

蜀道上青天



一条解决中国能源与环保问题的途径

ONE TOUGH BUT SURE ROAD
TO BLUE SKY

谢中立 章文扬◎著

A PATHWAY TO SOLVE CHINA'S ENERGY AND ENVIRONMENT PROBLEMS

全国百佳图书出版单位
 时代出版传媒股份有限公司
安徽人民出版社

蜀道上青天

一条解决中国能源与环保问题的途径

谢中立 章文扬◎著

F426.2
115

全国百佳图书出版单位
 时代出版传媒股份有限公司
安徽人民出版社

图书在版编目(CIP)数据

蜀道上青天:一条解决中国能源与环保问题的途径/谢中立 章文扬著.—合肥:安徽人民出版社, 2014.9

ISBN 978-7-212-07492-0

I. ①蜀… II. ①谢…②章… III. ①能源发展—研究—中国 ②环境保护—研究—中国
IV. ①F426.2 ②X-12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 179093 号

蜀道上青天:一条解决中国能源与环保问题的途径

SHUDAO SHANG QINGTIAN

谢中立 章文扬 著

出版人:胡正义

责任编辑:任 济 袁小燕

装帧设计:陈 爽

出版发行:时代出版传媒股份有限公司 <http://www.press-mart.com>

安徽人民出版社 <http://www.ahpeople.com>

合肥市政务文化新区翡翠路 1118 号出版传媒广场八楼

邮编:230071

营销部电话:0551-63533258 0551-63533292(传真)

制 版:合肥市中旭制版有限责任公司

印 刷:安徽联众印刷有限公司

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:16.5

字数:360 千

版次:2014 年 12 月第 1 版 2014 年 12 月第 1 次印刷

标准书号:ISBN 978-7-212-07492-0

定价:58.00 元

版权所有,侵权必究

自序

许多事物习以为常，就会忽略其特性。就像太阳光，没注意是看见了还是没看见，没有特别感觉其存在。我们可以静默五分钟来想一想太阳光的特性。别人会说真傻，活的不耐烦了是不是？太阳要怎样就怎样，难道还想爬上天去修理太阳？其实，太阳光还真有两个重大缺点：能量密度过低与时间上不连续。晚上漆黑一片，哪有太阳能可用？说来“聚光储热”还真行，能对太阳能作些改进。什么是“聚光储热”？怎没听说过？是，社会一般以为太阳能就是光伏，不知道光伏还有个哥哥“聚光储热”。“聚光”有些历史，一百多年前在埃及，有位美国发明家就建有槽式聚光设置，用以驱动一座抽水用的蒸汽机。埃及是作“聚光”实验的好地方，就在撒哈拉沙漠附近，阳光强烈。

“聚光储热”不难懂，就是将太阳光聚焦，用以加热介质到高温，然后将热能作储存，随时想用就能取用。“聚光储热”有“聚”与“储”两个作用。

“聚”是以聚焦提升了能量密度，弥补太阳能能量密度过低的缺点，使得太阳能可以生产高温热能。“储”是借储热来弥补太阳光的波动与间歇性，使得供能可以连续与稳定。“聚光储热”弥补了太阳能的两大缺点，在庞大太阳光支持下很自然地就成了清洁能源里的主力骨干，与化石能源地位一样同为主流能源。“聚光储热”在适当的应用安排下，可以用来热电兼供，全面替换化石能源，如果希望明日能源清洁可再生，尤其在世界都很注意排放与地球升温的时候，这样好的东西应该是踏破铁鞋无觅处，怎会变成被人忽略，见而不

识呢？

在回答之前，我们得唉！唉！先叹几声气。美国太阳能资源丰富，科技先进，力量最大，就以美国为例。“聚光储热”成本高、一次性投资大、无法在市场上直接与化石能源竞争。同时化石能源利益庞大，关系辽阔，既得利益的政治、经济与军力集团打死也不肯松手，不肯让路给新能源。还有人民贪图近利与生活上的舒适方便，使得民主议会在经济立法上近视到反向而行。美国有识之士称能源、环保与经济为3E（Energy、Environment、Economics）问题，号称里面比三角恋爱还复杂，比一个死结还纠缠不清。为什么要叹气？这仗太难打了！现代经济是“工业革命”以化石能源所打造的，有其惯性与惰性，而其思想框架与方式早已渗透进入社会潜意识里了。能源是文明的底盘，对能源的改朝换代，现代经济坚持不跳旧朝的圈圈，其实也不知道要怎样跳，因为现代经济本身就是圈圈。所以看起来现代经济非常成功，无所不能，我们应该小心点，不能奢望现代经济以它自身能力能够带领人们走出能源困境。

美国有困难，中国也有同样困难，甚至困难还更大。因为中国是发展中国家，必须仰仗现代经济来工业化，很难在仰仗中又要执意躲开。我们顺手举二例来说说中国的困难。在能源政策上与美国一样，中国现代经济与现代社会希望看到的是以波动最小、花费最低的办法来解决能源环保问题。应景而出就会是一些治标性、片面性与暂时性的所谓能源政策。现今能源发展着重天然气与核电，这是说明日能源连不可再生也可以接受，为的就是迁就目前东部人口与工业中心。现代经济以供应与维护目前经济与社会发展作原则来构建能源政策，结果只得暂时性方案，能拖延就拖，先灭火再说。其实如果站出来，略远一点就能清楚看到，中国太阳能资源是在西部，要想建设“聚光储热”就得开发西部。中国十多年前就有“西部大开发”计划，翻开那计划就会发现里面没有只字提及太阳能资源，没有真正认识西部潜力。另外需要指出的是，中国能源政策过于偏重发电，看起来就像只有电源政策，没有能源政策。能源包括热能与电能，哪能忽略热能呢？在中国工业能耗里，热能超出电能三倍，几乎全靠烧煤供热。中国雾霾严重，工业供热与住家供暖是主要起因。不知如何供热供暖，逼得自己指望天然气，仿效欧美去走死巷子，而西部太阳能资源若以“聚光储热”方式生产热能，其热量巨大无比又遍地都是，还清洁可再生。这

可是奇怪吧？是不是值得自己好好想一想？

能源这仗不容易打，现代经济势力无所不在，市场机制的手只图近利，也许这就是需要“革命”的原因，“革命”不容易，总是逆流而上。“能源革命”要求能源政策不受现代文明尤其现代经济的束缚，要能站得高才能看得远。有可能做到吗？对政治来说，要能跳出圈套就是不受制于现代经济；不得看重市场近利而失去了远见的智慧；不得沦为经济附庸，有如美国狗尾巴摇狗那模样。科学可以帮助政治，不过科学得坚持其就事论事的客观精神；不能被利益捆绑，利益一牵鼻子就会骨气尽失。其实，能源环保问题没有三角恋爱那般复杂，中国太阳能资源在西部，所谓“能源革命”就是要政治与科学全力支持“西聚”——开发西部与建设“聚光储热”，使其成为明日能源与可持久的社会。

美国艾森豪威尔总统在其1961年1月告别演讲里特别有提到学术精神。他说：“自由的大学，在历史上作为自由主义与科学发现的源泉，近来经验到一种研究行为的转变。由于大额的研究费用，政府的科研项目变成了学术好奇心的替代品。”艾森豪威尔进而警告：“政府的金钱主宰了国家的学者，这是需要严重关切的一个危险。”这是五十多年前艾森豪威尔对美国的告诫。今天猛然一看，还以为他在告诫中国哩，真是出了一身冷汗，虚惊了一场。惊人奇怪的是，隔了个太平洋，换了个国家，时间差上了半个世纪，这老头说活怎会还是如此精准？一针见血！

本书是基于作者自己的兴趣与意愿，与政府所有项目、所有机构没有任何关系；与学术界与科研单位也没关系；与工商业，不论国企与民营，一概都没有关系。编写中除了亲朋数人与安徽人民出版社编辑之外，没人知道这本书草稿的存在。我们要说的是：本书源起于作者的好奇心，对科学的爱好，对能源环保的关心。我们相信艾森豪威尔总统在天之灵如果知道如此，会引我们为傲、会向我们微笑。

本书与众不同，连我们自己也说不算哪一门，哪一类，可以担保绝对不是科学报告。我们希望尽量作到浅显通俗，避免生硬干燥，最好是像喝茶聊天那样，“谈笑间，檣櫓灰飞烟灭”。不过，我们没那本领，只能扯哪算哪。有不顺地方，也只好挥拳舞腿，霸王硬过关了。能源是社会上很多人关心的问题，我们意图是让读者知道我们在讲什么，也许能源改朝换代是有地方不容易

清楚。所以，我们建议是连读带跳，不要輕易气馁，先跳过不知所云部分，常常前节不通，后节又会顺些，重要是有个轮廓、有些感觉。虽说我们讲求具体与实例，不过目的不是想说服人，只是想激发思考与讨论，起码可以向自己发问，有助于建立自己的认识与想法。本书另一特点是国际色彩很浓，在认识问题上有个环球立体感觉是会有帮助的，当然这里面混夹了许多作者自己的看法与判断，所以只能当作试靶的稻草人。对中国能源，由于书中大部分是自外向内看，观点可能会有些奇怪不熟悉，希望能有挑战性与激起兴趣。世界不小，在能源问题上美国是个前车之覆轨，后车之明鉴，不是一个省事照着拷贝的模范。德国比美国要认识清楚，也是最有勇气的国家（请见第五章）。我们在这里脱帽致敬，希望他们“德不孤、必有邻”，将来有机会帮助彼此。

我们在这里特别要感谢两位亲朋章建华与叶向东，谢谢他们的鼓励与支持。

作者老少两人，简称老作与青作。老作以前从事核能聚变科研工作，退休后受邀前来国内，在这里要向中国科学院等离子体物理所，特别是所长李建钢，副所长万宝年、姚建铭、董少华表示感谢，谢谢邀请与各方面照顾。老作曾向中科院合肥分院前院长邱励俭、潘垣院士、万元熙院士及俞昌旋院士请教中国能源现况，受益匪浅，在此致谢。

本书前期编辑是由青作贤内助咎赞帮忙，多谢了。后期是由安徽人民出版社编辑任济与袁小燕帮忙，他们热情洋溢、非常专业，我们十分感激。

老作被谴责育孙不力，经常飞快潜逃，一下就不见人影。除了要宴请全家多上几次馆子之外，还得在此向老伴李锦霖认罪赔礼。老作是诚心的，下次不敢飞快了，会稍为慢一点。

谢中立 章文扬

2014年7月

目录

第一章：引言

1.1 能源革命	003
1.2 十个问答	004
1.3 稻草人	008
1.4 简介内容走向	009

第二章：认识“能源革命”

2.1 3E的三角恋爱	016
2.1.1 为什么要替换化石能源	016
2.1.2 加州能源恩仇记	020
2.1.3 美国联邦能源恩仇记	020
2.1.4 伊拉克战争费用约三万亿美元	022
2.2 工业革命	026
2.2.1 工业革命所造成的社会变化	026
2.2.2 中国工业化历程——封建农业传统思想的潜在影响	029
2.3 能源革命的引导原则（“引稻”）	030
2.3.1 引稻一：不要等待	031
2.3.2 引稻二：自己认识与解决自己的问题	031
2.3.3 引稻三：最好的希望，最坏的打算	032

2.3.4 引稻四：医生是干啥的	033
2.3.5 引稻五：戈定绳结——亚历山大挥刀斩死结	033

第三章：能流面条图→梦中组合→梦中能源

3.1 能流——能量流程	037
3.1.1 能与能源	037
3.1.2 “替换化石能源”对新能源的要求	037
3.1.3 能之形式	038
3.1.4 能量单位	039
3.1.5 能量与功率	040
3.1.6 储能、输能	040
3.1.7 转能、能网	041
3.1.8 能耗：工业、住家、商业、交通	041
3.2 面条图——以世界能流作参考	042
3.3 第一组：美国、德国、中国	047
3.4 第二组：俄国、芬兰	051
3.5 第三组：加拿大、加州	054
3.6 第四组：法国、日本	057
3.7 认识误区	061
3.8 设计能流→梦中组合（“能稻”）	064
3.9 梦中能源（“源稻”）	067

第四章：梦中能源“聚光储热”

4.1 什么是“聚光储热”	073
4.2 为什么“聚光储热”会是主力能源	077
4.3 梦中能源——“聚光储热”	080
4.4 简介“聚光储热”：欧美科研机构、聚光设置种类与特性	084
4.4.1 非聚光与聚光的太阳能应用	084

4.4.2 欧美CSP科研机构	085
4.4.3 聚光两参数——直射正向日照DNI、聚光比CR	086
4.4.4 聚光设置种类	088
4.4.5 聚光设置一些特性	089
4.5 图片里的“聚光储热”	090
4.5.1 聚光四式 (Trough、CLFR、Dish、Tower) 及熔盐储热装置	090
4.5.2 聚光部件: 反射镜与吸光器	092
4.5.3 简介用于熔盐储热之熔盐	093
4.5.4 聚光储热设置	094

第五章：中国何去何从

5.1 美国DNI资源与聚光应用估算	101
5.2 美国发展“聚光储热”的难处	103
5.3 德国“破釜沉舟”的故事	107
5.4 世界 (包括中国) DNI太阳能应用资源	116
5.5 中国何去何从	123

第六章：大棚农业

6.1 Sundrop农场	130
6.2 Sahara Forest Project 撒哈拉森林计划	135
6.3 西班牙大棚农业	139
6.4 荷兰大棚农业	141
6.5 Desertec与SFP之异同	145
6.6 中国西部发展大棚农业的一些考虑	146

第七章：西部开发：科技上的一些考虑

7.1 西部开发占地模式——聚光大棚与农业大棚	156
-------------------------	-----

7.2 天之因素（一）——大棚与ETFE材料	160
7.3 天之因素（二）——大棚结构	167
7.4 天之因素（三）——聚光装置	177
7.5 地之因素——热网与气凝胶（Aerogel）材料	180
7.6 人之因素——人选、科研、教育与组织	192
7.7 时程估计——五十年	197

第八章：开发西部：政治与经济上的一些考虑

8.1 “聚光储热”是西部开发的天然动力	203
8.1.1 能源动力	203
8.1.2 政治动力	204
8.1.3 经济动力	205
8.1.4 天作之合	205
8.1.5 “西聚”与“西资”之不同	207
8.2 经济上的考虑	209
8.2.1 以美国为例认识主要是什么	209
8.2.2 现代经济与“西聚”的冲突	213
8.2.3 老楼新楼在经济上之安排——“经稻”	218
8.3 政治上的考虑	220
8.3.1 中国“工业革命”的真正使命	220
8.3.2 推行“西聚”的政治安排——“政稻”	222
8.4 教育上的考虑	228
8.5 一个讲求“生存”与“持久”的社会	231

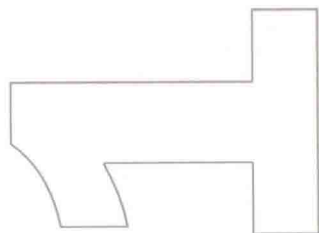
第九章：结语

9.1 “日稻”	237
9.2 提纲	245
9.3 “远稻”	251

20' ⌚

第一章 引言

DIYIZHANG
YINYAN



1.1 能源革命

人类生产力与文明发展有直接关系。每当生产力与生产方式有重大改变，就会影响人类文明。历史学家告诉我们——在人类文明史上，有两次变革影响深远。一次是从渔猎社会进入农业社会，我们称之为“农业革命”。再来就是从农业社会进入工业社会，我们称之为“工业革命”。两次革命都改变了人类生活方式、生活素质与社会形态。譬如说，生活素质每次都有显著提升。农业生活比渔猎生活要安全与稳定。工业社会也比以往农业社会有更高的生活水平。

也许一百年后，历史学家会说人类文明共有三次重大革命。第三次是“能源革命”——以一种清洁可再生的新能源组合替代了储量有限与污染严重的化石能源。在新能源组合里面，有一个作为中心骨干与主力的新能源。这就是“聚光储热”，全名为太阳能—聚光光热—带高温熔盐储能—新能源。新能源组合也许在应用上没有化石能源那样轻便灵活，不过在能量供应上也能满足庞大的工业、商业、住家与交通需求。那时我们会看到在新能源基础上，有个新的经济组织，与一群可以与新能源接头的新工业、新农业。自然环境在化石能源严重污损后也在缓缓恢复中。人类生活有大幅的变化——譬如说，新的人口与工业分布会比较分散，不会集中在东部沿海。昔日高楼遍布、人口稠密的都会城市已逐渐消失，取而代之的是一群有自立能力与独特色彩的小城小镇。在信息科技的协助下，偏远地区也会有一流的文化教育。教育也有了新的学习方法与机会。也许历史学家会说，与旧时(今天)工业社会相比，“能源革命”所建立的新社会改进了生活的素质，使得人类文明变得比较持久，比较自然，比较公平，比较独立，比较有创造力，比较自由并到处充满阳光。

这听起来也许太好了，怎么感觉像是一个舞会的邀请？不是的，没有音乐，没有舞伴，没有可以婆婆起舞的舞会。“能源革命”是最后一班列车，赶漏了或是上错了列车，一百年后也许就不会有历史学家来说三道四，两百年后也许得请最后一人鞠躬谢幕。继恐龙之后，人类走进了地球的历史。

1.2 十个问答

关于本书的大致重点，也许下面所列的十个问答可以供作简介。

问一：目前有没有一种清洁可再生能源有能力可以全面取代化石能源？是哪一种新能源？全面取代估计需要多长时间？

答：有！有一种新能源组合可以全面取代化石能源。这是一种以“聚光储热”作为主干，以风电、光伏、水电与生物能为辅的组合。组合里全部成员都是清洁可再生的新能源。如果我们认识清楚并尽力而为的话，估计可以在40到50年之内全面取代化石能源。

问二：为什么“聚光储热”会有能力取代化石能源？为什么“聚光储热”没有被一般社会所认识？

答：太阳能清洁可再生，能量上也足够取代化石能源。不过太阳能有两个缺点：能量密度过低与时间上不连续。“聚光”是将光线聚焦以增加太阳能量密度。“储热”是将收集的高温热能储存起来，使得供能上可以连续、稳定与可调。“聚光储热”弥补了太阳能的两个缺点，使得高温光热成为新的一种主流能源，有足够能力可以取代化石能源。一般人没能认识“聚光储热”是因为在考虑新能源时过于偏重电能与市场价格，忽略了热能与能源的功用。西方在有天然气供热情况下，从来就是偏重像风电、光伏、水电与核电这些围绕着电能的能源。中国在能源认识上未能跳出以电能为主的西方框架。

问三：目前发展“聚光储热”是不是有困难？是什么样的困难？

答：是！目前有重重困难！“聚光储热”规模大，资金筹集不容易。发电成本又高，是火电两倍到两倍半，比风电与光伏都要高。在供热上，当然成本不敌煤炭与天然气。许多国家（德国除外）是以当前发电成本作为比较标准，要想超越市场来表达事物的真正价值，现实上可说是逆水行舟。在以市场作为引导来发展新能源的能源政策里，“聚光储热”其实是没有生存空间的。现在没被扫地出门，是多亏了西方能源

科研单位的强力支持。

问四：是不是时机不对？再过二十年，等化石能源价格节节上升，或能源与环保问题更加尖锐，那时再来发展“聚光储热”机会也许会好一些？

答：时机可分两种：市场时机与能源环保时机。后者其实已经从时机变成危机了，所以不能等！不仅新能源在工程发展与工程建造上需要时间，最为紧迫不能拖延的原因是排放影响气候。气候变化过大就有可能脱轨而出，在完全失去平衡的情况下，再也不能回归到以往气候状态了。没人知道这回归点的确切位置。如果按照目前排放趋势，有猜测说在10年之内就会越过回归点的可能范围（CO₂排放：400~450ppm范围，而目前正好在400ppm）。以目前排放增长趋势来看，脱轨机率很大。将来全球气候变动会更加剧烈，降雨肯定会有新的地理分布。干旱之地扩大，湿地更多水灾。海水上涨会淹没世界大部分海岸地区。在粮食生产欠缺的情况下，大规模饥荒与死亡很难避免。将来情况不容乐观，甚至有可能危及人类生存。有科学证据显示由于气候的变化，地球历史上有过多次大批生物灭绝。我们不相信自己会有如此厄运，不过在作最好希望的同时，也应该作一些最坏的打算。

问五：如果中国想以“聚光储热”来解决能源与环保危机的话，要怎样来进行？

答：第一，要认识高温光热就是明日能源主力，是解决能源环保问题最好的作法。清洁可再生是以“聚光储热”为主力，其他新能源为辅。第二，全力发展“聚光储热”。不要学美国，发展新能源时老盯住市场。其实，现在用于发展的费用只会是以后花费的九牛之一毛，不值得如此谨慎。第三，要全力开发西部。中国日照良好的区域都在西部，所以需要切实开发西部。譬如说，高温光热需要热电并用，以提高太阳能整体使用效率，而热能不能传远，所以部分人口与耗能产业得迁往西部太阳能充沛地区。虽然我们不希望将来气候带来灾难，当灾难来临时，所谓最坏的打算就是建设西部使其成为避风港。开发西部必须以“聚光储热”新能源作为动力，太阳力量强大，可以持久。明日西部不仅有能源与工业力量，连农业也可以做到自给自足，包括主粮在内。

问六：为什么说“聚光储热”会是西部开发持久的动力？

答：好问题。什么才是西部开发持久的动力？是政治？是经济？是政治加经济？政治与经济是有其力量，但难以持久。回顾工业革命，历史学家说革命动力是来自生产力与生产方式的改变。其实，追根究底在这些变革背后，真正的动力是能源，是化石能源打造了现代经济与现代社会。动力最好是出自底盘，底盘就是能源。西部开发需要先发展新能源，再以新能源作开发动力。要动就动底盘，“聚光储热”就是最好的底盘动力，既清洁也可再生，并且应该是没有比太阳能更庞大与更持久的动力了。

问七：西部地区气候情况与地理环境会使得开发工作十分艰难。科技上是否有办法帮助开发？

答：在全世界所有日照良好的地区中，以中国西部最难开发。中国科技需要接受考验，自己去赚取信心。在没有别国可作先锋、没有先例可循的情况下，自己就得冲锋陷阵。困难是会有，不过还没看见有真正跨不过的地方。譬如说我们考虑到建造大面积的大棚，用以把恶劣气候隔离在外。棚顶使用ETFE材料，与北京水立方所用一样。ETFE有透明、质轻、强韧、耐久、不沾灰尘这些优秀特性，是上天所赐恩物。由于棚顶没多少重量，大棚设计没有必要使用一般建筑原则（不会采用水立方的钢架结构）。大棚另外一个重要作用是收集雨水。雨水是荒原里的重要资源，需要贮存于专用蓄水池里供作大棚用水。ETFE需要自力生产以降低成本。ETFE大棚分两种：农业大棚供发展农业；聚光大棚供“聚光储热”与工业使用。

问八：看来开发西部好像规模庞大，这是不是应该先谈谈谁来出这笔钱？

答：百分之百，中央政府出资。不是的，不要怕，开个玩笑而已。我们无意拖垮中央政府。自然，开发西部中央得起个头，进行基础建设与建造示范设置，随后应该会由地方政府与产业慢慢接手过去。高温热能在这里面起了一些巧妙作用。热能不能输远，所以高温光热加上发电余热只能就地使用，属地方性能源。对地方政府来说，巨量热能就像烫手大山芋，弃之可惜，只得寻求东部产业合作。所谓中央引导就需使得西部地方性热能价格相对低廉。在供应充足、价格稳定的情况下，许多产业，尤其是能耗较大的产业，为了生存会愿意落户西部，与地方共唱主角一起来开发西部。产