



联合国粮食及
农业组织

木炭产业转型

建立绿色木炭价值链，减缓气候变化，改善地方生计



内容提要

要点

- 世界范围内取自森林的木材中有半数是用于生产能源，主要用于炊事和采暖。世界上用作燃料的木材中，约17%被转化为木炭。
- 全球木炭产量预计将在未来几十年内持续增长。以非正规形式为主的木炭产业为超过4000万人带来收入，但是缺乏监管意味着效率低下，政府也失去了数十亿美元的收入。
- 据估计，薪柴和木炭的生产和使用造成了10-24亿吨的年温室气体排放量，占全球人为排放量的2-7%。上述排放量主要源自不可持续的森林管理以及低效的木炭生产与木质燃料燃烧。
- 建立绿色木炭价值链在降低全球温室气体排放方面潜力巨大。在价值链的所有环节都能实现绿色发展，尤其是在薪柴获取和制炭阶段，在运输、销售和终端效率方面也是如此。
- 需要为木炭价值链绿色发展采取的行动包括：
 1. 同时采取多种干预措施，针对整个木炭价值链降低温室气体排放。
 2. 通过权属改革、增加合法获取土地和资源、为国民经济提供木炭产业效益的循证评价、对薪柴资源公平定价、鼓励可持续方法、吸引投资促进木炭价值链绿色转型等方式提高木炭价值链绿色发展的财务可行性。
 3. 制定国家综合政策框架，促进木炭价值链可持续管理，在各部门减缓气候变化的更广泛努力中纳入木炭，包括将木炭价值链作为国家自主 减排贡献的具体组成部分。
 4. 支持各级政府和其他利益相关方通过研究和提供可靠数据实现木炭价值链绿色发展。
 5. 传播试点项目得出的经验教训、成功实例和研究，将整个木炭价值链纳入考虑。

薪柴和木炭是发展中国家家庭和小企业的重要能源来源。超过24亿人(约占世界三分之一人口)仍然依赖以传统方法使用薪柴进行炊事活动,许多小企业则使用薪柴或木炭作为烘焙、茶叶加工和制砖等生产活动的主要燃料。估计世界范围内取自森林的木材中,有50%用作薪柴和木炭。

尤其是近几十年来,木炭产量因城市人口和企业需求增加而不断上升。在高需求量地区(主要是撒哈拉南部非洲以及东南亚和南美地区)(图S1),不可持续的薪柴采集和木炭生产加剧了森林退化与毁林,也增加了木炭价值链各环节,尤其是用低效技术生产木炭时的温室气体排放量。但是,使用可持续资源和改进型技术生产木炭则属于温室气体低净排放源,因而在有助于减缓气候变化的同时增加对能源和食物的获取,并提供创收机会。

各国领导人在2015年《巴黎协定》中明确了减缓气候变化的紧迫性,以国家自主贡献形式对减少温室气体排放做出的多项新承诺中涉及森林和土地利用措施。但是,国家自主贡献中未充分反映木炭行业的减排机遇,对于木炭价值链在减缓气候变化方面的潜在作用以及如何发挥这一潜力也认识不足。



绿色木炭价值链指的是高效和可持续地获取、生产、运输、销售和使用木炭，实现改善人类福祉、社会平等和降低环境风险与生态稀缺度的结果，具有低碳、资源高效、生产可持续性以及社会包容性的特征。

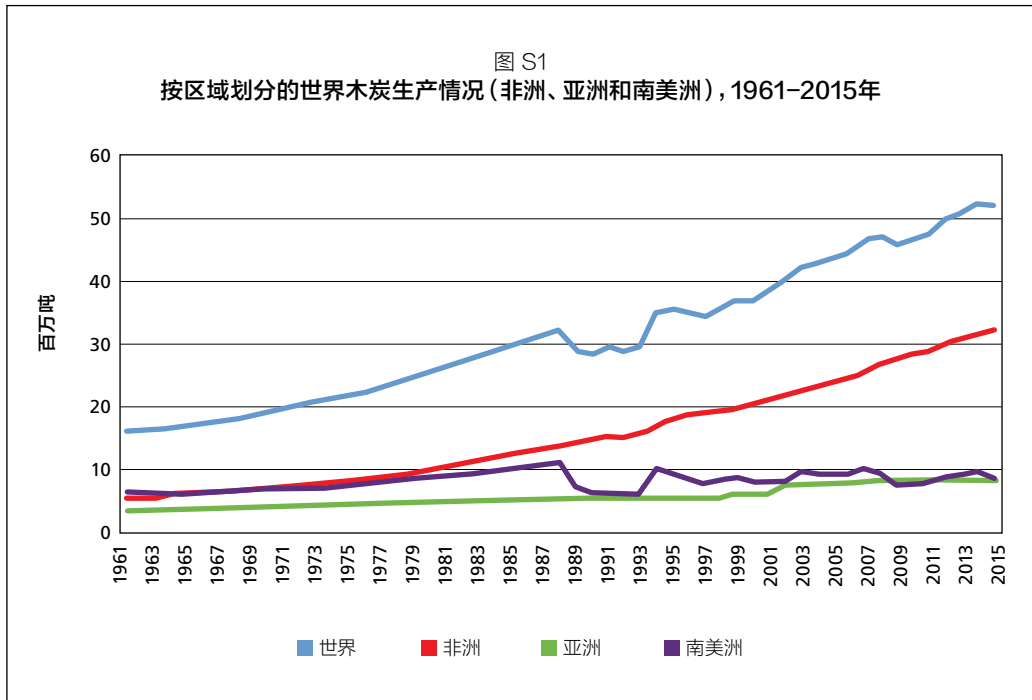
本报告提供的信息涉及当前木炭生产和使用的情况、木炭价值链温室气体排放、提高木炭生产和使用效率的技术、实现木炭价值链绿色发展的成本与效益，以及建立气候智能型木炭行业的政策方案。**报告评估了绿色木炭价值链对气候变化减缓和生计改善的潜在贡献，旨在供政策制定者和其他利益相关方了解相关信息。**附件列出了木炭生产和使用数据，供愿意了解木炭价值链各方面详细信息的研究人员和其他各方参考。

木炭价值链

木炭价值链包括在来源地（如森林、林地、灌丛带、农林复合系统以及木材加工场）收集或采伐薪柴、薪柴在窑炉中制炭、木炭运输、贸易和销售，以及家庭或企业消费等环节。

目前以可持续方式获得薪柴或生产木炭的水平普遍较低。低收入国家消费的木炭主要采用低效（10–22%）的简易技术生产。在消费侧，主要使用的是低能效传统炉灶。木炭生产对毁林的影响尚未得到充分量化，在国家间和国家内部存在显著差异；这取决于木炭生产方式、薪柴来源地的采伐强度和再生能力、薪柴替代来源的可用性，以及农业等其他毁林驱动因素的影响。

不可持续的木炭生产导致温室气体净排放，并会影响诸如森林、水、生物多样性和土壤等自然资源。木炭生产与消费一方面可能对人的呼吸系统健康造成负面影响，但另一方面也提供了收入、生计和能源安全。





木炭价值链的温室气体排放

据估计，传统木质能源（薪柴和木炭）的二氧化碳年排放量为10–24亿吨，占人为温室气体排放总量的2–7%；撒哈拉南部非洲地区占木质能源温室气体排放量的三分之一。围绕木质能源所致温室气体排放的高度不确定性反映出对薪柴再生率和木炭消费存在差异较大的各类根本性假设。

温室气体排放产生于木炭价值链的各个环节，薪柴采伐的可持续性和木炭生产效率是温室气体排放的最主要决定因素。在效率极低的情况下，木炭生产温室气体排放（包括因森林退化和毁林导致的排放）可高达9千克二氧化碳/千克木炭产出。

鉴于对木炭的需求不断增加，不可持续的木炭生产和使用若得以延续，预计会加剧气候变化，并转而影响森林和林地的健康与生产率，由此会减少世界许多地区未来的木质能源供应。由于近期内无法找到实用且可再生的木炭替代品，实现木炭价值链绿色发展对于减缓气候变化并保持家庭对可再生能源的获取十分关键。

减缓气候变化的木炭价值链干预措施

更为绿色的木炭产业能在价值链各环节降低温室气体排放（图S2），并在国家低碳增长战略中发挥重要作用。七项关键的技术干预措施有助于在木炭价值链各环节减少温室气体排放（表S1）。

获取薪柴

可持续薪柴生产几乎可以完全避免温室气体净排放，因此以可持续管理的方式获取的资源替代以不可持续方式获取的薪柴可以大幅降低木炭价值链的总体温室气体排放水平。这方面存在多种可用方案，如可持续天然林管理；可持续社区管理人工薪炭林；粮食能源综合系统；复合农林业与城市林业；生物质残余物和废弃物的优化使用。对可持续木炭生产的需求可为植树造林和重新造林创造机遇。通过减少木炭损耗，诸如将木炭粉末加工成成型燃料的做法能进一步提高效率。

表S1：
实现更清洁与更高效木炭生产与使用的技术干预措施

木炭价值链环节	干预措施
获取薪柴/木炭	1 可持续管理来源地（如天然林、人工林及公有林）
	2 改用替代资源，如农业废弃物、木材废料和林外树木，包括复合农林业
	3 将木炭粉末加工为成型燃料
制炭	4 改善传统窑炉管理以提高生产效率或使用效率更高的改进型窑炉
	5 木炭和发电联产（在工业规模生产情况下）
运输和销售	6 减少运输过程中化石燃料的消耗
终端使用	7 使用改进型炉灶

制炭

在木炭生产中，采用简单的措施就可以大幅减少温室气体排放。依据文献和建模数据，放弃传统窑炉改用高效现代化窑炉能将价值链这一环节的温室气体排放降低80%；¹改进窑炉技术结合炭电联产（在工业化规模条件下）能将温室气体排放减少50%或更多。

运输和销售

运输对于木炭生产价值链的温室气体总排放相对影响很小。可通过优化运输模式；缩短薪柴来源地、制炭场和消费中心间的距离；减少运输过程中的损耗等措施减少化石燃料使用。

终端使用

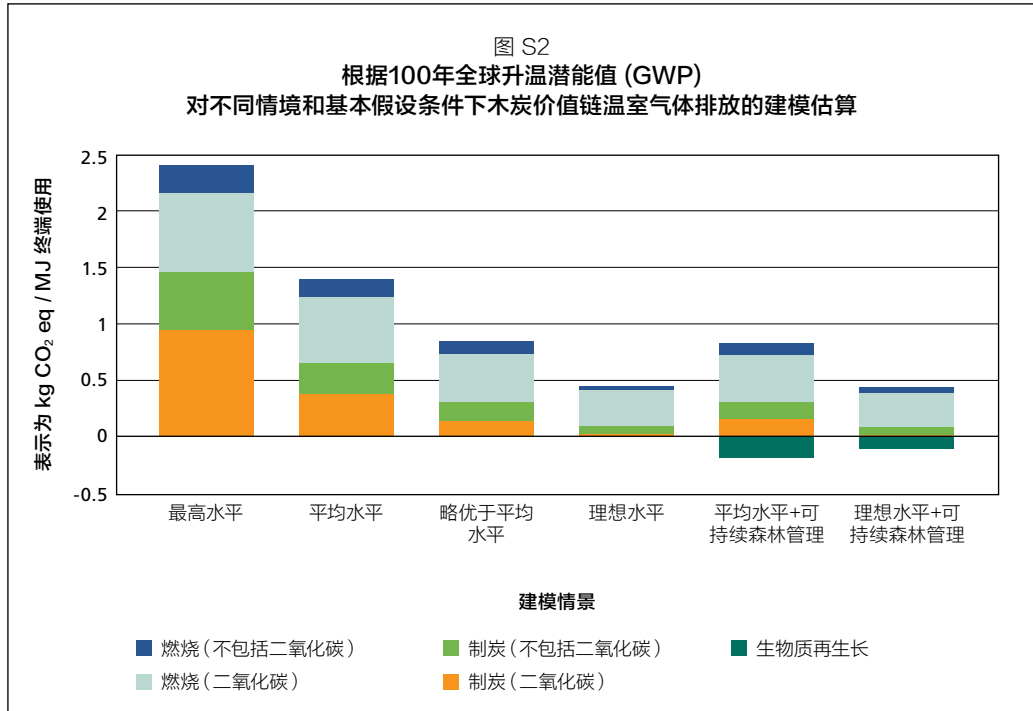
家庭中使用燃料高效炉灶进行炊事和采暖能提高木炭使用效率并减少温室气体排放。根据文献和建模数据，从传统炉灶过渡至改进型（最先进型）炉灶可将温室气体排放降低63%。为（小型）企业引入更高效的炉具也能降低排放量。

通过同时引入多种干预措施可以促进木炭价值链绿色发展对减缓气候变化的影响，若配合促进生物质再生长的预措，则此类影响将尤为显著。比如，对东非旱地林区的情境建模显示，引入多种干预措施后能将木炭价值链总体温室气体排放水平（每兆焦终

¹ 基于所排放温室气体（包括二氧化碳）的100年全球升温潜能值。

端用能的二氧化碳排放量)从2.4千克降为0.4千克,在考虑生物质再生长因素后可降至0.3千克,降幅为86%。²

尽管存在这一潜力并且做出了一些努力,实现木炭价值链绿色发展各种干预措施的采用水平相对较低,通常以具体项目为主。还需要做出实质性努力,为拓展干预措施创造有利环境,包括引入有利政策并为绿色木炭产业构建有吸引力的投资环境。



实现木炭价值链绿色发展的经济成本和效益

木炭产业具有可观的经济价值(在坦桑尼亚和肯尼亚估计每年分别能产生6.5亿美元和16亿美元的价值),还有机会通过税收和许可费等形式创造政府收入,其中部分可投资于构建更具可持续性的木炭产业链,包括鼓励森林再造和可持续木炭生产。但是,为生产木炭而特别营造薪炭林在目前看来几乎不具有经济上的可行性,原因在于薪柴资源的价值认定不足导致其过度采伐,而制炭和木炭终端使用的管理不具有可持续性且效率低下。在国家层面,木炭行业未实现的政府收入机遇在于未能进行征税和收取许可费,以及与环境 and 人类健康外部因素相关的隐形成本。

相对于一切照旧的做法,实现木炭价值链绿色发展的财务可行性在于对(目前通常是开放获取的)资源进行重新定价,并对可持续管理此类资源和其他薪柴资源给予足

² 基于所排放温室气体的100年全球升温潜能值。注:结果为示意性,基于包括多种基本假设的情景,不应该用于确定其他方案对气候变化减缓的影响。

够的经济激励机制；如果存在事实上能开放获取的薪柴资源，那么可持续管理的森林用于木炭生产就会显得过于昂贵。随着木炭价格上涨，使用木材生产过程中产生的废材将更具可行性。使用改进型窑炉替代传统窑炉以及提高传统窑炉管理效果的做法需要投资，但也能令每吨原材料实现更高的木炭产出。使用改进型炉灶进行烹煮和采暖在木炭（以及替代能源）价格较高的地区是最具成本效益的做法。

木炭产业绿色发展有助于提高全球4000多万从事商业化薪柴和木炭生产人群的收入可持续性。目前，非洲国家如果能够收回每年因木炭产业非正规性而损失的收入，这些国家就可能为木炭价值链绿色发展进行15亿-39亿美元的再投资。各国也可吸引气候变化相关基金推动避免毁林和温室气体排放，包括利用国家自主减排贡献方案发出长期政策信号并为可行项目建立渠道。实现木炭产业绿色发展的另一个重要但不引人注目效益在于医疗和环境修复费用降低，长期来看尤其如此。

从不可持续向可持续获取的转变以及从非正规向正规机构的过渡必然会增大木炭价值链的成本，如涉及可持续资源管理的成本。这种转变需要转让高效制炭的技能以及木炭高效使用的方法与技术。比如，在肯尼亚进行的成本效益分析估计，向高效木炭生产的过渡将需要每年1560万美元的投资（不包括前期成本）。另一方面，这将创造2070万美元的效益，因而总体经济影响是正面的。

建立气候智能型木炭产业的政策选项

木炭价值链所处的监管环境具有多层次多部门的特征。需要适当的政府政策来吸引必要的投资，用于森林、能源和土地使用规划以及规模引进改良的木炭生产技术。

鉴于在未来几十年内，一些国家的木炭消费预计将不断增加，必须在国家发展议程中高度重视木炭及其在经济发展、能源、环境、土地使用和粮食安全战略中的整合。需要以长期政策愿景来改善木炭价值链可持续性，实现清洁能源方案的多样化与民主化，以减轻木炭需求快速增长对森林造成的压力。木炭产业政策与全球认可原则及制度的一致性将增强这一部门的合法性与有效性，有助于和国家的其他工作进行对接。木炭使用水平较高的发展中国家应在国家自主减排贡献和发展战略中考虑实现木炭价值链绿色发展的方案。

木炭价值链绿色发展需要有利的政策，涉及激励机制、利益分配、薪柴资源可持续管理、土地使用规划、景观管理和绿色经济。差异化的税收可激励木炭可持续生产，收费和许可产生的收入可用于对技术改进的再投资。补贴可覆盖启动成本并鼓励生产者和终端用户采用更高效的技术。与减缓气候变化相关的国际融资机制，诸如清洁发展机制和减少毁林和森林退化所致排放量（REDD+）项目等可提供额外的资金激励。

完善森林执法和治理有助于增加政府收入核纳以及对可持续森林管理和高效薪柴转化技术的投资。为当地居民提供更好的权属保障能增强其投资可持续举措的意愿和能力。令地方当局履行职责并掌握财政和人力资源有助于引入可持续的森林管理和木炭生产方式。

认证举措可指导将可持续木炭价值链落地并协助开展监测工作。可制定相应政策鼓励私营部门参与推广改进技术，并建立可持续的产品销售体系。

木炭行业的治理规划与决策进程将得益于所有利益相关方的参与，包括政府、私营部门、生产者和消费者。透明的收入流和各方面的问责制度对于优化木炭产业对国家



经济和地方社区的贡献十分关键。需要良好的体制框架,包括森林管理机构、树木栽培者、木炭加工者和贸易者组织来协调各项举措,建立可持续木炭价值链并明确各利益相关方的职责。建立此类框架需要在利益相关方、各部门和各级政府间开展有力协作。

木炭价值链改革应鼓励关键利益相关方建立巩固的关系,各方应重视腐败以及将少数群体排除在外的风险。监管和完善价值链的政策必须采取各项保障措施并保护缺乏其他选择的群体获取能源的权利。

实现木炭价值链绿色发展的建议

1. 在整个价值链上同时推动各类规模化干预措施,以可持续方式减少温室气体排放。
2. 完善权属安排和对资源的合法获取,促进薪柴以及木炭生产所用的其他生物质资源的生产和采购,在国民经济层面提供绿色木炭价值链效益的循证评估,对薪柴资源公平定价,激励可持续生产方式,吸引投资促进木炭价值链绿色转型,确保绿色木炭价值链的财务可行性。
3. 制定国家综合政策框架,促进木炭价值链可持续管理,将木炭纳入各部门减缓气候变化的更广泛努力之中,包括将木炭价值链作为国家自主减排贡献的具体组成部分。
4. 支持政府部门和其他利益相关方通过推动下列领域的研究实现木炭价值链绿色发展:
 - 在木炭主产国对木炭价值链开展系统性生命周期评估;
 - 木炭价值链各环节的温室气体排放系统性数据;
 - 木炭生产在毁林和森林退化方面的影响,包括在城市周边与其他毁林和森林退化驱动因素结合而产生的影响;
 - 绿色木炭价值链在地方、地区、国家和区域层面的社会经济与环境影响及取舍权衡;
5. 传播试点项目得出的经验教训、成功实例和研究,将整个木炭价值链纳入考虑。

本报告的完整版（英文）可在以下网页下载
www.fao.org/forestry/energy

联合国粮食及农业组织 (FAO)
Viale delle Terme di Caracalla
00153 Roma, Italy
www.fao.org

16934Ch/1/03.17
© FAO, 2017