

“一张睿智详实、涉猎全面的未来能源蓝图。”——比尔·克林顿，美国前总统

REINVENTING FIRE®

重塑能源

新能源世纪的商业解决方案

**BOLD BUSINESS SOLUTIONS
FOR THE NEW ENERGY ERA**

【美】卢安武 洛基山研究所◇著

秦海岩 鉴衡认证中心◇译

CIS 湖南科学技术出版社



REINVENTING
FIRE



重塑能源

新能源世纪的商业解决方案

BOLD BUSINESS SOLUTIONS FOR THE NEW ENERGY ERA

[美]卢安武 洛基山研究所◇著

秦海岩 鉴衡认证中心◇译

CIS **K** 湖南科学技术出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

重塑能源 新能源世纪的商业解决方案 / (美) 卢安武 洛基山研究所著 ; 秦海岩 鉴衡认证中心译. — 长沙 : 湖南科学技术出版社, 2014. 6

ISBN 978-7-5357-8164-2

I. ①重… II. ①卢… ②秦… III. ①新能源—研究

IV. ①TK01

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 100476 号

Reinventing Fire: Bold Business Solutions for the New Energy Era by Amory Lovins

Copyright © 2011 by The Rocky Mountain Institute

Hunan Science and Technology Publishing House edition published by arrangement

with Chelsea Green Publishing Co, White River Junction, VT, USA www.chelseagreen.com

湖南科学技术出版社通过大苹果版权代理公司获得本书中文简体版中国大陆地区独家出版发行权。

著作权合同登记号: 18-2012-280

版权所有, 侵权必究。

重塑能源 新能源世纪的商业解决方案

著 者: [美] 卢安武 洛基山研究所

译 者: 秦海岩 鉴衡认证中心

责任编辑: 林澧波 王 斌

出版发行: 湖南科学技术出版社

社 址: 长沙市湘雅路 276 号

网 址: <http://www.hnstp.com>

湖南科学技术出版社天猫旗舰店网址:

<http://hnkjcs.tmall.com>

印 刷: 长沙超峰印刷有限公司

(印装质量问题请直接与本厂联系)

厂 址: 宁乡县金洲新区泉洲北路 100 号

邮 编: 410600

出版日期: 2014 年 6 月第 1 版第 1 次

开 本: 710mm×1000mm 1/16

印 张: 23

插 页: 4

字 数: 400000

书 号: ISBN 978-7-5357-8164-2

定 价: 98.00 元

(版权所有 · 翻印必究)

推荐语



我的朋友卢安武深知 21 世纪最重要的问题就是如何把好的创意变成解决问题的办法。《重塑能源》一书，内容睿智详实，涉猎全面，汇总了现有的最佳能源利用技术并将其立刻付诸实践，以此来创造就业机会，终结我们对导致气候变化的化石能源的依赖，使即将到来的能源革命释放出巨大的经济潜能。

——比尔·克林顿 美国前总统

卢安武用简练生动的语言描绘了一幅能源生产和消费方式如何在未来得以显著改善的蓝图。本书出自真正的专家之手，我们皆可从其清晰的阐述中获益匪浅。

——乔治·舒尔茨 美国前国务卿、前财政部长、前劳工部长、胡佛研究所资深研究员

卢安武携手专业精英团队，为实现能源生产和消费革命并把握住 5 万亿美元的商机，提供了一套科学合理、协调详尽的计划。《重塑能源》闪烁着智慧的光芒，是一本令人手不释卷的巅峰之作，在书架上和白宫主人的脑海里都值得拥有一席之地。

——罗伯特·C·麦克法兰 里根总统任期内国家安全顾问、
美国能源安全理事会联合创始人、联合主席

这本书为未来 40 年里如何在交通、电力、建筑以及工业领域实现能源利用方式的彻底有效变革制定了绝妙而又新颖透彻的计划。洛基山研究所的《重塑能源》一书也为因依赖石油和煤炭而产生的严重问题提供了出路。

——詹姆士·伍尔西 拉克斯资本投资合伙人、前美国中央情报局局长

如果你想为美国带来幸福和繁荣，解决失业、政治僵局以及气候变化问题，并且为改善这个充斥着各种矛盾和意识形态的世界做些有意义的工作，那么你可以做一件事：就是阅读《重塑能源》……并尽量让每个决策者都读到这本书。从各个角度看，本书都令人叹为观止。《重塑能源》一书通过重新定义作为人类文明血液的能源的生产与消费方式，描绘出了一条通向可

持续的、深藏要义的未来的无比现实之路。

——保罗·霍肯 《看不见的力量》的作者、《自然资本论》的合著者之一

《重塑能源》一书就过去、现在以及未来的能源利用情况提出了全新的视角和令人叹服的观点。借助经济学，物理学，地质学，国家安全以及普通常识的逻辑，卢安武和同仁们开拓出了一条更清洁、更低价、更安全的未来能源之路。这是一本商界领袖、决策者、环保人士、专家学者以及任何关注地球未来和国家繁荣的人士的必读书籍。

——丹·埃斯蒂 耶鲁大学商业与环境研究中心主任、《点绿成金》作者

《重塑能源》中由商业引导的能源革命是以更好的收益、更低的风险和更鲜明的竞争优势共同推动实现的。对房地产业以及其他行业来说，这是取得成功的上策。聪明的开发商会追随变革的节奏，创造效益；落伍的开发商则会无视这一潮流，陷于窘境。

——杰拉德·D·汉斯 美国汉斯公司创始人、董事长

这是一本创新者和决策者必读的关于创新方法学的分析型读物。

——比尔·乔伊 凯鹏华盈合伙人、太阳微系统公司联合创始人

对所有从事能源实务和政策的人来说，这是一本十分好的、有重要参考意义的书。

——何祚庥，中国科学院院士、理论物理学家

面对交通能源与环境的重大挑战，以电动化、轻量化和智能化为核心的汽车技术变革发展迅猛。本书全面介绍了交通工具节能的潜力、途径和方法，尤其是对节能与新能源汽车做了重点介绍。随着我国汽车保有量的快速增长，解决汽车社会带来的能源安全和环境保护问题迫在眉睫。书中提出的思路对我国具有重要参考价值。

——欧阳明高 国家“863”计划节能与新能源汽车重大项目总体专家组组长、清华大学教授

《重塑能源》一书为我们提供了未来更清洁、更经济和更安全的新能源的商业应用前景。书中提出的重塑现有能源体系方案对中国能源转型有重要的借鉴作用，值得向读者推荐。

——贺德馨 世界风能协会主席，中国风能协会名誉主席

当今世界正处于能源生产和消费大变革的时期，重塑能源一书的作者提出了发展以分布式为主体的可再生能源生产系统和高效用能系统的观点，为能源革命的方向提供了重要的

启示。

——李俊峰 国家应对气候变化战略研究和国际合作中心主任

无论是就全球还是中国来讲，能源革命势在必行。我们要研究如何既满足经济发展对能源的需求，又要确保环境友好，通过重塑能源的方式来改善能源需求。重塑能源不仅是一个技术问题，更是一个认识问题。卢安武先生在《重塑能源》中提出的现实路径，对我们凝聚共识，开拓创新是一个重要的参考和启迪。

——戴彦德 国家发展和改革委员会能源研究所副所长

《重塑能源》是一部难得一见的著作，作者高屋建瓴同时又深入浅出地从社会、经济、科技等多个角度论述了当今社会面临的能源问题，为我们描绘了解决问题的途径和一个光明的前景，使人类社会彻底摆脱化石能源资源渐近枯竭的危机。无论你是否完全赞同作者的观点，这都是一部值得认真阅读的著作，因为本书至少能够引起我们对能源问题的深刻思考，这对节约能源、开发可再生能源、实现全球的可持续发展是大有裨益的。

——林海燕 中国建筑科学研究院副院长

能源体系的重塑并不需要突破性的技术奇迹，但需要一种崭新的视野和开拓进取的精神。以商业模式创新为主导的能源结构调整和清洁化进程，将为社会创造更多的财富，这种财富不仅是环境气候友好所带来的隐形效益，也是现实的商机，例如在新型材料的创新利用以及提高能源使用效率方面，企业界仍大有可为。《重塑能源》的独特之处在于，它没有仅仅停留在思想的层面来呼唤能源变革，而是提供了一套具有操作价值的综合解决方案。

——宋志平 中国建筑材料集团有限公司董事长

作者在书中主要审视了当前已严重依赖传统化石能源的美国所处的发展困境，并系统阐释了未来清洁能源在交通、建筑、工业用能和电力系统如何发挥作用，以更高效、更清洁、更经济的方式改变人们的生活并促进社会的发展。从愿景到实践，本书都一一给出了答案。这些答案不仅仅针对美国，对中国同样意义非凡。

——武钢 新疆金风科技股份有限公司董事长

作为美国能源领域的权威大师的卢安武博士的心血力作，向我们展示了未来世界能源格局的变化趋势，描绘了能源变革冲击经济社会各个应用领域的蓝图，更重要的是对人类再造“新火源”的启示。本书帮助我们以新思维、新视角去思考新能源的未来。无论你是能源领域从业

者，还是大众读者，都值得一读。

——张传卫 明阳新能源投资控股集团董事局主席

新能源就像新大陆，也许前方的征途充满艰险和挑战，但从不会缺乏希望之光亮，指引我们摆脱传统能源的束缚。《重塑能源》告诉我们，与其坐谈困难险阻，不如坚定扬帆前行！

——高纪凡 天合光能有限公司董事长兼 CEO

卢安武博士《重塑能源》一书，聚焦于“新火源”即可再生能源，尤其对太阳能光伏所具有的成本优势、规模优势、竞争优势以及其便捷性、大众性的阐述，为推广应用太阳能光伏提供了商业解决方案，为人类的未来描绘出革命性的愿景——重塑能源。上帝把太阳赐予人类，我们有责任有义务把阳光转化为能源，让老百姓都能用得上、用得起绿色电力。除了重塑能源，我们别无选择！

——苗连生 英利集团有限公司董事长

卢安武先生通过探索能源供给、能源安全和环境之间的关系，明确了重塑能源的关键是发展可再生能源和建立高效分布式能源体系，其独特的见解对于中国调整能源结构、解决环境问题具有非常重要的参考价值，也为中国能源企业的转型升级指引了一条可持续发展的道路。

——王玉锁 新奥集团股份有限公司董事局主席

在当前日益严峻的能源消费和气候变化的背景下，如何设计好地球的可持续未来，是一件迫在眉睫的事情。《重塑火源》为这一命题提供了比较清晰的路径指引。可以期望，沿着这条试图“解放”化石能源的道路，最终我们将获得和拥有人类所需的能量之源。

——文钊 《经济观察报》执行总编辑

关于本书



《重塑能源》一书的意义在于为即将迎来化石燃料枯竭期的美国经济指明航向，提供路线。它凝聚了落基山研究所（RMI）数十位科学家、工程师、建筑师、经济学家、商业专家和其他从业人员历经数年的工作成果。落基山研究所是一个独立的、提倡思行合一的非盈利性智库，主张通过革新设计、突破壁垒及传播创新的方式推动能源的高效和可持续利用。“重塑火源”的构想以及本书为美国商界和其他行业领袖呈现了该智库的研究结果，并接受了来自外部专家的广泛审查。

落基山研究所开展“重塑火源”的研究，旨在解答两个问题：第一，在2050年到来之前，美国是否能真正弃用石油和煤炭？第二，商界能否主导这场向能源高效利用和可再生能源利用的巨变，同时取得持续性优势？事实证明，这两个问题的答案都是肯定的。

我们的答案源于对未来能源需求与生产的普遍公认数据，以及未来40年企业以正常的利润率采用现有技术并且政策为能源和设计创新扫除现存障碍的条件下对能源前景的合理保守预测。出奇的是，我们的分析并非基于碳定价或任何其他外因，也不需要国会通过新法案或任何新的国家税收、补贴等政策法规，而同传统商业模式相比，却能够节省5万亿美元（2010年净现值¹），创造出巨大商机。

《重塑能源》以石油和电力为两大中心主题。石油燃烧和燃料发电厂（近一半是煤炭发电）碳排放量分别占到美国和世界碳排放的五分之二以上。有将近四分之三的石油耗在交通运输上，同时有将近四分之三的电力耗在建筑物上（其余为工业用电）。因此，高效的交通运输、建筑和工业是节省石油、煤炭和天然气的关键；而这又有可能使电力生产方式发生重大变革。本书第二章到第五章对这四个领域分别进行探讨，回顾了三十年来，落基山研究所与全球范围内的该四大行业翘楚进行战略和技术合作的成果。这一全球性经验表明，本书中的所有技术和许多适用于美国的政策建议应该被广泛地采用或者稍作调整后推广到其他

地区。

除了努力让《重塑能源》一书简洁易读，我们还尽量保证书中对技术的详细分析具有易懂、可读、可信和可考性。您会发现本书后面附有基本参考文献，或者您也可登录官网 [www. reinventingfire. com](http://www.reinventingfire.com) 查询相关的支撑性方法论和技术资料，该网站也是落基山研究所在这四个关键行业开展“重塑火源”专项活动的门户网站。书中采用的一些基本范例有必要在此做以说明。

本书通篇采用 2009 年的美元价值（除非另有说明），所选技术的最低投资回报率与各行业的风险回报忍耐度相当。以汽车制造商为例，其决策的制定主要受目光相对短浅的购买者驱动，因此我们假定其燃料节约必须在三年内获得回报。对建筑物的能效收益，每年 7% 的预计资本回报率反映了更长的时间周期。在风险更高、竞争更加激烈的工业部门，我们选择的能效收益增长率为每年 12%。电力部门选择每年 5.7%，这可以反映许多股份制国有电力公司的加权平均资本成本。此外，本书通篇都强调：到 2010 年的成本和收益的社会价值采用的社会贴现率为每年 3%，这是美国国家管理及预算办公室通过评估联邦政府的能效投资情况所作的规定。

另外，我们假定美国经济增长和活动水平采用美国能源信息署预测 2035 年能源时所采用的 2010 年参考案例，进一步推测到 2050 年的相关情形，并使用该基准比较我们提出的备选方案。

欢迎读者发送邮件到 [rfsuggestions@ rmi. org](mailto:rfsuggestions@rmi.org)，提出您的宝贵意见和建议，望您不吝赐教，帮助我们完善后续版本。如有疑问，也可发送邮件到 [rf@rmi. org](mailto:rf@rmi.org)。



试想有这样一种让人放心的能源，它不会导致气候变化、石油泄漏、矿工枉死、空气污染、土地荒芜或野生物种灭绝，也不会有能源匮乏、靠石油维持的战争、暴政和恐怖分子。它不会枯竭、不会中断，不让人担忧，是一种充足、温和且所有人永远都能负担得起的能源。

使世界更富足、公平、美好和安全不仅是可以实现，从现实角度讲甚至是有利可图的，因为现在开始节约和取代化石燃料效果会更显著，而成本也不会比购买和使用化石燃料更高。

我们只需要一个新火种。

过去的几百万年里，传统火源养育了人类先祖。在冰川消退、猛犸象四处漫步的年代，头发蓬乱、身着兽皮的原始人类学会了用木材堆起篝火让家人取暖并烹制食物。后来，有些人学会了收集海滩和地表的煤块，汲取自然渗漏的石油。而且，早在 2400 年前的中国，当地的人们就学会了从地表近一英里深处钻取天然气和液态烃，并且用竹筒运输。²然而，当时地球上几乎所有的能源均来自木材、太阳、风力、水力、畜力和人类的辛苦劳作。暗夜与严冬折磨着短暂而艰难的生命。

现在，几乎有一半的人类仍然在不同程度上生活在原始社会。其中，15 亿人处于无电地区，他们就生活在地球夜景卫星照片上所显示的巨大黑暗空间里；还有 30 亿人靠燃烧木材、粪便或木炭生火做饭。而我们这 40 亿人则幸运得多，化石燃料在过去的 200 年里改变了一切。火让我们完全进化为人，农业发展促成了城市和国家，而化石燃料则使我们进入现代化社会。他们让能源由一种倾个人全力才能搜寻到的物品变成了一种随处可见的商品。通过杰出专家的研发和技术突破，再加上让人惊叹的大型机器，这些商品开始由世界上最大的公司经营，而且成为了全球规模最大的产业。这一无形的产业，已经变成一项技术含量相当高、影响力也非常大的业务。该产业的探究领域已经上天揽月，下洋捉鳖，高峡

变平湖。通过这一产业，像汽油、柴油、航空燃料、天然气和电力等复杂的能源载体可以平稳地输送到我们的建筑物、车辆和工厂里。它是人类社会财富的基石，能力的保障，是我们现代生活无形的代谢引擎。每当我们驾驶汽车、轻启开关或为房间供暖时，我们享受到的是普遍负担得起的效能，不仅便利、多样，而且可靠。没有化石燃料或类似的替代性能源，我们大多数人就会很快开始体验生存的斗争，如目前世界上最贫穷的人群每天的遭遇一样。然而这个人类文明的驱动器，让数十亿人的生活更加丰富、寿命更长久的灵丹妙药，却开始以非常微妙的方式，增加了我们生活中的担忧、不安全感、生活成本、破坏性和危险性。其日益增加的成本和风险正侵蚀着，有时甚至超越了它带来的明显益处。因为这一能源体系，很多小孩罹患哮喘；也因为这种能源体系，孩子们所吃的金枪鱼便当里出现了汞。该能源系统偶尔出现的突发状况甚至会粉碎整个经济。它所带来的财富和权势能收买政客，成为各国政府的工具。世界上大部分的对抗、腐败、专制和战争都因它而起。并且，它正以过去 6000 万年间从未有过的速度改变着我们这个星球的大气层。

总之，丰富的化石燃料遗产已经开始破坏其之前为我们营造的安全感。作为我们这个社会最富远见的风险管理者，军方领袖们对此很是担忧。2010 年 2 月，美国《联合部队季刊》，参谋长联席会议主席杂志的专题文章开头写道：

能源是现代社会的命脉，支撑着美国的实力和繁荣。但能源亦是造成全球不稳定、冲突、污染和风险的主要原因。许多严重威胁国家安全的事件都与能源问题密切相关，包括石油供应中断、石油资助的恐怖主义、靠石油资本支持的冲突和动荡、核扩散、国内脆弱的关键基础设施以及气候变化（气候变化进而又改变了一切）。³

一年后，联席会议主席对此做出回应，并呼吁大家为了国家安全和经济繁荣采取能源行动——这是五角大楼日渐重视和主导的一项任务和使命。⁴

全球能源系统还笼罩着另一种潜在的威胁：化石燃料从其本身物理特性或是经济发展的角度来看最终都必将枯竭，只是时间早晚的问题。尽管勘探和开采化石燃料的技术取得了长足进步——勘探地质学家现在甚至可以采用相当于透视眼的数字技术——但是地球上的资源并不能因此变多。容易开采的石油正迅速减少并逐渐集中在极少数国家；容易挖掘的煤炭也只剩下几十年的开采期；美国丰富的天然气资源储存在厚度较大的页岩层中，现在虽已着手开采，但是这些天然气外面的气泡却比人类的头发还要纤细。当经济学家们（及一些地质学家）开始意识到石油储量数据被广泛误解或误报后，⁵有关化石燃料储量丰富的观点开始陡变。2010 年底，国际能源机构声称，世界原油产量已在 2006 年达到巅峰。⁶五角大楼的联合部队司令部亦提出警告，石油过剩产能可能在 2012 年消失，2040 年到来前应该为打造一支无油军队做好准备。⁷

煤炭也出现了同样的情形，尽管长期以来人们都认为其储量丰富，根本无需仔细考察。⁸所以，无论是从经济地质学角度，还是从其可负担性、安全性或副作用的角度考虑，化石燃料时代在人类文明的长河中终究不过是持续 200 年的昙花一现。

化石燃料的盛宴正在接近尾声。现在是时候体验一些全然不同的东西了。

新的火源会是什么样子呢？

旧火源掘于地下，新火源降自天上。旧火源稀缺，新火源富足。旧火源受地域限制，新火源无处不在。旧火源短暂易逝，新火源亘古绵延。除了少量生物燃料、沼气和生物质能，所有新火源的发展方式都是可持续的，没有火焰，没有燃烧，却能提供同样便利、可靠的服务。

这似乎有点让人望而生畏，其实不然。正如时任共和党卫生教育与福利部部长的约翰·加德纳（John Gardner）在 1965 年加入林登·约翰逊（Lyndon Johnson）总统参谋团队时所言：“摆在我们面前的是激动人心的契机，只不过他们伪装成了待解的难题。”

无论从技术层面还是从经济层面而言，化石燃料的问题都无需太过担心。技术的进步正在悄无声息地将之淘汰，因此我们可以通过降低能源成本来消除这些问题。

约 78% 的人类活动⁹是通过挖掘和燃烧原始沼泽中腐烂物获取能量来完成的。但是今天，我们有了更时尚的选择，不需要再去攫取和燃烧历经数百万年之久腐烂的垃圾和淤泥。我们凭借聪明才智和创业精神在地球的每个角落开采能源，以很少的额外成本，亦或无需增加成本甚至还能赚钱，提供生活所需能源，改善生活，进而让世界数十亿人的生活更加丰富多彩。

事实上，新火源能给社会带来数万亿美元实实在在的财富，是真金白银。本书将为您解释要想抓住这个千载难逢的机会，您应如何做、做什么。因为说到底，这个故事讲述的不是能源和恐惧，而是能源和希望；不是限制和任务，而是选择和进取；不是危险与贫穷，而是安全和财富。

此处描述的新火源包含两大特征：一是能源使用效率非常高，二是能源来源多样化且主要为分布式可再生能源。尽管致力于高能效和可再生能源的双重转变已经启动并正在加速发展，但它的意义并不仅仅局限于老式的“做什么”和“怎么做”，即技术和公共政策。实际上，技术和公共政策非常重要且富于创新，对此我们还有很多可以讨论：如需要采用的现有技术和政策，需要完善的新兴技术和政策，以及需要进一步发展的萌芽技术和政策。但这些内容还不足本书讨论范围的一半。今天的能源转型讲述的是新式的“做什么”和“怎么做”，即以意想不到的方式把技术结合起来的一种综合性设计以及新型的商业模式和竞争策略。在这四个领域，重大创新融合到一起汇聚成了迄今为止可能最具颠覆性的机会洪流，将产生同信息时代一样普世的影响，只不过这种影响将更为深远。

这四大能源革命工具相互作用的影响会远远超过各部分的简单相加。让我们拭目以待，一起见证他们创造出我们这个时代最伟大的商机——甚至是有史以来的最大商机。人类已经开始

着手其历史上最重要的基础设施转变，把信息技术、新的理念和能源结合起来，实现技术与社会的双重突破，创造一个又一个奇迹，然后将其融合以创造更多的奇迹。接下来的关键十年甚或是几年，是下大赌注的时候，也是奠定成功基础的时候，其结果将在 21 世纪中叶逐步得以呈现。

不再有循规蹈矩这一选项：一切都会瞬息万变。新能源时代已经来到我们身边。我们必须密切关注，深刻理解，潜心计划，勇敢行动。

本书概述了我们应如何掌握向新火源的转变，如何加速和整合，帮助它最终沿着有益的路径前行，并最终到达光明的终点。这种转变并不容易，但是又比维持现状容易和安全。伴随这些令人心动的机会而来的是同样鲜明的不确定性、风险和危险。企业领导者应该向自己提出这样的问题：

- ◇ 如果你提前几周或几天才接到石油供应中断的通知，你将如何开展工作？
- ◇ 如果明天早上或明年开始电灯无法点亮，你的公司会做什么？
- ◇ 你明白能源价格大幅上涨和价格波动对你的公司、客户和供应商意味着什么吗？
- ◇ 你如何通过消除能源运营成本而领先于竞争对手？
- ◇ 你打算从价值数万亿美元的新能源经济中分多大一杯羹？

这些问题不是凭空想出来的。它们反映了本书描述的机遇和存在的风险，这些风险已经显现，它们暗中慢慢滋长而我们却未能采取行动。对一个拥有可观资源而懂得将其做不同投资的领导人，考虑周全的冒险对他而言就是机遇和责任。我们现在最需要的不只是管理，更是领导力。

今天，有一种能源和商业系统正在走向衰亡，而另一种正在努力获取新生。处在这种动荡之际，固守某块阵地似乎会舒服些。总是有很多诱人的原因让人们不愿去改变。T. S. 艾略特曾写道：“在理想与现实之间，在动机与行为之间，总有阴影徘徊。”然而大地正在发生变化，我们不能固步自封。毫无疑问，今天和明天的能源系统之间出现了一个隐约可现的拐点，在这个拐点上会创造巨额财富，也会失去巨额财富。到那时，哪个会是你的遗产？

如果十年后你的股东们问你，或者退休后你的子孙们问你——在应对人类最严峻的能源挑战上你做过什么，你将如何回答？

你可知，你曾孙女的未来正因你的工作而大打折扣？

我和我的同仁们都希望这本书能帮助引导、支持、鼓舞和督促每个人可以为全人类的新能源解决方案创造和开拓出自己的那份重要力量。

卢安武（艾默里·B. 洛文斯）

科罗拉多州斯诺马斯特镇

2011 年 8 月



在中国政府的坚强领导和扎实努力下，未来几年，中国极可能成为世界上最大的经济体，在公元后的 20 个世纪中有 18 个世纪皆是如此，两个异常的世纪将告结束，此时恰好对中国所取得的诸多成就加以回顾。

中国以史无前例的速度帮助大量人口摆脱了贫困，以史无前例的广度和深度实现了经济现代化，这是其他任何一个国家都无法完成的任务。这种经济变革中自然包括在节能技术和可再生能源的快速发展上所取得的突出成就。自 2005 年“十一五”规划开始，中国是世界上唯一将提高能源利用效率作为发展战略重点的国家，也是唯一一个在过去 25 年里将能源生产率（经济活动的单位能源消耗）逐年提高超过五个百分点的国家。2001 年后的几年时间，能源密集型基础材料工业的迅猛扩张打断了这一进程，但其后效率增益得到恢复，重回 4% 以上的年增长幅度，并有可能进一步加速。然而，中国经济的快速增长，在使 3 亿人口实现城镇化、提高生活水平、使中国成为世界制造中心的同时，也使中国的能源消费在 2001 年至 2011 年 10 年间占到全球能源消费增量的 55%。

从能源供给角度看，中国对煤炭和石油的使用量大大增加，同时启动了世界上最宏大的核能开发计划，建成了世界上规模最大的水电装机容量，并着手打造现代天然气产业和基础设施。除此之外，中国在 2012 年成为全球最大的可再生能源投资国，总投资 670 亿美元，占全球总量的四分之一，接近美国总投资额的两倍。中国凭借全球最大的风电装机容量、地热能的直接热利用、太阳能热利用和在 2012 年排名第三的生物乙醇产量和生物质发电容量，已经在非水电可再生能源技术方面达到世界领先水平。中国还是全球最大的太阳能光伏发电设备制造国，为降低全球光伏产品价格做出了贡献，同时在沼气生产和小水电技术利用方面也走在了世界前列。总体而言，中国在七个可再生能源技术领域占据优势，中国制造商对全球能源变革来说是绝对的主力阵容，这使得 2011 年、2012 年和 2013 年连续三年全球范围内非水电可再生能源发电容量都增加 8000 万千瓦以上，吸引了约 2500 亿美元的私人投资。

然而，中国煤炭和石油用量的持续增长也导致了前所未有的严重问题，包括矿难事故、大坝选址争议、水资源短缺以及常见的土壤、空气和水污染问题。其间虽然节能技术和可再生能源发挥了一定的调节作用，但十分有限。今天发生在北京和其他众多城市的空气质量危

机便是一个巨大而复杂的挑战。据报道，中国北方近 5 亿人口的平均寿命将减少约 5.5 岁（还未计算南方地区存在的类似风险，见 DOI: 10.1073/pnas.1300018110）。中国是全球最大的温室气体排放国之一，温室气体正在改变着全球的气候，气候变化使中国的水资源供给、农业生产和公共健康安全受到极大考验。

中国不仅燃烧的煤炭比其他国家的总和还多，而且已成为世界上最大的石油进口国，燃料价格波动冲击着中国的经济，使中国暴露于新的安全风险之下。中国虽然在燃料、汽车、工厂和电站的清洁化和提高效率方面付出了艰苦努力（中国燃煤电厂的整体效率已高于美国火电厂效率），但还是无法追赶上快速发展的经济对能源的巨大需求的增长速度。这也是 2012 年 11 月召开的中共十八大上明确提出“能源生产和消费革命”的原因所在。

本书是美国同仁为能源革命所做的贡献。美国作为全球最大经济体（一段时期内）和第二大能源消费国和温室气体排放国（但人均仍是最大），加上复杂的国内政治环境以及长期占据主导地位的能源产业的势力，自身也面临着严峻的能源挑战。但是，尽管存在这些不利因素，美国的能源革命却已初露端倪。2007 年，美国的汽油和电力需求达到峰值，此后即使在经济增长期内上述能源使用量也在逐渐下降，因为能源使用效率提高得更快。2012 年新增发电容量有一半来自可再生能源。美国的许多州（美国的大多数能源政策在这里早已实施）大力提升能源效率和推广可再生能源，在一些州，风电已经占到电力结构的四分之一。在加利福尼亚州圣迭戈市，电力公司负责人预计，再过一两年，光伏发电系统会使所有的化石燃料发电厂在晴朗的午后关闭，而这里几乎每天午后都是阳光明媚的。

中美两国消耗了全球 38% 的能源，碳排放占全球的 43%。任何通向未来宜居世界的道路必须途经这两个国家。中美两国之间存在巨大的差异，但也有众多需要相互借鉴、通力合作的领域。中美都是大国，都有多样性的文化和气候条件，都有勤劳智慧的人民，管理难度大，创新思路广，共同的利益和追求将两国紧密联系在一起。

中美两国总统最近一致认为，能源和气候问题是两国普遍认同的亟待解决的关键问题之一。为了两国以及全世界的安全与繁荣，中美两国必须联手解决这个问题。而这种协作也将奠定两国在其他问题上开展广泛合作的基础。两国善良的人民希望构建美丽的中国和美国，他们知道只有两个国家团结起来取长补短，才能取得最完美的结果。

基于这种合作精神，本书对于中国而言应是具有极强的借鉴意义，书中所描述的美国能源创新之路颇具普适性质，也将同样适用于中国。反过来，中国能源产业的杰出成就也为美国提供了重要的经验和启迪。

2009 年 11 月，我与 60 位同事一道在洛基山研究所（RMI）完成了本书的撰写工作，这是一部为企业、政府、军方领袖而作的书。洛基山研究所是一个倡导知行合一的独立的非营利性智库，实行企业化管理，旨在改变全球的能源利用方式，创造一个清洁、繁荣和安全的未来。

洛基山研究所是一个非政府组织，以公共慈善机构的形式建立，不隶属于任何政府或行业，但这并不影响相互之间的良好关系。每年1200万美元的财务预算主要由私人慈善家捐助，还有一部分来自研究所为企业合作伙伴提供服务的收入。自1982年以来，研究所的多样化、跨学科人才凭借其研究工作的原创性、实用性、翔实性，为一些疑难问题提供革命性的解决方案，尤其是在能源的消费与供应方面，为研究所赢得了全球声誉。

我们是实干家，而非理论家；我们提供的是解决方案，而非问题本身。在交通、建筑、工业、电力这四大能源消费领域深耕30多年的经验使我们发现了一套创新的方式，将各领域有机结合以产生更大的效益。本书总结了洛基山研究所的凌云壮志，力图形成对美国能源问题的整体解决方案，也希望能启迪其他国家找到适合自己的道路。本书的法语、意大利语、日语和巴西葡萄牙语译本已经出版发行。从我在50多个国家的工作经历来看，包括中国（10年前我曾在北大任教），我相信本书的中译本将是最具影响力的，能将其介绍给中国读者，我深感荣幸。

中国现代能源成就是上千年创新历程的延续。3000多年前，中国人用青铜制成精巧的凹面镜（阳燧），聚集日光点燃火源。中国的先贤早就告诉我们要朝南而居，我和我的妻子遵从了这一教诲。我们居住在科罗拉多州洛基山脉附近阿斯彭的一座太阳能节能房屋里，此处海拔2200米，温度最低至零下44℃。然而在没有任何加热系统的情况下，室内有85平方米的热带灌木，生长着第51茬香蕉。其实，我家的房屋只不过是采用了中国北方被动式太阳能节能建筑设计而已（类似于6000多年前位于西安市东部半坡遗址的房屋样式），并加装了现代超级窗户，这种窗户的保温效果相当于14片玻璃。在欧洲，已有超过3万座被动式太阳能节能房屋在我们的启发下建成，与我们的房子类似，不需要供暖，而且建造成本也与普通房屋相当。

支撑西方工业革命的技术发明90%源于中国。然而，即使是对于这样一个有着悠久创新历史的国度，本书的核心结论仍然惊人：到2050年，美国单位能源的经济产值将增加3倍，可再生能源供应比例将从现在的十分之一增加到四分之三，并大幅削减碳排放、减少污染和水资源消耗量、降低风险。以比传统发展模式还低的成本，建设一个更安全的社会，自我修复能力更强，获取高质量服务的选择更宽广。这一切并非依赖于异想天开的发明创造，而是源于被实践检验过的现有技术。我们发现，整合所有技术相关领域，综合运用技术、设计、政策及战略四种创新手段，能够产生重要的协同效应。举例而言，电动汽车不仅节约石油，还能助力各种可再生能源电力的并网，提供潜在的商业模式创新机会。许多人错失整合良机，是因为他们总是试图将一个难题分解成若干小问题来加以解决。而我们发现将问题的边界放大，使其涵盖解决措施所需的一切要素，能够得到意想不到的答案。中国是否能成就于此？我们拭目以待。

在过去的一年中，来自中国能源界专家们的通力合作，以及来自阿斯彭社区基金会的约翰·丹佛白杨树基金、能源基金会、马克和莱斯利·麦奎因基金、启明创投（上海）、杰克·华兹华斯和所有慷慨资助人的支持，使我与同事们得以成功组织开展一项为期两年、由四家单位联合承担的中国合作项目，名为“重塑能源：中国”。中国国家发改委能源研究所、中国能源基金会、劳伦斯伯克利国家实验室中国能源研究小组以及洛基山研究所组成研究团队，共同探索中国最大限度提高能源利用效率和增加可再生能源的现实的、具有成本效益的途径。事实上，研究团队是要利用中国的分析、模型、信息和案例来探讨如何将本书中所说的方法和数据应用到中国的实际情况中来。期待 2015 年能够完成该项研究，同时在 2014—2015 年期间，对中国“十三五”规划的制定起到一定的支持作用。

通过对从能源生产到消费的整个经济体系的分析，该项研究旨在集中呈现快速开发利用可再生能源和提高能效为中国经济、社会及环境带来的益处。在各个分支领域，研究团队都将建立和使用“自下而上”的模型，对具有创新性、实用性的技术和手段的作用进行评估，帮助中国摆脱经济发展的传统轨道。依靠中国合作伙伴的大力支持，希望该项目能够建立起一套强大的、简洁的、动态的、持久的研究能力，为中国政府的能源政策和能源发展提供支持。

与此同时，受欧洲国家成功经验的鼓舞（德国和丹麦具备欧洲最可靠的电力系统，两国在 2012 年分别有 23% 和 41% 的电力是来自于可再生能源。2013 年上半年，西班牙来自于可再生能源的电力达到了 48%、葡萄牙高达 70%），国家电网在其 2050 年路线图的设计规划中已经开始探索高比例可再生能源的未来。这些实例给人以希望，中国领先世界的可再生能源技术能力有望与应用规模实现比翼齐飞。

我刚从北京回到家中，在北京我与项目顾问小组刚刚对我们这支跨太平洋团队的项目进展情况进行了首次季度审查。就在几天前，一些中国和美国的合作伙伴在我的家中会面，大家皆感到承担任务的责任之重大，同时又为两国乃至世界人民建设更光明的能源未来的前景而倍受鼓舞。

欢迎登陆我们的网站 www.rmi.org/reinventingfire 发表您的意见和观点，与该主题相关的更全面的资料也都在此网站发布（我们正在添加汉语交流版块）。特别欢迎批评指正，也希望看到能够展示类似观点在中国的实践经验的具体案例。

本书中文版的顺利出版，要感谢中国湖南科学技术出版社、美国出版商切尔西格林出版社、译者秦海岩及其同事于贵勇的通力合作，感谢洛基山研究所中国项目负责人约翰·克莱特斯博士、项目经理科雷·斯特兰杰、顾问祔宇明、劳伦斯伯克利国家实验室中国能源研究小组组长林恩·普利斯博士、副组长周楠以及研究员洪立轩。译文校对中得到了中国建筑科学研究院张时聪、国网能源研究院尹明、能源交通创新中心冯安以及麦达凌博士的大力支持，同时中文版书名也得到了黄忠良、周楠和易柯的建议，在此一并表示感谢。更要感谢的是中国人民所