

内容提要

绿色技术手册

2023年



内容提要

找到动力

我们正处于气候紧急状态。要想限制其灾难性影响，需要开展前所未有的系统转型。我们仍有希望。温室气体的排放源很多，但应对它们的技术同样很多。

所有部门都有足够多的技术选项，可以在2030年前将碳排放降低至少一半。¹技术和创新是解决方案的关键组成部分。实现2030年气候目标所需的80%的技术已经上市，²还有更多的技术正在涌现。今年这版《绿色技术手册》展示了许多技术选项，降低能源消耗、交通电气化和提高材料效率的技术只是其中一部分。国家创新生态系统是所有这些新机遇的源泉。一个运转良好的创新生态系统以高效和公平的知识产权制度为基础，知识产权制度本身就能激励创新，并将技术传播到全球市场。

今年是全球盘点之年，各国将修订其国家气候计划，为未来几年提出更具雄心的目标。除了民族国家以外，越来越多的非国家行为体，其中包括私营部门、学术界和民间社会，也正在为实现《巴黎协定》所确立的愿景而不懈努力。

实现2030年气候目标所需的80%的技术已经上市，还有更多的技术正在涌现。

激励行动的知识

《绿色技术手册》第一版讨论了气候变化适应技术。在第二版中，我们通过展示大量目前可用的成熟和新兴创新和技术，清晰呈现出与气候变化减缓相关的解决方案。本手册分析了三大类别的十个部门：

- **城市**
 - 高效的供暖和制冷
 - 智慧出行
 - 材料效率及可持续废物管理

- **农业与土地利用**
 - 畜牧业
 - 土壤、土地利用变化和林业
 - 水稻种植
 - 数据和精准农业

- 工业
 - 钢铁
 - 水泥
 - 工业4.0

我们已经从WIPO GREEN需求和技术数据库中识别出600多种——这一数字还在不断增加——气候变化减缓和适应技术，可供《绿色技术手册》收录。³本手册从中挑选了一些与气候变化减缓有关的技术予以展示。解决方案提供商可以将自己的技术概述上传到该数据库，使其成为不断扩大的关于绿色创新和技术的数据源。通过凸显这些技术，我们旨在激励人们行动。现在正是时候快速开发和部署相关解决方案，以克服碳锁定，推动转型变革。

解决方案提供商可以将自己的技术概述上传到该数据库，使其成为不断扩大的关于绿色创新和技术的数据源。

设计循环型城市和智慧城市

城市将在很大程度上决定气候之战的成败。城市是建造建筑物、消耗能源和粮食、产生废物、运输人员和货物的地方。在车辆方面，许多城市的电动汽车推广之快远超预期。电池技术、汽车-电网融合及充电站方面的进步是重要的推动因素。然而，在电动汽车市场增长的同时，高油耗运动型多用途汽车（SUV）市场也呈增长趋势。2021至2022年，仅SUV就占据石油需求总增长量的三分之一。⁴此外，电动汽车的价格对大多数人而言仍难以承受，尤其是在新兴国家和发展中国家。虽然出现了许多供个人使用和货物运输的新电动车选项，包括两轮电动车，但交通部门的有效减排并非只依靠个人车辆的创新。例如，在智能交通管理系统、城市建模工具和“出行即服务”平台等技术的支持下，关于紧凑型城市和公共交通的更好政策可以落地实施。

节能的供暖和供冷技术以及制冷剂替代技术已经上市。例如新型热泵、现代保温材料，以及能够调节加热和冷却流量以满足建筑物需求的智能技术。然而，这些往往不是消费者的首选项，因此需要进一步创新，使这些解决方案价格更低、更易获取。与此同时，全球空调安装量正在飙升，且供暖是最大的终端能源消费领域。在越来越多的城市中，区域供暖和供冷（区域级集中系统）有助于减少能源使用并实现可再生能源的融合。然而，这些部门的减排不能仅限于提高运营效率。也可以采用技术实现气候智能型建筑设计，从而帮助解决供暖和供冷需求。被动加热和冷却技术已经存在了几百年。一些国家正在对这些久经验证的技术进行现代化改造，并通过建筑规范和能源效率标准来推广其设计原则。

本手册进一步认识到城市的材料效率和可持续废物管理是减排的重要手段。从建筑材料和木材到塑料和玻璃，预计到2050年材料使用量将翻一番，因此迫切需要创新的解决方案来加强循环性。这些解决方案不再是可选项，而是气候行动的必选项。分类技术的进步，如机器人和光学扫描仪，能够提高废物回收率。创新的回收技术现在可以处理原本难以回收的材料，例如轮胎和风力涡轮机叶片。

一些废物管理技术本身就是主要的排放源。丹麦等国家正在摒弃垃圾焚烧，因为它效率低下且排放量高。一些新兴的回收技术，如化学回收，已被发现是耗能的，因此需要从气候角度对技术可行性进行更集中的生命周期思考。这也凸显了对更上游创新和技术的需求。在许多城市，各种物品（从瓶子和易拉罐到水和清洁剂）的押金返还和补充站越来越受欢迎。同时，数字工具（例如物质护照）支持更好的建筑设计和产品，以实现重复使用。此外，从汽车、工具到办公楼，各种事物的在线共有和共享平台减少了生产新品的需求。

再生农业和农业技术

全球粮食系统和农业部门正面临压力。为了养活全球不断增长的人口，显然需要生产更多粮食，对加工和高排放食品的需求往往随之增加。农业部门对环境和气候变化的影响很大，其中甲烷排放尤为重要。农业、土地利用和土地管理占温室气体排放量的22%左右，⁵占全球陆地面积的38%，⁶占全球淡水提取量的70%。⁷因此，农业部门的气候变化减缓至关重要。此外，该部门极易受到气候变化的影响，迫切需要去年那版《绿色技术手册》中描述的气候变化适应措施。

本版《绿色技术手册》重点关注农业中的主要排放部门，并考虑了数据和精准农业中高度复杂的技术前沿的优点。畜牧业是一个重要排放源，主要因为反刍牲畜产生甲烷。可以通过供给侧和需求侧的措施来减排。在供给侧，生产率与每单位肉类和乳制品产量的排放量之间存在强相关性，这意味着可以通过提高生产率来减少肉类和乳制品的排放量。只要这种生产率的提高不造成新的环境影响或降低动物福利，它就可以有助于减少土地和水的使用。

农业、土地利用和土地管理占温室气体排放量的22%左右，占全球陆地面积的38%，占全球淡水提取量的70%。

但创新正在为人们提供新的选项。其中比较有前景的是饲料添加剂。在牲畜饲料中添加海藻可直接影响肠道发酵过程，显著减少甲烷的产生。许多创新还通过寻找普通消费者可接受的肉类替代品来解决肉类需求。目前有若干此类替代品可供消费者使用。然而，虽然这种方法在避免虐待动物方面的益处显而易见，但其净环境收益尚不确定。通过大规模生产各种加工食品，来用植物和基于真菌的替代品取代动物蛋白——这对环境的潜在影响可能更大。

第三章“农业与土地利用”进一步探讨牧场和土地管理。土壤以相对稳定的形式储存了大量的碳。集约农业和化肥造成土壤退化和侵蚀，加上森林砍伐，导致这种碳储量的释放。精心的土地管理、再生农业，以及提高土壤碳储存的创新——这些方法都具有很高的气候变化减缓潜力。然而，这取决于广大农民是否将其当作农业实践中不可或缺的一部分。

水稻种植这一作物系统的气候影响值得特别关注，因为它涉及淹水灌溉，这会释放出甲烷。在东南亚这样的水稻产区，水稻种植产生的甲烷占甲烷总排放量的25%到33%。^{8、9、10}它还使用大量的淡水，因此极易受到气候变化的影响。通过减少用水和用地来提高生产率，可以有助于减少排放。新的种植制度缩短田地的淹水时间，在那些可以实施这种制度的地方已经显示出良好的效果。

与其他许多部门一样，信息技术和数据可以助力农业部门低碳转型。在农业中，先进技术能够限制浪费，减少肥料、农药和水等投入，并优化植物生长条件。完全放弃使用土壤，通过水培和垂直农业将生产转移到室内——这种激进措施已经建立并不断发展，具有很大的减排潜力。各种半自动或全自动农业机械能够以很高的精度、更高效地完成农业任务。此外，一些系统和工具支持农民做出决策，并帮助他们获得资金，以转向可再生农业——这些系统和工具正变得越来越普遍并更容易使用。开放获取的高分辨率卫星图像在这方面发挥着重要作用。许多先进机器和新技术在低收入的农村地区还不常见。然而，新的获取模式、所有权和基于农业服务的商业模式可能有助于在小农中更广泛地部署它们。

使钢铁和水泥脱碳

钢铁和水泥是主要的温室气体排放源。人们通常认为这两个部门难以脱碳。然而，这种说法掩盖了一个事实，即相关解决方案确实存在。一种特别有效的减少水泥碳排放的方法是减少熟料的使用。熟料是水泥中的常见成分，通过加热石灰石等生料制成，制作过程需要高温并排放温室气体。用替代材料取代部分熟料，在减少水泥碳排放方面具有很大潜力。然而，与此同时，世界各地的熟料与水泥的比例都在增加。

许多炼钢炉已接近寿命终点。如果代之以传统的、高排放的高炉，将导致数十年的碳锁定，直到它们的投资价值已经折旧。钢铁和水泥的脱碳具有挑战性，但并非不可能。我们知道需要哪些技术，但没有按所需的规模来实施它们。一些气候友好型钢铁和水泥生产技术已经是成熟和可用的，包括直接还原铁（DRI）、电气化和使用熟料替代品。

然而，仅仅减少钢铁和水泥生产的碳排放是不够的。在需求激增的情况下，要想有效减少部门排放总量，还需要更多地关注对这两种材料及其需求的管理。建筑项目经常使用过量的钢铁和水泥。世界各地数以百万计的建筑和办公室要么空置，要么在接近寿命终点之前就被拆除。延长建筑的使用期和寿命，设计时注重高效的材料使用，以及采用轻质低碳材料——这些都是减少碳排放的主要方法。数字共享平台和设计工具、先进的回收技术和材料创新是实现这种循环供应链的关键因素。

提高钢铁和水泥使用效率的技术为实现气候目标带来了巨大希望。然而，目前人们把更多注意力放在新兴技术上，如碳捕集与封存（CCS）、碳捕集利用与封存（CCUS）和绿氢。人们关注的重点在于生产工艺改进和碳捕集，而非高效的材料使用——这很可能反映出生产商缺乏财政和市场激励。与此同时，CCS、CCUS和绿氢技术的实施仍然非常缓慢，且没有产生重大影响，特别是在主要的钢铁和水泥生产国。这两个部门在采用前沿数字技术优化能源使用和流程方面也进展缓慢。钢铁和水泥部门要想在2050年前实现二氧化碳净零排放，就尤其需要进一步的技术研发。

气候技术必须双管齐下解决供应和需求问题

政府和城市必须迅速开发和推广气候变化减缓技术。然而，目前技术的选择比以往任何时候都更加重要。仅仅优化现有的系统不足以实现气候目标。在大多数国家，人们已认识到可再生能源在逐步淘汰化石燃料方面的核心作用。人们较少关注技术和创新在管理我们日益增长的材料和资源需求以及加强循环性方面的作用。但实际上，材料使用是推动三重地球危机——气候变化、生物多样性丧失，以及污染对健康的影响——的主要因素。

许多关于气候技术的报告侧重于它们在减少供给侧碳排放方面的作用，例如，通过燃料转换和能源效率来减排。《绿色技术手册》的不同之处在于，它还认识到需求侧管理的巨大潜力尚未开发。随着对资源的需求呈指数级增长，我们需要重新思考提供基本人类服务——包括粮食、住房和交通——的方式，以及如何以更少的资源做更多事情。

技术是解决这个难题的关键一环。它能使发达经济体、新兴经济体和发展中经济体更高效地利用资源。它还使我们能够替代高碳材料，并系统地将气候观点融入城市、建筑、产品和粮食系统的发展中。正如近期政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 指出的那样，避免、转变和改善服务需求有可能在2050年前将全球温室气体排放量减少40%至70%。^{11、12}

这要求我们改变投资、政策和行为。技术和创新具有使系统变革的力量，而不是简单地改善常规业务方式，许多技术为发达经济体和发展中经济体都提供了无悔选项。数字技术在这里特别值得一提，因为它们有可能更好地匹配供需，避免不必要的生产浪费，并使循环系统的设计和使用成为可能。本手册重点介绍在城市、农业与土地利用、工业中，应对相关活动的广泛技术。

注

- 1 IPCC (2022). *Climate change 2022: Mitigation of climate change*. Technical summary. Working Group III contribution to IPCC sixth assessment report., Cambridge, UK: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 网址: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-3/>.
- 2 IEA (2021). *Net Zero by 2050. A roadmap for the global energy sector*. Paris: International Energy Agency (IEA). 网址: <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>.
- 3 引言部分提供了更多信息，说明我们如何定义、识别和选择在《绿色技术手册》中展示的成熟技术、前沿技术和地平线技术。
- 4 Cozzi, L., et al. (2023). As their sales continue to rise, SUVs' global CO2 emissions are nearing 1 billion tonnes. International Energy Agency (IEA). 网址: <https://www.iea.org/commentaries/as-their-sales-continue-to-rise-suvs-global-co2-emissions-are-nearing-1-billion-tonnes> [2023年9月访问]。
- 5 IPCC (2023). *Synthesis report (SYR) of the IPCC sixth assessment report (AR6)*. Summary for policymakers. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 网址: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>.
- 6 FAO (2023). *Land use in agriculture by the numbers*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 网址: <http://www.fao.org/sustainability/news/detail/en/c/1274219/> [2023年5月访问]。
- 7 World Bank (2023). Water in agriculture. World Bank. 网址: <https://www.worldbank.org/en/topic/water-in-agriculture> [2023年5月访问]。
- 8 Umali-Deininger, D. (2022). *Greening the rice we eat*. Washington, DC: World Bank. 网址: https://blogs.worldbank.org/eastasiapacific/greening-rice-we-eat?cid=SHR_BlogSiteEmail_EN_EXT
- 9 Kurnik, J. and K. Devine (2022). *Innovation in reducing methane emissions from the food sector: Side of rice, hold the methane*. World Wildlife Fund. 网址: <https://www.worldwildlife.org/blogs/sustainability-works/posts/innovation-in-reducing-methane-emissions-from-the-food-sector-side-of-rice-hold-the-methane> [2023年7月访问]。
- 10 WRI (2023). *Our world in data: Emissions by sector*. World Resources Institute (WRI). 网址: <https://ourworldindata.org/emissions-by-sector> [2023年6月访问]。
- 11 这一估算涉及建筑、陆路运输和粮食到2050年的潜在减排（高置信度）。
- 12 IPCC (2023). *Synthesis report (SYR) of the IPCC sixth assessment report (AR6)*. Summary for policymakers. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 网址: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>

