



WWF

报告

国际

2011

森林生命力报告：第2章

森林与能源



为了 100亿人的 可持续能源¹

几千年来，我们一直为了获取能源而经营森林和采伐木材。

尽管世界上大部分地区仍然依赖木材做饭和取暖，我们使用的能源大多来自高浓缩燃料，由生活在几百万年前的微生物形成。

这种对于化石燃料的依赖是不可持续的便宜且易于获取的石油、煤和天然气正在消耗殆尽，使用过程中向大气中排放了大量温室气体，导致气候变化和海洋酸化。常常被标榜为环境友好型替代能源的核能，价格昂贵且依赖于有限的铀供给，具有严重的环境、健康和安全风险。

世界自然基金会（WWF）设想，到2050年，世界能源消耗量减少，且全部利用可再生能源²。世界自然基金会《能源报告》中的一个详细情景认为，若要实现上述愿景，生物能源应满足世界上40%的能源需求²。

生物能源能提供多种替代化石能源的可持续能源，同时增加农村社区的收入，提高其能源安全。但是，要实现这些效益，必须严谨规划和实施对生物能源的使用，监测其环境和社会方面的可持续性。增加生物能源原料生产可能会导致粮食和水资源更为匮乏，加速自然生态系统的流失。因此，需要采取强有力的社会和环境保障措施管理这些风险。未来技术的发展可能会减少生物能源原料生产对世界上有限的土地资源和水资源的消耗土地，并有望实现生物能源的多种用途³。

本章《森林生命力报告》将探讨不断增长的生物能源行业对于土地利用的潜在影响，预测其在今后几十年的主要发展趋势。

生物能源

占全球一次能源年度需求总量的15%⁴，主要通过发展中国家使用薪柴的传统方式实现，占有可再生能源消耗量的75%以上。



WWF希望，人类能将全球生态足迹控制在地球生态承载极限之内，地球上的各种资源被公平分享。2011年是国际森林年，WWF发布的《森林生命力报告》是我们与合作伙伴、政策制定者、企业界就森林如何服务于上述愿景开展的长达一年对话的组成部分。报告利用森林生命力模型探索实现和保持WWF设定的2020年实现“森林零净砍伐和零净退化”目标的途径。我们将比较不同的未来情景，分析不同政策的潜在影响，为政策辩论提供信息。点击了解关于《森林生命力报告》、“森林零净砍伐和零净退化”目标和森林生命力模型的更多内容⁵。

生物能源： 传统和未来 利用方式

WWF致力于推动有
利于环境、社会和经
济可持续发展的可再
生能源利用。

进一步了解
WWF的愿景：
实现100%利用
可再生能源

生物能源是所有利用生物原料（生物质）生产的能源的总称—包括简单的柴火和复杂的藻类能源生产技术。生物质的利用方式，如转换方法，因不同的地域和经济发展水平而千差万别：

传统利用方式：根据联合国粮农组织（FAO）的统计，木材是20多亿发展中国家人口的主要能源来源⁶。亚太地区超过70%的木材采伐量、非洲90%的木材都用于薪柴⁷，而欧洲仅为20%⁸。

新技术利用方式：近年来，发达国家又重新利用生物质生产热能、电力和液体燃料（生物燃料），但他们采用了新型技术。

随着技术不断改进，将有更多的生物质原料适合转化为生物能源。但是，木材可能还会是最重要的能源形式⁹。在欧盟地区，目前超过一半基于生物质的电力生产是利用木材和木材废料。生物能源对环境、社会 and 气候是否产生积极的影响，很大程度取决于采用何种政策和市场保障措施。



液体生物燃料带来的挑战

增加生物燃料利用是很多国家的优先重点。

与食品 and 生物燃料生产相关的土地征用已经造成了环境和社会问题

WWF关于100%利用可再生能源愿景的实现取决于能否大量增加对生物能源的利用，包括在缺乏其他可再生替代品情况下的的领域使用液体生物燃料¹¹。

生物燃料发展通常用“第X代”一词来说明其生产技术的先进程度。第一代生物燃料是将糖淀粉和油转化成燃料，这是一项成熟的技术。第二代生物燃料将植物木质素和纤维素转化为燃料，其主要方法是利用酶或通过气化生物质原料后再次气转液。在此过程中使用生物质的包括各种类型的树木、草和有机废弃物。第二代生物质燃料目前还不适合大规模商业化生产，但是其进一步发展将在未来大量增加生物能源原料的使用数量和种类。第三代¹²和第四代生物燃料正在研发，前者主要是利用藻类为原料，而后者是对有机物进行基因操控等假设性生产方法的模糊描述。

大规模商业性生产第一代生物燃料正在迅速发展。各国公司和政府为生产原料征用土地，刺激了全球性“土地争夺”。与食品和生物燃料生产相关的土地征用已经带来了环境和社会问题¹³。若要使生物燃料成为可持续和负责任的可再生能源解决方案的一部分，必须采取有效的措施，包括严谨的土地利用规划、良好的治理和产业标准，确保生物燃料的生产不对粮食和水供给或生物多样性构成威胁，不会导致弱势群体搬迁或增加大气碳含量¹⁴。



效率， 公平和 能源需求

发展生物能源必须考虑社会和政治背景。当有钱人浪费能源时，很多穷人却无法获得足够的能源。

生活在发展中国家的15亿人无法用上电。在全世界，26亿人主要利用木材和木炭等传统生物质烧饭，其中75%的人用不上节能灶。在次撒哈拉地区，仅6%利用传统生物质的人拥有炉灶。这种情况的后果就是能源浪费，大量的时间和精力用于采集薪柴，森林退化，以及木材燃烧产生的烟尘对健康的严重影响，每年近200万人死于薪柴和煤燃烧产生的烟尘。

高效和可持续发展的生物能源将有助于解决这些不平等问题，为全球能源供给做出重大贡献。在当地可持续地生产生物能源原料能够为世界上部分最贫困或最边远的社区提供能源并增加其收入。

当高油价使可再生能源对政府和投资者更具吸引力时，近期转向生物能源的项目主要驱动力来源于补贴和政府的硬性目标（见附录）¹⁶。无论在本地还是出口市场，生物能源都能够平抑风能和通讯太阳能等其它可再生能源生产所可能带来的电力生产波动。

但是生物能源带来的严重的社会和环境风险，必须予以管理。规划和实施不善的生物能源原料生产将导致更严重的不平等，如土地所有权的进一步集中；小农户和林区居民被迫迁移；污染性培育方法；更高的粮食价格；对经济脆弱地区造成额外的粮食供应压力¹⁷。富人不应该以牺牲穷人的利益和具有高生物多样性保护价值的生态系统为代价，继续扩大和外购能源足迹。



在当地可持续地生产生物能源原料能够为世界上部分最贫困或最边远的社区提供能源并增加其收入。

刚果的 节能柴炉和 薪柴林

在世界上很多地区，低效的柴火做饭和供热技术导致了不可持续的薪柴采集。

低效的薪柴利用方式损害了森林和人类健康。妇女所受影响最大，因为她们通常要采集薪柴，附近森林的薪柴一旦采完，她们要走到更远的地方去。她们负责做饭，因此受烟尘侵害最深。

为减少传统木材利用方式造成的环境和健康影响，人们需要获得替代能源的机会，如可再生能源原料、当地薪柴林、高效经济的炉灶和供热系统。采取相应措施的同时，必须尊重当地文化传统。这些挑战不应被低估—尽管20世纪70年代就开展了高效柴灶项目，很多都以失败告终。



生态马卡拉（Eco-Makala）项目旨在向戈马居民供给可持续的木材能源，同时减轻贫困和保护国家公园。戈马市位于民主刚果维伦加国家公园西南边界，大量难民涌入以及公园南部的木材非法采伐是维伦加国家公园面临的最大威胁。项目计划5年内营造林4200公顷。在农村地区投资于合法的薪柴林有助于减少贫困，为当地发展做贡献。[↔](#)





目前，全世界26亿人主要用木材和木炭等传统生物质烧饭。获得高效、可持续的生物能源可减少其采集薪柴的时间，降低森林退化率，减少烟尘导致的死亡率。（Kate Holt/WWF英国分会）

激励和 控制措施

截至2010年,至少119个国家设定了一定类型的国家可再生能源目标和支持政策¹⁸。

2009年各国政府对生物能源的支持约为200亿美元，大多以支持生物燃料为主。根据国际能源署（以2009年美元价值）估算，2020年对生物燃料的支持将达到450亿美元，2035年达到650亿美元¹⁹。支持生物能源的主要动力来自减缓气候变化、能源安全和保护民族工业。

WWF研究了部分能源生产国和消费国制定的生物能源政策框架，主要以生物燃料为主（见27页）。即使是这些有限的实例，对温室气体的减排要求和履约评估方式差异很大。类似地，生物能源原料生产的社会和环境保障措施的范围和力度也大不相同。

很少国家针对使用新能源技术采集和利用森林生物质制定了专门的管理规定²⁰。

2007年开展的一项针对发展中国家的研究发现，很多国家制定了雄心勃勃的生物能源目标，但缺乏配套的立法。即使是具备配套立法的国家，通常规定也很模糊，没有考虑泄漏问题，甚至产生了不妥当的激励措施²¹。在能源消费国应采取额外的行动，包括对发展中国家的资金和技术支持。

当前大多数奖励政策关注的是第一代生物燃料。为使第二代生物燃料具有更大的气候效益，有必要创建新的奖励政策支持相关研发²²。

很少数国家制定了专门的森林生物质采集和利用管理规定



瑞典实现了 生物能源 和可持续发展的 平衡

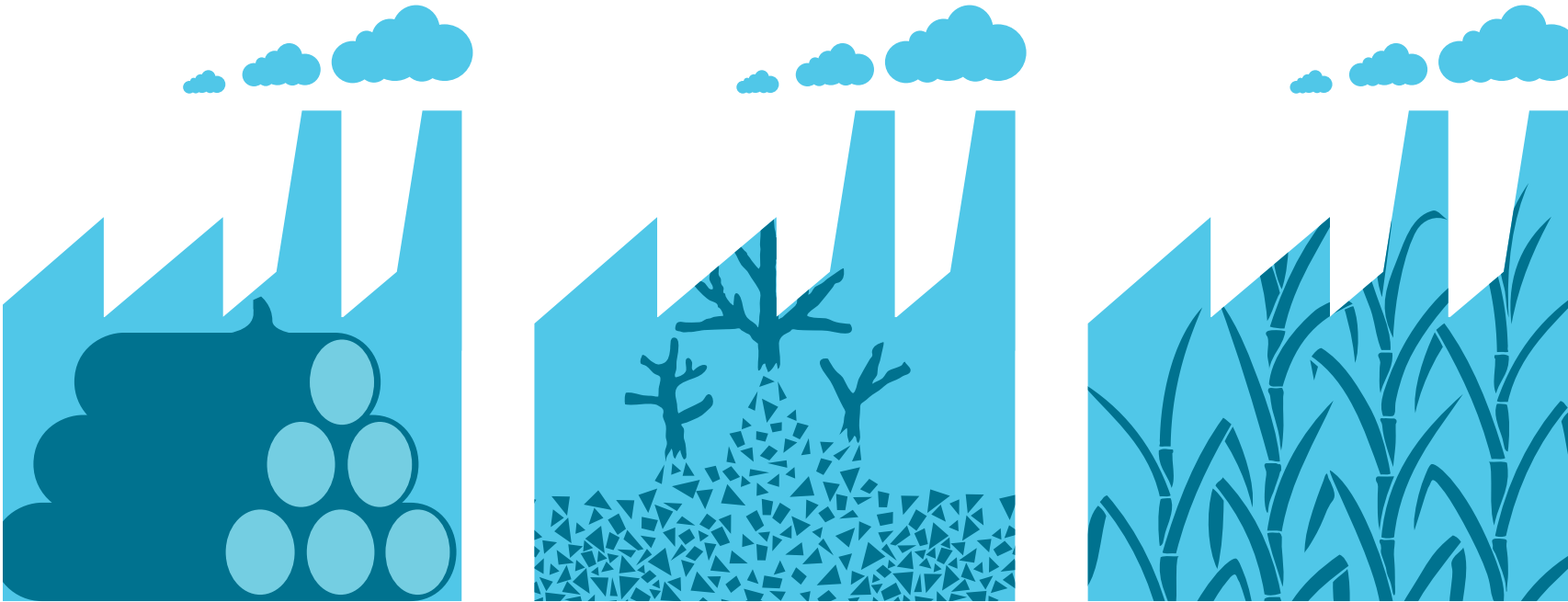
森林生物质是瑞典重要的能源来源—但能否用可持续的生产方式满足不断增长的需求？

1970年，瑞典利用生物质生产了约43亿千瓦时能源²³。截至2010年，生物能源产量达到122亿千瓦时²⁴。超过80%的生物能源原料直接或间接来源于森林，其中70%来自锯木工厂的剩余物（如树皮、锯屑和黑液），其它的主要是直接来自森林的薪柴和剩余物。

瑞典的可再生能源行动计划估计，2020年能源总消耗量将在2005年基础上增加14%。为履行欧盟义务，瑞典必须在2020年前实现可再

生原料满足近一半能源需求的目标。政府实现这些目标的部分战略是利用更多的木质燃料，同时引入更多类似于树桩移除的作业方法以增加单位公顷的生物质采集量。这造成一个艰难的抉择，利用全树生物质（树桩、枝丫等），即移除高价值的营养物和可作为栖息地的枯木等，还是将这些剩余物留在林地，而去更大的区域采伐。

节能计划的缺位可能进一步刺激能源需求从而损害森林长期的可持续性。WWF瑞典分会正在推动有关措施，减少能源消耗、实现森林可持续经营，使生物质成为解决方案的一部分。



生物能源将如何影响 “森林零净砍伐和 零净退化” (ZNDD) 目标的实现?

增加生物能源利用
可能导致额外的森
林退化和流失。

若更加集约的生物质采集导致天然林退化，生物能源原料的生产可能会阻碍实现“森林零净砍伐和零退化”(ZNDD)目标。森林也可能被转化为生物能源作物生产用地或人工林，或农地转化为生产生物能源用地。

用于生产生物燃料的作物生物能源基地已经建立。全球每年大约生产900亿–1000亿升生物乙醇，至少180亿–200亿升生物柴油，主要集中在美国、巴西、德国等国家的交通行业²⁷。2008年，美国超过1/3的玉米产量用于乙醇生产²⁸。但2007年，包括生物乙醇和生物柴油在内的液体生物燃料产量，仅占全球交通燃料消耗的2%²⁹。预测结果显示，这个份额将迅速增加。国际能源署认为，到2050年，世界交通燃料消耗量27%将来自生物燃料。寻找生物能源原料生产用地将增加对森林和其他自然生态系统的压力。



如果更加集约的生物质采集导致天然林退化，那么生物能源原料生产可能会阻碍“森林零净砍伐和零退化”(ZNDD)目标的实现。

森林是薪柴和木炭的主要来源。传统木质能源利用地区人口的预测增长数量，以及生物能源生产新技术对木材的需求，将增加从森林中采伐的木材量或提高采伐强度。对森林生物质更大程度的依赖可能会促进更好的森林管理，也可能驱动高强度的采集作业，导致森林退化甚至砍伐。

速生人工林面积在欧洲和北美迅速增加，杨树和柳树是常用树种。在热带地区和南半球，桉树、刺槐和松树人工林主要用于生产木材和纤维等原材料。东南亚的人工林从1990年的1000万公顷增加到2010年的1450万公顷³¹。这些人工林大多是通过清除天然林营造的³²。在世界其他地区，近期的人工林扩张主要是在退化牧场或灌草栖息地上营造，这些栖息地具有高生物多样性和社会价值。

未来生物能源开发引起的森林砍伐和森林退化的规模，将取决于对农林业生物能源生产和利用的监管政策。若要防止更多的森林流失或退化，这些政策必须要求真正的温室气体减排、保护生物多样性、防止泄漏，并配套强有力的社会保障措施。



防止森林流失要求制定相关政策，严格减少温室气体排放，保护生物多样性，防止泄漏，同时配套强有力的社会保障措施



移除树桩等作业模式将增加单位公顷生物质的采集量，但也将移除高价值的营养物和枯木等栖息地。另外一种方式是将这些剩余物留在森林，但采伐更大的区域。/《奇境欧洲》/Pete Oxford/WWF

预测 生物能源 的未来

关于森林生
命力模型和
情景的更多
信息，请参
阅第1章 ➡

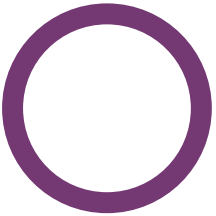
WWF与国际应用系统研究所（IIASA）开发了森林生命力模型，比较各种未来情景，分析与减少森林砍伐相关的政策。

森林生命力模型利用国际应用系统分析研究所(IIASA)现有的G4M和GLOBIOM模型³³，从地理角度清晰地展示不同情景下的土地利用变化情况，《森林生命力报告》第1章对此作了详细介绍。这个模型可用于研究各种假设的生物能源利用变化产生的潜在影响。

如第1章所述，森林生命力模型表明，通过良好的治理、健全的森林管理方式和更加高效地利用非林业耕地，2020年实现“森林零净砍伐和零净退化”目标是完全可能的。如果无法实现转变，我们将浪费高价值的森林。为避免气候变化失控，我们必须从现在开始减少森林砍伐和森林退化造成的碳排放。我们越晚采取行动，就越难实现这个目标。

为确保2030年后继续保持“森林零净砍伐和零净退化”，同时避免粮食、木材、生物材料或生物能源短缺，需要林业和农业部门采用新的作业模式，在提高产量的同时减少土地和水的使用量，还需要采用新的消费模式，在满足穷人需求的同时消除浪费和过度消费行为。

本章的主要分析结论主要来自以下情景：



不作为情景：假设我们的行为仍然遵循历史趋势。据预测，由于能源需求和生物能源的竞争力，到2050年，产自土地的生物质原料的一级能源将是2010年产量的三倍多。用于生产生物质原料的土地会通过提高农业生产力、在退化土地³⁴上造林和转化保护区外的天然栖息地获得。



目标情景：到2020年，实现“森林零净砍伐和零净退化”（天然林和半天然林的净损失接近零）并永久保持该水平。



生物能源+情景：详细说明见下页。



亲自然情景：包括（亲自然和亲自然+）两个情景。在该情景下，天然生态系统在保护区域判定过程中被确认为生物多样性保护重点地区的将免于转化为生物能源原料生产用地。



饮食变化情景：动物卡路里的全球总体消费量保持2010年全球平均水平不变，不同区域的人均消费量趋同³。

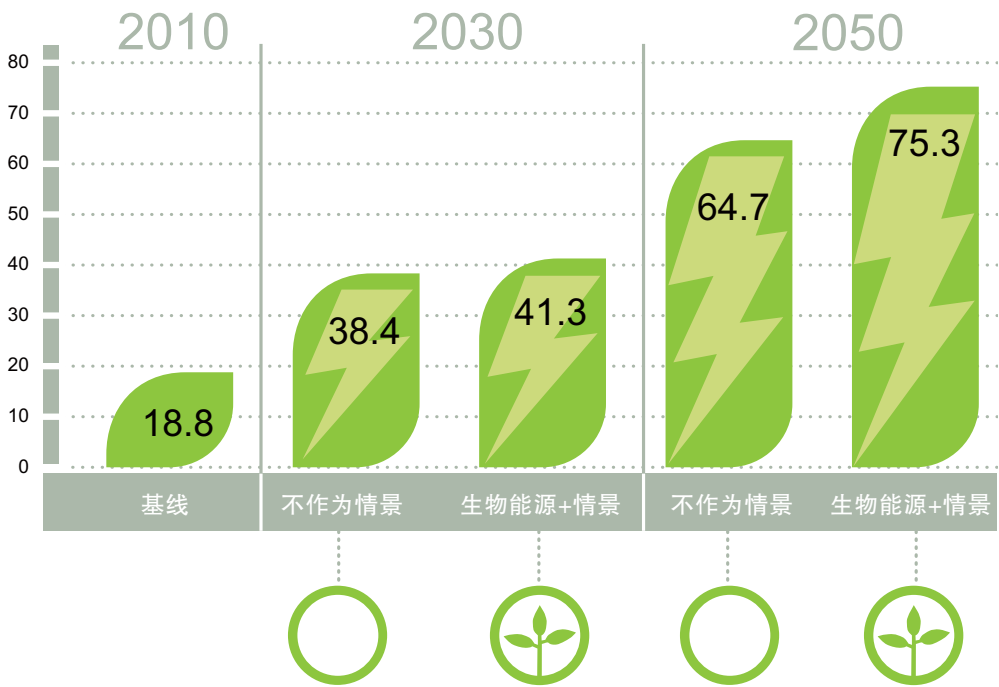
生物能源 +情景

生物能源+情景呈现了森林和生物能源在宏大的减缓温室气体排放和可再生能源政策框架下的关系。

生物能源+情景预测的生物能源需求以“全球升温2摄氏度情景”为基础，该情景源自展望长期能源系统模型（POLES）³⁵。该情景预测，到2050年，基于土地生产原料（不包括无土地竞争需求的原料，如城市固体垃圾、工业废料和藻类）的生物能源需求为75.3艾焦耳，其中16.9艾焦耳为液体燃料。

这与可持续能源与服务再生公司（Ecofys）开发的生物能源需求情景预测的数据相符，该情景是为评估WWF2050年实现100%可再生能源的愿景而开发³⁶。

更高的碳价格、更高的温室气体减排目标和更加高效的能源转化，是生物能源+情景与不作为情景最大的区别。



在不作为情景和生物能源+情景下，2010年、2030年和2050年以土地为基础生产原料的生物能源最终供给量（单位：艾焦耳）

生物能源 +情景

生物能源+情景有助于研究全球可用土地量和生产足够的生物能源原料的能力对满足未来需求的潜在影响。

生物能源+情景作了如下重要的假设：

- 与不作为情景相比，碳价更高（如高于当前每吨二氧化碳40美元）和温室气体减排目标更加严格。这使生物能源较化石能源更具竞争力，如果它在整个生命周期能切实减少碳排放。但是，随着生物能源使用量的增加，这种竞争力将被更高的生物能源原料价格而影响。
- 基于土地的生物能源原料产自以采集生物质和木材生产为综合目的的天然林、人工木材林和农业用地。天然林采伐模式以可持续的产量为基础开发。
- 树冠、枝叶和树桩（等剩余物）不从森林中移除，以便保持土壤及其长期的肥力。
- 将传统薪柴的采伐量保持在可持续水平，同时取消当前造成森林流失或退化的利用方式。尽管人口继续增长，这种转变可通过增加人工林薪柴采集量、利用更加节能的炉灶和供热系统减少人均薪柴需求来实现，同时减少对人类健康的损害。



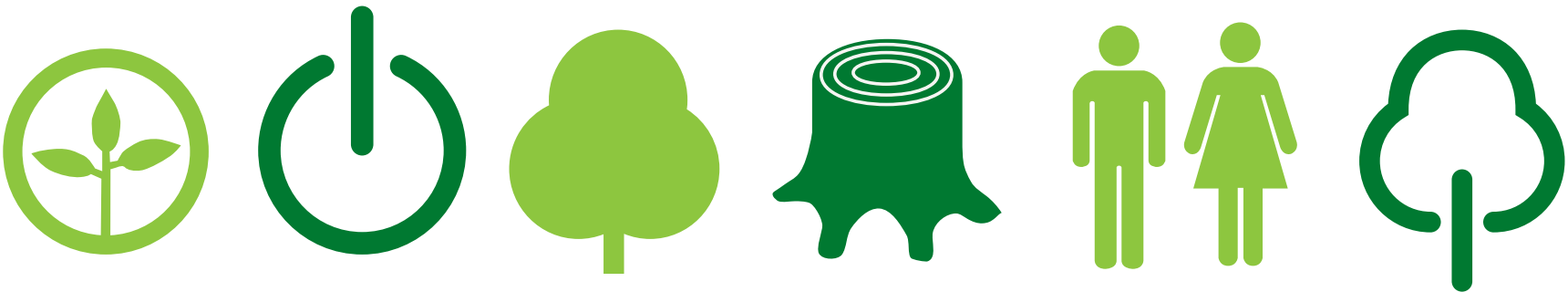
不作为情景和生物能源+情景假设了四种主要的能源转换过程：

传统利用方式

- 木材供热：将木材等一次能源转化为家庭烧饭和供暖所需的热能。
- 其他生物质供热：将粪肥和作物残余等一次能源转化为家庭烧饭和供暖所需的热能。

新技术利用方式

- 第一代生物燃料：主要是以淀粉类和油类作物为原料生产的生物乙醇和脂肪酸甲酯(FAME)。这些作物包括甘蔗、玉米、油菜籽、大豆和棕榈树。
- 多联产：将源自木质生物质的一次能源转化为电和热（如热电联产）或第二代生物燃料，将木材转化为交通燃料、气体、电和热。





在社区管理的森林和草原上发展生物能源，可成为农村家庭重要的收入来源。可持续生物燃油圆桌议程（RSB）强调，事先知情同意原则应成为与社区协商的基础。（Simon de TREY-WHITE/WWF英国分会）

模型告诉我们什么？

如果更多的天然林被可持续地经营以生产木材和生物质，生物能源的利用将不会成为导致森林减少的主导因素。但是，如果没有采取合适的保障措施，生物能源的利用将导致其他自然生态系统的转化。

部分生物能源生产量的增加是由公共激励政策驱动, 如能源安全目标, 与气候变化并无关联。

森林砍伐

如果缺乏阻止森林砍伐和退化的其它政策，不作为情景和生物能源+情景下预测的生物能源生产都将增加森林砍伐面积。但是，生物能源本身不是导致森林流失的主要动因（详见下页图表）。

理论而言，在生物能源+情景下，应限制生物能源原料生产扩张导致的森林砍伐，因为这个情景假设能源和气候政策框架要求减少温室气体排放。这推动了第一代基于作物的生物燃料向第二代生物燃料发展，第二代生物燃料的原料主要来自人工经营的天然林或在非林业用地上营造的人工林。但是，该模型预测这些框架不足以全部遏止森林砍伐。因为生物燃料的部分扩张由与气候变化并无关联的公共奖励政策驱动，如能源安全目标，，或者市场并不要求遵守环境保障措施。



不作为情景和生物能源+情景预测，生物能源可能在一定程度上增加森林砍伐面积。



天然生态系统

2040–2050年，土地竞争将最为激烈。

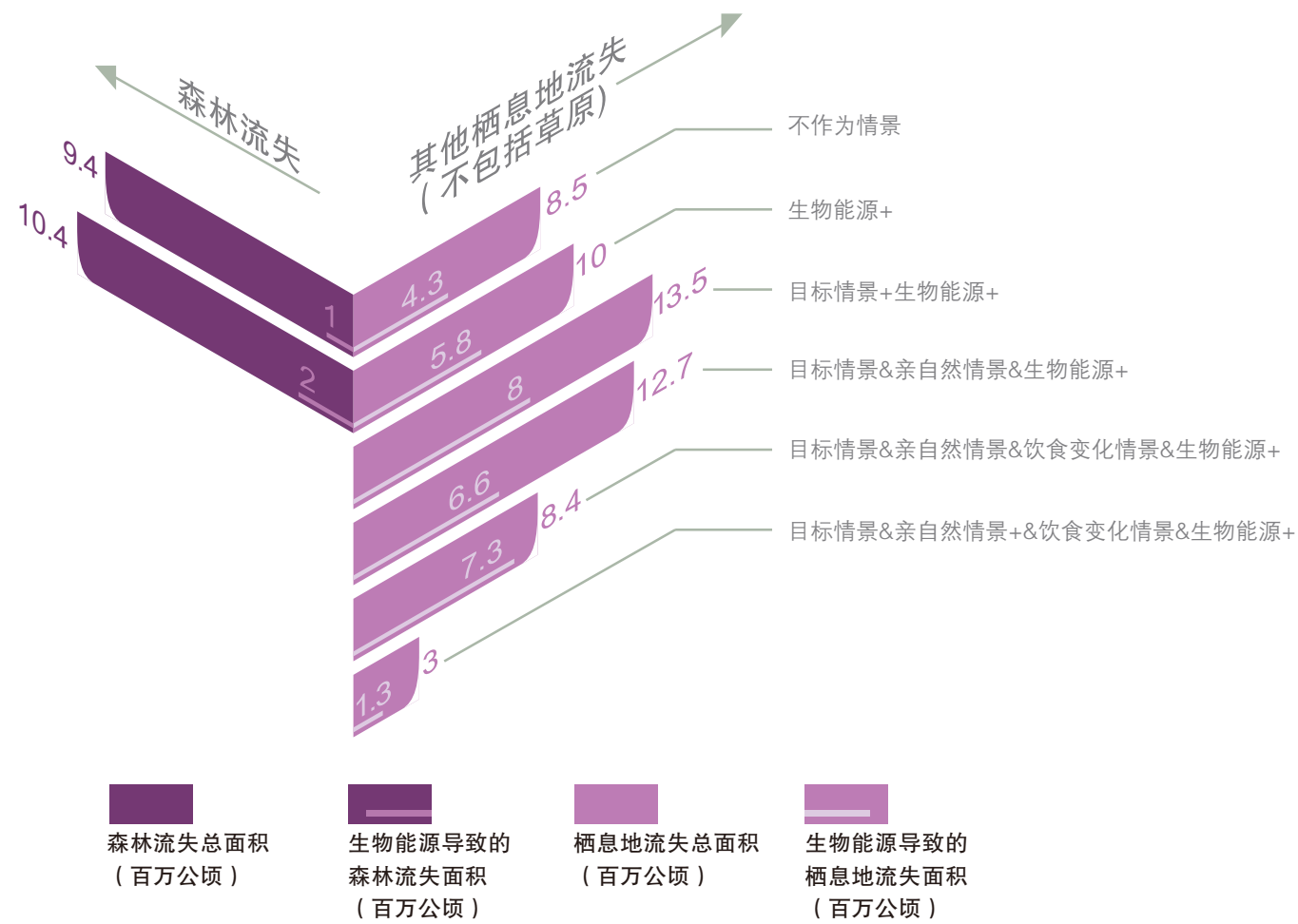
我们重点关注2040年至2050年，因为根据森林生命力愿景预测，这个阶段由于全球人口增长导致的食物和能源需求将使土地竞争变得最为激烈。不作为情景的预测结果显示，届时每年灌木林等非森林生态系统的流失面积将达到850万公顷，其中430万公顷由生物能源造成。在生物能源+情景下，预计每年非森林生态系统的流失面积将达到1000万公顷，其中580万公顷由生物能源造成。若更加严格地保护森林，将对其他生态系统造成更大的影响。因此，如果结合目标情景和生物能源+情景，预计每年的非森林天然栖息地损失将达到1350万公顷，其中800万公顷（约60%）由生物能源造成。

这些土地利用方式的变化可能产生重大的社会、文化和经济影响，也将影响生物多样性和生态系统服务。叠加亲自然情景将限制生物能源生产扩张至具有重要生物多样性保护价值的非森林生态系统。但根据预测，这对其他自然生态系统流失构成的影响非常有限。每年其他自然生态系统的流失量为1270万公顷，其中660万公顷由生物能源原料生产导致。亲自然+情景不涉及减少任何预测的商品需求（未在图表中反映），该情景下非森林生态系统的流失将进一步减少。但是，如《森林生命力报告》第1章所述，这将导致物价大幅度上涨。叠加饮食变化情景能将亲自然情景下其他生态系统的流失量减至840万公顷/年，将亲自然+情景下的流失量减至300万公顷/年，同时不会大幅度提高食品价格。

模型告诉我们什么？

不同情景下对天然林和其他栖息地的影响预测

选定情景下，天然林和其他自然栖息地在2040年至2050年期间的变化量（该阶段每年平均变化量以百万公顷计量），包括生物能源导致的变化量。



模型告诉我们什么？

森林生命力模型预测，将有更多的天然林被经营生产木材和其他生物质，生物能源消耗量的大幅度增加也要求增加速生人工林的营造面积。



预测结果表明，
相对原始的森林
也需要经营。

生物能源扩张对天然林的影响

当前，12亿公顷森林以生产作为其主要功能，约占森林总面积的30%³⁹。森林生命力模型（见图表）预测的森林经营面积主要受对生物能源的需求驱动。在生物能源+情景下，2040年至2050年期间，预计被经营的森林面积将达到1450万公顷/年。2010年至2050年以生产木材和生物质为主经营的森林总面积将增加至3.04亿公顷⁴⁰。

叠加保持森林零净损失目标（如目标情景所述）仅具有边际影响，即每年森林经营面积增加1570万公顷。这是因为生物能源+情景假定，通过森林可持续经营将不导致森林流失或退化。类似地，通过叠加亲自然情景向预测情景引入更加广泛的自然保护要素具有增量影响，模型预测将有1710万公顷额外的森林以生产为经营目标。饮食习惯变化情景下假设饮食习惯的变化能将这一面积减至1420万公顷/年。但是，由于将其他自然栖息地的大面积转化排除在外，叠加亲自然+情景将“引爆”生物能源燃料生产转向天然林，使每年需要用于生产的森林面积加倍至2790万公顷。

该模型允许更多的森林以生产木材和生物质为经营目标，使其优先于将森林或其他具有高保护价值的自然生态系统转化为能源原料林。这个模型的基础是假设经营的森林仍然支持原始生物多样性和生态系统服务，部分被经

营的森林可能已经退化或受到非法利用的影响。在这种情况下，森林经营能够带来积极的环境和社会效益。但是，预测结果显示相对原始的森林也将需要经营，并更加关注维持或加强其社会和环境价值。

从更多的森林采集更多的生物质对生物多样性和碳的潜在影响，取决于多种因素，如经营强度、环境措施的质量以及与保护区的连接程度。从社会角度看，若森林不是由土著居民或当地社区直接管理，必须确保森林的传统用途。生物能源能为森林社区提供额外的收入流，促使他们经营而非清除森林。

生物能源需求对人工林的影响

尽管面积仅占全球森林面积6.6%，人工林已经具备供给世界2/3工业原木的能力⁴¹。生物能源+情景尤其表明，新型速生人工林可以成为生物能源原料和纤维的重要来源。下页的图表中显示，2040年至2050年期间，不同情景下预测的新增人工林面积介于每年370万公顷至1300万公顷之间。最低的数字主要是在亲自然+情景下，很少的土地能用于人工林扩张，从而生物能源原料生产将转向更大面积的天然林。

在适宜地区经营良好的人工林将在未来的可持续能源战略中发挥积极作用。若不替代自然或高保护价值的半自然栖息地，人工林将产生积极的环境和社会影响。他们有助于恢复退化的或过度放牧的土地，或成为单作物种植、社区农用林业和自然生态系统更新的一部分。但在部分地区，如果不对政策和作业模式进行重大挑战，集约经营的人工林扩张将继续产生负面影响，如威胁林区居民的权利或生计，或破坏高保护价值的生态系统和生物多样性。

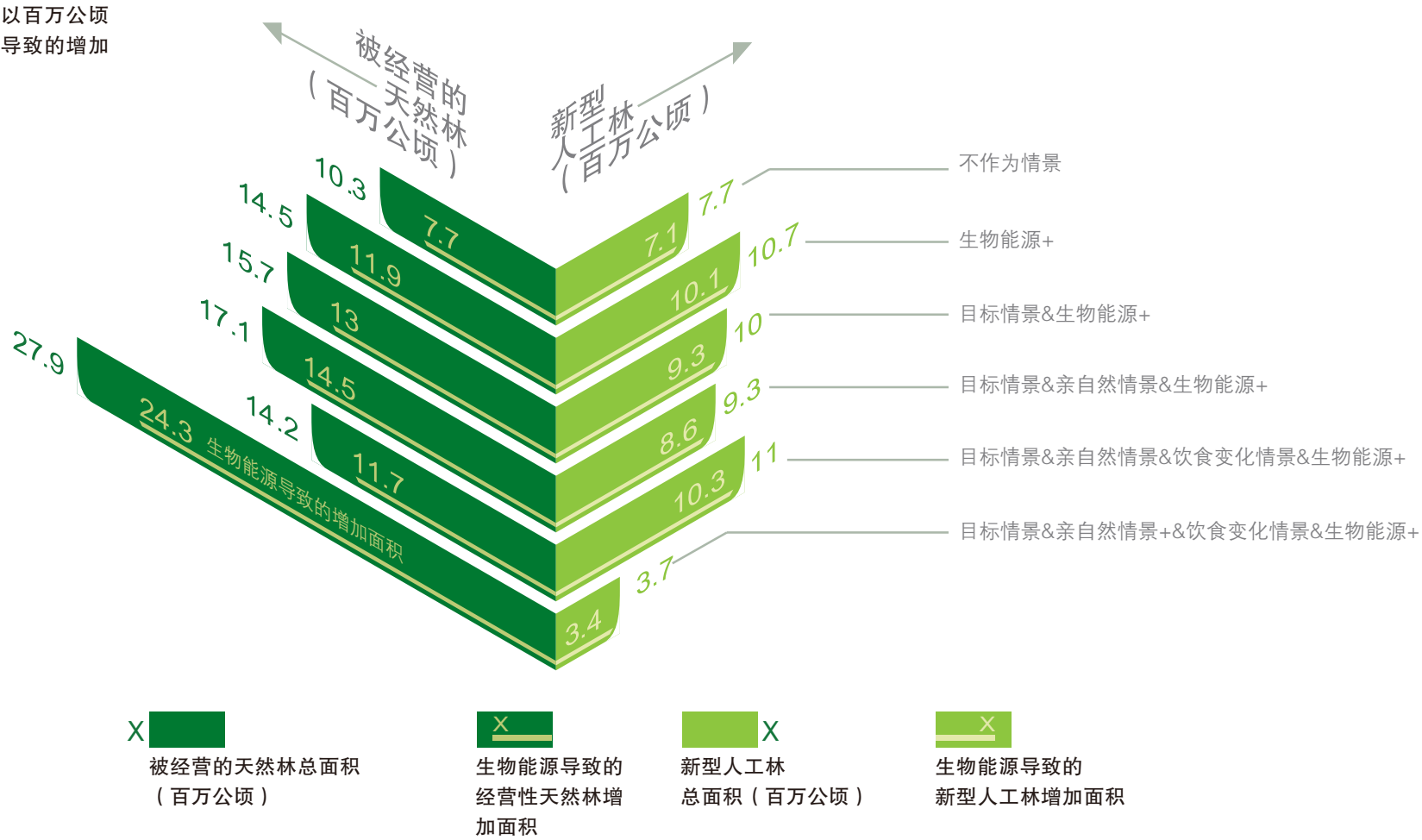


在适宜地区经营
良好的人工林将
在未来可持续能
源战略中发挥积
极作用。

模型告诉我们什么？

不同情景下预测生产性森林和人工林的影响

2040年至2050年期间，人工林和被经营的天然林面积增加量（这个阶段每年平均变化面积以百万公顷计量），包括生物能源导致的增加量。





对森林的严格保护可能加大生物能源向草原和其他具有高保护价值的自然生态系统的扩张。减少能源总消耗量并提高农业生产效率对生物多样性保护至关重要。图片版权：Martin Harvey/WWF–佳能

模型告诉我们 什么：粮食消费 与粮食安全

实现“森林零净砍伐和零净退化”且增加生物燃料的利用量可能会影响粮食安全，这要求提高农业生产效率和转变粮食消费模式。

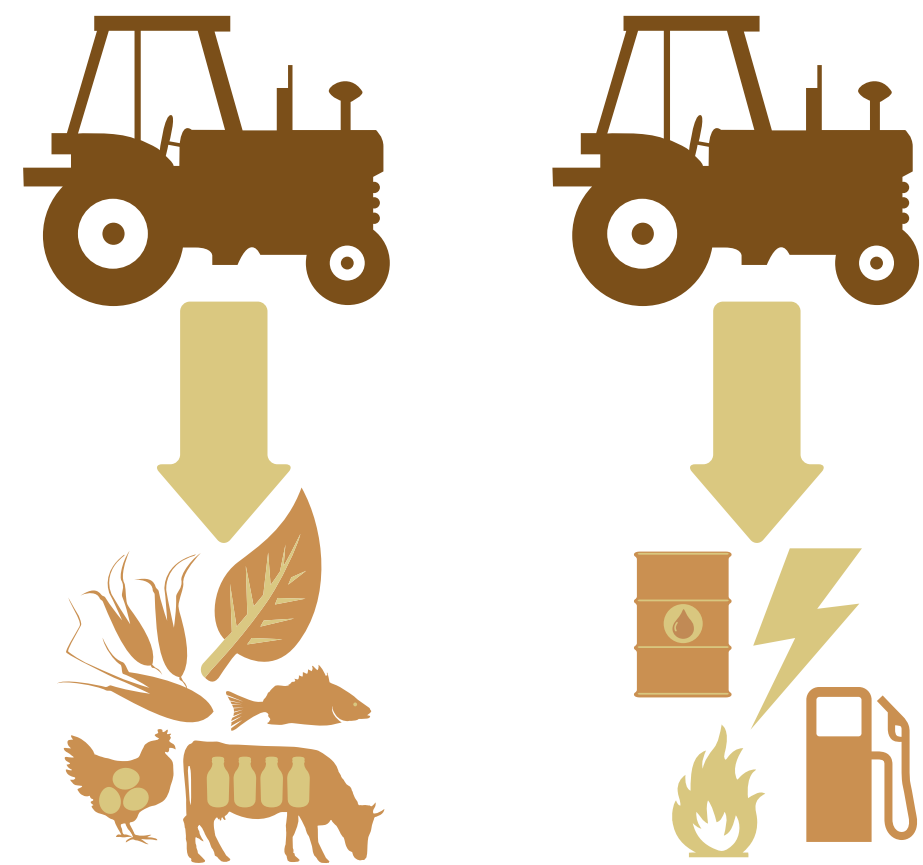


生物能源
需求的增加
是驱动商品
和粮食价格
上涨的主要
动因之一。

森林生命力模型和WWF的《森林生命力报告》⁴²表明，改变食品消费模式和提高农业生产效率将大大减轻天然林和其他自然生态系统承受的压力。这些改变也是避免生物能源生产对粮食安全产生负面影响所必须的⁴³。

生物能源需求的不断增加，特别是作物生物燃料需求的增加，被认为是导致商品和粮食价格上涨以及占用耕地的主要动因之一。FAO警告说，生物燃料生产将对长期的粮食安全带来巨大的风险⁴⁴。实际上，多种因素导致商品和粮食价格上涨，包括与极端天气有关的不良采伐、粮食库存下降、油价和能源价格高启增加的投入和运输成本、投机交易和出口限制措施导致囤积和抢购⁴⁵。因此，很难判断生物能源对粮食价格和粮食安全的确切影响。

WWF的森林生命力愿景包含更加公平的全球粮食分配，饮食变化情景中对平等问题有所说明（见报告第1章）。森林生命力模型预测，若我们提高农业生产效率，并采用更加公平的全球粮食分配机制，实现并保持“森林零净砍伐和零净退化”，且满足全球的粮食、纤维和能源需求是可能的。如综合粮食能源体系，致力于同时生产粮食和生物能源原料，为部分地区小规模粮食和能源可持续生产体系提供了潜力。这也可以抑制粮食价格的波动，如可以灵活地将能源用地转而用于粮食生产来应对粮食短缺。



作物生物能源 和木质生物能源可 持续性的判定标准

WWF敦促各国政府和各行业将可再生生物能源与可持续性保障措施联系起来。



可持续生物燃料圆桌议程（RSB）是WWF支持的一项多利益方参与机制，旨在制定生物燃料的可持续标准。以下列出的RSB原则，包括所有类型生物能源开发须了解的主要保障机制。这些原则是总体标准，特定商品的标准需酌情增加。并非所有原则适用于所有情况，不是每个具体的商品体系都可以对应所有下述原则，因此，查找相应的差距是当前的重要工作。

原则1：合法性。生物燃料生产应遵守各项适用法律和条例。

原则2：规划、监测和持续改进。应通过公开、透明和协商性的环境社会影响评估及经济可行性分析，规划、开展和持续改进可持续的生物燃料生产。

原则3：温室气体排放。生物燃料应通过较化石燃料更大幅地降低生命周期内温室气体排放量，减缓气候变化的影响。

原则4：人权和劳工权利。生物燃料的生产不得违反人权或劳工权利，而应促进体面的工作和提高工人福利。

原则5：农村和社会发展。在贫困地区，生物燃料的生产应有利于当

地、农村和土著人民及社区的社会经济发展。

原则6：当地粮食安全。生物燃料的生产应尊重当地人民获得足够粮食的权利，提高缺乏粮食保障地区的粮食安全水平。

原则7：保护。生物燃料的生产应避免对生物多样性、生态系统和其他保护价值的负面影响。

原则8：土壤。生物燃料的生产模式应利于逆转土壤退化和/或保持土壤健康。

原则9：水。生物燃料的生产应保持或提高地表和地下水资源的质量和数量，并尊重事先正规的或传统性水权。

原则10：空气。应在供应链各环节最大限度地减少生物燃料生产产生的空气污染。

原则11：技术利用、投入和废物管理。生物燃料生产技术的利用应力求最大限度地提高产能、社会和环境绩效，并最大限度地减少给环境和人民带来的风险。

马达加斯加 多刺森林中的 可持续木炭生产

更加高效、可持续
地利用薪柴对于实
现WWF100%使用

可再生能源愿景和森林生命力愿景至关重要。



WWF
正在与当地居
民合作，减轻
森林的压力并
提高能源可持
续性。

马达加斯加西南部的干旱多刺森林是当地独一无二的生态系统，分布着具有高保护价值的栖息地。森林中生长着众多极具当地特色的特有物种，在半干旱生境中以肉质植物和刺篱植物为主。这些植物是众多野生动物的栖息地，包括狐猴和乌龟。

利用多刺森林中的木材生产薪柴和木炭的方式越来越不可持续。WWF正与当地居民合作，以减轻对森林的压力并提高能源的可持续性。其中包括推动营造木炭原料林，通过为当地社区开展新技术培训来降低同等产量薪柴和木炭所消耗的木材。WWF也支持对产销链实施监管，鼓励可持续经营专属区森林、保持市场透明度、使木炭生产专业化、处罚非法利用木材的行为。同时，也成立了区域能源林委员会，推动节能炉灶使用，加强能源利用执法力度，推动实施木炭产销监管链。



马达加斯加的森林是众多当地特有物种的家园，包括响尾狐猴。
Martin Harvey/WWF-佳能

生物能源 与温室气体

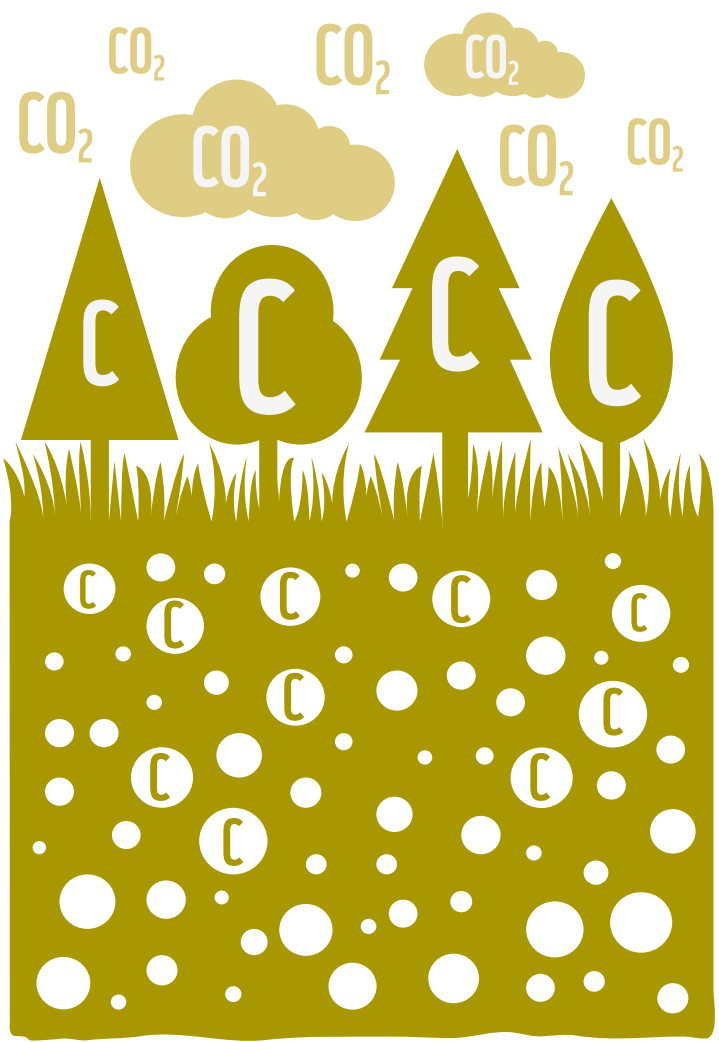
森林生物能源所具有的减少温室气体排放的潜力，在很大程度上取决于生物能源原料的生产方法和地点。

由于原料林生产过程中能重新捕获释放的碳，生物能源理论上能减少温室气体排放。但是，碳净差额取决于以下因素：

- 与生物能源生产相关的温室气体排放（如：培育或采伐生物能源原料所需的直接或间接的土地利用变化、肥料生产、能源生产过程所需转化的原料）。
- 核算的时间框架（从原始天然林采集生物质可能导致碳债务，这种碳债务将随着时间推移缓慢减少⁴⁶，初期温室气体排放超过了化石能源的排放量）。
- 何种燃料类型被取代⁴⁷。

森林碳循环远比农业碳循环复杂，这增加了了解森林生物能源潜在碳效益的难度。例如，加拿大安大略省的一份研究报告称，生物能源生产导致森林碳的大量流失。初期的温室气体排放超过化石燃料排放量，长期余额取决于生物质的来源和取代何种燃料。利用原木产生的碳排放大于利用剩余物。例如，在一个世纪内连续利用原木生产乙醇可能增加温室气体排放，而利用剩余物生产乙醇将在延迟70年后排放且排放量更低⁴⁸。

土地利用转化可产生巨大的影响，特别是当碳含量丰富的栖息地被转化成农业用地。另一项研究的计算结果显示，东南亚、巴西和美国森林转化产生的碳排放量，相当于生物燃料生产17年至420年的排放量⁴⁹。相反地，在原本退化土地上新营造的用材林能通过树木生长固碳并稳定土壤，从而在反复的生物质采集周期中保持正的平均碳余额⁵⁰。



根据WWF掌握的模拟和研究数据，森林也能在全球能源供给中发挥更加重要的作用。但是，了解森林潜在的气候效益需更多的研究和更大的透明度。

此外，大多数国家的能源消耗量仍在增加，导致生物能源只能替代相对较小比例的化石燃料，从而减少了其气候效益。简单将生物能源纳入不断增长的能源组合，将无法实现必要的气候目标。



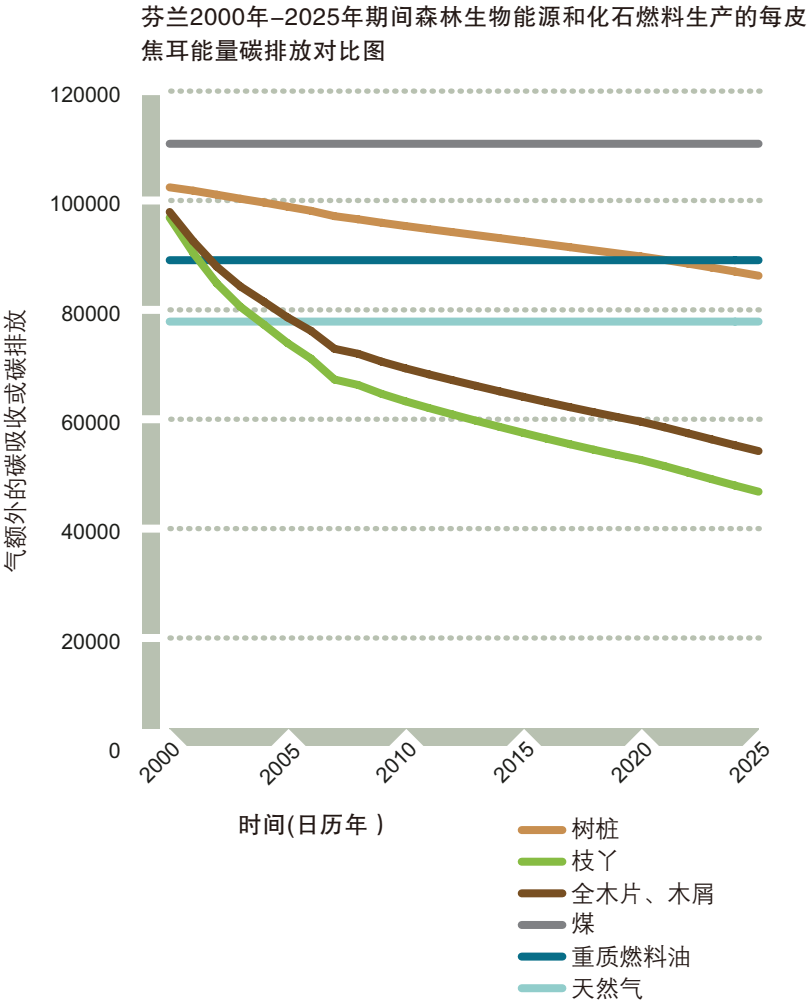
东南亚、巴西
和美国森林转
化产生的碳排
放量，相当于
生物燃料生产
17年至420年
的排放量

芬兰的森林与碳

芬兰的研究强调了估算生物能源气候影响的复杂性。

芬兰环境署模拟了增加生物质利用产生的碳影响。结果发现，利用更多木材生产生物能源减少了芬兰森林的碳储量，因为土壤有机碳水平更低，燃烧木材导致的碳排放大于将枯木留在森林中慢慢腐烂的排放量。另外，木材运输和切片也会导致碳排放。研究结果还表明，树木不同的部分具有不同的温室气体效益⁵¹。

利用更多的木材生产生物能源正在减少芬兰森林的碳储量。



该图表对不同形式森林生物质和化石燃料生产每皮焦耳能量产生的碳排放（单位：二氧化碳当量）进行了比较。森林剩余物的相关数据以2000年至2008年的实际数据和2009年至2025年的预测数据为基础。在此期间，生物质采集量预计将从2009年的500万立方米增加至2025年的1350万立方米。由于森林中废弃剩余物开始腐烂需要延迟一段时间，利用森林剩余物进行能源生产的净碳影响在长期内将下降，树桩的腐烂速度比枝丫更慢。利用枝丫可快速减少排放，而其他剩余物需要更长时间平衡二氧化碳排放。全木片(树桩和枝丫)产生的碳排放也更低，因为生产木片用到的枝丫较树桩多⁵²。

生物能源 对水的影响

生物能源的扩张对水资源具有重大的潜在影响，因此必须对流域和集水区进行强有力的治理，特别是缺水地区。



生产
1升液体燃料要消耗
2500升水。

在全球，预计用于生物燃料生产的灌溉用水达44立方千米，占灌溉用水总量2%。部分生物燃料原料为高耗水作物，包括甘蔗、棕榈树和玉米⁵³。在当前生产条件下，生产1升液体生物燃料需耗水2500升（820升为灌溉用水），该耗水量相当于生产一个人一天平均所需粮食的耗水量⁵⁴。

当前的水足迹和生命周期评估技术不足以量化所有类型生物能源生产用水的影响。水资源消耗的潜在影响不尽相同，取决于受影响资源的基础类型、前期状态、利用的地点和时间、同一集水区其他所有使用者的总体影响等因素。水足迹网络正在开发有关方法，计算维持一个稳定的生态系统所需的消耗性用水（蒸发）和环境流量产生的局部水影响。



生物能源的扩张对水资源具有重大的潜在影响，因此必须对流域和集水区进行强有力的治理，特别是缺水地区。



对森林的严格保护可能加大生物能源向草原和其他具有高保护价值的自然生态系统的扩张。减少能源总消耗量并提高农业生产效率对生物多样性保护至关重要。图片版权：Martin Harvey/WWF–佳能

负责任作物生物能源 和人工林生物能源 指南

实现森林生命力愿景需要良好的治理和所有相关利益方的参与

现行标准和工具为生物能源的可持续生产提供了有用的指导。

用于粮食、生物能源、生物材料和纤维、碳储存、生物多样性保护，及文化、精神和休闲用途的土地和水资源的分配比例如何确定是社会面临的最大挑战之一。一系列标准和工具为愿意负责任地应对挑战的人们提供了有用的指导。但是，实现森林生命力愿景所需的全面土地利用决策应包含良好的治理和所有利益相关方参与等内容。

- 这些指导的来源主要如下：
- 负责任种植区倡议（RCA）的方法学，它汲取了众多现有方法的经验（如《欧盟可再生能源原料指南》、《欧盟可再生交通燃料义务法》、可持续生物燃料圆桌议程（见#页）、Bonsucro认证机制、负责任大豆圆桌议程、可持续棕榈油圆桌议程等）；
 - 森林管理委员会（FSC）和相关的森林可持续经营措施；
 - 通过新一代人工林框架制定的指南；
 - 负责任林产品采购程序，如WWF的全球森林贸易网络；
 - 自由事先知情同意原则等。

《森林生命力报告》得出的新结论是，有必要结合上述和其他补充性方法，以形成一个统一连贯的框架。



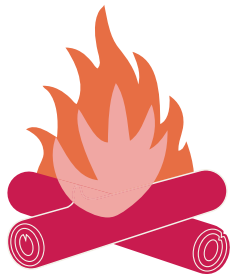
经营管理：经营实践应以可持续生物燃料圆桌议程的原则为基础（见#页）或相关标准。开发新一代人工林理念主要是针对纤维和木材行业，但也可以为生物能源原料人工林提供最佳做法。该理念积极推动人工林保持生态系统完整性（如水、碳、营养物和生物多样性的循环）、保护和强化高保护价值、制定过程中采用了有效的利益相关方参与程序，能为经济增长和就业做贡献。

规划：负责任种植区倡议（RCA）的方法学指导能源作物原料林营造，主要如下：

- 保持或增加高保护价值；
- 不造成碳储量的大幅度减少；
- 尊重正式和传统的土地权利；
- 避免不必要的人口迁移（如对粮食生产）；
- 所选地块适合目标作物生长。

这些原则针对优化地块选择，不是针对经营活动的。

结论：生物能源 是威胁还是解决方案？



能源生产
越发依赖
薪柴利用

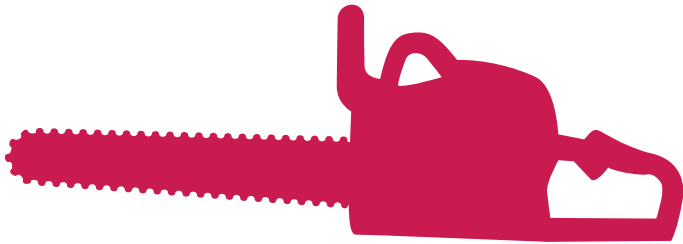
经营管理不善的生物能源生产将破坏高保护价值生态系统，损害粮食安全和水安全，危害农村社区并延长浪费性能源消耗的时间。

木材是最古老的燃料形式。新技术使这种传统能源得以复兴，并使它与作物生物能源一起，成为公平的可再生能源战略的重要组成部分。但是，怎样和在哪里发展更多的生物能源，同时又不会对生物多样性、粮食安全、水资源和人权与生计产生负面影响？这是人类面临的一个棘手的大问题。在许多低收入地区，由于治理不善和人口增长等因素，薪柴采集已经成为森林退化的主要因素。此外，有些液体生物燃料的原料生产导致高保护价值栖息地的转化，也引起了人们对粮食安全的关切。

本章中我们利用WWF的森林生命力模型，预测能源生产对薪柴采集依赖程度增加产生的潜在影响，特别是与WWF关于2050年100%实现可再生能源目标的关系。



生物能源消耗量的增长可能对地球上的
土地和水资源产生进一步的压力。



根据该项研究我们可得出如下结论：

若缺乏合适的行动、政策和目标，对生物能源依赖程度增加将产生很多负面影响：

- 生物能源消耗量的增加可能对地球上的土地和水资源产生进一步的压力；
- 大多数生物能源来自森林生物质和人工林用材。第二代生物能源技术将增加人们对这些资源的依赖，导致不可持续性地扩大种植速生树种，扩张人工林面积，并增加从天然林采集原料。
- 作物生物能源会与不断紧张的农业生产用地产生竞争，并可能导致森林和其他天然生态系统转变为农业用地（用于生物能源生产，或其他地区粮食生产用地转用于生物能源的生产）。
- 生物能源并非一定是碳中性能源。原料栽培、产品提炼和运输需要能源，原料扩大栽培和生物质采集将导致直接和间接的土地利用变化，最终对碳平衡产生负面影响，特别是在原始天然林受到影响的情况下。

结论： 生物能源是 威胁还是 解决方案？

良好经营的生物能源生产能加强能源安全，促进农村发展，减少温室气体排放，并激励良好的森林管理。

为使生物能源产生社会和环境效益，森林生命力模型提供了一系列土地利用和消费措施选项。由此，我们能够绘制一幅行动、政策和目标蓝图，以便开发高效、公平和可持续的生

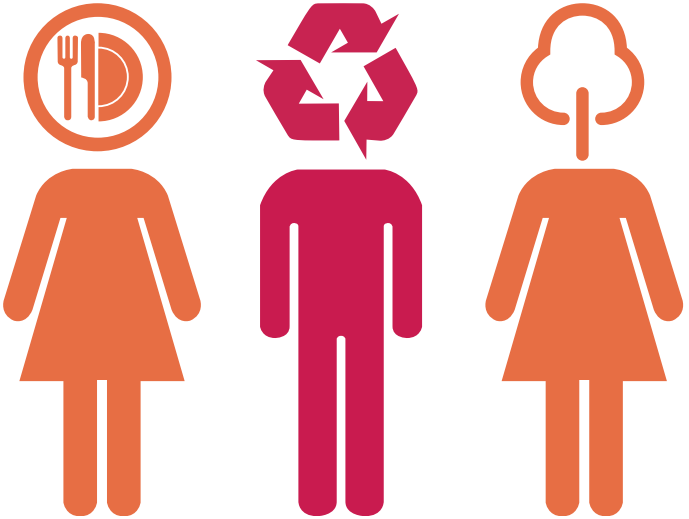
物能源，主要包括：

- 更加公平分配的和更加高效生产的能源；
- 减少能源总需求量；
- 改变消费模式，特别是减少粮食的过度消费和浪费，以便在全球范围减少农业生态足迹；
- 进一步制定和推动自愿框架和监管框架，确保生物能源有利于温室气体减排，同时不对生物多样性、粮食安全、水资源或人权和生计产生负面影响；
- 将生物能源发展纳入实现“森林零净砍伐和零净退化”和保护生物多样性的相关战略。

允许经营更多的森林以满足生物能源对木材的需求，能够减少森林和其他自然生态系统转化为农场和人工林的压力。但是，这些经营管理必须符合可持续管理的标准。

随着人口增长和消费水平的提高，我们的地球很难有足够的土地同时满足自然生态保护、养活世界人口和实现100%可再生能源等诸多目标。但是，如果那些最富有的人群能够减少消费总量，例如第1章饮食变化情景⁵⁶所述的减少每日饮食中动物卡路里消耗量，这些目标是可能实现的。

森林生命力模型的预测是以我们今天已知的技术为基础。另一种减少



随着人口增长和消费水平的提高，我们的地球很难有足够的土地同时满足自然生态保护、养活世界人口和实现100%可再生能源等诸多目标。

地球生态系统压力的途径是，加快研发对土地和水资源要求较少的可再生能源解决方案。但我们不能仅仅依赖技术。在下一章，我们将进一步研究森林及其经营在木材和造纸业中作用，后续的章节将深入探讨气候变化和生物多样性保护领域的相关问题。在这次持续的对话中，我们将继续探讨21世纪与森林未来相关的重要问题。

词汇与缩写



生物能源原料



第一代生物燃料

生物柴油：通过混合酒精和植物油（如：棕榈油、玉米、大豆、油菜籽和向日葵等植物提取物）、动物油/脂肪或循环餐饮油制成的燃料。该种燃料可以单独使用或添加至传统柴油后使用⁵⁷。

生物能源：用生物质作能源，可用于发电、供热和生产液体生物燃料⁵⁸。

生物乙醇：是最常见的生物燃料，与啤酒酿造方法类似，即通过发酵含有碳水化合物(如淀粉和糖)的生物质生产，如甘蔗、小麦和玉米⁵⁹。

生物燃料：指通过转化技术从木材、作物和废弃材料萃取的燃料（如：薪柴、木炭、生物乙醇、生物柴油、沼气/甲烷或生物氢）。生物燃料种类繁多，其使用和其在经济、环境和社会方面绩效因技术、区位和种植方式的不同而千差万别⁶⁰。

生物质：指源于有机活体或者有机活体新陈代谢产物的生物材料，如木材和其他作物。生物质也可包括能够作为燃料燃烧的可以生物降解的废弃物。生物质不包括地质进程中转化形成的化石燃料等有机材料，如煤或石油。

纤维素：是植物细胞壁的主要成分。纤维素包括33%的植物质，是储量最丰富的天然有机物。纤维素无法被人类消化，是食草动物的食物（如奶牛、马）。纤维素可用于造纸和生产纤维，或经过化学改良用作制造业原料，如塑料和感光胶片等⁶¹。

转换方法：指将生物质转化为能源的技术。这些技术的采用取决于原料特性，包括形状、能源强度、规格、含水量和对供给的依赖程度等。

生态区：反映特定地理特征的自然群落所分布的大片地域或水域，这些自然群落：(a) 具有大部分相同的物种和生态特征；(b) 具有相似的环境条件；(c) 以对其长期存在至关重要的方式相互影响⁶²。

EJ：艾焦耳。1艾焦耳=10¹⁸ 焦耳

脂肪酸甲酯（FAME）：是第二类最常见的生物燃料，通常由油菜籽、棕榈油或大豆制成。这些植物的油脂通过转脂这一基本程序被转化为柴油型燃料。

原料：指可用作或转化为生物燃料和生物能源的木材、作物或废品等。

第一代生物燃料：指利用糖、淀粉油脂等原料生产的燃料⁶⁴。

温室气体（GHG）：大气中吸收和重新放出红外辐射、造成温室效应的自然和人为的气态成分。由于人类活动，二氧化碳这种最主要的温室气体在大气中的浓度在迅速增加⁶⁵。

GWh：十亿瓦特小时，是电力计量单位，相当于1000兆瓦小时。

综合粮食能源体系(IFES)：指一种通过可持续利用生物质而达到同时提高粮食和能源产量的农耕制度。在这种体系下，或者在同一地块进行粮食和原料生产（类型1：间作、农用作林或农牧林体系），或利用一种生产体系的副产品/剩余物作为另一种体系的生产基础（类型2：“闭循环”或“零浪费”体系）。

基于土地的原料：在农地、人工林或天然林上种植的生物能源原料（即不包括不需要利用土地生产的生物能源原料，如城市固体废物、工业废料和藻类）。

向其他生态系统泄漏：在这种情况下，由于森林保护，原本会对森林产生的影响转移到其他生态系统。

木质素：使细胞、纤维和导管相连的有机物质，是木材和植物木质化元素的组成部分，如稻草。木质素是地球上仅次于纤维素的储量最丰富的可持续碳源⁶⁶。



森林零净砍伐
和零净退化

森林生命力模型：森林生命力模型利用国际应用系统分析研究所(IIASA)现有的G4M和GLOBIOM模型，从地理角度清晰地展示不同情景下的土地利用变化情况。G4M模型通过推断历史趋势并考虑未来人口、国民生产总值和基础设施变化情况，预测未来森林砍伐和土地利用变化情况。GLOBIOM⁶⁷是一个经济模型，它基于未来的国民生产总值、人口和政策来预测商品和生态系统服务的需求，在此基础上优化土地和资源分配。

生命周期评估：是一项评估与产品、过程或服务相关的环境问题和潜在影响的技术，要素包括：1）进行相关能源和材料投入及环境释放调查；2）评估与指定投入和释放相关的潜在环境影响；3）分析有关结果，为决策提供更多信息⁶⁸。

天然林：由具有自然生态系统功能的、由本地物种（非人类种植的，天然分布于特定地区或特定生态系统的物种⁶⁹组成的森林。

PJ：皮焦耳，1皮焦耳=1千万亿焦耳。

不良奖励措施：指产生了不希望有的负面结果的激励措施（通常是财政奖励措施，如拨款、减税等），如应对气候变化支持生物能源的措施，实际导致碳净排放。

可再生能源：利用水、风、太阳能、生物质或地热等自然资源生产的能源⁷⁰。

第二代生物燃料：利用农业残余⁷¹、专用能源作物和木材剩余物等纤维性生物质生产的液体燃料。

可持续采伐量基础：采伐量不超过年生产量，将树桩、枝丫和其他有机剩余物留在森林中，以保持健康的土壤机构和保持土壤营养水平。

TWh：亿千瓦时，电力度量单位，相当于1万亿瓦特时。

森林零净砍伐和零净退化(ZNDD)：森林砍伐不导致森林净损失，森林退化不导致森林质量净下降。它承认部分森林损失可由森林恢复抵消。森林零净砍伐不同于完全禁止森林清除，相反，它为形成土地利用镶嵌体的布局留有余地，前提是维持净数量、质量和森林的碳密度。该目标认可在一些情况下转化森林可能有利于更大景观的可持续发展和保护（如：为减少保护地的放牧，可能需要转化部分森林用作缓冲区，为社区提供耕地）。为避免森林退化而进行森林管理经常是防止毁林的关键战略⁷²。

附录：调整战略，推动增长

生物能源政策在世界很多地区促进了当地的迅速发展。以下是部分实例。

政策框架	主要目标	生物能源目标	生物能源奖励措施	保障措施
欧盟 《可再生能源指南2009/28/EC》 ⁷³	气候；能源安全； 农村收入	到2020年实现20%可再生能源，生物能源预期占欧盟所有可再生能源产量50%；交通部门实现10%可再生能源（90%以上可能是生物燃料）的强制性目标	为保护欧盟生物燃料生产，对生物燃料进口征收关税。对欧盟成员实施税收奖励政策。部分欧盟成员国在电力和热电联供行业实施了木材利用的“回购电价”政策。	仅与生物燃料相关的保障措施： 温室气体减排：设定生物燃料生命周期内温室气体减排最低阈值（与替代化石燃料相关）：2013年减排35%，2017年减排50%，2017年后新设备减排60%。 原料保障措施：仅对不来自含碳和生命多样性丰富地区的原料提供奖励措施 ⁷⁴ 。
印度 《2009年国家生物燃料政策》 ⁷⁵	气候；能源安全； 农村发展	到2012年，生物燃料占交通燃料产量10%，2017年达到20%	规定油料作物的最低价格。向从事原料种植的农民提供贷款。生物燃料免税。向生物燃料炼油设备实施税收优惠。	温室气体减排：无 原料保障机制：无
美国 2007年能源独立和安全法案 ⁷⁶	能源安全； 农村收入	2020年产量达到300亿加仑（传统可再生燃料和先进生物燃料各占50%），2022年达到360亿加仑。	对生物乙醇、混合汽油和柴油实施免税。对生物乙醇、油料混合、工厂建造、新原料和科研提供补贴。24个州制订了可再生能源一揽子标准 ⁷⁷	温室气体减排：设定生命周期内温室气体减排最低阈值（与替代化石燃料相关）：可再生燃料减少20%；先进生物燃料减少50%；生物质柴油减少50%、纤维素生物燃料减少60%。
美国加利福尼亚 《2006年生物能源行动计划》（行政令S-06-06),2011年更新 ⁷⁸	气候；能源安全； 农村收入	到2020年，生物电源(从生物质到电)达到1700万–2000万兆瓦小时。到2020年，生物燃料产量至少占全州能源产量40%，2050年达到50%。	生物能源生产和使用奖励措施 ⁷⁹ ，如2000万美元用于生物燃料生产，1350万美元用于支持性基础设施建设。	温室气体减排：与美国联邦温室气体最低减排标准相同。 原料保障措施：建立跨部门林业工作组，评估和制定生物质原料来源可持续性标准。

待续……

附录： 调整战略， 推动增长

政策框架	主要目标	生物能源目标	生物能源奖励措施	保障措施
中国 《可再生能 源 中 长 期 发 展 规 划 》 和 《 可 再 生 能 源 法 （ 2006 年 ） 》 ⁸⁰ 。	气候； 能 源 安 全 ； 农村发展	到2020年， 生物 质 发 电 年 度 装 机 总 容 量 达 到 3000 万 兆 瓦 ， 生 物 质 固 体 燃 料 年 产 量 达 到 5000 万 吨 ， 天 然 气 年 产 量 达 到 4400 亿 立 方 米 ， 生 物 乙 醇 年 产 量 达 到 1000 万 吨 ， 生 物 柴 油 达 到 200 万 吨 。	为生物能源公司 提 供 税 收 激 励 措 施 和 补 贴 ， 包 括 科 研 资 金 、 标 准 设 定 和 实 施 示 范 项 目 。 提 供 技 术 支 持 ， 鼓 励 农 村 居 民 更 多 地 利 用 生 物 能 源 。	温 室 气 体 减 排 ： 到 2015 年 ， 在 2010 年 基 础 上 减 少 二 氧 化 碳 排 放 强 度 17%。 原 料 保 障 措 施 ： 利 用 盐 碱 地 、 沙 地 、 荒 地 和 荒 山 种 植 生 物 能 源 原 料 。 选 择 合 适 的 物 种 作 为 能 源 作 物 并 利 用 科 学 方 法 培 育 。 开 发 原 料 新 品 种 。 限 制 占 用 农 地 生 产 生 物 燃 料 （ 限 额 待 定 ） ， 开 发 非 粮 食 作 物 生 产 生 物 燃 料 。
巴 西 《 国 家 气 候 变 化 计 划 （ 2008 ） 》 ⁸¹ 和 《 能 源 扩 张 计 划 （ 2010 – 2019 ） 》 ⁸²	气候； 能 源 安 全 ； 农村发展	到 2018 年 ， 生 物 乙 醇 年 度 消 耗 量 比 2008 年 增 加 11%。 到 2030 年 ， 热 电 联 产 发 电 量 达 到 发 电 总 量 的 11.4%。 到 2019 年 ， 生 物 质 发 电 量 达 到 8500 兆 瓦 小 时 。	为 生 物 柴 油 生 产 者 从 本 国 贫 困 地 区 小 农 户 手 中 购 买 原 料 提 供 税 收 优 惠 。 减 少 森 林 砍 伐 。 2011 年 生 物 柴 油 产 量 目 标 达 到 能 源 总 产 量 的 18%。	温 室 气 体 减 排 ： 由 于 能 在 2005 年 基 线 上 比 化 石 燃 料 减 少 61% 的 排 放 量 ， 以 巴 西 甘 蔗 为 原 料 生 产 的 生 物 乙 醇 被 指 定 为 先 进 生 物 燃 料 。 设 定 生 命 周 期 内 二 氧 化 碳 最 低 减 排 阈 值 。 原 料 保 障 措 施 ： 适 合 机 械 采 伐 的 地 区 ， 禁 止 火 烧 。 设 定 了 2012 年 前 20% 采 伐 区 消 除 火 烧 ， 2017 年 达 到 100% 的 目 标 。 甘 蔗 作 物 土 地 利 用 分 区 ： 联 邦 政 府 甘 蔗 农 业 生 态 区 划 为 甘 蔗 扩 大 生 产 提 供 指 南 。 劳 工 保 障 措 施 ： 立 法 要 求 甘 蔗 净 价 的 1% 和 乙 醇 净 价 的 2% 必 须 用 于 为 工 人 提 供 医 疗 、 牙 医 、 药 品 、 卫 生 和 教 育 服 务 。

参考文献 与尾注

1

The Living Forests Model uses the UN population figures from 2008: Department of Economic and Social Affairs Population Division. *World Population Prospects. The 2008 Revision*. United Nations, New York. This projects a population of 9.1 billion by 2050; however a recently released update has a revised projection of 10.1 billion: Department of Economic and Social Affairs Population Division. 2011. *2010 Revision of the World Population Prospects*. United Nations, New York.

2

Singer, S. (ed). 2011. *The Energy Report: 100% renewable energy by 2050*. WWF, Ecofys and OMA.

3

Ibid, page 27.

4

FAO and UNEP. 2010. *A Decision Support Tool for Sustainable Bioenergy: An Overview*. FAO, Rome and UNEP, Nairobi.

5

IEA. 2010. *Better Use of Biomass for Energy: Position paper*. International Energy Agency, London.

6

www.fao.org/forestry/energy/en/

7

FAO. 2011a. *State of the World's Forests 2011*. FAO, Rome.

8

FAO. 2011b. *Global Forest Resource Assessment 2010: Main report*. FAO Forestry Paper 163, FAO, Rome.

9

Singer, S. (ed). *Op cit*, page 40.

10

Bloem, H., Monforti-Ferrario, F., Szabo, M. and A. Jäger-Waldau. 2010. *Renewable Energy Snapshots 2010*. Institute for Energy, Joint Research Centre, European Commission, Luxembourg.

11

Singer, S. (ed). *Op cit*, page 7.

12

IEA. 2011. *Technology Roadmap: biofuels for transport*. IEA and OECD, Paris. Page 8.

13

FAO. 2008. *Forests and Energy: Key Issues*. FAO Forestry Paper 154, Rome. Page 38; and Cotula, L., Vermeulen, S., Leonard, R. and J. Keeley. 2009. *Land grab or development opportunity? Agricultural investment and international land deals in Africa*. FAO, IFAD, IIED, London/Rome; and Martinelli, L.A. and Filoso, S. 2008. Expansion of sugarcane ethanol production in Brazil: Environmental and social challenges. *Ecological Applications* 18(4): 885-898.

14

Singer, S. (ed). *Op cit*.

15

Legros, G., Havet, I., Bruce, N. and S. Bonjour. 2009. *The Energy Access Situation in Developing Countries: A Review focusing on the Least Developed Countries and Sub-Saharan Africa*. United Nations Development Programme, New York.

16

www.fao.org/bioenergy/47280/en/

17

FAO. 2008. *Op cit*.

18

IEA. 2010. *World Energy Outlook 2010*. International Energy Agency, Paris.

19

Ibid.

20

For example, see Waito, B. and Johnson, J. 2010. *A National Scan of Regulations & Practices Relevant to Biomass Harvesting*. WWF Canada and The Forest Products Association of Canada.

21

Jull, C., Redondo, P.C., Mosoti, V. and J. Vapnek. 2007. *Recent trends in the law and policy of bioenergy production, promotion and use*. FAO Legal Papers Online number 68, FAO, Rome.

22

IEA. 2010. *Sustainable Production of Second-Generation Biofuels: Potential and perspectives in major economies and developing countries*. International Energy Agency, Paris.

23

Swedish Energy Agency. 2009. *Energy Indicators 2009, Follow-up of Sweden's energy-policy objectives*. ET 2009:15. webbshop.cm.se

24

Aggregated data from: Swedish Energy Agency. 2010. *Kortsiktsprognos över energianvändning och energitillförsel 2009-2012*. ER 2010:29, page 39. webbshop.cm.se; and Swedish Forest Agency. 2010. *Swedish Statistical Yearbook of Forestry 2010*. www.skogsstyrelsen.se/en/AUTHORITY/Statistics/Statistical-Yearbook-/Statistical-Yearbooks-of-Forestry

25

The Swedish National Action Plan for the promotion of the use of renewable energy in accordance with Directive 2009/28/EC and the Commission Decision of 30.06.2009. ec.europa.eu/energy/renewables/transparency_platform/doc/national_renewable_energy_action_plan_sweden_en.pdf

26

WWF Sweden. Undated. *Potentiella konsekvenser av storskalig stubbskörd för den vedberoende biologiska mångfalden*. wwf.se/source.php/1241203/Stubbarnas%20biologiska%20betydelse%20underskattas.pdf

27

Swedish Energy Agency. 2011. *Analys av marknaderna för etanol och biodiesel*. Eskilstuna.

28

World Water Assessment Programme. 2009. *The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World*. UNESCO, Paris and Earthscan, London.

29

www.fao.org/bioenergy/47280/en/

30

IEA. 2011. *Op cit*, page 5.

31

FAO. 2011a. *Op cit*.

32

FAO. 2008. *Op cit*, pages 43-44.

33

Kindermann, G.E., Obersteiner, M., Rametsteiner, E. and I. McCallum. 2006. Predicting the deforestation-trend under different carbon-prices. *Carbon Balance and Management* 1:1. www.scopus.com; and Kindermann, G., Obersteiner, M., Sohngen, B., Sathaye, J., Andrasko, K., Rametsteiner, E., Schlamadinger, B., Wunder, S., and R. Beach. 2008. Global cost estimates of reducing carbon emissions through avoided deforestation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105:30, 10302-10307; and Havlík, P., Uwe, A., Schneider, E.S., Böttcher, H., Fritz, S., Skalský, R., Aoki, K., De Cara, S., Kindermann, G., and F. Kraxner. 2010. Global land-use implications of first and second generation biofuel targets. *Energy Policy* 4.

34

A precise definition of "degraded land" is still under discussion (see www.unep.fr/energy/activities/mapping/pdf/degraded.pdf). However, WWF is promoting the Responsible Cultivation methodology as a way of identifying suitable land for plantations (see page #).

35

The POLES model is a global sectoral simulation model for the development of energy scenarios until 2050. See EC. 2011. *A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050*. Staff Working Document SEC 288. European Commission, Brussels. (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52011DC0112:EN:NOT>)

36 Singer, S. (ed) *Op cit*. This scenario projects demand for bioenergy from land-based feedstocks in 2050 of 71.4 EJ, of which 16 EJ is liquid biofuels.

37 See also Smeets, E.M. and Faaij, A.P.C. 2008. Bioenergy potentials from forestry in 2050. *Climatic Change* 81: 353-390.

38 See, for example, Table 2.1 in GEO-BENE global database for bio-physical modelling v. 1.0 (Concepts, methodologies and data) at: [www.geo-bene.eu/files/Deliverables/Geo-BeneGlbDb10\(DataDescription\).pdf](http://www.geo-bene.eu/files/Deliverables/Geo-BeneGlbDb10(DataDescription).pdf)

39 FAO. 2011. *Global Forest Resource Assessment 2010: Main report*. FAO Forestry Paper 163. FAO, Rome.

40 Taylor, R. (ed). 2011. Chapter 1: Forests for a Living Planet. *WWF Living Forests Report*. Page 19. wwf.panda.org/livingforests

41 FAO. 2011b. *Op cit*, page 91.

42 WWF. 2010. *Living Planet Report*. WWF, Gland, Switzerland.

43 Boddiger, D. 2007. Boosting biofuel crops could threaten food security. *The Lancet* 370: 923-924.

44 FAO. 2009. *How to Feed the World in 2050*. FAO, Rome.

45 www.fao.org/bioenergy/47280/en/

46 Kurtz, W.A. et al. 1998. Carbon budget implications of the transition from natural to managed disturbance regimes in forest landscapes. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change number 2*, 405-421.

47 www.fao.org/bioenergy/47280/en/

48 McKechnie, J, S Colombo, J Chen, W Mabee and H Maclean (2011); Forest Bioenergy or Forest Carbon? Assessing Trade-Offs in Greenhouse Gas Mitigation with Wood-Based Fuels, *Environ. Sci. Technol.* 45, 789–795

49 Fargione, J., Hill, J., Tilman, D., Polasky, S. and P. Hawthorne. 2008. Land clearing and the biofuel carbon debt. *Science* 319: 1235-1238.

50 WWF. 2011. *New Generation Plantations Bioenergy and Carbon Report 2011*. www.newgenerationplantations.com/pdf/NGP_Bioenergy_Carbon_Report.pdf

51 Liski, J., Repo, A., Känkänen, R., Vanhala, P., Seppälä, J., Antikainen, R., Grönroos, J., Karvosenoja, N., Lähinen, K., Leskinen, P., Paunu, V-V and J-P Tuovinen. 2011. Metsäbiomassan energiakäytön ilmastovaikutukset Suomessa (Forest bioenergy: greenhouse gas emissions and climate impacts in Finland), *The Finnish Environment*, 5

52 Ibid.

53 www.fao.org/bioenergy/47280/en/

54 World Water Assessment Programme. 2009. *The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World*. UNESCO, Paris and Earthscan, London

55 Fingerman, K.R., Berndes, G., Orr, S., Richter, B.D. and P. Vugteveen (forthcoming). Impact assessment at the bioenergy-water nexus. *Biofuels, Bioproducts & Biorefining*.

56 Taylor, R (ed). *Op cit*.

57 biofuelguide.net

58 wwf.panda.org/what_we_do/footprint/climate_carbon_energy/energy_solutions/renewable_energy/clean_energy_facts/bioenergy_facts/

59 biofuelguide.net

60 www.fao.org/bioenergy/47280/en/

61 www.britannica.com/EBchecked/topic/101633/cellulose

62 www.worldwildlife.org/science/ecoregions/item1847.html

63 Shell. 2007. Quick Guide to Biofuels. www-static.shell.com/static/aboutshell/downloads/what_we_do/quick_guide_to_biofuels_nov2007.pdf

64 www.fao.org/bioenergy/47280/en/

65 Hassan, R., Scholes, R. and N. Ash (eds). 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Current State and Trends: Findings of the Condition and Trends Working Group v. 1 (Millennium Ecosystem Assessment)*. Island Press.

66 www.ili-lignin.com/aboutlignin.php

67 Kindermann, G.E., Obersteiner, M., Rametsteiner, E. and I. McCallum. 2006. *Op cit*; and Kindermann, G.E., Obersteiner, M., Sohngen, B., Sathaye, J., Andrasko, K., Rametsteiner, E., Schlamadinger, B., Wunder, S., and R. Beach. 2008. *Op cit*; and Havlik, P., Uwe, A., Schneider, E.S., Böttcher, H., Fritz, S., Skalský, R., Aoki, K., De Cara, S., Kindermann, G. and F. Kraxner. 2010. *Op cit*.

68 www.epa.gov/nrmrl/lcaccess/

69 www.biodiv.org/programmes/areas/forest/definitions.asp

70 wwf.panda.org/what_we_do/footprint/climate_carbon_energy/energy_solutions/renewable_energy/

71 www.fao.org/bioenergy/47280/en/

72 assets.panda.org/downloads/wwf_2020_zero_net_deforest_brief.pdf

73 eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:EN:PDF

74 ec.europa.eu/energy/renewables/transparency_platform/doc/2010_report/com_2010_0011_3_report.pdf

75 www.scribd.com/doc/48634802/India-biofuel-policy

76 energy.senate.gov/public/_files/getdoc1.pdf

77 apps1.eere.energy.gov/states/maps/renewable_portfolio_states.cfm

78 www.dot.ca.gov/hq/energy/Exec%20Order%20S-06-06.pdf

79 www.energy.ca.gov/2006publications/CEC-600-2006-010/CEC-600-2006-010.PDF

80 martinot.info/China_RE_Plan_to_2020_Sep-2007.pdf

81 www.iea.org/textbase/pm/?mode=re&id=4302&action=detail

82 www.mma.gov.br/estruturas/imprensa/_arquivos/96_11122008040728.pdf

鸣谢

世界自然基金会(WWF)

世界自然基金会是在全球享有盛誉的、最大的独立性非政府环境保护组织之一，在全世界拥有将近520万支持者和一个在100多个国家活跃着的网络。世界自然基金会的使命是遏止地球自然环境的恶化，创造人类与自然和谐相处的美好未来。为此，世界自然基金会致力于保护世界生物多样性、确保可再生自然资源的可持续利用、推动降低污染和减少浪费性消费的行动。

本报告是世界自然基金会与国际应用系统分析研究所（IIASA）合作编写的。

国际应用系统分析研究所(IIASA)

国际应用系统分析研究所成立于1972年，是一个从事政策研究的国际研究组织。该组织主要致力于研究单一国家或单一领域无法解决的过大或过于复杂的问题。国际应用系统分析研究所由非洲、亚洲、欧洲和美洲的国家成员组织提供经费，是一个完全不受政治或国家利益左右的独立组织。

网页：<http://www.iiasa.ac.at>

编者

主编：Rod Taylor

技术编辑：Nigel Dudley, Michael Obersteiner, Sue Stolton

编辑小组：Rosamunde Almond, Gretchen Lyons, Barney Jeffries

特别感谢以下审稿和对本报告有贡献的人：

Rina Andrianarivony, Dörte Bieler, Jean-Philippe Denruyter, Christina Eghenter, Sarah Hall, Zheng Han, Hanna-Liisa Kangas, Peter Kanowski, Maija Kaukonen, Andrea Kohl, Lifeng Li, Anders Lindhe, Imke Lübbeke, Heather MacLean, Sally Nicholson, Stuart Orr, Jens Otterstedt, Peter Roberntz, Anke Schulmeister, Luís Neves Silva, Stephan Singer

国际应用系统分析研究所模型团队：

Michael Obersteiner, team leader; with Petr Havlik and Kentaro Aoki, Juraj Balkovic, Hannes Boettcher, Stefan Frank, Steffen Fritz, Sabine Fuss, Mykola Gusti, Mario Herrero, Nikolay Khabarov, Georg Kindermann, Florian Kraxner, Sylvain Leduc, Ian McCallum, Aline Mosnier, Erwin Schmid, Uwe Schneider, Rastislav Skalsky, Linda See and Hugo Valin.

本报告主要利用了国际应用系统分析研究所的研究成果，没有进行充分的学术同行评审。本报告中的观点和意见不代表国际应用系统分析研究所及其成员组织、以及其他资助本报告组织的观点。国际应用系统分析研究所及其作者将不对使用该报告造成的损失负责。

Miller设计公司设计

世界自然基金会总部

瑞士格兰德勃朗峰大道1196号

网址：www.panda.org

ISBN 978-2-940443-32-1

出版信息

世界自然基金会（前世界野生动物基金会）于2011年9月在瑞士格兰德出版。

任何全部或部分转载必须注明标题和上述版权所有。

©文本和图表：世界自然基金会 2011 版权所有

本报告中的资料和地理标识并不代表世界自然基金会关于任何国家法律地位、领土或面积，或划定边疆或边界的观点。

世界自然基金会概述

+100

世界自然基金会的活动
覆盖世界五大洲
的100多个国家

+5000

世界自然基金会在全球有超过
5000多位
工作人员

+5M

世界自然基金会拥有超过
500万支持者

1961

世界自然基金会成立于
1961年



我们致力于
遏止地球自然环境的恶化，创造人类与自然和谐相
处的美好未来。

www.panda.org

© 世界自然基金会（前世界野生动物基金会）的标识于1986年注册。
“WWF”是注册商标。世界自然基金会总部位于瑞士格兰德勃朗峰大道1196号。
电话：+41 22 364 9111，传真：+4122 364 0332。
若需了解进一步细节和信息，请访问我们的国际网页：www.panda.org

照片版权所有：Michael Roggo/WWF-佳能
封面照片：Richard Hamilton/WWF-佳能