

中国工程院院士文集

# 中国能源战略研究

ZHONGGUO NENGYUAN ZHANLUE YANJIU



杜祥琬◎著



科学出版社

中国工程院院士文集

# 中国能源战略研究

ZHONGGUO NENGYUAN ZHANLUE YANJIU

杜祥琬◎著

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书是作者对中国能源战略思考成文的汇编。在世界各国面临的能源问题中,中国的能源问题可能是最复杂、最费思索的。本书分为能源战略篇、生态环境篇和气候变化篇,包括对中国能源发展战略的思考、非化石能源的未来、能源与生态环境、经济与环境,以及应对气候变化的中国国家战略。本书兼顾学术著作的严肃性与大众阅读的可读性。读者通过阅读本书可以加深对我国必须转变经济发展方式的认识。

本书对从事能源的专业工作者、用能的工程技术人员和关心我国能源发展的人士有很高的参考价值。除此以外,本书对于有高中以上文化程度的各行各业各级干部作为解读我国经济发展新常态,大力调整经济结构、推动能源革命、实现经济与环境双赢,也是一本十分有益的参考书籍。

### 图书在版编目(CIP)数据

中国能源战略研究/杜祥琬著. —北京:科学出版社, 2016. 3

(中国工程院院士文集)

ISBN 978-7-03-047334-9

I. ①中… II. ①杜… III. ①能源战略—中国—文集 IV. ①F426. 2-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 026707 号

责任编辑:钱俊周涵/责任校对:邹慧卿

责任印制:肖兴/封面设计:楠竹文化

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京通州皇家印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2016 年 3 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2016 年 3 月第一次印刷 印张:35 1/2 彩插:2

字数:817 000

定价:198.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)



与中国工程院老领导（2007年）



2010年“中国能源中长期发展战略研究”项目组会议—香山



2015 年第二届国家气候变化专家委员会委员合影



2012 年气候变化专家委员会调研青海瓦里关大气本底观测站

## 杜祥琬院士简介

杜祥琬（1938.4.29—），男，应用物理、强激光技术和能源战略专家。生于河南省南阳市，原籍开封。1964年毕业于苏联莫斯科工程物理学院。

中国工程物理研究院研究员、高级科学顾问，中国科协荣委，中国工程院原副院长。曾主持我国核试验诊断理论和核武器中子学的系统性创新性研究。曾任国家863计划激光专家组首席科学家，是我国新型强激光研究的开创者之一，推动我国新型高能激光技术跨入世界先进行列。

1997年当选为中国工程院院士，2006年当选为俄罗斯国家工程科学院外籍院士，2002年当选中国工程院副院长。获国家科技进步奖特等奖一项、一等奖一项、二等奖两项，部委级一、二等奖十多项。2000年获何梁何利科技进步奖。

主持了中国工程院的“中国可再生能源发展战略研究”“中国能源中长期（2030、2050）发展战略研究”“我国核能发展的再研究”等我国能源发展战略重大咨询研究项目，现任国家能源专家咨询委员会副主任。

参加了我国应对气候变化减排目标的科学论证，主持研究了“应对气候变化的科学技术问题研究”等重大咨询研究项目，任第二届全国气候变化专家委员会主任。作为中国代表团高级顾问先后参加了哥本哈根、坎昆、德班、多哈、华沙、巴黎等联合国气候变化大会和国际交流，宣讲了中国在应对气候变化方面所做的务实行动和艰苦努力。



## 序

---

杜祥琬院士是我国著名的应用核物理与强激光技术专家，曾长期主持我国核试验诊断理论和核武器中子学的系统性、创造性研究，还担任过国家 863 计划激光专家组首席专家，是我国强激光研究的开创者之一。我与杜祥琬院士由于专业领域不同，虽同为中国工程院院士却交往甚少，直到 2002 年我到中国工程院工作后，两人才从同事逐步密切成为相知的好友。究其原因大致有三。一是我们都是 20 世纪 30 年代出生的人，相似的人生经历造成共同的家国情怀，遇事总会自觉、不自觉地国家、民族的高度去考虑；二是可能受家庭和教育背景的影响，两人身上都还留着一点儿过去运动常受批评的知识分子清高的脾气；三是遇事常爱“刨根问底”并弄个明白，有人认为是太“书生气”了。但我们却很难改变这种真诚、认真的态度。好在当时中国工程院两届党组成员都坦诚相待、亲密团结，往往是通过认真切磋、锱铢必较的讨论后对问题取得了新的理解和提高。在应邀为祥琬院士新出的《中国能源战略研究》写序时拉拉杂杂写了上面一段话是否有离题跑偏之嫌呢？我想读者只要细读本书中的文章，就能看到作者在能源问题上敢于秉书直言，坚持科学精神的许多真实事例了！

人类对能源的不可或缺性，已是人尽皆知的事，无需我在此赘言。曾有人类学家断言过，人类祖先之所以能从诸多类人猿种群中脱颖而出，进化成为今天地球上生物的主宰，是与人类先祖首先掌握了“用火”有很大的关系。确实，近 80 万年的人类进化史，无论是刀耕火种烹制熟食，还是狩猎用的刀、箭、枪、矛，无一不须用高温炼制、锻造的陶罐、铁器，到了今天能源则已成为人类文明的基石，特别是工业革命以来，能源的开采及其在各行各业中的广泛应用，乃至现代奢华的生活领域，能耗已达到了惊人的、不可持续的地步。这就引起了众多有良知的科学家的大声疾呼。近日获得 2015 年普利策新闻奖非虚构写作奖的《大灭绝时代》的作者伊丽莎白·科尔伯特在书中提供了一组数据：自工业革命以来人类已经燃烧了巨量的化石能源（包括煤炭、石油、天然气），累计向大气排放了 3650 亿吨的碳；加上“去森林化”（毁林垦荒及乱砍滥伐）又给大气层添加了 1800 亿吨的碳；以及当下各国每年正在排放碳的总和 90 亿吨，使空气中二氧化碳的浓度已高于 0.04%。别小看这 0.04%，因为它已超过过去 80 万年间任

何时期的水平。这一水平的直接后果是可能导致气温上升 $2\sim4^{\circ}\text{C}$ ，然后是冰川融化、海平面升高，冰栖动物失去生存之地，大洋中的岛国将沉沦海底……这些是众所周知、常常被提及也容易被忘却的故事。因而，我们居住的这个星球，当下面临的自然生态及人文生态问题触目惊心，已引起国际社会的普遍关注，这也是为什么中美两国元首会谈要把双方对碳排放的控制协议列为四项主要成果之一了。

诚如祥琬院士在本书前言中开宗明义地指出：“在世界各国面临的能源问题中，中国的能源问题可能是最复杂、最费思索的。”我完全同意他的这一判断，我以为其最基本的难点有三：一是中国经济社会发展与人口、资源分布的极不平衡性。经济发达人口聚集的大城市及高能耗的重化工业密集于东部沿海与长江中、下游地区，而煤炭与石油、天然气却大多蕴藏于西北部（山西、内蒙、陕西、新疆）。与此同时，可用于转化成电的水能则密集于西南川、滇、藏的金沙江、雅鲁藏布江地区。由此造成了中国特有的北煤南运、西气东输、西电东送（超高压及特高压输电网）等大型工程的建设，尽管工程本身是成功的，但由于涉及各地区、各部门在技术、生态上和利益分配上的原因，争议仍不绝于耳。二是中国一次能源以煤为主的自然禀赋使中国成了世界上第一煤炭消费大国，亦是全球碳排放主要国家之一。特别是在前些年固定资产投资比例高企的需求拉动之下，高耗能工业（如钢铁、水泥、有色金属等）出现了超常增长，使得中国的工业能耗（特别是用煤）一直居高不下。这就引起了在新常态下中国经济增长（GDP增速）如何能不过度依靠固定资产投资，从而改变用高能耗、高污染来换取发展现状的讨论。三是进入2012年以来，中国逐渐成为汽车生产、消费的世界第一大国，井喷式的私家车增长，不但造成近2亿吨原油的油料消耗（其中大部分依靠进口），而且造成大、中城市道路拥堵、空气污染和交通管理成本的升高。是否需要私家车进行行政调控（如停车位收费及中心城区限号、限行等），并辅以市场调节相结合办法（累进制的油价及燃油附加税等）加以合理控制，在不同部门之间观点迥异。有些在国际上行之有效的办法，在中国却难以达成共识。特别是表现在对高耗能工业、汽车工业的超常发展怎么看的方面，例如，有钢铁界人士认为中国钢铁工业产能过剩是暂时的，他们的理由是中国产能虽已达到11亿吨，但人均不过700多公斤，而韩国人口3000多万，钢铁产能却超过3000万吨，人均过吨，汽车业人士则常常把中国的汽车拥有量与美国相比，认为目前的千人汽车拥有量还不到美国的 $1/4$ ，还有很大发展空间。我认为祥琬院士在文中提出了“这里有个怎么比及和谁比的问题”，这是十分科学、客观的。事实是在欧、美发达国家中，亦有不同的发展模式和生活方式。中国总体上是一个人口众多，资源、能源相对贫乏的国家，决不能走高消耗求发展和高消费促内需的道路，更不能因为行业、部门和地区的利益片面追求短期效益而偏离了科学发展观，浪费资源、牺牲环境，给子孙后代造成不可

挽回的损失。

祥琬院士在本书中，还涉及了清洁能源的开发、应用及核能是否可安全运营的问题，我想这也是大家十分关心的，显然如果没有合理完善的分布式电网，以及高效率储能设备的广泛应用，太阳能和风能成为补充能源是不可能的。我们常听到各种报道说我国已成为光伏电池及风力发电产能第一的大国，这虽然不错，但它是指装机容量，而非实际发电量。光伏发电上不了网，使用户没有积极性，而在风力资源丰富地区建立的大型风力发电场的弃风率却经常达到 50% 以上，并没发挥清洁能源应起的作用。这使我们加深了能源工业是一个系统工程的概念，从一次能源的开采—发电—配电—输电—用电应是一个完整的产业链，必须全面考虑、合理配置，才会发挥效益。尽管非水可再生（太阳能及风能）能源，在能源界曾有专家用“微不足道”来形容它，但祥琬院士却说不久的将来有可能“举足轻重”，成为“补充能源”甚至“主流能源”之一，我是同意他这个大胆前瞻性判断的，因为从科学上看它们不存在不可逾越的障碍，而且通过各国工程技术人员努力，已使现存问题的解决初露端倪。

至于核能的安全性问题，在日本福岛核电站事故以后，世界各国都引起了重视和反思，但是由于个别媒体的片面夸大报道，使群众普遍产生了“恐核病”，甚至“凡核必反”，使核电站的选址和建设都遇到困难。祥琬院士是这方面的专家，他在分析核电的能量密度、绿色低碳、稳定性以后，提出发展核电是人类的理智选择，提出中国核电要稳中求进，实现规模发展。他的上述观点不但反映在中国工程院为国家所作的能源发展咨询报告中，也在 2014 年 6 月“中国核能发展的再研讨”论坛上得到了十余位院士和近百位同行专家的认同。事实上任何一种能源都是有风险的，以历史最长、最为人们熟知的燃煤发电厂为例，其原料煤的开采就是一个十分危险的行业。目前世界上自动化程度最高，测控系统最严的美国在 1998 年才把百万吨死亡率降低到 0.03 人左右，而我国经多年努力整治才使这一数字降至 2.96 人/百万吨煤，考虑到我国是煤炭生产大国，年产煤 30 亿吨以上，这一数字仍大大高于其他工业的工伤死亡率。至于世界上大型石油、天然气储罐和管道的爆炸、燃烧的事故更是年年都有所闻，其风险的几率也远高于核电，像法国这样一个主要依靠核电为能源（ $\geq 70\%$ ）的国家，半个世纪以来就从未发生过核事故，现已查明造成前苏联切尔诺贝利、美国三哩岛和日本福岛核事故的原因，使核电安全水平进一步提高。总之到目前为止，还不能说核能的安全、可靠性就一定不如其他能源。在资源有保证、设备可靠、操作谨守规程的前提下，核电仍应在我国适度发展，使中国的能源结构更趋合理。

——祥琬院士所著《中国能源战略研究》，有一个鲜明的特色，就是学术著作的严肃性与大众阅读的可读性相结合，文章不长却都立题鲜明，应答清楚，不但从事能源的专业工作者会汲取其中睿智的判断，即使像我这样一辈子大量用能的工程技术人员，也开卷

有益，加深了我对我国经济发展方式尚存在“不平衡、不协调、不可持续性”的认识。除此以外，我想它对于有高中以上文化程度的各行各业各级干部作为解读我国经济发展新常态，大力调整经济结构，提高能源效率，也是一本十分有益的参考书籍。

徐匡迪

2015年10月30日

# 前言

在世界各国面临的能源问题中，中国的能源问题可能是最复杂、最费思索的。能源是发展的基础，科学地制定我国能源的发展战略，对国家经济与社会的可持续发展至关重要，甚至对人类的永续发展也具有重要的全球意义。

本世纪初叶，中国工程院在已有工作的基础上，较系统地进行了我国能源发展战略的多项咨询研究与国际合作研究。其中，“中国能源中长期（2030、2050）发展战略研究”系统地研究了中国的能源问题，提出了由六项子战略构成的“中国绿色、低碳能源战略”。我有幸与众多的院士和专家们一道切磋、研讨，是宝贵的学习经历。研究组的报告除作为咨询意见上报外，都已成书出版。

这本文集是作者对中国能源战略思考成文的汇编。

实际上，我高中毕业时的志愿是学习宏大的天体物理学，但国家的需要把我派往莫斯科，学习微观的原子核物理学。毕业回国后即投身我国核武器事业，主攻核试验诊断理论和中子物理精确化研究，这是一种微观物理与工程技术相融合的工作。国家高技术研究发展（863）计划启动后，我又受命从事高能激光技术的研究，经历了从焦虑到发展的征程。在以上工作的约四十年期间，虽然也发表过几篇与能源战略有关的文章，但没有做系统的研究。只是21世纪初，我被选入中国工程院任职以来，才由于分工的要求，对我国能源战略做了比较系统的学习、研究和思考。可以说我的学术生涯和人生轨迹主要是由国家的需求导向的，虽有几次“阵地转换”，却一直没有离开物理学。

中国工程院的咨询研究工作，是一个大学校，也是高水平的挑战和机遇。常常碰到的困惑，会成为新课题的发端，不同见解的碰撞，会产生思想的火花。举个例子：多次参加能源的研讨会，听人说起“相对美国的人均能耗，中国的能耗还有很大的增长空间；相对发达国家平均水平的人均能耗，中国能耗也有数倍的增长空间”。可是仔细研究下数据，中国真应按这样的“标杆”来发展吗？这就迫使我们把典型发达国家的能源经济学数据找来，“抠数据、找规律”。正是在这个研究的基础上，我们提出了“两类发达国家”的概念，说明发达国家并非同样的发展模式，并提出对中国能源发展空间的四点启示。再如，近年来，国际上深化了人类可持续发展路径的研究，提出了“低碳发展”“重塑能源”等概念。我国在认识到粗放发展“不可持续”的同时，也提出了“科学发展”“生态文明”“能源革命”等有战略高度的思想。在这些思想的指导下，我们提出了“能源科学发展观”“中国能源结构变革的三个阶段”“由三个观念构成的新的能源安全观”“低碳能源‘三匹马’”等创新性的概念。其中，也不乏在同专家们的集体研讨中得到的启发。现将本书中与我国能源战略有关的新的思想要点归纳如下，供专家们切磋、指正。

1. 能源科学发展观的核心是转变能源供需模式，使其由“以粗放的供给满足增长过快

的需求”向“以科学的供给满足合理的需求”转变，能源供需模式的转变是我国转变经济发展方式的重要组成部分。

2. 能源革命是以质的变革，重塑中国能源。能源消费革命可概括为：逐步告别粗放、低效，转向节约、高效；能源生产革命可概括为：告别黑色、高碳，转向绿色、低碳。能源革命是一个过程。能源科技革命是其支撑；能源体制革命是其保障。能源革命的目标是创建一个高效、洁净、低碳、安全的新型能源体系。

3. 能源形态的重大变革是人类文明形态变革的基础。展望百年，中国的能源结构变革将经历三个阶段：以化石能源（特别是煤炭）为主的第一阶段；多元结构（煤、油、气、核、可再生五足鼎立）的第二阶段；以非化石能源（可再生、核）为主的第三阶段。认清这个历史的必然性，可以使我们从方向上定性判断各类能源消长的大趋势，从而增强能源战略谋划与政策制定的稳定性。

4. 节能是中国能源战略之首，也应是“中国道路”的要素。当前阶段，转变粗放的发展方式，抑制不合理需求，是最大的节能潜力；调整产业结构，遏制高耗能产业扩张，是节能的主要抓手；研发和推广节能技术，发展节能服务，提高能效，是节能之本；倡导节约、俭朴的生活方式和社​​会风尚，是节能的长远之计。

5. 提出了由三个观念构成的新的能源安全观：①新的“能源供应安全”观念应是供需两侧相向而行，达到供需平衡；②将“能源环境安全”的观念，上升到战略高度；③“占据未来能源科技战略制高点”是保障我国能源长远安全的观念。

6. 在对典型发达国家进行能源经济学分析的基础上，提出了“两类发达国家”的概念，说明发达国家并非同样的发展模式：虽达到同样的发达水平，人均能耗却可相差一倍之多。由此得出对中国能源（和电力）发展空间的四点启示。

7. 煤炭的使用需管好总量，发展高效、洁净化利用；而低碳利用尚有待创新。煤炭的终端利用中，要增加发电的比例。“煤炭科学产能”和“煤炭利用洁净化度”是两个重要概念。

8. 提出了“低碳能源‘三匹马’”的概念：天然气（含非常规）、可再生能源、核电，三者不是相互排斥的关系，只有共同努力，合力“拉车”，才能尽早实现对煤炭高比例的替代。

9. 非化石能源让人类拥有未来。学会利用“今日阳光”，高比例发展可再生能源，是能源发展必由之路。提出了可再生能源发展需着力解决的几个问题。

10. 从核裂变到核聚变，核电是可持续发展的能源，是人类和平利用核能的理性选择。提出：我国核电发展进入新常态，需“理性谋共识、科学谋发展”，转变发展方式和工作方式，重视基础研究，加强全产业链协调配套发展。

11. 城镇化过程中，人均能耗会有所提高。新型城镇化的标志之一应该是低碳。为此，宜将低碳城市建设与智能城市建设相结合，精心设计分布式低碳能源网络，因地制宜利用可再生能源及天然气（与沼气）等，同时推动农村能源形态的进步。

12. 我国终端能源中，电力的比例将大幅提高，通过替代，减少直燃散烧煤和汽车燃油。电力结构中非化石能源电力的比例将大幅度提高。电力的发展应以发电量衡量。我国人均电耗还有近一倍的增长空间，不能以美国类型国家的人均电耗为标杆。现代化进程到一定水平（约人均两万多美元）后，经济会继续发展，但人均能耗、人均电耗不再增加，甚至还能降低，原因在于产业结构优化和能效的提高。同样的发达水平，能耗低、电耗低

才是先进指标。

13. 勾勒了“中国能源 2030”：2020 年前煤耗总量见顶；2025 年前煤炭和石油消耗总量越峰；2030 年前碳排放总量达峰；2030 年低碳能源“三匹马”在一次能源中的占比大于 35%；智能能源互联网和分布式低碳能源网络形成体系；调结构和节能、提效取得实质性进展，总能耗年增长  $<1\%$ ，进入趋饱和期。

14. 能源的国际合作包括三方面的内容：①适度利用国际市场和国际资源，目前主要是油、气、铀资源；②能源科技合作，提高水平，合作共赢；③借鉴国际先进的能源体制和管理经验。

能源与环境和气候变化关系密切，故本书也收录了这方面的文章。我国发展的实践中提出的问题是这些文章的思想源泉。例如，我国东部的霾污染呈常态化后，经常听到无奈的议论：“经济与环境是两难”“经济与环境有很强的对立性”等，这就迫使我们去研究并提出了“经济发展与环境污染的关系是非线性的”“经济与环境是必须双赢也可以双赢的”论述；提出了通过“能耗空间密度”和“排放空间密度”的比较分析法，认识我国的环境容量和气候容量；提出了“五个维度的科学发展指数”的建议和“发展过快也是双刃剑”的哲学思考。随着气候变化成为一个全球热点问题和非传统安全问题，必须研究并回答“应对气候变化的实质和科学性”“应对气候变化对推动新型经济发展的意义”“国际气候谈判的本质和最终出路”“应对气候变化的国内外两个大局的关系”等重大问题。现将本书中与环境和气候变化有关的新的思想要点归纳如下，以便大家切磋、指正。

15. 污染排放造成的大气污染和温室气体排放造成的气候变化问题，是两个不同的概念，但在目前的中国能源结构下，两者基本同根、同源。因此，改善生态环境与应对气候变化有很强的协同性。

16. 通过“能耗空间密度”“ $\text{CO}_2$  排放空间密度”的国际比较分析，得出我国东部地区的环境负荷比全球平均水平高五倍以上，亦即环境容量、气候容量显著小于全球平均值。我国发展的高碳特征值得引起足够重视，迫切需要向低碳发展转型。

17. 经济发展与环境污染的关系并不是简单的线性关系，而是非线性的。提出了两点非线性的概念。在经济与环境的对立统一关系中，其统一性的一面更具根本性和战略性。二者应该共赢，也可以共赢，“在环境容量下发展”“在保护中发展”“在统一中发展”。提出了经济环境双赢的十个抓手。

18. 废弃物的减量化和资源化利用水平是国家进步和现代化水平的标志，是一个地区生态文明建设水平的指标，也是推进社会治理现代化和提高公民素质的一个具体而有力的抓手。社会要从一个吞噬资源的消耗体，变为一个将消耗转化为资源的循环体，这个“变”是社会的“核心能力之一”，是拥有未来的战略制高点。

19. 需要制定一个“科学发展指数”作为政绩考核指标体系，以改变片面追求 GDP 的倾向，使“科学发展观”落地。建议以“经济质量、民生改善、社会公平、生态文明、科技进步”五个维度的指数引导科学发展。把环境保护和生态文明建设前置到国家发展目标的前位。

20. 经济发展和能源发展都需要哲学思维。“快”也是双刃剑，指出了发展过快至少导致八个“跟不上”。经过 30 年发展后，我国的“战略机遇期”的内涵已发生重大变化，应理解为“转变发展方式的机遇期”。“西部大开发”应理解为“西部科学开发”，最近 5~10

年,是我国转变发展方式的关键期。

21. 应对气候变化的实质是:通过人类的共同努力,控制气候变化的不良发展,避免超出气候承载力范围(气候容量),避免走到发生气候灾变的“临界点”。以低碳发展、绿色发展、循环发展的路径,实现全人类的可持续发展。

22. 国际气候谈判的一个基础性的支点,是气候变化的科学性。现代气候变化科学的根基是坚实的。尽管存在着不确定性,以全球变暖和反常气候事件频发为特征的气候变化,毕竟是一个客观存在的事实。气候变化当然是由自然因素和人为因素共同引起的,但人类能有所作为的,显然只能是改变自身的行为方式。

23. 国际气候谈判尽管充满矛盾,但本质上它是一种认真而责任重大的全球性努力,不应将其视为“闹剧”。国际气候谈判的目标,在于建立合理的国际气候制度。气候变化国际谈判的最终出路只能是合作共赢。

24. 中国应对气候变化的国内需求与国际责任高度一致。应对气候变化限制落后产能,推动技术进步;限制粗放发展,促进科学发展;限制环境污染,推动生态文明;限制高碳发展,推动低碳发展;应对气候变化还带动我国基础设施的完善和基础研究水平的提高。应对气候变化为转变发展方式、推动社会的发展进步提供了新的视角和动力,具有深远的战略意义。

25. 分析了我国经济发展方式存在“不平衡、不协调、不可持续”的两方面原因:①30年来的经济发展主要靠五个初级生产力要素的驱动;在产业结构中,高耗能产业比例过高,规模过大。②中国经济发展的“时空特性”不同于发达国家。资源制约日益严峻,并产生了复合型、压缩型、结构型的三大环境(空气、水、土壤)污染问题。所以,转变发展方式刻不容缓,必须转向创新驱动。

26. 振兴中华需要强有力的精神支柱。推进能源革命,实现经济与环境双赢,要靠高素质的人。生活方式与观念的进步,将深刻提高民众的素质。中国人民在提高生活水平的同时,应倡导“健康的物质享受、丰富的精神追求”这样一种生活方式,重塑民族精神,抑制奢华、浪费,让每个家庭、每个公民都成为环境的主人,推动国家迈向生态文明。

中国古代的哲人充满智慧,但他们不可能告诉我们,十几亿人口的中国如何可持续发展;世界上的各类国家,各有所长,有许多值得借鉴之处,但它们都不可能给出中国永续发展的模式。中国人必须用自己的脚走自己的路,创造一条可持续发展新型道路,绿色、低碳能源战略是这条道路的要素。这条道路的创新,将是中国对人类作出的最重要的贡献。

中国能源的有关数据和对能源发展的认识都在不断变化,本书收录文章的时间跨度有20余年,有的数据和观点已显过时。文集出版时,基本保留了文章原样,以留下历史的痕迹和动态的自我修正。

中国的能源战略需要进一步深入研究,这有赖于能源领域的专家们,更寄希望于有志从事能源研究的中青年朋友们。

由于作者水平有限,书中难免有缺点与不妥之处,诚望各位专家和读者予以指正。

杜祥琬

2015年6月

# 目 录

## 序 前言

### 能源战略篇

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 一、对中国能源发展战略的思考 .....            | 3   |
| 生态文明背景下我国能源发展与变革分析 .....        | 5   |
| 中国经济发展与能源消费及碳排放解耦分析 .....       | 15  |
| 对中国能源战略全局的认识 .....              | 27  |
| 能源革命——为了可持续发展的未来 .....          | 30  |
| 发展低碳电力——2015 年中国清洁电力峰会报告 .....  | 44  |
| 人均 1 千瓦大讨论：我们不能拿美国电耗当标准 .....   | 48  |
| 能源变革，技术创新是关键 .....              | 50  |
| 我国能源安全观及战略要素的新思考 .....          | 55  |
| 中国能源发展空间的国际比较研究 .....           | 57  |
| 我国能源、电力发展空间研究的方法学问题 .....       | 70  |
| 能源发展的哲学观 .....                  | 73  |
| 建设洁净、安全、高效、现代化的能源体系 .....       | 79  |
| 调整结构 转型发展 .....                 | 85  |
| 对《河南省能源发展战略研究》的几点评议 .....       | 91  |
| 我们的经济增长，先要——算算能源的“家底” .....     | 93  |
| 由“电荒”透视能源供需模式 .....             | 97  |
| 科学产能与清洁化度应合理搭配 .....            | 99  |
| 中国的科学、绿色、低碳能源战略 .....           | 101 |
| 再也不能这样过——由对发展模式的反思谈能源利用之道 ..... | 111 |
| 创绿色低碳能源之路 .....                 | 117 |
| 智能电网应做“顶层设计” .....              | 119 |

|                                                                                     |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 低碳能源战略：中国能源的可持续发展之路 .....                                                           | 122        |
| 以科学供给满足合理需求 .....                                                                   | 123        |
| 科技经济联手 变危机为机遇 .....                                                                 | 124        |
| 创新工程技术 支撑科学发展 .....                                                                 | 127        |
| 节能技术的战略思考 .....                                                                     | 134        |
| 中国能源发展的战略 .....                                                                     | 136        |
| 科技引领能源革命 .....                                                                      | 139        |
| 高耗能中国的拐点在哪里 .....                                                                   | 142        |
| 中国特色能源发展的战略思考 .....                                                                 | 146        |
| 五大战略推进我国能源可持续发展 .....                                                               | 149        |
| 大力推进能源绿色化 .....                                                                     | 151        |
| Three Concepts of Green Energy in China .....                                       | 154        |
| 中国能源的问题和可持续发展战略 .....                                                               | 161        |
| 物理学与中国能源可持续发展 .....                                                                 | 172        |
| 清洁能源与中国能源的可持续发展 .....                                                               | 180        |
| 中国的能源问题和新能源发展前景 .....                                                               | 185        |
| 大力发展先进汽车技术，推进节约型社会建设 .....                                                          | 192        |
| <b>二、非化石能源让我们拥有未来 .....</b>                                                         | <b>195</b> |
| 发展低碳电力——为了可持续的未来 .....                                                              | 197        |
| 《能源互联网与智慧能源》序 .....                                                                 | 201        |
| 我国应大力发展低碳能源“三匹马” .....                                                              | 202        |
| 对特高压输电的几点认识 .....                                                                   | 204        |
| 《我国非化石能源发展目标及其实现路径研究》·序 .....                                                       | 205        |
| 新能源重在技术突破 .....                                                                     | 207        |
| 为了我国风电的健康较快发展 .....                                                                 | 210        |
| 《能源新材料》·刊首语 .....                                                                   | 212        |
| 新能源与材料学 .....                                                                       | 214        |
| 我国能源结构发展的三阶段和现阶段洁净新能源的“三匹马” .....                                                   | 219        |
| 发展非化石能源 走新型工业化道路 .....                                                              | 223        |
| 利用“今日阳光”是能源发展的必由之路 .....                                                            | 226        |
| Development of Renewable Energy in China: Significance & Strategic Objectives ..... | 231        |
| 我国可再生能源战略地位和发展路线图研究 .....                                                           | 237        |
| 大力发展我国的太阳能科学、技术与产业 .....                                                            | 246        |
| 生物质能源是最具前景的可再生能源之一 .....                                                            | 251        |
| 生物质产业大有可为 .....                                                                     | 252        |
| 新能源 离我们还有多远 .....                                                                   | 256        |
| 发展核电，不能因噎废食 .....                                                                   | 263        |
| Sustainable Nuclear Power is Wealth of Humankind .....                              | 267        |

|                                        |     |
|----------------------------------------|-----|
| 人类期待大同文明 .....                         | 274 |
| 核能发展的历史观 .....                         | 277 |
| 未雨绸缪谈核能 .....                          | 280 |
| 核能：绿色能源支柱 .....                        | 283 |
| 核能的本质是以人为本的美丽事业 .....                  | 286 |
| 核电既要发展又要安全 .....                       | 289 |
| 人类无法弃核 .....                           | 292 |
| 安全核电，人类文明进步之果 .....                    | 295 |
| 试论我国能源长远发展的战略问题——关于核能在我国能源结构中的地位 ..... | 298 |

## 生态环境篇

|                                                       |     |
|-------------------------------------------------------|-----|
| 三、能源与生态环境 .....                                       | 307 |
| 谈治霾：10 年应该见成效 .....                                   | 309 |
| 车油路三管齐下防雾霾 .....                                      | 311 |
| 再说霾污染及其破解 .....                                       | 314 |
| 健康应列入环境影响评价 .....                                     | 317 |
| 资源环境与能源战略 .....                                       | 318 |
| 对我国能源和环境可持续发展的战略思考（上） .....                           | 330 |
| 对我国能源和环境可持续发展的战略思考（下） .....                           | 333 |
| 中国与能源有关的环境问题与对策 .....                                 | 336 |
| 建设环境友好型、节约型社会 .....                                   | 340 |
| 关于建设节约型社会的思考 .....                                    | 357 |
| 四、经济与环境双赢 .....                                       | 359 |
| How to Make the Urbanization Process Low-Carbon ..... | 361 |
| 低碳发展：为了可持续的未来 .....                                   | 364 |
| 中国要走低碳发展之路 .....                                      | 367 |
| 新常态是创新发展路径的历史机遇 .....                                 | 369 |
| “十三五”将成为低碳转型关键期 .....                                 | 372 |
| 废弃物“变身”促发展 .....                                      | 375 |
| 废弃物资源化利用潜力巨大 .....                                    | 379 |
| 把垃圾资源用起来 .....                                        | 381 |
| 废弃物资源化利用是战略性新兴产业和新的经济增长点 .....                        | 383 |
| 垃圾：错位放置的能源 .....                                      | 395 |
| 废弃物分类资源化利用是道必过的“坎” .....                              | 398 |
| 推动低碳发展，迈向生态文明 .....                                   | 400 |
| 低碳重塑中国经济 .....                                        | 407 |
| 谈经济与环境双赢 .....                                        | 409 |