



世界能源新技术 向持久性能源系统过渡

[英] R. 克拉克 主编

海洋出版社

More than enough?

—An optimistic assessment
of world energy

Edited by Robin Clarke

The Unesco Press 1982.

责任编辑：刘莉蕾

责任校对：俞丽华

世界能源新技术

——向持久性能源系统过渡

〔英〕R.克拉克主编

张超英 贾国安 译

孙宗海 审校

*

海洋出版社出版(北京市复兴门外大街1号)

新华书店北京发行所发行 兴华印刷厂印刷

开本：787×1092 1/32 印张：6.75 字数：150千字

1989年2月第一版 1989年2月第一次印刷

印数：1—2300

*

ISBN 7-5027-0287-3/Z.62 ¥：2.50元

内 容 简 介

本书是根据联合国教科文组织出版的“六分仪”丛书第一册译成的。通过世界20多个国家140多位专家七年的工作成果全面简明地介绍了除石油、天然气以外的各种能源新技术,评价了绝大部分能源系统的资源状况、可开发的潜力、可能的利用前景以及当前的重大困难,并预测了2030年世界能源构成及其以后的发展方向。

本书非常适合从事能源工作的科技工作者和管理干部阅读,也是广大读者了解世界能源各种问题较好的知识性读物。

序 言

摆在我们面前的这本小册子，以通俗的方式介绍了除石油、天然气技术以外的几乎所有能源新技术，并从全球、全人类的角度出发，预测了50年后的世界能源结构体系。这是1973年“石油危机”后，人类冷静地科学地观察与研究能源问题的结晶，它包含着20多个国家140多位专家的工作成果。

该小册子循着资源——技术、经济、环境的限制——实用能源技术的路线，分析了人类可能得到的能源技术和潜力；又按着经济、人口发展——能源需求——各种能源技术在不同阶段的发展，预测了2030年世界能源构成以及其后的发展方向。

这种建立在现实基础上的客观的能源发展前景与战略，可以避免人为造成的各种“危机”，不受石油价格变化的影响，使人们能够清醒地估价和把握世界能源发展的总趋势，适时地开发各种适用的能源新技术。

从当前以石油、天然气为主体的世界能源体系向由石油、煤炭、核能、水电及各种可再生能源将所构成的综合性世界能源体系的转变是一种必然的发展趋势。从长远来看，这种转变是向世界未来持久的能源体系的过渡。但是对于各个国家来说，尤其是对于发展中国家，这种过渡将是一个长期的、不可逾越的阶段。

认识这种能源发展的大趋势，了解各种新兴的能源技

术，无论对于我国从事能源工作的管理干部、科技人员和关心能源发展的各方面的同志们都是很有益处的。同时，该书又是一本适合于大、中学生阅读的不可多得的课外参考读物。因此愿把它推荐给各位读者。

中国能源研究会秘书长

石定寰

目 录

前言	(1)
1. 能源问题的历史景象.....	(7)
2. 能源潜力的探索.....	(14)
硬方案	(23)
3. 核裂变能.....	(25)
4. 受控核聚变 (综述)	(33)
5. 太阳能.....	(51)
6. 煤炭及其利用远景.....	(64)
软方案	(73)
7. 地热能.....	(75)
8. 海洋能综述.....	(84)
9. 生物质能: 作为燃料的太阳能.....	(95)
10. 水力发电.....	(113)
11. 微生物能.....	(120)
12. 能从风中来.....	(138)
13. 发展中国家的太阳能技术.....	(143)
一个战略问题	(157)
14. 1980—2030年: 两个方案.....	(159)
15. 通向持久未来之路.....	(186)
16. 最后的话.....	(190)
附录	(203)
能的单位.....	(203)
作者简介.....	(205)

前 言

Robin Clarke

无论人们如何谈论1973年发生的“能源危机”，实际上它不是危机。在《简明牛津词典》中对“危机”二字的定义是“危险和令人担忧的时刻”，而1973年发生的一切不是一个危险的“时刻”，它只意味着一个长时期趋势的开始，使人们猛然认识到多少年来一直依赖的能源竟是有限的。

在20世纪70年代，曾有不少人把这个认识看成是末日的开始，而且当时所有的用电子计算机预测的结果都反映出在不远的将来，现代文明将因能源枯竭而崩溃。但是，不应忘记，电子计算机的高明程度仅仅相当于它们的操作者，而且通常它们只能证实程序编制者自身所作的预言。在十年后的今天，我们看到的是一个不同的世界。在过去十年中，很多事业都已恢复，很多问题都已澄清。人们发现，实际上并没有发生那样骇人听闻的能源短缺。当然，我们以往过于依赖的石油燃料将会发生短缺，但其他的矿物燃料，例如煤炭，还够用很长的时间。在其他的资源中，还有大量未被开发的能源可以利用。实际我们缺少的并不是能源，而是技术，是时间，是资金。人们也许还会补充一句：我们也许同样缺少智慧。现在，最关键的问题是应当制定一个战略，以指导我们尽可能平稳地走向长期稳定的未来。问题是，我们怎样才能做到这一点呢？

本书从两方面展望了能源问题的前景，即我们所称的硬方案和软方案。需要强调指出的是，这两个方案缺一不可，不能互相代替。这两个方案各自提供了观察世界及其问题的不同方式，而且这两种方式不仅仅局限于能源问题，还几乎出现在任何存在有“全球性问题”的场合。让我们先看一看硬方案。

硬方案的特点是“全球性的”、“总体性的”、“宏观的”和“一般性的”。它所考虑的是下列事实：当前世界人口有45亿之多，人均能耗达2千瓦稍多些。粗略计算，全球能耗总量达100亿千瓦。用科技术语表示，可缩写为10垓瓦或10TW，这就是我们的基准数据。

除非出现空前规模的全球性大灾变，到本世纪末，谁也无法阻止世界人口达到60亿。很有可能世界人口最终将达到65亿或更多些。今后二十年中，在工业化国家人均能耗可能不会有明显的增加。而在发展中国家，人均能耗的增长将会是显著的。目前，有四分之三的世界人口人均能耗低于2千瓦，其中约有4亿人口人均能耗低于100瓦。在发展中国家，人均能耗只有450瓦。

如果在今后20年中，人均能耗上升到3千瓦，全球能耗需求将至少为18垓瓦，很有可能达到20垓瓦，相当于目前世界能耗总量的两倍。所有的全球问题专家都期望，在下一个世纪，无论是人口还是能耗的增长都会趋于平缓，最终处于30到100垓瓦的“终极”水平。假使将来要开发如此大量的能源（相当于目前能耗的三到十倍），我们必须在相当大的程度上依赖三种可能的选择：核裂变、核聚变和太阳能，这就是我们所说的硬方案。同时，没有人试图只简单地从中任选一种能源技术单独使用，而是将上述各种不同技术

结合起来，并与产量不断下降的矿物燃料一起使用。

目前上述三种技术都存在着各自的问题。目前的核裂变技术燃料浪费极大。实际上，除非我们同时使用高效的核增殖反应堆，否则现有核反应堆所需要的铀燃料在下个世纪初将被用光。然而，核增殖反应堆不但存在技术上的困难，而且有些人还认为是非常危险的。核增殖反应堆将产生钚，这不仅是毒性最大的物质之一，也是制造核武器的基本原料。尽管许多人坚持认为，在将来核增殖反应堆是可行的，但是几乎所有的人都承认，该技术也是最危险的。

核聚变，可以最终地解决能源问题。它主要依靠从海水中提取的几乎是无限的氘燃料。但迄今为止，还没有人能够持续地控制核聚变过程。尽管当前的研究工作正在大规模进行，但没有人认为在本世纪内可望建立核聚变发电厂。

利用太阳能也是一种很有吸引力的解决办法。众所周知，其资源是无穷的，潜力是巨大的，但问题在于它的能量过于分散。如何有效地利用太阳能，不但技术上很困难，而且需要的经费也很多。不论使用大规模太阳能光电池阵列，还是利用成千块巨大的跟踪太阳的反光板，将阳光聚集在中心锅炉上以产生蒸汽推动发电机，都是如此。当然，太阳能也有一条优点是核裂变能或核聚变能都不具备的。即太阳能可以用来推动一座1000兆瓦的电站，也可以用来仅为一座房屋供热，带动一个水泵，或给一个村庄供电照明。换句话说，太阳能的利用可以不拘规模，而核聚变或核裂变却不能。

在我们结束对硬方案的介绍时，不能不对与太阳能相关的光化学能转换作一简明的介绍，特别是包括大规模制氢在内的水的光分解技术。虽然与其他硬方案中的技术相仿，其转换过程昂贵，但是在不久的将来光化学转换技术将是可行

的。

这些可能性将我们带到了软方案部分。我们使用诸如“灵活的”、“局部的”、“适于当地和农村的”以及“适用的”等词汇来描述软方案的特征。硬方案考虑的是全球性能源需求，并寻找宏观上与能源需求相匹配的资源。而软方案涉及到较小的资源，以满足局部的能源需求为目的。如果在发展中国家成千上万的村庄中仍然缺乏动力的情况下，提供足够的、全球性的能源以迎合理论上的需要，又有什么意义呢？

除去太阳能以外，单独依靠软方案，不可能满足全世界的能源需求。软方案包括水力发电，地热和风力发电，海洋能和生物质能，也包括较小规模应用的太阳能。在这些能源中，没有一种能源可能提供 5 埃瓦以上的容量。在大多数情况下远远地小于这个数量。虽然这些能源并不能够解决全球性的能源问题，但这并不意味着可以忽略它。恰恰相反，在世界上大约有二十多处地区可以建立有效的、有使用价值的潮汐电站。没有人会因为这些潮汐电站不能解决世界上其他地区的能源问题，而建议不要考虑这些电站的建设。在明天的世界上，我们必须因地制宜地利用各种经济上合理的能源。

软方案还有其他重要的特点。例如，水力发电可以小到推动一台不超过 2 千瓦的发电机为一个小村庄照明，也可以大到建立一座容量为 100 兆瓦的发电站。水力发电这种可以小规模应用的特点，是特别有价值的。因为第三世界国家不能像发达国家那样普遍采用全国电力网输电解决农村用电问题。很简单的原因是，由于输电距离过长，投资太高。到 1971 年为止，发展中国家的人口只有 12% 处于国家电力网覆盖中。将来的解决办法，很可能是主要依靠当地的可再生能

源，包括生物能、风能、太阳能、水力发电以及在一定条件下的地热能。地热能是一种重要的资源。在某些情况下，从规模上讲，可以列入硬方案中。据估计，世界上可利用的地热能总量比全球矿物燃料总量高许多倍。

能源如同粮食。政策和分配问题是关键所在。我们必须明确，资源能够满足需求。它们可直接满足，或者经过转换满足人类的能源需求。然而把这些能源以合理的价格提供到适当的人们手中，则是一个重要的，然而却是更为困难的问题。这就是为什么我们同时需要硬方案和软方案，而且我们还需要考虑其他的问题。

在60年代到70年代之间，能源消耗中增长最显著的是电力。在电力这种形式的能源中，大约3/4的能量在用于电站的建设和运转中损失掉了。以廉价汽油为燃料的私人汽车已经在取代那些能源密集程度较低的运输形式。生产包装食品的能源主要消耗在食品离开农场之后，如此等等。本书没有涉及节能问题，但这并不意味着忽视此问题。相反，它是作为本书所讨论的合理使用各种能源的必要前提。

同样，另一个经常被忽略的问题是：需要以正确的方式提供能源。我们所说的能源，是指能够做有用功的，这里说的有用，实际上常常是指能收集起来的。这就是说，我们需要动力去推动文明的发展，而“动力”是指使用方便并能收集的能源，如各种燃料或化工原料。

本书中没有涉及与能源资源 and 需求相匹配的有关方面，因为它们不取决于能源本身，而取决于利用能源的方法。我们曾毫无顾忌地开发和使用能源，（直至最近为止），认为能源是廉价的。现在，我们再也没有能力继续这样做下去了。

最后我们要说明的是，我们需要制定战略，需要规划，

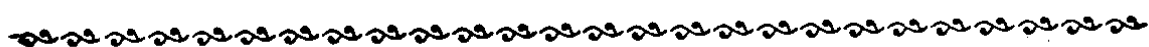
需要组织，需要展望未来，这里有一个长期坚持发展新能源的问题。但同时，作为一种临时措施，通过适当的节能手段，来限制能源需求也是必要的。本书的三大部分是以“国际应用系统分析研究所”（IIASA）的《有限世界的能源》的报告为基础的。这个报告汇集了20多个国家，140多位科学家7年的努力于一体。毫无疑问，这是目前已经出版的，关于未来能源问题的最权威的论述。IIASA关于怎样在将来使能源需求得到满足，以及怎样使人类在下一个世纪中，逐步实现持久的能源体系的评论是非常中肯贴切的。

虽然本书中“最后的话”一章（见190页）是为那些不是能源专家的人们写的，但这丝毫不会降低文章中那些提法的重要性。人们经常在有限的环境中考虑问题，因而对一个问题的描述往往不够完善。就硬方案来说，IIASA的报告没有对核聚变部分进行详细的论述，因为其技术问题还未解决。同样，Tom Mikkelsen并没有考虑以核增殖反应堆替代核裂变堆，因为他认为那太危险了。他认为实现未来合理的能源体系的方案异常简单，只包含两个内容：合理地分配我们剩余的矿物燃料；把我们用于军事研究和发展的资金，转移到核聚变和太阳能动力的研究方面。

Mikkelsen的论证是基于对人类发展和需求的长远考虑。人类在其进化的过程中不断与瘟疫、饥荒和战争等大量的困难作斗争，并为此付出了高昂的代价。但人类毕竟是走过来了。毫无疑问，我们也将学会正确处理今后几十年内持续不断的能源危机。在这一过程中，我们所面临的限制将不是能源本身，而是我们自身的创造才能和智慧。

能源问题的历史景象

James McDivitt



联合国教科文组织技术教育和研究处处长 James McDivitt回顾了人类同资源限制进行长期斗争的历史。他认为目前的能源形势与其说是对一次危机的应急反应，不如说是一个过渡阶级。这个阶段要求人们理智地制定出包括能源在内的利用资源的长期政策。

与资源限制的冲突

长久以来，人们就知道地球上的能源是有限的，并且承认，允许人口迅速增长，对于资源需求的不断增加，会使人类处于严重矛盾的境地。然而，在这样长的一段时间内，由于技术上的创造性和对地球真实潜力的进一步了解，才使人类社会能不断繁荣进步。1798年，马尔萨斯（Malthus）第一次指出，人口的增长趋向于超过生产的增长，因此对绝大多

数人来说，贫困是不可避免的。1972年，“罗马俱乐部”提出了题为“人口增长的限制”的研究报告，在统计数字的基础上提出：如果人类想在下个世纪中期继续生存下去，就必须对社会和经济体系进行急剧的变革。1980年向美国总统提供的关于“2000年世界报告”中，对于本世纪最后20年的世界形势作了认真的估价，认为在这20年中，必然会发生资源平衡的急剧变化，人们已经受到警告，即在一些阶段和一些时期内，人口的增长必须加以节制。假如这些议论都是真正确实的，那么这些特定的时间、特定的条件，又意味着什么呢？

目前，能源在上面提到的这一情景中具有最为突出的特色，一方面因为能源渗透到人类活动的各个领域，并在保持我们多数人都已享有的“生活水准”中扮演了重要角色；另一方面因为石油从长期的廉价供应，突然转变到昂贵而无保证的供应。然而，能源绝不是人类发展所必须考虑的唯一方面，还必须要考虑不能再生的矿物（特别是一些重要金属，如铬、钼）以及农用土地，水源，甚至人们生活的空间所带来的对社会发展的种种限制。现实社会是不断变革的，而且这些限制一直伴随着我们。在马尔萨斯时代，饥荒、瘟疫和战争的出现反映了可用资源的不足，从而将人口限制在适当的水平。50年前，在诸如印度、中国这样的国家中，这些仍然是限制过多人口的强有力的因素。即使在今天，我们也不能说这些因素已经消失。在今日的发达国家中，人们常常忽视近25年来生活方式所发生的巨大变化。同样地，我们应当认识到，类似的变化在今后25年中还会发生。当然，充分经历了这些变化的毕竟是世界总人口中很小的一部分。

变化中的能源组合

200年前，人类的主要能源是人力和畜力，辅以薪柴和畜粪，用于做饭和取暖。至今世界上大多数人仍然不同程度地使用这些能源。19世纪末，在大多数工业企业和众多的运输行业中，煤炭取代了木柴。然而当时整个世界，仍然在很大程度上依赖于木柴、木炭、人力和畜力。仅仅是从1920年以来，石油和天然气，以其异常低的成本和价格，才在世界能源中，至少是在工业国家中，取代了早期的各种能源。例如，在这一时期，畜力被拖拉机替代；水车和风车被电动机替代；煤炉和木柴炉被石油或天然气炉替代。总之，石油或天然气都取代了传统能源。但是从石油时代一开始，工程师和经济学家们就意识到，对于象矿物燃料这样的非再生资源，最终的限制在于其在地球中的储量。它们是无法增殖的，因此必须为全世界人民的长远利益服务。鉴于这种情况，我们所能说明的就是这些极限。从现在算起也许是20年、50年或100年。对于今天来说，比20年或50年前更加关键，而且要象过去一样，借助于科学技术的帮助，再一次改变人类的能源结构。

实事求是地看待问题，人们可以预见到，在本世纪剩余的年份中能源结构将发生迅速的变化：从石油和天然气转向其他已掌握使用技术的能源，例如煤炭、油页岩、油砂、核裂变、风能和地热能。随着人类进入下个世纪，我们可以预见到，上述一些能源的比例将开始减少，不断增加的城市间的电力供应将逐步依赖持久性能源（包括核增殖反应堆、大规模太阳能电站以及其他可再生能源如海洋能、地热能等，也

许还有核聚变)。把当前的能源形势看成是这种过渡的一个阶段，远比把其看作对于一次危机的应急反应要准确得多，尽管其中包含着应急的成分。

事实上，当今的压力主要来自价格而不是供应短缺。因为石油和天然气的储量几乎仍然处于创纪录的水平，新的储量每年都被发现和证实。可以肯定，石油和天然气在一个相当长的时期内仍将占统治地位。但是，同样也可以肯定，这些能源不可能再象过去十年中那样，继续占世界商业性能源需求总量的70%。我们正在接近这样一个阶段：随着最大的和最易开采的储量被用光，石油和天然气作为能源不仅在百分比上，而且在绝对数量上必然不断减少。这绝不是指我们将烧光石油和天然气（或因此用光煤炭和铀），市场调节规律将确保这些日益减少的资源以异常昂贵的价格用于诸如石油化工或高级润滑油这样的高档产品上，因为在这些方面没有任何现成的资源可以替代石油。现在，用石油作为发电燃料的作法，阻碍了人们在将来生产那些只能从石油，而很难从其他资源中提取的、具有更高价值的产品。

需要理性和智慧

石油本身很好地说明了，由于人口的增长和对有限资源需求的增加而发生的事情和必定要产生的结果。的确，从当前的能源状况和人类对它的反应当中，可以得到很有价值的教益。因为当我们必须修正对自然资源的看法时，似乎终于及时地接触到了问题的实质——随着人们对于资源限制有了日益清醒的认识，而表现在对于节能、生态学和环境保护方面的关注不断增强，一场革命已经悄悄地在我们几代人的期间

发生。这场革命将以最明确的方式表明，建立世界资源利用政策是十分必要的。简单地说，这不外乎意味着明智地使用现有的资源，并合理地考虑现在以及将来生活在地球上的全体人们的需要。但是，作到这一点是不容易的，尤其是必须在短期内得以实现它。这些设想在国际海洋法会议上引起了激烈的争论，充分说明了其中所包含的困难和分歧。

在人们的眼里，地球总是作为被索取的目标。各种资源，不论是森林、土地、水源或矿物燃料，都被人们毫不顾忌地肆意开采着。这种态度和方法早应该改变了。虽然我们具备了诸如节能和“限制增长”等概念，但很难期望那种沿袭了几百年的习惯和传统会在一个极短的时期内改变。五十年前，即使是最文明的人们当中，也没有多少人能够看到这一点。而在今天，也很少有人真正了解（即使只是中等程度地了解）那些掠夺式的作法继续下去意味着什么。如果设想整个基础建立在由大地直接提供一切（例如作为燃料的木柴）这样一个传统的农民生活，当他突然发现大地将不能满足其需要时所具有的迷惘心情，对于70年代发生的一切就不会感到令人奇怪了。在这种状况下，我们有理由确信富裕的和发达的国家将能够找到获得生存的方法，但是这绝不能以牺牲贫穷和落后国家为代价。

合理使用能源的开始

如果我们承认现实，并且从全人类的长远利益出发认真对待所面临的困难，那么世界能源的现状就可以这样估价：形势是严峻的，但不是危险的。事实上，当前的能源状况，为我们通过合理而和谐的方式解决能源这一基本问题提供了