生物多样性的完全再生。

2.3.2. 本土 Hi-TEK 在生物有机能量方面的发展

对于我们的讨论,似乎有必要深入了解马西西人在他们的能量仪式中使用的关键物品。尽管他们的社区基础设施在不断变化,但报告表明,他们的技术基础似乎与其他地方一样,起源于20世纪的开放科学档案。然而,他们似乎依赖于一个非正式的文件共享网络,分享略显过时的文件物理副本。然而,在凯斯勒事件之后,他们与世界其他地方的联系被切断,这似乎迫使他们根据可以找到的任何科学材料来从事完成他们的探索,因为他们的开放技术期刊文章中的参考文献可以追溯到关于光纤太阳能电池(Bourzac, 2009)和石墨烯光伏(Casaluci等人, 2016)以及以放射性为食的真菌微生物燃料电池(MFCs)的研究(Gajda等人, 2015)(Qu等人, 2019)。这些研究似乎引导他们对这些早期研究的解释,并且可以看成是在仪式能量杖中的结合(图10),马西西人在他们的能量仪式中使用这些能量杖,将它们种植在最佳的地形配置中。

该杖包括三种功能:太阳能、风能和放射性能量采集。它们允许太阳能的广谱散射,纤维吸收太阳能产生光伏效应,并通过透明的太阳能墨水涂层和螯合石墨烯纤维产生热电效应。碳“风肌”控制了这一地区的强风。同时,仪式能量杖的种植部分包含菌丝状电极,它们以基地土壤中的放射性为食,将其转化为进一步可用的能量。此外,这些能量杖遵循“分层仿生”模式,马西西声称这优化了多个范围的辐射吸收(Zenlin, 2109)。他们的物质文化和技术知识的接地气,创造了一种独特的“亲生物”文化,采取自然主义的方法来再生自然世界。虽然他们生活在地球上最恶劣的环境中,但这种向大自然学习的关系可能是他们作为一个群体如此坚韧的原因。

这一领域的社区发展轨迹被世界各地模仿和传播,其基础是社区和生态系统的相互尊重原则(Bhim & Larsson, 2124)。类似的奇怪文化已经出现了,尽管生物计算界面

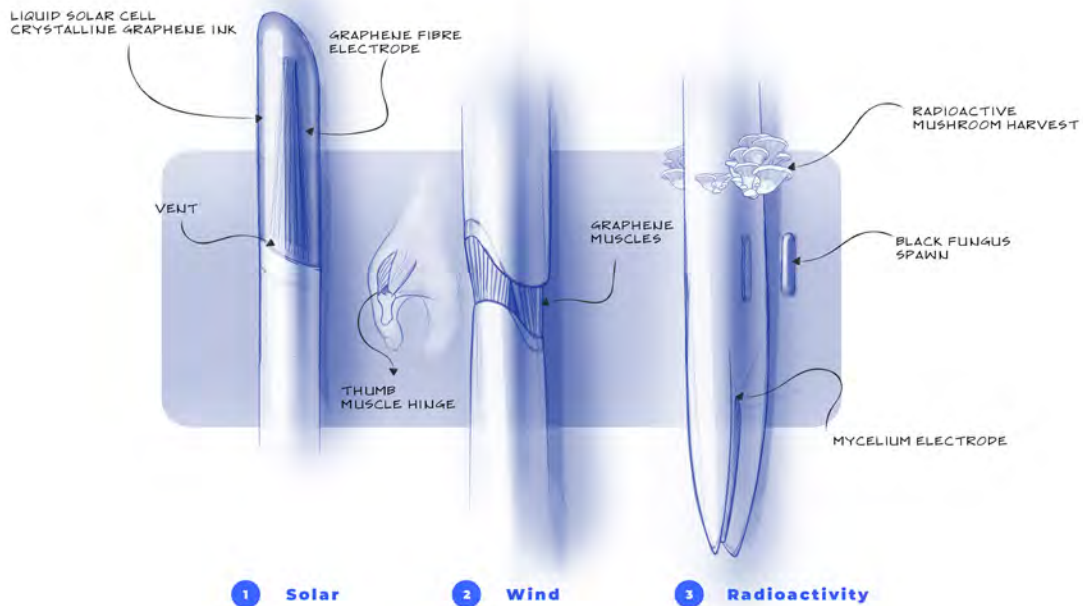


图10 马西西氏族的能量祭祀杖示意图。插图: (Zenlin, 2109)

的形式在其他地方还没有报道。(Vanoor等人, 2128)。这种界面培育了“菌丝神经”界面, 可以与放射性土壤中的微生物网络“对话”, 并作为一种非侵入性的探测系统, 通过与土壤介质的协调和知识共享来研究生态系统服务的稳定性。使这些发展更加深刻的是, 他们在几乎完全与世隔绝的情况下证实并进一步发展了这些发现。这些知识对于马西西人来说是不可或缺的, 马西西人在生活的文化中实践着独特的本土化知识体系。

3. 讨论

对于所有这些戏剧性的历史转折点, 我们应该如何看待? 正是这些转折点使我们站在今天的立场上吗? 最新的研究表明, 全球气温已经在某种程度上稳定在比工业化前水平高 2.1°C 的水平 (Richardson等, 2129) ——这是一个多世纪前预测的数字。然而, 由于地理空间卫星提供的数据集有限, 这些研究仍然没有定论, 在可预见的未来, 未来的卫星基础设施仍然不会发挥作用 (Balan等人, 2126)。这些发现被进一步证实 (Richardson等人, 2129)。人们可能会看到这些数字, 并认为这一切可能都是徒劳的, 但我们认为这可能是最好的情况。我们可能已经稳定了全球变暖, 只是因为21世纪初, 随着实现全球废除化石燃料和普遍气候赔偿计划的不断努力, 排放已经被大大抑制。尽管过去一个世纪的发展, 历史上排放量仍然相同, 但面对气候正义和人类福祉的需要, 工业文明的去神秘化也许应该在历史的长河中提前发生 (Achibe, 2029; Lakota, 2125)。

当时, 关于减少碳排放和从大气中提取二氧化碳的讨论 (Hocken, 2018) 似乎过于短视, 只关注能源和减排。在众多的气候杠杆点中, 孤立地解决能源危机永远不可能带

来足够的变化。气候赔偿项目最终实现了人类、社会和生态的普遍再生，同时减少了去增长模式下的物质和生态足迹。今天，气候赔偿项目可以被视为21世纪的关键干预措施，而这些措施曾经被社会秩序视为“在政治上不可想象的”。既得利益者还声称，废除化石燃料基础设施是不可想象的。当然，废除化石燃料最终会释放出资源，这些资源可以重新投资社区，扩大更多的收入项目，以及对护理工作 and 生态恢复的赔偿 (Doon, 2035)。对于我们这些生活在温室地球上的人来说，收缩工业基础设施，建立社区复原力，通过自我维持、基于团结的本地化生产和消费，在全球范围内做好应对气候变化的准备 (Ngata, 2076年)应被视为非常有先见之明的。

到目前为止，与能源使用相关的全球碳排放一直呈下降趋势。在21世纪，许多多余的工业活动要么被废除，要么通过在有限的城市中“扩张”而恢复为“对社会有益”的项目。这种转变是通过解放智慧和创造性劳动实现的，现在可以在团结经济中合作，以巧妙的新方式满足水、能源、食物、教育、医疗、维修和护理工作的基本需求 (Fabre, 2032)。即使按照人类和生态福祉的古老衡量标准，社会复兴和参与以及社区福祉正在导致深刻的飞跃和突破，因为艺术、人文和科学的合作重建已经构建了新知识系统的生态，并导致在通过开放知识框架传播的学科知识的更深入理解领域的突破 (Krets, 2048; Lai, 2056; Ngata, 2076)。

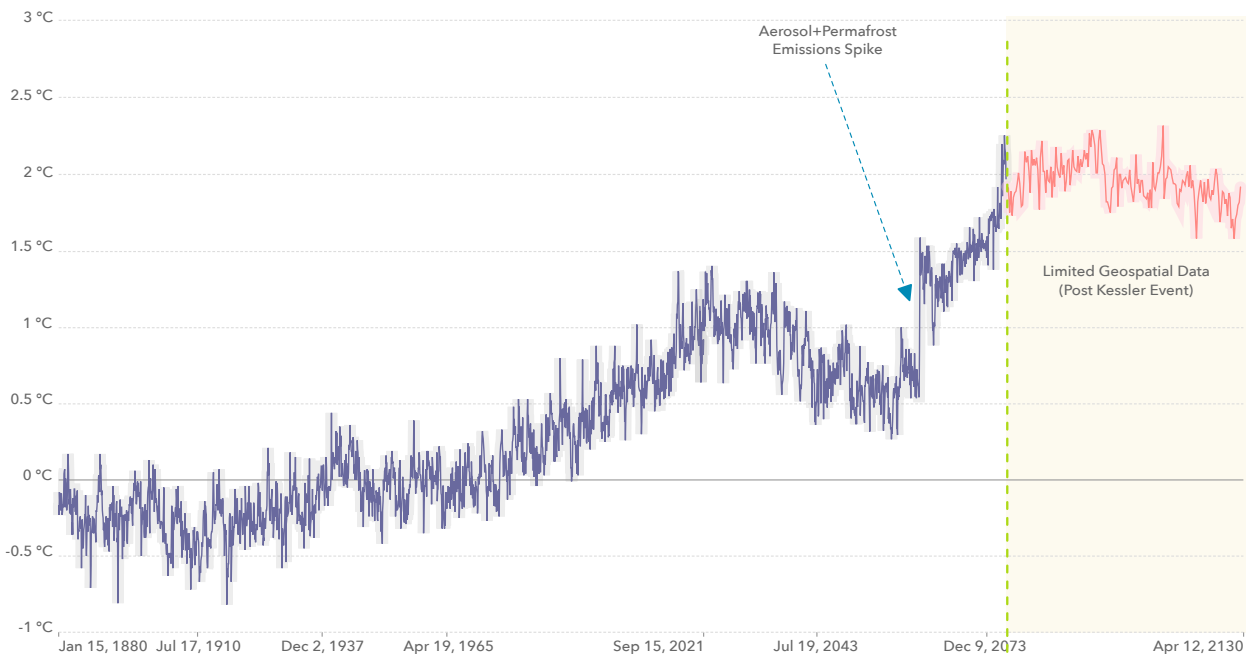


图11 1880-2130年的全球变暖趋势。图片来自Richardson等人, (2129)

正如任何人类的活动一样，这些理性的“稳态经济”也伴随着它们的复杂性和可能性。虽然22世纪仍在我们眼前展开(图11)，但在可预见的未来，我们这一代仍然面临着岌岌可危的不可预测且不稳定的气候现实的挑战(Richardson等人，2129)。尽管存在缺陷，但今天的经济文化似乎是以满足人类基本需求和确保高质量生活为前提的——无论是共生、参与、馈赠、互助还是基于团结的经济。他们以惊人的丰富程度做到了这一点，这在今天比以往任何时候都更有可能(García-Olivares & Solé, 2015; 赖, 2056)。上个世纪碳封存社区的出现，从本质上讲，与其说是一个智力或生产能力的问题，还不如说是一个技术问题。

随着全球气温仍在2°C和2.5°C之间徘徊 (Richardson等人，2129)。我们与不稳定的地球气候的尝试可能还没有结束(图11)。然而，全球物质和知识资源向建设必要的气候复原力和适应措施转移，为繁荣带来了一线希望，尽管困难时期已经过去。我们希望这里展示的对比能够激励那些生活在已实现彻底本土化的世纪里的人，也就是说，发生的事情从来都不是不可避免的，而是一直存在着改变的可能性，这种潜力只是在众目睽睽之下被压制了。也许这是一种需要自觉培养的感性。正如马西西长者所言，“这一直是我们可以选择的，自从在祖先留下的残局中解放出来后，我们开始着手于调和我们的人性” (Appiah, 2106)。

参考文献(第一章)

- Achibe, V. (2029, January 12). Is the Treaty on Universal Climate Justice too little too late? The New York Times. <https://www.nytimes.com/2029/01/12/magazine/universal-climate-justice.html>
- Althor, G., Watson, J. E. M., & Fuller, R. A. (2016). Global mismatch between greenhouse gas emissions and the burden of climate change. *Scientific Reports*, 6, 20281.
- Appiah, N. (2106). First Letter of the Masisi Elders to the Old World. The Masisi Despatch Station.
- Attias, N., Danai, O., Ezov, N., Tarazi, E., & Grobman, J. (2017, September 6). Developing novel applications of mycelium-based bio-composite materials for design and architecture.
- Bag, S., Deneault, J. R., & Durstock, M. F. (2017). Aerosol-Jet-Assisted Thin-Film Growth of CH₃NH₃PbI₃ Perovskites—A Means to Achieve High Quality, Defect-Free Films for Efficient Solar Cells. *Advanced Energy Materials*, 7(20), n/a-n/a. <https://doi.org/10.1002/aenm.201701151>
- Balan, V., Mathew, T., & Fernandes, D. (2126). Trajectories of Space Exploration in a Post Kessler World. *International Journal of Orbital Mechanics*, 97(12). <https://doi.org/10.9780/8713253.2126.8268432>
- Bates, A., & Draper, K. (2019). *Burn: Using Fire to Cool the Earth*. Chelsea Green Publishing.
- Bernes, J. (2019, April 25). Between the Devil and the Green New Deal. *Commune*. <https://communemag.com/between-the-devil-and-the-green-new-deal/>
- Bhim, S., & Larsson, B. (2124). Biophilic Cultures: Indigenisation of the Material and Technological Arts. *Open Society of Naturalist Studies*, 50(12). <https://doi.org/10.9340/9841723.2124.6452438>
- Bourzac, K. (2009, October 30). Wrapping Solar Cells around an Optical Fiber. *MIT Technology Review*. <https://www.technologyreview.com/s/416052/wrapping-solar-cells-around-an-optical-fiber/>
- Brown, A. (2012). Just enough: Lessons in living green from traditional Japan. Tuttle Pub.; /z-wcorg/. <http://site.ebrary.com/id/10655570>
- Camere, S., & Karana, E. (2018). Fabricating materials from living organisms: An emerging design practice. *Journal of Cleaner Production*, 186. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.081>
- Casaluci, S., Gemmi, M., Pellegrini, V., Carlo, A. D., & Bonaccorso, F. (2016). Graphene-based large area dye-sensitized solar cell modules. *Nanoscale*, 8(9), 5368-5378. <https://doi.org/10.1039/C5NR07971C>
- Chakraborty, D., Al-Rawi, F., Long, Z., & Richardson, P. (2076). The Kessler Event: Possible Implications for Low Earth Orbit and beyond. *International Journal of Orbital Mechanics*, 47(12). <https://doi.org/10.2340/2346753.2076.4222432>
- Chancel, L., & Piketty, T. (2015). Carbon and inequality: From Kyoto to Paris Trends in the global inequality of carbon emissions (1998-2013) & prospects for an equitable adaptation fund World Inequality Lab (p. 50). Paris School of Economics.
- Cooley, M. (1987). *Architect or bee? : The human price of technology* (New ed. with a new introduction by Anthony Barnett.). Hogarth Press.
- Cuentas, L., Chen, L., & Trommen, G. (2029). All Knowledge to All the People. *The Journal of Open Technology*, 1(4). <https://doi.org/10.8423/JOPNTCH.9264-49.2029>
- Dadachova, E., Bryan, R. A., Huang, X., Moadel, T., Schweitzer, A. D., Aisen, P., Nosanchuk, J. D., & Casadevall, A. (2007). Ionizing Radiation Changes the Electronic Properties of Melanin and Enhances the Growth of Melanized Fungi. *PLOS ONE*, 2(5), e457. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0000457>
- Devi, S. (2035). *Integrated Municipal Energy Microgrids In Action* (1st Edition). Open Tech Society, Delhi.
- Díaz, S., Settele, J., Brondízio, E., Ngo, H. T., Guèze, M., Agard, J., Arneth, A., Balvanera, P., Brauman, K., Watson, R., Baste, I., Larigauderie, A., Leadley, P., Pascual, U., Baptiste, B., Dziba, L., Erpul, G., Fazel, A., Fischer, M., ... Vilá, B. (2019). Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services - unedited advance version. 39.
- Doon, R. (2035). *Carbon and Its Malcontents: Reparations for capital gains from fossil extractivism*. Red House.
- Eonas, N. (2045). biomA: An algae-chitosan energy storage production solution. *Designing Breakthrough For The People*, 24. <https://doi.org/10.1580/2207853.2045.1948465>
- Fabre, M. (2032). On the Abolition of Bullshit Industries. *International Journal of Care Work*, 7(8), 20-39. <https://doi.org/10.1180/2307753.2032.1388432>
- Gajda, I., Greenman, J., Melhuish, C., & Ieropoulos, I. (2015). Self-sustainable electricity production from algae grown in a microbial fuel cell system. *Biomass and Bioenergy*, 82, 87-93. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.05.017>
- García-Olivares, A., & Solé, J. (2015). End of growth and the structural instability of capitalism—From capitalism to a Symbiotic Economy. *Futures*, 68, 31-43. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2014.09.004>
- Glaser, B., Haumaier, L., Guggenberger, G., & Zech, W. (2001). The "Terra Preta" phenomenon: A model for sustainable agriculture in the humid tropics. *Naturwissenschaften*, 88(1), 37-41. <https://doi.org/10.1007/s001140000193>
- Gore, A. (2016). The case for optimism on climate change. https://www.ted.com/talks/al_gore_the_case_for_optimism_on_climate_change
- Graeber, D. (2014, March 26). Caring too much. That's the curse of the working classes | David Graeber | Opinion | The Guardian. <https://www.theguardian.com/commentisfree/2014/mar/26/caring-curse-working-class-austerity-solidarity-scourge>
- Graeber, D. (2018). *Bullshit Jobs: A Theory*. Penguin Books, Limited. <https://books.google.no/>

- books?id=uB5kvgAACAAJ
- Hall, S. (2015, October 26). Exxon Knew about Climate Change Almost 40 Years Ago. *Scientific American*. <https://www.scientificamerican.com/article/exxon-knew-about-climate-change-almost-40-years-ago/>
- Hansen, J. (2020, February 3). Climate Models vs. Real World. *Climate Science, Awareness and Solutions*. http://www.columbia.edu/~jeh1/mailings/2020/20200203_ModelsVsWorld.pdf
- Hassan, M. F., Sabri, M. A., Fazal, H., Hafeez, A., Shezad, N., & Hussain, M. (2019). Recent trends in activated carbon fibers production from various precursors and applications—A comparative review. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 104715. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2019.104715>
- Hawken, P. (Ed.). (2018). *Drawdown: The most comprehensive plan ever proposed to roll back global warming*. Penguin Books.
- Hickel, J. (2017). Is global inequality getting better or worse? A critique of the World Bank's convergence narrative. *Third World Quarterly*, 38(10), 2208-2222. <https://doi.org/10.1080/01436597.2017.1333414>
- Hickel, J. (2018). *The Divide: A brief guide to global inequality and its solutions*. William Heineman.
- Hickel, J., & Kallis, G. (2019). Is Green Growth Possible? *New Political Economy*, 0(0), 1-18. <https://doi.org/10.1080/13563467.2019.1598964>
- ICC. (2039). Final Assessment Report to the United Nations Global Climate Assembly on the "Fossil Fascism Complex" and its Crimes Against Humanity: The Donziger Commission (p. 5000) [Summary Report]. International Criminal Court.
- Illich, I. (1980). *Shadow-work*. University of Cape Town.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2018). Global warming of 1.5°C. <http://www.ipcc.ch/report/sr15/>
- Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, I. (2019). Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3553579>
- IPBES. (2043). Summary report of the global reassessment of biodiversity and ecosystem services (p. 39). Intergovernmental Panel on Biodiversity and Ecosystem Services.
- IPCC. (2028). Limiting Global warming to 2°C. Intergovernmental Panel on Climate Change. <http://www.ipcc.ch/report/sr18/>
- Joshi, P. K., Swarup, A., Maheshwari, S., Kumar, R., & Singh, N. (2011). Bioremediation of Heavy Metals in Liquid Media Through Fungi Isolated from Contaminated Sources. *Indian Journal of Microbiology*, 51(4), 482-487. <https://doi.org/10.1007/s12088-011-0110-9>
- Kohtala, C. (2016). Making sustainability: How Fab Labs address environmental issues. Aalto University. <https://aaltodoc.aalto.fi:443/handle/123456789/21755>
- Krets, M. (2048). *Technological Emergence and Exaptation: From Intellectual Property to Collective Knowledge*. Open Tech Society.
- Lai, X. (2056). *The Point Is To Have Fun: Long Term Sustainability and Social Playfulness*. Digua Research Wing.
- Lakota, T. (2125). *Becoming Native: A Study of Transformative Indigeneity*. *International Journal of Care Work*, 100(8).
- Malm, A. & The Zetkin Collective. (2021). *White Skin, Black Fuel: On the Danger of Fossil Fascism*. Verso Books.
- Min, K., & Devi, L. (2052). *The Economics of Soil Nutrition: A study on Anthropocentric value extractivism of soil resources*. Institute of Ecological Economics.
- Mishra, P. (2017). *Age of anger: A history of the present*. Farrar, Straus and Giroux.
- Munda, B. (2058). *The Scortched Earth: Was Capitalism Worth Destroying Indigenism?* (English Reprint). Adivasi Vaani.
- Ngata, K. (2076). *Relmaging Socially Useful Production: Alternatives in the Making* (Centenary edition). International Society for Socially Useful Production.
- Oxfam. (2015). EXTREME CARBON INEQUALITY Why the Paris climate deal must put the poorest, lowest emitting and most vulnerable people first [Data set]. Koninklijke Brill NV. https://doi.org/10.1163/2210-7975_HRD-9824-2015053
- Patel, R., & Moore, J. W. (2017). *A history of the world in seven cheap things: A guide to capitalism, nature, and the future of the planet*. University of California Press.
- Paul, K. (2019, November 4). Microsoft Japan tested a four-day work week and productivity jumped by 40%. *The Guardian*. <http://www.theguardian.com/technology/2019/nov/04/microsoft-japan-four-day-work-week-productivity>
- Polimeni, J. M. (Ed.). (2008). *The Jevons paradox and the myth of resource efficiency improvements*. Earthscan.
- Qu, Y., Li, H., Wang, X., Tian, W., Shi, B., Yao, M., & Zhang, Y. (2019). Bioleaching of Major, Rare Earth, and Radioactive Elements from Red Mud by using Indigenous Chemoheterotrophic Bacterium *Acetobacter* sp. *Minerals*, 9(2), 67. <https://doi.org/10.3390/min9020067>
- Rauf, W. (2064). *The Energy of Climate Breakdown: Of Political Economies and Energy Monopolies*. Union of Concerned Scientists.
- Raymond, D. (2044). *The New Storms of Our Children*. *The Open Sociological Review*, 21(8), 56-98. <https://doi.org/10.1080/2356753.2044.1388432>
- Richardson, L., Weaver, K., & Karup, P. M. (2129). Stability of Climate Systems at 2.5°C. *International Journal of Earth System Dynamics*, 101(12). <https://doi.org/10.931/0/8042753.2129.7892133>
- Ripple, W. J., Wolf, C., Newsome, T. M., Barnard, P., & Moomaw, W. R. (2019). World Scientists' Warning of a Climate Emergency. *BioScience*, biz088. <https://doi.org/10.1093/bioscience/biz088>

- org/10.1093/biosci/biz088
- Ripple, W. J., Wolf, C., Newsome, T. M., Galetti, M., Alamgir, M., Crist, E., Mahmoud, M. I., Laurance, W. F., & 15,364 scientist signatories from 184 countries. (2017). World Scientists' Warning to Humanity: A Second Notice. *BioScience*, 67(12), 1026-1028. <https://doi.org/10.1093/biosci/bix125>
- Robinson, W. I. (2019). Global Capitalist Crisis and Twenty-First Century Fascism: Beyond the Trump Hype. *Science & Society*, 83(2), 155-183. <https://doi.org/10.1521/isis.2019.83.2.155>
- Schneider, N. (2018). Everything for Everyone: The Radical Tradition That Is Shaping the Next Economy. *PublicAffairs*; /z-wcorg/.
- Schwartz, J. (2018, January 20). Paris Climate Deal Is Too Weak to Meet Goals, Report Finds. *The New York Times*. <https://www.nytimes.com/2016/11/17/science/paris-accord-global-warming-iea.html>
- Smith, A. (2014). Socially Useful Production. STEPS Working Paper, 58, 44.
- Speth, J. G. (2021). They Knew: The US Federal Government's Fifty-Year Role in Causing the Climate Crisis. MIT Press.
- Steffen, W., Rockström, J., Richardson, K., Lenton, T. M., Folke, C., Liverman, D., Summerhayes, C. P., Barnosky, A. D., Cornell, S. E., Crucifix, M., Donges, J. F., Fetzer, I., Lade, S. J., Scheffer, M., Winkelmann, R., & Schellnhuber, H. J. (2018). Trajectories of the Earth System in the Anthropocene. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(33), 8252-8259. <https://doi.org/10.1073/pnas.1810141115>
- Thekaekara, M. M. (2019, February 25). A huge land grab is threatening India's tribal people. They need global help | Mari Marcel Thekaekara. *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/commentisfree/2019/feb/25/land-grab-tribal-people-india-ativasi>
- Ubumwe, K. (2114). Centuries of Fossil Guilt: Taking stock of the catastrophic cost to human society from fossil fuel infrastructures. *International Journal of Ecological Economics*, 95(4), 230-267. <https://doi.org/10.1080/1363467.2114.1598964>
- UNDP. (2029). Universal Liveable Income: Global Policy and Implementation Parameters (p. 200) [Summary Report]. UN Climate Action Commission.
- Vanoor, R., Ackman, B., & Qiao, B. (2128). Advances in Mycelial Neurobiology: The Mycelial Neural interface "Brain". *The Journal of Open Neuroscience*, 90(4). <https://doi.org/10.3523/JNEUROSCI.8343-83.2128>
- Vemula, R. (2116). A Centenary of Global Climate Justice: The Legacies of the Treaty of Universal Climate Justice. Blue Future Collective.
- Wallace-Wells, D. (2019). *The uninhabitable earth: Life after warming*. Tim Duggan Books.
- Whiteside, M. D., Werner, G. D. A., Caldas, V. E. A., van't Padje, A., Dupin, S. E., Elbers, B., Bakker, M., Wyatt, G. A. K., Klein, M., Hink, M. A., Postma, M., Vaitla, B., Noë, R., Shimizu, T. S., West, S. A., & Kiers, E. T. (2019). Mycorrhizal Fungi Respond to Resource Inequality by Moving Phosphorus from Rich to Poor Patches across Networks. *Current Biology*, 29(12), 2043-2050.e8. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.04.061>
- Wildschut, D. (2017). The need for citizen science in the transition to a sustainable peer-to-peer-society. *Futures*, 91, 46-52. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2016.11.010>
- Xolotl, D., Wujiwa, P., & Appadurai, N. (2127). Open Borders Accord: A review of the Origins and possibilities for the Future of Global Policy. *Open Journal of Human Geography*, 74(10).
- Xu, Y., Ramanathan, V., & Victor, D. G. (2018). Global warming will happen faster than we think. *Nature*, 564(7734), 30. <https://doi.org/10.1038/d41586-018-07586-5>
- York, R. (2017). Why Petroleum Did Not Save the Whales. *Socius: Sociological Research for a Dynamic World*, 3, 1-13. <https://doi.org/10.1177/2378023117739217>
- Zalasiewicz, J., Williams, M., Waters, C. N., Barnosky, A. D., Palmesino, J., Rönnskog, A.-S., Edgeworth, M., Neal, C., Cearreta, A., Ellis, E. C., Grinevald, J., Haff, P., Sul, J. A. I. do, Jeandel, C., Leinfelder, R., McNeill, J. R., Odada, E., Oreskes, N., Price, S. J., ... Wolfe, A. P. (2016). Scale and diversity of the physical technosphere: A geological perspective: *The Anthropocene Review*. <https://doi.org/10.1177/2053019616677743>
- Zenlin, P. (2109). *The Masisi: Chronicles of Kinship and Radioactive Symbiosis (Vol. 7)*. Open Anthropological Society, Stockholm.
- Zuboff, S. (2019). *The age of surveillance capitalism: The fight for the future at the new frontier of power*. Profile Books.



Walezi wa msitu的回归

插图来自Saphin Alexander

“不再有牺牲的土地, 不再会有牺牲的人。”

--来自《世界气候正义宣言》(2029)



2. 走向陆地：气候恢复区、共生制造和生态系统再生

简介

人类历史的发展主要是在陆地上进行的。然而到了2020年代，人类社会驱动着经济无限增长，这带来了发人深省的现实考验。在陆地生态系统中，生物多样性和生态系统服务（自然界能够为人类生存提供的服务）都在遭到破坏，这或许正是即将发生的事情的预兆——我们的文明才建立起来不久，就将在倒退中土崩瓦解，这也揭示出，人类特有的文明会对自身构成威胁。本章主要聚焦在陆地生态系统，讨论有关第六次大规模灭绝的开始、生物多样性丧失和生态系统服务崩溃的情况。

本章将介绍一些关键的模式、策略和产品，它们往往被忽视，但它们有助于描绘人类在应对陆地生态系统危机时所做的大规模举措，因此至关重要。鉴于目前生物多样性和陆地生态系统的严重衰退，土地退还运动和建立气候恢复区 (Climate Resilience Zones) 变得尤为紧迫且必要，它们对全球的陆地生态系统服务和农业生态计划的再生都起到重要作用。本章将探讨不同时空下的气候恢复区内部的举措，例如蒙巴萨气候恢复区中基于本土合作开发的森林播种装置，以及香港气候恢复区中神圣森林中的互利共生和共生制造文化。

今天，气候恢复区已经发展成为泛原住民自治区，它们是全球原住民管理和共生物质文化发展的避难所。气候恢复区中有许多对社会有益的制造工程的宝贵遗产，它们极大缓解了区域生物多样性和再生土壤生态系统服务的生态压力，确保了全球大量粮食和物质的安全，并成为保护和再生栖息地的中心。人们创造的这些文化是共生的，既具有社会性又具有技术性，它们主要有助于重新定义直接与人类福祉相关的物质、社会和生态足迹，同时增强了彼此的生活质量、社会福祉和气候适应能力。这些新发展会为下个世纪带来深远的可能性和挑战，不同于上个世纪：那时的社会再生和生态再生纠缠在一起，需要人们维持和照顾，才能实现人们在温室地球中繁荣发展的长期目标。

!Kweiten-ta-||kwain

人类学家和桑人的本土编年史，
蒙巴萨人民种子档案馆

Lai Sinn Mei

设计研究员
香港开放设计学会

关键词：

生态系统再生，
气候恢复区，
共生制造，
生物多样性&生态系统服务，
非殖民化，
土地归还

1. 毁坏生命

在这个温室地球上，如果我们希望与我们共同的生态遗产和解，我们必须认识到我们继承的遗产、我们的选择以及它们反过来对我们的选择。这种和解要求我们承认：我们在 22 世纪将会在地球上看到的生态系统服务和生物多样性的复杂程度并非一个必然发生的结果，而是可以通过我们现在的慎重选择所改变的。它们是人类高收入阶层在无节制的发展后所带来的自讨苦吃的结果。在过去的这段时期，人们倾向于拥护持续无限的经济增长，这甚至压倒了对更合理的气候行动的呼吁。直到2019年发布了一份具有里程碑意义的报告，它警告目前的生物多样性和生态系统服务即将到达临界点。在这份报告中我们可以明显看出，经济增长与气候行动二者之间是不相容的（Díaz 等，2019 年）。

该报告的结论非常明确——人类对自然进行了前所未有的开发，导致全球生态系统和生物多样性迅速衰退（Díaz 等人，2019 年）。当时，此类研究大量涌现，研究的惊人发现向人类发出了预先警告：21世纪的世界正在迅速接近多个临界点，整个生态系统似

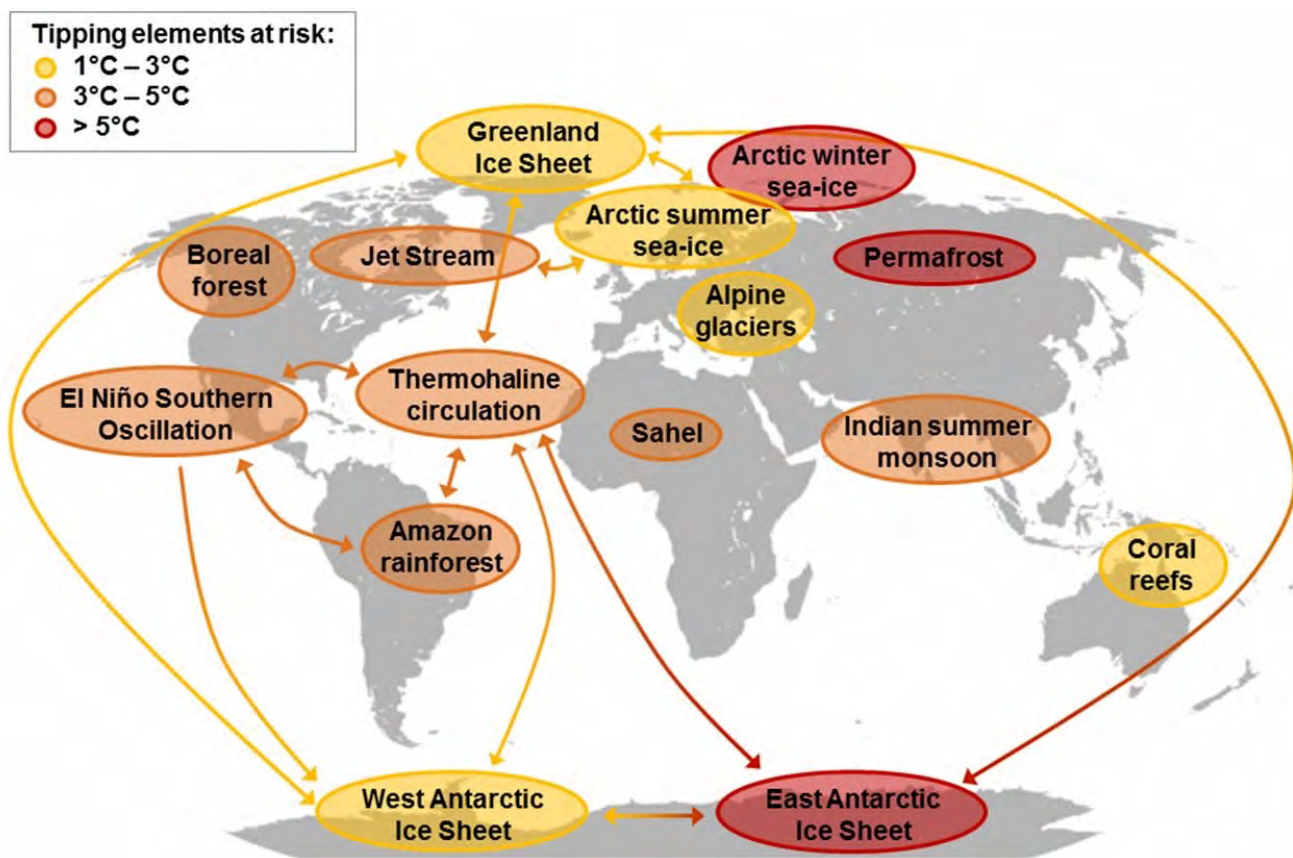


图1 温室地球场景图像中探索的各种临界点 (Steffen等人, 2018)

乎随时有可能崩溃。地球已经濒临险境，并导致了一系列连锁反应——亚马逊热带雨林的火灾、格陵兰冰盖和永久冻土的融化速度已经超过预期。经过上个世纪的环境恶化，气候临界点（图 1）的威胁使地球越来越接近“温室地球”（Raabi 等人，2073 年；Steffen 等人，2018 年）。

1.1. 生物灭绝：生物多样性和生态系统服务

随着全球生物多样性急剧下降，自然界为人类生存提供的生态系统服务也在急剧减少（Díaz等人，2019年）。同时，生物多样性的显著下降（图2）标志着第六次大规模灭绝的开始（Ceballos等人，2017年）。许多因素导致了这些下降：栖息地丧失、社会向集约化农业以及城市化的转变；人类滥用合成杀虫剂和化肥并造成污染；病原体和外来物种入侵；气候变化等（Díaz等人，2019 年；Sánchez-Bayo 和 Wyckhuys，2019 年）。人类社会正面临着粮食生产问题的严重威胁。全球 95% 的粮食供应都来自工业化农业，这意味着全球多达25%的温室气体排放会源于土地开垦、作物生产和化肥。在这些排放量中，有75%来自动物性食品的生产以及食品系统过快的现代化和工业化，这些产业急需持续供应的化石燃料（Davis 等人，2004 年）。

在后来的几年里，随着整个陆地生态系统的破坏（包括土壤枯竭），生物多样性的减少和传粉者种群的崩溃正在降低化石农业单作制的产量（Ray，2019）。一方面，滥用化学杀虫剂导致包括传粉昆虫在内的昆虫数量锐减，化学药品也开始渗入复杂的食物链。另一方面，过度使用的化肥会渗入土壤，剥夺其天然的生物承载力，而这种承载力

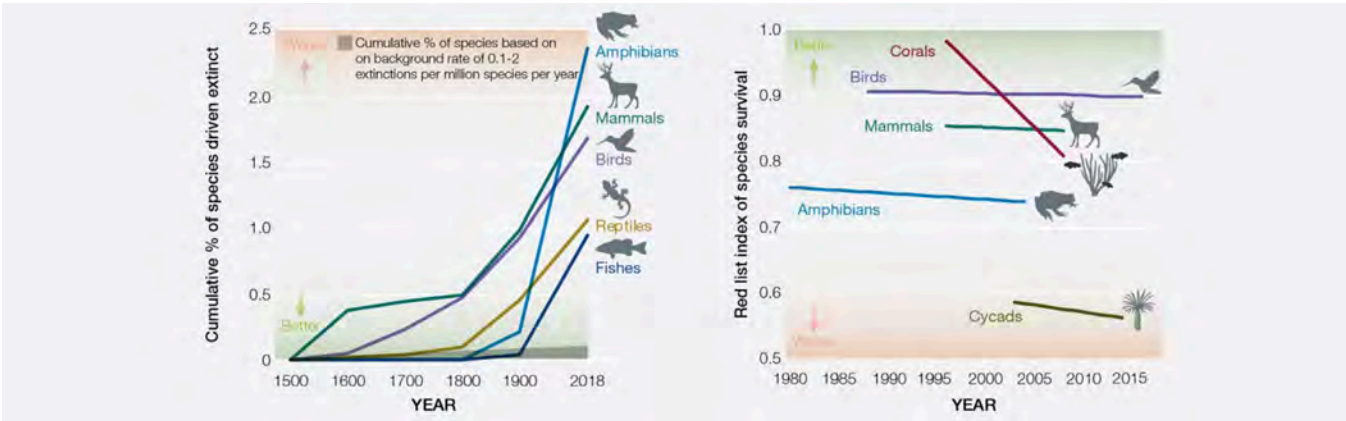


图2:第六次大灭绝事件。(左) 根据1500-2018年的记录, 物种灭绝呈指数增长, (右) 1980-2018年物种生存率下降 (红色名录指数)。图片来自 (Díaz等人, 2019)

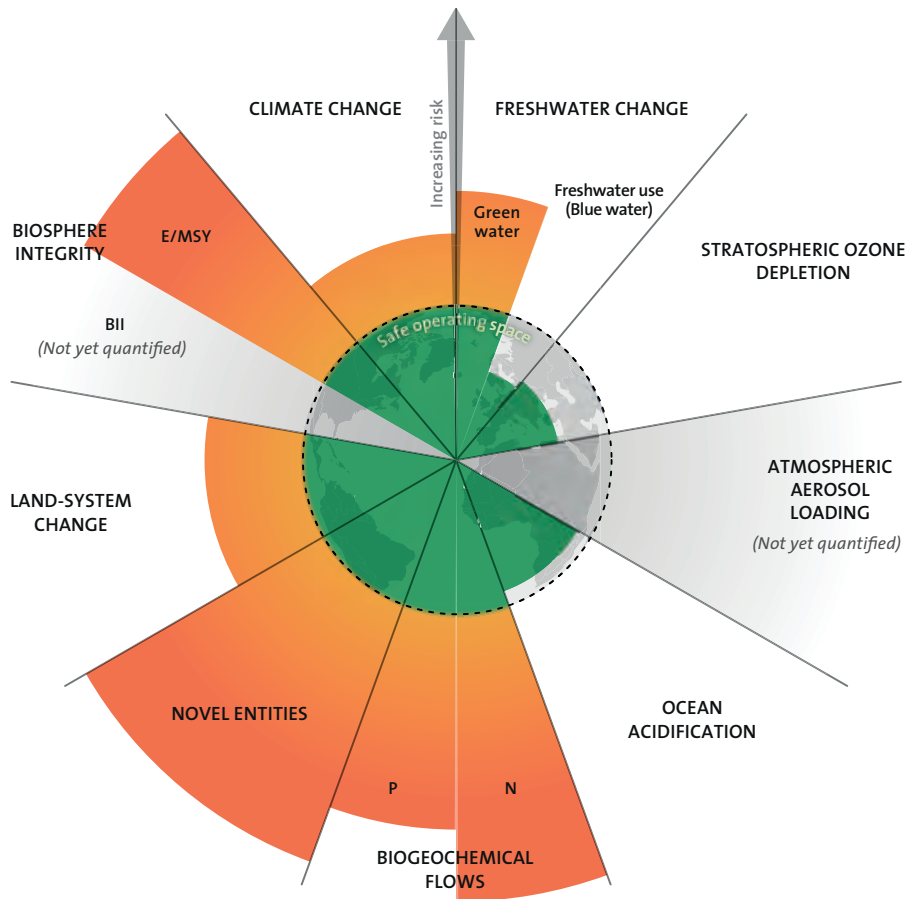


图 3, 2022 年数据的行星边界超调。图片来源: Azote, 斯德哥尔摩复原力中心, 基于 Wang-Erlandsson 等人的分析。(2022年)

本可以用于保留土壤养分。过去, 农业土壤的肥力主要依赖土壤中相关的微生物生态系统, 但经过数十年的密集提取后, 该生态系统已被摧毁殆尽。世界范围内曾经肥沃的土壤生态系统中有大片正在流失其养分承载能力, 它们变得贫瘠, 以致于无法获得短期经济收益。人为排放化石燃料加剧了生态崩溃, 陆地生态系统也在加速被破坏, 这种状况已经持续了几个世纪。这些活动的收益不成比例地流向仅占人口一小部分的高收入人群(联合国教科文组织, 2048)。尽管人们具备以上认知, 但随着保护人类和生态福祉的气候行动正愈发失去话语权, 与气候行动相关的全球机构似乎因最大化积累的持续任务而瘫痪。尽管如此, 全球经济议程似乎并未受到这些生存威胁的影响。在不断的榨取和支配下, 许多关于生物多样性和生态系统服务最坏情况的预测几乎都得到了证实(Maithili 和 Tenzing, 2106)。

在全球经济体制下, 陆地生态系统被剥夺了活力, 沦为商品。生态系统被视为一种一维输入, 对人类而言它们的作用仅仅是在农业和工业单一栽培中生产“食物、饲料、纤维和生物能源”。这些做法正在突破地球的极限(图 3), 侵蚀生态系统的弹性, 甚至危及人类未来的生活质量, 正如目前空气与水的自然循环、大气循环以及生态系统的

栖息地供应都在瓦解那样 (Díaz 等人, 2019 年)。从长远来看, 在这种对资源和资本积累的永久增长和控制的追求下, 生物多样性和生态系统服务都在迅速恶化 (Díaz 等人, 2019 年)。过往和最近的学术研究都恰当地指出, 这是经济体系特有的地方病, 在这个经济体系中, 追求成本和资源控制是短期经济增长不可或缺的部分, 然而对于更长期的挑战, 仅靠改革是不够的 (Maithili & Tenzing, 2106; 帕特尔和摩尔, 2017 年)。

1.2. 恩将仇报

目前的全球粮食系统中, 无论是谷物贸易还是种子贸易, 都被少数强大的私人机构控制着 (Hossain, 2017; Min & Devi, 2052)。这种现状下, 私人机构对政策的决策权和影响力高度集中, 使得围绕工业化农业和有机永续农业的讨论备受争议。然而, 不可否认的是, 生物多样性的丧失和生物圈机能的破坏对维持全球粮食系统的运作影响重大。这是因为在营养物质循环中, 这些生物圈的机能能够维持的生物地球化学流动的平衡 (图 3)。经过数十年人工化石燃料肥料的使用, 土壤流失了其天然的对氮 (D. Chen 等人, 2016 年) 和磷 (Cordell 等人, 2009 年) 等养分的存蓄能力, 而这些物质是土壤肥力和粮食生产所必需的营养素。

此外, 大气中因人为排放而增加的二氧化碳 (CO₂)、甲烷 (CH₄) 和二氧化氮 (N₂O) 绝大部分来自化石燃料的使用, 它们既来自于能源消耗, 也来自土地利用和土地利用变化, 特别是在农业上。排放量的增长破坏了自然状态下的能源动态平衡, 同时迅速击垮了大气中的碳封存能力 (Ciais 等人, 2013 年)。即使到了 2015 年, 土壤生态系统服务的恶化仍在导致全球土壤肥力出现惊人的不稳定程度。过去数十年, 农业活动都是以化石燃料为基础, 这开始严重影响土壤质量, 因此全球主要食物带都面临着农业产量下降的问题 (粮农组织和 ITPS, 2015 年)。许多陆地生态系统都出现了显著的崩溃和临界点, 迫使资源消耗出现前所未有的超载, 远远超出了地球的极限。

然而, 人们必须要问, 尽管对上个世纪日益工业化的全球粮食生产体系存在这些明显的疑虑, 它是否满足了全球人口的营养需求? 如果是这样, 也许人们可以更好地理解它的缺点。当时的研究发现, 世界上约有 11% 的人口营养不良, 20% 的人口因与饮食相关的疾病 (包括营养不良和肥胖) 而过早死亡 (Díaz 等人, 2019 年)。此外, 这些举措在确保种子生物多样性和害虫恢复力方面简直无能得令人震惊。为了最大限度地提高产量, 人类使用了大量的化石肥料和有毒杀虫剂, 但生态系统的恢复力也因此受到侵蚀 (Díaz 等人, 2019 年; Shiva, 2008 年)。因此, 即使世界可以生产足够的食物来养活人类, 这些做法也在破坏土壤的生产力并进一步降低作物产量 (Cordell 等人, 2009 年; Min 和 Devi, 2052 年; Ray, 2019 年)。

然而，人们必须要问，尽管对上个世纪日益工业化的全球粮食生产体系存在这些明显的疑虑，它是否满足了全球人口的营养需求？如果是这样，也许人们可以更好地理解它的缺点。当时的研究发现，世界上约有 11% 的人口营养不良，20% 的人口因与饮食相关的疾病（包括营养不良和肥胖）而过早死亡（Díaz等人，2019年）。此外，这些举措在确保种子生物多样性和害虫恢复力方面简直无能得令人震惊。为了最大限度地提高产量，人类使用了大量的化石肥料和有毒杀虫剂，但生态系统的恢复力也因此受到侵蚀（Díaz 等人，2019年；Shiva, 2008年）。因此，即使世界可以生产足够的食物来养活人类，这些做法也在破坏土壤的生产力并进一步降低作物产量（Cordell 等人，2009年；Min 和 Devi, 2052 年；Ray, 2019 年）。

此外，气候崩溃引发的热浪、干旱和洪水持续降低年收成（Min&Devi, 2052 ; Ray, 2019）。在全球债务大赦之前，拥有小块土地的农民正是掠夺性债务制度的受害者。农民被迫购买专有种子、化肥和杀虫剂来种植单一经济作物。当季节性降雨不足时，收成会受到影响，农民被迫以契约奴役的形式来偿还此类债务（Carleton, 2017 年；Shiva, 2001年）。在极端债务和贫困带来的赤贫威胁下，这些债务螺旋式上升，最终导致贫困农业社会乃至看似发达的工业化经济体普遍存在农民自杀的现象（Carleton, 2017 年）。

1.3. 土地归还：条约破裂和原住民消失

大约在这个时候，人们近乎狂热地推动经济发展，与此同时，全球农业生产力、土壤肥力和生物多样性在迅速下降；而对于地球上仅剩的肥沃土壤，那些原住民管理的土地正在遭受拍卖，用来进行工业开采（Phillips, 2019）。球各地的原住民土地是生物多样性的绿洲和人为碳封存场所（图 4）。作为这样一种安排中的商品，复杂的、相互关联的、代际之间的生态系统分裂了，如森林、沼泽或沼泽，这些丧失彼此联系的实体被纳入工业生产能力的范畴。（Periyar, 2043）。土地的本土再生管理要么被幼稚化，要么被贬为过时的。

然而，历史的轨迹表明，事实可能恰恰相反，人类之外的自然中那些虚幻的“发明”——比如食物、房地产、矿产或木材——反而更为幼稚，尽管它们提供了一些有用的东西，能够为生产的商品创造价值。（Min & Devi , 2052）。当土地变成工业化农场时，是为了它们的生产能力，是该政策内的一种商品，因此它们的目的是盈利（Min & Devi, 2052）。我们现在知道，这样的安排无法生存足够长的时间以避免达到气候系统的热力学极限。利用“非生产性”性质并迫使其进入“生产性”服务，这似乎是一个暂时的目的，这种服务通常倾向于快速、廉价的商品，运往世界各地，然后以同样快的速度

消费, 随后浪费 (Maithili & Tenzing, 2106)。伴随着新自由主义金融化的兴起, 在这个过程的每个阶段, “衍生品市场” 在一系列的繁荣与萧条周期中对地球和社会福祉造成了严重破坏 (Chang, 2012 年; Hera, 2010 年)。然而, 即使生态破坏以前所未有的速度加速 (Ellis-Petersen, 2020 年; Phillips, 2019 年), 民族国家仍在继续划定受保护的原住民土地用于工业和经济开发 (Ellis-Petersen, 2020 年; Phillips, 2019 年; Thekaekara, 2019 年)。具有讽刺意味的是, 鉴于全球利润率下降, 这些政策无法提供巨大的投资回报 (García-Olivares & Solé, 2015; Hickel & Kallis, 2020; Maithili & Tenzing, 2106)。

这些受保护的林地将成为未来工业资源和农业集团扩张的目标, 尽管这些可能是地球上最后一块仍然拥有由原住民管理的原始生物多样性的地区。这些残暴行为始于原住民祖先和祖传土地, 也结束于这些祖传的土地。他们的流离失所和种族灭绝构成了

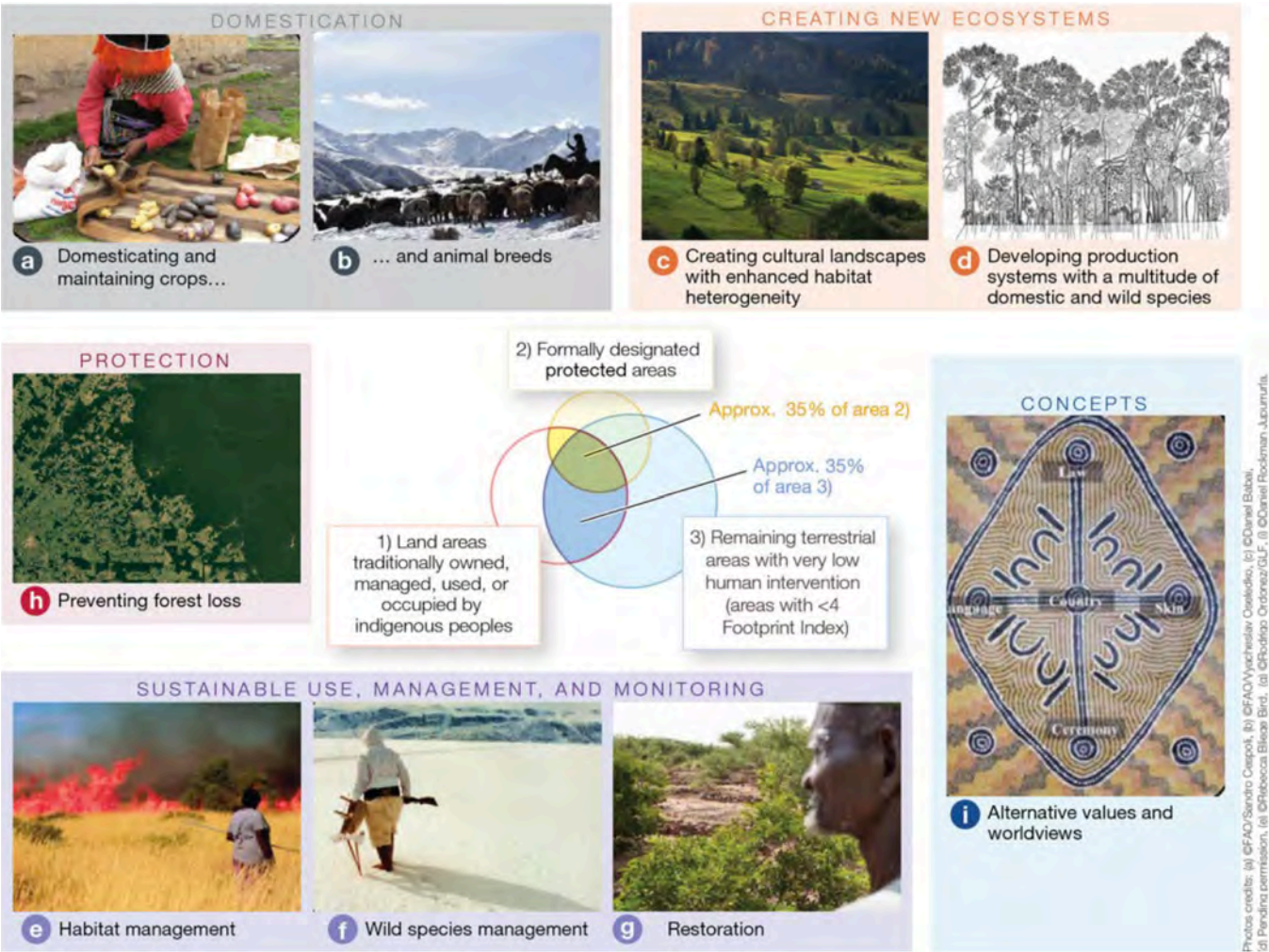


图4. 2019年IPBES报告中将本土知识的贡献作为气候行动的关键策略。图源自 (Díaz et al., 2019)

所谓文明世界的基础，被视为进步的先驱，以消耗赋予其生命的生态系统的能力而备受推崇。此外，随着所谓新自由主义时代的到来，统治和榨取的逻辑转向了人类社会，将社会生活商品化和军事化的后果是深远的。对于那些在几个世纪以来强迫原住民搬迁、进行土地剥夺、最终导致种族灭绝以及原住民大规模流离失所的人来说，这些模式再熟悉不过了。这些经历还伴随着暴力军事化、有毒污染物倾倒以及资源开采对动植物造成的破坏和侵犯 (Thapa, 2047)。鉴于这些困难，原住民土地是生态管理、建设生态系统复原力和保护全球生物多样性的堡垒 (Munda, 2058; Nenquimo, 2020)。这之中尽管存在难以想象的困难，但至少本土性得以保存。

1.4. 合法性危机

很多的这些破坏性倾向都与黑暗的化石资金的政治联盟有共同点，这些政治联盟汇聚资源来镇压民主的进步运动。这些趋势被认为是保护“照常营业”(BAU)的一种反应，因为利润率不断下降，气候恶化的开始有可能导致经济崩溃 (Robinson, 2019)。前所未有的不平等和社会动荡的后果不仅限于社会领域；对脆弱生态系统的持续开采在一定程度上是由于这种后果造成的。2020-2023年的新冠病毒 (COVID19) 大流行以毫不隐晦的方式预先警告了维持这些生态系统服务的重要性，以及这种崩溃可能在相对较短的时间内抵消所有人类进步 (Milanovic, 2020)。随着人们持续破坏森林和陆地生态系统以换取短暂的经济收益，生态系统服务的进一步丧失可能引发更多新的、前所未有的大流行性疾病 (Diaz等人, 2019)。例如，亚马逊雨林正朝着一个不可逆转的方向发展 (Lovejoy&Nobre, 2019年)，很可能成为碳排放源 (Covey等人, 2021)。

鉴于在21世纪初之前，全球气候行动一直受到压制，因此，对公共机构发出实质性指令以应对挑战的希望抱有怀疑是合理的。气候正义运动面临着无情的镇压，往往是同样的体制力量将世界推向生态悬崖 (Maithili&Tenzing, 2106)。社区面临迫在眉睫的生存威胁以及生活质量的崩溃，并且这样的崩溃似乎出现了惯性。除了继续BAU，全球秩序无法找到其他途径 (Maithili&Tenzing, 2106)。这些危机之所以出现，旧的榨取和统治霸权体系拒绝屈服于当时的气候现实，让不同的观点和看法生根发芽，同时侵蚀社会契约 (Robinson, 2019; Torres, 2027)。

面对这些担忧，各机构试图通过非法行动恢复其合法性，以威权回应来接近反对声音，进一步强化去合法化。不久之后，世界各地的社区就开始接受社会契约的消失、宏伟承诺的破灭，最终是气候背叛和无所作为。很快，面对日益严重的气候灾难、全球流行病和独裁政变，公众对机构的信任达到了历史最低水平 (Torres, 2027)。文明似乎与自己长期处于战争状态，肆意蚕食自己，甚至蚕食自己的想象力。当时的社会文化幻想

者在气候宿命论的正常化和理想化中脱颖而出。然而，这些气候灾难对我们的祖先、世界上的穷人、本土人和边缘人来说都是活生生的现实。也许是警示的故事正在成为反动势力。有必要指出的是，早期的反动威权主义运动倾向于夺取民主制度，以重振新殖民主义、民族主义的全球秩序。然而，这些运动在其重压下趋于崩溃，就像它们掌权一样迅速。

2. 再生生命：为全球气候行动恢复社会自由

对于这场“文明危机”，人们能说些什么呢？人类社会在哪里能找到欢乐的形式来避免它的灭亡呢？为了在不可思议的事情中生存下来，我们的祖先不得不做一些不可能的事情——成为地球上土生土长的陆地生物。这需要发现与人类已经疏远的地球生态的新旧协同作用，探索对极端贫困的替代性追求，告别“人类的童年”。

(Graeber&Wengrow, 2021)。在此之前，人们所理解的“文明”的某些发育迟缓、令人衰弱的神话的消失有助于与一个快速转变的自然、关系世界联系起来。

大约在21世纪初，更具变革性的进步联盟也开始扎根。尽管遭到了无情的镇压，但许多抵抗运动正在创造新的恢复途径，社会转折点的可能性仍在不断出现。许多运动致力于社会和经济正义、劳动力动员、本土主权和土地归还、全球正义和气候赔偿、可持续农业、动物权利、粮食主权、农民斗争、公共医疗、废除监狱、取消债务、公民科学、开放知识运动和技术转让，围绕着建立一个新的气候公正的世界而加强 (Hampton & Kuruvila, 2022)。这些运动稳步建立了共识联盟和具有替代性的基础设施，这些基础设施以多种方式存在，作为基于气候正义的替代方案，这些设施正在考虑远离渐进式变革的期望，并坚持推行自己的变革性结构项目 (Hampton&Kuruvila, 2022)。这意味着恢复性正义，结束定居者殖民制度，并确保对全球最脆弱群体的生物多样性和粮食安全进行综合恢复。事实证明，这对应对第六次大规模灭绝至关重要，因为气候系统崩溃导致生态系统和栖息地面临严重压力。在这种情况下，这些交叉运动正在创造新的、基于地方的替代方案，同时通过多种替代形式的互助计划来对抗威权镇压，以应对气候变化。(Vemula, 2016)。在这些新兴联盟中形成的是：普遍的社会契约，以恢复文明生活承诺的、以牺牲他人作为代价的自由生态——这对于实现所需的气候行动目标变得更为关键。

2.1. 重新思考行星经济学

由于公众对机构的信任已毁，社区正在动员和建设替代机构，以满足未满足的需求，通过替代经济模式行使自决权和社区建设。出于担心受到基层组织创造的替

代方案的挑战，联合国紧急情况大会批准了《气候行动相互保证繁荣条约（MAT）》（IPBES, 2028）。这种合法性危机在公共机构制定了具有约束力的条款和承诺之后，也几乎没有在公共话语中出现，因为过去有这么多条约未能提供持久的变革。MAT条约甚至提出了替代治理模式，如全球气候大会，以恢复公众对机构的信任（Dirik&Chen, 2029）。MAT条约是对《全球气候正义条约》（UCJ）的补充。虽然两者都侧重于气候正义和生态补偿，但MAT条约更侧重于土地利用的变化，以恢复公域、生物多样性和生态系统服务，尽管许多人认为这已经为时过晚（Achibe, 2029）。

因此，即使该条约得到充实，全球气候大会（GCA）已经通过国家行为者的政策平台实施了多项绿色经济协议。对这些政策的抵制主要来自富裕的州，或那些打算追求与这些州相似轨迹的州。这条从生物圈中提取出来的致富之路是一条死胡同，因为许多富裕国家都曾经历了一个发展不足的阶段，在这个阶段中经济表现出色，但社会和生态指标却严重下降（Anh, 2028; García-Olivares&Solé, 2015）。这些面临过度发展危机的国家将实施一种缩小生态足迹的“减增长”模式（Hickel, 2020年），这种模式重点关注人类福祉的补救性社会计划，以避免社会崩溃（Anh, 2028年）。起初，它被表现性地接受，并被半推半就地实施。在充分的社会压力下，这一举措已经席卷全球，足以将天平指向气候正义，这在当时的讨论中已经很流行。

将经济增长与物质福祉脱钩意味着基本商品和服务的生产和消费被从市场上剥离，并从根本上转向探索“社会有用的生产”以满足人类基本需求的可能性（Ngata, 2076）。除此之外，在这一新框架中，正式承认了社会再生产基础设施是确保人类福祉的根本，在此之前，这项工作一直由历史上最边缘化的人口统计学专门完成（Graeber, 2014; Stanley等人, 2021）。在此之前，一个经济体只有在找到方法来降低社会再生产成本以维持这种社会经济秩序的情况下，才被认为是全球化意义上的成功。尽管如此，再生基本设施是重建人类社会的基石。此后，UCJ下的《世界气候正义宣言》确保实现普遍可居住收入（UNDP, 2029），而不是更保守的普遍基本收入（Bregman, 2017）。最初的提议遭到了强烈谴责，因为它们指定了大量资金转移，以救助那些首先应对危机负责的冗余行业和经济机构（Lee&Cooper, 2028）。

此外，由于官僚机构中没有考虑到更大范围的群体，因此分配渠道并不理想。与此同时，一些社区和国家拒绝完全参与这一进程。虽然这项政策本身是仓促实施的，这意味着在某些地方，需要数年才能充分感受到其影响，而在其他一些情况下分配的渠道则遭到了破坏。

2.2. 重建社区：恢复社会生活

值得注意的是，尽管整个行业都消失了，且人们离开了不可接受的工作环境，但健康和福祉的社会指标却大幅改善。事后看来这其实并不奇怪。那些宁愿一周工作三天而不顾有保障的生活工资的人在空闲时间从事社会化活动 (Zerrano, 2036)。处于“非生产性”时期的人们在志愿服务和安排社区项目，如langars和其他开放式厨房，采购当地种植的农产品，修复技术文物，建造社会住宅，以及“重建”和恢复密集的城市林业。尽管世界正经历着恶劣的气候不可预测性，但这些志愿团体对社会团体表现出了巨大的治疗价值，越来越多地解决了精神健康危机和大规模气候焦虑。全球经济活动的缓慢反而加快了社会建设，因为人们将精力重新投入社区。在可居住收入不足以解决系统性贫困的地方，普遍社会计划会大幅扩大 (Doon, 2035)。

社区在空闲时间尝试更多自发的行动，例如一些志愿服务项目和再生节。那些旨在再生土壤、发展农业生态食品合作社和重建生态系统的人正在集中资源。社区农业项目被广泛报道，因为它看起来极有可能建立碳封存框架，将大气中的碳送回土壤中。巧合的是，许多这些行动都得到了MAT条约 (IPBES, 2028) 中的条款的支持，社区本能地追求这些条款。贫困的农业社区通过其普遍的可居住收入摆脱了债务陷阱，成为乡村生活文化、知识和生态复兴的支柱。另一方面，随着更多的地方循环经济在全球范围内恢复了城市生活，并使城市变得更加宜居，城市生活转变为不同类型的过渡城镇计划。市场在全球范围内收缩，而随着每周集市成为当地交换经济的中心，当地生产的手工艺品成为社会化交换的手段，当地经济蓬勃发展。城市和农村的社会生活发现了其他表现形式，如节日、艺术、音乐、娱乐体育和其他文化活动以指数级增长的数量出现。

许多这些变化都是在自发的社区志愿活动的帮助下实现的，在这些活动中，人们负责自己的社区空间并追求利益。“公民科学” (Wildschut, 2017) 等开放科学运动在危机期间展现了非凡的前景 (Hussein, 2018)。不久，它们成为支持社区内科学传播和验证的关键平台 (Cuentas等人, 2029)。人们从工作中解脱出来，自发地围绕共同利益组织起来，这些利益主要集中在社会基本工作上，通常是生态恢复和社会正义做志愿者 (Ngata, 2076)。开放技术和开放科学运动产生于这一特定时期，从这些以前的“下级”社区开始蔓延 (Ngata, 2076)。这些由公民科学团体、战争废奴主义者和本土团体组成的彩虹联盟也宣告了“战争经济”的终结 (Vemula, 2116)。

2.3. 土地非殖民化：实现本土主权

在20世纪30年代初，关于生态灭绝的一项关键裁决是起诉了拥有庞大全球网络的

化石燃料机构。他们因将气候行动推迟了几十年并引发了大规模灭绝事件而对其危害人类和地球的罪行负责 (ICC, 2034)。当时许多民族国家的财富都依赖着这些化石燃料网络并建立在这基础上, 这些财富的背后是世界本土人民为了化石和矿物开采而流离失所、灭绝和灭绝, 以发展其政权 (Munda, 2058)。在所谓发展的说辞背后, 我们可以发现一个旨在让化石燃料社会的少数特权阶层受益而牺牲了许多人的利益的系统。在其行动中, 有一条散布着令人震惊的生态灭绝行为的小道, 以丰富少数人的利益。此后, 根据气候赔偿法案, 这种新殖民主义发展模式将被废除。GCA呼吁通过支持土地回归运动、归还本土土地并承认他们是主权地质实体, 为本土人民的流离失所和种族灭绝支付气候赔偿 (UNCAC, 2043)。

化石基础设施的废除从根本上减少了化石排放足迹, 并给众所周知的系统“踩了刹车”。事后看来, 这成了成功的基础, 是改变了工业和农业文明的引擎。在随后的几年中, 化石燃料开采设施在支付赔偿金的同时被全部废除。对于跨国化石农业机构来说, 农业土壤的价值仅与商品所能获得的利润率相同。在化石工业被废除之后, 这些利润微不足道, 因为化石燃料衍生的化肥和杀虫剂的补贴被取消或放弃, 使得工业化农场的产量降低, 财政上不可持续。大片工业农业用地被废弃, 后来被当地的农业生态学家占用, 在大多数情况下, 这些土地归还给了当地人管理。城市和农村社区负责管理这些土地。采用农业生态耕作方法, 当地农场成为粮食种植的替代生态场所。随着时间的推移, 这些遗址成为自然栖息地复兴的避难所。一些参与性经济甚至找到了将普遍利益纳入当地生态农业实践的方法, 以补充和更新土壤, 同时在公正的气候过渡中实现碳负循环。

随着新排放量的大幅下降, 依赖于生态土壤和土地管理的碳减排提案以及全球工业用地管理的收缩, 正在颠覆全球排放的规模。这个问题在IPCC的报告中引人注目地出现了, 但由于引用了现在臭名昭著的碳捕获和存储(CCS)技术, 声称解决了这一难题, 这个问题被一笔带过 (IPCC, 2018)。然而, 在经济增长放缓的情况下, 全球碳减排计划被证明更加合理, 因为经济活动和消费放缓带来的排放减少大大增加了其可能性。随着具有气候适应性的基本基础设施的重新分配扩大, 全球联盟形成, 以响应有意的、社区优先的气候行动的呼吁。社区现在正在慢慢地重新发现和复兴当地的本土知识, 并将其与当时的科学话语相结合, 为实现不可能的削减目标提供了一线希望。本土知识和实践应用于如此大规模的努力。尽管这一过程中存在一些冲突, 但事实证明, 它对于实现生态系统保护、恢复和再生目标, 协调亟需的经济、社会、政治和技术因素的变革非常有效 (Díaz等人, 2019)。

随着这些土地的归还, 主权本土社区完成了一项长期而艰巨的任务, 即恢复他们与被所谓文明社会破坏的陆地生态系统和栖息地的祖先之间的联系。作为这一举措的补充, 治理模式转向了基于人类规模发展的地方复原力和全球公平的内部政策, 以保障气

候赔偿和生态系统再生与人类和社会福祉相结合。这些区域是与当时的科学合作, 通过对本土知识框架的审议来管理的生态系统。随着全球努力拆除建立在公有土地和本土知识私有化基础上的化石农业技术知识产权, 开放的技术转让使这种知识与气候赔偿成为可能 (Cuentas等人, 2029年; Shiva, 2001年)。随着技术转让使知识产权被拆除, 本土知识体系与开放科学运动之间的合作比以往任何时候都更加深切。

2.4 长期碳排放: 重建、生物多样性和农业生态学 (2028-2054)

到21世纪中叶, 全球气候战略正在寻求协同效应, 旨在采取区域和全球一体化的方法来应对气候危机, 实现生物多样性和农业生态。尽管许多人研发了最新的技术, 但最有效的是那些基于传统智慧和当地本土知识开发的技术。这些做法与追求公民科学的网络社区一起, 通过当地规模的永久耕作做法、当地保护和可持续粮食生产做法, 重新构想了依靠再生生态系统的新技术文化。

因此, 再生生态系统服务这一真正艰巨的任务开始了, 这使得已知的健康土壤比大气甚至植被具有更大的碳捕获潜力和能力 (Ciais等人, 2013)。此外, 重新连接世界上的原始森林已经表明其恢复陆地生物多样性的潜力 (Damschen等人, 2019)。一旦再生, 健康的土壤随后可以提供更好的生态系统服务, 包括农业和林业的生物质生产、储存、过滤以及养分和水的转化、生物多样性环境、原材料来源, 以及碳汇 (粮农组织和ITPS, 2035年)。

曾经依赖廉价化石燃料的工业食品系统不再廉价, 并被重新用于社区管理的农林业。这种转变强化了物质生产和消费文化, 这些文化开始融入生态再生的永久性耕作实践。通过可持续的农业、水产养殖和畜牧系统, 保护本地物种和栖息地, 实现了生态恢复。可维持的收入以及当地的生产和消费正在满足人类的基本需求, 并确保分销网络将世界上大约一半营养不良人口的饥饿和营养不足降至历史最低水平。本土土地回归运动的胜利, 以及由于气候赔偿计划而进行的土地再分配, 有助于恢复农村生活, 并大幅减少了这些弱势社区的自杀死亡人数 (Thapa, 2047)。在这一安排下, 粮食系统的本地化和人民种子档案 (PSA) 的建立加强了种子生物多样性和粮食安全, 同时有助于恢复一度被认为失去的生态系统服务 (Naipanoï&Kelmer, 2031)。随着世界各地的农业社区学习和交流农业技术, 分享种子资源和知识, 本土自治区成为其他关键努力的场所。恢复生态系统在恢复数百万最近从工业屠宰场解放出来的牲畜方面发挥了巨大作用。营养模式的急剧变化也影响了牧民运动, 这些运动支持对受保护土地上驯养动物的生态监管, 自然证明对牲畜管理和区域生物多样性恢复具有变革性 (Wu&Young, 2035)。

2.4.1 重建气候恢复区网络 (CRZ)

在过去的一个世纪里,大规模的研究确立了气候赔偿和本土行动之间的深刻关系,它们改变了知识体系的更新,实现了气候目标。在气候赔偿后的世界,研究将建立在本土生态系统管理的隐性知识框架基础上,并以公民科学为基础,以注重生态系统复原力的再生。这些共同繁荣的合作随着建立第一个气候恢复区(CRZ)得以实现,这些区域是在当时兴起的,建立在气候适应实践的本土观点基础上(Goldman, 2028)。这些CRZ的命名是对“经济特区”(SEZ)的引用,经济特区推动了20世纪后半叶的大部分经济发展,其基础是不受管制的工业扩张和增长,作为新殖民主义开采的工具(Neveling, 2015)。因此,这些CRZ是历史上的一个独特举措,它将这些曾经是城市边缘地带的牺牲性死亡地带转变为如今的茂密、泛本土的原始森林。

值得注意的是,第一批CRZ是在蒙巴萨的城市结构周围出现的,当时气候崩溃每年都会以前所未有的飓风肆虐东非地区。正是在这里,许多游击队林业联盟与该地区正在形成的恢复和公民科学运动合作,将在主权本土土地上复活的当地本土知识进行了独特的融合。这些合作试图找出解决生态危机的办法,而每年的飓风季节都在灾难性地增长。虽然大规模的气候迁移迫使一些地区的城市人口减少,但城市内外的一些社区仍然选择坚持下去。尽管本土文化通过其数千年的生活实践已经熟悉了这种整体土地管理做法,但气候和生态破坏造成的快速变化严重威胁到了这一知识。这些生态恢复区实现了长期以来众所周知并被证明可行的再生性城市发展的替代方案,它们共同努力与生态进程合作以恢复生态系统服务。技术性挑战需要互补的知识领域来定位并与其他知识方式共生,以确保行动的持久性。也许正是从这些框架中,蒙巴萨CRZ得以发展,这是第一个记录在案的CRZ案例,它将本土知识与公民科学团体之间的深层联系起来,共同重建周围的森林生态系统。

目前,很多工作是由生活在大蒙巴萨地区的普通人完成的,不为世人所知。这些气候恢复区(Climate Resilience Zones)的森林在过去几十年里急剧恢复,有时在密集的区域甚至连人都难以穿过。而这种随机的、有意的模式是为了帮助保护面临极端飓风的城市和农村基础设施。这些由茂密的原始森林组成的农业生态斑块证实了之前的研究仅暗示的内容(Thom等人, 2019年)。在飓风季节,极其茂密的原始植物斑块交错,很好地消散了风暴的能量,并在季节中提高了气候对干旱和热浪的抵御能力。气候恢复区的森林使社区更具弹性,与当地生态农业、药用植物和工程纤维区域相结合,供当地制造使用。为了进一步保障粮食安全,全球南方的许多城市在未来几年也效仿了这种做法,将人类和森林居住纳入城市版图,相互促进。和当地知识结合起来,作为一种更适

合蒙巴萨进一步发展的务实气候缓解战略——在整个城市内种植茂密的森林带，成为防风林，并作为城市的风暴潮预防战略。

在2030年代上半叶，在全市范围内进行种植茂密的原始森林的社区实验 (Goldman, 2064)。如今，许多原始的森林茂密的生存在人类住区，这要归功于这种造林和重建工作。随着气候恢复区生态系统的扩展，陈旧的城市和工业基础设施被“废弃”，不再需要的城市环境和基础设施开始回收 (Cerano, 2031)。因为本土和联盟曾经开垦过纯混凝土和沥青区域，这些气候恢复区将被建立为保护区，并很快在全世界范围内被采用。这些地区转变为扩大城市社会生活、气候韧性、生物多样性、生态系统再生和当地粮食生产的空间 (Cerano, 2031)。

为了建立气候恢复区，社区必须恢复土壤在化石农业中退化的营养能力。这一复兴是建立在完善的本土实践基础上的，用被称为“生物炭”的碳化物质对土壤进行改良，这些物质被健康的微生物生物激活。从历史上看，得知这种生物炭或生物碳促进了被称为“黑土地”的亚马逊雨林土壤的肥力，并且还可以将碳固存数千年 (Glaser 等人, 2001年)。经过研究表明，这种碳改良土壤可以帮助为需要它的丰富微生物生态系统提供场所 (Hammer et al., 2014; Lehmann & Joseph, 2009; Ngatia等人, 2019)。这种由碳化有机质制成的稳定土壤改剂甚至被认为是一种有效的固碳手段，同时也融入了当地高质量产品的工业生产 (Bates & Draper, 2019)。因此，甚至社会化农业也在以“本土知识体系以及开放科学和开放技术为手段”为前提的更大生态环境中构建。现在气候恢复区是最近从工业肉类工厂解放出来的牲畜的家园，并帮助建立这些地点的进一步野生化，确保了畜牧业对生态系统再生的贡献 (Wu & Young, 2035)。这些气候恢复区与当地永续农业农场的共生培育创造了有利的气候反馈循环。这被证明是在人类活动的协助下，在这些土壤中再生古老微生物生态系统的核心。正如早期干预所表明的那样，重新野生化和重新连接世界上的原生林在恢复生物多样性方面取得了实际突破 (图 4) 和研究表明，一个老的生长周期越长，其积累的碳量就越大 (Tollefson, 2014)。

许多研究证实，土壤中的微生物菌根能够促进健康的农林实践。这些健康的微生物床可以在整体规模上再生生态系统服务，是氮、磷和碳固存的营养交换的更有效媒介 (Whiteside等人, 2019)。此外，随着这些生态系统变得更“老生长”生态系统，其碳封存潜力呈指数级增长，这意味着这些森林的土壤具有比以往任何时候都更强大的碳封存潜力 (Thom等人, 2019; Tollefson, 2014)。当时，确认这些森林生态系统影响的研究在地质尺度上改变了地质尺度上的降水模式 (Kooperman等人, 2018; Popkin, 2018; Steidinger等人, 2019)。直到很久以后，这一气候恢复区的土壤微生物的干预才产生了影响降水和碳循环的整个地质尺度的全球级联效应 (Cech&Tarkovsky, 2108; Goldman, 2064)。尽管这些气候恢复区只是为了看似狭



图5重新连接断开的栖息地加速了生物多样性区域的再生, 有助于旧森林的恢复。图片来源 (Cech & Tarkovsky, 2108)

窄的养分分配和碳封存目标而追求它们, 但其生态系统服务的发展和复兴对多种气候反馈的影响比以往任何时候都要深远。

2.4.2 新蒙巴萨气候恢复区的游击播种者

蒙巴萨气候恢复区及其新原始森林的再生是本土知识体系与当代生态系统恢复力计划之间合作的重要示范。运用整体文化知识来研究和恢复这些具有气候适应能力的原生生态系统成为全球气候恢复区实践的基础。新蒙巴萨气候恢复区在十年的播种努力中长满了茂密的原生森林, 而若自然生长需要数百年的时间。随着开放知识框架的建立, 经验和知识创造了一个基于众所周知的再生实践的成功战略。因此, 气候恢复区试验在蒙巴萨的成功迅速传播到世界其他地区。这种做法呈指数级加速, 并以气候恢复区的形式迅速蔓延, 并在全球广泛复制 (Thapa, 2047)。

帮助重建生长需要一种方法, 使它们在浸出的农业土壤中的共生微生物途径迅速发芽。而传统的工业化耕作方式经常扰乱对森林生态系统再生和建立混农林区至关重要的微生物群落。耕作实践采用了更多的生态实践, 减少了基于重型化石燃料的机械和剥削性的农业劳动力。生态农业、免耕农业可以在“零”农业框架中应用种子球技术 (Fukuoka, 1978年)。种子球丰富了土壤的养分生物承载力, 并允许进行生态农业实践, 他们同时恢复和再生了原始森林有机食品的种植。这些种子球中的每一个都包含为所需的特定生态类型选择的本地种子的特定组合 (图6a)。

原生种子的成球开始于制作提供的生物碳堆肥面团, 即使在最恶劣的条件下, 种子



图6 (a) 由生物碳、接种菌丝体的土壤和堆肥制成的种子球，图片来源：Seedballs Kenya（2014） (b) 生物碳颗粒中的菌根网络随着时间的推移完全融入土壤系统，没有分解的迹象，并通过菌根菌丝（橙色结构）充当养分和水分储存库。图片来源：(Bruckman & Klingmüller, 2014)

也能在这种营养丰富的培养基中发芽。当时的许多研究已经表明，这种生物碳可以进一步“增压”非化石来源的氮和磷等必需营养元素 (Ngatia等人, 2019年; Zhou et al., 2019; Zhu等, 2019)。正如当时所理解的那样，这种生物碳通过建立新的地下土壤菌根的方式进一步增强了种子的营养获取 (图6b) (Whiteside等人, 2019)。某些菌丝体孢子品种是超级森林生长的主要因素 (Tsing, 2015)。根据制图档案记录和本土知识选择本地种子，以鼓励特定于当地生态系统的共生关系。在栖息地不相连的地方，他们种植属于同一生态系统的消失物种的种子球组合。为此，种子档案有助于从历史记录中寻找和恢复曾经被认为丢失的本地物种 (Naipano & Kelmer, 2031)。在其他一些情况下，新的有意物种找到了平衡与人类需求相关的生态系统的方法 (Goldman, 2028)。以更随机的模式种植，模仿了这些种子的自然模式。这种创造性的播撒种子球的方法被称为Miyawaki方法，使森林具有复原力，并引入了生态更新模式固有的一些随机性 (Miyawaki, 1990, 2004)。这种方法对于工业机械来说是一个不那么实用的选择，但是，考虑到再生计划的庞大的规模，“种子球”可以帮助志愿者团体进入的偏远地区。

城市社区见证了重建当地生态系统的集体行动。这些CRZ是恢复生物多样性、建立农林业实践和解决社区营养需求的变革场所。直接但知情的社区行动，如“拆除”前混凝土和钢铁基础设施，从复兴的城市土地上露出土壤 (Cerano, 2031)。在蒙巴萨，许多这项工作是由本土人民、志愿植树造林者和公民科学团体组成的游击队直接行动小组秘密完成的，他们用专门的播种设备开垦之前的生长土壤 (图7)。这些被称为“walezi wa msitu” (斯瓦希里语森林守护者) 的团体长途跋涉穿越该地区，调查和记录当地森林物种，然后开始在蒙巴萨地区培育气候恢复区。walezi wa msitu在当时就明白，恢复原始森林是让这座城市在粮食产品上自给自足并为日益破坏性的飓风季节提供天然屏障的最佳方式。他们开发的播种仪器 (图7) 是当地公民科学和开放技术社区根据该地区



图7是秘密的“walezi wa msitu”的志愿者们的森林播种实践的罕见记录图像之一，他们将在气候恢复区进行广泛种植以恢复食物和生物多样性。图片来源：蒙巴萨开放档案馆 (2064)

当地可用的技术和资源设计的奇妙组合。

在本世纪后半叶，walezi wa msitu的行动变得更加主流，并广泛传播，具有文化背景特征。蒙巴萨气候恢复区的早期成功影响了种子档案的类似修复工作，由本土联盟和当地学术和研究机构创立的让社区能够更快、定型地自动化重新造林老植物的工作方法。

在香港，这些行动采取了空中播种机的形式（图8），并结合了从废弃军工设备的金库中打开的废弃自主技术（Ngata, 2076）。该地区的公民科学团体采取了气候恢复区播种机和自动化流程来进行更有效的再生流程。具有讽刺意味的是，在第六次生物大灭绝导致昆虫数量减少的时期，它们仍被称为“萤火虫”（萤火虫）。如今，最初的森林播种机经受住了时间的考验，甚至在将近一个世纪后仍受用。在温室条件和不可预测的气候周期下，这些播种机为在科技文明的辅助下将脆弱的森林生态系统迁移到适宜的气候带提供了可能性。然而，由于破坏性气候模式对世界各地的生态系统造成破坏，只有在拼命保护生物多样性并缓解这些生态系统的气候压力的情况下，才能做到这一点。即使在



图8加利福尼亚州一个定期的旧生长再生节上的自动“萤火虫”播种机，图片由开放档案馆提供，(2108)

今天，人们也可以看到这些“萤火虫”在森林生态系统发生热死亡的地区忙着种植新的生态系统 (Cech & Tarkovsky, 2108)。

2.5 变革性恢复力: 泛本土自治区域 (2054年起)

LandBack运动和气候恢复区之间的联系正在以多种方式形成。气候恢复区的合法人格权已经根据气候赔偿计划 (UNCAC, 2056) 全面生效。这种做法通过开放知识框架广泛传播, 这些框架帮助社区建立了自己的版本。在重建丰富的森林生态系统的艰巨任务正在进行的同时, 物质文化也在同步发展, 以响应这种向再生实践的转变。这些趋势源于看似务实的决定, 即需要维持、维护和再生气候恢复区作为气候恢复力保险 (Goldman, 2028, 2064)。旧的采掘业工业化范式正在同时转向本地化生产和消费。生产的重点已经从快速、大规模制造、廉价产品和技术的消费市场转移到高质量、本地生产和为社区消费而制造的产品, 这些产品只制造一次, 并连续维持几十年 (L. Chen, 2031; Ngata, 2076)。

虽然基于市场的生产大幅收缩, 以满足非常特殊的需求, 但团结互助经济体为社区一级普遍、基本需求的社会化分配创造了替代模式。在后者中, 物质和技术资源将由开放的知识框架和联合制造设施来实现 (Alex & Mehrawi, 2080)。这种“短路”工业历史的系统性遗迹并解决了生态和社会外部性。这些都与历史上污染严重的大规模制造体系不相容, 后者在市场增长后制造了计划性淘汰, 并持有专有知识专利; 这让位于更大规模的、分布式的、社区运行的制造框架。这些相对较慢的生产过程围绕

着通过设计高质量、可重复使用和可修复的生产方法来减少能源和生态足迹，将旧的工业实践“适应”新的有社会价值的制造系统 (Krets, 2048; Ngata, 2076)。即便如此，事实证明，这些新兴实践有能力和装备为依赖气候恢复区的社会提供物质丰富 (Goldman, 2064)。

2.5.1 互利共生主义的出现：一种自我意识的实践

随着重建工作的全面展开，将以前城市化的景观与陆地地区的主权本土地带连接起来证明是非常成功的。在某些情况下，通过红树林和珊瑚海堤保护陆地和海洋生态系统交汇处的基础设施，正在很好地管理不断上升的海洋对土地的侵蚀。合作志愿者网络结合了气候恢复区的重要修复工作，扩大了该地区的古老神圣森林，取得了巨大成功，并在这些地区创造了前所未有的资源丰富。然而，通往这种富足的道路并非没有摩擦。香港CRZ遇到了某些人群试图获得对公地的独家垄断权。也许是对神话般的过去的向往，某种形式的原始资本积累正在倒退，这种趋势比我们愿意相信的更为普遍。这些行为都有详尽而合理的理由——满足社会的物质需求。当时流行的话语将这些视为试图复兴不分青红皂白的榨取主义的陈旧模式，而这种模式直到最近才出现逆转。这些轨迹预示着又一场奔向悬崖的竞赛。不幸的是，该地区的许多传统制造集团也开始将这些气候恢复区的生态系统视为资源库，他们认为如果必须迅速恢复这些生态系统，就应该对其开放 (Goldman, 2064)。

因此，香港气候恢复区的未来之争发生了奇怪的转折。由于对这些迹象感到沮丧，农林业合作社的彩虹联盟开始占领这些脆弱的生态系统，以保护它们不受资源偷猎者的侵害。在这些占领地点，人们可以看到试图创建联合制造车间的替代方案的进步。这些举措在公民科学和开放知识社区的支持下，研究了替代的联合制造方法。其目的是从这些新的古老生态系统中再生资源，而不仅仅是为了人类消费而支配或开发它们

这些集体提议开发“SymFab”单元 (图9)，通过将多年来在气候恢复区实践的共生制造原则与该地区的联合制造工艺相结合，解决这些紧张局势 (Wong, 2081)。他们参与的共生制造过程仍然基于共生共生的原则，但从根本上重新构想，并与气候恢复区整合，以创建超本地化制造并满足基本社会需求。symfabs或“共生制造单元”是在讨论如何在不破坏脆弱的气候恢复区生态系统的情况下制造该地区所需的材料资源时产生的。因此，气候恢复区的资源能力的限制开启了对气候恢复区内天然纤维和树木树脂的材料科学发展和生态管理的新研究。多年来，这些纤维和植物树脂复合材料的许多配方被开发出来，产生了生物聚合物电池、半导体和树脂基超级电容器以及复合材料构造技术的突破。symfabs充当了人类社会和旧生长体之间的间隙，以促进气候恢复区生态系



图9 a) 森林居民正在维护Sym Fab装置。b) 制造豆荚嫁接到一个古老的生长生态系统中,体现了共生共生。图片作者(乔和萨哈罗夫, 2093)

统之间的相互再生,通过“growing”技术物质文化来协调制造需求,以确保社会和生态组合的相互繁荣。

互惠共生是指人类与非人类组合中,有机体或生态系统的相互再生和繁荣。在这些生态组合中,有现象表明,一个有机体通过与其他有机体的纠缠关系来繁荣和自我再生的自主性,而其他生物可以同意和适应这种自我再生。在共生协议下,如果一个生态系统要满足人类社会的物质需求,那么首先我们必须了解这些行为是否适应整个大生态系统。生态系统意识到这些纠缠的关系,并在有人类影响的繁荣过程中发挥作用,这一点直到最近才得到证实(Vanoor等人, 2128)。通过监测导致活体“共生计算”系统的间质菌根界面网络,人们已经观察到了互惠共生关系(Vanoor等人, 2128)。

我们应该时刻牢记目标,即在相互繁荣和相互尊重的责任基础上建立一种互利共生关系。我们所讨论到的非人类有机体不会仅仅因为人类利益而受到贬低。该系统以互利共生为前提,因为多余的有机碳化材料将被加工成原料,再由看护人进一步加工为碳纤维复合材料产品。一些热解物质将被磨碎,并由看护人接种微生物以进一步扩大森林的生态系统,并在“萤火虫”自动播种机的帮助下进行生态系统的再生。因此,本地生产和消费的每一个行为相当于是一个潜在相互再生的生态系统。而这些单位仅限于对小

规模高科技制造有益。所采用的加工过程采用依赖类型系统,以保护与其作用的生物体的健康,确保与生物体间的关系为互利共生而非寄生,因为寄生关系会危及生物体和生态系统(Qiao & Sakharov, 2093)。

2.5.2 气候恢复区(CRZs)内的共生制造

共生制造是一系列看似完全不同的描述制造方法的过程,这些方法既来自于共生互利现象,又使人们对该现象有了更好的理解。在人类有意识的调解下,这些古老的生态系统开始复苏,开启了不同于气候恢复区(CRZs)的可能性(Qiao & Sakharov, 2093)。实现这些物质文化的一些方法在21世纪初就已被提出(Haneef 等人, 2017),只是在后来更开放的技术框架下才开始达到实质性的成熟(Eonas, 2045)。共生制造工艺作为一种过时方法而发展起来的,奇怪的是,它从当时的前沿科学和看似古老的传统中借用了概念。这些方法的范围包括基于生物原料热解分解的生物复合材料和储能应用(Lam等人, 2019; Vold, 2015; Wang等人, 2013),基于菌丝体的制造技术(Anandhavelu等人, 2017; Attias等人, 2017; Subban等人, 1996),甚至是基于粘土的陶瓷电极技术(Ghidiu等人, 2014)。这些加工过程在气候恢复区(CRZs)实践中被探索和认识,即使在诸多物理和电化学特性略微改动的情况下也同样适用。

实质上, symfabs是从21世纪早期的3D打印技术发展而来的,这种技术工具被公民科学运动重新利用,其包括一系列的生物打印、半导体和制造过程。symfab发射仓附着在特定的树种上,因为这些树种有独特的萜类物质和树脂。在生物体上进行的程序是严格在互利的基础上进行的,在某种程度上优先考虑生态系统的福祉。因此,只有当森林达到一定的成熟度时,才能连接发射仓,将它们的配件嫁接到树干上,以确保向系统稳定供应树脂。“森林人”开发了精密的技能和工具,直接将发射仓安全地嫁接到树干的毛细血管中,因为发射仓生物体的纤维素在它们周围长出了茧状物质。只要这些仓体装置能够生产少量必要的树脂并就地加工来调整至其理想特性,那么它们就能固定在特定的树木上。3D打印功能被安置在小型多功能单元中,与特定物种生物同步,并生成具有微调材料属性的人工制品。综合热解室产生生物碳以及有机物质的残余能量和热量,这些能量和热量可在本地获得,并由管理和照料这些设施的专家清除。热解过程提供热量,可为制造所需商品和修复受损设备的3D打印系统提供动力。

纤维素纤维(图10a)和萜烯树脂的热解碳化和石墨化副产物直接从特定的植物种类加工而成。它们针对特殊的物理化学和光电特性进行了“微调”,以确保探索生物复合材料和生物电子应用的不同特性(图 10b)。在某些情况下,有机纤维,如来自生态养殖场的麻和竹,成为先进电子应用中制造高质量碳纤维原料的前体。有趣的是,这些工艺

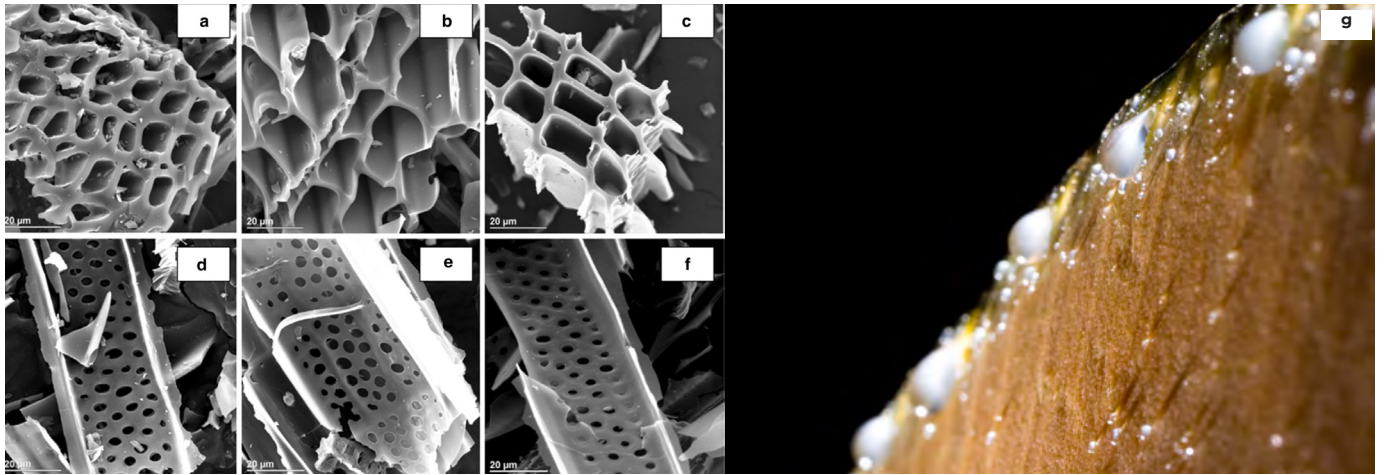


图 10 a-f) 使用微波热解从有机来源生产碳纳米纤维的成熟方法。图片来源 (Lam 等人, 2019)。g) 在树脉中发现的天然萜烯树脂经过绿色化学和大气石墨烯进一步处理, 在现场生产与 Sacred 森林有关的先进复合材料技术。图片来自 Ivan Radic。

曾经是化石燃料衍生聚合物行业的封闭式知识产权, 其如今已变得过时。这些技术和材料工艺的扩散产生了高质量的材料, 可在气候恢复区 (CRZs) 生态系统中就地加工, 这些生态系统现在对公共土地开放。即使历史记录不详, 但最近的学术研究已经追溯到了一种被称为“共生制造”的技术, 并且试图将其整理核对。然而, 这种现象有着许多不同的区域命名法 (Khan & Shah, 2127)。

几十年后, “森林人”仍然占据着这些遗址, 并继续与古老的植物对话。他们对互惠再生的奉献精神已经扩展到其他气候恢复区 (CRZs)。这种合作引发了急剧转变, 使其朝着重新设想的社会化探索发展, 并重新定义了开放知识结构的目的, 从而向更大的社会开放科学和技术追求。在这些地区, 当地传说大多将互利共生现象归因于可以“治愈”物体的活树林。除了认知上的细微差别, 这些在社会和文化结构中产生了显著的涟漪效应, 因为今天当地人将这些 symfabs 称为“圣地”, 带来了他们需要修复的旧的和损坏的人工制品或设备。当然, 这一切都归功于这些创造性职业的集体创造力, 以发现新的巧妙方法来再生和维持这些新的物质文化。

3. 讨论

自从令人震惊的生物多样性报告发布并确认地球正在进入第六次物种大灭绝以来, 已经过去了一个多世纪 (Díaz 等人, 2019)。当我们沿着温室地球这条未知的道路跌跌撞撞时, 地球生态系统的健康状况仍然岌岌可危。然而, 大气中二氧化碳浓度的状态呈现出喜忧参半的情况。在 2020 年代初期, 二氧化碳浓度已达到 420ppm, 远远超出了维持人类文明的安全运行限度, 并预计到 2100 年将超过 500ppm。但意想不到的是, 这个数字在 2063 年夏天就达到了, 同时气候恢复区 (CRZs) 项目也正在加速推进。对气候恢复区 (CRZs) 的研究聚焦招来了一些批评, 人们认为单靠土壤碳无法补偿大气

中的化石碳 (Carrington, 2021)。今天,也许正是由于这些综合文化生态系统的转变,最新测量结果显示二氧化碳浓度已降至 350-360ppm (图 11)。然而,人类文明能否自我救赎,实现长期复苏,仍是一个悬而未决的问题。

然而,我们最好承认并接受措辞谨慎的恢复故事。如今,随着受保护生物多样性区域的栖息地重新野化,泛本土保护区成为世界上连接气候恢复区 (CRZs) 栖息地的最大的陆地生态走廊,并且一直在不断扩大。鉴于现有的地理空间调查非常有限,我们对这些区域规模的认识仍十分有限 (Balan 等人, 2126)。也许只有时间才能证明陆地生物多样性和生态系统服务是否会完全恢复。在过去的一个世纪里,许多脆弱的物种和生态系统在这些气候恢复区 (CRZs) 中找到了临时避难所。但这些生态再生地在今天已经不再与人类居住的区域作区分了。许多蓬勃发展的新老再生地已经成为许多文化的圣地,并被赋予了人格权。通过当地人民和当地社区之间世代代的合作,这些社区已经表现出与土地紧密相连的原住民关系。我们需要进一步的研究来证实,第六次大灭绝中的生物圈再生是否值得我们努力恢复地球上一些受损的生态系统。

茂密的原始森林的复兴和野化产生了地质力量,推动了世界其他地区降水的重要变化,形成了降雨模式。如今的观察证实了曾经只是微不足道的 (Popkin, 2018), 以及知之甚少的事情 (Garcia 等人, 2016; Kooperman 等人, 2018)。这些新的地质格式塔让生态系统得以实现更大程度的复苏。虽然现在讨论因栖息地丧失而消失的物种是否会再次出现还为时过早,但值得注意的是,森林生态系统已经对文明的变化做出了反应,并在一些地方与生物多样性一起回归,这似乎与观察结果一致。这些气候恢复的地带已经成为开放的牧区,提供给曾经从旧工厂屠宰场解放出来的牲畜。其中许多地区已经发展了他们的通俗物质文化,其中处于气候恢复区的各行各业继续发展其方法和技术。与此同时,在他们的照料下,森林也随之茂盛起来。

然而,我们认为也许该颂扬时代潮流中这一非常关键的转变。人们普遍认识到,人类文明的社会和生态福祉与生态丰富性直接相容,在很大程度上可以归功于气候恢复区 (CRZs)。气候恢复区表明,即使在高科技文化中,也可以通过世界观的本土化来实现这一点,以揭示其他形式的认知和存在。(Lakota, 2125)。这种知识创造的本土化和重建社会的努力已经深深地渗透到区域的视角中。开放的知识框架只会进一步加速社区本身的物质和本体论现实的转变。社会正在有自我意识地重新设计事物间的关联和文明的布置 (Goldman, 2064)。那么,这些场所成为“共生制造”过程中的肥沃土壤也就不足为奇了 (Qiao & Sakharov, 2093)。

直到最近,在成功恢复新的森林生态系统数十年后,我们才知道为什么它们被证明对气候变化和热死亡更有适应能力,并且与古代世界的旧生长生态系统具有相似的特征

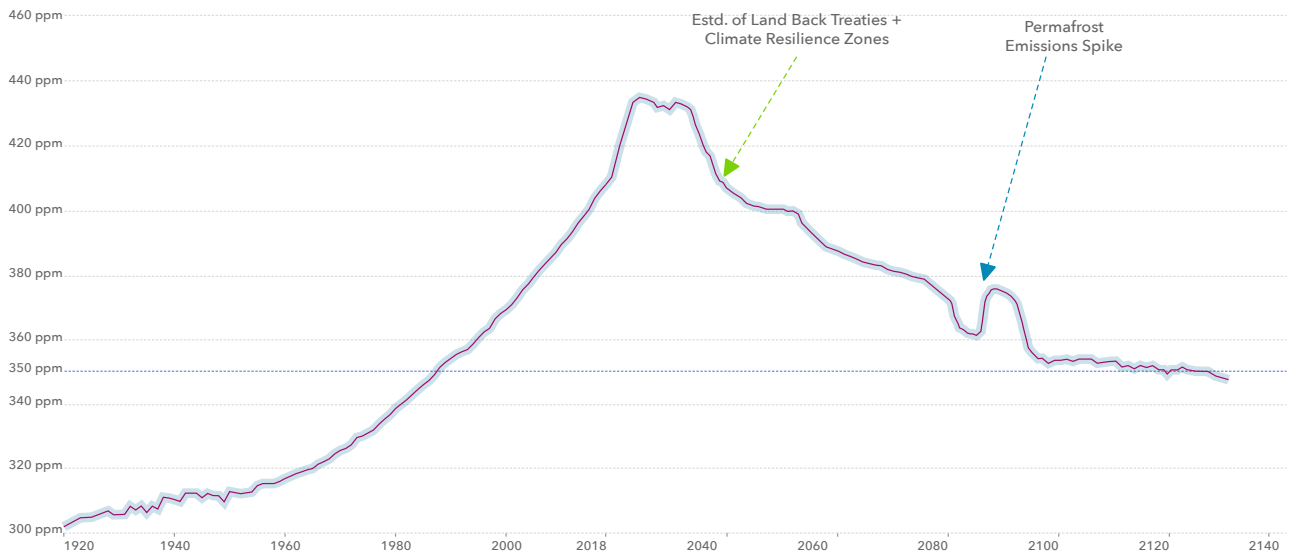


图11两个世纪以来大气二氧化碳的上升、抵消和抑制。图片来源 (Richardson等人, 2129)

(Cech & Tarkovsky, 2108)。这一时期发现的许多科学和技术突破的发展基本上都是通过 these 渠道和后来被称作“护理机构”的东西实现的 (拉科塔, 2125)。这些变革的发生主要是由于关爱阶层的作用, 他们在历史上被排斥在研究和学术追求之外, 并以平等身份参与其中 (Goldman, 2064; Mirza, 2067)。今天, 气候恢复区的遗产不能与这些背景分开, 它可能被更好地理解以前没有见过的共生生态和文化再生的重新出现的核点。如今, 气候恢复区的遗存离不开这些背景, 其可以更好理解为共生生态的重现与前所未见的文化复兴这二者的集结点。

因此, 尽管地球是温室, 但人类文明已经使农村生态恢复活力, 最终缓解了城市生态系统的压力。最新的观察证实, 这些基于生态系统的文化满足了人类社会满足者的基本物质基础, 并使人们自由地追求休闲生活和其他创造性的努力 (Devassy & Cole, 2130), 也许这需要在本章所重构的变革背景下加以理解。在复杂的历史紧张局势中, 一个更适合居住的世界出现了——一个被我们不断创造和改造的世界。尽管在同一时期, 生物多样性和生态系统服务一直在稳步恢复, 人类社会的文明足迹也在急剧收缩。和我们的祖先一样, 没有理由相信这是我们参与的终点。

22世纪的社会在主要社会指标上平均趋于大幅转变, 然而它也是在一个技术解放的文化下完成的。这些转变意味着在管理模式下高质量物质产品的闭环工业制造和消费, 以及“陆地”形式的知识制造和共生形式的制造。然而必须指出的是, 尽管取得了许多积极进展, 但我们必须保持谨慎, 向前迈进, 因为只有通过重新构想对生态和社会正义的赔偿, 这些战略才能取得成果。我们的立场是, 如果人类社会制度再次回到统治和剥削的非人性逻辑, 我们今天看到的这种进步可能会消失, 一切都将化为乌有。因此, 我们呼吁时刻保持警惕, 以确保我们今天享有的来之不易的社会自由能够代代相传, 确保留给后代的远不止温室地球。

参考文献 (第二章)

- Achibe, V. (2029, January 12). Is the Treaty on Universal Climate Justice too little too late? *The New York Times*. <https://www.nytimes.com/2029/01/12/magazine/universal-climate-justice.html>
- Alex, P., & Mehrawi, C. (2080). Beyond Market Economics: Human Welfare through Mutual Aid and Gifting Economies in Climate Resilience Zones. *Open Journal of Human Geography*, 78(3), 34-89.
- Anandhavelu, S., Dhanasekaran, V., Sethuraman, V., & Park, H. J. (2017). Chitin and Chitosan Based Hybrid Nanocomposites for Super Capacitor Applications. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 17(2), 1321-1328. <https://doi.org/10.1166/jnn.2017.12721>
- Anh, D. (2028). The Paradox of Underdeveloping Nations: Understanding Collapsing Social Indicators in Global North with Increasing Economic Growth. *Ecology and Society*, 33(4).
- Attias, N., Danai, O., Ezov, N., Tarazi, E., & Grobman, J. (2017, September 6). Developing novel applications of mycelium based bio-composite materials for design and architecture.
- Balan, V., Mathew, T., & Fernandes, D. (2126). Trajectories of Space Exploration in a Post Kessler World. *International Journal of Orbital Mechanics*, 97(12). <https://doi.org/10.9780/8713253.2126.8268432>
- Bates, A., & Draper, K. (2019). *Burn: Using Fire to Cool the Earth*. Chelsea Green Publishing.
- Bregman, R. (2017, March 2). Want utopia? Start with universal basic income and a 15-hour work week. *Wired UK*. <https://www.wired.co.uk/article/universal-basic-income-utopia>
- Bruckman, V., & Klinglmüller, M. (2014). Potentials to Mitigate Climate Change Using Biochar—The Austrian Perspective. *IUFRO Occasional Papers*, 27, 1-23.
- Carleton, T. A. (2017). Crop-damaging temperatures increase suicide rates in India. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(33), 8746-8751. <https://doi.org/10.1073/pnas.1701354114>
- Carrington, D. (2021, March 24). One of Earth's giant carbon sinks may have been overestimated—Study. *The Guardian*. <http://www.theguardian.com/environment/2021/mar/24/soils-ability-to-absorb-carbon-emissions-may-be-overestimated-study>
- Ceballos, G., Ehrlich, P. R., & Dirzo, R. (2017). Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(30), E6089-E6096. <https://doi.org/10.1073/pnas.1704949114>
- Cech, E., & Tarkovsky, Y. (2108). Reviving Ecosystems After Heat Death: Strategic Leverage Points for Regeneration. *Open Journal of Ecosystem Regeneration*, 72(1). <https://doi.org/10.3523/OJECOREGEN.2389-92.2093>
- Ceranos, P. (2031). Depaving: A Methodological review and strategies for Open Architecture practise. In *Open Source Urbanism: Designing Climate Resilient Cities* (Vol. 3). Open Architecture Collective, Verona.
- Chang, H.-J. (2012). *23 things they don't tell you about capitalism*. Bloomsbury Press.
- Chen, D., Ng, E. L., & Edis, R. (2016, December 4). Nitrogen pollution: The forgotten element of climate change. *The Conversation*. <http://theconversation.com/nitrogen-pollution-the-forgotten-element-of-climate-change-69348>
- Chen, L. (2031). The Slow Fabrication Movement: New Perspectives on Technological Progress. *The Journal of Socially Useful Production*, 3(6). <https://doi.org/10.8423/JSUPRDN.9264-43.2031>
- Ciais, P., Sabine, C., Bala, G., Bopp, L., Brovkin, V., Canadell, J., Chhabra, A., DeFries, R., Galloway, J., Heimann, M., Jones, C., Quéré, C. L., Myneni, R. B., Piao, S., & Thornton, P. (2013). Carbon and Other Biogeochemical Cycles. In *Climate Change 2013 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 465-570). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.015>
- Cordell, D., Drangert, J.-O., & White, S. (2009). The story of phosphorus: Global food security and food for thought. *Global Environmental Change*, 19(2), 292-305. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.10.009>
- Covey, K., Soper, F., Pangala, S., Bernardino, A., Pagliaro, Z., Basso, L., Cassol, H., Fearnside, P., Navarrete, D., Novoa, S., Sawakuchi, H., Lovejoy, T., Marengo, J., Peres, C. A., Baillie, J., Bernasconi, P., Camargo, J., Freitas, C., Hoffman, B., ... Elmore, A. (2021). Carbon and Beyond: The Biogeochemistry of Climate in a Rapidly Changing Amazon. *Frontiers in Forests and Global Change*, 4. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2021.618401>
- Cuentas, L., Chen, L., & Trommen, G. (2029). All Knowledge to All the People. *The Journal of Open Technology*, 1(4). <https://doi.org/10.8423/JOPNTCH.9264-49.2029>
- Damschen, E. I., Brudvig, L. A., Burt, M. A., Fletcher, R. J., Haddad, N. M., Levey, D. J., Orrock, J. L., Resasco, J., & Tewksbury, J. J. (2019). Ongoing accumulation of plant diversity through habitat connectivity in an 18-year experiment. *Science*, 365(6460), 1478. <https://doi.org/10.1126/science.aax8992>
- Davis, D. R., Epp, M. D., & Riordan, H. D. (2004). Changes in USDA food composition data for 43 garden crops, 1950 to 1999. *Journal of the American College of Nutrition*, 23(6), 669-682. <https://doi.org/10.1080/07315724.2004.10719409>
- Devassy, Z., & Cole, L. (2130). Rethinking Human Progress: Mapping Social Indicators of Liberty, Social Cohesion and Global Happiness Indices 2125-2130. *Open Journal of Human Geography*, 128(1), 120-147.
- Díaz, S., Settele, J., Brondízio, E., Ngo, H. T., Guèze, M., Agard, J., Arneth, A., Balvanera, P., Brauman, K., Watson, R., Baste, I., Larigauderie, A., Leadley, P., Pascual, U., Baptiste, B., Dziba, L., Erpul, G., Fazel, A., Fischer, M., ... Vilá, B. (2019). Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services – unedited advance version. 39.
- Dirik, D., & Chen, A. (2029). *Global Climate Assemblies: A Comprehensive Guide to People's Governance for*

- Climate Justice. UN Climate Action Commission.
- Doon, R. (2035). Carbon and Its Malcontents: Reparations for capital gains from fossil extractivism. Red House.
- Ellis-Petersen, H. (2020, August 8). India plans to fell ancient forest to create 40 new coalfields. *The Guardian*. <http://www.theguardian.com/world/2020/aug/08/india-prime-minister-narendra-modi-plans-to-fell-ancient-forest-to-create-40-new-coal-fields>
- Eonas, N. (2045). biomA: An algae-chitosan energy storage production solution. *Designing Breakthrough For The People*, 24. <https://doi.org/10.1580/2207853.2045.1948465>
- FAO and ITPS. (2015). Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report (p. 650). Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils. <http://www.fao.org/3/i5199e/i5199e.pdf>
- FAO and ITPS. (2035). Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report (p. 874). Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils. <http://www.fao.org/7/i3289e/i8229e.pdf>
- Fukuoka, M. (1978). The one-straw revolution: An introduction to natural farming.
- Garcia, E. S., Swann, A. L. S., Villegas, J. C., Breshears, D. D., Law, D. J., Saleska, S. R., & Stark, S. C. (2016). Synergistic Eoclimate Teleconnections from Forest Loss in Different Regions Structure Global Ecological Responses. *PLOS ONE*, 11(11), 1–12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165042>
- García-Olivares, A., & Solé, J. (2015). End of growth and the structural instability of capitalism—From capitalism to a Symbiotic Economy. *Futures*, 68, 31–43. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2014.09.004>
- Ghidiu, M., Lukatskaya, M. R., Zhao, M.-Q., Gogotsi, Y., & Barsoum, M. W. (2014). Conductive two-dimensional titanium carbide 'clay' with high volumetric capacitance. *Nature*, 516(7529), 78–81. <https://doi.org/10.1038/nature13970>
- Glaser, B., Haumaier, L., Guggenberger, G., & Zech, W. (2001). The "Terra Preta" phenomenon: A model for sustainable agriculture in the humid tropics. *Naturwissenschaften*, 88(1), 37–41. <https://doi.org/10.1007/s001140000193>
- Goldman, F. (2028). Climate Resilient Zones: A post-Capitalist Development Policy for Planetary Ecological Crises. In *The Universal Declaration of Climate Justice*. Union of Concerned Scientists.
- Goldman, F. (2064). Revisiting Climate Resilient Zones: Developments in Global Climate Action and their Outcomes. *Open Journal of Ecosystem Regeneration*, 29(6).
- Graeber, D. (2014, March 26). Caring too much. That's the curse of the working classes | David Graeber | Opinion | *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/commentisfree/2014/mar/26/caring-curse-working-class-austerity-solidarity-scurge>
- Graeber, D., & Wengrow, D. (2021). *The Dawn of Everything: A New History of Humanity* (First American edition). Farrar, Straus and Giroux.
- Hammer, E. C., Balogh-Brunstad, Z., Jakobsen, I., Olsson, P. A., Stipp, S. L. S., & Rillig, M. C. (2014). A mycorrhizal fungus grows on biochar and captures phosphorus from its surfaces. *Soil Biology and Biochemistry*, 77, 252–260. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.06.012>
- Hampton, M., & Kuruwila, C. (2092). *The Pluriverse: Rainbow Intersectionality beyond a Counterhegemonic Practise*. EZLN.
- Haneef, M., Ceseracciu, L., Canale, C., Bayer, I. S., Heredia-Guerrero, J. A., & Athanassiou, A. (2017). Advanced Materials From Fungal Mycelium: Fabrication and Tuning of Physical Properties. *Scientific Reports*, 7, 41292.
- Hawken, P. (Ed.). (2018). *Drawdown: The most comprehensive plan ever proposed to roll back global warming*. Penguin Books.
- Hera, R. (2010, May 11). Forget About Housing, The Real Cause Of The Crisis Was OTC Derivatives. *Business Insider*. <https://www.businessinsider.com/bubble-derivatives-otc-2010-5>
- Hickel, J. (2016). The true extent of global poverty and hunger: Questioning the good news narrative of the Millennium Development Goals. *Third World Quarterly*, 37(5), 1–19. <https://doi.org/10.1080/01436597.2015.1109439>
- Hickel, J. (2020). Less is more: How degrowth will save the world. William Heinemann.
- Hickel, J., & Kallis, G. (2020). Is Green Growth Possible? *New Political Economy*, 25(4), 469–486. <https://doi.org/10.1080/13563467.2019.1598964>
- Hossain, N. 2017. Inequality, hunger, and malnutrition: Power matters. In *2017 Global Hunger Index: The inequalities of hunger*. Chapter 3 P 24–29. Washington, D.C.; Bonn; and Dublin: International Food Policy Research Institute, Welthungerhilfe, and Concern Worldwide. https://doi.org/10.2499/9780896292710_03
- Hussein, S. (2018, March 11). "Citizen scientists" track radiation seven years after Fukushima. <https://phys.org/news/2018-03-citizen-scientists-track-years-fukushima.html>
- ICC. (2034). International Criminal Court Ruling on Ecocide: Investigation into Climate Propaganda and Fascist forces 1977-2034. International Criminal Court.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2018). Global warming of 1.5°C. <http://www.ipcc.ch/report/sr15/>
- IPBES. (2028). *Treaty on Mutually Assured Thriving: A Global Plan of Action* (p. 432). Intergovernmental Panel on Biodiversity and Ecosystem Services.
- Khan, I., & Shah, R. (2127). *Collected Works of Symbiotic Fabrication Technologies: Asia Archive Edition*. Open Tech Society, Ahmedabad.
- Kooperman, G. J., Chen, Y., Hoffman, F. M., Koven, C. D., Lindsay, K., Pritchard, M. S., Swann, A. L. S., & Randerson, J. T. (2018). Forest response to rising CO₂ drives zonally asymmetric rainfall change over tropical land. *Nature Climate Change*, 8(5), 434–440. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0144-7>

- Krets, M. (2048). Technological Emergence and Exaptation: From Intellectual Property to Collective Knowledge. Open Tech Society.
- Lakota, T. (2125). Becoming Native: A Study of Transformative Indigeneity. *International Journal of Care Work*, 100(8).
- Lam, S. S., Azwar, E., Peng, W., Tsang, Y. F., Ma, N. L., Liu, Z., Park, Y.-K., & Kwon, E. E. (2019). Cleaner conversion of bamboo into carbon fibre with favourable physicochemical and capacitive properties via microwave pyrolysis combining with solvent extraction and chemical impregnation. *Journal of Cleaner Production*, 236, 117692. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117692>
- Lee, E., & Cooper, T. (2028). *Capital Flight or Fight: Declining Rates of Profit, Universal Income and Capitalist Self-Preservation*. Verso.
- Lehmann, J., & Joseph, S. (2009). *Biochar for environmental management*. Earthscan London.
- Lovejoy, T. E., & Nobre, C. (2019). Amazon tipping point: Last chance for action. *Science Advances*, 5(12), eaba2949. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aba2949>
- Maithili, M., & Tenzing, J. (2106). *The Capitalocene: An Economic History of Primitive Accumulation, Climate Breakdown and Social Collapse*. Institute of Alternative Economics.
- Milanovic, B. (2020, March 19). *The Real Pandemic Danger Is Social Collapse*. *Foreign Affairs*. <https://www.foreignaffairs.com/articles/2020-03-19/real-pandemic-danger-social-collapse>
- Min, K., & Devi, L. (2052). *The Economics of Soil Nutrition: A study on Anthropocentric value extractivism of soil resources*. Institute of Ecological Economics.
- Mirza, K. (2067). *Climate Action: Gendered Justice, Liberation and Care*. Open Anthropological Society, Tehran.
- Miyawaki, A. (1999). *Creative Ecology: Restoration of Native Forests by Native Trees*. *Plant Biotechnology*, 16(1), 15–25. <https://doi.org/10.5511/plantbiotechnology.16.15>
- Miyawaki, A. (2004). *Restoration of living environment based on vegetation ecology: Theory and practice*. *Ecological Research*, 19(1), 83–90. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1703.2003.00606.x>
- Munda, B. (2058). *The Scortched Earth: Was Capitalism Worth Destroying Indigenism? (English Reprint)*. Adivasi Vaani.
- Naipano, & Kelmer, B. (2031). *People's Seed Archives: A Biodiversity Regeneration Initiative*. *Open Journal of Biodiversity and Ecosystem Services*, 7(2).
- Nenquimo, N. (2020, October 12). *This is my message to the western world - your civilisation is killing life on Earth | Amazon rainforest | The Guardian*. <https://www.theguardian.com/commentisfree/2020/oct/12/western-worldyour-civilisation-killing-life-on-earth-indigenous-amazon-planet>
- Neveling, P. (2015). *Export Processing Zones, Special Economic Zones, and the Long March of Capitalist Development Policies during the Cold War*. In *Decolonization and the Cold War: Negotiating Independence*. Bloomsbury Academic. <https://doi.org/10.5040/9781474210591>
- Ngata, K. (2076). *ReImagining Socially Useful Production: Alternatives in the Making (Centenary edition)*. International Society for Socially Useful Production.
- Ngatia, L. W., Iii, J. M. G., Moriasi, D., Bolques, A., Osei, G. K., & Taylor, R. W. (2019). *Biochar Phosphorus Sorption-Desorption: Potential Phosphorus Eutrophication Mitigation Strategy*. *Biochar - An Imperative Amendment for Soil and the Environment*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.82092>
- Oxfam. (2015). *EXTREME CARBON INEQUALITY Why the Paris climate deal must put the poorest, lowest emitting and most vulnerable people first [Data set]*. Koninklijke Brill NV. https://doi.org/10.1163/2210-7975_HRD-9824-2015053
- Patel, R., & Moore, J. W. (2017). *A history of the world in seven cheap things: A guide to capitalism, nature, and the future of the planet*. University of California Press.
- Periyar, P. (2043). *Perspectives on Terrestrial Economics: The Fight to preserve Unproductive Nature*. Zero Farming Society.
- Phillips, D. (2019, July 19). *Bolsonaro declares "the Amazon is ours" and calls deforestation data "lies."* *The Guardian*. <http://www.theguardian.com/world/2019/jul/19/jair-bolsonaro-brazil-amazon-rainforest-deforestation>
- Popkin, B. (2018, October 9). *Forests Emerge as a Major Overlooked Climate Factor*. *Quanta Magazine*. <https://www.quantamagazine.org/forests-emerge-as-a-major-overlooked-climate-factor-20181009/>
- Qiao, B., & Sakharov, S. (2093). *Symbiotic Mutualism phenomenon as observed in Climate Resilience Zones*. *Open Journal of Ecosystem Regeneration*, 57(4). <https://doi.org/10.3523/OJECOREGEN.2389-92.2093>
- Raabi, Q., Lundkvist, R., Vaidya, W., & Shah, E. (2073). *Ecosystem Dynamics of a Hothouse Earth*. *Journal of Climate Dynamics*, 45(6). <https://doi.org/10.2923/JCDNM.2434-83.2073>
- Ray, D. (2019, July 9). *Climate change is affecting crop yields and reducing global food supplies*. <https://theconversation.com/climate-change-is-affecting-crop-yields-and-reducing-global-food-supplies-118897>
- Richardson, L., Weaver, K., & Karup, P. M. (2129). *Stability of Climate Systems at 2.5°C*. *International Journal of Earth System Dynamics*, 101(12). <https://doi.org/10.9310/8042753.2129.7892133>
- Robinson, W. I. (2019). *Global Capitalist Crisis and Twenty-First Century Fascism: Beyond the Trump Hype*. *Science & Society*, 83(2), 155–183. <https://doi.org/10.1521/siso.2019.83.2.155>
- Sánchez-Bayo, F., & Wyckhuys, K. A. G. (2019). *Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers*. *Biological Conservation*, 232, 8–27. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.020>
- Shiva, V. (2001). *Protect or plunder? : Understanding intellectual property rights*. Zed Books.

- Shiva, V. (2008). *Soil not oil: Climate change, peak oil, and food insecurity*. Zed Books.
- Stanley, I., Buller, A., & Mathew, L. (2021). *Caring for the earth, caring for each other: An industrial strategy for adult social care* (p. 41). Common Wealth & Centre for Local Economic Strategies.
- Steffen, W., Rockström, J., Richardson, K., Lenton, T. M., Folke, C., Liverman, D., Summerhayes, C. P., Barnosky, A. D., Cornell, S. E., Crucifix, M., Donges, J. F., Fetzer, I., Lade, S. J., Scheffer, M., Winkelmann, R., & Schellnhuber, H. J. (2018). Trajectories of the Earth System in the Anthropocene. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(33), 8252–8259. <https://doi.org/10.1073/pnas.1810141115>
- Steidinger, B. S., Crowther, T. W., Liang, J., Van Nuland, M. E., Werner, G. D. A., Reich, P. B., Nabuurs, G. J., de-Miguel, S., Zhou, M., Picard, N., Herault, B., Zhao, X., Zhang, C., Routh, D., & Peay, K. G. (2019). Climatic controls of decomposition drive the global biogeography of forest-tree symbioses. *Nature*, 569(7756), 404–408. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1128-0>
- Subban, R. H. Y., Arof, A. K., & Radhakrishna, S. (1996). Polymer batteries with chitosan electrolyte mixed with sodium perchlorate. *Materials Science and Engineering: B*, 38(1), 156–160. [https://doi.org/10.1016/0921-5107\(95\)01508-6](https://doi.org/10.1016/0921-5107(95)01508-6)
- Thapa, B. (2047). *Indigenous Life and Rural India: A Post-Climate Reparations Review*. People's Archive of Rural India (PARI).
- Thekaekara, M. M. (2019, February 25). A huge land grab is threatening India's tribal people. They need global help | Mari Marcel Thekaekara. *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/commentisfree/2019/feb/25/land-grab-tribal-people-india-advansi>
- Thom, D., Golivets, M., Edling, L., Meigs, G. W., Gourevitch, J. D., Sonter, L. J., Galford, G. L., & Keeton, W. S. (2019). The climate sensitivity of carbon, timber, and species richness covaries with forest age in boreal-temperate North America. *Global Change Biology*, 25(7), 2446–2458. <https://doi.org/10.1111/gcb.14656>
- Tollefson, J. (2014). Tree growth never slows. *Nature News*. <https://doi.org/10.1038/nature.2014.14536>
- Torres, F. (2027). *Global Collapse in Trust of Public Institutions: A Review and its Remedial Solutions*. *Global Governance and Policy*, 33(4), 137–144.
- Tsing, A. L. (2015). *The mushroom at the end of the world on the possibility of life in capitalist ruins*. <http://portal.igpublish.com/iglibrary/search/PUPB0004227.html>
- Ubumwe, K. (2114). Centuries of Fossil Guilt: Taking stock of the catastrophic cost to human society from fossil fuel infrastructures. *International Journal of Ecological Economics*, 95(4), 230–267. <https://doi.org/10.1080/13563467.2114.1598964>
- UNCAC. (2043). *Global Reparations for Genocide of Indigenous Peoples and Erasure of Indigenous Cultures* (p. 211). UN Climate Action Commission.
- UNCAC. (2056). *Declaration of Right To Personhood for Ecosystems* (p. 211). UN Climate Action Commission.
- UNDP. (2029). *Universal Liveable Income: Global Policy and Implementation Parameters* (p. 200) [Summary Report]. UN Climate Action Commission.
- UNESCO. (2048). *World Climate Inequality Report* (p. 300). Intergovernmental Panel on Rapid Climate Action.
- Vanoor, R., Ackman, B., & Qiao, B. (2128). Advances in Mycelial Neurobiology: The Mycelial Neural interface “Brain”. *The Journal of Open Neuroscience*, 90(4). <https://doi.org/10.3523/JNEUROSCI.8343-83.2128>
- Vemula, R. (2116). *A Centenary of Global Climate Justice: The Legacies of the Treaty of Universal Climate Justice*. Blue Future Collective.
- Vold, J. L. L. (2015). *Microwave Torrefaction of Natural Fibers for Incorporation into Engineering Thermoplastic Biocomposites*. <https://library.ndsu.edu/ir/handle/10365/24819>
- Wang, H., Xu, Z., Kohandehghan, A., Li, Z., Cui, K., Tan, X., Stephenson, T. J., King'ondo, C. K., Holt, C. M. B., Olsen, B. C., Tak, J. K., Harfield, D., Anyia, A. O., & Mitlin, D. (2013). Interconnected Carbon Nanosheets Derived from Hemp for Ultrafast Supercapacitors with High Energy. *ACS Nano*, 7(6), 5131–5141. <https://doi.org/10.1021/nn400731g>
- Wang-Erlandsson, L., Tobian, A., van der Ent, R. J., Fetzer, I., te Wierik, S., Porkka, M., Staal, A., Jaramillo, F., Dahlmann, H., Singh, C., Greve, P., Gerten, D., Keys, P. W., Gleeson, T., Cornell, S. E., Steffen, W., Bai, X., & Rockström, J. (2022). A planetary boundary for green water. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1–13. <https://doi.org/10.1038/s43017-022-00287-8>
- Whiteside, M. D., Werner, G. D. A., Caldas, V. E. A., van't Padje, A., Dupin, S. E., Elbers, B., Bakker, M., Wyatt, G. A. K., Klein, M., Hink, M. A., Postma, M., Vaitla, B., Noë, R., Shimizu, T. S., West, S. A., & Kiers, E. T. (2019). Mycorrhizal Fungi Respond to Resource Inequality by Moving Phosphorus from Rich to Poor Patches across Networks. *Current Biology*, 29(12), 2043–2050.e8. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.04.061>
- Wildschut, D. (2017). The need for citizen science in the transition to a sustainable peer-to-peer-society. *Futures*, 91, 46–52. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2016.11.010>
- Wong, N. (2081). *SymFabs: Introduction to Symbitronic Fabrication Methods, Processes and Material Development* (p. 24). Open Design Society, Hong Kong.
- Wu, N., & Young, T. (2035). *Beyond Indignant Slaughter: The case for Climate Reparations for Industrial Farm Animals*. ALF.
- Zerrano, P. (2036). Comparative Assessment of Global Social Indicators and Global Happiness Indices: 2031–2036. *Open Journal of Human Geography*, 33(4), 23–65.
- Zhou, L., Xu, D., Li, Y., Pan, Q., Wang, J., Xue, L., & Howard, A. (2019). Phosphorus and Nitrogen Adsorption Capacities of Biochars Derived from Feedstocks at Different Pyrolysis Temperatures. *Water*, 11(8), 1559. <https://doi.org/10.3390/w11081559>
- Zhu, Y., Tang, W., Jin, X., & Shan, B. (2019). Using biochar capping to reduce nitrogen release from sediments in eutrophic lakes. *Science of The Total Environment*, 646, 93–104. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.277>



日常生活的管理

插图来自Sephin Alexander

“我们以往一直被教导‘要保证自己在餐桌前有一席之地’，但这餐桌是用我们祖先的骨头制成的，并被涂上了受奴役者的鲜血。在某个时刻，我们厌倦了谈论各自的席位，并转而开始毁坏餐桌。”

——Aruká Juma 和 Anahira Watene, 来自《保卫土地和水域：争取本土主权和自治权的斗争》(2041)



3. 超越“雾件”：铭记蓝色赔偿计划

介绍

在大约35亿年的时间里，地球上的地表水孕育了原始条件，所有已知和未知的生命都是从这里产生的。在这些地质框架内，人类实验从无数偶然的进化分叉中出现，整个文明都从这些分叉中诞生。即使静止在地质永恒的状态中，这颗蓝色的星球也见证了无数个时代的过去。直到最近，我们对宏大历史性的流行观点才认为，我们的文明是建立在永恒和永久基础上的必然特征，而不是一套处于永久脆弱状态的安排，需要不断的照顾，更不用说共生了。如今迎来了 22 世纪的温室气候，人们发现人类文明的特征散落在地球的水文系统中。到21世纪中叶，全球海洋系统已经吸收了来自人类化石排放的大部分能量，同时准备突破几个气候临界点，并在此过程中威胁到地球水圈的循环机制。

本章讨论了21世纪全球蓝色赔偿联盟和气候正义运动的遗产，其行动从根本上改变和重塑了22世纪气候恢复力的社会政治结构。蓝色赔偿计划是在更宏大的背景及其他计划中建立的，作为干预措施来保护、复兴和再生处于濒危状态的淡水、冰川和海洋生态系统。我们的讨论将通过某些技术原型来探讨这一点，这些技术原型几乎完全是本土开发、本地生产的，并且基于当时可用的最先进的开放科学知识。其中包括用于印度-恒河平原的“生物矿化器”生物修复稀土矿物，通过备受争议的“造雨者”装置收集大气河流和建造人工冰川，以及在孙德尔班恢复珊瑚海屏障的电气化复合“黑珊瑚”礁。我们可以蓝色赔偿计划中的一些战略和人工制品所提供的说明中吸取许多教训。冰冻圈生态系统的恢复速度最慢，其努力尚未取得长期成果。

Razia Jaladas

高级研究员，
班达尔班海洋生物多样性中心

Ton Konpa

气候人类学家
达卡大学

Maung Saw Chowdhury

班达尔班开放技术协会设计历史学家，
拉玛-吉大港分部，

关键词：

气候变化
水的补偿
珊瑚的恢复
冰川的恢复
珊瑚礁
冰冻圈

1. 蓝色星球上的生命：从持续丰富到突然失调

历史上，人类社会在所有阶段都与水保持着亲密关系。水一直与人类的本能密不可分，不断提醒我们与地球的进化联系。然而，在过去的几个世纪，甚至可能是几千年，这种联系在生物圈中显示出了异常。地球上的生物圈被贬低为一种可供消费的资源，被视为地球文明外一种无生命的物体，只能被大众消费。人类似乎在故意对这种富有生机的液体“杀毒消菌”。全球生态系统的经济开采和工业商品化正在破坏全球淡水、冰川和海洋生态系统的生态能力。以下内容是我们的一次尝试，意在努力理清这个生态灭绝实验的错综复杂的情形，以及改变它的必要途径。

通过对旧冰芯数据的同位素组成进行光谱分析，现存的古气候档案帮助我们拼凑出了一个跨越数十万年的故事。从分析中可以了解到，在末次冰期期间(120,000-11,000年前)，我们知道发生了超过20个气候变暖的突发时期，其被称为丹斯加德-奥施格尔(Dansgaard-Oeschger, 简称为D-O)事件(Dansgaard, 1985)。正是在这样的D-O事件期间，格陵兰岛的温度的每十年偏差在过去的六万年中首次超过了1摄氏度的。纵观人类历史，上一次观察到这种变化是在大约12500年前。上一个“冰河时代”的冰川最大值让被一个更温暖的星球替代，人类文明就是从那时诞生的。因此，虽然突然的气候变化似乎是地球时间尺度上的普遍现象，但过去一个世纪的人类活动迫使系统发生变化，而这种变化无法仅从冰芯数据进行定性解释。

越来越明显的是，全球变暖正在演变为远不止“突发性气候变化”的水平，这是一个极具争议的术语，其描述了外部强迫引起的气候系统的非线性反应(Jansen等人, 2020年)。虽然在地质过去没有外部强迫的情况下，海洋、大气和海冰系统的内部机制发生了突变，但这种突变归因于过量的全球化石排放，并因此被注意到(IPCC, 2028; Jansen等人, 2020年)。气候系统进入一个新的“稳定状态”的转变发生在一个时间尺度上，比任何可能达到的负责任的强迫水平都要快(Raabi等, 2073)。地球上各种气候机制的这种特征性的相变，确保了在广阔的文明时间线上保持稳定的平衡。

然而，随着气候系统的突然变化，水圈和冰冻圈的基本机制正在瓦解。随之而来的是全新世时代的稳定，使人类文明的演绎成为可能。然而，随着以化石碳排放为动力的生态灭绝的出现，这种稳定性不再是地球水文系统潜在循环动力的既定、颠倒和突破的阈值。

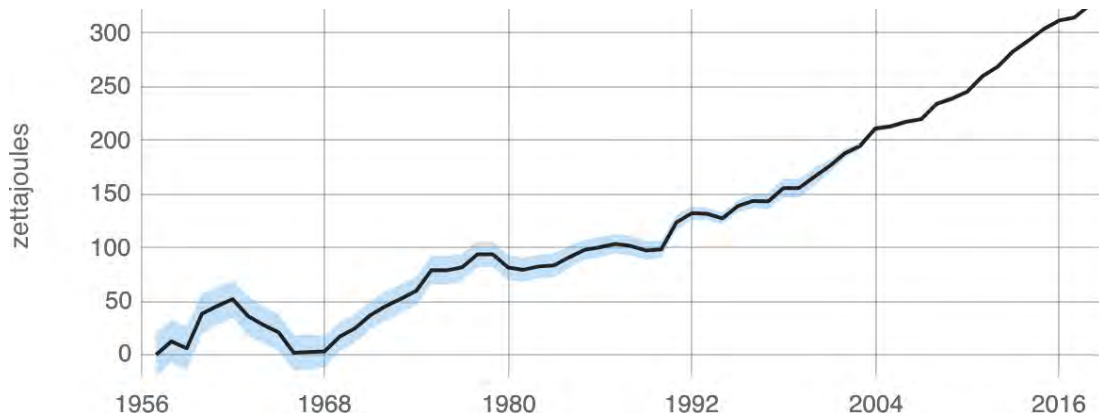


图1 2020年的数据显示, 海洋吸收的全球海洋热含量急剧增长。图片来自NOAA/NCEI 世界海洋数据库 (2021)

1.1.冰冻圈动力学

随着全球变暖趋势在 21 世纪初显著加速极地冰融化和冰川灭绝, 全球气候突变最早的迹象在冰冻圈中越来越明显 (Engel, 2019)。水元素具有非常高的熔化和蒸发潜热能力。水在发生相移之前需要吸收大量的热能, 如果这个相移发生在地质尺度上, 则会加热地球上的水体。随着全球工业文明的出现, 大约百分之九十的化石燃料热能会被不间断地泵入海洋, 从而扰乱地球的热调节机制 (图1)。海洋吸收的多余热能导致冰冻圈正在融化, 在此之前, 冰冻圈减缓了全球变暖的影响, 但这个作用正在迅速瓦解。

据当时的保守估计, 自19世纪以来, 海洋吸收的这种热能的平均值约为每秒一颗核弹爆炸所产生的能量 (Carrington, 2019a)。然而, 这是150年来的平均估计值; 在上个世纪初, 估计值接近每秒 8 颗原子弹爆炸所产生的能量, 这表明了行星热机正在以指数级增长(图1)。在这样的变化趋势下, 不可预见的行星热机临界点和突变揭示了这些看似稳定的状态是多么脆弱。到21世纪初, 这种过剩的能量也在海洋中深度饱和, 达到了地球上的整个水体反过来迅速使地球变暖的临界点(Cheng等人, 2020)。

早期的学术研究警告说, 每年的冰雪面积正在急剧减少, 尤其是在北半球 (Fountain, 2020 ; Gilbert & Kittel, 2021; Mallett 等人, 2021)。极地冰盖惊人的融化速度导致冰雪覆盖的体积、变化和范围空前地大幅度减少, 进一步破坏了它们在气候系统中的关键作用。地球两极的破坏是一个关键的转折点, 可能会破坏地球的热量、营养物质和沉积物循环(Mallett等人, 2021)。由于它们的面积大, 但体积相对较小, 它们在全球范围内的相互作用和反馈, 包括太阳反射率和海洋热管理系统, 都处于危险之中。21世纪, 海洋变暖严重破坏了两极的冰层形成模式(图2 a,b)。南极洲和格陵兰岛两大大陆冰盖以及世界各地的高海拔山地冰川生态系统影响了几千到几百万年的地质尺度上的全球气候系统。

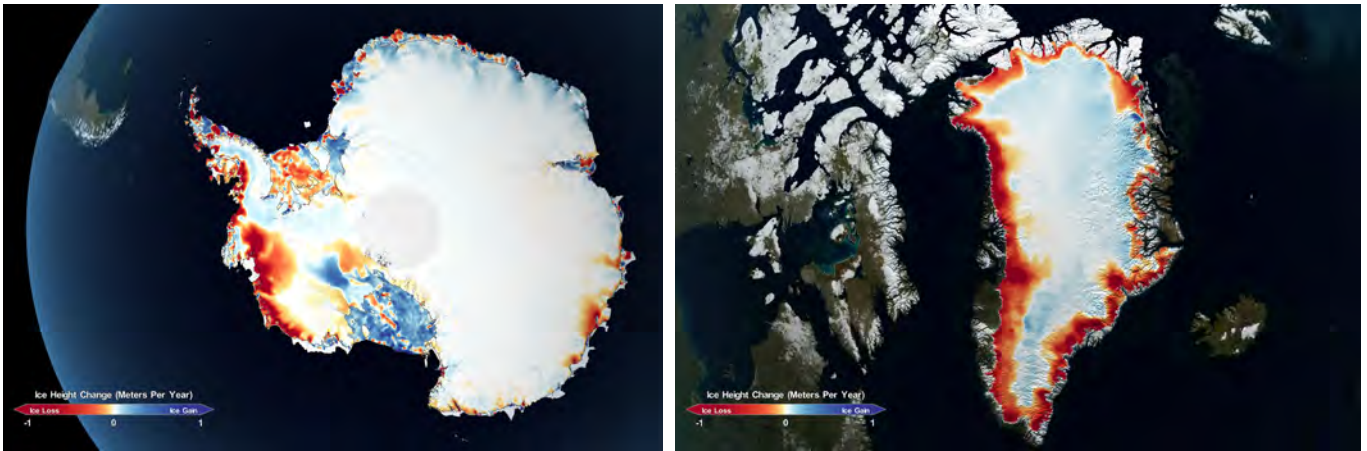


图 2 a) ICESat (2003-2009) 和 ICESat-2 (2018-) 卫星测量的南极陆地冰层厚度变化。b) ICESat (2003-2009) 和 ICESat-2 (2018-) 卫星测量的格陵兰陆地冰层厚度变化。图片来自NASA科学可视化工作室档案库(2020)

到20世纪初, 不可思议的北极“无冰夏季”成为可能。由于积雪不足以反射太阳辐射, 反照率效应进一步加剧海洋不可逆转的变暖, 将其加速变化至临界点 (Wadhams, 2017)。在南极, 随着冰川径流的增加, 南极冰架更容易受到“水力压裂”的影响, 冰架也随之破裂。此外, 地球的温度变得更高意味着北极冰盖的再生速度无法跟上融化速度, 从而导致螺旋式崩塌 (Gilbert & Kittel, 2021)。

曾经常年结冰的永久冻土是北部高纬度地区持续变暖的另一个牺牲品。永久冻土一直是对气候变暖最敏感的冰冻圈组成部分之一, 影响着北方大陆范围内的土壤含水量和植被。它的退化和融化正在缓慢地暴露土壤中曾经冻结的有机物质, 预计会将温室气体释放到大气中并加快全球变暖的速度 (Watts, 2020)。在不考虑冰盖骤然融化和野火发生的情景下, 仅这种永久冻土逐渐融化产生的碳排放量估计达到22亿吨至432亿吨不等 (Natali 等人, 2021)。在适度排放的情景下, 如果考虑到野火的发生, 到本世纪末土壤和永久冻土的碳排放量预计将增加30%。如果化石燃料排放量没有减少, 永久冻土的骤然解冻会使碳排放量增加40% (Natali等人, 2021)。幸运的是, 将寒潮动力学、消除化石排放的严格措施以及人工冰川的人为干预相结合, 防止了永久冻土的骤然融化。排放预测低估了社会长期限制人为排放预算的力量 (Tosh&Varkey, 2110)。

正如我们在接下来几页讨论的那样, 即使在一个世纪之后, 全球试图通过人工冰川来控制 and 减少冰架坍塌的可能性, 这也比以前想象的要困难。尽管取得了可喜的成果, 但我们仍然很难将海平面控制在标称水平。随着全球持续变暖, 经历了数百万年甚至数十亿年突变历史时期的冰芯永远消失了。然而, 即使在现如今, 冰冻圈的变化情况或是它的任何剩余部分, 都仍然被普遍认为是地球气候系统的一个关键指标, 而地球气候系统对温室变暖仍然特别敏感。

1.2.流体力学

为了进一步理解这些将地球推向未知不稳定状态变化的含义，人们可能需要了解维持稳定状态的流体动力系统。这其中的一个系统就是海水下的温盐环流（THC），它充当地球的热循环系统，很像“热泵”（图 3）。这个位于海水下的热泵通过热量和盐度的微妙相互作用在赤道和两极之间循环热能。这种热调节系统的破坏正在危及地球的动态调节和水文循环系统。随着海洋水体吸收了过多的热能，以及格陵兰冰盖史无前例的淡水融化(Resnick, 2017), 海洋温度和盐度之间脆弱的平衡正在被打破(Steffen 等人, 2018)。这些条件不适合维持稳定的热盐循环系统，而热盐循环系统对于维持地球的热力学稳定性至关重要。没有海洋的气候调节功能，人类文明就不可能保持稳定的状态(Zanna et al., 2019)。

尽管人们开始研究多个临界点之间更多的隐藏的相互作用，但变暖趋势仍以难以置信的规模持续。充满化石热能和排放物的大气系统威胁着云的形成过程。如果不加以控制，它们可能会破坏特定地区层积云的形成，并影响它们反射太阳辐射来帮助地球降温

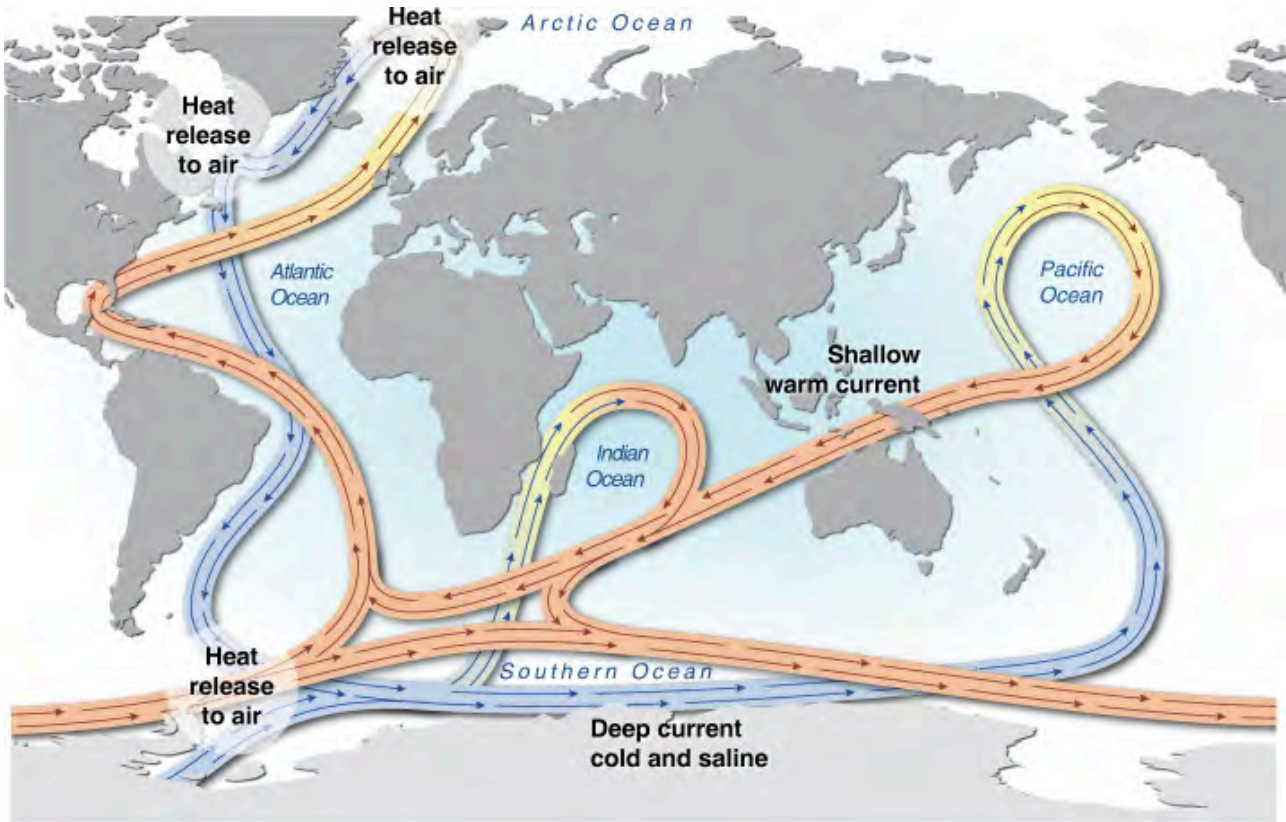


图3温盐环流通过向大气释放海洋热量来调节全球气候。图片来源: Maphoto/Riccardo Pravetton阿伦达尔环境署/全球资源数据库, 2007

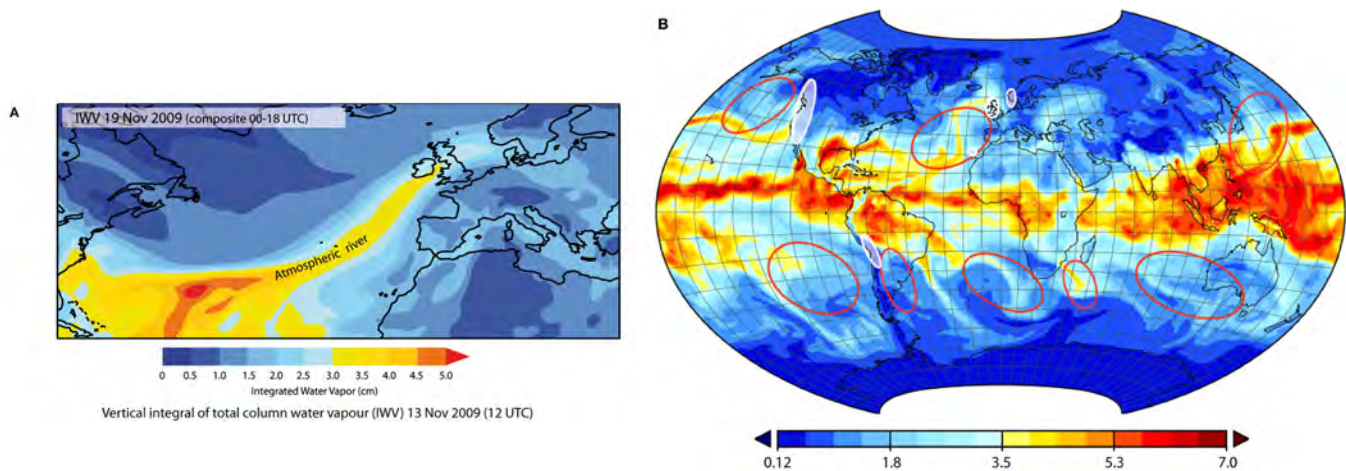


图 4 a) 与2009年影响英国 (UK) 的极端降水有关的大气河流 (AR)。b) 图像显示了AR出现的总体区域分布 (红色等高线) 白色等高线显示了AR与极端降水和洪水相关的大陆区域。图片来自 (Gimeno等人, 2014)

的能力 (Schneider 等人, 2019)。如果突破这一临界点, 除了二氧化碳直接导致的4度升温外, 地球温度还会飙升8摄氏度 (Schneider等人, 2019)。临界点一旦破裂, 这些层积云层只有在本世纪初才重新形成, 如果二氧化碳浓度大幅下降到最初发生不稳定状态时的水平, 以一切照常的排放情景结束 (Wolchover, 2019)。此外, 具有更高表面蒸发率且温度更高的海洋导致大气中具有了更多的水分, 改变了全球降水模式。来自温度更高的海洋和水体的过量水蒸气使“大气河流”膨胀 (图4a, b)。

大气上层的这些“河流”现在携带着过多的水蒸气, 扰乱了大气动力系统, 进一步加剧了能量比以往任何时候都要大得多的飓风的登陆, 并且同时带来每年都会袭击人类住所的沿海风暴和山洪 (Smith, 2018)。百年一遇的极端气候, 如风暴和干旱, 变得越来越普遍, 同时全球气候模式使所有阶层的人生活在不稳定的生活中。随着洪水和干旱的加剧, 雨水灌溉的粮食系统面临的压力迫使许多地区陷入气候引发的地缘政治冲突。研究地质过去的气候突变可以了解它们如何影响这些意义深远的流体动力循环——从深海热盐环流到大气河流再到层积云形成。直到21世纪中期, 人类对这些系统的破坏揭示了临界点之间复杂的相互作用, 这些相互作用保证了工业化前国家之间关系的稳定。

1.3. 海洋生物多样性

据报道, 随着海洋吸收排放的二氧化碳, 地球上海水的基本化学性质发生了巨大变化, 2020年表层海水的pH值下降了0.1, 酸度在对数刻度上空前地增加了30% (NOAA, 2020)。对海洋生物的影响可能是最明显和最强烈的, 因为海洋生物本身就处于一个极度疏远的生态系统中。曾经充满生命的海洋生态系统变成了一个没有生命的事后产物, 成为人类文明外部性的无效容器 (Xia, 2020)。一个世纪后, 尽管我们尽了最大努力, 但

大部分酸性物质仍留在海洋的“死区”中，那里的pH值是正常的两倍。在这些“死区”的一些区域，唯一幸存的生物是蓝藻原绿球藻（图5），它们对不断上升的酸度和温度有着显著的适应力。

今天，海洋被称为地球的“肺”，这是因为蓝藻原绿球藻等物种所提供的生态系统服务，它们负责了全球5%的光合作用，吸收二氧化碳。它们是地球进化驱动力，推动了海洋中早期生命的爆发，并且供应我们呼吸的大气中的大部分氧气（Pennisi, 2017）。尽管它们在海洋中作为复兴生物多样性的关键地带使海洋生物多样性得以维持，但它们不得不适应和生存在温度和酸化程度更高的海洋，并从过去破坏的生态系统中恢复过来。然而，珊瑚礁生态系统的情况就不同了，它们更容易受到气候变化引起的海洋酸化和变暖的影响。因为这些变化的不断加剧，珊瑚在20世纪末和21世纪初遭受了重大的“白化事件”。因为人类行为加剧了气候变化，珊瑚如今继续遭受重创。由于藻类和珊瑚虫之间的共生关系被切断，珊瑚严重遭受热死亡，并且几乎消失，但通过严格的干预得以恢复。海洋的变化太大，珊瑚无法适应，给珊瑚和其他钙化藻类的生理状况带来了过度的压力。几乎没有证据表明这些物种有可能适应这些新的酸性状态。突然的酸化破坏了它们的钙化机制，从而形成碳酸钙结构（Comeau等人, 2019; Cornwall等人, 2021

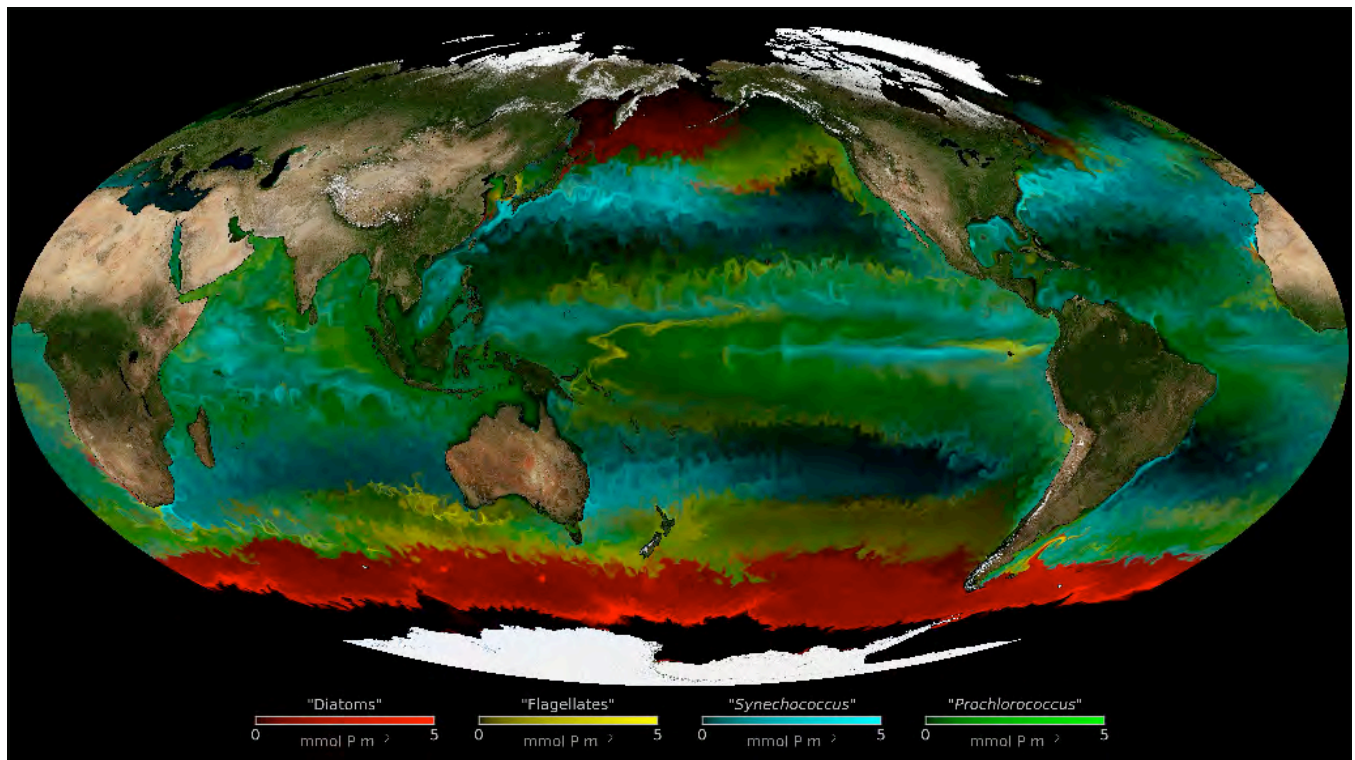


图5 海洋的“隐形牧场”描绘了世界海洋中最主要的浮游植物类型的分布，蓝藻原绿球藻分布于全球大部分地区，而更大的硅藻则分布于靠近两极的地区。一个基于多年的模型显示了4种浮游植物的分布。图片来源：麻省理工达尔文项目、ECCO2、MITgcm、Oliver Jahn（麻省理工学院）、Chris Hill（麻省理工学院）、Mick Follows（麻省理工学院）、Stephanie Dutkiewicz（麻省理工学院）、Dimitris Menemenlis（JPL），2015

; Kyriaku等人, 2089)。

珊瑚的加速减少引起了人们对海洋生物群的破坏状况的关注, 热死亡使海洋生物群陷入绝境, 而工业海底拖网捕捞和过度捕捞等其他因素也加剧了这种状况。因此, 随着1.5°C的升温, 这些保护了海洋生物多样性的脆弱的珊瑚礁生态系统的复盖面积已降至原来的五分之一左右。这些生态系统似乎正在走向灭绝, 在大规模白化事件中珊瑚死亡率很高(图6)。自19世纪70年代以来, 珊瑚礁上超过三分之二的活珊瑚消失, 气候变化造成的损失加速了珊瑚礁的消失, 而人类的无所作为进一步加剧了其他气候临界点带来的影响(Diaz等人, 2019)。正如我们在后面的章节中讨论的那样, 它们的恢复将需要人类努力的巨大转变, 通过专门的社会恢复工作来恢复这些钙化过程。

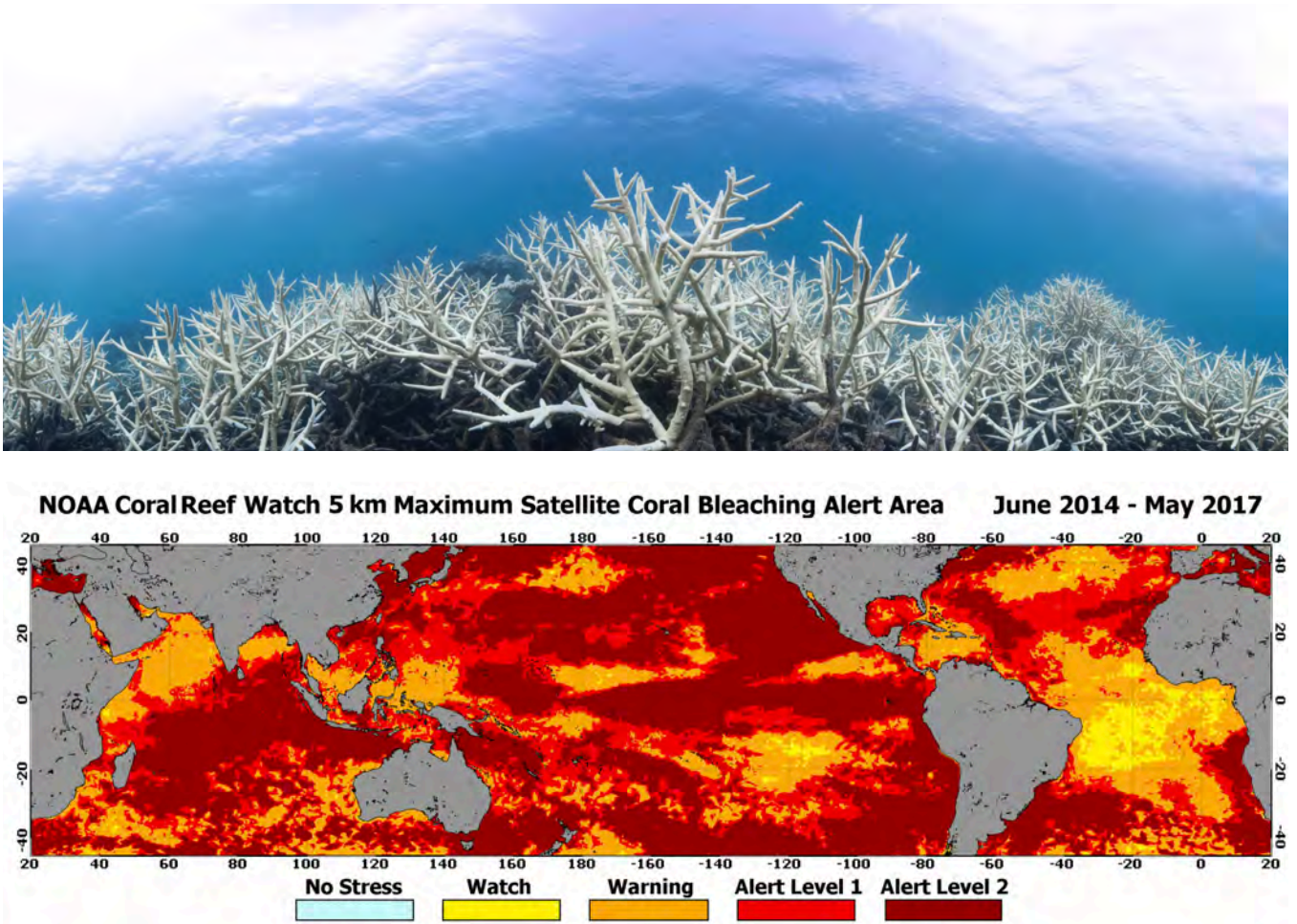


图 6: 上图是白化的珊瑚。图片来源: XL Catlin Seaview Survey。下图是美国国家海洋和大气管理局珊瑚礁观察卫星珊瑚白化警示区域, 显示了2014年6月1日至2017年5月31日第三次全球珊瑚白化事件期间的最大热应力。警示2级热应激表明大范围的珊瑚白化和显著的死亡率, 而警示1级热应激表明珊瑚严重白化。在为期三年的全球活动中, 全球超过70%的珊瑚礁经历了热应激, 从而导致白化或死亡。图片来源: NOAA珊瑚礁观察, 2017

珊瑚礁的消失导致其他脆弱的海洋生态系统衰退,可以毫不夸张地说,这是第六次大灭绝的爆发。随着19世纪渔业的工业化,导致海洋底层活鱼数量的急剧下降,也加速了海底生态系统的深度重组。例如,在一个世纪里,捕鲸活动杀死了大约 200 万头须鲸,同时也带走了富含铁的粪便,这些粪便原本可以为原本贫瘠的水域提供了肥料,并创造渔业所开发的丰富食物网的反馈回路。当鲸鱼种群遭到猎杀时,赖以生存的生物多样性丰富的生态系统遭到崩溃,将海底生态系统变成海洋沙漠 (Yong, 2021)。因此,在 20 世纪和 21 世纪,工业化捕捞因破坏海洋生物多样性而臭名昭著,利用化石燃料基础设施其捕捞能力得以加快,因为机械化和效率的提高为工业化捕捞创造了更大的扩张空间,从而实现海洋生物的不受限制的经济开发 (York, 2017)。现在已经过时的“底拖网捕鱼”做法造成的排放比当时航空运输所产生的还要多,每年释放出空前的10亿吨二氧化碳 (Sala等人, 2021)。这些也是成本效益最低的捕鱼方式,如果没有经济补贴,根本无法盈利。到 21 世纪初,大约一半的鱼类种群被过度捕捞,超过一半的海域受到工业化捕捞。尽管面向全球出口的工业化捕捞的地理范围不断扩大并渗透到更深的水域,但其减少了全球渔获量 (Díaz 等人, 2019)。渔业正在吞噬沿海社区曾经繁荣资源中最后的零星。

随后的生物多样性报告表明,由于海洋变暖导致热带地区当地的物种急剧灭绝,许多减少的鱼类种群正在向极地迁移,进一步加剧了这些地区的当地生态系统和粮食安全 (Díaz et al., 2019)。然而有人指出,由于北极夏季的海冰迅速减少以及海洋酸化的加剧,这种迁移并没有增加极地海洋的生物多样性。由于沿海水域的工业排放和农业径流中的金属和持久性有机污染物含量最高,特定位置的过高的营养物浓度使鱼类和海底生物群多样性严重恶化 (Díaz等人, 2019)。

这些生态系统为珊瑚提供了避难所,使其在白化事件中幸存下来 (Greenwood, 2015),并维持了沿海地区的渔业发展 (Sato 等人, 2005)。这些红树林-珊瑚生态系统同样可以吸收能量,并且在随后的风暴潮和海平面上升中充当了海洋屏障,保护该地区免受强烈飓风的侵袭 (Blankespoor 等人, 2017)。然而,这些沿海海洋生态系统的损失和恶化大大降低了它们保护海岸线以及生活在那里的人和物种免受风暴和飓风侵袭的能力,也降低了它们提供可持续生存环境的能力 (Díaz 等人, 2019)。正如越来越多的海洋鱼类种群和具有重要经济意义的物种遭到过度捕捞一样,全世界的海洋生态系统服务也在其他方面急剧下降 (图 7)。世界各地的沿海城市正以惊人的速度受到海洋利用变化带来的破坏,如沿海开发、近海水产养殖、海水养殖和底拖网捕捞,以及土地利用变化,如陆上土地清除和沿海城市蔓延,以及河流污染和上游陆上源头的污染 (Díaz等人, 2019)。以城市海岸线开发的名义,剥离生态海岸线的保护使这些海岸更容易受到气候变化加剧的飓风和风暴潮的影响。

随着海平面的上升,曾经受到这些天然海岸保护的沿海地区持续被铺平,并被昂贵的技术基础设施所取代。这些基础设施将在未来产生高昂的成本,并且不能提供协同效益,例如食用鱼的育苗栖息地,抑或是一些娱乐机会,即用以抵御风暴潮的自然方法(Díaz等人,2019)。对沿海栖息地的蓄意破坏进一步侵蚀了它们的生态系统服务,就像飓风季节加剧并年复一年地袭击敏感的海岸线一样。愈演愈烈的飓风季节进一步威胁到河口和三角洲,而这些栖息地对于海洋生物群和区域经济的繁荣至关重要(Díaz等人,2019; Penney, 2020)。这种持续迫使地球走向当今动荡状态的做法,为地球上的大多数生命带去了高度不稳定的处境(Raabi等人,2073; Steffen等人,2018)。在那个时期,科学文献中没有任何迹象表明这些迅速。

增强的进化压力会导致新的进化特征的发展,这些特征可能有助于生物体的充分适应。人们必须记住,这些生态系统很少经历过这种,并不是灭绝事件的生存压力

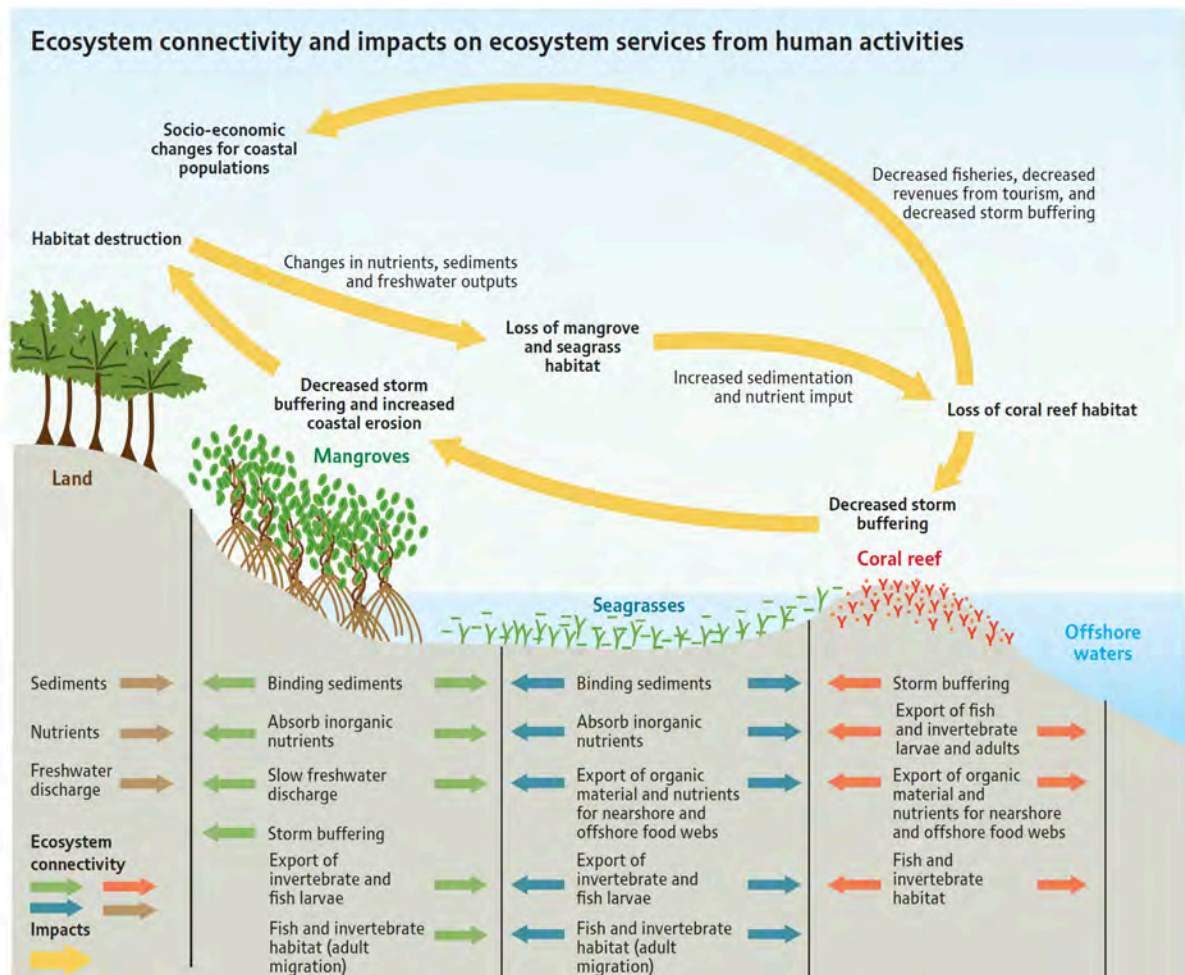


图 7 显示红树林、海草和珊瑚礁之间生态系统连通性的图表。每个生态系统都描述了生态系统之间的生态和物理连接:陆地(棕色箭头)、红树林(绿色箭头)、海草(蓝色箭头)和珊瑚礁(红色箭头)。还显示了不同人类活动对生态系统服务的影响对整个生态系统的潜在反馈(黄色箭头)。插图来自(Silvestri & Kershaw, 2010)

源。在过去的一个世纪里,他们的生态系统完整性已不堪重负,并且在维持和培育生命本身的方面举步维艰,更不用说他们可以为人类社会提供的生态系统服务措施了。

1.4. 淡水纠缠和真正的人力成本

增强的进化压力会导致新的进化特征的发展,这些特征可能有助于生物体的充分适应。人们必须记住,这些生态系统很少经历过这种,并不是灭绝事件的生存压力源。在过去的一个世纪里,他们的生态系统完整性已不堪重负,并且在维持和培育生命本身的方面举步维艰,更不用说他们可以为人类社会提供的生态系统服务措施了。

兴都库什地区很好地概括了人类是如何被卷入解决蓝色赔偿项目的危机中(联合国反腐败公约, 2044)。到本世纪中叶,喜马拉雅冰川正面临冰冻圈的加速融化,这是由每年席卷该地区的热浪引发的,这前所未有的热浪严重影响了为下游数十亿人提供淡水的冰川,加快了其融化的速度。随着喜马拉雅冰川的缩小,地下水和湖泊迅速干涸。曾经补给它们的印度季风开始偏离(Steffen et al., 2018)。随着兴都库什喜马拉雅山脉冰川急剧退缩(图 8a),在这个历史上被称为“第三极”或“亚洲水塔”的地区(图 8b),有数十亿人陷入缺水。印度季风模式变化导致的冰川融化和降水流量对气候产生的变化扰乱了印度河、恒河和布拉马普特拉河流量。喜马拉雅冰川加速缩减直接威胁到这个世界上生物多样性最肥沃的地区之一,其上游和下游数十亿人的生计(Bolch 等人, 2019)

。

这些曾经水资源丰富的地区是世界的食物篮子,也是地球上一些最原始的生物多

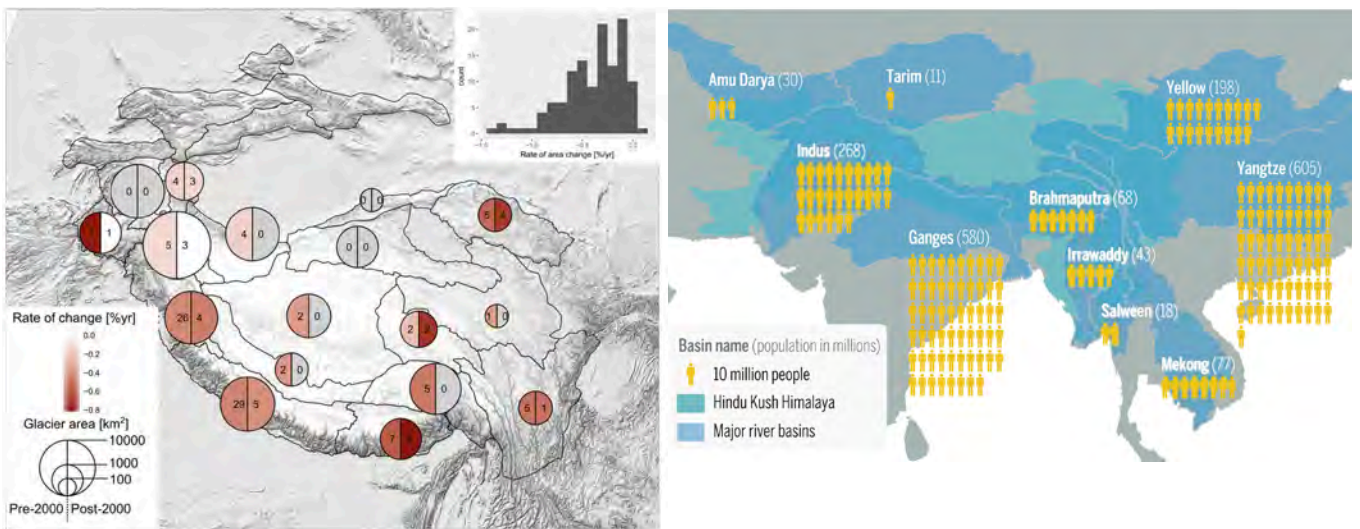


图 8a 兴都库什喜马拉雅山冰川覆盖层的消失。图片由 Bolch 等人(2019) 提供。 b) 发源于兴都库什冰川的流域中的人类活动。图片来自 Scott 等人, (2019)

样性遗址的所在地。喜马拉雅冰川融化暴露了危机的全球范围。他们付出了无法量化的人力成本,由那些生活在不公正社会秩序中,最不负责任、最脆弱的人群付出代价(卡尔顿,2017年)。对此类发展的抵制运动,预先警告了这些基础设施的意义,它们将以当地社区的健康、生计和便利设施为代价,从而导致这些脆弱的淡水生态系统瓦解,(Gadgil 和 Guha, 1994 ; Juma & 瓦特内, 2041)。该地区的生态斗争正在提醒我们这些试图理解生态保护,或者追求进步的错误二元论人。通常,这些曾经神圣的生态系统因电力而被筑坝,被用于工业化农业的灌溉,或通过殖民和新殖民主义安排的工业废水。其中有毒金属和废水的残留废物已经扩散到很远很广的地方。

在守旧派的统治下,为其自身利益而调整的采掘工业化与发展意图和作为进步的衡量标准相混淆。在他们的叙述中,淡水生态系统的复杂性在热情的发展中被席卷而去。然而,与当时的许多其他生态系统一样,这种叙述暗示了这些生物生态系统作为单纯资源的减少和商品化。当时一个普遍错误观念是,水和其他任何东西一样是一种稀缺商品,是需要花钱购买的。按照这个逻辑,这是一个自我应验的预测。到本世纪初,全球五分之一的淡水被用于快速城市化和全球工业产能扩张。随着“进步”和“发展”成为工业化的代名词,全球五分之一的淡水被用于快速城市化和扩大全球工业能力。在这个计划下,这也是一个自我应验的预测。城市结构对淡水容量的侵蚀本身就是一个短期实验,因为城市空间被过度开采而导致地下水短缺(Wheeling, 2019)。因此,事实证明,气候崩溃的开始极大地改变了季节性流量,冰川径流减少,子流域流量减少以及季风前流量下降,对灌溉、水电和生态系统服务构成了重大威胁。

大自然提供的这些生态系统服务可能会被取代。例如,高质量的饮用水可以来自过滤污染物的人工湿地生态系统,或者通过人工设计的水处理设施。然而,自然生态系统的破坏速度要快得多,可能永远无法替代(Díaz 等人, 2019)。兴都库什地区让我们得以一窥当时地球上大部分内陆水域、湿地和淡水生态系统的高速衰退状态。奇怪的是,为河流和湖泊冰以及面积和体积较小的冰川和冰盖供水的相同降水动态对气候影响的反应相对较快,从而在局部范围内影响生态系统和人类活动(Díaz 等人, 2019)。这些地区的生态系统服务还揭示了由于世界各地池塘和湖泊生态系统中有有机物水下微生物的腐烂,而产生的先前未被计算在内的排放(Boycott-Owen, 2019; Kraemer 等人, 2021)。

到 21 世纪,世界上许多脆弱的池塘、河流和湖泊生态系统都受到了这种发展的严重影响,有时甚至在这些发展的重压下完全腐烂。大坝基础设施已经老化到年久失修的地步。随着越来越频繁的气候紧急情况,这些破旧的基础设施成为即将发生的生态灾难(Pearce, 2021)。这些基础设施承诺确保水资源主权,而水电的能源安全从长远来看造成的危害更大。它们正在改变所有淡水生物的栖息地,阻碍鱼类迁徙,导致栖

息地持续破碎和退化,并且需要越来越大的基础设施要求才能保持功能。在长度超过1000公里的所有河流中,只有不到一半的河流在整个长度上保持自由流动,通常只发生在迅速被侵蚀的偏远地区(Pearce, 2021)。

此外,尽管承诺取得进步和提高效率,但全球80%以上的废水未经处理就排放到环境中。每年有300-4亿吨重金属、溶剂、有毒污泥和来自工业设施的其他废物倾倒入世界水域中。过度施用农业肥料意味着从田地和农场流出的毒素进入淡水和沿海生态系统,产生缺氧区,导致海洋生物大量死亡(Díaz等人, 2019)。水文循环中不稳定的全球变化威胁到基本的水、灌溉和卫生基础设施,使社会更加脆弱,并加剧现有的社会脆弱性、紧张局势、暴力和冲突。毕竟,水安全意味着人们有能力可持续地获得足够数量的饮用水,以适应更高的气候和水文变化。鉴于紧迫性和重要性,社会需要努力促进跨界水安全和区域合作。然而,在这种气候下,地理空间政治结构本身正在经历危机。

1.5 想象的危机: 没有前路, 没有退路, 没有出路

在地球赋予生命的水圈上发生的事情只是人类社会危机的反映。在这一时期,社会关系商品化,对资本积累的追求达到了生物圈的物理极限。一种深刻的异化已经进入了更大的社会主体的核心,人类文明开始自我蚕食(福布斯, 2010)。据我们所知,这种深刻的疏远很少因其深远的后果而得到承认。考虑到它的标准化程度有多深,它还不如一直隐藏在众目睽睽之下。其后果是有目共睹的,它麻痹了寻求彻底消灭人类和非人类的社会想象力。这种倾向有时表现为瓦解社会话语、社会流动性倒退,更根本的是,甚至导致社会护理机构崩溃(Sarnai & Solongo, 2118)。“气候种族隔离”一词开始用来定义这个时代,在这个时代,即使面对崩溃的生物圈,这种扭曲也进一步加剧了社会经济不平等(Carrington, 2019b)——人类在与自己交战。

现在幻想破灭的社会无法将自己视为文明进程的参与者,或者更确切地说,不认为它是值得拯救的文明(Ponkh, 2031; Zerrano, 2036)。在此期间出现了许多暴力的民族主义运动,进一步侵蚀了社会契约,并持续破坏生态极限。这一早期阶段破坏了数十亿人的生命权、水权、食物权、住房权、民主权和法治权。当时,这些以化石燃料为动力的地缘政治体制,系统地破坏了民主基础,并在小心翼翼的冒险下面对日益加剧的气候和生态危机,并否认了基本的社会契约(ICC, 2039)。世界似乎只是被大众妄想和暴力威胁维系在一起(Tlouse & Wakkari, 2130)。后来的学术研究表明,这些反应是为了掩盖一个事实,即全球经济已经崩溃,达到资本积累的全球极限——利润率下降,新的增长领域有限,现有生态公地枯竭(Alex和Mehrawi, 2080; Anh, 2028)。

有趣的是,由于缺乏更好的想象力,这些机制中的大多数都在重现最初导致

危机的相同模式。即使全世界的气候科学家都对北极融化发出了警报 (Jansen 等人, 2020; Wadhams, 2017年), 化石燃料经济体反而将北极和南极融化视为在以前无法进入的油田中提取新石油资源的机会冰 (Crowley & Rathi, 2020; Dunn, 2019)。根据许多主权宪法法规, 在北极进行新的石油和天然气开采是非法的 (ICC, 2039; Joselow, 2021; Sjøfjell & Halvorssen, 2016)。在其他地方, 对可再生能源的竞赛也拉开了深海采矿计划的低潮, 威胁着对富含生物多样性的海床的冲刷, 以提取多金属结核形式的稀土金属 (McCarthy, 2020)。经济体制越来越迫切地想要找到一个稳定的地球资源来源, 以在气候恶化的情况下维持生计, 试图对资源进行军事侵略, 以确保维持现有的生态灭绝全球秩序的条件 (艾哈迈德, 2020 年)。

从本质上讲, 这些建立在经济基础上的社会秩序, 与自然交战的同时也在与自身交战。塑料, 这种从化石原油中提取的工程材料, 将在行星系统中循环, 并以微塑料的形式返回人类。商品的快速消费周期意味着不久之后地球上的大部分地区都将在废弃塑料中游泳 (Samy, 2129)。一旦出海, 阳光、风和波浪作用会加速它们分解成小颗粒, 即微塑料 (MP) (A. Thompson, 2018)。它们的影响体现在水生环境中, 渗入陆地、淡水和海洋食物网, 沿途使地球上所有的生物生态系统饱和 (Barrett 等人, 2020; Botterell 等人, 2019; A. Thompson, 2018)。这些不可生物降解的材料是环境污染物的载体, 最终循环回被人类从食物和水源中摄入。微塑料在人体组织和器官中积累, 例如人类胎盘 (Carrington, 2020; Ragusa 等人, 2021), 甚至通过干扰内分泌的化学物质影响人类生育能力 (D'Angelo 和 Meccariello, 2021 年)。微塑料循环对动物和人类的长期健康有害。因此, 显而易见的教训是, 在有限行星边界内, 更大的水文系统环流中, 每个生态系统都处于上游和下游。

人们可能想知道, 否可以通过一种不那么灾难性的方式来吸取这一宝贵教训。然而, 这些问题比其他问题更多地暴露了一些矛盾和纠葛。人类文明只是像人类的想象一样脆弱或有适应力, 并且推而广之, 它的人性和非人性允许它如此。有一种感觉, 一个不同的世界可能只是可能的。然而, 如果没有对曾经所谓的文明生活的基本面进行可预见或可操作的改变, 气候行动的基线就会不断变化, 世界似乎宁愿被“管理”到灭绝 (Tlouise & Wakkari, 2130)。今天, 上个世纪的大部分全球经济体系似乎都像是一场精心设计的否认气候变化的全球仪式, 这在今天也许并不奇怪。要么通过彻底废除, 要么通过第六次大规模灭绝, 化石开采时代即将结束。

2. 水就是生命: 名副其实的赔偿

考虑到气候行动基线的不断变化、危机的加剧以及全球机构合法性的崩溃, 不久

全球气候暴动就开始如雨后春笋般涌现。尽管面临残酷的镇压和种族灭绝，祖先的土地和水的捍卫者以及其他土著地球同谋仍然站在最前线。这些气候正义运动的前线不能再被武力压制，在所谓的“边缘”中激发新的希望，夺回主权并再次收回祖先的土地（Juma & Watene, 2041; UNCAC, 2043）。受危机影响最严重的社区也开始团结起来，重新夺回民主权力。他们的行动迫使这些机构在气候大会和公民气候委员会中平等地参与谈判。全球气候大会（GCA）是众多气候行动联盟网络之一，这些网络因承诺新的替代民主和建立共识而自发涌现（Dirik & Chen, 2029）。

这一时期被称为重燃时期，标志着全球气候正义联盟在与本土文化相互尊重的联盟中，共同致力于维持和再生公地（Tlouise&Wakkari, 2130）。这些社会变革的关键是祖先的土地和水源捍卫者，他们的胜利确保了自然的主权（联合国反腐败公约，2056年），试图应对世界面临的这些挑战（Wehi等人，2021年）。随着主权土地和水域回归本土地球解放运动，工业经济体在当时采取更加一致的努力，正在制定严厉的去增长措施（Tlouise & Wakkari, 2130）。因此，许多此类全球气候委员会专门制定了蓝色赔偿计划，以恢复和再生淡水、海洋和冰川生态系统（UNCAC, 2044）。蓝色赔偿计划补充了气候赔偿计划（CLIMAREP），其整体气候行动政策框架和制度转型的实现，依靠的是由当地“水土捍卫者”自治联盟为本土主权和生物修复计划所奠定的基础（UNCAC, 2043）。

全球体制结构正在发生变化，随着经济体逐渐衰落，有计划的去增长和全民社会服务（Coote, 2021）建立起来。随着工作周大幅减少（法布尔，2032年），全球公平的普遍生活收入协议得到实施。同时债务庆典进一步补充了这些债务庆典，取消了范围广泛的金融债务（Hampton & Kuruvila, 2092）。这些机制最终将全球生产性劳动力从偿债行业转移了出去，此行业因制造周期性经济和气候动荡而臭名昭著。很快，各行各业的人们都看到了生活质量的显著改善，日常生活与经济价值脱钩。这些措施极大地缓解了最初似乎不可调和的极端经济不平等造成的一些政治紧张局势，减轻了工人阶级和边缘化护理阶层的压力（Lai, 2056; Mirza, 2067）。这些废奴运动的交叉联盟呼吁“集体和谐”而不是战争和大规模杀伤性武器，废除全球和地方的统治和压迫机构，废除工作周，并疏远劳动——建立“真正的自由值得的名义”（Hampton & Kuruvila, 2092）。随着社会契约和社会保障的更新在全球范围内进行，这些气候联盟预示了22世纪“名副其实”文明出现的条件（Lai, 2056; Mirza, 2067）。

最终可以想象，生活在一个没有社会崩溃的经济系统对物质气候影响脱钩的世界中，这对于建立气候行动的势头至关重要。这种脱钩大大降低了地球生态系统的文明压力，重新调整了社会经济优先事项，重点是从根本上改善了人类社会的生活质量，并解决了在以前的制度下被侵蚀和未实现的基本社会自由。

2.1 技术共享与开放技术问题

社会和文化势头正在转向集体气候行动。与此同时，生态再生也提出了如何长期维持和保持这些转变的问题。然而，技术发展问题仍然令人担忧。创造技术突破以过渡到那时完全依赖化石的基本技术基础设施需要什么？那个时代的技术专家官员对技术持有一种典型的乐观态度，通常对技术策略在多大程度上允许气候减缓进入 22 世纪不加批判 (KeyBer & Lenzen, 2021)。然而，即使一个人不是技术乐观主义者，也可能有必要了解发生了什么变化，以见证过去一个世纪的技术发展。

工业时代的技术过度发展，缺乏了对气候和生态危机而不断变化的社会现实的深刻思考。直到 21 世纪中叶，只有在帝国战争经济的直接和间接支持下，才有可能实现有计划的高科技工业化经济。这些渠道为许多基础研究提供了基础，这些基础研究导致了工业社会的深刻技术突破，通过膨胀的战争预算强制要求并加入公司化垄断 (Noble, 1977; Ubumwe, 2114)。允许将这些发现商品化作为国家经济计划的直接决定，以便为本质上由公共资助的研究（即公地）的私人代理人创造竞争性垄断。这种动力为过去两个世纪的高科技竞争性战争经济奠定了基础。

最终，这些计划加强了一场旨在扩大社会、生态和技术公地的开采、积累和再分配能力的竞赛。然而，这将导致为全球富裕消费而设计的生产过剩 (Noble, 1977; Thirumalai 和 Halden, 2087)。技术乐观主义也倾向于将自己的重担表现为引领文明摆脱困扰人类的混乱。如果有人需要站在银弹的最前沿，这幅画很方便。无可争辩的是，这一时期的技术突破发生了深刻的飞跃；然而，这些创新为更大的社会带来的收益并没有创造富足，反而减少了富足。这一时期见证了社会技术的扩散，这是通过复杂的新殖民主义市场机制进行的，这种机制被认为是极其浪费和低效的，即使对于社会再分配也是如此 (Chin, 2019; Thirumalai 和 Halden, 2087)。当面临气候和生态崩溃的情况时，这些高科技“战争经济”往往会寻求某种程度上可预测的“所有人对所有人的战争”模式，以维持统治和控制的霸权秩序 (Ahmed, 2020; Thirumalai & 哈尔登, 2087)。没有足够的资源使全球社会在技术上与每个人处于同等地位。尽管有人无视解决问题的良方妙计不一定是好事，也有人可能会争辩说，这些制度的目的，除了它们的主张之外，从一开始就不是为了大规模解放。相反，气候修复呼吁建立和维持长期的气候适应性基础设施，重点关注生活质量，由全球真正的可再生能源转型提供动力 (Doon, 2035; Rahman 等人, 2096)。

实现这一目标的方法之一是制定全球技术转让计划，以加速为适应气候变化的基

基础设施提供的技术推广和知识转让。随着公众气候大会和气候行动全民投票强制实施的生态灭绝和赔偿法案的通过, 可再生技术从封闭和过时的“知识产权”IP中脱颖而出 (Krets, 2048)。这些技术是建立在公共资助的研究基础上的, 不能以私有财产的形式关闭, 因为这样做会影响公共资源的获取和气候恢复能力。因此建立了技术转让机制, 向公共领域开放工业专利和技术(Krets, 2048)。开放技术运动可以自由使用封闭的知识产权 (IP) 来开发气候适应性基础设施, 而不受法律限制。

技术转让项目还意味着生产工艺、培训方法和技术的分配与能力建设, 以确保必要的气候适应型基础设施在全球范围内得到推广。气候赔偿基金保留了将市级过渡框架与合作社区自我管理的技术中心相结合的条件, 向社区推广关键的突破性技术。他们的任务是“扩展”——重新设想这些化石技术的目的, 使其具有长期可持续的功能。许多当时可用的高科技消费工艺 (如半导体、航空航天和军工行业) 的高精度制造技能, 也被用于支持基本的气候基础设施的新发展(Krets, 2048)。

这些将成为普遍基本服务能力建设的关键 (Coote, 2021 年; Gough, 2019 年), 通过各种方式从破坏性的战争经济中重新分配资源Fabre, 2032年)。奇怪的是, 这些技术的发展轨迹是在创新运动的推动下形成的, 这些创新运动现在可以自由参与与基础设计和研究院合作的地区公民科学分会, 因为已经有大量的专利可以满足社会需求 (Chen, 2031 年; ; Ngata, 2076)。它将为气候修复项目中出现的关键基础设施奠定基础, 并支持全球技术突破 (Bhim & Larsson, 2124; Khan & Shah, 2127; Ngata, 2076)。随着市政制造车间的机构平台合作社不断壮大, 公民科学运动和研究机构为本地社区网络内的这些基本气候基础设施开发了制造和分销渠道。

2.1.1 生物修复制造技术:生物矿化剂

自赔偿法案以来, 知识产权和专利的概念法律框架已经过时, 实际上已经被废除 (Bhim & Larsson, 2124), 全球工业基础设施可以被指导和改造, 为适应气候变化的基础设施生产, 其发展汇集并开放了技术共享(Ngata,2076)。合作协议而不是法律冲突决定了接下来发生的事情。我们在一些开放技术运动中讨论这些, 这些运动塑造了22世纪的技术基础, 在那里设计师和技术人员不再试图这样做。

气候恢复区 (CRZs) 已经开辟了一种整体的、可再生的、生态农业的方法, 其将用于陆地生态系统以及生物多样性的复兴运动 (Hernandesetal., 2062)。适应气候的基础设施的适当整合大大改善了卫生系统。与此同时, 防洪补充了古老的本土湿地管理做法, 帮助开垦了沼泽和城市鱼塘, 并恢复了整个城乡地区的地表和地下淡水含水层 (Goldman, 2064; Hernandez 等, 2062)。事实证明, 这些行动对于改善气候恢复区

的土壤水分动态至关重要,并在受干旱影响的地区创造了可控的水资源丰富度。此外,它们还有助于遏制农业中的有毒养分流失,补充河流和地下含水层,同时在其他 CRZ 开发风暴和洪水控制系统 (Hernandez 等人, 2062)。

出于对世界水资源紧张地区不断增长的这种气候紧急情况的考虑,促使许多志愿的公民科学分会专注于为技术能力建设作出贡献。这些行动补充了当地水土保卫计划,这些计划对他们曾经神圣的河流和湖泊进行了广泛的水资源保护和恢复。在恒河泛滥平原,由于工业开发和有毒废水的浸泡,许多淡水生态系统已经退化 (Rahman et al., 2096)。这些被污染的淡水和海洋生态系统得到了修复,依赖于很有前景的生物方法来降解和捕获目标污染物。

在适当的时候,恢复和清理这些栖息地是一种的有效方法,其比其他补救方法更有效、更环保。其中一种方法是生物采矿,这在当时已经是一项成熟的技术。生物采矿可用于从矿石和其他矿物资源中生态提取金属,而无需进行生态破坏采矿作业。在原核生物、真菌或植物的帮助下,这些矿物以生态再生的方式进行生物矿化,这些植物可以利用自然手段从矿石中生物浸出矿物 (Brisson 等人, 2016 年; Qu 等人, 2019 年; V. S. Thompson 等人, 2018 年)。生物采矿和生物浸出可以在微生物的帮助下同时回收这些重要的金属和矿物质,微生物也可以修复过程中的土壤和水。生物矿化在自然界中一直是一种普遍存在的现象,在生物体中合成矿物质、硅酸盐、硅藻、碳酸盐和磷酸钙等,往往形成结构特征 (图9a)。

CRZ实施的众多生物修复方法加强了本土水资源保护和志愿公民科学运动之间的合作。被称为“生物矿化器”(图9b)的设备曾经是太空计划中生物采矿实验的实验原型。生物矿化器本质上是生物反应器技术,将废水电解与众所周知的微生物生物采矿相

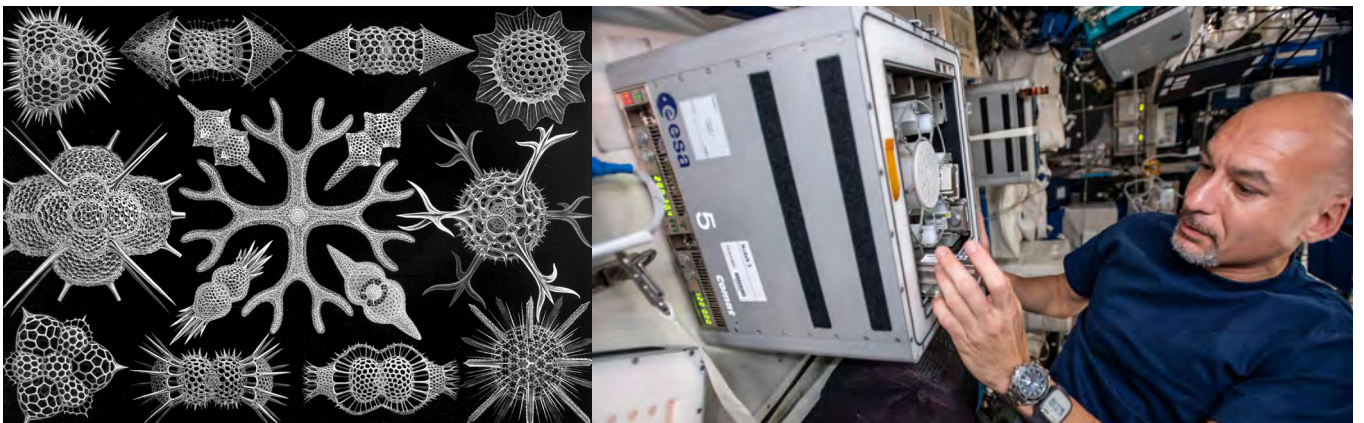


图 9a. Spumellaria 亚类多肽氨基酸微化石中生物矿化的乳白色二氧化硅的插图, Ernst Haeckel 在 *Kunstformen der Natur* (自然的艺术形式) 中的插图, (1904 年)。b) 宇航员 Luca Parmitano 将生物采矿反应堆放入国际空间站上的离心机中。图片来源: 美国宇航局, 2020 年

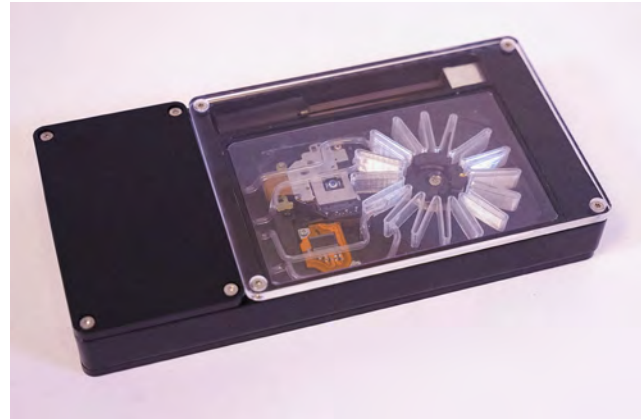
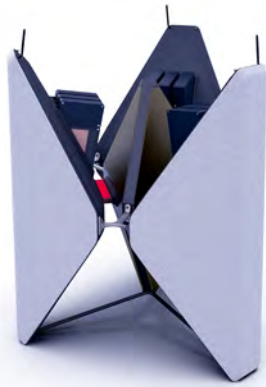


图 10 a) 生物矿化装置。 b) 为社区生物采矿收集稀土的生物采矿盒。 图片来自 Vahidi 等人 (2118)

结合 (Contreras 等人, 1981 年; Tartakovsky 等人, 2011 年)。然而, 它正在走出实验室, 进入该领域, 应用这些电生化过程有效地清除淡水生态系统中的硝酸盐、磷酸盐和重金属 (Anwar&Hoang, 2052)。通过开放技术的转让, 这些生物矿器被发布到公共领域, 发展成分布式规模的生物矿平台, 由市政制造车间制造 (Bhim&Larsson, 2124 ; Ngata, 2076)。

生物矿化器 (图10a) 的发展, 是社会能量应用自然方法在新兴的再生文化中的顶峰, 这种再生文化体现在这种新应用中出现的技术里。与复杂的规模工业过程不同, 生物矿化器可以解决生物修复和稀土矿物提取问题。他们可以在局部范围内的污染点这样做, 并与生态系统中原生的、培养的而非转基因的微生物合作, 通过互惠互利的修复和补救过程来做到这一点。我们终于可以将生物采矿应用于清理地点, 在这些地点, 来自几个世纪的工业废水已经用大致相同的稀土矿物和金属污染了水体和堤防。

为该操作开发的菌丝体碳盒 (图 10b) 接种了菌丝体或细菌菌株, 螯合并隔离了水碳介质中的稀土矿物质 (Colins 和 Ariel, 2062)。生物矿化器会漂浮在对原生矿化生物群“有营养”的水中。单个的菌丝体碳盒被设计用于接种可以浓缩特定矿物质的生物群落 (Colins & Ariel, 2062)。它们调整后的饱和率取决于要进行生物开采的金属类型以及在药筒生物群落中接种的微生物菌株 (Khan & Shah, 2127)。这些过程在室温条件下工作, 并以低产量隔离碳盒。然而, 他们隔离了纯度非常高的稀土矿物。

这些产量足以在社区实验室或车间进行进一步加工, 以便在当地生产具有社会效益和生态可再生的技术。此外, 生态灭绝的裁决和化石的废除也让许多全球金融机构解体, 以及为技术领域广阔的大规模工业足迹提供的慷慨补贴和有利的金融项目 (Bernes, 2019 年; García-Olivares & Solé, 2015 年)。尽管如此, 鉴于世界上许多采矿资源在可再生能源总转型之前已经耗尽, 这些进程在同一规模经济下也不可行。深

海稀土矿物开采的巨大失败, 以及同时从过时的基础设施中回收稀土矿物的需求, 标志着这些可再生制造工艺时代的到来 (Thirumalai & Halden, 2087)。

2.1.2 脚踏实地: 社区共生冶金的出现

生物矿化器为共生冶金领域的早期发展和发现铺平了道路, 应用中的许多基本原则仍然完好无损。共生冶金是“共生-生物-冶金”的融合, 是共生制造技术的一个子集, 这些技术在过去一个世纪出现, 并创造了开放的替代品, 填补了因废除化石燃料和大部分能源而留下的工程材料真空 聚合物工业 (Khan & Shah, 2127)。在开放的技术协议下, 制造能力的成熟度和建立在这些技术基础上所需的精确方法, 在联合合作社中已经足够快, 继续成为此类设计实验的场所, 并在这些生物矿化器的应用上呈指数级扩展。通过在与生物环境的协同关系中尊重地利用生物开采和生物矿化过程, 生物积累和生物利用率得到了突飞猛进的提高。如今, 生物矿化是浓缩许多常用矿物质的唯一可行方法 (图 11)。

矿物的生物积累是一种更合理的矿物精炼方法。其在贫化稀土矿物方面的应用被证明对铁、铜、锌、钴、镁和金等其他矿物也是可行的。这些系统是当地生产和消费高科技产品的理想选择, 这些产品预计将从小行星上开采或通过破坏性的海底拖网捕鱼来开采。一个多世纪以来, 技术领域的彻底转变和收缩足迹为这些足迹的出现奠定了基础。随着遗留技术基础设施不可避免地老化, 不久之后, 生物采矿设备就成为了从过时的技术基础设施中隔离金属和矿物的关键。因此, 重新构想传统的制造方法还允许生物矿化剂提高锂、钴、金、钽、镍锰、钴、镍和锌等金属的回收率, 防止它们渗回经过精心修复的生态系统 (Vahidi 等人, 2118)。

在过去的几十年中, 共生冶金技术已扩展到硅酸盐、过去矿山废料堆放场红土的修复以及硫化物矿石和铀矿石的加工 (Chihiro 等人, 2123; Vahidi 等人, 2118)。然而, 撇开误解不谈, 共生冶金学从根本上说与以采掘为目的的基因操作是对立的, 但却创造了依赖于繁荣的生态系统的共生管理系统 (Vahidi 等人, 2118)。它也可能是隔离重稀土矿物 (图11) 和铂族金属的唯一对生态负责任的替代品, 有时甚至是在微生物的帮助下从淡水体中隔离放射性废物 (Vahidi 等人, 2118)。

生物矿化器继续被用于从核废料场中生物提取放射性元素, 在这些场景中生物修复方法似乎显示出非凡的可能性 (Zenlin, 2109)。这些战略的前景在历史上受到工业掠夺污染的地区得到了广泛接受, 如最近发现的核和有毒污染区, 在这些地区中和放射性核素仍然至关重要 (Chihiro 等人, 2123)。生物修复的有效性和长期生态立场, 以及重新设想的物质能力, 使社区不会回到与其生态系统的退化关系。在过去的一个世纪



图 11 流行的生物采矿实践已成为在 symfabs 生产中使用生物矿化器技术收获稀土的常态。图片由 Vahidi 等人提供, (2118)

里, 共生冶金领域的发展表明, 这些矿产资源对我们理解自然过程是非常重要的, 而不仅仅是满足人类的物质需求。共生冶金学在绘制生物累积和生物利用度的生态过程方面更进一步, 其中养分和矿物质的流动可以让我们以曾经无法想象的方式了解我们的生态系统在空间和时间上的健康状况 (Vahidi 等人, 2118)。除了这些明确的痕迹之外, 这些实践还使我们能够进一步了解生态系统的范围, 这些生态系统的繁荣、周期性地依赖于人类行为, 有时又独立于人类行为。相反, 这些实践为揭示人类和非人类纠缠的无数方式打开了空间。

2.1.3 关于造雨器, 冰塔和人工冰川

必须要了解的是, 这段社会复兴和社会保障的时期释放了长期处于不稳定状态的社会中的大量能量。因此, 并非所有为蓝色赔偿计划采用的技术都没有遭受争议和困难。随着气候引起的年度干旱季节加剧, 在一个面临极端干旱季节的地区, 不受控制的淡水短缺确实存在危险。在恒河平原, 面对印度季风季节的波动和喜马拉雅地区不稳定的冰川融化, 严重的水资源短缺成为了一场需要采取行动的危机。许多开放设计和开放技术社区的人建议使用“大气河流”收割者, 称为“造雨器”。开放设计社区开发了造雨器, 以支持气候恢复区中阶梯井、湿地、河流和湖泊填海造地项目的恢复工作, 并根据

需要进行补充。这些可能来自技术转让下开放专利的早期缓存,并由开放设计社区开发(Gautam 等人, 2053)。这些比空气轻的结构可以用它们亲水的表面和结构凝结大气中的水蒸气,并在干涸的水库上沉淀(Gautam 等人, 2053)。

到本世纪中叶,造雨者(图 12)在开放的科学和技术社区中得到进一步共享。许多支持这些行动的期刊,包括本刊,都发表了这些建议和规范(Gautam 等人, 2053)。对一个社区来说,运营规模需要切实可行,这意味着它们只能在高度局部的规模上部署,以补充当地的水生生态系统和生物多样性。与成功实施气候恢复区的效果相比,这些影响相形见绌,随着新的原生林在气候恢复区中扎根,气候恢复区在创造净降水盈余和影响更广泛的全球范围内的降水模式方面显示出巨大的前景(Hernandez 等人, 2062年)。奇怪的是,虽然这些发展使这些造雨器在这些目的上显得多余,但其行动却对另一个目标至关重要——冰川复苏。

兴都库什喜马拉雅山脉的社区很早就发明了一种制造人造冰川的方法,称为“冰塔”(Divya a, 2020年),他们想到了这些造雨器的计划,并开始开发它们。他们计划部署造雨器,以防止神圣的喜马拉雅冰川融化。部署造雨器以加速冰塔(图 13)或人工冰川



图 12 大气造雨器为干旱地区收集淡水。图片由 Gautam 等人 (2053) 提供

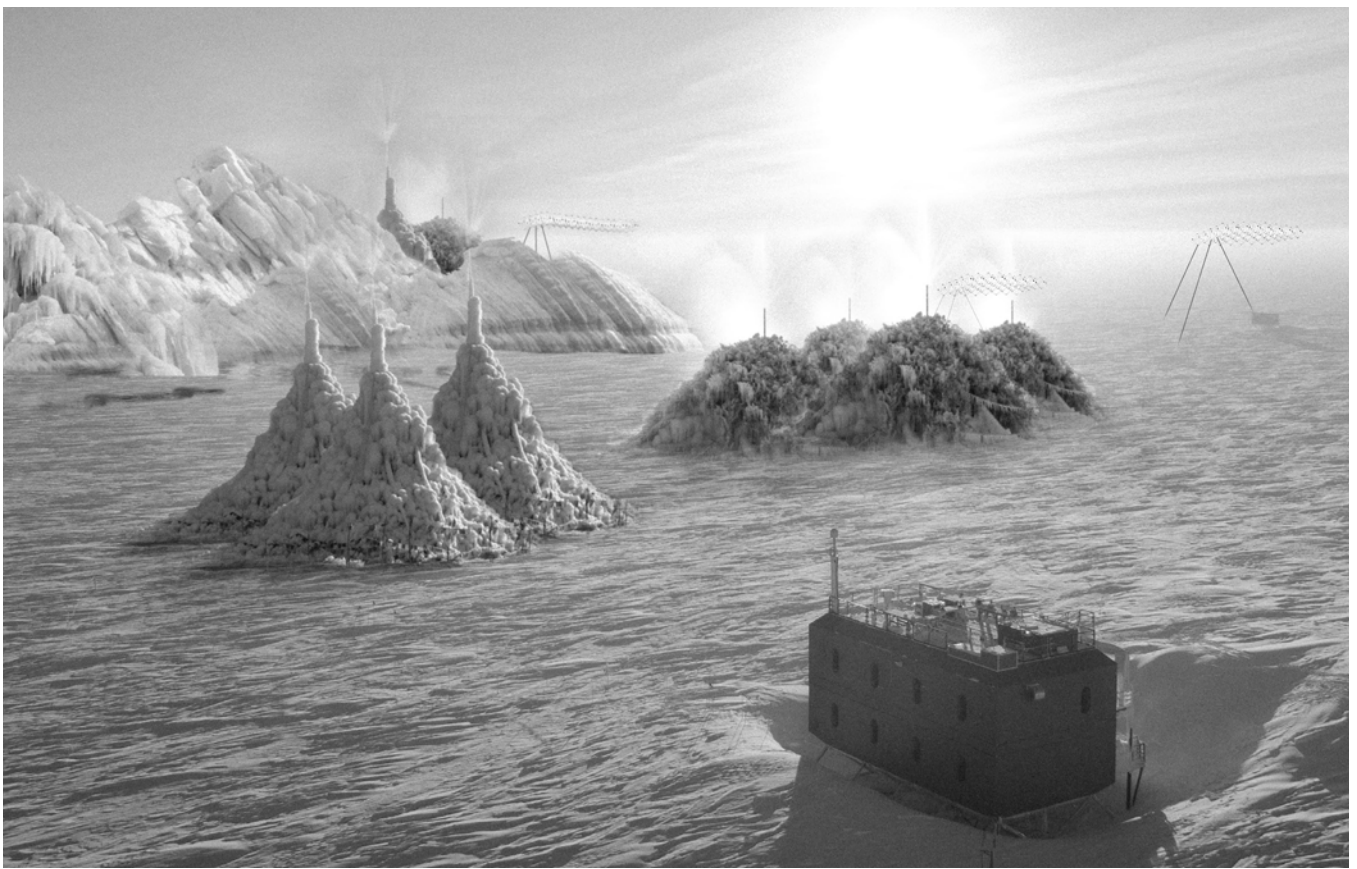


图 13 早期记录的造雨器尝试在南极洲制作冰塔。图片由 Rogers 等人提供。

的生成,迫使该地区的人们重新设计造雨器以应对这种更紧迫的用途,以控制和补充他们赖以获取淡水的山地冰川。这些行动是他们为拯救神圣的冰川免于灾难性融化而做出的最后努力。实际上,造雨者被调整为冰川冰的“成核”点,可以让冰川融化重新冻结并充当人造冰川,希望在此过程中被动地形成更多的冰川。这些人工冰川是通过社区行动的精益实践建造的,以应对冰川缩减,并保护那些在温室条件下受到威胁的山区冰川的文化和历史。这些社区在记录和修改这些造雨器方面的成功启发了许多气候行动组织,他们希望在“冰塔”的成功基础上,在北极和南极冰川复苏的规模上应用类似的策略,扩大这些过程的规模以恢复两极的冰冻圈(Rogers et al., 2121)。

诚然,许多造雨器的开发者都保留着过去技术实证主义的特殊遗风。为当地社区重建湖泊和池塘在技术上是可行的。然而,北极和南极冰川需要再生的程度简直可以被称作是地球工程(Zaidi, 2056)。各种气候大会发表了他们对规模和范围如此广泛的系统可能产生的不可预见后果的审议。这样的地球工程行动有可能对人们施加其前所未有的可怕权力,并有无数可能被不受监管的强大流氓行为者滥用。即使人工冰川计划是在蓝色赔偿计划的民主制衡下、在社区监督下发展起来的,由于研究了本世纪初的社会和政治动荡,任何人关心他们都是合理的。因此,无论是在北极和南极冰川、正在融化的永久冻土,还是喜马拉雅山的山冰川,这些设备都是按照严格的冰冻圈关键恢复和充电协议专门保留的,以防止灾难性的融化。今天,无论冰川冰在冰冻圈中恢复了多少,都要归功于

于许多气候行动委员会有针对性开展的恢复计划，例如《南极气候条约》，在南极进行人工冰川再生的努力(Padmanaban & Holdren, 2079)。

直到今天，冰冻圈仍然对温室变暖特别敏感，并且是地球气候系统的关键指标和调节器。过去十年的平流层飞越调查表明，冰冻圈中的冰测量体积有所恢复(Portho 和 Arivu, 2130)。尽管已经阻止了整体冰量下降的趋势，以及无意中发现了从旧冰到新冰的变化，这种人工冰川仍然被认为是浮士德式的交易(Rogers et al., 2121)。因此，对北极和南极冰川成核地点的气候再生考察部署了造雨装置来制造人工冰川。然而，人们仍然对它们持怀疑态度，认为它们不是持久的解决方案。自成立以来将近一个世纪，这项工作仍在继续，以拯救冰川、北极和南极冰盖的任何遗迹，因为这些生态系统可能在长期恢复之外产生许多更持久的后果。

2.2 与淡蓝色圆点结缘

恢复冰冻圈完整性的全球斗争揭示了随着温室气候的到来，我们的行星危机的规模。在我们整个进化史上，没有任何类似物能够足够快地或足够清晰地应对第六次大规模灭绝事件中海洋的巨大规模和强度(塞巴洛斯等人，2017年)。社会不得不承认这是不可想象的。如果海洋要有任何复兴的希望，就需要一个与巨大挑战相称的赔款计划。在全球范围内，蓝色赔偿项目和化石燃料基础设施的彻底废除，已经使公海的工业捕鱼和拖网捕鱼变得不经济。考虑到沿海定居点的脆弱性，工业化海洋渔业和公海经济开采区被废除，为海洋气候适应区让路。沿海社区从广泛的工业控股和战争经济中夺回了对渔业的控制权，并主动恢复了海洋生物和海洋牧场(Rahman等人，2096；UNCAC, 2043)。随之而来的是重新激起社区行动的证明，这为22世纪的气候适应能力奠定了基础。

许多辅助传感和监测的可靠卫星监测系统的丢失导致黑暗(查克拉博蒂等人，2076年)。在没有地理空间监测基础设施的情况下，祖先的水资源保护者开发了其他可持续再生和修复地球的手段。这些替代手段植根于创造一种“隐性学习、观察和行动的本能能力”(Juma & Watene, 2041; Sarnai & Solongo, 2118)。因此，局部行动继续进行，与必须理解和适应这些不断变化的日常生活密不可分——因为既没有可以回归的神话般的过去，也没有可以复活的虚构自然。过度捕捞、拖网捕鱼和化石开采对海洋生态系统造成的损害非常严重，在已经被改变的海洋中几乎没有恢复原始状态的机会。在蓝色赔偿计划的支持下，社区回到了他们祖先的土地，重建和恢复了被海洋破坏的海岸线。即使是像香港、孟买、纽约和上海等这样脆弱的沿海城市、这样的大型城市定居点，他们的气候委员会也聚集起来，保护他们的海岸线免受飓风和风暴潮的侵袭。他们的意图最终将通过恢复作为堤坝和风暴破坏者的红树林-珊瑚生态系统来建立近海天

然屏障。

这些生态海堤是综合的海洋永久养殖区, 建立了一个相互加强的保护、再生和渔业循环, 建立在当地土著知识的基础上, 与海洋生物学家和当地公民科学分会一起努力 (Tlouse & Wakkari, 2130; Vici 等, 2087) 事实证明, 这些堤坝在驱散飓风、保护和恢复海洋生态系统、再生过度捕捞种群方面非常有效。这些行动补充了其他预防、阻止和消除非法、未报告和无人管制的行动; 鼓励以生态系统为基础的渔业管理; 并控制和解决海洋环流中的塑料污染问题 (Rahman 等人, 2096 年)。在22世纪, 这些地点成为了生物多样性恢复的新的海洋中心, 并增加了海洋栖息地之间的连通性。在实践中, 这些做法最终将在数千平方公里的行星规模上得到体现, 它们通过充分的海岸线保护和为海洋生物多样性创造新的弹性气候区而相互加强, 直到 22 世纪 (联合国反腐败公约, 2129)。

2.2.1电珊瑚修复计划

珊瑚修复的方法在过去已经被研究(Boström-Einarsson et al., 2020), 成功的方法是那些战略性地结合了电气化人工珊瑚礁, 和在多种努力之下, 即对珊瑚通过无性繁殖或者有性繁殖方式进行繁殖(Suman & Monyeki, 2117)。随着纤维3D制造方法的进步, 海底珊瑚恢复工作正在朝着产生复合碳负矿物吸积礁的方向发展。这些技术需要那些业余的珊瑚礁潜水员和专业的公民科学家收集珊瑚配子并建造碳-石灰岩复合材料珊瑚礁。珊瑚配子将从特定的珊瑚物种中获得, 与其他珊瑚一起繁殖在苗圃中自主或人工生长, 培植同一物种的成员来以确保最大几率抵御白化事件(戈罗2012;Vici

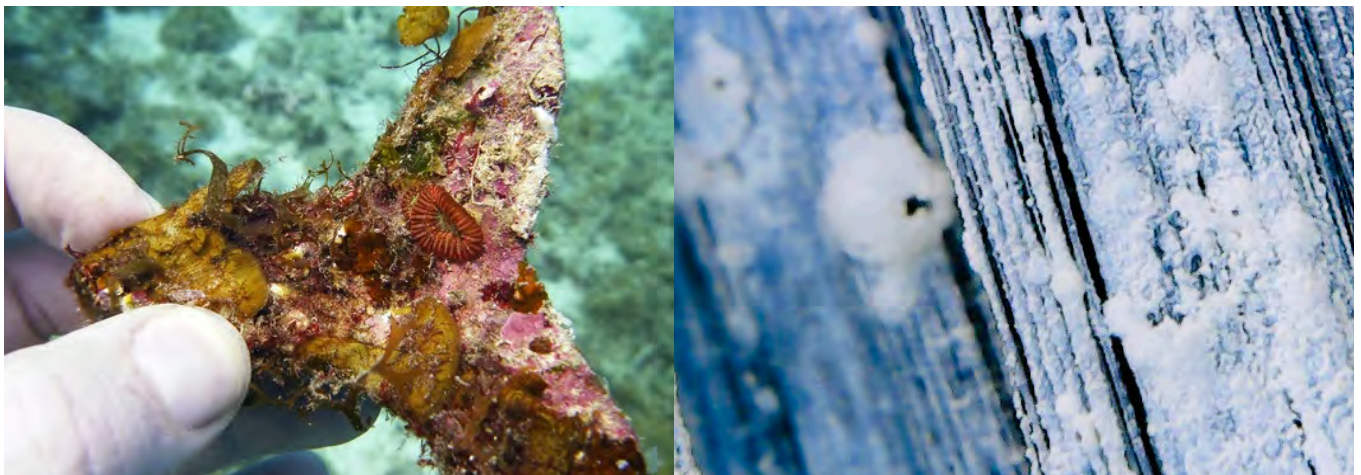


图 14 a) 种植在四足动物结构上的珊瑚虫。图片来自 (Chamberland 等人, 2017 年)。 b) 含微量文石复合材料的生物炭碳纤维。图片由 (Suman & Monyeki, 2117) 提供。

等人, 2087)。从不同珊瑚物种采集的珊瑚虫沉积在四足动物形状的石灰岩结构中(图 14a), 并嵌入到了人工复合珊瑚礁上(Chamberland et al., 2017; Suman和Monyeki, 2117)。这种有性繁殖和矿物堆积技术加速了再生珊瑚, 将它们修复到新的海堤上与红树林结合的栖息地森林(Suman & Monyeki, 2117)。

大约两个世纪前发现的矿物增生技术和“生物岩石”方法是创造这些大规模人造珊瑚堤和恢复珊瑚生态系统的突破性方法, 甚至据报道, 它们已经恢复了被严重侵蚀的海滩(Goreau和Prong, 2017; Vici 等人, 2087)。这些矿物增生方法的核心是基于在低电压和低电流下连续运行数十年的基本海水电解装置。矿物增生方法使用由导电碳纤维制成的阴极网状结构来传导低电流和低电压电流(约 1.5 V)。矿物文石沉积在这些纤维基材上(图 14b)以生产高强度碳-石灰石复合材料(Suman 和 Monyeki, 2117), 并且在许多情况下, 适用于人工礁石的深海石油钻井平台基础设施。这些被转移到特定的近海位置, 并重新用于这些海屏障和珊瑚恢复平台, 在深海循环水域和来自深处的营养物中应用矿物增生技术(Suman 和 Monyeki, 2117)。矿物增生技术的电解过程对珊瑚生物在不消耗多余能量的情况下建造碳酸盐壳发挥了至关重要的作用, 而这些能量可用于生长。

缓慢电解是有利于保证珊瑚生长的稳定条件。该系统允许珊瑚有机体通过提高碳酸盐离子和溶解无机碳(DIC)的生物利用度来控制海水中的钙化液(CF)化学成分, 以促进珊瑚的生长。这一过程让钙化液中碳酸盐离子的饱和度提高到约为周围海水的三到四倍(Kyriaku等, 2089)。从本质上讲, 鉴于周围酸化海洋的酸性状态和海水的热容, 在局部pH值控制下生物体骨骼结构的生成速度更快(Kyriakuetal., 2089)。这些方法显示了珊瑚礁急剧恢复的可能性, 即使是在受损的生态系统之下(Goreau&Prong, 2017;Kyriaku等人, 2089)。

在许多地区, 这些矿物增生结构与人工礁石相比具有独特的黑色阴影。基于有机碳纤维的人工鱼礁结构(图12a)充当的碳汇, 有机碳得以被固定在3D 打印的复杂编织几何结构中。来自海洋的钙盐和镁盐的电化学沉积有助于形成结晶文石结构, 从而为珊瑚礁形成形成基质。文石将电化学沉积在由导电碳化有机纤维制成的阴极上(Halden, 2094; Hilbertz, 1979; Suman 和 Monyeki, 2117)。这些珊瑚礁生产是由海洋保护主义者在浅水区实施的, 他们从最后剩下的珊瑚栖息地中调查和收集珊瑚配子。

保护主义者在珊瑚苗圃中培育珊瑚虫, 并将它们转移到新的海堤上, 以特定的飓风弹性模式生长红树林-珊瑚海岸线(Ganguli & Nakamura, 2047)。重新利用的石油钻井平台被运往珊瑚修复地点, 并用带电纤维“编织”成珊瑚阳性结构, 以启动矿物增生系

统。这些由导电碳纤维编织而成的珊瑚礁结构形成了自我修复的碳文石结构，并使恢复后的珊瑚生态系统对酸化海洋具有高度的弹性适应性 (Goreau, 2012 年; Kyriaku 等人, 2089 年; Suman 和 Monyeki, 2117 年)。在适当的条件下, 可以在任何形状或形式的任何导电、非腐蚀性材料上建造石灰石结构, 甚至可以覆盖数千平方公里。

2.2.2 孙德尔本斯的黑珊瑚沼泽

如今我们所熟知的各种珊瑚再生文化有不同的起源。他们有着了独特的文化形式, 同时, 围绕珊瑚海堤修复和再生计划也出现了许多新的庆祝文化。今天, 这些海洋保护和代际先驱的遗址, 通过新旧技术之间的平衡, 致力于解决气候正义问题, 恢复再生生物多样性, 但对于具体的实现方式我们还尚不清楚。如今, 人们普遍认为这些红树林-珊瑚礁再生区扭转和修正了曾经走向深渊的海洋流体动力轨迹(Portho & Arivu, 2130)。全球气候缓解战略和社区驱动的生态系统恢复的计划一直延续到 22 世纪。

在孙德尔本斯沼泽地, 这些富有弹性和丰富性的文化已经融入了这些人工沿海珊瑚礁周围的当地民间传说。开展红树林珊瑚修复工作的复合珊瑚礁在孟加拉语中俗称黑珊瑚或“Kalo Probal”。这些珊瑚的碳复合结构是由黑色的碳化有机纤维组成的, 因此得名黑珊瑚, 但它其实并不属于黑珊瑚种。孙德尔本斯绝不是第一个采用这种做法的。然而, 它们以实现再生沿海生态系统的生物多样性的速度而闻名 (Suman 和 Monyeki, 2117; Vici 等, 2087)。来自孙德尔本斯的珊瑚建筑运动启发了类似的非人类建筑的方法。它们是本土实践的表现, 即在珊瑚苗圃旁边种植红树林和珊瑚礁结构, 并将它们重新种植在有助于保持沿海水域平静的新盐沼上 (Halden, 2094)。在 22 世纪, 这些珊瑚礁已经长成珊瑚堤, 它们的增长速度甚至令它们的支持者震惊。

沿海定居点选择了与他们的生态系统重新连接并以节日的形式庆祝它。即使经过数十年的持续实践, 此类事件仍与生物多样性恢复工作有着错综复杂的联系。鉴于恢复沿海社区的脆弱性和紧迫性, 来自公民科学运动的支持是一个可喜的变化。然而, 在蓝色赔偿计划之前, 该地区遭受了一些最恶劣的气候和生态灾难, 上个世纪初被风暴潮和飓风摧毁, 数百万人流离失所。因此, 即使每年飓风的能量可以预见地增强, 但当该地区的风暴登陆时, 有更强适应能力的气候基础设施与其抵抗。发生巨大变化的是景观的社会生态学, 因为文化和技术级联在该地区仅仅几十年就同步了, 直接将生态系统再生和人类福祉联系起来 (Devassy & Cole, 2130)。

我们的需求之一是种植自然生长的红树林和珊瑚海障, 以此来重新建立几乎完全被毁坏的孙德尔本斯红树林生态系统。使用的工具挪用自从化石燃料开采设施, 并且针对需求进行了调整, 同时也满足了社区里的人们的基本需求 (Suman 和 Monyeki, 2117



图 15 Kalo Probal: 带电复合珊瑚礁的早期实验。在受沿海社区欢迎的珊瑚播种节, 人们采用多种播种技术来恢复生态系统。图片由 Vici 等人提供, (2087)

)。很快,该地区焕发了新的活力,对气候适应能力的技术形式已经开始形成了一种基于自觉的对社会和生态负责的技术,这并非闻所未闻(Oroza&Marchand-Zanartu, 2009年) Yu 和 Pabst, 2051)。在该地区的社区中,那些被纺织工业经营的机构,重新利用其制造方法,转向对社会有用的生产的新实验。类似的游击设计运动共享并转录了用于恢复珊瑚杆的开放技术优化方案。该计划因发布许多早期方案所以这些社区中很受欢迎(Ganguli & Nakamura, 2047)。鉴于气候情况的严重性,一种对社会和生态都负责的珊瑚堤坝种植方式的提出,需要当地社区、设计师、建筑师和生态学家间的地方性和机构性合作,体现出了由前沿社区和社会环境变化所引领的技术复兴(Ngata, 2076)。

如今,当地民间传说讲述了黑珊瑚和红树林的复苏。渔民、珊瑚保护主义者和公民科学家的奉献精神,以及他们是如何努力帮助人们在不利条件下播种第一代红树林珊瑚带的故事,至今仍在该地区广为流传。人工红树林珊瑚礁生态系统恢复之间的直接联系为该地区带来了全面繁荣,最终促成了生态系统恢复和成为了每年一度的珊瑚播种传统。每年春天,在孙德尔本斯的沿海城镇和村庄周围,各行各业的人们都会聚集在一起

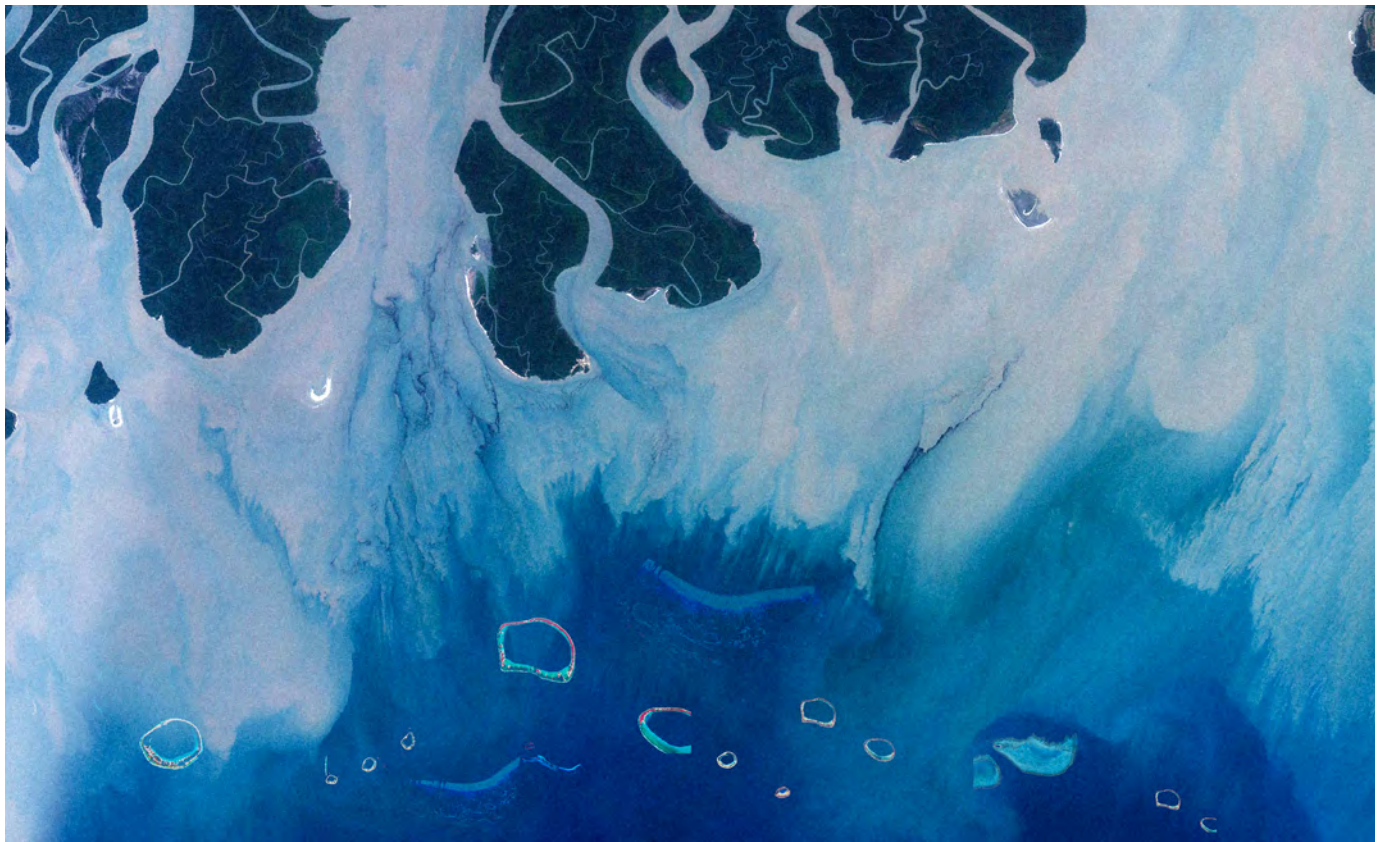


图 16 通过高海拔气候测绘中观测到的现今孙德尔本斯海岸外的复合红树林-珊瑚海堤。这里的近红外数据过载,使珊瑚礁上的某些区域呈现出鲜红色的浮雕。这是近红外波段收集的繁荣生态系统的电磁特征。图片来自(联合国反腐败公约, 2126)

庆祝播种新珊瑚和建造珊瑚墙的传统(图 16)。此类节日保护了鱼类栖息地,恢复当地生物多样性,并为全球沿海人口的当地社区生活的长期复兴和复兴创造可能性。这些珊瑚生态系统又保护了城市和农村沿海生态系统免受飓风和暴雨潮的影响,同时促进了世界各地依海为生的人群的渔业和生计的发展。

这些黑珊瑚堤(图 16)已成为长期“蓝碳汇”的场所。就涉及规模来看,这些做法类似于历史上碳减排做法,例如亚马逊的黑土地(Halden, 2094)。将近一个世纪后,这些珊瑚礁屏障的恢复和指数增长创造了专属的海洋生态走廊。通过低地球轨道上剩余的几颗卫星,我们得以知晓这些是最突出的人工海底栖息地,在地面上与泛土著自治区相辅相成(Portho & Arivu, 2130)。从工业化捕鱼到当地以永续养殖为基础的捕鱼做法的转变,带回了鱼类物种,并进一步加速了生态系统的恢复,与红树林-珊瑚生态系统形成了新的正反馈循环。红树林-珊瑚生态系统已成为当地生物多样性的新避风港(UNCAC, 2129)。如今,这些基于本土知识融入当地文化的康复场所将全球海洋生态系统的再生、恢复力和丰富度联系起来(Devassy & Cole, 2130)。由于人类干预,海洋栖息地和物种正在恢复,海洋变暖和酸化加速趋势在 22 世纪的第一个十年中一直展现出持续放缓,这是非常卓越的成就,在之前是想都不敢想的。

3讨论:

我们的祖先,即本土的水土资源保护者,谈及了地球上几个世纪的殖民化。对他们来说,这“不是历史上黑暗的一章,而是一本不断被续写的书,世界上大多数人都生活在别人的故事中,其责任和后果是写它的人所不知道的”(Juma & Watene, 2041)。这个人类历史上最黑暗篇章的标志似乎已从地质冰芯的记录中抹去。但当我们重新连接到这个遥远但适合居住的世界时,本土主权和可持续性的承诺仍然建立在与自然世界渐进和谐的基础上。

这种变化已经在世界范围内出现,并渗透到物质和技术文化中,成为必要的和对社会有益的因素。这些标志着世界各地物质文化的重大转变,导致今天有意出现共生制造方法和实践。此外,全球工业和农业制度的彻底改革已经将社会能量重新调配,使其集中在通过公民科学和开放技术运动发展本地制造的、对社会有用的商品的内在创造上。尽管人们摘掉了技术乐观主义的有色眼镜,但不可否认的是,开放技术和公民科学框架已经重新激发了技术扩展的可能性。

生物矿化器是我们讨论过的一种技术扩展,它体现在开放的技术社会中。共生冶金和生物采矿仍然生产大量矿石和放射性元素的唯一可行方法,其是生物积累和提炼缓慢制造集团的必需品。不出所料,它们大大缓解了自然生态系统因开发而受到的压

力。由于这些生态系统的文明活动，生存压力的收缩使它们能够恢复曾经失去的湿地栖息地并再生地下水含水层。防止下游沿海生态系统受到污染，大幅减少海上缺氧区，并进一步为数百万社区带来水安全，从而在沿途创造巨大的公共卫生收益，需要这些生态能力来建立气候恢复力计划，例如气候恢复区和当地规模的陆地生物多样性再生计划，农业生态转变的食物将在“下游”发生根本性变化。

虽然很难说海洋是否会真正从几个世纪的开采中恢复过来，但新的研究指出，红树林-珊瑚海堤的再生为海洋生物创造了生物多样性避难所，并为沿海社区提供了生计和气候适应能力。虽然其中许多地区的再生率非常显著，但若确保这些成就的长期稳定性，还有许多工作尚待完成。尽管喜马拉雅冰川已显示出回归迹象，但南极和北极冰层的不稳定仍是一个令人担忧的问题。现在判断种植人造冰川的努力能否成功还为时过早。但是，与永久冻土融化、温盐环流和水文循环相关的问题仍然迫在眉睫。

通常情况下，历史文献倾向于将地球淡水生态系统的急剧恢复归因于全球化石燃料开采设施的全面废除。这些行动虽然合理，但同时加强这些行动助长了社会契约的更新，并使社会福利与经济增长脱钩，其物质吞吐量不容小觑。虽然存在着这些担忧，但我们似乎仍然有可能建立一个更丰富的世界。假设蓝色赔偿计划仍有着的大量可持续的资源遗留，那样的话，它就像一本未完成的书由我们来阅读，证明我们承担起了早该承担的责任：用这最初的“生命之源”来重建我们与这颗星球的亲缘关系，这也是迄今为止，已知宇宙中唯一一颗我们可以称之为亲人的蓝色星球。

参考文献 (第三章)

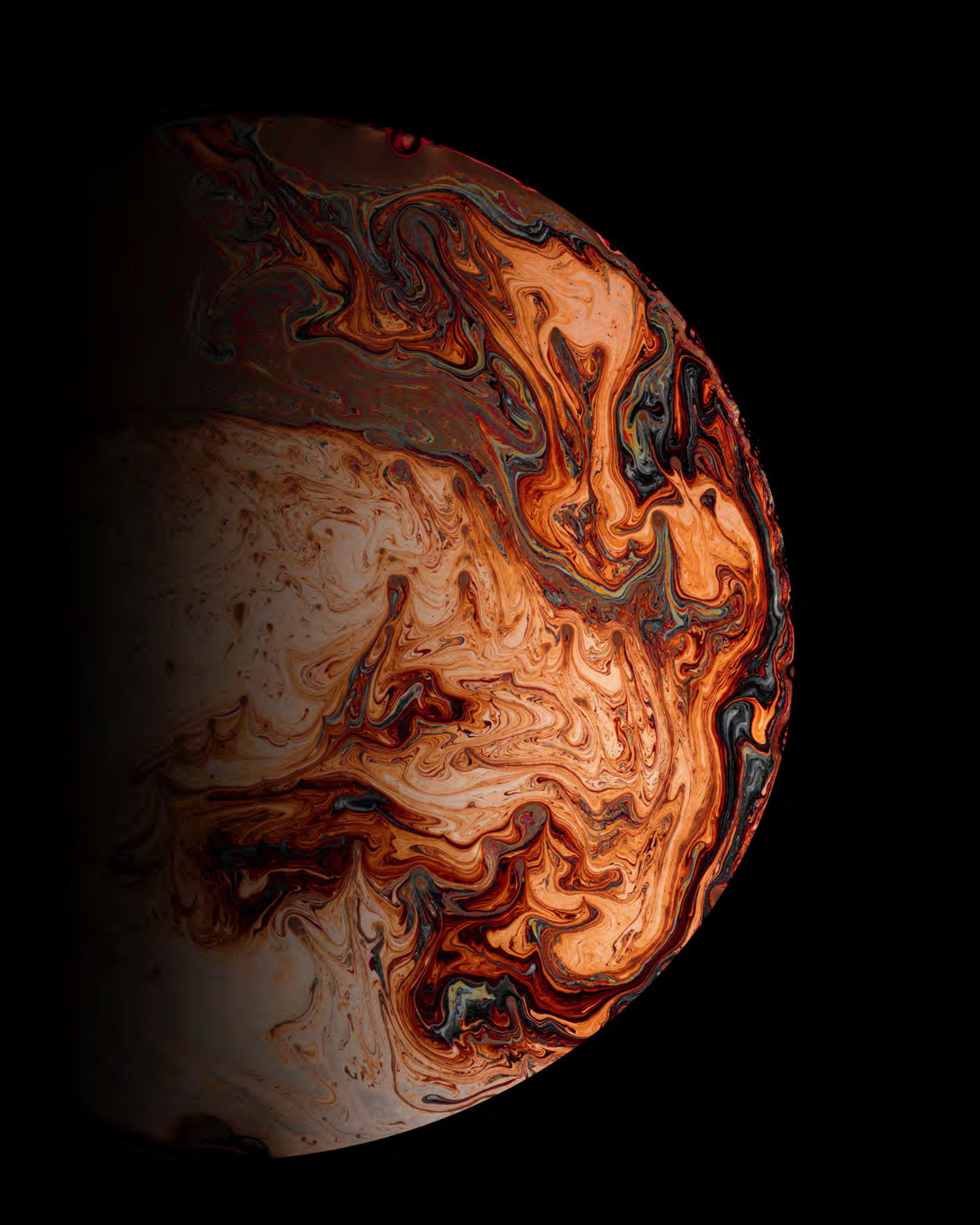
- Ahmed, N. (2020, September 14). British Military Prepares for Climate-Fueled Resource Shortages. *Vice*. <https://www.vice.com/en/article/ep4w5j/british-military-prepares-for-climate-fueled-resource-shortages>
- Alex, P., & Mehrawi, C. (2080). Beyond Market Economics: Human Welfare through Mutual Aid and Gifting Economies in Climate Resilience Zones. *Open Journal of Human Geography*, 78(3), 34-89.
- Anh, D. (2028). The Paradox of Under-developing Nations: Understanding Collapsing Social Indicators in Global North with Increasing Economic Growth. *Ecology and Society*, 33(4).
- Anwar, P., & Hoang, S. (2052). Bioremediation Techniques using Biomineralisers: Development of Biomining and Contaminated Freshwater Ecosystems. *Open Journal of Biotechnology*, 28(3), 72-103.
- Barrett, J., Chase, Z., Zhang, J., Holl, M. M. B., Willis, K., Williams, A., Hardesty, B. D., & Wilcox, C. (2020). Microplastic Pollution in Deep-Sea Sediments From the Great Australian Bight. *Frontiers in Marine Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.576170>
- Bernes, J. (2019, April 25). Between the Devil and the Green New Deal. *Commune*. <https://communemag.com/between-the-devil-and-the-green-new-deal/>
- Bhim, S., & Larsson, B. (2124). Biophilic Cultures: Indigenisation of the Material and Technological Arts. *Open Society of Naturalist Studies*, 50(12). <https://doi.org/10.9340/9841723.2124.6452438>
- Blankespoor, B., Dasgupta, S., & Lange, G.-M. (2017). Mangroves as a protection from storm surges in a changing climate. *Ambio*, 46(4), 478-491. <https://doi.org/10.1007/s13280-016-0838-x>
- Bolch, T., Shea, J. M., Liu, S., Azam, F. M., Gao, Y., Gruber, S., Immerzeel, W. W., Kulkarni, A., Li, H., Tahir, A. A., Zhang, G., & Zhang, Y. (2019). Status and Change of the Cryosphere in the Extended Hindu Kush Himalaya Region. In P. Wester, A. Mishra, A. Mukherji, & A. B. Shrestha (Eds.), *The Hindu Kush Himalaya Assessment: Mountains, Climate Change, Sustainability and People* (pp. 209-255). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-92288-1_7
- Boström-Einarsson, L., Babcock, R. C., Bayraktarov, E., Ceccarelli, D., Cook, N., Ferse, S. C. A., Hancock, B., Harrison, P., Hein, M., Shaver, E., Smith, A., Suggett, D., Stewart-Sinclair, P. J., Vardi, T., & McLeod, I. M. (2020). Coral restoration – A systematic review of current methods, successes, failures and future directions. *PLOS ONE*, 15(1), e0226631. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226631>
- Botterell, Z. L. R., Beaumont, N., Dorrington, T., Steinke, M., Thompson, R. C., & Lindeque, P. K. (2019). Bioavailability and effects of microplastics on marine zooplankton: A review. *Environmental Pollution*, 245, 98-110. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.065>
- Boycott-Owen, M. (2019, November 18). Lakes are a climate change “ticking time bomb”, warn scientists. *The Telegraph*. <https://www.telegraph.co.uk/news/2019/11/18/lakes-climate-change-ticking-time-bomb-warn-scientists/>
- Brisson, V. L., Zhuang, W.-Q., & Alvarez-Cohen, L. (2016). Bioleaching of rare earth elements from monazite sand. *Biotechnology and Bioengineering*, 113(2), 339-348. <https://doi.org/10.1002/bit.25823>
- Carleton, T. A. (2017). Crop-damaging temperatures increase suicide rates in India. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(33), 8746-8751. <https://doi.org/10.1073/pnas.1701354114>
- Carrington, D. (2019a, January 7). Global warming of oceans equivalent to an atomic bomb per second. *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/environment/2019/jan/07/global-warming-of-oceans-equivalent-to-an-atomic-bomb-per-second>
- Carrington, D. (2019b, June 25). ‘Climate apartheid’: UN expert says human rights may not survive. *The Guardian*. <http://www.theguardian.com/environment/2019/jun/25/climate-apartheid-united-nations-expert-says-human-rights-may-not-survive-crisis>
- Carrington, D. (2020, August 17). Microplastic particles now discoverable in human organs. *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/environment/2020/aug/17/microplastic-particles-discovered-in-human-organs>
- Ceballos, G., Ehrlich, P. R., & Dirzo, R. (2017). Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(30), E6089-E6096. <https://doi.org/10.1073/pnas.1704949114>
- Chakraborty, D., Al-Rawi, F., Long, Z., & Richardson, P. (2076). The Kessler Event: Possible Implications for Low Earth Orbit and beyond. *International Journal of Orbital Mechanics*, 47(12). <https://doi.org/10.2340/2346753.2076.4222432>
- Chamberland, V. F., Petersen, D., Guest, J. R., Petersen, U., Brittsan, M., & Vermeij, M. J. A. (2017). New Seeding Approach Reduces Costs and Time to Outplant Sexually Propagated Corals for Reef Restoration. *Scientific Reports*, 7(1), 1-12. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-17555-z>
- Chen, L. (2031). The Slow Fabrication Movement: New Perspectives on Technological Progress. *The Journal of Socially Useful Production*, 3(6). <https://doi.org/10.8423/JSUPRDN.9264-43.2031>
- Cheng, L., Abraham, J., Zhu, J., Trenberth, K. E., Fasullo, J., Boyer, T., Locarnini, R., Zhang, B., Yu, F., Wan, L., Chen, X., Song, X., Liu, Y., & Mann, M. E. (2020). Record-Setting Ocean Warmth Continued in 2019. *Advances in Atmospheric Sciences*, 37(2), 137-142. <https://doi.org/10.1007/s00376-020-9283-7>
- Chihro, E., Rocha, E., & Baldwin, R. (2123). Bioaccumulation and Neutralisation of Radionuclides within Nuclear contamination sites: The Case of Fukushima. *Open Journal of Biotechnology*, 99(6), 29-53.
- Chin, W. (2019). Technology, war and the state: Past, present and future. *International Affairs*, 95(4), 765-783. <https://doi.org/10.1093/ia/iiz106>

- Colins, N., & Ariel, Y. (2062). Combining citizen science bioremediation practises of stable isotopes reveals new metallurgical fabrication possibilities for ultra-high purity of bioleached rare earth concentrates. *Journal of Applied Ecology*, 99(6), 29–53.
- Comeau, S., Cornwall, C. E., DeCarlo, T. M., Doo, S. S., Carpenter, R. C., & McCulloch, M. T. (2019). Resistance to ocean acidification in coral reef taxa is not gained by acclimatization. *Nature Climate Change*, 9(6), 477–483. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0486-9>
- Contreras, S., Pieber, M., & Tohá, J. (1981). Purification of wastewater by electrolysis. *Biotechnology and Bioengineering*, 23(8), 1881–1887. <https://doi.org/10.1002/bit.260230814>
- Coote, A. (2021). Universal Basic Services and Sustainable Consumption. *Sustainability: Science, Practice and Policy*, 17(1), 32–46. <https://doi.org/10.1080/15487733.2020.1843854>
- Cornwall, C. E., Comeau, S., Kornder, N. A., Perry, C. T., Hooiconk, R. van, DeCarlo, T. M., Pratchett, M. S., Anderson, K. D., Browne, N., Carpenter, R., Diaz-Pulido, G., D'Olivo, J. P., Doo, S. S., Figueiredo, J., Fortunato, S. A. V., Kennedy, E., Lantz, C. A., McCulloch, M. T., González-Rivero, M., ... Lowe, R. J. (2021). Global declines in coral reef calcium carbonate production under ocean acidification and warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(21). <https://doi.org/10.1073/pnas.2015265118>
- Crowley, K., & Rathi, A. (2020, October 5). Exxon's Plan for Surging Carbon Emissions Revealed in Leaked Documents. *Bloomberg*. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-10-05/exxon-carbon-emissions-and-climate-leaked-plans-reveal-rising-co2-output>
- D'Angelo, S., & Meccariello, R. (2021). Microplastics: A Threat for Male Fertility. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(5). <https://doi.org/10.3390/ijerph18052392>
- Dansgaard, W. (1985). Greenland ice core studies. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 50(1), 185–187. [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(85\)80012-2](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(85)80012-2)
- Devassy, Z., & Cole, L. (2130). Rethinking Human Progress: Mapping Social Indicators of Liberty, Social Cohesion and Global Happiness Indices 2125–2130. *Open Journal of Human Geography*, 128(1), 120–147.
- Díaz, S., Settele, J., Brondízio, E., Ngo, H. T., Guèze, M., Agard, J., Arneith, A., Balvanera, P., Brauman, K., Watson, R., Baste, I., Larigauderie, A., Leadley, P., Pascual, U., Baptiste, B., Dziba, L., Erpul, G., Fazel, A., Fischer, M., ... Vilá, B. (2019). Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services – unedited advance version. 39.
- Dirik, D., & Chen, A. (2029). Global Climate Assemblies: A Comprehensive Guide to People's Governance for Climate Justice. UN Climate Action Commission.
- Divya A. (2020, August 14). Ice stupas help ghost villages of Ladakh become habitable again. *The Indian Express*. <https://indianexpress.com/article/india/ice-stupas-help-ghost-villages-of-ladakh-become-habitable-again-6554438/>
- Doon, R. (2035). Carbon and Its Malcontents: Reparations for capital gains from fossil extractivism. *Red House*.
- Dunn, K. (2019, October 18). Norway Is Set To Drill More Than Ever Before. *Fortune*. <https://fortune.com/2019/10/18/norway-drilling-climate-oil-and-gas/>
- Engel, C. (2019, July 22). Scientists Unveil Memorial To Iceland's "First" Dead Glacier | *Time*. <https://time.com/5631599/iceland-glacier-climate-change/>
- Fabre, M. (2032). On the Abolition of Bullshit Industries. *International Journal of Care Work*, 7(8), 20–39. <https://doi.org/10.1180/2307753.2032.1388432>
- Forbes, J. D. (2010). Columbus and Other Cannibals: The Wetiko Disease of Exploitation, Imperialism and Terrorism. In *Columbus and Other Cannibals*. Seven Stories Press.
- Fountain, H. (2020, December 8). Arctic's Shift to a Warmer Climate Is 'Well Underway, Scientists Warn—The New York Times. *New York Times*. <https://www.nytimes.com/2020/12/08/climate/arctic-climate-change.html>
- Gadgil, M., & Guha, R. (1994). Ecological Conflicts and the Environmental Movement in India. *Development and Change*, 25(1), 101–136. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7660.1994.tb00511.x>
- Ganguli, P., & Nakamura, S. (2047). The Case for Carbon Negative Electrolytic Reefs: Designing Composite Reefs as Wave breakers and Zones Exclusive to Marine Biodiversity. *The Open Journal of ReFuturing*, 16(4).
- García-Olivares, A., & Solé, J. (2015). End of growth and the structural instability of capitalism—From capitalism to a Symbiotic Economy. *Futures*, 68, 31–43. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2014.09.004>
- Gautam, N., Rozario, L., & Jagmohan, S. (2053). Rainmakers: Harvesting Atmospheric Rivers for Freshwater Aquifer Regeneration. *The Open Journal of ReFuturing*, 22(3).
- Gilbert, E., & Kittel, C. (2021). Surface Melt and Runoff on Antarctic Ice Shelves at 1.5°C, 2°C, and 4°C of Future Warming. *Geophysical Research Letters*, 48(8). <https://doi.org/10.1029/2020GL091733>
- Gimeno, L., Nieto, R., Vázquez, M., & Lavers, D. A. (2014). Atmospheric rivers: A mini-review. *Frontiers in Earth Science*, 2. <https://doi.org/10.3389/feart.2014.00002>
- Goldman, F. (2064). Revisiting Climate Resilient Zones: Developments in Global Climate Action and their Outcomes. *Open Journal of Ecosystem Regeneration*, 29(6).
- Goreau, T. J. F. (2012). Marine Electrolysis for Building Materials and Environmental Restoration. *Electrolysis*. <https://doi.org/10.5772/48783>
- Goreau, T. J. F., & Prong, P. (2017). Biorock Electric Reefs Grow Back Severely Eroded Beaches in Months. *Journal of Marine Science and Engineering*, 5(4), 48. <https://doi.org/10.3390/jmse5040048>
- Gough, I. (2019). Universal Basic Services: A Theoretical and Moral Framework. *The Political Quarterly*, 90(3), 534–542. <https://doi.org/10.1111/1467-923X.12706>
- Greenwood, V. (2015, February 11). To Save Coral Reefs, First Save the Mangroves. *National Geographic*. <https://>

- www.nationalgeographic.com/news/2015/2/150210-mangrove-protect-coral-bleaching-science/
- Halden, O. (2094). Blue Carbon Sinks: Black Coral levees of the Sundarbans and Terra Preta in the Amazonas. *Journal of Applied Ecology*, 131(6).
- Hampton, M., & Kuruwila, C. (2092). The Pluriverse: Rainbow Intersectionality beyond a Counterhegemonic Practise. EZLN.
- Hernandez, A., Wajid, K., Krishnamoorthy, E., Ma, N., & Sankara, N. (2062). Agroecological Agriculture in Climate Resilience Zones (CRZs) and their impact on River Water Chemistry. *Journal of Applied Ecology*, 99(6), 29–53.
- Hilbertz, W. (1979). Electrodeposition of minerals in sea water: Experiments and applications. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, 4(3), 94–113. <https://doi.org/10.1109/JOE.1979.1145428>
- ICC. (2039). Final Assessment Report to the United Nations Global Climate Assembly on the “Fossil Fascism Complex” and its Crimes Against Humanity: The Donziger Commission (p. 5000) [Summary Report]. International Criminal Court.
- IPCC. (2028). Limiting Global warming to 2°C. Intergovernmental Panel on Climate Change. <http://www.ipcc.ch/report/sr18/>
- Jansen, E., Christensen, J. H., Dokken, T., Nisancioglu, K. H., Vinther, B. M., Capron, E., Guo, C., Jensen, M. F., Langen, P. L., Pedersen, R. A., Yang, S., Bentsen, M., Kjær, H. A., Sadatzki, H., Sessford, E., & Stendel, M. (2020). Past perspectives on the present era of abrupt Arctic climate change. *Nature Climate Change*, 10(8), 714–721. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0860-7>
- Joselow, M. (2021, May 27). Court Orders Shell to Slash Emissions in Historic Ruling. *Scientific American*. <https://www.scientificamerican.com/article/court-orders-shell-to-slash-emissions-in-historic-ruling/>
- Juma, A., & Watene, A. (2041). *Defend the Land and Water: The Struggle for Indigenous Sovereignty and Autonomy*. Magabala.
- KeyBer, L. T., & Lenzen, M. (2021). 1.5 °C degrowth scenarios suggest the need for new mitigation pathways. *Nature Communications*, 12(1), 1–16. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-22884-9>
- Khan, I., & Shah, R. (2127). *Collected Works of Symbiotic Fabrication Technologies: Asia Archive Edition*. Open Tech Society, Ahmedabad.
- Kraemer, B. M., Pilla, R. M., Woolway, R. I., Anneville, O., Ban, S., Colom-Montero, W., Devlin, S. P., Dokulil, M. T., Gaiser, E. E., Hambright, K. D., Hessen, D. O., Higgins, S. N., Jöhnk, K. D., Keller, W., Knoll, L. B., Leavitt, P. R., Lepori, F., Luger, M. S., Maberly, S. C., ... Adrian, R. (2021). Climate change drives widespread shifts in lake thermal habitat. *Nature Climate Change*, 11(6), 521–529. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01060-3>
- Krets, M. (2048). *Technological Emergence and Exaptation: From Intellectual Property to Collective Knowledge*. Open Tech Society.
- Kyriaku, F., DiMarco, A., Noor, P., & Bonaccorso, N. (2089). Acclimatization of Marine Biota under Ocean Acidification Conditions and Other Interventions. *Nature Climate Change*, 79(6). <https://doi.org/10.2338/s48958-089-6496-79>
- Lai, X. (2056). *The Point Is To Have Fun: Long Term Sustainability and Social Playfulness*. Digua Research Wing.
- Mallett, R. D. C., Stroeve, J. C., Tsamados, M., Landy, J. C., Willatt, R., Nandan, V., & Liston, G. E. (2021). Faster decline and higher variability in the sea ice thickness of the marginal Arctic seas when accounting for dynamic snow cover. *The Cryosphere*, 15(5), 2429–2450. <https://doi.org/10.5194/tc-15-2429-2021>
- Masters, J. (2019, December 9). Newly Identified Jet-Stream Pattern Could Imperil Global Food Supplies. *Scientific American*. <https://blogs.scientificamerican.com/eye-of-the-storm/newly-identified-jet-stream-pattern-could-imperil-global-food-supplies/>
- McCarthy, R. (2020, November 8). Deep Sea Rush. *The Baffler*. <https://thebaffler.com/salvos/deep-sea-rush-mccarthy>
- Min, K., & Devi, L. (2052). *The Economics of Soil Nutrition: A study on Anthropocentric value extractivism of soil resources*. Institute of Ecological Economics.
- Mirza, K. (2067). *Climate Action: Gendered Justice, Liberation and Care*. Open Anthropological Society, Tehran.
- Natali, S. M., Holdren, J. P., Rogers, B. M., Treharne, R., Duffy, P. B., Pomerance, R., & MacDonald, E. (2021). Permafrost carbon feedbacks threaten global climate goals. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(21). <https://doi.org/10.1073/pnas.2100163118>
- Ngata, K. (2076). *ReImagining Socially Useful Production: Alternatives in the Making (Centenary edition)*. International Society for Socially Useful Production.
- NOAA. (2020, April). *Ocean acidification*. <https://www.noaa.gov/education/resource-collections/ocean-coasts/ocean-acidification>
- Noble, D. F. (1977). *America by design: Science, technology, and the rise of corporate capitalism*. Alfred A. Knopf.
- Oroza, E., & Marchand-Zanartu, N. (2009). *Rikimbili: Une étude sur la désobéissance technologique et quelques formes de réinvention*.
- Padmanaban, T., & Holdren, T. (2079). Antarctic Climate Treaty: How little is too late? *The Cryosphere*, 63(1).
- Pearce, F. (2021, February 3). *Water Warning: The Looming Threat of the World’s Aging Dams*. Yale E360. <https://e360.yale.edu/features/water-warning-the-looming-threat-of-the-worlds-aging-dams>
- Penney, V. (2020, November 10). 5 Things We Know About Climate Change and Hurricanes. *The New York Times*. <https://www.nytimes.com/2020/11/10/climate/climate-change-hurricanes.html>
- Pennisi, E. (2017, March 9). Meet the obscure microbe that influences climate, ocean ecosystems, and perhaps even evolution. *Science | AAAS*. <https://www.sciencemag.org/news/2017/03/meet-obscur-microbe-influences-climate-ocean-ecosystems-and-perhaps-even-evolution>

- Ponkh, L. (2031). Conditions of Social Collapse and Nurturing Societies of Care: A review. *Journal of Social Care*, 2(4).
- Portho, T., & Arivu, L. (2130). GPK1 Mapping Mission: Suborbital Survey Dataset of Climate Indicators and Datasets (JAN 2124-DEC 2129) (p. 98). People's Climate Action Coalition.
- Qu, Y., Li, H., Wang, X., Tian, W., Shi, B., Yao, M., & Zhang, Y. (2019). Bioremediation of Major, Rare Earth, and Radioactive Elements from Red Mud by using Indigenous Chemoheterotrophic Bacterium *Acetobacter* sp. *Minerals*, 9(2), 67. <https://doi.org/10.3390/min9020067>
- Raabi, Q., Lundkvist, R., Vaidya, W., & Shah, E. (2073). Ecosystem Dynamics of a Hothouse Earth. *Journal of Climate Dynamics*, 45(6). <https://doi.org/10.2923/JCDNM.2434-83.2073>
- Ragusa, A., Svelato, A., Santacroce, C., Catalano, P., Notarstefano, V., Carnevali, O., Papa, F., Rongioletti, M. C. A., Baiocco, F., Draghi, S., D'Amore, E., Rinaldo, D., Matta, M., & Giorgini, E. (2021). Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta. *Environment International*, 146, 106274. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106274>
- Rahman, F., Sen, O., & Palit, N. (2096). A People's Report and Impact Analysis of the Blue Reparations Project (2044-2094). People's Climate Action Coalition.
- Resnick, B. (2017, December 12). We're witnessing the fastest decline in Arctic sea ice in at least 1,500 years. *Vox*. <https://www.vox.com/energy-and-environment/2017/12/12/16767152/arctic-sea-ice-extent-chart>
- Rogers, E., Salim, G., Lawrence, A., Tosh, F., & Varkey, Y. (2121). Impact of Artificial Ice Stupa Glaciers on water vapor diffusion and latent heat on the effective thermal conductivity of snow in the Arctic and Antarctic Ice Caps. *The Cryosphere*, 115(6), 2739-2755.
- Sala, E., Mayorga, J., Bradley, D., Cabral, R. B., Atwood, T. B., Auber, A., Cheung, W., Costello, C., Ferretti, F., Friedlander, A. M., Gaines, S. D., Garilao, C., Goodell, W., Halpern, B. S., Hinson, A., Kaschner, K., Kesner-Reyes, K., Leprieux, F., McGowan, J., ... Lubchenco, J. (2021). Protecting the global ocean for biodiversity, food and climate. *Nature*, 592(7854), 397-402. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03371-z>
- Samy, E. (2129). Out of Sight Out of Mind: Legacy Fossil Fuel Infrastructures in the 21st Century. *Open Journal of Ecology*, 91(8).
- Sarnai & Solongo. (2118). Everything was Forever until There was Nothing: Hypernormalisation in the times of Ecocide. Open Anthropological Society, Darkhan.
- Sato, G., Fisseha, A., Gebrekiros, S., Karim, H. A., Negassi, S., Fischer, M., Yemane, E., Teclerariam, J., & Riley, R. (2005). A novel approach to growing mangroves on the coastal mud flats of Eritrea with the potential for relieving regional poverty and hunger. *Wetlands*, 25(3), 776-779. [https://doi.org/10.1672/0277-5212\(2005\)025\[0776:ANATGM\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1672/0277-5212(2005)025[0776:ANATGM]2.0.CO;2)
- Schneider, T., Kaul, C. M., & Pressel, K. G. (2019). Possible climate transitions from breakup of stratocumulus decks under greenhouse warming. *Nature Geoscience*, 12(3), 163-167. <https://doi.org/10.1038/s41561-019-0310-1>
- Scott, C. A., Zhang, F., Mukherji, A., Immerzeel, W., Mustafa, D., & Bharati, L. (2019). Water in the Hindu Kush Himalaya. In P. Wester, A. Mishra, A. Mukherji, & A. B. Shrestha (Eds.), *The Hindu Kush Himalaya Assessment: Mountains, Climate Change, Sustainability and People* (pp. 257-299). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-92288-1_8
- Silvestri, S., & Kershaw, F. (2010). Framing the Flow: Innovative Approaches to Understand, Protect, and Value Ecosystem Services Across Linked Habitats [Text]. UNT Digital Library; UNEP World Conservation Monitoring Centre. <https://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc28503/>
- Sjåfjell, B., & Halvorssen, A. M. (2016). The Legal Status of Oil and Gas Exploitation in the Arctic: The Case of Norway (SSRN Scholarly Paper ID 2636542). Social Science Research Network. <https://papers.ssrn.com/abstract=2636542>
- Smith, E. (2018, May 24). Climate change may lead to bigger atmospheric rivers. *Climate Change: Vital Signs of the Planet*. <https://climate.nasa.gov/news/2740/climate-change-may-lead-to-bigger-atmospheric-rivers>
- Steffen, W., Rockström, J., Richardson, K., Lenton, T. M., Folke, C., Liverman, D., Summerhayes, C. P., Barnosky, A. D., Cornell, S. E., Crucifix, M., Donges, J. F., Fetzer, I., Lade, S. J., Scheffer, M., Winkelmann, R., & Schellnhuber, H. J. (2018). Trajectories of the Earth System in the Anthropocene. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(33), 8252-8259. <https://doi.org/10.1073/pnas.1810141115>
- Suman, E., & Monyeki, B. (2117). Slow Architecture and Coral Sea Walls: Testing the limits of Mineral Accretion, Mangrove-Coral Nurseries and Electric Reefs for Coastline Communities. Open Tech Society, Sundarbars.
- Tartakovsky, B., Mehta, P., Bourque, J.-S., & Guiot, S. R. (2011). Electrolysis-enhanced anaerobic digestion of wastewater. *Bioresource Technology*, 102(10), 5685-5691. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.02.097>
- Thirumalai, W., & Halden, O. (2087). War and Peace: A People's History of the Military Industrial Complex and It's role in creating High Tech Consumer Cultures. Open Tech Society, Paris.
- Thompson, A. (2018, September 4). From Fish to Humans, A Microplastic Invasion May Be Taking a Toll. *Scientific American*. <https://www.scientificamerican.com/article/from-fish-to-humans-a-microplastic-invasion-may-be-taking-a-toll/>
- Thompson, V. S., Gupta, M., Jin, H., Vahidi, E., Yim, M., Jindra, M. A., Nguyen, V., Fujita, Y., Sutherland, J. W., Jiao, Y., & Reed, D. W. (2018). Techno-economic and Life Cycle Analysis for Bioremediation of Rare-Earth Elements from Waste Materials. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 6(2), 1602-1609. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.7b02771>
- Tlouse, R., & Wakkari, T. (2130). Synchronization and Social Change: A People's History of Social Dissonance of Development. *Open Journal of Social Ecology*, 100(2).
- Tosh, F., & Varkey, Y. (2110). Dodging the Permafrost "Carbon Bomb": The Curious Case of Permafrost Emissions and How the World may have averted a guaranteed extinction event. *The Cryosphere*, 104(1),

- 110-136.
- Ubumwe, K. (2114). Centuries of Fossil Guilt: Taking stock of the catastrophic cost to human society from fossil fuel infrastructures. *International Journal of Ecological Economics*, 95(4), 230-267. <https://doi.org/10.1080/13563467.2114.1598964>
- UNCAC. (2043). Global Reparations for Genocide of Indigenous Peoples and Erasure of Indigenous Cultures (p. 211). UN Climate Action Commission.
- UNCAC. (2044). The Blue Reparations Directive: Summary Report on International Mobilisation Program for Water Defence and Regeneration (p. 320). UN Climate Action Commission.
- UNCAC. (2056). Declaration of Right To Personhood for Ecosystems (p. 211). UN Climate Action Commission.
- UNCAC. (2129). Preliminary Status Report on the Biodiversity Regeneration programs for Marine Ecosystem Services (p. 204). UN Climate Action Commission.
- Vahidi, L., Arenas-Vargas, B., & Gaard, M. (2118). Symbiometallurgy: A Technological Review. *Open Journal of Biotechnology*, 94(6), 89-109.
- Vici, N., Aslan, Y., Umu, W., Ødemark, N., & Oden, N. (2087). Symbiotically Fabricated Coral Reefs and their Ecosystem Resilience to Global Bleaching Events. *Journal of Applied Ecology*, 124(6).
- Wadhams, P. (2017). *A farewell to ice: A report from the Arctic*. Oxford University Press.
- Watts, J. (2020, October 27). "Sleeping giant" Arctic methane deposits starting to release, scientists find. *The Guardian*. <http://www.theguardian.com/science/2020/oct/27/sleeping-giant-arctic-methane-deposits-starting-to-release-scientists-find>
- Wehi, P. M., van Uitregt, V., Scott, N. J., Gillies, T., Beckwith, J., Rodgers, R. P., & Watene, K. (2021). Transforming Antarctic management and policy with an Indigenous Māori lens. *Nature Ecology & Evolution*, 1-5. <https://doi.org/10.1038/s41559-021-01466-4>
- Wheeling, K. (2019, July 13). Major cities in India are starting to run out of water. <https://theweek.com/articles/850956/major-cities-india-are-starting-run-water>
- Wolchover, N. (2019, February 25). A World Without Clouds. *Quanta Magazine*. <https://www.quantamagazine.org/cloud-loss-could-add-8-degrees-to-global-warming-20190225/>
- Xia, R. (2020, October 25). How the waters off Catalina became a DDT dumping ground. *Los Angeles Times*. <https://www.latimes.com/projects/la-coast-ddt-dumping-ground/>
- Yong, E. (2021, November 3). The Enormous Hole That Whaling Left Behind. *The Atlantic*. <https://www.theatlantic.com/science/archive/2021/11/whaling-whales-food-krill-iron/620604/>
- York, R. (2017). Why Petroleum Did Not Save the Whales. *Socius: Sociological Research for a Dynamic World*, 3, 1-13. <https://doi.org/10.1177/2378023117739217>
- Yu, Z., & Pabst, Å. (2051). Tangible Archetypes for Technological Disobedience: Designing Tangible Interventions for Climate Reparations. *The Open Journal of ReFuturing*, 20(5).
- Zaidi, D. (2056, June 12). Playing with Fire: Are Rainmakers a Geo-Engineering project in the Making? *The Hindu*.
- Zanna, L., Khatiwala, S., Gregory, J. M., Ison, J., & Heimbach, P. (2019). Global reconstruction of historical ocean heat storage and transport. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(4), 1126-1131. <https://doi.org/10.1073/pnas.1808838115>
- Zenlin, P. (2109). *The Masisi: Chronicles of Kinship and Radioactive Symbiosis (Vol. 7)*. Open Anthropological Society, Stockholm.
- Zerrano, P. (2036). Comparative Assessment of Global Social Indicators and Global Happiness Indices: 2031-2036. *Open Journal of Human Geography*, 33(4), 23-65.



“严格意义上的科幻作品总体上都是在罗马俱乐部诞生的时候出现的：介于人类自由逐渐灭绝和陆地生物完全灭绝之间的某个地方。”

——厄休拉·勒古恩，《黑暗的左手》导论（1976）

“世界末日的理想化是一个自证预言。它是从内部结束的线性世界。世界末日的逻辑存在于一个精神、心理和情感的死区中，这个死区也会不断自我吞噬。其是死人的复活，要吞噬所有的生命。”

——杰克福布斯，《哥伦布和其他食人族》（2008）

4. 后记

这个出版物和相关的讨论产物是“设计虚构”的片段。虽然人们可能会误以为这是科幻小说,但从设计的角度来看,这是一个实验性的项目。它部分是设计虚构(Blecker, 2009),部分是虚构的研究论文(Lindley & Coulton, 2016),部分是文献综述,部分是来自一个更加正义未来的设计讨论产物。这个研究成果是一个名为“来自多元宇宙的产物:长期可持续性设计”的博士项目的成果。虽然它读起来像科幻小说,但它实际上并不是。由于2019冠状病毒病(COVID-19)全球大流行仍在肆虐,这本设计虚构写于2020-21年,在2021年之前的所有参考文献都依赖于对有关各种主题的同行评审出版物的全面讨论。最终,2022年之后的全球气候行动都是对全球气候行动的推测和虚构。虽然这些参考文献可能是虚构的,但它们是经过深思熟虑和精心开发的,提出了各种可能性。本设计虚构旨在探讨社会转变为气候行动的可能性和机会,当我们进入不确定的气候未来时,这些行动可能实现长期的未来。

每一章的前半部分探讨了气候不作用的长期影响,作为一个简化的文献综述,讨论了未曾涉足的道路及未曾培养的情感相关的分散故事。这一举措是为了解释为什么尽管在危机的紧迫性方面产生了大量的学术和知识,但对气候行动的更深刻理解似乎仍然是回避的,而对气候的深深的绝望感已经常态化。因此,尽管有意识地向大气中排放的碳比不知情的情况下排放的碳要多(Wallace-Wells, 2019),但气候行动的基线仍在不断变化(Jackson等人, 2011)。这样看来,知识本身“并不是通向理解的道路,因为理解的港口在另一边”,因此需要“不同的导航”(Max-Neef, 2009)。世卫组织的研究小组“重塑未来工作室”专注于尝试基于该位置的“不同导航”。正是这种新导航的可能性和挑战为本出版物提供了信息。

这个研究项目所基于的社会假设与许多反乌托邦的气候想象形成了鲜明的对比,往往这些气候想象倾向于“未来事物的警告”,即我们都不想居住的未来(Tonkinwise, 2014)。尽管对我们的气候未来有明确的结论,但这些构建气候绝望的倾向似乎更符合气候否认主义的详细表达,这些气候否认主义继续深深内化在我们的社会想象中(Klein, 2014)。随着章节的进展,他们阐明了我们可能获得的可能性——一个超越气候绝望的“设计师”机构,可以超越我们当前范式的系统性限制。我们或许有可能理解并解决这种生存困境的邪恶之处。此外,由于不可能证明和预测这种未来,本设计虚构并未着力详细描绘其所有特质。

这一设计虚构表明,下个世纪全球气温将上升2至2.5摄氏度;IPCC的最新报告指出,这一数字是2100年变暖趋势的中间轨迹。升温1.5摄氏度就已经是一场灾难了,升温2摄氏度的世界可能就会引发超出我们控制的反馈循环。升温2摄氏度对数百万人来说

是注定的致死灾难。因此，升温限制的目标必须是1.5摄氏度，而不是摄氏度，这被认为是一个更“合理”的目标。因此，我们是否可以考虑森林和树木成为一个存在的问题。突破1.5°C的限制不仅仅意味着它本身。其背后是未知的威胁以及气候和生态危机的复杂交织——生物多样性和生态系统服务、农业衰退、农民死亡、社会经济不平等、饥饿、社会正义、长期可持续性、第六次大规模灭绝和良好的生活质量(Díaz等人, 2019)。无论这种变化是由设计还是崩溃造成的，无论我们在本世纪跨越什么门槛，无论是在社会、气候方面，还是两者兼而有之，这些选择的质量仍然与人类和地球的福祉有关。

最终，这种设计虚构的目的不是想要将这个未来描绘得有多精确，而是在我们当前范式的某些基本假设要改变的前提假设下，创造一个关于更有希望的未来的批判性对话。如果它描绘了一个“乌托邦式”的结论，那并不是通过呼吁将今天存在的制度外推到未来一百年。这是通过试图“重塑”已经失去未来的东西，通过恢复我们的人性来恢复生态危机的非人性化的未来，这就是Freire所说的重新人性化的任务(Freire, 2014)。这种重新人性化是出版物标题中“重塑未来”一词所暗示的，可以说，这需要设计师对未来进行重新想象、重新思考和“重新人性化”，以打破“一切如常”的BAU不断缩小的框架。重塑未来需要开启“全方位”的可能性，融入进当今的气候行动中。这样一来，当人们达成目标时，可能会迎来一个完全不同的未来。

此外，重塑未来是关于想象激进的希望，即使地球变得越来越不适合人类居住(华莱士-威尔斯, 2019年)。然而，人们必须注意到，重塑人性化的乌托邦并不意味着未来将没有任何冲突。其仍然是竞争激烈的空间，包括许多路径的出现、分化和再次融合。在这些有争议的多元空间(指多个世界同时存在的空间)中，对共同关切的审议可能通过友好及自治的实践来完成(Escobar, 2018)。这些可能是与生物圈作为一个物种的反身学习行为。我们一致同意追求一个重塑人性化的未来，为舞蹈、欢笑、玩耍、娱乐、休闲、创造力甚至是无聊保留空间——这在今天似乎是难以想象的。

我们在试图想象对邪恶危机的重塑反应时，培养了某些敏感性，而另一些则被忽视了。这些感觉是基于不同的假设，以一种新的范式来暂停对设计虚构的怀疑。也就是说，本出版物讨论的一些气候赔偿途径甚至可能被认为在政治上是不可能的，并让一些读者感到讨厌或不安并引起关注，并挑战我们对现有范式的一些根深蒂固的“规则”。这并不是说，对范式的所有挑战都必须是令人不安的，甚至是成为气候行动的一种手段。在这个过程中，不可避免地，这些设计虚构为那些还不存在的人说话，作为代理人提出问题，探索基于不同文明定义的反思和行动的可能性。即使是在一个虚构的世界里，它也可能显得不够尊重，在这个虚构的世界里，叙事将可持续行动转变为“来自边缘”的、无固定群体的声音——世界上的土著和边缘化人民，对他们来说，气候灾难是活生生的现实，而那些应对危机负责的人继续一切照常，即

使身处困难之中 (Althor et al., 2016;卡灵顿,2019;Chancel & Piketty, 2015)。这项工作不打算不尊重,边缘化,或讽刺在这个出版物中提到的人。相反,这些猜测性的声音是《开放杂志》的反思,以更深刻地理解我们的困境。人们可以希望,这本书是一份邀请,让人们进行批判性而思辨的阅读,以理解其实采取行动的许多机会都非常容易实现。”撰写本文时的最新学术研究表明,本文提出的许多社会转型战略不仅可行,而且将从根本上改变,以确保人类和生态福祉,同时保持在1.5°C的阈值以下(Fazey等人, 2020;Folke等人, 2021年;KeyBer & Lenzen, 2021;Kuhnhenn等人, 2020)。需要在全局范围内更新社会契约,这意味着人类社会可以自由地参与气候行动。对于化石燃料的经济引擎来说,我们可能不那么“富有成效”,而更专注于一个更悠闲、更有爱心的生态社会,以保证良好的生活质量(Coote, 2021;Gough, 2019)。

随着社区采用当地可持续的制造和消费方法,逐步建立地方和全球气候抵御能力,它们可以向外扩张,而不是向上扩张。这一战略可以考虑为长期可持续性设计的可再生能源基础设施的多层次整合。它可以在相互加强的碳负级联中建立,同时满足人类的基本需求。为了实现这一点,我们可能需要进行社会变革,使技术适应社会和生态需求。这些适应气候变化的基础设施可以利用开放的技术转让和公民科学,通过非殖民化的气候赔偿框架,在一个没有廉价化石燃料的世界里,继续制定多样化的生态和物质丰富形式。这些问题在设计虚构探索的结论产物中被心照不宣地进行了分层处理,并加入了非殖民化和气候正义的叙事,让这些对未来的描述在今天看来是可想象、可感知和可行的。更详细的技术参考列表可于文末的技术附录中查找。

出版物中设计的工件产物为我们这些非本土居民的日常生活提供了一条本土化的道路。这条道路的提出不是为了达到某种神话般的原始状态,而是作为一个“自我意识的政治项目”,朝着共同繁荣的文化发展,在地球生态中扎根而繁荣,随着气候和生态崩溃的继续,甚至可能超越这一点,这可能被证明是必不可少的。设计师在实践中,经常通过工件产物来反映在行动,思考,以及通过隐性认知对命题进行再思考。这一实践有望证明对设计的长期可持续性的重新理解。在这种追求尽管是推测性的,但这些工件产物仍有可能在今天实现。从生物矿化剂到电气化珊瑚礁和造雨器,从森林播种机到SymFabs(一种共生制造技术),从有机藻类壳聚糖电池打印机到城市能源电网内的3D打印光学太阳能结构,再到虚构的马西西人的能源仪式——这些都是基于对现有基础技术文献的推测。

这些工件产物对长期可持续性方面的表达可能会让读者认为,长期可持续性仍然是可以实现的。然而,技术进步并不一定依赖于过时的技术官僚解决主义观念。它不需要依赖于榨取的殖民模式,这种模式会缩小而不是扩大人类的可能性。开放技术转让和开放科学运动的主张朝着更深刻的飞跃迈进,朝着“诗意”技术的出现,而不是旨在非人

化技术的官僚主义(Graeber, 2018; Noble, 1984; Zuboff, 2019)。该期刊还提供了关于谁在新范式下开发了这些技术的观点,提出了关于护理和社会再生产的问题,这些问题涉及到创造这些手和创造它们的资源,随着社会生活在战略上变得去商品化,甚至可能自由分享这些能力。在这里的自由条件下,适应气候变化的技术基础设施的扩散速度甚至可能比以往任何时候都要快,可能会采取与我们今天所习惯的不同的社会和生态轨迹。

不可否认的是,气候和生态危机的复杂性(莫顿, 2016)不能仅仅通过简单的方法来“解决”。对于设计师来说,解决这些问题可能有一定的限制(Dorst, 2019)。这一设计出版物本身并不能解释这些问题的每一个细节——关于在2摄氏度至2.5摄氏度的温室世界中,行星社会生命是否可能或准确预测的问题,远远超出了本出版物的考虑范围。然而,在BAU内部有可能有一个2°C的世界,但仍然是一个令人痛苦的气候反乌托邦,超出人们想象。在我们今天所熟悉的反乌托邦图景中,许多这样的图景或许已经无处不在。相反,这项工作的重点是提出不同性质的可能性,通过“有效的”气候赔偿,以真正的非殖民化和气候正义为基础的气候行动的梦想,这与BAU的“有效的”殖民逻辑始终处于相悖。为了实现这一点,其需要驾驭陌生水域,在看似脱节的现象和关注点之间画出创造性的“红线”,以便能够瞥见反霸权协定和长期可持续转型的范式僵化。

然而,即使人们想象出了这些不同的范式,也不能指望它们独立出现,也不可能精确地按照规定出现。无论前面的选择是什么,都需要持续的合作努力,以满足生态上的基本需求,照顾、培育、社会繁殖,如果需要的话,还需要几代人的努力。这种多代人的实践将需要严格的生态灭绝法规和框架来补充,通过真正地去殖民化土地、水、空气甚至外太空。除此之外,生态系统服务可能需要通过生物圈进行赔偿而得到补救和再生。因此,这篇设计虚构试图为本出版物推测的多元想象做出贡献,而不是设计学科所阐明的可能性。也许更有能力的人可以做出更深刻的想象,超越在本期刊中过于稚拙和简化,抑或是在某些问题上过于保守的推测。

这本出版物展示了我们气候的过去、现在和未来的全新可能性,嵌入在我们尚未和解的“文明”定义的深刻纠缠中。无论未来采取何种形式的气候行动,都可能需要不断的谈判。我们创造的未来将需要深度的友好、自主和合作,这可能会帮助我们创造和重塑世界,就像我们将今天气候反乌托邦的来临正常化一样。无论如何,22世纪的未来始终会到来;这是一个更有希望的高气候适应力的未来,就像在这份出版物中所推测的那样,还是一个人类文明走向灭绝边缘的未来,仍是一个尚未解决的问题。在当今气候不作为的现实情况下,前者为激进的希望提供了一种创造性的可能性,尽管这种希望很渺茫。相比之下,可以预见的是,后者在这个问题上缺乏选择的。真正的长期可持续文明的前景——如果真有这样一个文明的话——可能还取决于人类以其所有的聪明才智,实现其赋予生命的生物圈中以本土形式存在的可能性。

参考文献(后记)

- Althor, G., Watson, J. E. M., & Fuller, R. A. (2016). Global mismatch between greenhouse gas emissions and the burden of climate change. *Scientific Reports*, 6, 20281.
- Bleecker, J. (2009). *Design Fiction: A Short Essay on Design, Science, Fact and Fiction*. 49.
- Carrington, D. (2019, June 25). 'Climate apartheid': UN expert says human rights may not survive. *The Guardian*. <http://www.theguardian.com/environment/2019/jun/25/climate-apartheid-United-nations-expert-says-human-rights-may-not-survive-crisis>
- Chancel, L., & Piketty, T. (2015). Carbon and inequality: From Kyoto to Paris Trends in the global inequality of carbon emissions (1998-2013) & prospects for an equitable adaptation fund World Inequality Lab (p. 50). Paris School of Economics.
- Coote, A. (2021). Universal Basic Services and Sustainable Consumption. *Sustainability: Science, Practice and Policy*, 17(1), 32-46. <https://doi.org/10.1080/15487733.2020.1843854>
- Díaz, S., Settele, J., Brondízio, E., Ngo, H. T., Guèze, M., Agard, J., Arneeth, A., Balvanera, P., Brauman, K., Watson, R., Baste, I., Larigauderie, A., Leadley, P., Pascual, U., Baptiste, B., Dziba, L., Erpul, G., Fazal, A., Fischer, M., ... Vilá, B. (2019). Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services - unedited advance version. 39.
- Dorst, K. (2019). Design beyond Design. *She Ji: The Journal of Design, Economics, and Innovation*, 5(2), 117-127. <https://doi.org/10.1016/j.sheji.2019.05.001>
- Escobar, A. (2018). *Designs for the Pluriverse: Radical Interdependence, Autonomy, and the Making of Worlds*. Duke University Press. <http://ebookcentral.proquest.com/lib/ahono/detail.action?docID=5322528>
- Fazey, I., Schöpke, N., Caniglia, G., Hodgson, A., Kendrick, I., Lyon, C., Page, G., Patterson, J., Riedy, C., Strasser, T., Verveen, S., Adams, D., Goldstein, B., Klaes, M., Leicester, G., Linyard, A., McCurdy, A., Ryan, P., Sharpe, B., ... Young, H. R. (2020). Transforming knowledge systems for life on Earth: Visions of future systems and how to get there. *Energy Research & Social Science*, 70, 101724. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101724>
- Folke, C., Polasky, S., Rockström, J., Galaz, V., Westley, F., Lamont, M., Scheffer, M., Österblom, H., Carpenter, S. R., Chapin, F. S., Seto, K. C., Weber, E. U., Crona, B. I., Daily, G. C., Dasgupta, P., Gaffney, O., Gordon, L. J., Hoff, H., Levin, S. A., ... Walker, B. H. (2021). Our future in the Anthropocene biosphere. *Ambio*, 50(4), 834-869. <https://doi.org/10.1007/s13280-021-01544-8>
- Freire, P. (2014). *Pedagogy of the Oppressed: 30th Anniversary Edition*. Bloomsbury Academic & Professional. <http://ebookcentral.proquest.com/lib/ahono/detail.action?docID=1745456>
- Gough, I. (2019). Universal Basic Services: A Theoretical and Moral Framework. *The Political Quarterly*, 90(3), 534-542. <https://doi.org/10.1111/1467-923X.12706>
- Graeber, D. (2018). *The Utopia of Rules: On technology, stupidity, and the secret joys of bureaucracy*. Melville House.
- Jackson, J. B. C., Alexander, K., & Sala, E. (Eds.). (2011). *Shifting baselines: The past and the future of ocean fisheries*. Island Press.
- Keyßer, L. T., & Lenzen, M. (2021). 1.5 °C degrowth scenarios suggest the need for new mitigation pathways. *Nature Communications*, 12(1), 1-16. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-22884-9>
- Klein, N. (2014). *This Changes Everything. Capitalism vs. The Climate*. Penguin Books.
- Kuhnhenh, K., Costa, L., Mahnke, E., Schneider, L., & Lange, S. (2020). A Societal Transformation Scenario for Staying Below 1.5°C (Economic & Social Issues, Vol 23). Heinrich Böll Stiftung. <https://www.boell.de/en/2020/12/09/societal-transformation-scenario-staying-below-15deg>
- Lindley, J., & Coulton, P. (2016). Pushing the Limits of Design Fiction: The Case For Fictional Research Papers. *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 4032-4043. <https://doi.org/10.1145/2858036.2858446>
- Max-Neef, M. (2009). From knowledge to understanding - Navigations and returns. In *What Next volume II - The Case for Pluralism (Vol. 2)*. Dag Hammarskjöld Foundation. https://www.daghammarskjold.se/wp-content/uploads/2009/DD52_web.pdf
- Morton, T. (2016). *Dark ecology: For a logic of future coexistence*.
- Noble, D. F. (1984). *Forces of production: A social history of industrial automation*. Knopf.
- Tonkinwise, C. (2014). How We Intend to Future: Review of Anthony Dunne and Fiona Raby, *Speculative Everything: Design, Fiction, and Social Dreaming*. *Design Philosophy Papers*, 12(2), 169-187. <https://doi.org/10.2752/144871314X14159818597676>
- Wallace-Wells, D. (2019). *The uninhabitable earth: Life after warming*. Tim Duggan Books.
- Zuboff, S. (2019). *The age of surveillance capitalism: The fight for the future at the new frontier of power*. Profile Books.

5. 技术附录

本期刊中的工件产物是在因气候行动而经历社会变革的世界环境下探索的。我们寻求可替代发展道路,以实现以气候正义为中心的一系列战略。这些战略可以改变文明的物质文化,颠覆其与地球生态系统的采掘主义关系。对这些技术论文的思辨性阅读有些是前沿的,有些是陈旧的;有些是基于现代科学的,有些是基于当地实践的。在许多情况下,这些研究被创造性地解释或推断到了某些极端,这超出了研究作者的原本意图。然而,这些研究不是为了推断已有的内容,而是为了推测假如会发生的内容,以作为寻找不同发展道路的创造性练习。正如读者可能已经在本期刊中粗略了解到的那样,这些发展道路可能会带来与社会有利生产相关的技术飞跃,以满足原本需要依靠不可持续消费的人类基本需求。

本期刊解释了技术发展如何实现长远飞跃,以及追求真正的气候机构和参与,这可以提供进一步反馈,表明在自生过程中认识转变的可能性。然而,这种创造性的飞跃并不能保证“成功”,甚至可能像Rainmakers所认为的那样造成不良结果。因此,这些结论代表的是某些产物原型,其来自于对以这些目的而出现的未来世界的推测。读者可能已经从重新提出的社会契约知晓,长期可持续的技术是在一个更加生态的世界观中构建的,这提高了处于气候恢复区人类生命和非人类生命的质量。其还表明,物质关系正转向多元共生文化。通过对共生制造和共生冶金讨论发现,多元共生文化仍有望实现更深远的技术飞跃。

当然,可能的原型远不止本期刊所提及的这些。或许更有智慧的人将参与进来,共同探索更多基本需求的可能方式。本节内容为概述,旨在为有兴趣研究这些推测的读者提供技术论文参考条目,其有助于读者更好地理解和实现在期刊中发现的设计工件产物。尽管读者很难探索完本节的所有条目内容,但每项条目内容还是都做到了详尽的细化。

1. 全球能源文化: 实现22世纪的彻底本土化和超越

1. 市政微电网

地方一级的整体分布式碳负能源网,属于基于再生原则抵御气候变化的基础设施。它高度集成了热电联产系统(CHP),其中一些基于斯特林循环的可逆交流发电机更可长期免维护运行。该系统还包括纳入城市农林业框架的再生卫生和废物管理标准。光和热形式的太阳能通过更多的光纤聚光系统进行集中和重定向(Amara等人,2011

年; Gorthala等人, 2017年; Jaramillo和Río, 2002年), 其主要应用于热电联产模块, 用于烹饪和加热室内热环境。有机废物通过微波热解 (Hoseinzadeh Hesas等人, 2013年) 或太阳能热解 (Ayala-Cortés等人, 2019年) 的方式进行碳化, 并在发酵厕所中生产富碳介质以用于加压碳物质, 碳物质将进一步用作富含氮磷有机肥料的土壤添加剂, 完成养分循环闭环, 同时将电力生产和消费本地化。碳级联中的热解过程会碳化有机废物 (Bates和Draper, 2019年; Hassan等人, 2019年), 由此产生的热能、合成气和生物油可进一步用于土壤添加剂、电池和生物塑料, 以相互增强碳级联。

a.3D打印光学太阳能结构

在当地制造的太阳能结构会直接转换光学调谐太阳能电池中的太阳辐射热光谱和可见光谱 (Bag等人, 2017年)。这种太阳能结构即涂有钙钛矿太阳能油墨的气溶胶涂层3D打印光纤 (Bag等人, 2017年)。然而, 这些电池也由相变材料组成, 这种材料可以通过使用相变特性来提高效率, 在夜间或冬季等太阳辐射不足的情况下, 可实现无限周期及可重新定向的热能储存 (Goli等人, 2013年; Liu等人, 2017年; Yang等人, 2016年)

b.3D打印有机电池:

储能系统由生物种植的藻类壳聚糖电池和超电容器组成, 其在当地生产, 用于储存电能 (Salimi等人, 2019年; Wang等人, 2015年)。它们的制造依赖于对储能材料的可控超声悬浮技术 (Azadi等人, 2021年; Marzo & Drinkwater, 2019年) 以及通过对富碳有机纤维和原料的微调热解处理制造复合电池, 从而产生基于碳捕获的有机电池和碳基超电容器 (Gabhi等人, 2017年; Huggins等人, 2014年; Salimi等人, 2019年), (Anandhavelu等人, 2017年; Attias等人, 2017年; Subban等人, 1996年), 以及藻类纸电池和超电容器 (Salimi等人, 2019年; Wang等人, 2015年)。化学能转化为热能是通过合成气等离子体燃烧的可逆斯特林循环进行的 (Punčochář等人, 2012年), 以进一步减少微波热解产生的污染物 (Hoseinzadeh Hesas等人, 2013年)。

2. 虚构的马西西人能源仪式:

马西西人的能源种植传统将石墨烯涂层光纤太阳能电池技术 (Bourzac, 2009年) (Casaluci等人, 2016年) 与以放射性土壤为食 (Qu等人, 2019年) 的真菌微生物燃料电池技术 (MFC) (Gajda等人, 2015年) 相融合。在他们的辐射屏蔽服上也能发现菌丝特性的应用。能源杖的电池结构和排列基于“分层仿生学”, 其灵感来自玻璃海

绵 (Sundar等人, 2003年) 和北极熊毛发 (Preciado等人, 2008年) 等自发光结构。当地社群专注于应用真菌修复技术来清理其所在地区的放射性土壤 (Joshi等人, 2011年; Whiteside等人, 2019年), 同时菌丝体也能利用放射源来产生能量 (Dadachova等人, 2007年)。

2. 走向陆地: 气候恢复区、共生制造和生态系统再生

1. 气候恢复区的森林播种设备和萤火虫投放设备

在气候恢复区, 重新种植和连接世界上的原生林可以恢复生物多样性 (Damschen等人, 2019年), 这是在森林播种设备的帮助下完成的。这些设备使用“种子球”来建立新生林和原生林。这些种子球 (Fukuoka, 1978年; Guest, 2019年) 使用碳化培养基, 由生物来源的氮和磷“强势驱动” (Ngatia等人, 2019年; Zhou等人, 2019年; Zhu等人, 2019年)。此外, 碳化生物炭培养基还接种了有助于建立原生林的菌丝孢子, 从而进一步提高营养的可利用性, 使土壤微生物恢复健康活力, 将植物的资源共享根网络与老年土壤连结, 形成菌根网络 (Tsing, 2015年; Whiteside等人, 2019年)。这些种子球使用“创造性的”生态形式 (Miyawaki, 1999, 2004) 以随机模式分布, 通过播种原生林, 以提供适应能力更强的生物多样性恢复形式。这些森林播种设备用于恢复土壤, 重新构建陆地生态系统服务, 为农林业的生物量生产, 养分和水的储存、过滤及转化, 生物多样性栖息地, 原材料资源和碳汇 (Hammer等人, 2014年; Lehmann和Joseph, 2009年; Ngatia等人, 2019年) 等方面的保护工作提供补充。此做法是基于对亚马逊地区“Terra Preta”土壤现象细致研究的结果 (Glaser等人, 2001年)。

2. Sacred森林中的共生制造技术: SymFabs

SymFab组件可通过“共生制造”技术对先进复合材料进行本地化生态生产和消费。其通过对有机物和纤维的碳化 (Rajapaksha等人, 2015年; Tsang等人, 2015年) 为对社会有利的制造系统 (Smith, 2014年) 提供有机来源的高性能复合材料 (Haneef等人, 2017年) 作为有效替代, 这些制造系统通过集成到当地工业生产中的方式进行碳固存, 以实现先进技术的应用 (Lam, Azwar等人, 2019年; Wang等人, 2013年)。通过这些天然有机纤维产生的生物复合材料 (Vold, 2015年) 在加工时的热解碳化以及植物性树脂的原位加工技术 (O'Donnell等人, 2004年; Turner等人, 2019年), 人们可以制造高粘土基陶瓷电极 (Alqadoori, 2018年)。这其中大部分内容也可以通过仿生形式的“共生计算接口”来实现 (Adamatzky, 2018年; Gow & Morris, 1995年), 即通过调解这些制造基础设施之间的相互作用来维护和培育生态过程。

3. 超越“零件”：铭记蓝色赔偿计划

1. 生物矿化剂

生物矿化剂提出了一种利用生物开采和生物浸出工艺从矿石中提炼稀土矿物的方法 (Brisson 等人, 2016年; Qu 等人, 2019年; Thompson 等人, 2018年)。生物矿化剂将这些方法与废水电解相结合进行生物修复 (Contreras 等人, 1981年; Tartakovsky 等人, 2011年), 连同使用碳介质培育微生物的生化过程一起, 提供了一种经过验证有效且廉价的方法, 以从淡水生态系统中清除硝酸盐、磷酸盐和重金属 (Mani 和 Kumar, 2014年; Wang, Yu 等人, 2019年; W. Xu 等人, 2015年; Yang 等人, 2019年), 且产量达到缓慢制造过程的需求。已知某些菌株和植物生物物种会从矿石中生物浸出矿物质, 作为其新陈代谢的一部分 (Brisson 等人, 2016年; Qu 等人, 2019年; Thompson 等人, 2018年)。除了铜和黄金生产外, 生物采矿还可以在局部规模上应用, 以提炼钴、镍、锌和铀等元素。生物采矿已应用于硫化物和铀矿石的加工 (Schippers 等人, 2013年)。

2. 造雨器

造雨器是由自主模块化/编织结构组成的 (Beeby & White, 2010年; Rojas 等人, 2013年), 仅对太阳辐射起作用的水分积累装置 (Zhao 等人, 2019年)。其利用大气层河流的水分并将其重新定向来提供最后一道防线, 以便在降雨变得不稳定而不能满足农林业需求时提供淡水, 甚至也可用于通过冰塔 (一种保存水的人造冰川) 建造正逐渐后移的冰川和极地冰盖。我们可以从在喜马拉雅山脉投入使用的这些冰塔 (Divya A, 2020年) 瞥见一些可能性, 如果受到激励并与社群行为联系起来, 那么补充和扩大新冰川的新培育技术就可能会出现, 这也许会更适合当地的复原力。造雨器本身使用先进的生物制造方法和材料推进这些实践 (Attias 等人, 2017年; Haneef 等人, 2017年; Karana 等人, 2018年), 并调整为使用仿生原理、从大气层河流中取水的某些技术 (H.Kim 等人, 2017年) 以及用于导航的电场推进技术 (H.Xu 等人, 2018年)。

3. 矿物吸积技术: 电黑珊瑚

红树林-珊瑚海堤的部署旨在通过吸收能量的方式, 在最容易受到极端气候影响的地区提供保护, 使其免受强飓风, 活跃风暴季节及随之而来的风暴潮和海平面上升的影响 (Blankespoor et al., 2017)。这些生态系统, 如陆地上的气候复原带 (CRZ), 能够通过阻止风暴能量来恢复沿海群落, 也为珊瑚提供了避难所, 使其免于珊瑚白化 (Greenwood, 2015年), 恢复渔业和沿海社区的生计 (Sato 等人, 2005年), 同时恢复海洋生物多样性。这些电气化珊瑚礁是由卡拉贡石的阴极沉积而成的, 可以用作建筑材料 (Hilbertz, 1979年), 这使得具有高弹性和可快速建造的人工珊瑚礁得以扩张 (Goreau, 2012年)。这被称为“生物岩石”法, 其通过与传统“播种”和珊瑚苗圃相结合的方式, 帮助珊瑚礁快速恢复, 并且展现出以极快速度恢复的可能性, 即使珊瑚礁受损严重 (Goreau&Prong, 2017)。

技术参考文献

Technological Reference list for Chapter 1 Glocal Energy Cultures

- Agarwal, H., Terrés, B., Orsini, L., Montanaro, A., Sorianello, V., Pantouvaki, M., Watanabe, K., Taniguchi, T., Thourhout, D. V., Romagnoli, M., & Koppens, F. H. L. (2021). 2D-3D integration of hexagonal boron nitride and a high- κ dielectric for ultrafast graphene-based electro-absorption modulators. *Nature Communications*, 12(1), 1070. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-20926-w>
- Amara, S., Nordell, B., Benyoucef, B., & Benmoussat, A. (2011). Concentration Heating System with Optical Fiber Supply. *Energy Procedia*, 6, 805–814. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2011.05.091>
- Anandhavelu, S., Dhanasekaran, V., Sethuraman, V., & Park, H. J. (2017). Chitin and Chitosan Based Hybrid Nanocomposites for Super Capacitor Applications. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 17(2), 1321–1328. <https://doi.org/10.1166/jnn.2017.12721>
- Arianna Callegari & Andrea Capodaglio. (2018). Properties and Beneficial Uses of (Bio)Chars, with Special Attention to Products from Sewage Sludge Pyrolysis. *Resources*, 7(1), 20. <https://doi.org/10.3390/resources7010020>
- Aslian, A., Honarvar Shakibaei Asli, B., Tan, C. J., Adikan, F. R. M., & Toloei, A. (2016). Design and Analysis of an Optical Coupler for Concentrated Solar Light Using Optical Fibers in Residential Buildings [Research Article]. *International Journal of Photoenergy; Hindawi*. <https://doi.org/10.1155/2016/3176052>
- Attias, N., Danai, O., Ezov, N., Tarazi, E., & Grobman, J. (2017, September 6). Developing novel applications of mycelium based bio-composite materials for design and architecture.
- Ayala-Cortés, A., Arancibia-Bulnes, C. A., Villafán-Vidales, H. I., Lobato-Peralta, D. R., Martínez-Casillas, D. C., & Cuentas-Gallegos, A. K. (2019). Solar pyrolysis of agave and tomato pruning wastes: Insights on the effect of pyrolysis operation parameters on the physicochemical properties of biochar. 180001. <https://doi.org/10.1063/1.5117681>
- Azadi, M., Popov, G. A., Lu, Z., Eskenazi, A. G., Bang, A. J. W., Campbell, M. F., Hu, H., & Bargatin, I. (2021). Controlled levitation of nanostructured thin films for sun-powered near-space flight. *Science Advances*, 7(7), eabe1127. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abe1127>
- Bag, S., Deneault, J. R., & Durstock, M. F. (2017). Aerosol-Jet-Assisted Thin-Film Growth of CH₃NH₃PbI₃ Perovskites—A Means to Achieve High Quality, Defect-Free Films for Efficient Solar Cells. *Advanced Energy Materials*, 7(20), n/a-n/a. <https://doi.org/10.1002/aenm.201701151>
- Bates, A., & Draper, K. (2019). *Burn: Using Fire to Cool the Earth*. Chelsea Green Publishing.
- Beeby, S., & White, N. (2010). *Energy Harvesting for Autonomous Systems*. Artech House.
- Bourzac, K. (n.d.). Micro Solar Cells Handle More Intense Sunlight. MIT Technology Review. Retrieved March 1, 2020, from <https://www.technologyreview.com/s/417431/micro-solar-cells-handle-more-intense-sunlight/>
- Bourzac, K. (2009, October 30). Wrapping Solar Cells around an Optical Fiber. MIT Technology Review. <https://www.technologyreview.com/s/416052/wrapping-solar-cells-around-an-optical-fiber/>
- Burghardt, I., & Wägele, H. (2014). The symbiosis between the 'solar-powered' nudibranch *Melibe engeli* Risbec, 1937 (Dendronotoidea) and *Symbiodinium* sp. (Dinophyceae). *Journal of Molluscan Studies*, 80(5), 508–517. <https://doi.org/10.1093/mollus/eyu043>
- Caruso, M., Gatto, E., Palleschi, A., Morales, P., Scarselli, M., Casaluci, S., Quatela, A., Di Carlo, A., & Venanzi, M. (2017). A bioinspired dye sensitized solar cell based on a rhodamine-functionalized peptide immobilized on nanocrystalline TiO₂. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 347(Supplement C), 227–234. <https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2017.07.027>
- Casaluci, S., Gemmi, M., Pellegrini, V., Carlo, A. D., & Bonaccorso, F. (2016). Graphene-based large area dye-sensitized solar cell modules. *Nanoscale*, 8(9), 5368–5378. <https://doi.org/10.1039/C5NR07971C>
- Chandler, D. (2019, October 30). System provides cooling with no electricity. MIT News | Massachusetts Institute of Technology. <https://news.mit.edu/2019/system-provides-cooling-no-electricity-1030>
- Dadachova, E., Bryan, R. A., Huang, X., Moadel, T., Schweitzer, A. D., Aisen, P., Nosanchuk, J. D., & Casadevall, A. (2007). Ionizing Radiation Changes the Electronic Properties of Melanin and Enhances the Growth of Melanized Fungi. *PLOS ONE*, 2(5), e457. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0000457>
- Duy, L. X., Peng, Z., Li, Y., Zhang, J., Ji, Y., & Tour, J. M. (2018). Laser-induced graphene fibers. *Carbon*, 126, 472–479. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2017.10.036>
- Fang, Z., Gao, Y., Bolan, N., Shaheen, S. M., Xu, S., Wu, X., Xu, X., Hu, H., Lin, J., Zhang, F., Li, J., Rinklebe, J., & Wang, H. (2020). Conversion of biological solid waste to graphene-containing biochar for water remediation: A critical review. *Chemical Engineering Journal*, 390, 124611. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.124611>
- Feuermann, D., & Gordon, J. M. (n.d.). SOLAR FIBER-OPTIC MINI-DISHES: A NEW APPROACH TO THE EFFICIENT COLLECTION OF SUNLIGHT. *Solar Energy*, 65(3), 159–170.
- Franze, K., Grosche, J., Skatchkov, S. N., Schinkinger, S., Foja, C., Schild, D., Uckermann, O., Travis, K., Reichenbach, A., & Guck, J. (2007). Müller cells are living optical fibers in the vertebrate retina. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(20), 8287–8292. <https://doi.org/10.1073/pnas.0611180104>
- Gabhi, R. S., Kirk, D. W., & Jia, C. Q. (2017). Preliminary investigation of electrical conductivity of monolithic biochar. *Carbon*, 116, 435–442. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2017.01.069>
- Gajda, I., Greenman, J., Melhuish, C., & Ieropoulos, I. (2015). Self-sustainable electricity production from

- and chemical impregnation. *Journal of Cleaner Production*, 236, 117692. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117692>
- Lam, S. S., Lee, X. Y., Nam, W. L., Phang, X. Y., Liew, R. K., Yek, P. N., Ho, Y. L., Ma, N. L., & Rosli, M. H. (2019). Microwave vacuum pyrolysis conversion of waste mushroom substrate into biochar for use as growth medium in mushroom cultivation. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 94(5), 1406-1415. <https://doi.org/10.1002/jctb.5897>
- Lam, S. S., Liew, R. K., Wong, Y. M., Yek, P. N. Y., Ma, N. L., Lee, C. L., & Chase, H. A. (2017). Microwave-assisted pyrolysis with chemical activation, an innovative method to convert orange peel into activated carbon with improved properties as dye adsorbent. *Journal of Cleaner Production*, 162, 1376-1387. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.131>
- Lehmann, J., & Joseph, S. (2009). *Biochar for environmental management*. Earthscan London.
- Lim, A., Atmaja, P. C., & Rustiani, S. (2020). Bio-mediated soil improvement of loose sand with fungus. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 12(1), 180-187. <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2019.09.004>
- Liou, Y.-J., & Huang, W.-J. (2015). A Process for Preparing High Graphene Sheet Content Carbon Materials from Biochar Materials. *Electroplating of Nanostructures*. <https://doi.org/10.5772/61200>
- Liu, H., Ning, W., Cheng, P., Zhang, J., Wang, Y., & Zhang, C. (2013). Evaluation of animal hairs-based activated carbon for sorption of norfloxacin and acetaminophen by comparing with cattail fiber-based activated carbon. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 101, 156-165. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2013.01.016>
- Loterie, D., Delrot, P., & Moser, C. (2018). Volumetric 3D printing of elastomers by tomographic back-projections. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20027.46889>
- Menéndez, J. A., Arenillas, A., Fidalgo, B., Fernández, Y., Zubizarreta, L., Calvo, E. G., & Bermúdez, J. M. (2010). Microwave heating processes involving carbon materials. *Fuel Processing Technology*, 91(1), 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2009.08.021>
- Miyawaki, A. (1999). Creative Ecology: Restoration of Native Forests by Native Trees. *Plant Biotechnology*, 16(1), 15-25. <https://doi.org/10.5511/plantbiotechnology.16.15>
- Miyawaki, A. (2004). Restoration of living environment based on vegetation ecology: Theory and practice. *Ecological Research*, 19(1), 83-90. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1703.2003.00606.x>
- Nahil, M. A., & Williams, P. T. (2011). Recycling of carbon fibre reinforced polymeric waste for the production of activated carbon fibres. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 91(1), 67-75. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2011.01.005>
- Ngatia, L. W., Iii, J. M. G., Moriasi, D., Bolques, A., Osei, G. K., & Taylor, R. W. (2019). Biochar Phosphorus Sorption-Desorption: Potential Phosphorus Eutrophication Mitigation Strategy. *Biochar - An Imperative Amendment for Soil and the Environment*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.82092>
- O'Donnell, A., Dweib, M. A., & Wool, R. P. (2004). Natural fiber composites with plant oil-based resin. *Composites Science and Technology*, 64(9), 1135-1145. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2003.09.024>
- Ok, Y. S., Uchimiya, S. M., Chang, S. X., & Bolan, N. (Eds.). (2015). *Biochar: Production, Characterization, and Applications* (0 ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b18920>
- Ok, Y.-S., Uchimiya, S. M., Chang, S. X., & Bolan, N. (2015). *Biochar: Production, Characterization, and Applications*. CRC Press LLC. <http://ebookcentral.proquest.com/lib/ahono/detail.action?docID=4742713>
- Özçimen, D., İnan, B., Akış, S., & Koçer, A. T. (2015). Utilization Alternatives of Algal Wastes for Solid Algal Products. In A. Prokop, R. K. Bajpai, & M. E. Zappi (Eds.), *Algal Biorefineries: Volume 2: Products and Refinery Design* (pp. 393-418). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-20200-6_12
- Pandit, N. R., Schmidt, H. P., Mulder, J., Hale, S., Husson, O., & Cornelissen, G. (2019). Nutrient effect of various composting methods with and without biochar on soil fertility and maize growth. *Archives of Agronomy and Soil Science*. <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/handle/11250/2616800>
- Pilehvar, S., Arnhof, M., Pamies, R., Valentini, L., & Kjøniksen, A.-L. (2020). Utilization of urea as an accessible superplasticizer on the moon for lunar geopolymer mixtures. *Journal of Cleaner Production*, 247, 119177. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119177>
- Punčochář, M., Ruj, B., & Chatterj, P. K. (2012). Development of Process for Disposal of Plastic Waste Using Plasma Pyrolysis Technology and Option for Energy Recovery. *Procedia Engineering*, 42, 420-430. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.433>
- Rajapaksha, A. U., Mohan, D., Igalavithana, A. D., Lee, S. S., & Ok, Y. S. (2015). Definitions and Fundamentals of Biochar. In *Biochar: Production, Characterization, and Applications* (p. 13). CRC Press LLC.
- Salehi, R., Dadashian, F., & Abedi, M. (2017). Preparation of activated carbon fabrics from cotton fabric precursor. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 254, 042024. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/254/4/042024>
- Singh, K. (2015). WOMEN AND THEIR ROLE IN NATURAL RESOURCES: A STUDY IN WESTERN HIMALAYAS. *International Journal of Research -GRANTHAALAYAH*, 3(10), 128-138. <https://doi.org/10.29121/granthaalayah.v3.i10.2015.2938>
- Smith, A. (2014). *Socially Useful Production*. STEPS Working Paper, 58, 44.
- Steidinger, B. S., Crowther, T. W., Liang, J., Van Nuland, M. E., Werner, G. D. A., Reich, P. B., Nabuurs, G. J., de-Miguel, S., Zhou, M., Picard, N., Herault, B., Zhao, X., Zhang, C., Routh, D., & Peay, K. G. (2019). Climatic controls of decomposition drive the global biogeography of forest-tree symbioses. *Nature*, 569(7756), 404-408. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1128-0>
- Terrer, C., Phillips, R. P., Hungate, B. A., Rosende, J., Pett-Ridge, J., Craig, M. E., van Groenigen, K. J., Keenan, T. F., Sulman, B. N., Stocker, B. D., Reich, P. B., Pellegrini, A. F. A., Pendall, E., Zhang, H., Evans, R. D., Carrillo, Y., Fisher,

- algae grown in a microbial fuel cell system. *Biomass and Bioenergy*, 82, 87–93. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.05.017>
- Goli, P., Legedza, S., Dhar, A., Salgado, R., Renteria, J., & Balandin, A. A. (2013). Graphene-Enhanced Hybrid Phase Change Materials for Thermal Management of Li-Ion Batteries. ArXiv:1305.4140 [Cond-Mat]. <http://arxiv.org/abs/1305.4140>
- Gorthala, R., Tidd, M., & Lawless, S. (2017). Design and development of a faceted secondary concentrator for a fiber-optic hybrid solar lighting system. *Solar Energy*, 157, 629–640. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2017.08.070>
- Grolms, M. (2018, November 15). Plasmalysis Converts Pollutants into Energy. *Advanced Science News*. <https://www.advancedsciencenews.com/plasmalysis-converts-pollutants-into-energy/>
- Gu, Z., & Wang, X. (n.d.). Carbon Materials from High Ash Bio-char: A Nanostructure Similar to Activated Graphene. 2, 20.
- Han, T. H., Moon, H.-S., Hwang, J. O., Seok, S. I., Im, S. H., & Kim, S. O. (2010). Peptide-templating dye-sensitized solar cells. *Nanotechnology*, 21(18), 185601. <https://doi.org/10.1088/0957-4484/21/18/185601>
- Hao, J., Huang, Y., He, C., Xu, W., Yuan, L., Shu, D., Song, X., & Meng, T. (2018). Bio-templated fabrication of three-dimensional network activated carbons derived from mycelium pellets for supercapacitor applications. *Scientific Reports*, 8. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-18895-6>
- Hassan, M. F., Sabri, M. A., Fazal, H., Hafeez, A., Shezad, N., & Hussain, M. (2019). Recent trends in activated carbon fibers production from various precursors and applications—A comparative review. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 104715. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2019.104715>
- Hong, W., Xu, Y., Lu, G., Li, C., & Shi, G. (2008). Transparent graphene/PEDOT-PSS composite films as counter electrodes of dye-sensitized solar cells. *Electrochemistry Communications*, 10(10), 1555–1558. <https://doi.org/10.1016/j.elecom.2008.08.007>
- Hoseinzadeh Hesas, R., Wan Daud, W. M. A., Sahu, J. N., & Arami-Niyya, A. (2013). The effects of a microwave heating method on the production of activated carbon from agricultural waste: A review. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 100, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2012.12.019>
- Hu, X., Gong, X., Zhang, M., Lu, H., Xue, Z., Mei, Y., Chu, P. K., An, Z., & Di, Z. (2020). Enhanced Peltier Effect in Wrinkled Graphene Constriction by Nano-Bubble Engineering. *Small*, 16(14), 1907170. <https://doi.org/10.1002/sml.201907170>
- Huggins, T., Wang, H., Kearns, J., Jenkins, P., & Ren, Z. J. (2014). Biochar as a sustainable electrode material for electricity production in microbial fuel cells. *Bioresource Technology*, 157, 114–119. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.01.058>
- Jaramillo, O. A., Huelsz, G., & Río, J. A. del. (2002). A theoretical and experimental thermal study of SiO₂ optical fibres transmitting concentrated radiative energy. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 35(2), 95–102. <https://doi.org/10.1088/0022-3727/35/2/301>
- Jaramillo, O. A., & Río, J. A. del. (2002). Optical fibres for a mini-dish/Stirling system: Thermodynamic optimization. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 35(11), 1241–1250. <https://doi.org/10.1088/0022-3727/35/11/322>
- Joshi, P. K., Swarup, A., Maheshwari, S., Kumar, R., & Singh, N. (2011). Bioremediation of Heavy Metals in Liquid Media Through Fungi Isolated from Contaminated Sources. *Indian Journal of Microbiology*, 51(4), 482–487. <https://doi.org/10.1007/s12088-011-0110-9>
- Kalaga, K., Rodrigues, M.-T. F., Gullapalli, H., Babu, G., Arava, L. M. R., & Ajayan, P. M. (2015). Quasi-Solid Electrolytes for High Temperature Lithium Ion Batteries. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 7(46), 25777–25783. <https://doi.org/10.1021/acsami.5b07636>
- Keck, T., Schiel, W., Reinalter, W., Heller, P., & Bergermann, S. (n.d.). EuroDish – an innovative dish/Stirling system. 8.
- Kim, H., Yang, S., Rao, S. R., Narayanan, S., Kapustin, E. A., Furukawa, H., Umans, A. S., Yaghi, O. M., & Wang, E. N. (2017). Water harvesting from air with metal-organic frameworks powered by natural sunlight. *Science*, 356(6336), 430–434. <https://doi.org/10.1126/science.aam8743>
- Kobayashi, N. P., Demaray, R. E., & Mullanp, R. (n.d.). PLANAR OPTICAL WAVEGUIDE COUPLER TRANSFORMERS FOR HIGH-POWER SOLAR ENERGY COLLECTION AND TRANSMISSION. 14.
- Kovo, Y. (2015, February 20). Optical Fiber for Solar Cells [Text]. NASA. <http://www.nasa.gov/ames-partnerships/technology/technology-opportunity-optical-fiber-for-solar-cells>
- Lam, S. S., Azwar, E., Peng, W., Tsang, Y. F., Ma, N. L., Liu, Z., Park, Y.-K., & Kwon, E. E. (2019). Cleaner conversion of bamboo into carbon fibre with favourable physicochemical and capacitive properties via microwave pyrolysis combining with solvent extraction and chemical impregnation. *Journal of Cleaner Production*, 236, 117692. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117692>
- Lenert, A., Bierman, D. M., Nam, Y., Chan, W. R., Celanović, I., Soljačić, M., & Wang, E. N. (2014). A nanophotonic solar thermophotovoltaic device. *Nature Nanotechnology*, 9(2), 126–130. <https://doi.org/10.1038/nnano.2013.286>
- Liou, Y.-J., & Huang, W.-J. (2015). A Process for Preparing High Graphene Sheet Content Carbon Materials from Biochar Materials. *Electroplating of Nanostructures*. <https://doi.org/10.5772/61200>
- Liu, H., Wang, X., & Wu, D. (2017, May 24). Fabrication of Graphene/TiO₂/Paraffin Composite Phase Change Materials for Enhancement of Solar Energy Efficiency in Photocatalysis and Latent Heat Storage [Research-article]. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.7b00321>
- Liu, Z., Liu, L., Li, H., Dong, Q., Yao, S., Kidd IV, A. B., Zhang, X., Li, J., & Tian, W. (2012). “Green” polymer solar cell based on water-soluble poly[3-(potassium-6-hexanoate) thiophene-2, 5-diyl] and aqueous-dispersible noncovalent functionalized graphene sheets. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 97, 28–33. <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2011.09.023>

- Aizenberg, J. (2003). Fibre-optical features of a glass sponge. *Nature*, 424(6951), 899–900. <https://doi.org/10.1038/424899a>
- Sundaram, M. (n.d.). *Electrochemical Additive Manufacturing*. 29.
- Thekkekara, L. V., & Gu, M. (2017). Bioinspired fractal electrodes for solar energy storages. *Scientific Reports*, 7, 45585. <https://doi.org/10.1038/srep45585>
- Ulloa, C., Eguía, P., Miguez, J. L., Porteiro, J., Pousada-Carballo, J. M., & Cacabelos, A. (2013). Feasibility of using a Stirling engine-based micro-CHP to provide heat and electricity to a recreational sailing boat in different European ports. *Applied Thermal Engineering*, 59(1), 414–424. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2013.06.015>
- Wang, Z., Xu, C., Tammela, P., Huo, J., Strømme, M., Edström, K., Gustafsson, T., & Nyholm, L. (2015). Flexible freestanding Cladophora nanocellulose paper based Si anodes for lithium-ion batteries. *Journal of Materials Chemistry A*, 3, 14109–14115. <https://doi.org/10.1039/C5TA02136G>
- Whiteside, M. D., Werner, G. D. A., Caldas, V. E. A., van't Padje, A., Dupin, S. E., Elbers, B., Bakker, M., Wyatt, G. A. K., Klein, M., Hink, M. A., Postma, M., Vaitla, B., Noë, R., Shimizu, T. S., West, S. A., & Kiers, E. T. (2019). Mycorrhizal Fungi Respond to Resource Inequality by Moving Phosphorus from Rich to Poor Patches across Networks. *Current Biology*, 29(12), 2043–2050.e8. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.04.061>
- Yang, J., Qi, G.-Q., Liu, Y., Bao, R.-Y., Liu, Z.-Y., Yang, W., Xie, B., & Yang, M.-B. (2016). Hybrid graphene aerogels/phase change material composites: Thermal conductivity, shape-stabilization and light-to-thermal energy storage. *Carbon*, 100, 693–702. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2016.01.063>
- Yang, Y., & You, J. (2017). Make perovskite solar cells stable. *Nature News*, 544(7649), 155. <https://doi.org/10.1038/544155a>
- Ye, R., Chyan, Y., Zhang, J., Li, Y., Han, X., Kittrell, C., & Tour, J. M. (2017). Laser-Induced Graphene Formation on Wood. *Advanced Materials*, 29(37), 1702211. <https://doi.org/10.1002/adma.201702211>
- Yoon, J., Kim, U., Yoo, Y., Byeon, J., Lee, S.-K., Nam, J.-S., Kim, K., Zhang, Q., Kauppinen, E. I., Maruyama, S., Lee, P., & Jeon, I. (2021). Foldable Perovskite Solar Cells Using Carbon Nanotube-Embedded Ultrathin Polyimide Conductor. *Advanced Science*, 8(7). <https://doi.org/10.1002/advs.202004092>
- Yu, Z., Tetard, L., Zhai, L., & Thomas, J. (2015). Supercapacitor electrode materials: Nanostructures from 0 to 3 dimensions. *Energy & Environmental Science*, 8(3), 702–730. <https://doi.org/10.1039/C4EE03229B>
- Zhou, Y., Guan, X., Zhou, H., Ramadoss, K., Adam, S., Liu, H., Lee, S., Shi, J., Tsuchiya, M., Fong, D. D., & Ramanathan, S. (2016). Strongly correlated perovskite fuel cells. *Nature*, 534(7606), 231. <https://doi.org/10.1038/nature17653>

Technological Reference list for Chapter 2 (Becoming Terrestrial)

- Adamatzky, A. (2018). Towards fungal computer. *Interface Focus*, 8(6), 20180029. <https://doi.org/10.1098/rsfs.2018.0029>
- Ahmad, M., Rajapaksha, A. U., Lim, J. E., Zhang, M., Bolan, N., Mohan, D., Vithanage, M., Lee, S. S., & Ok, Y. S. (2014). Biochar as a sorbent for contaminant management in soil and water: A review. *Chemosphere*, 99, 19–33. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.10.071>
- Åkesson, D., Foltynowicz, Z., Christéen, J., & Skrifvars, M. (2012). Microwave pyrolysis as a method of recycling glass fibre from used blades of wind turbines. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 31(17), 1136–1142. <https://doi.org/10.1177/0731684412453512>
- Alqadoori, M. (2018). The Used Raw Clay in Composite of Electrode Fabricate for Super capacitor.
- Bruckman, V., & Klinglmüller, M. (2014). Potentials to Mitigate Climate Change Using Biochar—The Austrian Perspective. *IUFRO Occasional Papers*, 27, 1–23.
- Chen, S. (2020). Catalytic Graphitization of Biochar to Produce Graphitic Carbon Materials. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kth:diva-279436>
- Clemmensen, K. E., Bahr, A., Ovaskainen, O., Dahlberg, A., Ekblad, A., Wallander, H., Stenlid, J., Finlay, R. D., Wardle, D. A., & Lindahl, B. D. (2013). Roots and Associated Fungi Drive Long-Term Carbon Sequestration in Boreal Forest. *Science*, 339(6127), 1615–1618. <https://doi.org/10.1126/science.1231923>
- Covey, K., Soper, F., Pangala, S., Bernardino, A., Pagliaro, Z., Basso, L., Cassol, H., Fearnside, P., Navarrete, D., Novoa, S., Sawakuchi, H., Lovejoy, T., Marengo, J., Peres, C. A., Baillie, J., Bernasconi, P., Camargo, J., Freitas, C., Hoffman, B., ... Elmore, A. (2021). Carbon and Beyond: The Biogeochemistry of Climate in a Rapidly Changing Amazon. *Frontiers in Forests and Global Change*, 4. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2021.618401>
- Damschen, E. I., Brudvig, L. A., Burt, M. A., Fletcher, R. J., Haddad, N. M., Levey, D. J., Orrock, J. L., Resasco, J., & Tewksbury, J. J. (2019). Ongoing accumulation of plant diversity through habitat connectivity in an 18-year experiment. *Science*, 365(6460), 1478. <https://doi.org/10.1126/science.aax8992>
- Dumanli, A. G., & Windle, A. H. (2012). Carbon fibres from cellulosic precursors: A review. *Journal of Materials Science*, 47(10), 4236–4250. <https://doi.org/10.1007/s10853-011-6081-8>
- Fang, Z., Gao, Y., Bolan, N., Shaheen, S. M., Xu, S., Wu, X., Xu, X., Hu, H., Lin, J., Zhang, F., Li, J., Rinklebe, J., & Wang, H. (2020). Conversion of biological solid waste to graphene-containing biochar for water remediation: A critical review. *Chemical Engineering Journal*, 390, 124611. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.124611>
- Fornes, F., & Belda, R. M. (2018). Biochar versus hydrochar as growth media constituents for ornamental plant cultivation. *Scientia Agricola*, 75(4), 304–312. <https://doi.org/10.1590/1678-992x-2017-0062>
- Fukuoka, M. (1978). The one-straw revolution: An introduction to natural farming.
- Glaser, B., Haumaier, L., Guggenberger, G., & Zech, W. (2001). The “Terra Preta” phenomenon: A model for sustainable agriculture in the humid tropics. *Naturwissenschaften*, 88(1), 37–41. <https://doi.org/10.1007/s001140000193>
- Gow, N. A. R., & Morris, B. M. (1995). The electric fungus. *Botanical Journal of Scotland*, 47(2), 263–277. <https://doi.org/10.1080/03746609508684833>
- Guest, P. (2019, April 28). Tropical forests are dying. Seed-slinging drones can save them. *Wired UK*. <https://www.wired.co.uk/article/feature-biocarbon-drones>
- Hammer, E. C., Balogh-Brunstad, Z., Jakobsen, I., Olsson, P. A., Stipp, S. L. S., & Rillig, M. C. (2014). A mycorrhizal fungus grows on biochar and captures phosphorus from its surfaces. *Soil Biology and Biochemistry*, 77, 252–260. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.06.012>
- Haneef, M., Ceseracciu, L., Canale, C., Bayer, I. S., Heredia-Guerrero, J. A., & Athanassiou, A. (2017). Advanced Materials From Fungal Mycelium: Fabrication and Tuning of Physical Properties. *Scientific Reports*, 7, 41292.
- Hao, J., Huang, Y., He, C., Xu, W., Yuan, L., Shu, D., Song, X., & Meng, T. (2018). Bio-templated fabrication of three-dimensional network activated carbons derived from mycelium pellets for supercapacitor applications. *Scientific Reports*, 8. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-18895-6>
- Hornung, A., Khan, Harlied, Hillen, & Stenzel, F. (2017, August 25). Biochar: Production, Characterization and Applications ECI Conference. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21385.75366>
- Jabr, F. (2020, December 3). The Social Life of Forests. *The New York Times*. <https://www.nytimes.com/interactive/2020/12/02/magazine/tree-communication-mycorrhiza.html>
- Kambo, H. S., & Dutta, A. (2015). A comparative review of biochar and hydrochar in terms of production, physico-chemical properties and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 45, 359–378. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.01.050>
- Kim, Y., Oh, J.-I., Lee, S. S., Lee, K. H., Lee, J., & Kwon, E. E. (2019). Decontamination of petroleum-contaminated soil via pyrolysis under carbon dioxide atmosphere. *Journal of Cleaner Production*, 236, 117724. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117724>
- Kooperman, G. J., Chen, Y., Hoffman, F. M., Koven, C. D., Lindsay, K., Pritchard, M. S., Swann, A. L. S., & Randerson, J. T. (2018). Forest response to rising CO₂ drives zonally asymmetric rainfall change over tropical land. *Nature Climate Change*, 8(5), 434–440. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0144-7>
- Lam, S. S., Azwar, E., Peng, W., Tsang, Y. F., Ma, N. L., Liu, Z., Park, Y.-K., & Kwon, E. E. (2019). Cleaner conversion of bamboo into carbon fibre with favourable physicochemical and capacitive properties via microwave pyrolysis combining with solvent extraction

- Liu, Z., Song, H., Ji, D., Li, C., Cheney, A., Liu, Y., Zhang, N., Zeng, X., Chen, B., Gao, J., Li, Y., Liu, X., Aga, D., Jiang, S., Yu, Z., & Gan, Q. (2017). Extremely Cost-Effective and Efficient Solar Vapor Generation under Nonconcentrated Illumination Using Thermally Isolated Black Paper. *Global Challenges*, 1(2), 1600003. <https://doi.org/10.1002/gch2.201600003>
- Lo, C. W., Li, C., & Jiang, H. (2010). A photoelectrochemical capacitor with direct solar energy harvesting and storage capability. 2010 International Conference on Optical MEMS and Nanophotonics, 65–66. <https://doi.org/10.1109/OMEMS.2010.5672183>
- Manjakkal, L., Navaraj, W. T., Núñez, C. G., & Dahiya, R. (n.d.). Graphene-Graphite Polyurethane Composite Based High-Energy Density Flexible Supercapacitors. *Advanced Science*, 0(0), 1802251. <https://doi.org/10.1002/advs.201802251>
- Marzo, A., & Drinkwater, B. W. (2019). Holographic acoustic tweezers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(1), 84–89. <https://doi.org/10.1073/pnas.1813047115>
- Miyasaka, T., & Murakami, T. N. (2004). The photocapacitor: An efficient self-charging capacitor for direct storage of solar energy. *Applied Physics Letters*, 85(17), 3932–3934. <https://doi.org/10.1063/1.1810630>
- Mohammadzadeh Kakhki, R. (2019). A review to recent developments in modification of carbon fiber electrodes. *Arabian Journal of Chemistry*, 12(7), 1783–1794. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2014.11.058>
- Nijboer, B. (2019, July 25). Plasma Improves Adhesion of 3D Printing. *Advanced Science News*. <https://www.advancedsciencenews.com/plasma-improves-adhesion-of-3d-printing/>
- Orrill, M., Abele, D., Wagner, M., & LeBlanc, S. (2020). Ink synthesis and inkjet printing of electrostatically stabilized multilayer graphene nanoshells. *Journal of Colloid and Interface Science*, 566, 454–462. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2020.01.095>
- Pan, S., Zhang, Z., Weng, W., Lin, H., Yang, Z., & Peng, H. (2014). Miniature wire-shaped solar cells, electrochemical capacitors and lithium-ion batteries. *Materials Today*, 17(6), 276–284. <https://doi.org/10.1016/j.mattod.2014.04.024>
- Park, S.-H., Jung, H.-R., & Lee, W.-J. (2013). Hollow activated carbon nanofibers prepared by electrospinning as counter electrodes for dye-sensitized solar cells. *Electrochimica Acta*, 102, 423–428. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2013.04.044>
- Pitkänen, O., Järvinen, T., Cheng, H., Lorite, G. S., Dombóvari, A., Rieppo, L., Talapatra, S., Duong, H. M., Tóth, G., Juhász, K. L., Kónya, Z., Kukovec, A., Ajayan, P. M., Vajtai, R., & Kordás, K. (2017). On-chip integrated vertically aligned carbon nanotube based super- and pseudocapacitors. *Scientific Reports*, 7(1), 16594. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-16604-x>
- Preciado, J. A., Rubinsky, B., Otten, D., Nelson, B., Martin, M. C., & Greif, R. (2008). Radiative Properties of Polar Bear Hair. 57–58. <https://doi.org/10.1115/IMECE2002-32473>
- Prudhvi, S. (n.d.). Wireless Power Transmission Technologies for Solar Power Satellite. Retrieved February 17, 2017, from http://www.academia.edu/4875442/Wireless_Power_Transmission_Technologies_for_Solar_Power_Satellite
- Punčochář, M., Ruj, B., & Chatterj, P. K. (2012). Development of Process for Disposal of Plastic Waste Using Plasma Pyrolysis Technology and Option for Energy Recovery. *Procedia Engineering*, 42, 420–430. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.433>
- Qu, Y., Li, H., Wang, X., Tian, W., Shi, B., Yao, M., & Zhang, Y. (2019). Bioleaching of Major, Rare Earth, and Radioactive Elements from Red Mud by using Indigenous Chemoheterotrophic Bacterium *Acetobacter* sp. *Minerals*, 9(2), 67. <https://doi.org/10.3390/min9020067>
- Salimi, P., Norouzi, O., Pourhosseini, S. E. M., Bartocci, P., Tavasoli, A., Di Maria, F., Mahdipour Pirbazari, S., Bidini, G., & Fantozzi, F. (2019). Magnetic biochar obtained through catalytic pyrolysis of macroalgae: A promising anode material for Li-ion Batteries. *Renewable Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.03.077>
- Sané, S., Jolival, C., Mittler, G., Nielsen, P. J., Rubenwolf, S., Zengerle, R., & Kerzenmacher, S. (2013). Overcoming Bottlenecks of Enzymatic Biofuel Cell Cathodes: Crude Fungal Culture Supernatant Can Help to Extend Lifetime and Reduce Cost. *ChemSusChem*, 6(7), 1209–1215. <https://doi.org/10.1002/cssc.201300205>
- Savage, N. (2012, January 27). Nanostructures Catch the Light. *IEEE Spectrum: Technology, Engineering, and Science News*. <https://spectrum.ieee.org/green-tech/solar/nanostructures-catch-the-light>
- Scott, C. (2018, February 8). Clemson University Scientists Generate Clean Energy with 3D Printed Graphene. *3DPrint.Com | The Voice of 3D Printing / Additive Manufacturing*. <https://3dprint.com/203022/clean-energy-3d-printed-graphene/>
- Shahparnia, M., Packirisamy, M., Juneau, P., & Zazubovich, V. (2015). Micro photosynthetic power cell for power generation from photosynthesis of algae. *TECHNOLOGY*, 03(02n03), 119–126. <https://doi.org/10.1142/S2339547815400099>
- Smith, L. (2018, April 8). Zinc Batteries: Stable MnO₂ Cathodes and Knittable Battery Tech. *Advanced Science News*. <https://www.advancedsciencenews.com/knittable-zinc-air-batteries/>
- Smith, M. (n.d.). Fern-Like Sheets of Graphene Could Boost Solar Panel Efficiency. *Seeker*. Retrieved June 22, 2020, from <https://www.seeker.com/tech/materials/fern-like-sheets-of-graphene-could-boost-solar-panel-efficiency>
- Sogabe, T., Shen, Q., & Yamaguchi, K. (2016). Recent progress on quantum dot solar cells: A review. *Journal of Photonics for Energy*, 6(4), 040901. <https://doi.org/10.1117/1.JPE.6.040901>
- Subban, R. H. Y., Arof, A. K., & Radhakrishna, S. (1996). Polymer batteries with chitosan electrolyte mixed with sodium perchlorate. *Materials Science and Engineering: B*, 38(1), 156–160. [https://doi.org/10.1016/0921-5107\(95\)01508-6](https://doi.org/10.1016/0921-5107(95)01508-6)
- Sun, J., Cui, B., Chu, F., Yun, C., He, M., Li, L., & Song, Y. (2018). Printable Nanomaterials for the Fabrication of High-Performance Supercapacitors. *Nanomaterials*, 8(7), 528. <https://doi.org/10.3390/nano8070528>
- Sundar, V. C., Yablon, A. D., Grazul, J. L., Ilan, M., &

- J. B., Van Sundert, K., Vicca, S., & Jackson, R. B. (2021). A trade-off between plant and soil carbon storage under elevated CO₂. *Nature*, 591(7851), 599–603. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03306-8>
- Tsang, D. C. W., Beiyuan, J., & Deng, M. (2015). Emerging Applications of Biochar. In *Biochar* (p. 19). CRC Press LLC.
- Tsing, A. L. (2015). The mushroom at the end of the world on the possibility of life in capitalist ruins. <http://portal.igpublish.com/iglibrary/search/PUPB0004227.html>
- Turner, G. W., Parrish, A. N., Zager, J. J., Fishedick, J. T., & Lange, B. M. (2019). Assessment of flux through oleoresin biosynthesis in epithelial cells of loblolly pine resin ducts. *Journal of Experimental Botany*, 70(1), 217–230. <https://doi.org/10.1093/jxb/ery338>
- University, © Stanford, Stanford, & California 94305. (2016, June 9). Biological transistor enables computing within living cells. Stanford School of Engineering. <https://engineering.stanford.edu/magazine/article/biological-transistor-enables-computing-within-living-cells>
- University, © Stanford, Stanford, & California 94305. (2020, June 15). Researchers develop an artificial synapse that works with living cells. Stanford School of Engineering. <https://engineering.stanford.edu/magazine/article/researchers-develop-artificial-synapse-works-living-cells>
- Vincevica-Gaile, Z., Stankevica, K., Irtiseva, K., Shishkin, A., Obuka, V., Celma, S., Ozolins, J., & Klavins, M. (2019). Granulation of fly ash and biochar with organic lake sediments – A way to sustainable utilization of waste from bioenergy production. *Biomass and Bioenergy*, 125, 23–33. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2019.04.004>
- Vold, J. L. L. (2015). Microwave Torrefaction of Natural Fibers for Incorporation into Engineering Thermoplastic Biocomposites. <https://library.ndsu.edu/ir/handle/10365/24819>
- Wang, H., Xu, Z., Kohandehghan, A., Li, Z., Cui, K., Tan, X., Stephenson, T. J., King'ondo, C. K., Holt, C. M. B., Olsen, B. C., Tak, J. K., Harfield, D., Anyia, A. O., & Mitlin, D. (2013). Interconnected Carbon Nanosheets Derived from Hemp for Ultrafast Supercapacitors with High Energy. *ACS Nano*, 7(6), 5131–5141. <https://doi.org/10.1021/nn400731g>
- Warren, D. (n.d.). Low Cost Carbon Fiber Overview. 29.
- Watson, J., & Davis, W. (2019). Lo-TEK : design by radical indigenism. /z-wcorg/.
- Whiteside, M. D., Werner, G. D. A., Caldas, V. E. A., van't Padje, A., Dupin, S. E., Elbers, B., Bakker, M., Wyatt, G. A. K., Klein, M., Hink, M. A., Postma, M., Vaitla, B., Noë, R., Shimizu, T. S., West, S. A., & Kiers, E. T. (2019). Mycorrhizal Fungi Respond to Resource Inequality by Moving Phosphorus from Rich to Poor Patches across Networks. *Current Biology*, 29(12), 2043–2050.e8. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.04.061>
- Williams, P. T., & Reed, A. R. (2004). High grade activated carbon matting derived from the chemical activation and pyrolysis of natural fibre textile waste. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 71(2), 971–986. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2003.12.007>
- Zhou, L., Xu, D., Li, Y., Pan, Q., Wang, J., Xue, L., & Howard, A. (2019). Phosphorus and Nitrogen Adsorption Capacities of Biochars Derived from Feedstocks at Different Pyrolysis Temperatures. *Water*, 11(8), 1559. <https://doi.org/10.3390/w11081559>
- Zhu, Y., Tang, W., Jin, X., & Shan, B. (2019). Using biochar capping to reduce nitrogen release from sediments in eutrophic lakes. *Science of The Total Environment*, 646, 93–104. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.277>

Technological Reference list for Chapter 3 Beyond Vaporware

- Attias, N., Danai, O., Ezov, N., Tarazi, E., & Grobman, J. (2017, September 6). Developing novel applications of mycelium based bio-composite materials for design and architecture.
- Bain, J. (2015). Bioinspired nanoreactors for the biomineralisation of metallic-based nanoparticles for nanomedicine. 14.
- Bain, J., & Staniland, S. (2015). Bioinspired nanoreactors for the biomineralisation of metallic-based nanoparticles for nanomedicine. *Physical Chemistry Chemical Physics*, 17(24), 15508–15521. <https://doi.org/10.1039/C5CP00375j>
- Beeby, S., & White, N. (2010). *Energy Harvesting for Autonomous Systems*. Artech House.
- Blankespoor, B., Dasgupta, S., & Lange, G.-M. (2017). Mangroves as a protection from storm surges in a changing climate. *Ambio*, 46(4), 478–491. <https://doi.org/10.1007/s13280-016-0838-x>
- Boström-Einarsson, L., Babcock, R. C., Bayraktarov, E., Ceccarelli, D., Cook, N., Ferse, S. C. A., Hancock, B., Harrison, P., Hein, M., Shaver, E., Smith, A., Suggett, D., Stewart-Sinclair, P. J., Vardi, T., & McLeod, I. M. (2020). Coral restoration – A systematic review of current methods, successes, failures and future directions. *PLOS ONE*, 15(1), e0226631. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226631>
- Brisson, V. L., Zhuang, W.-Q., & Alvarez-Cohen, L. (2016). Bioleaching of rare earth elements from monazite sand. *Biotechnology and Bioengineering*, 113(2), 339–348. <https://doi.org/10.1002/bit.25823>
- Chamberland, V. F., Petersen, D., Guest, J. R., Petersen, U., Brittsan, M., & Vermeij, M. J. A. (2017). New Seeding Approach Reduces Costs and Time to Outplant Sexually Propagated Corals for Reef Restoration. *Scientific Reports*, 7(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-17555-z>
- Cockell, C. S., Rettberg, P., Rabbow, E., & Olsson-Francis, K. (2011). Exposure of phototrophs to 548 days in low Earth orbit: Microbial selection pressures in outer space and on early earth. *The ISME Journal*, 5(10), 1671–1682. <https://doi.org/10.1038/ismej.2011.46>
- Cockell, C. S., Santomartino, R., Finster, K., Waajen, A. C., Eades, L. J., Moeller, R., Rettberg, P., Fuchs, F. M., Van Houdt, R., Leys, N., Coninx, I., Hatton, J., Parmitano, L., Krause, J., Koehler, A., Caplin, N., Zuijderduijn, L., Mariani, A., Pellari, S. S., ... Demets, R. (2020). Space station biomining experiment demonstrates rare earth element extraction in microgravity and Mars gravity. *Nature Communications*, 11(1), 5523. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-19276-w>
- Contreras, S., Pieber, M., & Tohá, J. (1981). Purification of wastewater by electrolysis. *Biotechnology and Bioengineering*, 23(8), 1881–1887. <https://doi.org/10.1002/bit.260230814>
- Divya A. (2020, August 14). Ice stupas help ghost villages of Ladakh become habitable again. *The Indian Express*. <https://indianexpress.com/article/india/ice-stupas-help-ghost-villages-of-ladakh-become-habitable-again-6554438/>
- Gazem, M. A. H., & Nazareth, S. (2013). Sorption of lead and copper from an aqueous phase system by marine-derived *Aspergillus* species. *Annals of Microbiology*, 63(2), 503–511. <https://doi.org/10.1007/s13213-012-0495-7>
- Geneseo, S. U. of N. Y. at. (n.d.). To Rebuild Coral Reefs Quickly, Just Add Electricity. *Treehugger*. Retrieved August 27, 2020, from <https://www.treehugger.com/rebuild-coral-reefs-quickly-just-add-electricity-4867751>
- Goreau, T. J. F. (2012). Marine Electrolysis for Building Materials and Environmental Restoration. *Electrolysis*. <https://doi.org/10.5772/48783>
- Goreau, T. J. F., Hilbertz, W., Azeez, A., Hakeem, A., & Allen, J. (2003). Shore protection, beach formation, and production of building materials and energy using seawater electrolysis technology. *Oceans 2003. Celebrating the Past ... Teaming Toward the Future (IEEE Cat. No.03CH37492)*, 5, 2366–2366. <https://doi.org/10.1109/OCEANS.2003.178283>
- Goreau, T. J. F., & Prong, P. (2017). Biorock Electric Reefs Grow Back Severely Eroded Beaches in Months. *Journal of Marine Science and Engineering*, 5(4), 48. <https://doi.org/10.3390/jmse5040048>
- Greenwood, V. (2015, February 11). To Save Coral Reefs, First Save the Mangroves. *National Geographic*. <https://www.nationalgeographic.com/news/2015/2/150210-mangrove-protect-coral-bleaching-science/>
- Haneef, M., Ceseracciu, L., Canale, C., Bayer, I. S., Heredia-Guerrero, J. A., & Athanassiou, A. (2017). Advanced Materials From Fungal Mycelium: Fabrication and Tuning of Physical Properties. *Scientific Reports*, 7, 41292.
- Heidrich, E. S., Dolfing, J., Scott, K., Edwards, S. R., Jones, C., & Curtis, T. P. (2013). Production of hydrogen from domestic wastewater in a pilot-scale microbial electrolysis cell. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 97(15), 6979–6989. <https://doi.org/10.1007/s00253-012-4456-7>
- Hilbertz, W. (1979). Electrodeposition of minerals in sea water: Experiments and applications. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, 4(3), 94–113. <https://doi.org/10.1109/JOE.1979.1145428>
- Johnson, M. (2019a, July 5). Science Soars to the Space Station on SpaceX CRS-18 [Text]. NASA. http://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/news/spx18-research
- Johnson, M. (2019b, July 18). Harnessing the power of microbes for mining in space [Text]. NASA. http://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/news/biorock-iss-research-microbes-space
- Karana, E., Blauwhoff, D., Hultink, E.-J., & Camere, S. (2018). When the material grows: A case study on designing (with) mycelium-based materials. *International Journal of Design*, 12, 119–136.

- Kim, D., Kim, W., Yun, C., Son, D., Chang, D., Bae, H., Lee, Y., Sunwoo, Y., & Hong, K. (2013). Agro-industrial Wastewater Treatment by Electrolysis Technology. *Int. J. Electrochem. Sci.*, 8, 16.
- Kim, H., Yang, S., Rao, S. R., Narayanan, S., Kapustin, E. A., Furukawa, H., Umans, A. S., Yaghi, O. M., & Wang, E. N. (2017). Water harvesting from air with metal-organic frameworks powered by natural sunlight. *Science*, 356(6336), 430-434. <https://doi.org/10.1126/science.aam8743>
- Lackner, K. S., Wendt, C. H., Butt, D. P., Joyce, E. L., & Sharp, D. H. (1995). Carbon dioxide disposal in carbonate minerals. *Energy*, 20(11), 1153-1170. [https://doi.org/10.1016/0360-5442\(95\)00071-N](https://doi.org/10.1016/0360-5442(95)00071-N)
- Li, Z., Li, C., Liu, X., Cao, L., Li, P., Wei, R., Li, X., Guo, D., Huang, K.-W., & Lai, Z. (2021). Continuous electrical pumping membrane process for seawater lithium mining. *Energy & Environmental Science*, 14(5), 3152-3159. <https://doi.org/10.1039/D1EE00354B>
- Liang, X., & Gadd, G. M. (2017). Metal and metalloids biorecovery using fungi. *Microbial Biotechnology*, 10(5), 1199-1205. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.12767>
- Lim, A., Atmaja, P. C., & Rustiani, S. (2020). Bio-mediated soil improvement of loose sand with fungus. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 12(1), 180-187. <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2019.09.004>
- Loudon, C.-M., Nicholson, N., Finster, K., Leys, N., Byloos, B., Houdt, R. V., Rettberg, P., Moeller, R., Fuchs, F. M., Demets, R., Krause, J., Vukich, M., Mariani, A., & Cockell, C. (2018). BioRock: New experiments and hardware to investigate microbe-mineral interactions in space. *International Journal of Astrobiology*, 17(4), 303-313. <https://doi.org/10.1017/S1473550417000234>
- Mani, D., & Kumar, C. (2014). Biotechnological advances in bioremediation of heavy metals contaminated ecosystems: An overview with special reference to phytoremediation. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 11(3), 843-872. <https://doi.org/10.1007/s13762-013-0299-8>
- Moskvitch, K. (2012, March 21). Biomining: Bacteria "mine" copper. *BBC News*. <https://www.bbc.com/news/technology-17406375>
- Murphy, A. (2016, January 20). Bioleaching of Rare Earth Elements. *Advanced Science News*. <https://www.advancedsciencenews.com/bioleaching-of-rare-earth-elements/>
- Puspasari, R., Wiadnyana, N. N., Hartati, S. T., & Rachmawati, R. (2020). EFFECTIVENESS OF ARTIFICIAL REEF IN INCREASING THE RESILIENCE OF CORAL REEF ECOSYSTEMS OVER CLIMATE VARIABILITY. *Jurnal Segara*, 16(2), 117-128. <https://doi.org/10.15578/segara.v16i2.9093>
- Qu, Y., Li, H., Wang, X., Tian, W., Shi, B., Yao, M., & Zhang, Y. (2019). Bioleaching of Major, Rare Earth, and Radioactive Elements from Red Mud by using Indigenous Chemoheterotrophic Bacterium *Acetobacter* sp. *Minerals*, 9(2), 67. <https://doi.org/10.3390/min9020067>
- Rawlings, D. E., & Johnson, B. D. (Eds.). (2007). *Biomining*. Springer.
- Reed, D. W., Fujita, Y., Daubaras, D. L., Jiao, Y., & Thompson, V. S. (2016). Bioleaching of rare earth elements from waste phosphors and cracking catalysts. *Hydrometallurgy*, 166, 34-40. <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2016.08.006>
- Rojas, A., Arunachalam, K., Garcia, M., & Sfeir, M. (2013). AADR L BEHAVIOURAL PRODUCTION: THREAD. AA School of Architecture, London. https://www.kokkugia.com/AADR L-aerial-robot-thread-construction?utm_medium=website&utm_source=archdaily.com
- Salimi, P., Norouzi, O., Pourhosseini, S. E. M., Bartocci, P., Tavasoli, A., Di Maria, F., Mahdipour Pirbazari, S., Bidini, G., & Fantozzi, F. (2019). Magnetic biochar obtained through catalytic pyrolysis of macroalgae: A promising anode material for Li-ion Batteries. *Renewable Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.03.077>
- Sané, S., Jolival, C., Mittler, G., Nielsen, P. J., Rubenwolf, S., Zengerle, R., & Kerzenmacher, S. (2013). Overcoming Bottlenecks of Enzymatic Biofuel Cell Cathodes: Crude Fungal Culture Supernatant Can Help to Extend Lifetime and Reduce Cost. *ChemSusChem*, 6(7), 1209-1215. <https://doi.org/10.1002/cssc.201300205>
- Sato, G., Fisseha, A., Gebrekiros, S., Karim, H. A., Negassi, S., Fischer, M., Yemane, E., Tecllemariam, J., & Riley, R. (2005). A novel approach to growing mangroves on the coastal mud flats of Eritrea with the potential for relieving regional poverty and hunger. *Potlands*, 25(3), 776-779. [https://doi.org/10.1672/0277-5212\(2005\)025\[0776:ANATGM\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1672/0277-5212(2005)025[0776:ANATGM]2.0.CO;2)
- Schippers, A., Hedrich, S., Vasters, J., Drobe, M., Sand, W., & Willscher, S. (2013). Biomining: Metal Recovery from Ores with Microorganisms. In A. Schippers, F. Glombitza, & W. Sand (Eds.), *Geobiotechnology I* (Vol. 141, pp. 1-47). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/10_2013_216
- Sundaram, M. (n.d.). *Electrochemical Additive Manufacturing*. 29.
- Tambutté, S., Holcomb, M., Ferrier-Pagès, C., Reynaud, S., Tambuté, É., Zoccola, D., & Allemand, D. (2011). Coral biomineralization: From the gene to the environment. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 408(1), 58-78. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2011.07.026>
- Tartakovsky, B., Mehta, P., Bourque, J.-S., & Guiot, S. R. (2011). Electrolysis-enhanced anaerobic digestion of wastewater. *Bioresource Technology*, 102(10), 5685-5691. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.02.097>
- Thompson, V. S., Gupta, M., Jin, H., Vahidi, E., Yim, M., Jindra, M. A., Nguyen, V., Fujita, Y., Sutherland, J. W., Jiao, Y., & Reed, D. W. (2018). Techno-economic and Life Cycle Analysis for Bioleaching Rare-Earth Elements from Waste Materials. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 6(2), 1602-1609. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.7b02771>
- Voutsinos, M. (n.d.). *Biomining the elements of the future*. The Conversation. Retrieved August 19, 2020, from <http://theconversation.com/biomining-the-elements-of-the-future-87621>
- Wang, L., Wang, J., He, C., Lyu, W., Zhang, W., Yan, W., & Yang, L. (2019). Development of rare earth element doped magnetic biochars with enhanced phosphate adsorption performance. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 561, 236-243.

<https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2018.10.082>

Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 112, 201–213.
<https://doi.org/10.1016/j.jaap.2015.01.025>

- Wang, L., Yu, T., Ma, F., Vitus, T., Bai, S., & Yang, J. (2019). Novel self-immobilized biomass mixture based on mycelium pellets for wastewater treatment: A review. *Water Environment Research: A Research Publication of the Water Environment Federation*, 91(2), 93–100. <https://doi.org/10.1002/wer.1026>
- Whitney, K. D. (1989). Systems of Biomineralization in the Fungi. In R. E. Crick (Ed.), *Origin, Evolution, and Modern Aspects of Biomineralization in Plants and Animals* (pp. 433–441). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-6114-6_34
- Wilson-Corral, V., Anderson, C., Rodriguez-Lopez, M., Arenas-Vargas, M., & Lopez-Perez, J. (2011). Phytoextraction of gold and copper from mine tailings with *Helianthus annuus* L. and *Kalanchoe serrata* L. *Minerals Engineering*, 24(13), 1488–1494. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2011.07.014>
- Wu, Y., Meng, Y., Yakupoglu, B., & Adams, M. (2019). A metamaterial/liquid-core waveguide microfluidic optical sensor. *Sensors and Actuators A: Physical*, 300, 111592. <https://doi.org/10.1016/j.sna.2019.111592>
- Xu, H., He, Y., Strobel, K. L., Gilmore, C. K., Kelley, S. P., Hennick, C. C., Sebastian, T., Woolston, M. R., Perreault, D. J., & Barrett, S. R. H. (2018). Flight of an aeroplane with solid-state propulsion. *Nature*, 563(7732), 532–535. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0707-9>
- Xu, W., Jian, H., Liu, Y., Zeng, G., Li, X., Gu, Y., & Tan, X. (2015). Removal of Chromium (VI) from Aqueous Solution Using Mycelial Pellets of *Penicillium simplicissimum* Impregnated with Powdered Biochar. *Bioremediation Journal*, 19(4), 259–268. <https://doi.org/10.1080/10889868.2015.1066302>
- Yang, W., Wang, Z., Song, S., Han, J., Chen, H., Wang, X., Sun, R., & Cheng, J. (2019). Adsorption of copper(II) and lead(II) from seawater using hydrothermal biochar derived from *Enteromorpha*. *Marine Pollution Bulletin*, 149, 110586. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110586>
- Yi, L., Xia, Y., Tan, Z., Fang, X., Zhao, L., Wu, H., & Guo, S. (2020). Design of tubelike aerogels with macropores from bamboo fungus for fast oil/water separation. *Journal of Cleaner Production*, 264, 121558. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121558>
- Zhao, F., Zhou, X., Liu, Y., Shi, Y., Dai, Y., & Yu, G. (2019). Super Moisture-Absorbent Gels for All-Weather Atmospheric Water Harvesting. *Advanced Materials*, 31(10), 1806446. <https://doi.org/10.1002/adma.201806446>
- Zhu, Y., Tang, W., Jin, X., & Shan, B. (2019). Using biochar capping to reduce nitrogen release from sediments in eutrophic lakes. *Science of The Total Environment*, 646, 93–104. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.277>
- Zhuang, W.-Q., Fitts, J. P., Ajo-Franklin, C. M., Maes, S., Alvarez-Cohen, L., & Hennebel, T. (2015). Recovery of critical metals using biometallurgy. *Current Opinion in Biotechnology*, 33, 327–335. <https://doi.org/10.1016/j.cobio.2015.03.019>
- Zielińska, A., Oleszczuk, P., Charmas, B., Skubiszewska-Zięba, J., & Pasieczna-Patkowska, S. (2015). Effect of sewage sludge properties on the biochar characteristic.



该出版物版面由Jomy Joseph设计, 用于传播他们的“通过设计进行博士研究”的项目。

感谢这些出色的人合作实现这项工作

指导: **Håkan Edeholt & Bodhisattva Chattopadhyay**

章节简介页插图: **Sephin Alexander**

PHD RESEARCH BY DESIGN 2021

