

可再生能源 与环境

E. 埃尔欣纳维 等著
A. K. 比斯瓦斯

沈建国 译
倪彭年 校

中国环境科学出版社

可再生资源与环境

E. 埃尔欣纳维 等著

A. K. 比斯瓦斯

沈建国 译

倪彭年 校

中国环境科学出版社

1985

内 容 简 介

本书论述了地热能、太阳能、风能、海洋能、水能、生物质能等可再生能源在世界能源供求中所占的位置和未来的发展潜力,介绍了世界一些国家利用这些能源的技术和方法,着重阐述了开发利用可再生能源对环境所产生的影响。此外,本书还扼要地总结了全球能源利用和消费的变化过程,以及这些过程对世界各国的经济发展、工业结构、人民生活 and 贸易的影响。

本书可供从事环境保护工作及能源工作的科技人员、干部及有关大专院校教师、学生参考。

Essam El Hinnawi & Asit K. Biswas
RENEWABLE SOURCES OF ENERGY
AND THE ENVIRONMENT
Tycooly International Publishing
Ltd. Dublin 1981

可再生能 源与环境

E. 埃尔欣纳维 等著

A. K. 比斯瓦斯

沈建国 译

倪彭年 校

中国环境科学出版社出版

北京西郊白石桥路45号

中国建筑工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1985年11月第 一 版 开本: 787 × 1092 1/32

1985年11月第一次印刷 印张: 8

印数: 0001—3,500 字数: 180千字

统一书号: 13239·0020

定价: 1.75 元

序

寻求解决能源紧张和能源使用中带来的环境污染的途径，是世界普遍关心的问题，并为此开展了广泛的研究。

能源紧张是制约经济发展的首要因素。七十年代初出现的石油危机，一直困扰着西方国家的经济，致使发展速度缓慢，甚至停滞。另一方面，由于大量消耗石油，伴随出现的大气污染特别是酸雨污染，范围越来越大，危害越来越重，不仅成为一些国家和地区的环境问题，而且已发展成为一个国际性的环境问题。

在许多发展中国家能源也日趋紧张。首先，生活能源就很困难，长期靠薪柴维持，对生态环境造成很大的冲击。随着工业的发展，出现了能源供应的新困难。

石油在世界能源构成中占居主要地位。1982年占42%，加上天然气，大约占70%左右。但是，石油这种矿物资源随着开发量的增加在日趋减少，用掉一点就少一点，不会再生出来。据到1983年证实的蕴藏量仅为955亿吨，如果按照目前的消费增长水平计算，只够开采22年。随着勘探技术的发展，实际储量会比这个数字多，但是，毕竟是有限的。

煤炭有很大的储量，据估算世界可采储量约为8990亿吨。1982年世界产量达到39.23亿吨，在能源中占有重要地位。但是，这种能源在开采、储运、加工和使用中带来一系列环境问题，特别是在燃烧过程中释放出大量烟尘、二氧化硫和其他有害物

质，造成严重的大气污染。从产业革命开始直到本世纪五十年代的公害泛滥时期，煤炭使用引起的环境污染都占居主导地位。正是由于这种原因，它被石油取而代之，处于次要地位。除非找出加工使用的新途径，否则，恢复它在能源结构中的主宰地位是困难的。

核电是一种新型的和巨大的能源。初步探明可以利用的天然铀的储量相当于18500至25600亿吨煤的能量。1985年核电量将占世界总发电量的17%以上。核电的开发，是科学技术的伟大成就。核电与煤炭和石油相比，是一种清洁的能源，对环境的污染是轻微的。但是，这种能源有很大的潜在危险，人们对它的疑虑重重。预计到本世纪末发电量将上升到30%以上。再多，看来也是困难的。

总之，在人类已经开发利用的主要能源中，数量都是有限的，并且都对环境造成这样那样的污染危害。

那末，有没有一种既无枯竭之虞，又不污染环境的能源呢？有的，这就是可再生能源。包括生物质能、水能、风能、地热能、潮汐能、太阳能等等。可以说这些能源是取之不尽，用之不竭的。这些能源虽然对环境也有一些不利的影响，但比较而言，是很微小的。有些人预言，下个世纪的能源将是可再生能源的时代，能源使用伴随而来的环境污染问题将一去不复返。

在可再生能源中，水能是巨大的，而且技术成熟，可以大量开发。西方国家开发程度虽然较高，但也不过40%左右，潜力还很大。我国水能资源巨大，可开采的水能资源居世界第一位，可开发的水能资源3.78亿千瓦，年发电1.92万亿度，目前开发利用的只占3.4%。如果全部被开发，约为目前全部发电量

3277亿度（1982年）的6倍，我国能源的供应就将十分富余了。

生物质能、太阳辐射能、海洋潮汐能、风能以及地热能等，也都是巨大的能源。但目前乃以小型分散的形式在开发，在能源结构中所占比重不大。大规模地开发利用这些能源还有困难。因此，这种能源不能满足经济和社会发展对能源的巨大需要，还要积极开展科学研究，提供大量开发的条件。

我国是一个地域辽阔、人口众多的发展中国家，人口的80%在农村。随着农业生产水平的不断提高，越来越多的人离开农业生产从事工业和商业活动，以集镇为中心的农、工、商联合经营正在蓬勃发展，仅仅乡镇的小型工业企业就达140万个。这种经济活动的一个显著特点是小型、分散。可再生能源的发展，为这种经济对能源的需要提供了广阔的前景。因此，可再生能源对于我国具有更加重要的意义。

《可再生能源与环境》一书，简明地介绍了可再生能源的发展过程和今后的趋势，客观地评价了对环境的利弊。这本书对于我国的读者是富有参考价值的。

本书合编者埃赛姆·埃尔欣纳维博士是埃及国际研究中心环境地理化学研究员，曾于1967年获国家科学奖。1976年以来，他在联合国环境规划署任能源工作组主席等职务，参加了《世界环境——1972—1982》的编写工作。

埃西特·K·比斯瓦斯博士是国际上知名的自然资源和环境管理方面的专家。1979年，他应中国科学院地理研究所的邀请，参加了我国南水北调工程的可行性研究工作。1983年初，在联合国环境规划署和城乡建设环境保护部于广州联合举办的环境影响评价讲习班上，他组织邀请了世界上知名的专家前来

讲课，并亲自宣读论文，介绍他在这方面的经验，对我国的环境影响评价工作起了推动作用。

当比斯瓦斯先生得知在中国出版这本书的时候，他要我写一篇序言。我高兴地接受他的建议，不揣冒昧，就写了这样一篇小文。

曲 格 平

1981年盛夏于北京

前 言

在七十年代，人们普遍认识到，矿物燃料资源尤其是石油和天然气，在自然界终究是有限的。许多国家应当探索利用其他能源的可能性，从而建立一个适当的能源复合体，来满足他们持续发展的需要。近几年来，已提出了几种未来世界能源需求和供应的方案，但这只是粗略的预计，有很多未知数，因为这些方案的基础是不同的，有的甚至是难以预测的估计。未来能源的可获性，将受新的发现、生产技术的改进、新能源的开发以及经济的、社会的和环境限制等诸因素的影响。

鉴于矿物燃料资源的有限性，人们不得不重新考虑使用那些在自然界不会枯竭的、可再生能源的可能性。就全球来说，可再生能源的资源极其丰富，并具有无穷无尽的再生潜力。根据目前的技术状况，难以估计现有的技术和经济力量能开发多少这样的资源，可再生能源对未来整个世界能源供应系统有多大贡献。然而，不应低估可再生能源在满足未来部分能源需求方面的潜力和作用。在发达国家，开发可再生能源的战略是减少对矿物燃料依赖的现行政策的一个组成部分。在发展中国家，尤其是那些缺乏矿物燃料资源的发展中国家，可再生能源带来了满足未来部分能源需要的希望，农村地区尤其如此。没有一个雄心勃勃的、根据各地分散的能源制订的农村发展规划，农村人口迁往城市的问题将更加尖锐，这将进一步加剧已经十分严重的城市问题。1976年召开的联合国人类居住区会议集中讨论

了这个问题。1977年在内罗毕召开的联合国沙漠化会议也强调了利用当地可再生能源的重要性，以减少干旱和半干旱地区树木过度砍伐，因为乱砍滥伐是引起沙漠化的最重要的原因之一。联合国大会决定于1981年8月在内罗毕召开联合国新能源和可再生能源会议，使可再生能源的重要意义成为当今的中心问题。

可再生能源可能同任何其他能源一样，在各个民族、各个地区，甚至在全世界范围内产生一系列的环境影响。在这些影响中，资源的可获性及其分配，可能与污染问题本身一样起重要的作用。土地和水的利用、污染物的排放及其对生态系统和人类身体健康的影响，不过是遇到的问题的一些例子而已。我们需要更好地去了解能源对人类生活的发展、生态系统和总的环境变化过程产生的所有影响，仔细地权衡环境改变带来的长期的实际得失。完善的环境管理应当立足于避免资源浪费和造成污染。这与等环境退化后再治理相比，更为恰当和肯定有效得多。

本书着重论述了不同的可再生能源对环境的影响。在编辑过程中，得到不少尊敬的同事们大力协助。本书各章阐述的观点是各位作者自己的观点，不一定代表他们所属的组织机构或联合国环境规划署的观点。

我们希望，读者们将会感到本书公正地评价了不同的可再生能源对环境的影响；并且希望科学界指出我们在环境知识方面的许多欠缺之处，使我们为之加倍努力，找到适当的方法去解决已经遇到或将会遇到的问题。

我们感谢为撰写本书而通力合作的各位同事和联合国环境规划署执行主任莫斯塔法·卡马尔·托尔巴博士。在他们全心

全意的合作下，本书才能付梓问世。几位热心的科学家审核了部分章节，并且提供了最新的资料，我们仅向他们致以谢意。

A·艾尤和A·费尔南德斯两位女士负责原稿的打字工作，对她们的辛勤劳动也表示感谢。

E·埃尔欣纳维

1981年7月于内罗毕

A·K·比斯瓦斯

1981年7月于牛津

目 录

前 言	ix
第一章 可再生能源的前景	1
第二章 地热能	29
第三章 太阳能	65
第四章 风能	112
第五章 海洋能	134
第六章 水电能	149
第七章 储能系统	178
第八章 生物质能	201

第一章 可再生能源的前景

E. 埃尔欣纳维

联合国环境规划署



图 1 澳大利亚的一棵变色桉树在被砍倒
(联合国粮农组织供稿)

引 言

自从史前时代以来，人类社会消耗着越来越多的能源。据1925年至1950年的数据分析，商品能消费总量的平均年增长率为2.2%。但是在1950年至1960年的10年里，增长率是4.9%，增长了一倍多，在其后的10年里，增长达到了5.6%。1950年全世界商品能消费总量为 $25 \times 10^8 \text{t}$ 煤当量，1970年为 $65 \times 10^8 \text{t}$ ，1979年达到 $87 \times 10^8 \text{t}$ 左右（联合国1980年统计资料）。能源消耗的上升，是人口增长和经济发展的自然结果。1950年世界人口为25.13亿，商品能每人平均消费量约为 1000kg 煤当量。1979年世界人口达43亿，商品能每人平均消费量约达 2000kg 。也就是说，在30年中，全世界商品能每人平均消费量增加了一倍。

人们普遍认为，国民生产总值和能源消费的关系常常成正比。因而，当一个国家的国民生产总值实际值不断增长时，其能源消费也就随之上升。然而，各种不同因素能影响经济对能源依赖的程度。例如，经济的结构将影响国民生产总值与能源消费之间的相互关系；国民生产总值的增长速度和能源消费在一定程度上与大量出口能源有关，但如果大量出口能源，国民生产总值增长的速度则远远超过能源消费的速度。能的转换和利用率在逐渐而又稳步地提高，这个具有历史意义的发展趋势表明，每人平均能源消费和国民生产总值人均实际值之间的比率在缩小。一个特定社会选择的生活方式也是影响这两者之间比率的因素。冬夏季在室内保持舒适的温度，以及居住区和商业与工业区的照明就是一个例子。另一个例子是人们愿意居住在郊区，出门有车辆，不那么依赖公共运输系统。这两个例

子以各自的方式，使每人的平均能源消费增加，而相形之下，经济生产力却得不到增长。其他潜在的因素实在太多，不胜枚举。在农业和食品工业方面，能源的集约程度在上升，天然产品为合成物质所代替，也只不过是其中的两个例子。

图1.1说明国民生产总值与能源消费之间的相互关系的“保留看法”。从图中可以看出，国民生产总值人均值几乎相同的国家，其每人平均能源消费量却大不一样（不管是低收入、中等收入还是工业化的国家）。此外，图1.1还表明，国民生产总值人均值低于石油输出国的中央计划经济国家，其人均能源消费量比其他国家要高。另一方面，图1.2表明，通过更有效和更合理地利用能源，可以把能源消费与国民生产总值相分开。美国在七十年代对能源消费的限制，没有影响国民生产总值人均值的上升。恰恰相反，在人均能源消费量不变的情况下，1972年至1978年的国民生产总值人均值增长了1.7倍。

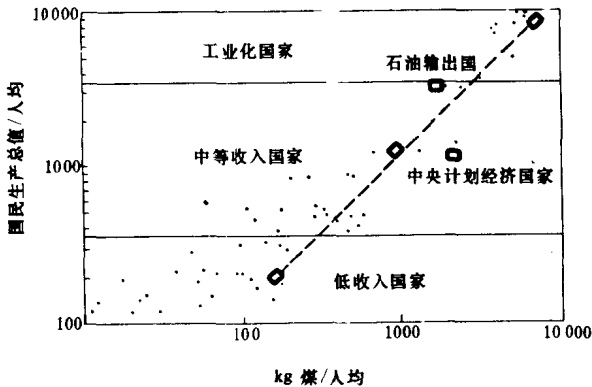


图 1.1 国民生产总值人均值（美元）与能源消费之间的关系。

小点代表各个国家，大点代表加权平均数（数据来源：世界银行，1980年）

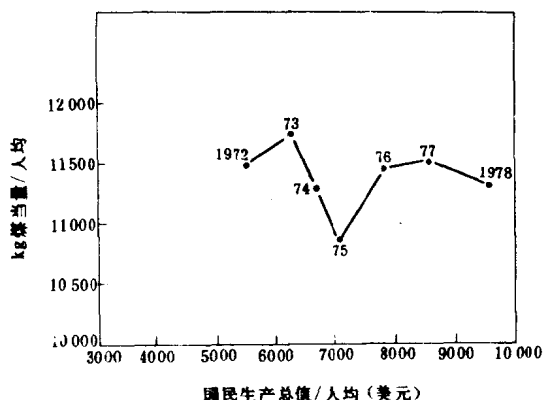


图 1.2 美国的国民生产总值人均值(美元)与能源消费之间的关系(1972年—1978年)(数据来源:世界银行,1979年,1980年;联合国,1980年)

在过去50年中,能源消费一直在增加,伴之而来的是主要能源的重大变化。在二十年代,煤占世界商品能消费总量的80%。在以后的岁月里,由于发现了越来越多的石油,煤所占的比例急剧下降。不可胜数的技术变革为煤转移到石油提供了条件。一整套新技术的发明,不但改善了石油供应方法,而且扩大了石油最终用途的范围。石油的勘探和生产技术的发展,提高了石油工业的供应能力;管道输油的改善以及油轮造船技术的提高,增加了石油作为运输方便的燃料的优越性;提炼技术的发展,大大促进了石油最终利用效率的提高。所有这些因素起到了这样的作用,即加强了石油作为煤的代替燃料的竞争地位。关于最终用途,尤其是在交通发电方面内燃机的广泛使用,大大增加了对石油的需求。从煤到石油的转移,结果使煤在世界商品能消费中的比例从1960年的61%下降到1970年的35%。发生了在六十年代初期能源从煤过渡到石油和天然气的重大变化。

向廉价的石油*转移所带来的后果具有深远的影响。转化不仅意味着要创造立足于使用石油的物质和经济结构,而且要扩大使生活离不开石油的专门社会机构和文化价值观念。显然,在发达国家,由煤转移到石油的影响最为明显,因为综上所述的技术变化以及新能源消费形式都发生在这些国家。结果,这些国家大量消耗石油,这不但清楚地反映它们对石油的依赖性,而且也反映了它们没有充分利用价格低廉的资源。可是,发展中国家对石油的依赖性更大,因为,这些国家是在由煤到石油的转化已成定局以后才开始它们的工业化和发展计划的。由于进口发达国家的石油产品,这些国家不但建立了依赖石油的结构,而且在很大程度上接受了发达国家以石油为基础的生活方式。

能源消费的差异

世界商品能的消费主要集中在发达地区,即发达的市场经济国家以及东欧的社会主义国家。这些国家的人口占世界总人口的30%左右,商品能消费量却占全世界消费总量的80%以上;发展中国家和亚洲社会主义国家占全世界人口的70%,但消费量不到20%。发达地区能源消费的高度集中,反映了这些地区的发达水平已经很高。这些地区的工业采用的是能源集约程度高的工艺:输电网四通八达,延伸到各个社区和每家每户,为人民的日常生活提供了取暖、煮饭、照明以及在家务劳动方面的能源。不但农田耕作和工厂生产,就是商业设施也都已实现机械化。结果,发达国家的每人平均商品能消费量是发展中国

* 在1950年,中东一桶石油的标价大约是2美元,后来下跌到1.8美元,1970年以前都是这个价格。

家的12倍左右。

在发展中地区，商品能消费比较低，工业化程度不高，经济发展普遍缓慢。这些国家的商品能消费典型地集中在城市地区，受益者主要是工商业部门和少数中、上层社会人士。在占人口绝大多数的农村地区和城市贫民区，满足大部分家庭能源需求的仍然是诸如木柴、农业残余物、牲畜粪便以及人力和畜力等非商品能源，而不是电和石油这样的商品能源。尽管还没有关于各国和全球目前非商品能源使用的可靠数据，据对一些国家的估计表明，这些能源在发展中国家的能源消费总量中占有很大的比重。仅举几个最近的例子：非商品能源占尼泊尔能源消费总量的90%，孟加拉国为83%，印度为48%。遗憾的是，到目前为止，非商品能源没有受到许多能源分析家的充分重视。这就导致过低地估计了发展中国家总的能源消费和需要。印度的能源消费就是一个典型的例子。如果只使用商品能源，据记载，印度的能源消费量每日相当于170万桶石油。如果把使用木柴和牲畜粪便这两种非商品能源也考虑在内，消费量就上升到410万桶石油。如果再加上畜力这一农村地区的主要能源，印度的实际能源消费总量将是单一的商品能源消费量的3倍，达到510万桶石油。

七十年代的变化

在六十年代，尽管一些专家呼吁关心世界未来能源问题，但是七十年代初期发生的变化（对环境的认识、反污染运动、石油价格上涨和石油禁运）使人们认识到现实的问题之后，呼吁才受到认真的考虑。那时候，“能源危机”一词成了人们的口