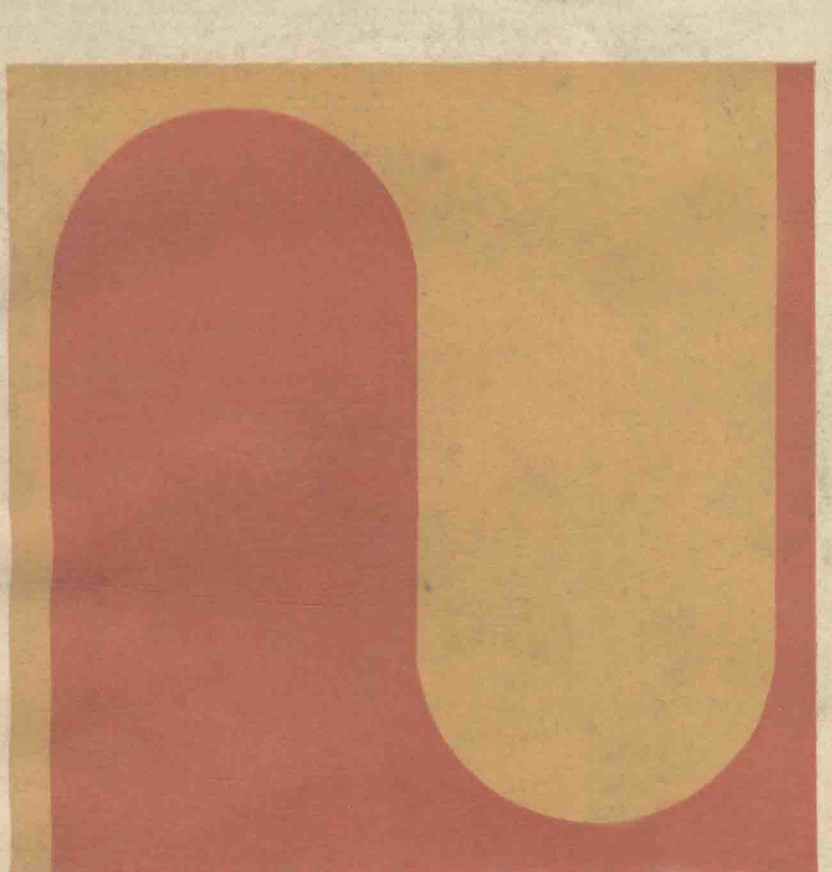




M. A. 斯蒂里科维奇 著
Э. Э. 什皮利莱因

能源问题与前景

科学技术文献出版社

能源问题与前景

M.A. 斯蒂里科维奇
〔苏〕Э.Э. 什皮利莱因 著

梁士元 陈炳刚 罗月明 译校

科学技术文献出版社

元20.0 付5 1984 册一第

ЭНЕРГЕТИКА, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

М. А. Стырикович

Э. Э. Шпильрайн

Издательство «Энергия», 1981

能源问题与前景

〔苏〕 М. А. 斯蒂里科维奇 著
Э. Э. 什皮利莱因

梁士元 陈炳刚 罗月明 译校

科学技术文献出版社 出版
科学技术文献出版社重庆分社印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

※

开本：787×1092 1/32 印张：6 字数：123千字

1984年7月北京第一版第一次印刷

印数：1—7000册

科技新书目：73—33

统一书号：15176·600 定价：0.65元

内 容 简 介

本书是苏联两位能源问题专家所写的科普读物。主要阐述了非再生能源(石油、煤炭、天然气、核燃料)与再生能源(太阳能、水能、风能、波浪能、潮汐能、地热能)的开发利用现状及其发展趋势,并叙述了能量的转换、热能直接转换为电能的方法、能量的贮存和输送,最后还提到了热核能源的开发前景。

本书不仅有理论阐述,而且用大量事例(苏联本国的事例较多)加以说明,比较深入浅出,是近年来出版的有关能源问题的科普读物中较好的一本书。

第一章 再生能源	(1)
第一节 太阳能	(1)
第二节 风能	(11)
第三节 波浪能	(13)
第四节 潮汐能	(17)
第五节 地热能	(19)
第二章 非再生能源	(21)
第一节 石油	(21)
第二节 煤炭	(28)
第三节 天然气	(41)
第四节 核燃料	(45)
第三章 能量的转换	(47)
第一节 热能转换为电能	(47)
第二节 风能转换为电能	(58)
第三节 波浪能转换为电能	(61)
第四节 潮汐能转换为电能	(67)
第五节 地热能转换为电能	(71)
第四章 能量的贮存	(73)
第一节 热能贮存	(73)
第二节 风能贮存	(79)
第三节 波浪能贮存	(81)
第四节 潮汐能贮存	(87)
第五节 地热能贮存	(91)

前 言

本书是一本科学普及读物，可供关心能源现状和问题的广大读者阅读。在这样一本书里，要涉及人类活动这一多样而又重要领域的一切方面显然是不可能的。但是，作者将努力阐明能源的基本问题，虽然这些问题的选定难免带有某种程度的主观性。

书中有关能源资源、能源利用的主要趋势、非传统能源开发现状及能量转换方法等章节，作者将力求根据全世界的材料来叙述，个别国家的材料只作为实例加以引用。很明显，这种叙述方法不可能充分阐明某些极其重要的特殊因素对能源发展的影响，而这些因素对社会制度不同、科学技术进步程度不同的国家影响是很不一样的。因此，作者认为有必要在这里简略地介绍一下苏联能源发展的特点。

苏联从俄国继承的能源遗产极为贫乏，仅举一例即足以说明。1913年俄国所有电站的装机容量总共约40万千瓦，而这为数不多的发电站在卫国战争期间也全遭破坏，不能发电。苏维埃国家的缔造者列宁认识到，国家的能源装备是迅速提高整个经济的最有效的杠杆。他认为，整个国民经济的电气化具有特殊重要的意义，它不仅关系到可能发生的量变，例如劳动生产率的提高，而且可能导致劳动性质的质变，即全体人民文化水平的提高。根据列宁的倡议，在苏维埃政权的最初年代就制定了俄罗斯国家电气化计划（ГОЭЛПО）。计划规定建设30座总装机容量达175万千瓦的发电站。尽管西方一些专家认为这个计划是无法实现的，但它却提前完成了，在国家进行大规模能源装备的征途上迈出了第

一步。

在头几个五年计划期间，苏联的能源，无论在数量上或质量上均得到了发展。装机容量达几十万千瓦的高参数和超临界参数机组代替了容量小且不完善的低温低压汽轮发电装置，使机组的效率有了很大的提高。

第二次世界大战后，苏联的能源获得了特别巨大的成就。除火力发电站外，先是在伏尔加河，继而在西伯利亚的一些大河流开始了大型水力发电站的建设。1954年苏联建成了世界上第一座原子能发电站，开创了和平利用原子能的新纪元。

在发展电力的同时，能源生产与消费的其它方面也发生了根本变化。广泛发展集中供热是苏联能源供应的一大特点，也是一大优点。热电站既生产电力，又为采暖和工业生产提供了低品位热能，今天它们已经成为大城市和工业企业的动力供应基础。

在能源发展的各个阶段，苏维埃国家的燃料政策首先是合理利用各种不同的燃料，发电站使用最劣质的高灰分煤炭，同时加紧进行新燃料基地的勘探和开发工作。第二次世界大战以前积极开发了西西伯利亚的库兹涅茨煤田，五十年代初期开发了伏尔加河流域的油田。六十年代开发了秋明油、气田，并开始开发坎斯克-阿钦斯克煤田，还继续进行了东西伯利亚的勘探工作。应当指出，为了有计划地开发燃料基地，除去燃料采掘工业外，还建立了地区工业综合体，具有发达的基础结构、设备完善的居民区和城镇。所有这些措施都是为了合理利用天然资源，开发荒无人烟的地区，并进而把这些地区建设成高度发达的地区。

当前，苏联的能源工业已成为国民经济的先进部门之

一。苏联的电力生产占世界第二位，仅次于美国。现在全国每昼夜发电40亿度，这一事实足以说明其规模之巨大。

苏联已建成许多大型火力发电站，其中装机容量分别为360万千瓦的查波罗什和乌格列戈尔斯克电站是欧洲最大的电站。

苏联欧洲部分和西伯利亚的大多数河流——伏尔加河、第聂伯河、安加拉河、叶尼塞河均已建成大型梯级水力发电站。1981年元旦前夕，世界最大的萨彦岭-舒申斯克水电站（650万千瓦）的第五台机组投入了运转。

苏联正在加速建设大型原子能电站。正在扩建和兴建库尔斯克、诺沃沃罗涅什、切尔诺贝利、斯摩棱斯克、伊格纳利纳原子能电站，它们的装机容量都是600万千瓦，每座反应堆的容量为100—150万千瓦。苏联能源发展纲要规定了原子能电站的总装机容量还要继续增长。

其它能源部门也取得了巨大的成就。首先，全国所有的电站已联合成了一个统一的电力系统。现在全国90%以上的电能实现了统一调度。苏联对能源的发展前景十分重视。许多科学研究所和高等院校实验室都在进行新能源和再生能源，首先是太阳能和地热能开发利用的综合研究。

在建造快中子核反应堆方面，苏联已取得很大的成就。苏联制定的可控热核反应纲要是目前世界上最先进的纲要之一。科学家和工程师们在这方面所取得的成就，使我们能认真地来实现人类最大的夙愿——掌握新的取之不尽用之不竭的能源。

在掌握新的能量转换方法方面，苏联科学家的成就也是显著的。尤其是在磁流体能量转换方面，大家公认苏联所取得的成就在世界上是最卓著的。

今天苏联已经在为未来的能源奠定基础。当然，不是说明天的一切问题都要在今天解决，但是为了不断提供国民经济所需要的各种能源，以保证国民经济达到计划的增长速度，苏联的计划经济要预先考虑到所需要的一切。关于能源今后发展中可能产生的一些主要问题，在本书最后也有阐述。

B. A. 基里林院士、A. M. 涅克拉索夫教授、T. X. 马尔古洛娃娅教授和B. И. 多勃罗霍托夫技术科学副博士对本书提出了宝贵的意见，作者谨致深切谢意。

作者还感谢C. Я. 切尔纳夫斯基技术科学副博士为本书第二章第四节准备材料并仔细校订了全部手稿。

作者

序 言

自古以来，人类就竭力扩大自己对大自然的支配能力。作为生物个体，人的能力受筋肉力气的限制。大家知道，人能使出的力气平均为100瓦左右，其中大约三分之二可用机械能的形式表现出来。饲养力气较大的牲畜是向扩大这一可用功率迈出的第一步。难怪很久以前就把功率的单位定为马力（1马力=736瓦）。这个“马力”可以使人完成他力所不能及的沉重工作，并以他所达不到的速度行动。但是，后来牲畜的能力也满足不了人类的要求。人类的视线转到了无生物界。人开始制造最简单的机械，利用自然界的机械能源来驱动这些机械。这种自然界的机械能源首先是水流和风能。公元前创造的利用水流能量驱动的提水设备一直延续至今，水磨和风车也是属于这种最古老的机械。

远古时期，人类就开始利用燃烧矿物燃料时所获得的热量。但一直到十八世纪下半叶蒸汽机发明之前，热量只用于加热，先是用于蒸煮食物和住宅取暖，而后才用于各种生产过程，如烧制陶器、焙烧石灰石、加工矿石、熔炼金属等等。

蒸汽机的发明和以后一系列热机的发明引起了技术革命。人类学会了利用燃烧燃料时释放的热量来生产机械能。这一发现的重要性，首先在于燃料的储量比天然机械能的储量大得多。其次，由于燃料能够运往任何地方去，所以热机可以在任何地方使用。最后，由于有了热机，就可以生产自带必要燃料储备因而完全独立的各种自动机械。迄今运送货物和乘客的大多数运输工具，仍然用热机作动力。

十八世纪末十九世纪初，电流的发现是人类在能源装备征途上的又一重大事件。过去用其它方法办不到的事，如今

用电却能办得到，如远距离输送，在专门的电站进行大量生产，方便地在各种不同的大小用户之间进行分配。电能自上一世纪开始发展以来，至今仍处于全盛时期，在工业、运输和日常生活中占据着愈来愈重要的地位。

今天，人类已掌握了崭新的完善技术，使自己的能力增大了许多倍。按一次能源生产的总能量计算的人均能量，是现在衡量一个国家技术水平高低的公认的客观标准。例如1975年美国人均能量大约是11.6千瓦，苏联大约是5.3千瓦，发展中国家大约是0.6千瓦，世界平均大约为2.2千瓦。

经济的进一步发展和生产技术的进一步提高，与能源发展的关系极为密切。1971年以前，世界能量的消费平均每年增长4—5%，相当于14—15年能量生产增加一倍。考虑到二十世纪最后25年能量的生产将要达到很高水平（全世界总需要量将为 10^{13} 瓦），那么，这样迅速的增长速度将向人类提出许多严重问题。

第一，是一次能源问题。当今可利用的能源分为再生能源和非再生能源两种。太阳能、风能、水能（河流能）、潮汐能、波浪能等称为再生能源，因为人类对它们的利用实际上并不改变它们的储量或强度。这些能源均来源于太阳辐射，太阳辐射的能量不变，它们的强度也不变。地热能（地壳深层的热量、地下水和蒸汽所含的热量）在某种程度上也是再生能源。

一切可开采的矿物燃料（煤、石油、天然气、油页岩、泥煤）和唯一可自行核裂变反应的天然元素——铀，则属于第二种能源。

轻核聚变的热核能稍微例外些。现在只有热核炸弹才能产生这种反应。实际上，可控热核反应能保证人类拥有取之

不尽的能量，但现在还没有实现。

再生能源，首先是太阳辐射能的总能量虽然超过当今人类需求量的很多倍，但是由于下文将要讲到的原因，目前能从再生能源获得的能量只是我们所需要的一小部分。现在人类所需要的绝大部分能量还是由非再生能源取得。非再生能源本身迫使我们不得不考虑人类活动可能带来的后果。现在专业文献和普及读物对各种可采燃料的储量作了许多估算。对这些估算还要在下文进行讨论，不过现在就应指出，即使是最合理地开采和使用，那些最方便而又相当便宜的燃料——石油和天然气的储量，在现在的消费速度下也只够用几十年。因此，指明这种能量的主要特点是很重要的。

现代工业的迅猛发展使我们不得不考虑，不仅燃料有可能耗尽，而且自然界中稀有的其它原始物质和元素的储量也可能枯竭。不过这些原料和元素在人们使用时不会消失得无影无踪。如能量相当多时，可以使其再生而重新使用。能量本身是不能再生的。不可改变的热力学第二定律告诉我们，任何一种初始能量经人们利用后，均在周围介质温度下变为热量，最后辐射到空间而一去不复返。因此，对大自然储备的能量要特别节约地使用。此外，改善核裂变能的应用和开发核聚变能也是一项紧迫的任务。

天然能源的能量通常不能直接利用。因此，能量的转换、输送、储存和使用本身，是人类使用能量过程中的几个重要阶段。

能量的转换及使用装置都用效率来评价。效率一般是指有效能量的效应与输入该机器或设备的总能量之比。当然我们希望效率尽可能高，达到100%。不过任何实际过程均伴随有能量损失，因此效率在任何时候都不可能达到100%。

如果将热量转换为功或电能，则理论上可达到的效率在大多数情况下均比100%小得多，热力学第二定律证明，此值不超过：

$$\eta_k = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

式中 T_1 ——转换装置输入热量时的绝对温度，

T_2 ——输出热量的绝对温度。

如果说机械能能以接近100%的效率转换为其它形式的能量，那么，举例来说，燃烧矿物燃料的较好的火力发电站，其效率现在也只有少数情况下能超过40%。因此，改善能量转换方法，提高热转换为功或电能的效率，是能源研究的第二个问题。现在许多科学家和动力工程师正在集中力量解决这一问题。

在这方面，所谓能量直接转换的方法引起了人们很大的兴趣。这种方法实际上是想把一次能源的能量，不经过能量转换方式中的一个或几个环节而直接变为电能。在这里，特别引人注目的是能将化学能直接变为电能的燃料电池。此时能量的转换不经过热的阶段，因而不受热力学第二定律的限制。所以燃料电池的理论效率可以接近100%。不过现有的燃料电池能够利用的远远不是所有的燃料，它们的成本非常昂贵。燃料电池的效率虽然很高，但就经济指标而论，暂时还远远不如普通的火力发电站。当前的问题是，如何降低燃料电池的价格并扩大它可用的燃料品种。

对大型动力装置来说，在能量直接转换的许多方法中，磁流体发电最有前途。这种方法可大大提高火力发电站的效率。现在世界上有许多国家正在建设试验性的和工业试验性的磁流体发电装置。有根据认为，这种磁流体动力装置将在

本世纪八十到九十年代开始广泛应用于工程上。

必须指出，在某一种原理或技术范围内，要提高动力装置的效率，一般都会使它的成本增加。若采用改进了的系统、原理和技术，则可以提高效率而成本不变，但要进一步提高效率又会使成本增高。能源是当前很费钱的技术领域，因此，固定的动力装置不应按效率而应按送给用户的能量成本来优选。这就要求在提高效率与因此而增加装置成本这两者之间找到折衷办法。运输工具显然要用另外的方法来优选，而不能仅仅从花钱多少来考虑。比如在航空运输中这种情况就特别明显。

近来，随着能量大规模的生产和消费，它的输送问题显得极为突出。所谓能量输送就是指用铁路将煤从产地运到使用地点，或用石油管道和天然气管道输送石油和天然气，或用高压输电线路输送电能。至于具体使用哪种方法最合适，则应根据它的经济性、成本、可靠性和其它一系列指标来确定。能量的远距离大量输送是第三个问题，这个问题要求我们去寻求完全崭新的能量输送方法。

能量的输送问题与能量的储存问题是密切相关的。固体、液体和气体燃料的储存是一种蓄集形式，这种蓄集在通常情况下能够调节燃料的不同生产量、运输量和使用量。遗憾的是，我们至今仍不会比较经济而长期地储存电能。电化学蓄电池、非超导和超导感应储能器、电容器在某些局部情况下可以解决这一问题，但它们都不适合长期大量地储存电能。因此，当电能的生产与使用由于某些原因不相协调时，就得采用先将电能转换成另一种能的蓄能方式。抽水蓄能电站就是按此原理工作的。当电能有剩余时，就用来带动水泵将低水库的水送到高水库。当电能不足时，水再从高水库放

回低水库，带动水轮机发电。研究新的高效而经济的蓄能系统是第四个问题。

近几年来，由于石油和天然气储量耗用很快和随之而来的价格上涨，人们又热衷于研制合成液体燃料和含能体，在不能采用其它能量供应的情况下，可以用来代替现在使用的燃料。制取这种合成液体燃料和含能体的能源应当是煤和核能。煤在全世界的储量极其丰富。在大多数情况下，煤适用于制取碳氢合成液体燃料。而利用核能，却可以从水中制取氢。许多专家认为，氢可能是将来广泛使用的含能体。这种可能性，为发展所谓氢能这样一种设想奠定了基础。关于它的优缺点，许多科普读物展开了热烈地讨论，与它有关的问题，很多科学工作者正集中力量潜心研究。因此，研究各种用户所需要的合成液体燃料和新型含能体应当认为是能源的第五个问题。

最后，当谈到能源的问题与前景时，不能忽略它对周围环境的影响。这种影响是多方面的，很遗憾，通常又都是有害的。随着能量生产的增加，这个问题显得越来越尖锐。因此从现在起，就应当十分注意。另一方面，随着某些能源部门的发展，又人为地增加了许多危险。对这些问题的社会舆论予以正确的判断是很重要的。

作者认为，这本书如果能唤起读者对能源问题的兴趣，并对这些问题有所了解，那么就算完成了自己的使命。

目 录

前言	(1)
----	-----

序言	(5)
----	-----

第一章 人类对能量的需求	(11)
--------------	------

第二章 非再生能源	(17)
-----------	------

第一节 石油	(17)
--------	------

第二节 天然气	(22)
---------	------

第三节 煤炭	(24)
--------	------

第四节 核燃料	(27)
---------	------

第三章 再生能源	(33)
----------	------

第一节 太阳能	(33)
---------	------

第二节 水能	(41)
--------	------

第三节 风能	(43)
--------	------

第四节 波浪能	(47)
---------	------

第五节 潮汐能	(48)
---------	------

第六节 地热能	(49)
---------	------

第四章 能量的转换	(55)
-----------	------

第一节 能量守恒定律	(55)
------------	------

第二节 热量的特性	(59)
-----------	------

第三节 热机	(63)
--------	------

第四节 制热和制冷	(67)
-----------	------

第五章 热能直接转换为电能的方法	(82)
------------------	------

第一节 热电发生器	(82)
-----------	------

第二节 热电子发射能量转换器	(89)
----------------	------

第三节 光电转换器	(97)
-----------	------

第四节	磁流体能量转换器	(103)
第六章	能量的贮存和输送	(116)
第一节	机械能蓄能器	(117)
第二节	化学能蓄能器	(122)
第三节	蓄热器	(127)
第四节	电能和电磁能蓄能器	(132)
第五节	能量输送问题	(137)
第七章	能源问题	(151)
第一节	效率问题	(152)
第二节	快中子增殖反应堆	(156)
第三节	热核能源的开发	(161)
第四节	能源与环境	(168)
结束语		(179)
参考文献		(180)
(1)		
(2)		
(3)		
(4)		
(5)		
(6)		
(7)		
(8)		
(9)		
(10)		
(11)		
(12)		
(13)		
(14)		
(15)		
(16)		
(17)		
(18)		
(19)		
(20)		
(21)		
(22)		
(23)		
(24)		
(25)		
(26)		
(27)		
(28)		
(29)		
(30)		
(31)		
(32)		
(33)		
(34)		
(35)		
(36)		
(37)		
(38)		
(39)		
(40)		
(41)		
(42)		
(43)		
(44)		
(45)		
(46)		
(47)		
(48)		
(49)		
(50)		
(51)		
(52)		
(53)		
(54)		
(55)		
(56)		
(57)		
(58)		
(59)		
(60)		
(61)		
(62)		
(63)		
(64)		
(65)		
(66)		
(67)		
(68)		
(69)		
(70)		
(71)		
(72)		
(73)		
(74)		
(75)		
(76)		
(77)		
(78)		
(79)		
(80)		
(81)		
(82)		
(83)		
(84)		
(85)		
(86)		
(87)		
(88)		
(89)		
(90)		
(91)		
(92)		
(93)		
(94)		
(95)		
(96)		
(97)		
(98)		
(99)		
(100)		

前 言

本书是一本科学普及读物，可供关心能源现状和问题的广大读者阅读。在这样一本书里，要涉及人类活动这一多样而又重要领域的一切方面显然是不可能的。但是，作者将努力阐明能源的基本问题，虽然这些问题的选定难免带有某种程度的主观性。

书中有关能源资源、能源利用的主要趋势、非传统能源开发现状及能量转换方法等章节，作者将力求根据全世界的材料来叙述，个别国家的材料只作为实例加以引用。很明显，这种叙述方法不可能充分阐明某些极其重要的特殊因素对能源发展的影响，而这些因素对社会制度不同、科学技术进步程度不同的国家影响是很不一样的。因此，作者认为有必要在这里简略地介绍一下苏联能源发展的特点。

苏联从俄国继承的能源遗产极为贫乏，仅举一例即足以说明。1913年俄国所有电站的装机容量总共约40万千瓦，而这为数不多的发电站在卫国战争期间也全遭破坏，不能发电。苏维埃国家的缔造者列宁认识到，国家的能源装备是迅速提高整个经济的最有效的杠杆。他认为，整个国民经济的电气化具有特殊重要的意义，它不仅关系到可能发生的量变，例如劳动生产率的提高，而且可能导致劳动性质的质变，即全体人民文化水平的提高。根据列宁的倡议，在苏维埃政权的最初年代就制定了俄罗斯国家电气化计划（ГОЭЛПРО）。计划规定建设30座总装机容量达175万千瓦的发电站。尽管西方一些专家认为这个计划是无法实现的，但它却提前完成了，在国家进行大规模能源装备的征途上迈出了第