

如何应对能源危机与人类发展的未来之路



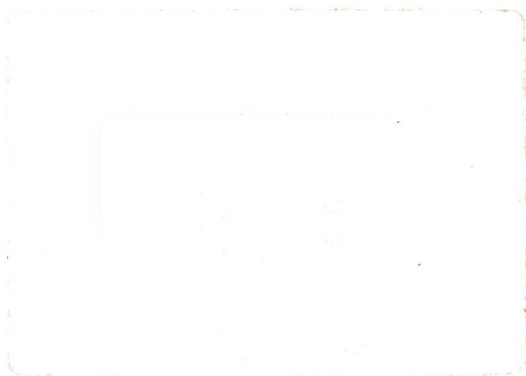
# 跨越能源鸿沟

后石油时代如何应对能源危机

**CROSSING THE ENERGY DIVIDE**

Moving from Fossil Fuel Dependence to a Clean-Energy Future

[美] 罗伯特·U·艾尔斯 (Robert U. Ayres) 著  
爱德华·H·艾尔斯 (Edward H. Ayres) 著  
唐奇 译



 中国人民大学出版社

# 跨越能源鸿沟

后石油时代如何应对能源危机  
CROSSING THE ENERGY DIVIDE

[美] 罗伯特·U·艾尔斯 爱德华·H·艾尔斯 著

唐奇 译

中国人民大学出版社

·北京·

## 图书在版编目 (CIP) 数据

跨越能源鸿沟：后石油时代如何应对能源危机/ (美) 艾尔斯, (美) 艾尔斯著; 唐奇译. —北京: 中国人民大学出版社, 2015. 3  
ISBN 978-7-300-20447-5

I. ①跨… II. ①艾…②唐… III. ①能源危机-研究 IV. ①F407.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 297674 号

## 跨越能源鸿沟

后石油时代如何应对能源危机

[美] 罗伯特·U·艾尔斯 著

[美] 爱德华·H·艾尔斯

唐奇译

Kuayue Nengyuan Honggou

---

出版发行	中国人民大学出版社	邮政编码	100080
社 址	北京中关村大街 31 号	010-62511770	(质管部)
电 话	010-62511242 (总编室)	010-62514148	(门市部)
	010-82501766 (邮购部)	010-62515275	(盗版举报)
	010-62515195 (发行公司)		
网 址	<a href="http://www.crup.com.cn">http://www.crup.com.cn</a> <a href="http://www.ttrnet.com">http://www.ttrnet.com</a> (人大教研网)		
经 销	新华书店		
印 刷	北京中印联印务有限公司		
规 格	165 mm×240 mm 16 开本	版 次	2015 年 3 月第 1 版
印 张	13.75	印 次	2015 年 3 月第 1 次印刷
字 数	169 000	定 价	39.00 元

---

版权所有 侵权必究 印装差错 负责调换

## 赞 誉

在全球能源安全和温室气体减排主宰了公共舆论和政策制定的今天，鲍勃和艾德·艾尔斯的这本书在深入研究的基础上提供了广泛的知识。公众读者和政策制定者都会发现，本书是定义全球能源未来的优秀参考。

——R. K. 帕绍里，印度能源与资源研究所总干事、政府间气候变化专门委员会主席

大多数美国能源政策观察者都将能源效率当做管理能源消耗增长的有用工具。他们也把它当做一种帮助我们向“后碳”（post-carbon）世界转型的方法。诚然，有证据支持这两种观点。但是正如鲍勃和艾德·艾尔斯在这本重要的新作中令人信服地指出，关于能源能做的还有许多、许多。实际上，他们的分析提醒人们特别关注能源生产率对于维持一个稳健的经济的关键作用。简言之，能源效率（更确切地说是可用能效率）应该被看做一种关键的经济资源——如果我们认真看待自己对未来的责任，就需要更明智的对话和行动、更高水平的创新和更迅速的投资。

——约翰·A·“斯基普”·莱特纳，美国能源效率经济委员会经济与社会分析主管

解开了经济史上的一些不解之谜。能源效率将成为未来财富的万能钥匙！

——恩斯特·冯·魏茨泽克，加州大学圣芭芭拉分校布伦环境科学与管理学院院长

本书清晰严谨地论证了提升能源效率是当今经济增长的主要驱动力和应对气候变化的关键。

——坎德·尤姆凯拉，联合国工业发展组织总干事

对于我们这些在能源部门工作的人来说，《跨越能源鸿沟》一书恰好在最需要的时候出现了。罗伯特和爱德华·艾尔斯出色地解释了每一件产品和服务都包含能源要素，而这个要素的成本将决定我们未来的生活质量。现在，能源要素在经济模型中与资本和劳动同样重要。除了解释将能源纳入恰当位置的新经济模型的重要性之外，作者进一步探讨了可再生能源的可行性、传统化石燃料未来的衰落、生物能源经济学和联产优势等问题。他们为通往一个切实可行的能源未来精心规划了路线图。

——约翰·K·库尔，PowerPlus 工程公司总裁

本书粉碎了减排温室气体会同时减少收入的传统观点。这种反传统观点的前提非常简单：（1）经济增长的真正驱动力来自获取的能源服务；（2）我们只把一次能源潜在效能的 13% 转化成了有效的能源服务；（3）现有的成熟技术能够使这个效率翻倍，同时节约成本，从而搭建起通往非化石能源的未来的桥梁。详尽地讨论解释了每一个前提，以及如何通过政策提高未来的能源效率。任何人只要对在保护环境的同时不破坏经济增长感兴趣，都会为本书的真知灼见所折服。作者说明了提高化石燃料的利用效率如何在缓解气候变化的同时维持和增加社会收入。他们的研究将争论由缓解气候变化有哪些成本转向寻求一种政策变化，激励对高效率能源服务的创造和使用的投资。

——托马斯·R·卡斯滕，循环能源发展公司董事长

## 致 谢

我们从现任和前任同事那里学到了许多东西，他们的名单一页纸根本列不完。激发本书灵感的人有：Kenneth Boulding, Lester Brown, Colin Cambell, Al Gore, Allen Kneese, Jean LaHerriere, Amory Lovins, Robert Repetto, 美国未来资源研究所的老朋友们, Vaclav Smil, James Gustave Speth, 以及 Ernst von Weizsaecker。以各种形式直接提供建议、批评或信息的人有（按姓氏字母顺序）：Kenneth Arrow, Leslie Ayres, Christian Azar, Thomas Casten, Paul David, Nina Eisenmenger, Arnulf Gruebler, Jean-Charles Hourcade, Marina Fischer-Kowalski, Astrid Kander, Paul Kleindorfer, Arkady Kryazhinsky, Reiner Kuemmel, Jie Li, Skip Luken, Katalin Martinas, Shunsuke Mori, Neboysa Nakicenovich, Tom Prugh, Donald Rogich, Adam Rose, Warren Sanderson, Jerry Silverberg, Thomas Sterner, David Strahan, Jeroen van den Bergh, Benjamin Warr, 以及 Chihiro Watanabe。我们还要感谢欧洲议会、欧洲工商管理学院、国际应用系统分析研究所、联合国大学和世界观察研究所在过去十年中对我们的工作给予的大力支持。最后，我们要感谢我们的出版商 Tim Moore 和编辑 Jeanne Glasser, 他们毫不犹豫地 向主流经济范式发起了大胆的挑战。一切错误都是我们的责任。

## 引言

本书提出了两个挑战现有范式的观点。

首先，物理能源对于经济生产率和经济增长的作用，比大多数经济学家所建议的，以及企业和政府所认识到的更加重要，特别是在这样一个期待经济复苏和向未来清洁能源经济转型的时期，对每一个人都意义重大。能源服务不仅是经济的一个重要组成部分，它还是经济的主要驱动力。如果是这样，经济复苏和能源转型所需要的时间将比奥巴马政府预计的要长——除非能够针对降低能源服务价格的特定技术和行业进行投资。乱枪打鸟式的投资是不会奏效的。

其次，工业化社会的能源经济对化石燃料的依赖根深蒂固，即使风能、太阳能和其他可再生能源以最快的速度增长，至少在未来几十年里也不可能完全替代石油、煤炭和天然气。本质上，美国全部的关键基础设施都依赖化石燃料，包括道路和高速公路、发电厂、输电线路、航空、运输、钢铁、化工、建筑、住宅供暖和制冷。即使电动汽车和太阳能电池板的增长速度像互联网一样快，在未来 20 年里它们的贡献与我们将要消耗的能源相比也只是九牛一毛。

替代能源已经开始崭露头角，但是距离“绿色能源革命”所倡导的水平还有很长的路要走。到 2007 年，气候学家对减排二氧化碳提出越来越紧迫的警告已经有 20 年之久，而且最近十多年来，朝着一个更加绿色环保的未来努力似乎也有了加速的行动，这时候可再生能源（除了水电，因其已经不可能再增长）在美国电力总量中所

占的百分比如下：

生物燃料	1.4
风能	0.5
地热能	0.4
太阳能（光伏）	0.1

最近这些行业得到了飞速发展。但是，即使有一项可以媲美二战总动员或者将人类送上月球的阿波罗计划的紧急行动，这些新能源产业也要花上几十年才能达到所需要的规模。

在那之前会发生什么事？答案很残酷：美国不可能简单地将大部分能源和对气候变化的关注转向我们现在憧憬的长期可持续的未来，现存的能源经济将在那个未来成为现实之前崩溃，就像一个需要进行心脏移植的患者如果不能及时得到新的心脏就一定会死去一样。

这种观点与艾尔·戈尔等人广泛公开宣传的美国能够在十年之内利用可再生能源实现完全的能源独立的观点有很大分歧。虽然我们认同戈尔关于竭尽人类所能尽快替代化石燃料的紧迫感，但理性的科学和经济学研究表明，美国需要半个世纪的时间才能完全实现这一目标。

不过，这个难题有一个合乎逻辑的解决方案，而且实现这一解决方案的方法仍然在我们的掌握之中，这对美国和全世界来说都是莫大的幸运。这种解决方案与我们最激进的领导人积极鼓吹的可再生能源的理想化诉求完全不同，但是对于实现他们预想的未来却至关重要。

这种解决方案就是对现有的以化石燃料为基础的系统进行彻底的变革，从而使我们从每一桶石油（或者从煤炭和天然气中获得的油当量）中获得的能源服务翻倍，直到无碳的可再生能源能够真正取代化石燃料。也不是在效仿约翰·F·肯尼迪誓将人类送上月球的豪情壮志，也不是那种只有通过技术研发的大规模动员才能实现的



史诗性目标，更不是作家托马斯·弗里德曼所呼吁的“由 10 000 家公司、10 000 个车库和 10 000 间实验室里的 10 000 个发明家共同驱动的转型突破”的自由市场经济意识形态下最美妙的白日梦，即使在最理想的情况下也需要一代人的努力才有可能成为现实。要安全地跨越我们现在面临的经济鸿沟，我们需要一种能够更快奏效的解决方案。巧合的是，令美国的能源服务（燃烧的每一单位化石燃料的有用功）迅速翻倍的方法已经存在。一些方法隐藏在公众的视线之外，没有被主流媒体谈到，但已经被成百上千的公司和机构成功地运用。还有更多的组织可以加入这个行列。

奥巴马大选期间，我们欣喜地看到许多立场鲜明的人物高调汇聚，为多年来感到失望的人们带来了新的希望和可能。艾尔·戈尔带着尖锐的气候变化纪录片《难以忽视的真相》凤凰涅槃，汤姆·弗里德曼为了更加强有力的“绿色革命”大声疾呼。还有一个值得注意的事实，即 2008 年的两位总统候选人都认识到了全球变暖的威胁以及投资于替代能源的需要——这一切催生了跨向未来的清洁能源经济的渴望。在过去近 20 年里，美国的进步人士处处碰壁：1995 年参议院以 95 票对 0 票拒绝签署《京都议定书》；第二届布什政府拒绝承认全球变暖的真实性（后来又拒绝承认全球变暖是人类活动造成的）；副总统迪克·切尼对能源效率不屑一顾，说它只是看上去很美，对国家“真正的”能源需求没有任何用处；而伊拉克战争被普遍怀疑本质上是一场石油战争。一个反对那场战争、坚决主张投资风能和太阳能的候选人当选，那些半生抑郁不得志的美国人终于可以庆祝了。

随着 2009 年经济形势的持续恶化，这波乐观主义的浪潮很快就退去了。不过人们仍然相信大量投资于可再生能源能有助于刺激经济复苏是毋庸置疑的。新政府和国会急于制止经济失血，根本没有考虑过需要一种不同的气候和能源管理的可能性，这种管理不仅是为了在当今世界与未来清洁能源经济之间的鸿沟上架设

起桥梁，还关系到恢复足够的经济增长水平，以保证美国能够到达鸿沟的另一边。由于技术和基础设施的局限性，美国还没有准备好追随风能、太阳能和生物燃料的潮流。有些关键问题必须首先解决。

对于那些似乎看到了通往可再生能源未来光明大道而感到宽慰和安心的人们，这里有一个从醒悟开始、以爆发结束的例子，显示了安全通过这条道路的基本要素。几年前，在印第安纳州铁锈地带\*一家大型工厂的大门后，全世界最大的钢铁公司米塔尔钢铁公司（现在的阿塞洛-米塔尔公司）在运营一处设施，从它自己的化石燃料燃烧过程中捕捉废热，再将这些废热转化为零排放的电力。沿路再走几英里，它的竞争对手美国钢铁公司采取类似的战略，利用高炉煤气生产零排放电力。2005年，铁锈地带的这两个竞争对手总共从它们的废弃物中生产了190兆瓦的无碳能源——比当年整个美国的太阳能光伏发电量还要大。这还只是一个州的一个角落里，两家燃烧化石燃料的工厂产生的废热。

自那以后光伏发电量持续快速增长。2009年1月，加州的桑普拉能源公司开始在内华达州运行装机容量10兆瓦的太阳能发电厂，以极具竞争力的价格生产电力。加州另外一家公司BSE能源公司2009年宣布，将在莫哈韦沙漠建设100兆瓦的太阳能热电厂，建筑工程预计在2013年完工。太阳能将继续急剧增长，风能和其他无碳能源也一样。但是可再生能源的基数非常小（2007年，太阳能和风能加起来还不到美国总发电量的1%），因此，即使以几何级数增长，它们也需要20年以上的时间才能取代大部分化石能源，而正是这数以百万计的燃烧煤炭、石油和天然气的蒸汽锅炉、工厂和发动机为我们的文明和经济提供着动力。与此同时，通过已经证明有效的方法在短期内增加清洁能源供应还有很大潜力，比如米塔尔公司和美

---

\* 指从前工业繁盛今已衰落的一些地区，如美国五大湖地区。——译者注

国钢铁公司开发的技术。美国大约有1 000家工厂正在采取这种废弃能量循环利用技术，但是还有十倍以上的工厂尚未开始。这可能使环保人士感到失望和迷惑，因为为了减少碳排放和化石燃料而使用的最快速、最经济的办法不是关闭那些肮脏的工厂，而是向它们最容易忽视的角落发起进攻，净化它们，直到更理想的选择达到一定的规模。

我们说“净化它们”，并不特指所谓的“清洁煤”技术或者精心设计的碳捕获方案，或者将二氧化碳泵入地底和海洋进行封存。这类未来的净化技术价格高得离谱，成熟程度甚至还不如利用太阳能的技术。即使碳捕获和封存技术最终实现了经济性，设施建设也需要很多年——在国家经济已经进入“生存模式”的时期，这不是一个现实的选择。我们在本书中描述的战略并不依赖于那些有待开发的、人们认为有效的技术。相反，这是一种能源管理战略，要求对意识形态的盲点、结构性障碍、坏习惯和过时的法律重新进行全面的评估，正是这些现实使得美国能源经济的整体效率在13%的低水平上徘徊，不需要任何新技术或新的化石燃料供给就能使其翻倍。（日本实现了20%的效率，我们有办法超越这个水平。）结果将使美国从燃烧的每一单位能源中获得的能源服务加倍。大幅度削减化石燃料供给的需要能够加速实现理想中的能源独立，并且极大地增强能源安全，这与能源独立并不总是一回事。通过用更少的能源做更多的事情，这种战略还能显著减少二氧化碳排放。

要实现这个目标，我们需要跨越的经济鸿沟有两个主要的维度。首先是纯粹的宽度——风能、太阳能和其他可再生清洁能源代替大部分我们现在依赖的化石燃料需要多少年？其次是深度——要恢复经济增长，必须克服的经济衰退究竟有多深？有没有一种战略能够缩短向可再生能源过渡的时间并且刺激经济增长？我们建议的能源过渡战略能够帮助实现这两个目标：在架设起桥梁的同时缩小

差距。

正如米塔尔公司能源循环利用的案例所示，对现有的化石燃料供给进行更加明智的管理，能够比使用可再生能源更快地提高能源部门的生产率。这是如何实现的？增加每一单位一次能源输入的能源服务将会成比例地降低该服务的成本。我们将在本书中说明，这种成本的降低会驱动经济增长。

主流经济理论认为，经济增长是由资本和劳动的投入加上一个非常巨大的、无法量化的“技术进步”要素所驱动的，后者始终是“外生的”（在预测计算之外），因为经济学家们不能完全定义或解释它。结果，众所周知标准模型对经济增长的预测能力非常有限。但是最新的研究显示，增长最大的驱动力根本没有这么神秘。研究表明，经济增长的真正动力在于几十年来能源服务使用的增加（得益于成本的下降）。有物理学背景的经济学家把“能源服务”称为“有用功”。证据就是，将以有用功表示的能源要素纳入经济模型，能够显著地增强模型的长期解释力和预测能力，我们在本书中对此进行概述，并在我们的网站上提供详细说明。

这一发现最令人兴奋的含义不是标准模型需要修正（它们的确需要），而是一种更加实际的前景，即在未来若干年里，削减能源服务成本的战略（通过提高每单位燃料的产出和利润）同样能够帮助驱动经济增长和复苏。我们的研究显示，可以通过八种经过证实的技术（尽管有些案例并不为人们所熟知）来搭建起实现这些目标的桥梁，前面提到的废热循环利用技术只是其中之一。

接下来还有两层可能改变世界的重要含义。首先，人们毫不怀疑2008—2009年间支付的数万亿美元的紧急援助资金能够被偿还，假设经济将很快恢复往日的强劲增长，因为新资本和消费力的注入会驱动经济，但是这种假设可能是错误的。其次，如果驱动经济增长需要低成本的能源服务，那么经济前景可能比大多数专家设想的

更加黯淡。<sup>①</sup> 随着全球石油产量达到顶峰并开始下降，中国和其他快速发展国家的能源需求持续增加，同时气候变化对化石燃料的约束持续收紧，化石能源的价格将达到前所未有的高点。结果，经济增长将停滞，甚至陷入负增长——除非我们找到使能源服务更便宜的方法。如果未来美国的能源管理能使现有供给的生产率加倍，从每桶石油中获得双倍的能源服务或有用功（热能、光、推进力等），该服务的成本将下降，增长将得以持续。

为了更具体地解释这一切如何在要求的过渡期之内实现，我们将更进一步论述。除了挑战现行的主流经济增长理论——这对能源经济的复苏至关重要，我们的分析还显示，虽然气候不稳定加剧了旷日持久的经济斗争，但是阴云背后闪现着曙光。意识形态上的左派和右派专家对于气候变化成本的预期大相径庭，但他们大多数人都同意这个成本将十分巨大并削弱经济增长。不过，我们认为，过渡战略的相当大部分可以以负成本实现，同时减少能源成本、燃料使用和温室气体排放。将政府支持从现在那些不具有生产性的项目转向确实具有生产性的项目，将带来国家投资净成本的降低，从而实现过渡战略的其他部分。

正是在这一点上，采用已经证明有效的要素构建通往未来的桥梁显得加倍重要：这能避免巨额资本成本（如建设新的核电站、燃煤中心发电厂或石油钻井平台的成本），美国负担不起这样的成本，也没有时间可以等待；这能通过迅速提高每桶油或油当量的经济产出来降低能源成本，驱动经济增长。我们注意到 2008 年，石油大亨 T·布恩·皮肯斯在争取提高天然气补贴的高调战役中广泛宣传了搭建能源过渡桥梁的需要，实际上为国家做出了贡献，但是他所要求的方案（投入更多资金寻找天然气）并不能提供这样一座桥梁。

---

<sup>①</sup> 即使短期能源价格如 2008 年底一样下降，认为长期威胁得到了缓解也是错误的。每加仑天然气或每桶石油的价格反映的是当前库存，而非全球储备，后者将不可改变地持续缩减。

本书说明了建造这座过渡桥梁需要什么。这不需要什么天才发明的新技术，不过当然，在桥梁另一端的安全地带有必要继续开发这些技术。未来几年里，最重要的是让那些已经对未来有清醒认识的人们看到我们脚下正在变得越来越不稳定的经济基础和面前的经济鸿沟，并且清楚地看到为了到达彼岸的安全地带，我们需要建造的桥梁的轮廓。

# 目 录

<b>第 1 章</b>	<b>美国人的觉醒</b> .....	<b>1</b>
	究竟是什么驱动经济增长? .....	4
	经济风暴 .....	9
	领导的乏力 .....	11
	粉碎有关能源的谬论 .....	17
	以科学为基础的能源战略 .....	18
<b>第 2 章</b>	<b>重获丢失的能源</b> .....	<b>21</b>
	能源回收的秘密宝藏 .....	22
	最大的能源漏洞 .....	26
	惊人的低效率 .....	29
<b>第 3 章</b>	<b>设计经济桥梁</b> .....	<b>35</b>
	双重红利 .....	38
	能源过渡桥梁的主梁 .....	41
	为什么有禁忌? .....	44
<b>第 4 章</b>	<b>看不见的能源革命</b> .....	<b>47</b>
	有利可图的新实用主义 .....	53
	追寻黄金之路上的障碍 .....	54
	消失的果实之谜 .....	57
	消失的回报之谜 .....	60
	公司文化的巨变 .....	62
<b>第 5 章</b>	<b>电力的未来</b> .....	<b>65</b>
	“淘煤热”的干扰 .....	70

	本地电力, 国家安全 .....	72
	垄断的力量 .....	80
<b>第 6 章</b>	<b>液体燃料: 残酷的现实 .....</b>	<b>85</b>
	玉米乙醇: 燃料的使命 .....	88
	未来的燃料——桥梁的另一端 .....	91
	飞机燃料 .....	92
<b>第 7 章</b>	<b>汽车: 曲终人散 .....</b>	<b>95</b>
	一个重要的心理障碍 .....	97
	下一步: 电动自行车 .....	99
	至于那些仍然需要汽车的人.....	101
<b>第 8 章</b>	<b>让城市为完美风暴做好准备 .....</b>	<b>105</b>
	城市的新陈代谢 .....	109
	移动性 .....	111
	建筑 .....	113
	屋顶革命: 太阳能光伏的机遇 .....	116
	选择盔甲还是选择灵活性 .....	118
<b>第 9 章</b>	<b>水与能源的联系 .....</b>	<b>125</b>
	水与能源的目标 .....	133
<b>第 10 章</b>	<b>政策重点 .....</b>	<b>137</b>
	核心原则 1: 逆转激励的方向 .....	138
	核心原则 2: 简化补丁摺补丁的管制 .....	139
	能源过渡桥梁的政策重点 .....	142
	激活未来: 回顾与展望 .....	156
<b>第 11 章</b>	<b>对企业管理的启示 .....</b>	<b>157</b>
	将能源管理提到战略计划的最高层次 .....	158
	认识伴随自然资源价格提高的商业机会和风险 .....	161
	无论在哪里都要做好准备 .....	164



<b>第 12 章 有多少？有多快？</b> .....	<b>165</b>
工业中的废弃能量循环利用 .....	166
分布式热电联产 .....	167
工业和建筑物的能源利用效率 .....	168
最终使用效率 .....	169
启动微发电革命 .....	170
能源服务替代 .....	171
重新设计未来的城市 .....	171
改革水务管理 .....	172
为未来投资：决定成败的时刻 .....	173
注释和参考文献 .....	175