

国土经济译丛

- ▲ 美国的能源替代措施及有关资源与环境问题概述
- ▲ 未来的可再生性燃料
- ▲ 区域的目标和政策
- ▲ 美国环境与资源保护运动史

3

《数理统计与管理》

本刊是面向生产第一线的中级普及性刊物。

本刊向您介绍各种实用数理统计、应用概率、运筹学、经济数学方法及其他数学方法。同时刊载来自工业、科研等部门的实际应用成果。本刊组织国内应用统计界的专家学者为您服务，回答读者提出的问题，为您提供各种有用的信息。

欢迎各级技术人员，管理人员，应用数理统计工作者，大专院校教师，及一切有志于应用数理统计解决实际问题的同志们订阅。

本刊为双月刊，逢单月出版。暂定16开本48页。每期售价0.38元（另附邮费0.02元，若需挂号另加挂号费0.12元）。1982年试刊两期。1983年正式出刊。

编辑部地址：北京海淀区兰旗营（三排）66号

国土经济译丛

第3辑

编辑：《国土经济译丛》编辑部

发行：本刊发行组

出版：中国社会科学院数量经济研究所
技术

地址：北京复兴路甲14号

印刷：河北省承德市印刷厂

出版日期：1983年3月25日

能 源

美国的能源替代措施及有关资源与环境问题概述

(美) A·J·埃格斯……………自《中美能源、资源和环境会议论文集》(1)

未来的可再生性燃料

(美) M·卡尔文……………自《中美能源、资源和环境会议论文集》(13)

水和天然能源

(美) R·F·卡洛纳……………自《中美能源、资源和环境会议论文集》(20)

区 域 经 济

区域的目标和政策

(美) E·M·胡佛……………庄一民 译 (30)
龚威平 译校

环 境

环境对经济增长的影响

(美) O·S·欧文……………孟建华 译 (19)

资 源

自然资源的分类……………李惠娟 译 (51)
孟建华 译校

美国环境与资源保护运动史……………剑 华 译 (53)

从社会角度看资源的最佳利用……………杨复复 译 (56)

新书推荐 《欧洲共同体国家的区域政策》一书简介……………毅 民 (62)

美国的能源替代措施及 有关资源与环境问题概述

〔美〕A·J·埃格斯

本文探讨了地球能否无止境地担负人口的增长、及保证人们生存活动中所需要的、包括能源在内的各种资源的问题。能源的生产与消耗对人类的这些活动起着决定性的作用。与此同时，它又与其它一些人类生存必需的、包括营养、居住及娱乐在内的基本资源相互矛盾、竞争。这些资源就象土地、水、空气一样，为人们生活当中所不可缺少的因素。而且，不管对它们的应用程度如何，都必须尽可能地减少对环境的影响，以保持基本的生态平衡。

本文回顾了美国过去在生态平衡方面所做的、及将来还要进行的努力。节能包括废弃资源的再循环对保持这种平衡起着日益重要的作用。另外，美国正在朝着一个更平衡的、由耗之不尽或可再生的能源与不可再生能源所组成的多样化的能源资源方向发展。这场运动将可以改善由于任何一种能源的不足所带来的不利状况，在长远的将来使能源的利用对环境产生的不良影响得到缓和。无论怎样多样化，在有关资源之间由于人类基本活动中的其它需要，竞争仍将持续下去，本文对不可再生的煤及可再生的木材这两种可能的能源进行了较详尽的论述，这是因为它们涉及到美国和中国的潜在共同利益。

引 言

当前，将自然资源所蕴藏的能变成有用的能，以满足人类生存需要和人们愿望的问题，对中国和美国都是一个适时的课题。中国是世界上人口最多的国家，而美国是世界上经济最发达的国家。庞大的经济与众多的人口需要大量的能，以维持人类的生存与发展。这个经济与人口一道将会对我们局部地区及全球环境造成威胁。这种威胁指的是：其中所产生的废品将会使环境受到严重的污染，甚至使其不能居住，即使不谈它们对人类造成的直接危害——它比地震和大潮暴一类的自然灾害还严重。

能源使用的增加还会引起另一个根本的紧张状态。因为在其开采、转换运输和最终

注：本文作者系美国国家需要研究会负责人并任国家科学基金会研究应用副主任

的使用当中，需要更多的各式各样的基本资源包括土地、空气、水以及产品。

而这些资源也是人们营养、居住和娱乐所需的基本资源。

因此，我们必须在生产和消耗能源及其所需的其它资源的过程当中，找到和保持一种平衡，从而避免将这些资源耗尽，保证在现在和将来作其它之用，及使其现在和将来不会造成污染，或对环境和我们本身造成有害的威胁。当然，由于人类新的科学发现，新的技术发展及新的工业创造，这种平衡会随时间而起变化。历史上这类例子屡见不鲜。其中若干事例涉及到人类今天和明天的需求还会重新出现。因此，在我们探讨能源、资源及环境的现在和将来的问题和机会时，有必要记住这样一个背景。

背 景

我们知道，车轮的发现和使用、以及手工工具的发展，标志着人类第一次技术革命。其中，手工工具主要是由石头制成的，它的把柄是木头制成的，这些早期的劳动主要靠的是人力。

矿石冶炼、合金铸造及工具的锻造方法标志着第二次技术革命，这场革命一直延续到几百年前。这个冶炼、铸造及锻造的过程中所用的能源主要是木材及大量的煤，而使用工具则主要靠人力和畜力。

除了这些能源以外，波斯和中国也早就有了技术的发展。例如，利用垂直轴机器汲取风能。这种机器用一捆捆芦苇作翼板，来碾麦子和抽水。大约在一千年以前，这种机器在中东使用很普遍。而且，在十字军返回征途时，已将这种技术带回到欧洲。在这个发展和转变过程中，水平轴风车问世了。当然，当时荷兰为了使遭受水灾的低洼地排干积水，已经使用了水平轴风车，从而在欧洲名列前茅。19世纪中叶，在荷兰已经有约9000台风车被人们广泛地使用。这一发展过程又导致了用金属片代替布帆、及在叶片上安装百叶窗和活板的新涡轮叶片的设计，以此控制在很高的风速下转轮的速度。有了这些发展，大型工业性风车的能力可高达90马力。

19世纪，风车在美国得到了迅速发展，与当时的欧洲相比较，美国的风车具有更好的坚固性，其风轮直径更小。总的来说，美国的机器容量小，数量多(约多几百万台)。美国研制了单机一马力以下的风车，在农村广泛地用来抽水和发电。

第三次革命当然要算工业革命了。它从十八世纪到十九世纪遍及欧洲和北美洲，利用发动机来将热能转换成动能。当初，内燃机效率只有5%，后来，蒸汽机的效率提高到10%。随后又提高到25%至50%。我在这篇文章中还要谈到提高发动机效率问题的重要性。但是，最重要的一点是发动机的发展大大提高了社会的生产力和减少了社会对畜力及人力的依赖。世界上再没有任何国家比美国更大量地使用发动机来减轻人和牲畜的劳动负担。在美国，由于发动机的广泛使用，使牲畜比人类更好地从劳动中解脱出来。

工业革命还带来了一个重要的结果，即用煤作为能的主要来源取代木材，使发动机做工。这一取代的原因，当然是由于对能的需求的飞速增长很快使木材资源耗光。因此，人们必须向贮藏量更广大的煤去寻找资源。实际上，木材已不适宜作工业革命的燃料了，因为其需求大大超过了当时现有的森林管理技术所能保证的木材再生率。甚至在这场革命以前，13世纪和14世纪英国铁器时代的进展就已经引起了大规模的采掘

煤的开始。到20世纪初，美国自产的煤可以满足其所需全部能源的90%左右。

工业革命的发展带来了化学和化学工程的重大发展。这些发展大大扩展了人类利用各种方法制造数量更大、品种更繁多的物质的能力。从那以后，电的产生和输送，以及长距离通讯，在很大程度上得到了发展。前者在美国农村消灭了风车，而后者不仅大大提高了人们传播信息的能力，而且大大加强了借助于新的电磁传感器及其它探测仪，去获取新信息和新技术的能力。这一电磁学的飞跃带来了交通上的一场相应的革命。这场革命的目的，在于促进人类为了解我们的周围世界而作出直接的努力。这后一种努力随着第二次世界大战后亚音速飞机运输，及随后超音速飞机运输和火箭发射宇宙飞船能力的发展得到了不断的提高，那么，实际上，从人类相互作用的能力这一意义上来说，地球现在变小了。当然，这种能力所产生的一个重要结果，就是使我们能够有今天在这里召开这个国际会议的这种良机。

从工业革命到运输革命整个期间，各种技术发展阶段的根本问题，是增加了对能源的需求，因此，从19世纪后半期开始到整个20世纪，加速发现和开采了的大批地下石油宝藏——包括油和天然气，使之用来满足不断高涨的能源的需求就不足为奇了。因而，例如到1920年，在美国，约有25%的能源是来自石油。1930年，这个数字增加到50%，到了1970年，油和天然气占美国总能源来源的70%以上。与煤相比较，油和天然气更清洁。也容易控制。它们是运输和石油化学工业所必不可少的原料。这两种燃料也相对比较便宜。并且，直到70年代初期，它们也比较容易得到。因为那时，美国国内的经济发展和能源消耗二者之间是以一对一的关系向前发展的。

在一代人以前，就曾预计，不仅在能源上，而且在物质生产及消费上都将引起一场全球的上升趋势。物质消费将由60年代中期的年产7亿吨增加到本世纪末约70亿吨。其中，相当大的一部分物质将是以后期的结构化学合成物出现的。当然，这一趋势是与生产化学原料以支持塑料工业及生产化肥以支持食品和纤维工业，从而相应地增加了化石燃料的消费相一致的。

在人们预计中，世界能源生产及消耗的增长率是相当高的。以成倍的增长，直到本世纪末达到200亿吨吨标准煤的水平。1970年以前能源高速发展是由于利用控制核裂变以补充化石能源及各发展中国家不断地工业化的结果。因而，在作出这些设想时，人们就已估计到，社会可能会永远进入一个广泛应用机械化及自动化的时期，一个将可控制的核聚变用来作为用之不尽的资源，以大大增加能源的时期，以及进入一个由于计算机功能不断扩大而使信息处理、储存和分析能力感按数量级增长的时期。

世界人口已相当过剩，并且仍然在增长。预计还将增长两倍，到本世纪末将达到60亿。正如本篇文章开始讲的那样，众多的人口需要大量的能源和其它物质来维持生存和发展。总和起来，几十亿人口每年生产和消耗几十亿吨物质，并且，到本世纪末，它还将大幅度增长，而且目前这种增长已经在威胁着局部和全球的环境了。

全球性威胁的一个例子，是地球空气中二氧化碳成份的增长。在过去的二十年中，主要由于矿物燃料的燃烧及森林砍伐，空气中的二氧化碳已达到了每年平均增加0.25%。如果这种状况持续下去，到下一个世纪，暖房效应将使整个星球的平均温度升高6度之多，从而使地球回到其在70万至100万年前那种温暖的中生代型气候中去。

在局部地区，则会由于密集的当地工业和运输活动而加剧人口稠密的大都市内空气质量受尘粒、气体及热的污染。从这些或其它途径流入内地与沿海的有毒物及其它危害废物，也同样在污染着这些重要资源。这一类污染物对人类安全及自然环境所造成的危害，使得各级政府不得不采取强硬的措施，以防止各种途径的污染。在过去的几十年中，我们在限制或改善环境及健康状况问题上已经取得了重大的成就。

另一地区性危害来自物质废料或垃圾的不断增多。它们每年都超过二亿吨、70年代初在美国达到了每人每天平均5磅。因此，如何采取安全、有效的措施来解决这种对土地的危害，便成了美国的一个重大问题。但是，与此同时，我们不能忽视，还有另一个更紧迫和严重的问题在影响着我们对这个问题的解决。

这就是由于石油输出国1973~74年禁运所引起的美国进口石油遭到破坏的问题。当然，这种破坏及随后在能源、有关资源及产品的消耗和成本方面所发生的事态不仅给美国也给世界各国带来了直接和深远的影响。在美国能源是按 1×10^{15} 英热单位或夸德计算的。 1×10^{15} 英热单位大约相当于4,500万吨煤或1.8亿桶石油的含热量。从1973年初开始，实际能源的消耗猛然下降到预计消耗量之下，后来实际消耗的增长率显著减慢了。现在的年消耗量不是原计的100夸德，而是80夸德。进口石油的成本增加了一个数量级，而其它能源及有关资源成本的上升相应小些，但（其上升度）也很明显。随着近几年美国对国内石油价格取消限制，这些石油及进口石油的价格实际上正在达到平衡。

即使抛开国内和全球的安全问题，这个数量的变化也会在不久和长远的将来在国内和国际保持经济稳定和人民福利方面出现一些基本问题。因此，它促使我们去继续寻找和探索美国能源生产及消耗的各种可能方案，同时密切注视这些方案对资源及环境的影响。本文的其余部分将对这几个问题加以研究，并对两种与美中两国的共同利益有关的能源选择给予特别的注意。

70年代发生的几件大事，大大地影响了美国为满足当前和长远的需求，对必须开发新的能源资源的总量及合理的构成及其平衡的看法。

节 能

很明显，能源总消耗量必须立即减少到低于早期规划的水平，这就要求厉行节能，包括回收利用废物。回收的废物有金属、玻璃和纤维等。人们发现，用废铝罐头制铝所耗费的能源仅是从铝矿石中炼铝的大约5%，这样就从回收过程中节约了大量的能源，而且前面提到的日益增多的垃圾对于地面环境的影响可大大改善。另外，城市固体废物大部分含能密度高，如果某些电力部门和需要烧燃料的工厂不一定需要一次燃料，那么可以将垃圾经过转换作为辅助能源，这样，就积极地开辟节能的途径。

广义地说，主要的节能活动在国家的四个基本耗能部门，即发电、运输、工业过程、家庭及商业用采暖和冷却已经开始。积极的节能活动包括改进引擎的综合转换效率，例如，增加前置和后置循环改进柴油机循环过程，在某些电力公司实行热电联产，它还包括推动运输部门节能朝下述方面发展，即降低高速公路的行车速度，大量使用轻量级的和省油的汽车，更大地依赖公共交通；还包括发展能效高的制造工业，大量采用自动化生产，在一个工艺过程中或两个工艺过程间减少能源损失；最后，还包括为减少采暖

和冷却所需的能源而改善居民和商用住宅的绝热条件和温度控制，这些节能措施的重要的副产品就是减少环境污染，即减少了废热和垃圾。

总起来讲，这些和其它节能措施已经能够使能源消费下降到预计值以下，节能活动从10年前开始到现在已经节约了20%，根据这些经验可以得出下述看法，即今后美国国民生产总值的实际增长指标在能源消费增长率比石油禁运前降低一半的情况仍可以达到。例如国民生产总值增长3%，能源消费的增长只需要1.5%，而不是相应的3%，如果能够继续强调节能工作，未来能源资源：上述的背景材料对于我们审查现行的一般规律是颇有益的，规划涉及美国从现在起至本世纪末的能源资源的规模大小，多样化及平衡。需要指出，作规划时，期望能源资源总消费的平均增长率在这个阶段里不超过1.5%，这样，到本世纪末能源消费就不会达到每年100夸德（Quads合 10^{16} BTU）的数量级。

对于构成总消费的每一类能源资源，在整个时期里按照规划改变它们各自的份额，也是相当重要的。由此，石油资源的消费在这个世纪剩下的时间里就会出现减少的趋势，而对于其它资源的消费将会增长。其结果是：石油消费从80年的约70%下降到本世纪末的40%左右；相应地，煤的消费从小于20%上升到大于30%；可再生能从小于10%上升到20%左右；由矿物燃料和可再生能资源获得的合成燃料的消费在本世纪末将会维持在占总消费的10%左右。显然，这样就最终导致了更广泛地使用各种能源资源及更合理的能源资源利用平衡，减少了由于某一类能源资源的供应破坏引起的严重影响。关于这些总趋势的原因及后果还要简单地谈一谈，然后就要更详细地探讨两类资源，不可再生能源——煤和可再生能——木柴。

首先考虑石油，在本世纪剩下的时间里，美国石油消费下降的趋势反映了人们的这种认识：无论是国内生产的或从国外进口的石油价格会持续上涨，且仍然潜伏着供应破坏的危机，大多数人持这种观点，即世界石油（和天然气）的储量可能在下一世纪的早期就不再增长，最终导致下降。其实在美国早已经历了这种局面，只不过因为近年来不断的勘探和扩大油田的活动减缓了这种下降的趋势，但是不能指望这样就能从根本上制止这种趋势，即使我们在如下地区作更大的努力，例如在第三纪构造，在大陆架以外及其它更险恶的环境中进行有效的钻井活动。同时还值得指出，由于潜在的石油井喷，这些钻井活动使当地的环境有被污染的危险。另外，作为化工原料和特殊的燃料，对于液态的和气态的能源资源的需求还会继续增长。这些合成燃料显然可以从其它的化石资源例如煤（和油页岩），及生物质能例如木柴中提取。下面谈及这些资源时，还要更详细予以考虑。

其次考虑可再生能资源，它们包括核能、地热及太阳能，在这个世纪剩下的时间里，核能利用的主要特点是用核裂变反应堆来产生热和电。1980年核能的利用量大约是可再生能利用量的一半，而其将来增长的趋势在于能否成功地确保安全操作，随时中止核反应过程的应急能力以及永久性地处理放射性核废物。现在人们认为，在下个世纪前核聚变不可能发展为一种可控制的能源资源。无论是核裂变还是核聚变，公众舆论关于核动力的评价对于美国将来利用这种能源资源是至关重要的。

地热能资源，除了分布在墨西哥湾沿岸的地压卤水，主要是分布在地质期较年轻的美

国西部。这些资源包括蒸气及其它气体、含有可溶性矿物质的热水,及不可渗透的热岩和岩浆系统。从历史上看,加利福尼亚北部喷泉区的蒸汽源的利用是美国利用地热能的缩影。它表明,在80年代中期,以地热资源作为燃料的发电能力可增至2000兆瓦。地热资源早已为旧金山及其邻近地区所利用以满足当地用电需要。同时,西部对于地热资源的其它应用已转移到就近利用发电厂附近的热水资源作为发电的燃料,到80年代中期,该类发电厂总的发电能力可达到1000兆瓦的数量级。到本世纪末,对于水热资源的利用可增加一个数量级甚至更多,发电量相当于年能源消费量的4倍或4倍以上,这种资源的直接热利用也可能是同一数量级的。另外,可以预计到本世纪末利用地热资源发电和较大规模的沼气生产将会更显著地扩大地热资源的利用,在这个时期里,地热资源将是构成可再生能的重要部分。在本世纪内,热岩石不可能大规模地利用。从环境保护这个角度来看,地热在美国被认为是一种最清洁、最安全、经济上最有吸引力的能源资源。

太阳能理所当然的是无穷无尽的可再生能资源,它包括木柴和风能,在人类社会的早期,它就已起了很重要的作用。木柴是生物质能系统的主要组成,是太阳能的一种。除了风能系统以外,太阳能可分为加热和冷却、光电池、太阳热动力、海洋热动力和水电系统。在1980年,太阳能的消费量几乎为可再生能消费量的一半,这主要是指消费生物质能(木柴)和水电。可以期望,在本世纪末,上述资源类会继续在扩大太阳能的利用中占主导地位,虽然规划中的其它资源类也会起越来越重要的作用。风能、光电和海洋热系统特别适用于增加发电量,例如,安装在现代先进的航空设施上的风力涡轮机,特别是应用在直升飞机上;以及安装在太阳、电池板上的光电转换器,我们在宇航中获得了应用这种技术的经验。太阳热系统同样在发电中有重要的应用,例如利用盆碟状的集热器提高工作的温度,它们还可作为工业和其它用途的不同温度的工艺热。平板状的集热器主要适用于商业和家庭采暖,作物的烘干冷却。太阳能具有广泛应用的前景,特别是在节能和改进能源储存能力这些领域中。

在总的能源消费构成中,太阳能最终究竟能占多大的份额?完全取决于它的成本能否与别的可替代能源资源竞争,考虑成本时应计及环境影响及相对资源需求。能源的替代情况的变化依赖于太阳能资源各特殊分类的特征,对这个问题作进一步的探讨是很有益的。太阳能诸形式中木柴是最丰富的燃料和原料。最丰富的可替代燃料和原料是煤,它在总消费中所占的份额将会增大,在本世纪剩下的时间里,煤的消费仅次于石油。煤是一种非再生能资源,而木柴却是一种可再生能资源。所以,在今后的长时间内,这两种资源既相互补充又相互竞争。最后,我还要指出,相对来说,中国和美国的煤和木柴资源都是很丰富的,因此它们是使我们互相感兴趣的。

煤:

煤炭工业,从全国各地的供应部门到用户,已经形成了一个庞大复杂的系统,它与社会和政府的各级部门都有着联系。调查一下该系统的开采或煤炭生产,即可对这一事实有所了解。当今开采出来的所有煤中,约95%是烟煤(包括次烟煤),其余的小部门中主要是褐煤,而无烟煤少于1%,约一半以上的煤产于美国阿帕拉契地区,其余的平均分布在美国中部与西部地区之间(每地区平均22%左右),西部地区的煤产量中,是以大普兰斯北部地区为主,该地区预计会在将来的煤炭开采增长中起着重要作用。

采煤方法按其性质分为露天开采和地下开采。煤矿总数约6000个以上，其中60%为露天矿，40%为地下矿。矿工总数约25,000人，露天矿约占1/3，地下矿2/3。采煤公司总数约4,000个，总产煤量中几乎一半是由20家大公司生产的。开采工业的产值约为200亿美元/年。

然而，开采仅是煤炭系统的一个开端，重要的是要了解该系统的所有基本组成部分和它们之间的相互关系。开采之后，接着有下列几部分：

- 矿区选煤或处理煤，包括破碎和洗选；
- 煤炭运输，可以采用铁路、水路、卡车或煤浆管道等方式；
- 工厂选煤，包括进一步洗煤和破碎，以及储存；
- 工厂使用煤，煤单独使用或与油或水混合用于直接的常规燃烧，或采用常压流化床燃烧器或其它转化系统；

——废物处理，包括用沉淀池或洗涤装置除去烟气中的粒状和气态污染物，从燃烧器或反应器中除去渣和灰，以便清除和处理烟道气脱硫的残渣。

虽然地下开采使用的连续采煤机数量增加，而且出现了长壁采煤，自70年代中期以来，用大型挖掘设备得到的露天开采量还是超过了地下开采量。值得注意的是，在70年代里，露天开采和地下开采的劳动生产率都显著下降。露天矿出现这种情况的主要原因是因为许多州提高了土地恢复标准，而地下矿的主要原因是由于实行了1969年为减少矿工伤亡而制定的煤矿保健和安全条例。

铁路运输煤炭在本世纪中仍然占主要地位。二次世界大战后，公用事业用煤持续增长，现已达到了占优势地位。今天，美国的全部发电量中，约有50%是从煤中产生的，值得注意的是，矿口发电厂自60年代后期以来对电的增长做出了贡献。

煤炭系统是由供应系统和使用子系统组成的。这些子系统的各组成部分是相互依赖的。例如，从阿帕拉契和美国中东部开采的中硫煤(>1%)和高硫煤(>3%)可能会使矿区选煤和废渣处理更困难和费用高。而从大普兰斯北部开采出的低硫煤(<1%)可能会使煤炭通过铁路或水路或其它方法运到东部的工厂更困难和费用高。这些子系统的组成部分也可能有着共同的问题，这些问题包括采煤带来的环境影响(如：从露天矿出来酸气)或由于工厂利用(从烟气所含的硫中形成的酸雨)以及由于地区运输带来的破坏，这是由于长串装煤火车穿过城镇所造成的。子系统的组成部分也有着共同的财政问题，为扩大煤炭在将来的有效利用必须将这些问题解决。这些问题包括：为扩大煤炭供应量开新矿或扩建老矿，为能运输更多吨位的煤改进现有的铁路路基或铺设新线，建新的燃煤设施和工业，并用燃煤锅炉替代公用事业设备和主要燃料燃烧装置中的燃油锅炉，以及开发新的合成燃料厂(准备在以后详谈)，以上各项都需增加费用。

从许多要考虑的因素来看，毫不奇怪，许多联邦机构在煤炭系统的开发和维持中有着重要的责任(管理、发许可证和起鼓励作用)。这些责任包括环境影响规定，包括开采在内的土地和水的利用、地面运输选择和州与州之间的商业额，以及在州和地区的许多相对应的责任。据报道加利福尼亚能源项目的限制规定将那个州的责任范围和种类加以集中。结果，需要10年时间使该州的一个主要的燃煤电厂投产。

煤燃料在电力和燃料燃烧工业直接燃烧所具有的优点是：放出的每单位能(BTU—

英热单位)目前比油和天然气便宜。而从煤中衍生的合成燃料,无论是气体还是液体,都不具有这一优点。然而,随着油和天然气的价格进一步上涨,据估计到本世纪末,煤合成燃料的成本可以与这些石油燃料竞争。从煤中生产高、中 and 低热值煤气的工艺已有或正在研究中。生产低热值煤气($900\sim 1,000\text{BTU/SFC}$)的鲁奇加压气化工工艺受到拟议中的商业化生产厂欢迎。对于生产中热值煤气($300\sim 600\text{BTU/SFC}$)的系统,鲁奇与温克勒和柯一托法(K-T)正在受到主要的注意。上述系统与固定床系统,包括:Stoic, 威尔曼——格鲁沙和伍德尔——达克汉姆系统,也可用于低热值($100\sim 200\text{BTU/SFC}$)煤气发生器。高热值煤气化厂适于建在离天然气管道很近的地方,合成气可以通过这些管道输送出去,而且实际上可以与天然气混合在一起。大量的中热值煤气可以经济地运到离发电厂很远很远的工业用户,而低热值煤气必须在电厂附近使用。少量工业应用的低热值煤气化炉现已商业化,有许多已投产。

合成液体系统是以直接和间接液化工工艺为基础的。间接液化是第一代工艺,和前面提到的许多气化炉一样,这项工艺可以在美国国外操作。在南非大型沙索尔合成燃料综合工厂里的费托法是个值得注意的例子。直接液化是第二代工艺,用溶剂精炼煤和加氢溶剂技术为将来生产更有效更便宜的燃料带来了希望。直到最近,普遍的看法还是认为合成液体厂应当建在矿区。

美国能源部支持的最近的研究已弄清楚了在美国如何实际发展合成燃料工业及发展过程中可能遇到的问题。这些研究包括低热值和中热值煤气化的应用,其范围从工艺用热到为美国不同地区提供化工原料和公用设施的燃料。间接液化研究有19个项目,6个是高热值煤气化项目。

检验液化项目提出的产品及地理位置是很有启发的。19个液化项目中有18个是生产甲醇,其中7个将用Mobil—M法把甲醇再转化成汽油。其余项目集中在采用费托法生产各种燃料和化学产品(沙索尔型设施)。主要原因是因为这些产品可能在近期具有竞争性,但是它们还处于研究中。提出的液化项目的地址与早期的想法有出入。尤其是,它们不在矿区。实际上,19个项目中只有12个是在矿区,这一结果对于根据将来的市场决定工业选址的想法是有影响的。

有些一般资源问题甚至已被完全证实了的第一代工艺的可能应用所证实。这些问题包括高的基本投资,建一座日产油5万桶的工厂约需30亿美元;技术工人密集,建设高峰期人数超过10,000,工厂运转时稳定在5,000人,在这些活动的时期,总人数相应增加,这对于提供临时和稳定的公共服务如:学校、道路、公用设施、警察、消防和保健设备等都带来了更大困难。仅这些设施的费用就约有1亿美元,而且都必须在收到税之前预先投资。另外,还存在着工厂设备和自然资源的获取问题,包括建厂的土地、运输进出口和工厂生产用的水电。

对于扩大煤炭利用来满足国家能源需要来说,足够的水是最大的自然资源问题。据估计,从煤(或油页岩)中每生产一桶合成燃料需要用水 $2\sim 4$ 桶。在许多情况下,需要水的地方也恰好是为其它的主要目的,如农业,需水量很高的地方。因而,也许有像大普兰斯北部这样重要的地理位置的地区,在该地区水成为合成燃料开发的关键资源,水权问题,包括输送能力问题可能是关键性的。因此,在合成燃料的生产中,水的重新

使用和节约可能是一项需要进行的重要的开发研究课题。

从整个环境污染来看，生产合成燃料存在着根本问题。即对合成燃料的生产还不能完全确定污染控制的要求和标准。因此，即使是对于第一代工艺也还不能确定设计要求。可以预计，这种不确定性继续下去可使生产厂的设计和建设推迟。对于加速确定有毒或有害物质的合适的处理方法和要求，科学技术有着重要的责任。

采煤和运输当然必须与煤的扩大使用成比例地增长。如前所述，预计在低硫煤储量高的大普兰斯北部地区的采煤量会显著增长。不论在什么地方出现增长，一致认为存在着足够的力量可以提高开采量或者可以很容易地发展这种能力。但是，对于开新矿有许多规定（联邦、州和地区），相互作用。其结果在西部煤田需要大约4年或更长时间才能取得一致。在煤炭运输方面，计划在下一个十年或再长些，将运输能力提高一倍，大部分还是要靠铁路。在这种情况下，期望在西部高原发展重要的铁路网（中转站），重点放在内布拉斯加州。内布拉斯加的铁路运煤量到90年代相应地达到1,000亿吨公里/年。其结果需要提高铁路运输能力来解决煤运输量增加的问题。

从上述考虑的不同方面可以清楚地看到，在本世纪剩余的时间里，美国用煤的计划增长率将使现在已是庞大复杂的煤系统再扩大，并为合成燃料生产带来了新的工业组成。这些新的组成实际上是化学加工厂。这些厂可以建在矿区、中间地区或使用地区。工厂规模范围从小到大，日生产能力达5万桶油的大厂到本世纪末约有25个。煤系统的基本组成部分以简单形式于这些组成部分（从开采开始，接着是矿区处理、煤燃料运输、中间地区处理，煤燃料进一步运输，工厂处理，最后到工厂使用部分，一共有7个部分。）每一步骤需要资源输入而且对环境有影响。还值得注意的是，为满足系统的经济规定限制，科学技术在每一步骤对于减小资源输入和环境影响都起着重要的作用。然而，科学技术为达到这一目标所作出的贡献并不是无限的，要完成这项任务需要时间和钱。而且，很清楚，规定和经济限制不是独立的一规定越多越苛刻，系统的费用越高，很可能其费用将超过煤燃料在能源市场竞争的经济限制。在用煤来提供足够的能源为社会做贡献的过程中，规定不能比保护其它的公共东西（如充足的干净空气、干净水和食品）所需的更苛刻更多是很重要的。

薪柴：

了解目前以及正在出现的薪柴能源潜力的大小并重视美国近期和今后长期对这一能源开发所进行的活动是重要的。

首先看一下薪柴能源的潜力，据估计，在美国商品森林土地上种植的薪柴年净增长量大约相当于一年7个quads的能量，其中，有2个q是作为森林的废物留在森林；1.7q作为森林的增长；约1.5q作为工厂的残渣，总的年增长量的四分之一转换为主要的森林产品，所以，森林产品工业成为日益增长的废品和多余木材使用的主要对象，而不是用矿物燃料来为生产提供工艺用热和蒸汽。

工业上用的工厂和加工的废料提供了大约1个q或大约年能源需求量40%的能量，业已证明，这种工业和其它使用燃料的工业和居民已经利用“废木材”来满足他们的能源需求量。（所以如果把靠近森林的东北、东南、西北及美国中部这几个地区加在一起

的话，综合利用“废木材”作为能源确实已经达到了每年2q的水平）。

从商品林和美国有关工厂来的“废木材”综合年产量相当于每年4q的水平，如果包括非商品林的话，可能的能源量大约为两倍。达到每年10q的水平。这相当于美国每年总能量消耗的10%以上。所以，这已不是一个微不足道的能量了。随着造林生物能事业的出现，预示着从长远来看，这种能量将得到大大的增长。因此在不超过更新的速度下，更大规模使用木材能源的可能性，无论从短期还是长期来讲都是重要的。

这些事实不是没有得到公认的，值得注意的是，除了产生蒸汽和加工用热的直接燃烧系统以外，在美国少数几个制造厂已经采用了利用借空气气化器的低热量单位的气化技术。已经有少数几个气化器的工业装置，应用它们的初投资和运行费用正在制定。此外，由于产生的燃料气体的能量密度低，所以其应用随使用条件的不同而不同。因此，尽管它们具有可以对现有的许多燃油和燃气锅炉进行改装的特点，但是这种改装的增加还是受到规模经济性的限制。

对中热值气化器和高热值气化器来说，用木柴与用煤一样不太受运输的限制，具有广泛的工业和居民应用用途。包括各种工艺及房间取暖用燃料，运输及发电用燃料，以及石油化工原料用燃料，因此，它们原则上适用于集中供汽的燃料或者分散用户的集合原料来源。这些情况着重指出了利用中热值气化器和高热值气化器技术作为能量转换生产所采用的规模大小的经济性。但是值得注意的是，总的来讲，这些技术还不能代表用木材作气化器原料的整个技术水平。

在木材能源转换技术正在进行的发展领域了解一些实例是有益的。例如：有现象表明，多固体流化床气化器（MSFB）对中热值燃气的生产来说是一种比较有吸引力的概念。而对合成天然气和从木材中得到的原料气的生产来说蒸汽催化燃气发生是更有吸引力的概念。在后一种情况中，需要研制一种长寿命的催化剂，而对前一种来讲，还面临着为MSFB发展一种耐用的浓相（dense phase）问题，MSFB的一个主要优点是取消了中热值气体生产中所需要的纯氧要求。这一优点再加上对木柴尺寸要求的减少大大提高了利用MSFB将木柴转换为气体燃料成本的有效性。如果再增加一些氧气的话，就可以对合成天然气体的生产产生一种吸引人的趋势。增压的作用以及加入到这些或其它气化器中的木柴形式变化的作用也需要进一步研究。

木柴的直接液化在目前来看还不是特别有希望的。然而，通过与间接液化比较，即使能够成功地研究出这种方法，也不太可能是优越的。这种推测的理由是：由于木柴中的粘结能低，因此，木柴从气相到液相过程中的能量损失要比煤小，间接液化法（即生产甲醇）目前正在研究中。

用木柴直接燃烧来制造工艺用热和蒸汽以及发电当然是一项成熟的技术了。目前在木柴加压燃烧方面利用多级旋风分离器净化产品气体的研究显示了希望。然而，提高这种应用的有效性至直接用于燃气轮机发电系统。……（原文未完）

当然，在木柴转换设备方面，还有其它许多技术都在研制当中。然而，不论什么技术都和煤一样，必须把转换工厂仅当做从木柴生产到运输转换直至转换产品的终端用户这一整个系统的一个部分来看待。现在值得注意的是，木柴能源系统，至少到转换，与矿物能源系统是根本不同的。这种差别的根源在于，用木柴燃料或原料做为主要资源本

身就是一个依赖于表面积的生产，每个单位表面积能保持的生产率要远远少于（几个数量级）象煤那样的矿物燃料的生产率。此外，木柴的能量密度大大低于煤的密度（三分之一至三分之二）因此，木柴的运输成本比煤高的多。这种运输成本的差异将进一步提高。因此，木柴的地区分配一般都倾向于用卡车输送，这种运输方式比铁路运煤昂贵。由于上述原因，木柴燃料或原料的经济运输距离一般被认为在100英里之内是合理的，即使木柴是在致密或压实的情况下运输，距离一般也都不超过几百英里。

上述基本考虑的最终结果是：在经济上具有吸引力的木柴能源系统包括木柴的生产、运输和转换将受到地理上的限制，并在从产地到换地的经济的运输距离方面受到约束。如果转换的产品也属于能量密度低的话，如：工艺用热和蒸汽，或低热值气体。那么这些转换产品的用户将同样受到地理条件的限制。在这两种情况下，薪柴能源区域的概念逐渐形成，而且由于它关系到一大批自燃油或天然气的工业直接使用薪柴从中得到的低密度燃料改造的近期可能性，因此，薪柴能源区域的概念已经得到了进一步的发展。

还有一个建立一种包括薪柴能源转换系统的全新工业的长期可能性，其能量密度较高的产品可以在许多同样多种多样和分散的新市场上与从矿物燃料中获得的可比较产品进行竞争。这种可能性由此产生的挑战其重要性与在今后较长时期内，大规模（每年许多夸德）地从煤（油页岩）中提取合成燃料是一样的。这样一种薪柴能量转换系统包括三个步骤，从薪柴的生产开始，通过运输到最后的转换。

薪柴的生产包括收割、集中和加工，然后用卡车将得到的薪柴燃料或原料运送转换厂的贮运设备上。这种设备总带有存储装置，常常包括测量尺寸以及薪柴在转换前的干燥等措施，生产现场的加工通常包括树木的切碎，然后是临时的存储或直接装在运输货车上，这种货车是一种专门设计的拖拉机与半拉车组成的，生产现场加工还可能包括运输前的烘干、压制甚至热解。

如果薪柴的来源是“废木料”的话，那么进行转换用的薪柴的生产可以从面上分布的来源（如森林废料）和点上来源（如工厂废料）中获取。前者一般主要用于大的薪柴能量转换系统，在造林生物耕作生产的情况下（一般得到的薪柴主要用于能量转换），面上分布的资源很可能就是唯一的来源了。最后人们注意到转换设备，不论是什么方法和终端产品，必须包括控制和排放加工过程中产生的所有废料（如灰）的设备及成本。

以MSFB技术为基础的转换设备的成本分析表明，在每天相当于500千吨范围的能力下，MBG转换产品在成本上可以与可比较的石油产品相竞争。对通过催化蒸汽汽化设备生产出的沼气和甲醇来说，在每天2,000DTE的能力下，表现了同样的结果。除了这些发展中技术的成本有效性提高外，规模经济的有利作用对其产品潜化的成本竞争性起到重要作用，的确对这些规模作用的近期研究表明薪柴能量转换系统要将转换产品的平均成本减少至最低限度的最佳能力可能是在每天几千个DTE的范围内，这一规模的系统就可与前面谈到的煤的转换系统在能力、成本和劳力密集方面相匹敌。同时，薪柴的生产、运输和转换因素就必须在地理和功能上紧紧结合在一起。最佳的转换系统应该是这样布局的，即整个生产区域应该被交通线路环绕，转换厂位于整个生产区域的中心，从转换

厂到各个生产场地之间形成一个幅射形的交通线路。

对这种系统的薪柴生产来说几乎是必定需要林业生物作业法以减少所需的和产地有关的运输成本。在这方面值得注意的是,采用这种作业技术使单位生产面积的生产率提高,生产成本大大降低,从而使转换产品的成本效率进一步提高。用于能量转换的有吸引力的薪柴的品种是生长很快的硬木。例如,象桉树和白杨种植技术包括对这些品种在短期轮种制度下的勤耕和密植,预计每一种植的生产生命期为30年,预计种植收成和树叶收成的轮种期为6年。勤耕包括正常灌溉,每年用飞机施肥及在轮种的第一年每半年用机械除草。

当然在关于提高薪柴资源生产和利用方面,还有许多问题需要进一步提出,其中最主要的是以能源为主的薪柴生产的占地问题,随着造林生物种植以每亩年7 DTE的速度发展,需要一块面积大约相当于密西根州大小的生产地区年产量为5 夸德的薪柴按照最佳转换系统布局的要求,一个生产能力为15,000 DTE,输出产品相当于每天50,000桶甲醇的综合转换系统需要一块范围至少为20英里的地盘,以保证薪柴的生产。同时,要保证薪柴的生产,还需要将周围国营或和私营的生产地区集中组织成一个富有生命力的生产区并能为位于中心地区的转换厂按照规定的品种、质量提供薪木。在建立薪炭林能源区方面,有些州已取得进展,其中,尤以密西根州最突出。

薪柴转换设备的环境污染问题也许要比煤转换设备小一些,主要由于薪柴与煤相比含硫量要少得多。更一般地讲,综合的大型薪柴能量转换系统必须与可比较的煤转换系统一样遵守环境保护规定,而这些环境规则与两种系统都是处于发展阶段的一个重要的区别是林业生物的种植可以加入森林资源,减少空气中的二氧化碳而煤则不具备这个有用的作用。当然,这种结果是薪柴资源在再生过程中产生的。

还值得注意的是,薪柴和煤或其混合燃料可以直接燃烧和用于流化床反应器,这样,就可以改善或者避免由于两种燃料的提供而造成的转换设备运行的破坏。在这方面,薪柴和煤在其应用于就可以在相补充以满足国家在今后长期内对能源需要量的很大一部分。

结 论

现在已经很清楚了,地球所能容纳的人和资源都是有限的,资源中包括能源资源,它是人类活动所需要的。能源的生产和消费对于人类活动是至关重要的,但另一方面它又与人类所需的基本资源竞争,这些基本资源是人类活动所需要的,包括食物、居住和休息。这些资源就和土地、水、空气一样是必不可少的,所以无论是何种资源平衡,都必须有这个约束条件:力求使环境影响极小来保持基本的生态平衡。为了在现实和将来有效地维持这种平衡,保持科学技术的系统优势,工业界的不断创新及明智的国家政策是非常重要的。

任何规划中的可替代能源及与之相联系的资源的某些细节方面都会随着世界上不同国家和地区而变化,且总是以各种不确定性作为其特征,不仅仅是指由于某种原因而引起某种可利用资源的供应破坏,如果能达到多种能源资源间的平衡就可以减少由于供应

(下转19页)

未来的可再生性燃料

M·卡尔文

几乎可以肯定，我们将来一定会需要可再生性的燃料。其主要原因不仅是我们现有的清洁的烃和天然气资源会耗尽，而且是由于矿质的碳燃烧成二氧化碳而带来的不可克服的空气污染问题，最直接的可再生性资源当然就是每年都在生长的植物本身。其中有些直接产生烃，因此可能是经济的。植物藉以吸收太阳能（Solarquanta太阳量子）并将之转化成稳定的化学物质形式的那种机制在较远的未来可能被用来设计出与该机制起同样作用的全人造设备来。

序 言

我们的大部能量处于光合作用后化石化（fossilized Photosynthesis）的形式。这类能源最方便的形式是液体或气体。不到十年以前，我们注意到石油供应问题的严重性，今天我们的石油需求量由美国国内资源供给的还不到50%，而且这部分资源还要继续下降。这样的石油和天然气的供应越来越难找到了。衡量有多少石油可供利用的方法有好几种。价格并不是衡量能否供应的一种手段。我研究了一些供应的方法。一种方法就是求出每钻进一英尺能找到的原油桶数，划出它与时间的关系，自1945年以来，每钻一英尺井所找到的原油桶数一直在不断减少。这就是说寻找石油的成本在不断地增加。这可以表示为找到一桶原油需要多少能源单位，即钻井和采油时花费的能源费用，很清楚当找到一桶原油的费用（以能源单位来表示）等于一桶油本身所具有的能量时，或超过一桶油的能量时（预计2000年即将超过），用这样的方法生产石油在能量上就不再有什么经济价值了。因此，我们必须找到代替能源，而且没有问题，这将在今后20年内得到解决。事实上，在有些地方已经在这样做了。这就是说我们寻求满足对液体燃料（便于使用的高度浓缩的化学燃料）需求的其它方法只剩下不到20年了。

二氧化碳问题：增加矿物燃料消耗量的结果

我们谈到的大部分是指液体燃料的。当然我们有很大量的碳是以煤的形式提供的。诚然化石燃料在我国还可使用，但有些人提出我们必须尽最大努力去掌握把煤转化为液体或气体的技术。做到这一点要花费很大代价，不只是花费大量的金钱，而会由煤产生

注：此文作者系美国总统科学顾问委员会委员，曾获诺贝尔化学奖。

致癌物质，可能更重要的是会影响气候参数，造成整个世界发生全面的变化。我们把煤放在首位的实际原因有：美国工业区有酸雨的污染源，烧煤的发电厂排放出致癌物（多环芳烃是公认的致癌物），当然还有固体灰尘问题。花费一定的投资，这三个问题都可从烟囱中把它们除掉。但是，如果烧煤的话，有一个影响是不可逆的。而无论采用什么方法烧煤，从煤中得到能量的同时都要把煤中的碳转化成二氧化碳。只要从煤得到能量就没有办法避免这一点。当然烧油的时候也有这个问题，区别在于烧油时每燃烧一个原子的碳，同时烧掉两个原子的氢；而烧煤时，每燃烧一个原子的碳，同时烧掉的氢还不到一个原子，这就是说对产生单位能量来讲，烧煤所产生的二氧化碳为烧油的二倍。

近年来，在最近20~30年间，我们烧掉的煤比起油来要少。尽管如此，大气中的二氧化碳含量一直在不断上升，冬天，二氧化碳的含量增多；夏天，下降，但每年夏天都不再降回原来的含量。地球表面上没有足够的绿色植被把二氧化碳吸收下来，而且海洋也不能那么快地把它溶解下来。结果每年大气中的二氧化碳都比前一年多一些。事实上，现在二氧化碳含量增加的速度比15年前更快。我们通过测定树木的年轮中C-14的浓度，可以知道一百年前二氧化碳的含量是多少，结果发现1880年时二氧化碳的含量为290PPm，而现在则为330PPm。一百年中大气二氧化碳的含量升高了大约15%，但应指出，升高的15%中有一半是近20年内增加的，浓度升高的速度比前80年更快。

如果我们烧煤（无论是直接烧或者是把煤转化为液体、气体等）的规模达到我们现在由石油或天然气所产生的BTU（英热单位），你就会相信二氧化碳的浓度将会增加的还要快。为什么这件事很重要呢？原因在二氧化碳的物理性质。二氧化碳是一种无色气体，能透过可见光，也就是说，太阳光能透过它照进来。可见光照到地球表面，地球表面上所有的光基本上都转变成成为热，热经过再辐射进入外层空间。困难就在于此。当热试图穿过大气层和二氧化碳复盖层时，二氧化碳层不让它作为红外光透射出去。二氧化碳的影响是提高了地球的温度，其结果使全球严重变暖。

在过去100年中，二氧化碳浓度已经增加了，有没有任何早期警报呢？我们能测量由于二氧化碳浓度增加15%造成的温升，按任何气象模型，地球表面上的平均温度只有很小的变化。估算出的全球平均温升的数字只有约0.5度范围，它差不多在测量噪声之中，因此很难知道我们是否已经检测出了温度的升高。已找到了两个另外的早期警报：一个是南极冰的减少，这是由美国、苏联、英国的各种海洋研究船只测出来的。相当大块的南极冰帽的融化结果，造成海面上升。这里，再说一下，刚好在上几个星期，有一篇发表出的文章说，在过去100年中已记载有海面的变化，并提出在1880—1950年之间，每年海面上升约1毫米，在1950—1980年之间，上升数约加大一倍，即每年2毫米，这使我们假定，这是另一个测量二氧化碳变暖作用的早期警报。

南极冰帽相对于地球回转中心的转动惯量很小的。如果物质由冰帽挪到海洋，例如到赤道，则同样质量物质的转动惯量就要大些，那就会使地球的转动慢下来，如果测量准确度很高的话，这个转动速度是能测出来的。

我们现在有三个相当独立的早期警报标志可说明二氧化碳的作用。用实验观察到的全球性的二氧化碳的增长是很明显的，而其结果是提高了全球的温度。在地球上的各个部分的小气候将发生变化，适于农业的地区将变得不合适，而现在不适于农业的地区，