

能源技术趣谈

〔苏〕IO·契尔科夫 著

李佑华 李全祐 小 斌 译

科学普及出版社

前 言

有一个智力测验题在法国儿童中很流行，题中有三个起作用的因素：农场主、池塘和睡莲。

睡莲繁衍得很快，其数量每天翻一番，经过三十天，它们就能把整个池塘水面覆盖住，从而会把池塘里所有的生物都憋死。

农场主不愿这种险情发生，可是他事情很忙，只好决定在睡莲盖住半个池塘水面时动手去清除它。

若每月平均按30日计，问睡莲在哪一天将盖住半个池塘？

答案：“……在第29天”。这样，农场主只剩下一天的时间来拯救自己的池塘了！

地球人同能源技术的关系与上述情况有某些相似之处：能量需求不可遏止地猛增，而自然燃料的储藏量则急剧减少。

解这个“智力测验题”的关键是需要赶快（是几十年，还是几年？）找到尽可能低廉而丰富的、生态上清洁的新能源。

为此事绞尽脑汁的可不是小学生，而是科学家、工程师、经济学家、生态学家、未来学家……

目 录

前言

第一章 物理学家眼里的能源技术.....	1
酬金——电能.....	2
生活用电和工业用电.....	5
救命的原子.....	9
原子锅炉房和热核.....	13
第二章 生态学家眼里的能源技术.....	17
辐射的原子.....	18
清洁的原子.....	20
融合的原子.....	23
地球感到热.....	27
向宇宙移民?.....	30
第三章 被套上能源技术挽具的太阳.....	35
人造卫星.....	37
地球.....	40
罐装太阳能.....	45
绿色的蝌蚪.....	48
约里奥-居里的遗训.....	51
普通的半导体.....	54
大自然向我们挑战.....	56
第四章 是能源技术的恐龙吗?.....	60
能源技术在变冷.....	61
在社会主义条件下.....	64
八缸发动机的马车.....	68

卡诺.....	70
身不由己的巨型化.....	73
蒸汽机车和恐龙的故事.....	75
第五章 “冷”燃烧.....	80
什么在燃料电池中“燃烧”.....	80
经济的生物能源技术.....	84
奥斯特瓦尔德的预见.....	87
鲍威尔的悲观主义.....	89
闭合环.....	93
从地球到月球.....	96
第六章 电化学能源技术.....	100
在莫斯科能源技术研究所.....	100
“大能源技术”和“小能源技术”.....	102
为城市而生.....	104
“目标”及其它.....	109
第三代.....	111
第七章 能化学或煤的复兴时期.....	116
石油同煤竞争.....	116
苏联的第四个煤仓.....	118
能源工艺学.....	120
“能化学”不是一个新词.....	123
西伯利亚方案.....	126
索科洛夫闪电.....	129
第八章 氢的时代.....	135
自然界失算了.....	137
氢同电竞争.....	140
储藏的好处.....	141
原子的氢恩赐.....	144
在阳光下.....	14 ⁷

栽培……石油？	149
“光氢”方案	152
第九章 空间轨道上的太阳能电站	156
太空城	156
瓦列里·留明的太空之家	159
是地球，还是宇宙？	161
先驱者和宣传者	164
整流器天线及其它	166
第十章 能源技术幻想曲	174
方案，方案	175
从地球到宇宙	177
“反陨石”	180
能源技术的阶梯	181
质量亏损	184
夸克	183
千万不要说“决不会”	188
宇宙“吸尘器”	190
究竟有多大可能？	193
结束语	198

第一章 物理学家眼里的能源技术

在一个古老的童话里讲到，有个女巫曾经用一口锅炼制神奇的毒药汁。可是，没有一个童话讲到过科学家为获得原子能而造出来的那一种锅。

——伊林

1945年，在最先的几个原子弹爆炸之后，美国的大科学家们被问及一个问题：“什么时候才能把原子能用于和平目的？”几乎所有的大科学家都不约而同地说出了一个数字：五十年（1995年）。但是，大家都知道，苏联第一座（也是全世界第一座）核电站在1954年6月27日就开始送电了。

事情竟会有那么大的出入！更令人不解的是美国自身的一座装有石墨减速剂的核反应堆——未来的核电站的雏型——从1942年起就已开始运转了。

原来，美国专家们的看法依据与其说是技术方面的，倒不如说是经济方面的。他们断言，核电站要比水电站或热电站造价高（现在它们的造价相等），所以没有什么希望。

为什么近几十年来，同经济学家的怀疑论调相反，全世界的核能源技术却以前所未有的速度发展起来？为什么苏联核电站发电容量的增长率在35%左右呢？（这样的增长率在苏联任何一个国民经济部门都未曾有过！）

为什么？何以如此？这些问题将由物理学家来回答。物理学把原子裂变能献给了人类，现在又力求驯服热核反应。物理学家把世界看作特殊形态，从严格的定量范畴来思考问

题。因此，他们的意见特别使人感兴趣。让我们来听听他们对世界能源技术不久的未来的预测吧。

酬 金——电 能

东方有一个传说，说是有个国王决定酬谢一位哲人，并请他自己提出要求。那位哲人要求用谷物作酬谢，即在国际象棋棋盘的第一格里放上一颗谷粒，第二格放上两颗，第三格放上四颗，依此类推，使后面一格的谷粒数字始终为前面一格的一倍。国王为这个微不足道的要求感到惊讶，可是……他很快就醒悟过来：他实在无力满足这个要求。要是往六十四个棋盘格子里都如数放上谷粒，其总重量将高达一千万吨左右！

我们提到这个故事并不是偶然的。人类的许多问题都具有同样的性质。

有个物理学家说：上例中的谷粒数是按照几何级数增长的，换个说法，是按照指数规律增长的。他还说，矿石的开采量、科技书刊的出版量、汽车的产量以及与人们日常生活密切相关的许多产品的产量，也在与年俱增。

例如，世界人口每年增加2%，这个增长率是大还是小？乍看起来不大。可是据联合国预测，到2000年，世界人口将是今天的1.5倍，总数将近70亿。

电力生产增长得更快，每年增长5%！这是世界经济增长的高指标。世界各国的电力开发投资几乎都占主要份额。

电力需求的急剧增长是理所当然的。

世界人口增长本身要求增加产品产量，从而相应地就要增加能源的消费量。此外，全世界正在进行的工业化，要求

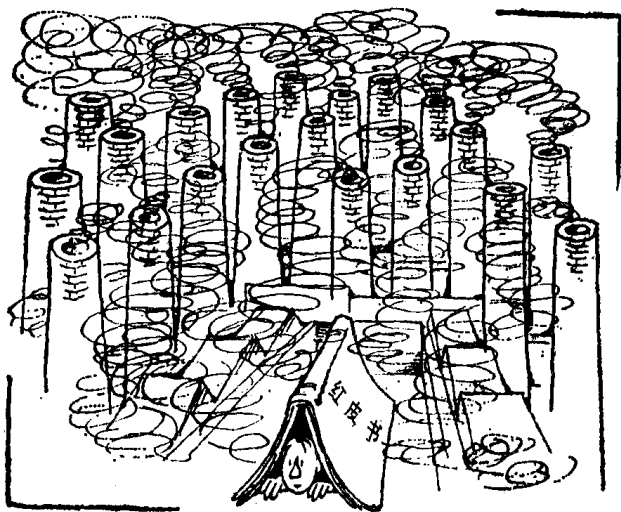
进一步增加金属、塑料等物资的人均消费量，从而不可避免地导致电力消耗的增加。

众所周知，矿物原料储藏量很快就会耗尽。银、锡、铜以及其它有色金属资源日益减少。到头来，不得不从品位越来越低的贫矿石中提炼有色金属。目前人们就在从海水中提炼镁，而每取得一点点镁都得消耗巨大的电力。

不过，不管人类利用什么元素，不管人类偏爱哪些元素，也只有在拥有足够强大的能源技术之后，才可能对它们加以利用。

能源技术迅速发展的另一个原因是为了消除环境污染。环境污染如今已经成了世界性问题，需要采取紧急措施。

最好的办法是采用循环封闭的生产装置，彻底消除有害的废物。可是，这类装置也都需要电！



农业也离不开电。日益增长的化肥生产，从空气中制取氮等，诸如此类的化学工艺，都需要为它们提供电力！化

学工艺能为我们办很多事，直到创造人工食品。要把无机物质合成可用来做食品的蛋白质之类的有机物质，都离不开电。

结果形成这样一个局面，不管人们摸一摸什么，动手干点什么，立刻就有一只无形的“手”伸过来索取“报酬”！

不说为了过得舒服，即使只为了创造一种勉强过得去的生存条件，人们也不得不经常付酬，这酬金就是能电。

诺贝尔奖金获得者卡皮查院士近几年在自己的报告和文章里（“世界性问题和能源”、“能源和物理学”）不止一次地探讨能源技术问题。

卡皮查在一篇文章里巧妙地打了一个比方。他写道，一个细菌进入了人的机体，它每小时都在分裂繁殖……细菌的数目随着时间的推移在急剧地增加，就跟棋盘格子里的谷粒数增长的情形一样，也是按几何级数增加的，不难算出，三天之内，人的机体中的细菌数目就会达到一个天文数字—— 10^{21} 。细菌的总重量会超过人的体重！

当然，这种事是不可能发生的。因为细菌繁殖过程必然会终止。卡皮查说，这有三种结果，或者是人的机体战胜疾病，即细菌被消灭；或者是细菌继续繁衍不息，最后，人跟细菌同归于尽；再就是机体中消灭掉的细菌数目跟所增加的细菌数目相等，转而成为慢性病。

疾病的发展和能源技术问题颇多相似之处。在能源技术问题上，人也只有三条路。

第一条路，是没有能源可用的绝路。这是可悲的一条路，是一场灾难！

第二条路，是原地踏步，也就是在能源问题上捉襟见肘的情况下凑合过日子，没有乐趣可言！

可见，可行的办法只有一个，那就是走第三条路，即不断地增加能源技术装备。是的，实际上正是这样做的：近15年来，电力生产的年增长率超过其它各行各业，始终保持在5%的水平上。近期前景怎样呢？苏联权威能源学家之一维利霍夫院士，1980年初在汉堡举行的大型科学讨论会上，十分明确地讲到了这个问题：“根据苏联科学院、美国科学院、国际实用系统分析研究所及其它有关组织的报告，可以得出一个重要的结论：人们在节能问题上尽管作了一切努力，但对能量的需求仍将继续增长……”

生活用电和工业用电

卡皮查的话应该这样来理解：人们往往只想到，我们生活在原子时代。事实果真如此吗？要知道，直到今天，能量的主要来源并不是核裂变，也不是“托卡马克”●，而是和从前一样，是煤、石油和天然气。不过，俗话说得好，“时过境迁”。在不久的将来的某一天，这些能源仓库就会枯竭。究竟在什么时候枯竭？这很难说。据估计，多则几百年，少则几十年。

勘探方法的改进和打深井技术的完善使这类预测作了多次重大的修正。

这只好说，能源和能源不一样！人们希望开发能源的成本低廉些。比如，我们知道，在普通的花岗岩和玄武岩里含有铀、钍（它们是核燃料），花岗石和玄武岩的储藏量极为丰富。可是，很难想象会有这样的技术水平，即借此得以经济

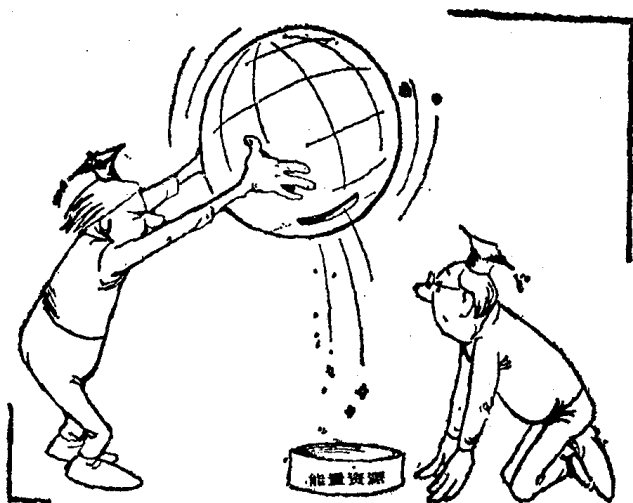
● 实现可控核聚变的一种试验装置。——译注

合理地对我们的地球上大量的花岗岩和玄武岩进行加工，把铀和钍提炼出来。

铀和钍储藏量也许十分巨大，可是，总有一天也会用完。

能够取代逐渐枯竭的化石燃料的永久性能源是有的。只要看一看我们的太阳向地球辐射十分丰富的能量已长达几十亿年这一点就行了。

在永久性能源技术的队列里有风能、太阳能、海洋能和地热……你比较喜欢哪一种能源呢？



能源技术是变上述不同形式的能量或燃料的化学能、原子能为电能等的一门技术。物理学的见解很有用处。它能帮助我们选取那些有前途的技术方案。

不过，爱好物理学的人在作出自己的判断之前，先要搞清楚，这里指的是什么样的电？换个说法，这种电是用来做什么的？要知道，按用途电可划分为“生活用电”和“工业用电”两大类。二者是不能混淆的。“生活用电”是指保证我

们的文化生活水平和生活高标准的那种电。这里有人们习惯了的种种事物，如电气照明，给电冰箱、电视机、吸尘器及其它家用电器供电。这方面的电耗不高，以千瓦计。

工业用电的规模却大不一样。冶金、机器制造、交通运输、建筑和农业的耗电量以十万和百万千瓦计！其电耗之大，是生活用电根本无法比拟的。

当人们谈到能源危机时，指的正是工业用电。只有它才能决定一个国家的总产品水平的高低和国民收入的多少。因此就需要强大的、取之不尽、用之不竭的能源。

我们不妨环顾一下周围。太阳能、潮汐能、火山能实际上是永世长存的。是的，它们是永世长存的。可惜不够强大。它们的能量密度不大。

拿太阳来说吧。这个巨大的天体为产生光和热而消耗的物质高达每秒4200吨。每昼夜太阳上的物质几乎要减少4亿吨之巨！太阳的质量眼看着在减少。不过，不用为此而忧心忡忡。因为太阳的质量是如此之大，以致于它还可以使“自己炉膛里的火”维持1千亿年左右。

事情坏就坏在从太阳到达地球的能流密度上。地球离太阳很遥远。每平方米的日照面积所接收到的太阳能仅相当于100瓦。这还是在最佳状态下获得的最大值。至于人们如何才能收获这些太阳能，这是另外一个（相当敏感的）问题了！

100瓦，对于生活用电来说，也许还可以将就。但要满足工业用电的需要就差得太远了。为了获得10万千瓦的太阳能，必须要有一平方公里的日照面积。

更加糟糕的是，将太阳能转换为电能的各种方法中，没有一种是利可图的。为了使太阳能的利用得以普及，就应

该把费用降低几个数量级。可是，暂时还看不到解决这个问题的途径。

现在举另外一个例子——地热。它能解决问题吗？这种能源确实相当诱人，其储藏量是无穷无尽的。它和太阳能不同之处是，太阳能有变化，不仅昼夜有变化，而且还受季节和天气的影响，而用地热发电则很稳定。

钻一个直达热地层的深孔的设想吸引着很多人。可惜，不是经常考虑到，我们需要的不是热度，而是热能。而为了把地热从深层引上来，必须往钻孔里下入很长的管子。换句话说，需要多孔结构，以便用它来获取大量热能。

早在本世纪初叶，现代蒸汽涡轮机的发明人、英国工程师兼企业家帕森斯就制订出利用地热的方案。在地下10~15公里深处，温度上升到几百度，从原则上说，可利用来生产蒸汽和发电，功率相当可观。

又碰壁了！物理学家说，由于地壳导热性差，地热也不具备足够的能流密度。

不错，在远东的堪察加半岛上，苏联第一座实验性的帕乌热特地热发电站（简称地热电站）已投入运转，其发电容量为5000千瓦。这座电站是个独特的实验室，科学家和工程师继续在那里研究温泉的性质，使设备、仪表“作好开工准备”，制定最有利的技术程序。帕乌热特地热发电站从开始送电以来，已送电1亿6千4百万千瓦小时。

在火山众多、地热资源相当丰富的意大利，地热得到了有效的利用，尽管如此，地热发电量也只占全国总发电量的2%。何况，地热资源如此丰富的地区，在世界上并不多见。

那么，水能又怎样呢？水力发电只能占到世界总发电量

的5%，不会更多，因为水量丰富而且位于山区的河流并不很多！

风能呢？它很不稳定，主要是它的能流密度也很小。

因此，物理学家坚持认为，无论是太阳能、地热、水能、风能，都满足不了地球人的胃口。上述几种能源都不够强大，只能起到辅助作用。

救 命 的 原 子

一百年前的彼得堡。读者从《自然与狩猎》杂志1879年第1期上可以读到这样一段话：“……物价不断上涨，别说是木柴，就连煤也在涨价，这叫许许多多学问的和没有学问的人耽心。我们的子孙后代用什么生火取暖呢？他们该不会冻死吧？或者往非洲和南美洲热带地区迁移，用太阳光来代替木柴和煤炭取暖吧？……”

可见，关于“能源匮乏”的议论，并不是从昨天开始的。

本世纪二十年代，有人精确计算过，已探明的石油储藏量只够用到2000年，煤只够用到2100年。对其它能源不能指望派什么大用处。因此他们推测，到二十一世纪末，人类不得不回到所谓的原始状态，即重新回到使用牛、马、水磨和风磨的时代。

假如目前正在向人类逼近的能源危机发生在四、五十年之前尚未发现原子能之际，那就真会叫人感到大难临头了，人类文明真可说是走上绝路了。然而，应该充分看到科学家们的才能，他们之中的一些大科学家早就认识到蕴藏在原子核内的巨大能量了。

1922年1月的一个晚上，在饥寒交加的彼得堡，三十七岁的科学院士费尔斯曼举行了一次题为“通向未来科学的道路”的报告会。还在那时，这位科学家就预言将来要利用蕴藏在原子内部的巨大能量。当时费尔斯曼说，“只是必须学会掌握原子能，必须学会把它发掘出来。这个思想不是幻想，而是未来的现实可能性，我们是根据有些物质能够遵照严格的规律自行释放出这种能量而得出这一看法的……”

是的，这不是幻想。物理学家的估计提供了乐观的依据。阿尔齐莫维奇院士曾这样写道：“系数 10^7 救了命。它确定了铀反应堆里的核燃料燃烧时释放出来的能量与重量相等的有机物质在普通热电站锅炉里燃烧时释放出来的能量之比。”

1克铀就其所含的能量来说，几乎与一吨半优质无烟煤等价。

世界第一个5000千瓦的核电站早在1954年就开始送电了。

这是个小小的开端。第一座核电站在传统的能源技术巨人的王国里，好象一个侏儒。

不久以前，在七十年代曾担任过苏联科学院院长的阿列克山德罗夫院士回忆当时的情形说：“……许多人认为，核能源技术象是科学家和工程师们的游戏，不见得有朝一日会得到广泛运用，不见得有竞争能力，敢同用石油、天然气、煤等普通燃料的能源技术比高低。现在再没有人这样想了……。”

甚至在15年前，关于“大原子”的理想仍只不过是个理想，尽管别洛亚尔和新沃罗涅日两座核电站当时已经矗立在大地上。它们被称为实验电站，因为原子锅炉和一部分设备

还处在试验阶段。对于电站的工作情况的评价，与其说是着眼于发电量，倒不如说是着眼于对建立大功率反应堆所需的运行制度的研究。在维修人员中，物理学家比别的科研机关要多。不过现在可以说，核能源技术已向未来冲出了一大截子。

在参加国际原子能机构的国家中，有21个国家的227座核电站在送电。它们的总发电容量已达1亿1千万千瓦，其年发电量占世界电力生产的6%左右。

那么究竟怎样来解决能源匮乏问题呢？核燃料的储藏量足够多吗？

地球上的铀是很充足的。如果把从海水中提取铀的可能性也算进去（海水中的铀含量约为50亿吨！），那么，铀的储藏量就够用几千年。



可是，地球上适于开采的铀矿看来并不多，估计数字为4百万吨左右。一般说来，这一储藏量，可以同石油资源的

储藏量相提并论。不过，需要考虑到，在今天应用广泛的热中子反应堆（热堆）核电站中，实际上只有很少一部分铀（仅占1%）可用来发电。只有铀235在“燃烧”，而其余的99%（铀的其它同位素，如铀238）都成了废物。

能不能较充分地利用铀，理想地、百分之百地利用铀呢？最新的科学技术的回答是肯定的！

其方法是广泛采用快中子反应堆（简称快堆，也称增殖反应堆）。这种反应堆，不象“老式的”核反应堆（热堆）那样依靠慢中子工作，而是依靠所谓的快中子工作。在这种情况下，铀238、钍232（钍也可用作核燃料）及其它同位素都参与反应。

结果，用1公斤天然铀比在用铀235的普通原子反应堆里可以多获得20~30倍的电能。也就是说，不仅可以使廉价的铀，而且还可以使用成本较高的铀，例如，从海水、低品位矿石和酸性岩石中提取的铀。核能源技术的潜在资源约为传统的能源技术的10倍。这还不是全部好处。快中子反应堆能将核燃料由非再生能源变成事实上的永久性能源。快中子反应堆在反应过程中顺便把铀238变成钚239，把钍232变成铀233。这样，在快中子反应堆里，“灰烬”、“废渣”都成了燃料。归根到底，这意味着实际上无限扩大了核能源技术的潜在原料资源。快中子反应堆，这不是臆想，而是我们今天和明天的现实。

位于里海之滨的年轻城市谢甫琴科，从1973年以来，运转着示范性的工业反应堆BH-350。它的快中子堆为每昼夜可产淡水八万立方米的海水淡化装置供电12万5千千瓦，同时还可供热。1980年4月25日，BH-600反应堆——别洛亚尔原子能发电站第三套发电机组建成投产。这套发电机组（发