

THE REMAKING OF THE WORLD ORDER

Energy revolution: China leading the world

重构大格局

能源革命：中国引领世界

刘汉元 刘建生 著



 中国言实出版社

THE REMAKING OF THE WORLD ORDER
Energy revolution: China leading the world

重构大格局

能源革命：中国引领世界

刘汉元 刘建生 著

图书在版编目 (CIP) 数据

重构大格局：能源革命：中国引领世界 / 刘汉元，
刘建生著. — 北京：中国言实出版社，2017.9

ISBN 978-7-5171-2562-4

I. ①重… II. ①刘… ②刘… III. ①能源经济—研
究—中国 IV. ①F426.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第225229号

责任编辑：李 岩

出版统筹：宫媛媛

封面设计：圣立文化

出版发行 中国言实出版社

地 址：北京市朝阳区北苑路 180 号加利大厦 5 号楼 105 室

邮 编：100101

编辑部：北京市海淀区北太平庄路甲 1 号

邮 编：100088

电 话：64924853 (总编室) 64924716 (发行部)

网 址：www.zgyscbs.cn

E-mail: zgyscbs@263.net

经 销 新华书店

印 刷 四川金邦印务有限公司

版 次 2017 年 9 月第 1 版 2017 年 9 月第 1 次印刷

规 格 710 毫米 × 1000 毫米 1/16 20.5 印张

字 数 290 千字

定 价 68.00 元 ISBN 978-7-5171-2562-4

序一·陈昌智 // 001

序二·刘汉元 // 005

序三·刘建生 // 010

第一编

大历史与大趋势

第一章 人类大历史发展规律的再认识 // 002

一、人类社会发展的物理经济学认识 // 004

二、总结 // 041

第二章 增长的极限 // 043

一、增长极限产生的原因 // 045

二、“增长极限”的存在形式与产生影响力的方式 // 050

第三章 绿色革命与绿色时代：人类的必然选择 // 064

一、后化石能源时代 // 065

二、绿色能源革命 // 067

三、绿色革命与绿色时代 // 073

第二编

大变革与大超越

第一章 能源革命发展基本评估 // 096

- 一、全球能源发展基本趋势 // 097
- 二、可再生能源发展评估 // 103
- 三、核能、可燃冰、页岩油气特别评估 // 121
- 四、碳排放量与未来能源发展趋势展望 // 139
- 五、推动储能技术与储能产业发展 // 149

第二章 能源革命：中国引领新时代 // 152

- 一、全球太阳能发展的历史与未来 // 153
- 二、上网电价法特别评论 // 176
- 三、中国光伏发电现状与展望 // 178
- 四、中国太阳能产业发展特别评估 // 186

第三章 中国光伏革命登上历史舞台 // 212

- 一、能源革命与光伏革命 // 213
- 二、光伏革命的未来 // 216
- 三、特别认识：光伏发电与煤电比较 // 235

第四章 中国光伏发展特别观点 // 239

- 一、光伏发展与“一带一路”的相关问题 // 240

- 二、中国西部光伏发展战略 // 241
- 三、中国光伏企业家的价值和贡献 // 245
- 四、光伏革命如何抢占制高点（以四川为例） // 249

第三编

大格局与大时代

第一章 能源革命：中国的责任与胸怀 // 258

- 一、坚持《巴黎气候变化协定》——中国战略机遇 // 259
- 二、能源革命：建设全球能源共同体、人类命运共同体 // 261
- 三、“紧盯前沿、抢抓机遇”：光伏革命的战略与策略思考 // 263
- 四、引领新时代——中国目光在未来 // 269

第二章 全球大格局与全球新秩序 // 277

- 一、迎接太阳能时代 // 278
- 二、未来全球能源基本格局评估 // 289
- 三、展望全球新秩序 // 293

结 语：迎接一个新时代 // 300

参考文献 // 302

序一

全国人大常委会副委员长
民建中央主席

陈昌智

应对与解决能源安全、生态环境问题，实现绿色发展，是以习近平同志为核心的党中央确定的新发展理念，也是21世纪人类发展的根本出路。2015年底，史上首个关于气候变化的全球性协定《巴黎协定》，由近200个缔约方一致通过，标志着全球气候与环境问题已成为世界各国共同面对的新课题，合作发展的新起点。全球要实现绿色发展，首先要实现一场绿色的能源革命。这场革命，无论是对中国还是世界各国未来的可持续发展，均具有重要的战略意义。

对于这场革命，尽管各国有不同的主张、不同的途径选择和发展策略，但核心是相同的，那就是大力发展清洁能源，逐步替代传统的化石能源。这是未来世界发展的必然趋势，是不可逆转的。

当前，我们已经看到清洁能源未来的光明前景，特别是光伏产业的发展，已在全球取得重大进展。因此，对光伏产业发展过程的总结与分析，以及对能源革命所涉及的一些重大问题的研究与探讨，无疑是非常有意义的。针对此重大课题，十一届全国政

协常委、民建中央常委、通威集团董事局主席刘汉元和西南财经大学能源经济研究所所长刘建生二位同志，进行了长期关注和深入研究。早在2010年，两位同志就合著出版了《能源革命：改变21世纪》一书。这本书从一系列基本理论和现实问题出发，创造性地运用物理经济学知识，对人类历史进程中每一次能源革命与社会发展的关系进行了系统研究，特别是着重探讨了未来能源革命的发生、发展趋势，以及将会产生的重大影响，并对我国在未来能源革命中的地位和作用进行了前沿性的研究和预测，提出了一些很有见地的观点和主张。我认为他们的研究是深入的、认真的，其精神难能可贵。

《重构大格局——能源革命：中国引领世界》一书，是刘汉元、刘建生二位作者继《能源革命：改变21世纪》之后的又一部力作。如果说前一本书重点在研究、探讨、预测能源革命将要乃至必然发生，这一本书则重点阐释了能源革命已经发生、光伏产业迅猛发展、中国将成为能源革命引领者、未来世界格局将发生巨大变化的重要观点与未来发展状况。

这本书既有理论和数据支撑，又有独特的视角和观点；既有微观的描述和分析，又有宏观的判断与展望。全书贯穿着一个鲜明的主题，就是“能源革命：中国正在引领世界，改变世界大格局”。这一点是很值得称道的。在过去200多年现代文明发展史上，特别是二战以后，凡有关全球发展的重大议题，其主导地位始终被西方少数发达国家牢牢占据，话语权也掌握在他们手中。如今，中国作为一个发展中大国，不仅有责任、有义务，而且也有能力改变这种状况，在全球发展的重大问题上发出自己的声音，提出自己的主张，贡献自己的力量。这本书在能源革命和光

伏产业发展方面提出的很多见解，反映了这种声音和主张；提出的许多问题，也值得我们认真思考与研究。

书中将光伏革命置于能源革命的突出地位，这是有道理的。在众多能源中，太阳能是大自然馈赠给人类的宝贵财富，取之不尽、用之不竭，具有充分的清洁性、绝对的安全性、显见的广泛性、资源的充足性和可期的经济性等明显优势，在长期的能源战略中具有重要地位。与核能、生物质能、地热能、海洋能和风能等相比，太阳能无疑是新能源中的佼佼者。

十年前，我国光伏产业落后于世界，原材料和市场“两头在外”、核心技术掌握在国外企业手中。但在短短十年后的今天，我们就完成了全面赶超，实现了产业发展的革命性突破，取得了领先世界的成就。这一巨大进步，离不开党中央、国务院的正确领导，同时也离不开众多中国光伏生产、科研企业的卧薪尝胆、积极进取和顽强拼搏。

目前，中国光伏产业正处在一个新的发展节点上，我们要充分发挥自己的独特优势，重点从以下几点着手，促进我国光伏产业持续健康发展。一是国家要从经济、社会发展全局出发，综合考虑各种因素，研究制定光伏产业及其他新能源的发展战略。二是政府有关部门要积极作为，适时出台新能源跨省区推广规划和政策举措，提高新能源消纳能力，完善与发展光伏补贴机制，支持新能源发展。三是国家要通过科技进步和技术创新，统筹协调，提升光伏产业核心竞争力，加快光伏等可再生能源的储能和输送通道建设，进一步提升我国光伏产业在全球的领先地位。四是充分发挥市场在资源配置中的决定性作用，更多采用市场化、法制化的方式，引导、支持光伏产业的发展，在发挥民营企业及

民营企业作用方面，一定要有有效支持措施。五是新能源企业要积极融入国家“一带一路”战略，积极推动光伏产业“走出去”，不断激发新的增长点。六是政府有关部门可选择一些重点省、市、县进行区域性试点，尝试与电力系统、能源系统进行对接，把市场、政策、资本、技术和人力等各方面资源在区域内进行积聚和叠加，形成产业发展高地，再通过这些产业高地的示范效应，带动整个产业发展。

在全球发展绿色能源的进程中，中国有着巨大的能量和潜力，完全有能力引领世界。未来十到二十年间，光伏产业完全有可能呈现爆发式增长，其速度可能会比我们预想得更快。以光伏为代表的可再生能源的发展，必将推动并实现新一轮能源革命，为兑现我国在巴黎气候变化大会上做出的庄严承诺，也为我们的子孙后代留住青山绿水、白云蓝天做出应有的贡献。

序二

十一届全国政协常委
民建中央常委 刘汉元
通威集团董事局主席

经过了三十多年的高速发展，中国经济、社会的方方面面都取得了举世瞩目的巨大成就。我国GDP有望在未来5年~10年全面超越美国并成为全球第一。伴随着经济的飞速发展，我国能源消耗逐年攀升，化石能源导致的环境破坏日趋严重，所排放的大量废气、粉尘给我国生态环境造成了巨大威胁，全国性的雾霾天气频繁出现，对全国人民的生产、生活及身体健康带来了严重影响和巨大危害。作为全球最大能源生产国和消费国，煤炭、石油等传统化石能源仍占据着我国能源消费的主体地位，如不尽早实现能源生产和消费方式的根本性变革，只会面临更大的能源需求压力、更严重的生态环境损害，甚至连全体国民呼吸一口干净、清新的空气都变得十分困难，这不仅严重阻碍我国的发展进步，甚至还将危及国家安全。

在此背景下，我和建生先生于2010年合著了《能源革命：改变21世纪》一书。该书出版至今七年有余，全球能源格局已发生了十分重大而深刻的变化，能源革命的序幕已全面拉开。当年

书中提出的一些颇为“大胆”或看似不可能的预测和观点，不仅一一应验，诸多方面甚至远远超过我们当时的预期。七年里，我和建生先生各自从业界和学界两大维度，积极参与、密切观察、深入研究和思考光伏产业，随着时间的推移和实践的深入，我们愈加认识到，在这场持久、深刻且横扫全球的能源革命中，中国的角色已悄然改变，我国光伏产业的发展事实上已赶上甚至超越了中国高铁在全球的地位和影响力。在本书中，我们立足于能源革命这一主线和大势，重点对“中国光伏产业引领世界能源革命”这一命题进行了深入阐述和论证，不仅得出了让我们十分振奋的结论，也引发了我们的深深思考：作为中国光伏产业的一分子，无论于人类历史还是国家未来，事实上我们每个人都担负着比前人更为重大的责任和使命！

回望过去，人类发展史上所历经的工业革命，其本质是能源革命推动着西方国家长达两百多年的经济、社会、文化发展和历史演进。如今，化石能源向可持续清洁能源转变的序幕已全面拉开，人类发展史迎来了新的里程碑。与以往不同的是，经过十多年的卧薪尝胆和砥砺奋进，今天的中国已不再是历史的旁观者和跟随者，而是稳稳地站在了全球能源革命的浪尖和潮头，自信而自豪地扛起了全球可再生能源发展的大旗，引领并推动着本轮能源革命前进的历史车轮。

从产业总体来看，我国光伏产业在设备制造、系统应用等方面已全球领先；从十多年前的“两头在外”，发展成为了目前最具国际竞争力的战略性新兴产业；从90%以上产品出口欧盟，到目前超过三分之一的产品实现国内安装应用，我国光伏产业短短十年间取得了举世瞩目的巨大成就。尤其是近年来，随着我国光

伏产业技术的快速进步、产业规模的不断扩大，单位发电装机成本持续降低，国内每千瓦建设成本已从3万元~4万元大幅降低到今天的5000元~6000元，两三年内甚至可望降到3000元~4000元，成为成本最低的发电方式。可以说，光伏发电已走到了平价上网的重要关口，且未来的发展节奏可能比我们预想得更快。

从制造过程来看，我国光伏产业已全面建立起了从核心原材料到主要设备、主要产品、系统集成的完整体系，规模全球第一、成本全球领先。2016年，我国多晶硅、硅片、电池片、组件产量分别占到了全球总产量的52%、91%、71%、73%；新增光伏装机34.54GW，同比增长达128.3%，连续4年位居全球第一；累计光伏装机77.72GW，继续领跑世界。

从发电成本来看，如果以西方发达国家的利率水平来测算我国的发电成本，两三年后，西部地区实际度电成本只有0.2元~0.3元，东部地区也只有0.3元~0.4元，成为比各种化石能源发电成本更低的电力来源。从能源投入产出来看，制造光伏发电系统全过程的能源消耗在电站建成后的3至6个月即可全部收回，而系统则能以零排放、接近零消耗的方式持续发电二三十年。

可以说，我国光伏产业从无到有、从小到大、从弱到强，所历经的历史巨变和所赢得的全球领导地位，是十多年来所有从业者共同努力的结果。我们相信，在未来，中国将长期、持续引领全球光伏产业的变革和发展。如果未来三五年内实现能源消费增长的可再生清洁化供应，二三十年内实现部分到大部分对化石能源的替代，以及由此带动的配套储能技术、智慧电网的发展，则有望在我国形成百万亿元、在全球形成百万亿美元规模的新兴产业。

历史总是螺旋式上升、波浪式前进的。

虽然能源革命在全球范围内已呈燎原之势，但我们依旧面临着一些压力和挑战。2015年12月12日，人类历史上首个关于气候变化的全球性协定《巴黎协定》，由近200个缔约方一致通过，标志着全球气候新秩序开始形成，也预示着以煤炭和石油为代表的化石能源时代开始走向终结。虽然美国总统特朗普上任后不久便宣布美国退出《巴黎协定》，为这一伟大历史进程蒙上了一层阴影，但就在这一重要时刻，美国经济、人口和能源消耗总量最大、同时也是环境压力最大的州——加利福尼亚州州长杰瑞·布朗，以其前瞻的视野和坚定的决心推动着加州的能源清洁化进程，使得“2020年加州清洁能源供电比例达33%”这一目标在今年5月提前实现。不仅如此，加州还制定了中远期目标，用立法形式保障加州在2030年实现可再生能源占全部能源消耗的比例突破50%，在2040年实现100%的占比目标！

今年6月，布朗州长专程访问中国，首站就到访了成都，期间与我深入探讨了中、美两国清洁能源的发展和双方未来实现战略合作等话题。布朗州长高度评价中国光伏产业，感谢中国对加州和世界可再生能源做出的巨大贡献，因为正是中国生产的高品质光伏组件，支撑了加州可再生能源的快速发展。他还谈到，特朗普政府已宣布退出《巴黎协定》，全球将实现《巴黎协定》目标的希望更多寄托在了中国身上，希望中国能以强有力的领导者姿态站出来，带领全球达成此目标，加州一定会紧随其后。

人类已站在了从后化石能源时代向全面可再生清洁能源时代转变的里程碑前。在此重大历史节点，我们已可以清晰看到人与自然和谐相处的美好前景，人类从此开始实现清洁发展，汽车电

动化、能源消费电力化、电力生产清洁化，零排放、零污染、接近零成本的清洁能源将持续满足人类的生产、生活需要。在青山绿水的环境中，在蓝天白云的苍穹下，我们徜徉在世界的每一个角落、安心地呼吸着每一口空气、安然地享受着每一次远行和各种现代文明的成果。

美好的未来已近在眼前，无论从全球能源供应、环境保护、经济发展，还是从转变经济发展方式的内在要求出发，我国和世界各国都应全力拥抱能源革命，加快推进光伏新能源产业发展，从而使太阳能这种清洁、环保、经济的可持续能源真正惠及全人类。我们坚信，在引领这场能源革命的重大历史变革中，中国必将在人类发展史上留下浓墨重彩的一笔，从而实现中华民族的伟大复兴，续写五千年中华文明的灿烂、荣耀与辉煌！

序三

刘建生

与汉元一起完成《能源革命：改变21世纪》后，一直认为这本书能够影响一二十年，书完成后这几年，没有过多关注绿色能源产业，特别是光伏产业的发展情况，而是埋头完成《物理经济学》的收官工作。没有想到今天的能源革命、光伏产业格局与发展形势已发生翻天覆地、令人振奋的变化，真是洞里才一天，外面已十年。

年初，与汉元先生相见，他介绍与描绘的能源革命形势令人震动。当初认识汉元先生，一拍即合，很快大家决定共同完成《能源革命：改变21世纪》一书——这已经是近十年前的事情了。没有想到十年不到，我们当年认为遥不可及的能源革命的阶段性成功已呈现在眼前：太阳能电池主要成分晶体硅的价格已经是当初最高价格的3%~5%左右，整个价格从最高时的300万元一吨，已经降到了目前的10万元一吨左右，逆变器价格降低了90%以上，太阳能电池涉及的各个产业都取得重大突破，其中最为关

键的晶体硅生产能耗降低了70%左右，晶片厚度降低了60%左右，平价上网已经近在咫尺。汉元充满激情地描绘了光伏产业的发展，并且提出了几个重大观点，令人兴奋，令人震撼。一是能源革命已经在全球范围内成燎原之势；二是光伏发电成本很快能做到低于煤电，他认为实现这个目标将不超过3年~5年；三是光伏产业将成为中国与世界最大的产业，并且中国光伏产业将成为世界光伏产业的领导力量，完全可以在这个领域中如同中国高铁一样，全面领先世界，并且成为中国未来出口产业的支柱，成为保证中国外汇稳定收入的重要力量。上述三个观点令人感慨，令人激动。汉元先生还戏称：建生啊，你再不参与，就只有鼓掌的份了。能源革命形势发展太快，显然，我们七年前的《能源革命：改变21世纪》一书已经到了必须修改与补充的时候。考虑到这个因素，我们一致决定共同撰写《能源革命：改变21世纪》的续篇，表达我们对能源革命大格局的新认识。

汉元先生对能源革命、光伏革命表达的观点与事实，是这本新书展开的基本内容。考虑到能源对人类社会发展的基础作用，书的第一部分重点阐述能源以及能源革命与人类大历史发展的基本关系；书的第二部分充分展示光伏产业发展历程，特别是展现光伏产业近期的进步与发展，着重突出近5年~10年中国光伏产业在光伏制造到光伏革命的历史进程中的作用，以及推动中国光伏产业、光伏革命发展的重要战略与策略；书的第三部分主要阐释光伏革命的重大意义，强调中国在走向历史性复兴的过程中，能源革命、光伏革命的历史意义与作用。核心是三个问题：中国引领能源革命、光伏革命的历史性意义与未来的作用，以及推动这场革命的战略与策略；中国光伏革命与全球光伏革命的历史大趋

势；能源革命、光伏革命将重构大历史、重构大格局、重构全球新秩序。

完成有着上述内容的新书，我深感力不从心，特别是对光伏发展、光伏革命进展的认识与把握力不从心。近年来，我在相当程度上脱离了新能源、光伏产业的具体研究。此外，驾驭这么大的课题，并且在较短的时间内完成上述工作是非常困难的。基于此，汉元亲自挂帅，我配合，组织了一个由各方面专家参与的工作组，共同完成这项工作。

汉元先生多次强调，我们完成这些书，不是从企业利益出发，而是从一位有责任、有担当的能源革命参与者的基本价值观出发，表达我们想说的和应该说的东西。在这个问题上，我们是高度一致的——国家兴亡，匹夫有责。汉元先生是一个有激情、有担当、有责任感、有价值观的企业家。多年来，汉元先生在各种场所，特别是在全国政协会议上，提出了几十份关于光伏能源、绿色发展以及国家经济与社会发展方面的建议和提案。对于他的热情和深入的思考与研究，我深怀敬意。这是我们多年来能够形成合作的基础，能够与汉元先生一起完成《能源革命：改变21世纪》的姊妹篇《重构大格局——能源革命：中国引领世界》，我深感满足，也真诚感谢。

能源革命、光伏革命是全球最大的事情，没有什么大事能够超过能源革命。当今世界面临两大根本问题：一是保证以能源安全为核心的可持续发展问题；二是解决以气候为核心的环境问题。这是事关全人类的根本大事，解决这两个问题，关键是发展绿色能源。就目前而言，只有利用太阳能才能根本解决这两个问题。而光伏电池是完全能承担上述重任的，以光伏能源作为能源

革命的核心，是解决上述两大问题的希望与基础。过去我们完成《能源革命：改变21世纪》，最大期望就是能够为推动能源革命发出一点声音，为能源革命的成功尽一份力量，现在看来我们的期望并没有落空。今天，我们续写《能源革命：改变21世纪》的姊妹篇《重构大格局——能源革命：中国引领世界》，是希望能够前瞻性地展望能源革命、光伏革命发展的未来，特别是希望为中国复兴、中国第一、中国引领未来贡献我们的一份力量。

从大历史的角度出发，中国引领世界的时代已经来临，并且将成为21世纪的中心议题。在未来新的历史变革中，能源革命、光伏革命将发挥核心作用。

21世纪最核心的任务将是深度建设与推动新型全球化，构建人类命运共同体。我们认为，能源革命、绿色发展是构建人类命运共同体的基础。我们正在迎来一个伟大的新时代——人类的伟大理想：富裕、平等、和谐、快乐等都将在这个伟大的时代中实现。

汉元先生睿智、实干、敢闯、拼搏，是一位了不起的企业家。他在水产饲料领域做到中国最大、全球最大，又在人生的关键时刻，毅然决然地实现事业转型，进入光伏产业。经过十多年的努力，他一步一个脚印，从光伏产业的最核心领域晶体硅生产出发，逐步建成光伏产业的全产业链体系，并且做成了全球最大的光伏企业之一。对此，我深感敬佩，相信并祝愿汉元先生的事业，特别是他所钟情的光伏事业，一定能够在未来的能源革命、光伏革命的历史性大变革中大放异彩，并且在这场伟大的能源革命中成就国家、社会、企业和自己。

先贤讲，君子立功、立德、立言。能够在重大问题上立言，

也算人生无憾。过去二百年，重大话语权都是在西方人手里，任何一个重大问题的进程都是以西方人为主导，这样的时代应该结束了。我希望我们的工作是对这个时代终结的一个贡献。

在完成这本书的时刻，我非常缅怀与感激成思危先生。在我与汉元先生合作的过程中，成思危先生一直给予了全力支持，充分理解并认同我们的工作，在我们的每一本书中都有他中肯而热情的评价。老先生在临终前的最后日子里，还在关心我与汉元先生合作的另一本书——《未来五十年：绿色发展与绿色革命》（成思危生前担任主编的最后一本书）。

非常感谢陈昌智副委员长对我们工作一贯的支持。

非常感谢完成本书的工作团队的主要成员：黄其刚、吴晓桐、杨兵、王亚萍、康煜、李盎，以及拱桥、石浩海、王小平、师建文、申玥、宁福星。感谢所有关心、支持我们的朋友们。

感谢中国言实出版社的支持，特别感谢社长王昕朋的一贯支持与帮助。

.....

近期将正式公开发售，敬请关注！

更多精彩内容请您详阅正式版纸质书籍或电子书。