

Renewable Energy and Agricultural Sustainability

可再生能源与农业可持续性

[美] 约翰·艾克 (JOHN IKERD) 教授 张果译

一、石油还可以用多久？

地球上既充足又经济的能源已经所剩无几。但恰恰正是这些能源代表并维持着过去 200 年的整个工业时代——最开始是古老的茂密森林，接着是挖掘出的表层煤矿，最后是从机井里喷涌而出的石油。然而，古老的森林已经砍伐殆尽，山脉因为挖掘煤矿而正被削平，仅存的石油也大部分都深埋在海底。并不是地球上所有的能源都快被耗尽，而是那些充足又经济的能源差不多都快被用完了。

一直以来，石油都被认为是所有能源中最经济、最方便也最清洁的。但是，今天的石油地质学者们一致认为——不管他们是隶属于政府还是受雇于私人机构——我们已经处于或接近于世界石油生产的“顶峰”。一旦超过这个顶峰，石油生产将不可避免地变得艰难和昂贵。“石油峰值”的概念指：如果发现一处新油田，它将会在 30 到 40 年后达到生产力的顶峰。达到峰值之后，所有可开采的石油将有一半保留在地下，开采它们将非常困难和昂贵。而且，达到生产峰值之后，石油产量必然会下降。

美国的石油探测在 20 世纪 30 年代和 40 年代晚期达到顶峰，在俄克拉荷马州和德克萨斯州发现了大油田。1971 年，美国的石油产量达到最高点，从那之后即不断下降。世界石油探测的顶峰发生在 1962 年，这预示世界石油产量将会在 21 世纪早期的某个时候达到最高点。估计是 2005 年到 2025 年之间——有人说我们已经达到那个最高点了。而大多数人似乎都认为我们目前正处于传统石油生产的停滞期，未来也无法再突破性地提高石油产量了。甚至那些主要的石油公司——英国石油、埃克森美孚、雪佛龙德士古——都已经开始为他们的未来发展而关注起替代能源。

我们还未达到天然气或煤的生产顶峰，但大多数专家都预测所有的化石能源产量都会在未来的几十年中达到类似的最高点并开始下降。更重要的是，我们无法依靠其他化石能源——尤其是煤——来代替日渐衰竭的石油——这会加剧全球气候变化的风险。

化石能源储存在化学键中，这些化学键连结了碳分子、氢、氧、空气中其他含氮成分、磷、钾、钙以及土壤中组成生物有机体的其他成分，并在化石能源释放出能量时被破坏。那时，各种化学元素都被释放回环境中，其中包括二氧化碳和其他温室气体。美国威斯康星大学河瀑分校的凯利该隐认为石油生产峰值和气候变化是“罪恶的双生子”。我们无法脱离其中之一而单独地应对另一个。

二、寻找可再生的能源有无可能？

针对这种困境，唯一现实的解决方法是寻找可再生能源，用以代替今天日益衰竭的、经济可用的化石能源。真正意义上的可再生能源只有太阳能——至少在未来的几十亿年中它是可再生的。风车、瀑布、太阳能集热器以及光电电池都利用了可再生太阳能。绿色植物是最普遍的太阳能收集器，毕竟一开始就是通过它们汇聚了今天的化石能源。因此，逻辑上可以将农业看作是未来替代性能源的可再生来源。

1、农业生产可再生能源的限制

但是，在什么范围上农业所生产出的能源能代替今天的化石能源？在这一点上我们必须实事求是。也许在具体的数量或比例上，能源专家们持有不同意见，但其总体限制却是非常清楚明了的。

1) . 如果美国所有绿色植物所收集的太阳能可以在不使用化石能源的过程中转化为化石能源，它们只能代替美国每年所使用的化石能源的一半。

2) . 农业和林地所有绿色植物中所占的比例不到三分之一。因此，所有农田和商业性林地所收集的太阳能只等于美国每年所使用的化石能源的不到六分之一。

3) . 我们依靠农业获取食物，因此我们显然不能将整个农业都用来生产能源。

4) . 概括说来：农业只能代替我们现在所使用的化石能源的一小部分——也许不超过 10%。

另外，今天这种依赖化石能源的农业活动能有多大能力来制造真正的可再生能源？在这一点上我们也需要实事求是。

1) . 除了植物所收集和储存的太阳能之外，美国的食品制造系统大约使用了全国化石能源的六分之一。而农场农业使用了其中的约三分之一。

2) . 如果考虑到粮食生产和交通运输中所使用的能源，生产乙醇和生物柴油所需要的“旧式化石能源”抵消了“新式生物能”的一半或三分之二。如果再考虑到劳动力和使用的机器，一些专家认为我们所获取的能源抵不上我们所消耗的。

3) . 传统的农业生产，尤其是种植玉米，在很大程度上都依赖于从俄罗斯和中东进口氮肥，而这些氮肥是用天然气所制造的

4) . 概括地说，用粮食作物所生产的生物能，其主要好处在于将静态能源——主要是天然气和电能——转化为动态能源。

2、生物能量的金字塔

姑且不论生物能从何而来，我们需谨记：人类是生物性的存在。在本性上，我们与那些为我们提供生物能的植物及其他生物有机体都依赖同样的能量流。我们可以将全部生物能量流所流经的复杂生态系统描绘成一座金字塔，这座塔由处于不同层次的生命有机体组成。最底层是土壤中的有机体，往上是植物，再往上是所有依赖植物而生存的生物，包括昆虫和食草动物。然后是依赖植物和动物而生存的生物，即杂食动物，主要是人类。最后是只吃动物的生物，即食肉动物。

生态学中有个普遍概念：在某一层次中平均有十分之一的可用能源能被传递到下一层次，因此越往上升，这座金字塔变得越窄。“并不是处于较低层次中的每种生物都会被吃掉，并不是被吃掉的每种东西都能被消化吸收。像热量一样，总是存在着能量损失。”因此，金字塔中的每一层只具有它底下那一层中十分之一的能量。就像奥尔多·利奥波德所指出的：“每只食肉动物有数百只猎物，每只猎物有数千只它们自己的猎物，每只这样的猎物有数百万只可捕获的昆虫，每只这样的昆虫又有无法计数的可食植物。”

（下转第 3 版）

（上接第 1 版）

这座生物金字塔中至关重要的一层是它的底层：土壤中无数的微生物。这些起分解作用的微生物从金字塔其他层次的废料中——包括人类和牲畜的废弃物以及作

物残渣——提取出剩余的能量，并以此为生。通过它们所再生的各种“废料”几乎等于绿色植物所获取的全部太阳能的四分之一。

所有的新生能量在植物层——即太阳能收集器——进入这座生物金字塔。能量流经整座金字塔，最后像热能一样散逸——通过熵这种形式。无机营养素则在这座金字塔中继续循环再生。但是，只有当从废弃物中被释放出来并由起分解作用的微生物储存起来时，土壤中的大部分无机营养素才能被植物吸收利用。因此，植物依靠起分解作用的微生物来收集和储存太阳能。如果土壤中的微生物无法再为生物能收集器——绿色植物——提供能量，生物能便既非可再生也非可持续。

3、能源抑或食物？

另外，我们首要关心的应该是作为食物来源而非燃料来源的农业。越来越多的玉米用于制造乙醇，食品生产很容易就会由过剩变成不足。将生产食物的农业用地转而用于生产燃料，这看似是一个相对较小的变化，却能对食品价格产生极大的影响——尤其是在世界上那些过分依赖基本食品（如大米、玉米粉和小麦面粉）的地区，这些基本食品是人们主要的营养来源。将能量流中的生物能用于生产燃料而非食品，这从根本上来说是个相当重要的伦理问题。

4、降低农业对化石能源依赖的可能性

只有当农业所使用的能量是可再生的时，农业所生产的能量也才是可再生的。不幸的是，今天的农业所使用的大部分能量都是不可再生的化石能源。这种工业式的农业生产不但损耗了化石能源，也引来了“罪恶双生子”中的另一个兄弟：全球气候变化。如果希望农业为我们提供能源，我们必须面对以下事实：今天绝大部分传统的农业生产体系显然都不是可持续的农业，不管是从可再生能源的角度还是从它们对自然环境和社会的影响的角度来看，都是如此。

1) . 在美国，每生产 1 卡路里的食品能量大约需要 10 卡路里的化石能量。

2) . 大部分能量都用于食品加工、包装和运输中。然而，即使是在耕种农田时，每生产 1 卡路里的食品能量大约也需要 3 卡路里的化石能量

3) . 全球范围内所释放的温室气体有三分之一来自食品生产（包括为食品生产而开垦土地）

4) . 全球范围内所释放的温室气体中超过五分之一源于农耕——食品生产所释放的温室气体中三分之二也源于农耕。

毫无疑问，降低农业对化石能源的依赖度，或通过农业来减少温室气体排放，这并非是不可能的。美洲大陆的农民，以及全球各地自称为有机的、整体性的、生物动力的、生态的、实用的、以草地资源为基础的、自由放养家禽家畜的、集约化经营的，或仅仅是负责任的农民，他们每天的活动都证明了这一点。他们日益减少着农业活动中化石能源的使用，尤其是商品肥料和杀虫剂。这些“依赖于太阳能”的农民努力尝试用生态环保、具有社会责任感和经济耐用性的方式来耕作。他们是在为可持续性而耕作。

1) . 通过采取各种可持续的农业方式，农民能将化石能源的使用降低百分之三十到六十。

2) . 如果美国能实现从传统农业到有机农业的完全转变, 将会把现在美国农业所释放出的二氧化碳减少百分之五十一——通过修复土壤中的有机物层来使土壤重新变得肥沃。

3) . 如果以有机农业的方式种植所有的玉米和大豆, 美国能把释放出的温室气体减少四分之三——从而达到京都议定书中的规定。

4) . 概括地说, 可持续的全球食品生产是可能也是可行的。它所需要的只是依靠太阳能而非化石能源来进行农业生产。

4、生物废料

可持续的农场需要保证生物能的持续流动, 就像通过生物金字塔而循环利用营养素一样。这意味着从事可持续农业的农民需要将更多(而非更少)我们现在所称的“废料”——尤其是农作物残渣和牲畜粪便——填回土地中。这些废料是有机物的来源, 它们修复并维持着土壤肥力。

如果没有这些“生物废料”, 起分解作用的微生物便无法为绿色植物提供养分, 绿色植物便无法为人类提供食物, 农业甚至人类本身便无法继续维系下去。地球上的生命系统在过去能吸收比自身释放出的更多的温室气体, 如果我们学会如何与自然合作而非只是试图征服或代替自然, 也许它们现在仍然具有这种能力。为了维系其他的任何事物, 甚至是为了维持今天的地球人口总数, 我们必须与自然合作来创造一种可持续的农业。

如果我们以生态学的眼光正视石油生产峰值和全球气候变化的双重挑战, 会发现我们能够滋养植物(人类赖以生存的植物)的微生物保留足够的生物能, 在此同时也能制造出大量的生物能。在以何种方式以及在何种地点将这些农业废料重归土地这一问题上, 毫无疑问我们一定能比今天做得更好, 这在某种意义上是最有利于微生物的。而在以何种能量流来制造生物燃料这一问题上, 我们也应该更加小心谨慎。

5、草料作物

关于农业生物能的可持续来源这一问题, 我们的研究最终将会把我们从粮食作物导向草料作物。一开始选中粮食作物是因为对它们所进行的转化过程比较简单。但如果我们能找到有效途径将高纤植物转化为经济可用的生物能, 草料作物将比粮食作物更有潜力成为可再生生物能的来源。

1) . 农业所收集的全部太阳能中, 三分之二来自草料作物——是其他农业活动和森林所收集的太阳能总和的两倍。

2) . 大部分草料作物所需的氮肥和杀虫剂都比玉米和大豆少, 这意味着对化石能源较低的依赖度和对溪流及地下水更少的污染。

3) . 大部分草料作物都是多年生植物, 因此不需要每年都重新耕种, 从而减轻了土壤流失。这些土壤实际上都是储存生物能的仓库。

4) . 与源于粮食作物的生物能相比, 源于草料作物的生物能并不与食品生产直接冲突。草料作物主要用于饲养家畜, 它们比农作物的能效低。

5) . 概括说来, 与粮食作物相比, 在生态学意义上草料作物能更加高效地制造生物能。

6、高温分解的技术

此外，除了那些现在用于生产乙醇和生物柴油的技术之外，其他的许多技术似乎都有希望能挖掘出农业的有限潜力，使之成为可再生能源的可持续来源。乙醇热和生物柴油热的背后是短期经济利益的驱使，而非长期的、生态学意义的、社会的或经济的可持续性。一味地追求短期经济利益已经使我们错过了许多关于可持续可再生能源的选择。

我们已经目睹了全球经济的崩溃，这正是追求短期经济利益所造成的恶果。也许这能使未来投资生物能的人们具有更加长远的眼光，优先考虑到生物能的可持续性。这样的话，“高温分解”似乎将成为该领域内最有前途的技术之一。

高温分解指高温无氧状态下有机物质的化学分解。生成的生物材料包括各种类型的燃料、生物碳和焦油。这一技术已经广泛用于化工产业，包括用木材生产木炭、活性炭和甲醇，用煤生产焦炭，以及用各种生物原料生产合成气。我们只需要改造这种技术，而不必重新创造。

与目前用玉米和大豆生产乙醇和生物柴油的方法相比，通过高温分解把生物原料转化为生物能的途径具有以下几个重要优势：

1) . 该领域内低成本的技术可以利用各种生物原料，包括草料和其他非粮食作物，木材和各种废料。

2) . 高温分解能得出多种可用产物，包括沼气、生物油、各种化学物、生物碳，以及少量的焦油，这些产物同样也具有商业价值。

3) . 生物油能被转化为乙醇、生物柴油或沼气。沼气主要是高温分解过程中的燃料，生物柴油或乙醇则用于其他方面。

从生态可持续性和环境可持续性的角度来看，高温分解的潜在优势更加明显：

1). 高温分解不需要大量的水，也不会污染空气。

2). 生物碳能被重新填回农田中，以提高土壤肥力和增加土壤中的有机物质。

3) 通过促进土壤、土壤有机物、植物根系、水、空气中的二氧化碳和氮的相互协调，生物碳能增强土壤的生态性。

4). 为高温分解所种植的生物能作物能吸收比自身释放的更多的温室气体，同时一些碳元素也能保留在多年生植物的根系之中。

如果这种技术能进一步改进并应用于适当的范围，高温分解所产生的生物能同样也有利于家庭农场和农业社区：

1) . 基础的高温分解技术适用于各种规模的生产，无论大小，这使生产可再生能源的分散体系成为可能，也更加经济实用。

2) . 规模较小的系统使单个的农民，或小规模的农民社区，能为自己生产和生活的能源需要制造出燃料，而不必耗尽土壤的自然生产力。

3) . 可移动的系统能让使用当地固定系统的农民不用掌握高温分解的加工过程即可获利。更好地利用这一过程中所产生的副产品，也能获得额外的利润来抵消可移动部件所产生的操作成本。

4) . 基于社区的应用能使本地社区实现生物能和生物碳的循环利用——减少运输过程中的能量损失，为本地食品和能源生产保存土地肥力，也为本地居民降低能源成本——从而增强生态的、社会的、以及经济上的社区整体性。

经济耐用性也许是在农场中生产真正意义上的可再生能源所面临的巨大挑战。成功的关键在于将高温分解技术作为更多可持续方法的组成部分，来实现农场和社区经济的发展。该技术在经济上非常具有竞争力，这种优势使其在为基于农场或社区的可再生能源制造系统提供它们所需要的较小规模的生产时，相对来说更有效率。它们对作为整体的农场和社区的经济耐用性所作出的贡献，也许会远远超过各种能源产品的市场价值。例如，能源原料和能源产品的运输成本的增长正变得和能源价格的增长同样重要。“在家附近”生产能源将会在未来变得越来越关键。

不管高温分解技术是否被证明为是生产可再生生物能的最终技术，可持续性在经济、生态和社会意义上的标准都必须同样被视为生产可再生能源的标准。通过农业所生产出的能源并不比那些农业所依赖的能源更具有可再生性，农业正是通过后者而生产出前者。

如果我们能同时提高生物能量流和营养物循环再生过程的效率和整体性，我们也许就有办法从地球的生物能量流中获取大量生物能，同时又不会危害生态金字塔的完整性。但是，我们不能简单地忽略这个我们所生活的世界上生物实在的生态局限性。唯一真正的可再生能源是太阳能。只有从依靠太阳能的可持续农业中所获得的能源才是可再生能源。

转自《世界文化论坛》总第 38 期

http://www.postmodernchina.org/cgi/show_item_articlelist.php?item=magazine&item_article_id=77