



低碳发展蓝皮书

BLUE BOOK OF LOW-CARBON DEVELOPMENT

No.8

中国低碳发展报告

(2018)

清华大学《中国低碳发展报告》编写组

主编/齐晔 张希良

ANNUAL REVIEW OF LOW-CARBON DEVELOPMENT
IN CHINA (2018)

 社会科学文献出版社
SOCIAL SCIENCES ACADEMIC PRESS (CHINA)





中国低碳发展报告 (2018)

ANNUAL REVIEW OF LOW-CARBON DEVELOPMENT IN CHINA
(2018)

清华大学《中国低碳发展报告》编写组
主 编 / 齐 晔 张希良



社会科学文献出版社
SOCIAL SCIENCES ACADEMIC PRESS (CHINA)

图书在版编目(CIP)数据

中国低碳发展报告. 2018 / 齐晔, 张希良主编. --
北京: 社会科学文献出版社, 2018. 10
(低碳发展蓝皮书)
ISBN 978 - 7 - 5201 - 3722 - 5

I. ①中… II. ①齐… ②张… III. ①二氧化碳 - 排
气 - 研究报告 - 中国 - 2018 IV. ①X511 ②F120

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 240394 号

低碳发展蓝皮书 中国低碳发展报告 (2018)

主 编 / 齐 晔 张希良

出 版 人 / 谢寿光

项目统筹 / 恽 薇

责任编辑 / 王婧怡 孙智敏

出 版 / 社会科学文献出版社·经济与管理分社 (010) 59367226

地址: 北京市北三环中路甲 29 号院华龙大厦 邮编: 100029

网址: www.ssap.com.cn

发 行 / 市场营销中心 (010) 59367081 59367018

印 装 / 三河市东方印刷有限公司

规 格 / 开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 19.75 字 数: 295 千字

版 次 / 2018 年 10 月第 1 版 2018 年 10 月第 1 次印刷

书 号 / ISBN 978 - 7 - 5201 - 3722 - 5

定 价 / 89.00 元

皮书序列号 / PSN B - 2011 - 223 - 1/1

本书如有印装质量问题, 请与读者服务中心 (010 - 59367028) 联系

 版权所有 翻印必究

低碳发展蓝皮书编辑委员会

主任：

何建坤 清华大学教授、清华大学原常务副校长、清华大学气候变化与可持续发展研究院学术委员会主任、中国国家气候变化专家委员会副主任

成员：

刘燕华 中国国家气候变化专家委员会主任、国务院参事、科技部原副部长

江 亿 清华大学教授、中国工程院院士、清华大学建筑节能研究中心主任

刘世锦 国务院发展研究中心研究员、原副主任，中国环境与发
展国际合作委员会中方首席顾问

周大地 国家发展和改革委员会能源研究所研究员、原所长

戴彦德 国家发展和改革委员会能源研究所研究员、原所长

薛 澜 清华大学教授、清华大学公共管理学院院长

齐 晔 清华大学教授、清华-布鲁金斯公共政策研究中心主任

张希良 清华大学教授、清华大学能源环境经济研究所所长

研究编写组名单

研究编写组名单 (按姓氏拼音排序)

主 编 齐 晔 张希良

副 主 编 董文娟

成 员 陈周阳 段茂盛 董长贵 董文娟 高 杰
何建坤 黄采薇 李惠民 李梦宇 刘嘉龙
刘天乐 刘汐雅 鲁 玺 马 骏 田智宇
帖 明 齐 晔 钱 帅 翁玉艳 虞 宙
俞 樵 张希良 张 瑾 张子涵 赵勇强
赵小凡 赵旭东 周 丽

主要编撰者简介

何建坤 清华大学教授、清华大学气候变化与可持续发展研究院学术委员会主任、国家气候变化专家委员会副主任。曾担任清华大学常务副校长、校务委员会副主任、低碳能源实验室主任，并曾兼任清华大学经济管理学院院长等职务。主要研究领域包括能源系统分析与模型、全球气候变化应对战略、资源管理与可持续发展等。

齐 晔 清华大学公共管理学院教授、清华大学苏世民书院“大众汽车”讲席教授、美国布鲁金斯学会资深研究员、清华-布鲁金斯公共政策研究中心主任。主要研究领域包括资源能源环境气候变化政策与管理、城镇化与可持续发展治理。

张希良 清华大学核能与新能源技术研究院教授、清华大学能源环境经济研究所所长、中国能源研究会常务理事兼能源系统工程专业委员会主任、中国可持续发展研究会理事。主要研究领域包括能源经济学、新能源技术创新、能源经济系统建模、绿色低碳发展政策与机制设计等。

序

当前全球气候治理进入《巴黎协定》的全面实施阶段。美国特朗普政府退出《巴黎协定》，对全球气候谈判进程影响有限。2017年底波恩气候大会已就《巴黎协定》实施细则形成一个案文草案，尽管在减缓、适应、资金、技术、能力建设和透明度等各要素全面均衡地实施方面仍存在分歧，但各方也都展现出相对灵活和建设性的态度，并将于2018年底在波兰卡托维兹气候大会上开展进一步谈判，争取最终通过后实施。另外，2018年底的气候大会还将开展各缔约方的促进性对话，以“讲故事”的方式交流各国应对气候变化的行动、成效、经验以及问题和障碍，同时也把强化2020年前的承诺和行动列入议题。中国在《巴黎协定》的达成、签署和生效过程中都发挥了积极的促进作用，也将继续在《巴黎协定》的落实和实施进程中发挥积极的引领性作用。

当前我国在经济新常态下坚持新的发展理念，以创新发展转换发展动力，以绿色发展转变发展方式，经济发展更加注重质量和效益，结构调整加速，产业转型升级，提质增效，极大地促进了节能和减缓CO₂排放。2017年单位GDP的CO₂强度与2005年相比下降的幅度已接近45%， “十三五”期间下降18%的预期目标也将会超额完成，到2020年可比2005年下降50%以上，将超额完成2009年哥本哈根气候大会承诺的下降40%~45%的目标；到2020年非化石能源在一次能源消费中占比达15%和森林蓄积量增加13亿立方米的目标也将提前并超额完成。当前全球气候谈判促进并强化了2020年前的承诺和行动，我国要积极总结国家、城市、社会及产业层面的最佳实践经验，配合2018年气候大会各缔约方的促进性对话，讲好“发展”与“减碳”双赢的中国故事。



党的十九大提出新时代中国特色社会主义现代化的目标、基本方略和宏伟蓝图，并把气候变化列为全球重要的非传统安全威胁和人类面临的共同挑战，提出要“坚持环境友好，合作应对气候变化，保护人类赖以生存的家園”，建设美丽中国，为全球生态安全做出贡献。《巴黎协定》提出，控制全球温升不超过 2°C ，到21世纪下半叶实现温室气体净零排放的目标，在世界范围内加速能源和经济的低碳化转型。我国应对气候变化的中长期战略要以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，与现代化建设“两个阶段”发展目标相契合，统筹国内国际两个大局，顺应并引领全球应对气候变化合作进程，做出与我国国情和发展阶段、不断上升的综合国力和国际影响力相称的积极贡献。到2050年建成社会主义现代化强国的同时，实现与全球减排目标相适应的低碳经济发展路径，为全球生态文明和可持续发展提供中国智慧和中國经验。

在2020~2035年的第一阶段，将基本实现社会主义现代化，生态环境根本好转，美丽中国建设目标基本实现。该阶段有雄心和有力度的保护生态环境与建设美丽中国的目标和政策措施的实施，将加速推进能源生产和消费革命，加快形成绿色低碳循环发展的经济体系，将促使GDP能源强度和 CO_2 强度以更快的速度下降，有效保障《巴黎协定》下国家自主减排目标的实现。另外，要统筹考虑全球实现控制温升 2°C 目标下紧迫的减排需求，在立足于国内生态文明建设和可持续发展内在需要的同时，也要不断强化能源和经济低碳转型的目标导向，争取提前和超额实现对外承诺目标，使 CO_2 减排量在2030年之前早日达峰，到2035年走上持续较快下降的轨道，实现经济社会持续发展与 CO_2 排放完全脱钩，为21世纪中叶后建成以新能源和可再生能源为主体，温室气体净零排放的新型能源体系奠定基础。从而不断提升我国先进能源技术和低碳经济的综合竞争力，引领全球能源变革和生态文明建设的进程。

2035~2050年第二个阶段，我国将建成社会主义现代化强国，成为综合国力和国际影响力世界领先的国家。在这个阶段，全球减排温室气体的目标和行动将更为紧迫，全球温室气体排放年均下降率需在4%以上，将高于

发达国家当前自主承诺的到 2030 年的减排速度。各国都必须持续强化减排目标和行动力度，面临严峻挑战。我国在这一阶段应对气候变化的战略目标和行动措施，将不再可能主要从国内可持续发展内在需求出发，而要更多地考虑保护地球生态安全目标下减排路径的需求；需要为全球生态安全承担更多的责任和义务，把积极地应对气候变化目标作为社会主义现代化强国建设目标的重要组成部分；要以全球控制温升不超过 2℃ 目标下的减排路径为导向，制定全经济尺度所有温室气体排放量大幅度绝对减排的目标和战略；加快和加大能源变革和经济转型的速度和力度，为 21 世纪下半叶实现温室气体净零排放奠定基础，从而引领全球走上气候适宜型低碳经济发展道路，为全人类进步事业做出与我国综合国力、国际地位和国际影响力相称的贡献，体现我国作为现代化大国对全人类共同利益的责任担当和引领作用。我国在第一阶段能源和经济低碳转型的成效和体制机制建设，也将为第二阶段实现更为紧迫的减排目标创造条件。

当前我国处于“十三五”决胜全面建成小康社会和“十四五”开启社会主义现代化建设新征程的交汇期。在贯彻落实十九大提出的推进生态文明建设，打好污染防治攻坚战，建设美丽中国等一系列目标和政策过程中，统筹改善生态环境与减排 CO₂ 的协同对策和措施，在近期防治区域环境污染的同时，强化长期低碳发展和减排 CO₂ 的目标导向，发挥协同效应，在立足国内可持续发展内在需求的同时，取得更为显著的减碳效果。比如在实施污染防治措施时，不仅要重视化石能源利用中污染物排放过程的末端治理，而且更应重视从源头上减少煤炭等化石能源的消费量，在终端利用环节加强以电代煤的措施；同时加快新能源和可再生能源电力的发展，以新能源和可再生能源电力增长取代煤炭、石油等化石能源的终端消费。如此既减少终端污染物排放，又为可再生能源电力提供发展空间，从而加速了能源体系的低碳化变革，取得更显著的污染物控制和减排 CO₂ 的协同效果。

当前，根据我国节能减碳领域已取得的成效和发展趋势，在今后几年的国民经济和社会发展规划中，要不断调整并强化单位 GDP 能源强度和 CO₂ 强度下降的年度指标。以新的发展理念，加快能源和经济的低碳转型，建立



和完善促进低碳发展的政策体系和激励机制。完善并扩展已启动的全国统一的碳排放权交易市场，以明确的碳价信号，促进企业减排，引导社会投资导向，促进产业转型升级，建立和健全绿色低碳循环发展的经济体系，促使GDP的CO₂强度持续较快下降；并为2020年后新时代社会主义现代化进程中实现与《巴黎协定》下全球低碳化目标相适应的绿色低碳发展路径奠定基础。

党的十九大报告中提出我国要“积极参与全球治理体系改革和建设，不断贡献中国智慧和力量”。合作应对气候变化是全人类共同利益，世界各国广泛的共同意愿、合作空间和利益交汇点，但不同国家和国家集团之间在诸多议题上也存在利益冲突和复杂博弈，这也为我国深度参与并积极引领全球治理体系改革和建设提供了平台和机遇。我国倡导相互尊重、公平正义、合作共赢的全球治理新理念，把应对气候变化作为各国可持续发展的机遇，促进各方互惠合作、共同发展，这有利于扩展各国自愿合作的领域和空间，扩大各方利益的交汇点，从而促进气候谈判由“零和博弈”转向合作共赢。我国在气候治理理念和合作方式上展现出不同于美欧国家的新型领导力和引领作用，越来越被世界范围所认同。合作应对气候变化是各国一致的利益取向，存在巨大合作空间和广阔前景，可成为秉持共商、共建、共享的全球治理理念，打造人类命运共同体的先行领域和成功范例。

党的十九大报告指出，中国积极“引导应对气候变化国际合作，成为全球生态文明建设的重要参与者、贡献者、引领者”。当前在国内外新形势下，我国要进一步加强国际务实合作，特别是与发展中国家的“南南合作”，把应对气候变化能源变革和经济转型作为各国可持续发展新机遇，实现合作共赢，促进共同发展，推进《巴黎协定》的落实和实施。我国推进“一带一路”合作建设，是践行构建人类命运共同体，实现合作共赢、共同发展的全球治理新理念的务实行动。我国在“一带一路”建设中秉承生态文明建设的指导思想和绿色低碳的发展理念，推进与沿线国家的可持续发展战略相对接，并把应对地球生态危机、建设全球绿色发展的生态体系作为重要指导思想；同时打造先进能源技术和低碳基础设施的互联互通，发挥我国

在新能源技术和智慧电网领域的技术优势，发展跨国的全球能源互联网，促进发展中国家可再生能源资源优化开发利用，在满足其经济发展和民生改善下不断增长的能源需求的同时，走上绿色低碳的发展路径。这与联合国2030年可持续发展目标以及《巴黎协定》应对气候变化的目标都高度契合，我们要将其深度融合，使绿色发展和生态文明建设成为“一带一路”建设的重点和亮点，并提供全球性公益产品，共同探讨应对气候变化国际合作的新型模式和成功经验。

本期《中国低碳发展报告（2018）》回顾并总结了我国改革开放40年来实施节能和提高能效的政策、措施、成效和经验，这也可成为2018年底气候大会上各缔约方促进性对话中讲好中国故事、提供中国方案的参考素材和研究成果。本期报告系统分析和介绍了我国碳排放权交易市场的总体设计和运行机制，将有助于促进国内外对中国碳市场的理解和认识，促进中国碳市场的发展和建设。本期报告也对绿色金融和技术创新促进中国长期低碳发展提出了新的研究成果，也将为我国研究制定新时代社会主义现代化进程中应对气候变化和低碳发展中长期战略提供有价值的参考。希望本期报告能与社会各界交流分享，互相促进，共同为我国低碳发展与全球生态文明建设建言献策、积极行动、贡献力量。

何建坤

2018年2月25日

前 言

能源革命背景下各国低碳转型加速

这是一个重要的历史时刻。当人们仍在为“什么是能源革命的内涵”而争论不休时，一场始自少数国家并迅速波及全球的能源生产和消费革命已经悄然展开。

近年来，世界似乎进入一个大转型时期。地缘政治、国际关系、经济增长、金融贸易、环境保护、科技创新等领域充满了风险、动荡和不确定性，同时又在酝酿着机遇、突破和光明未来。事实上，机遇与挑战并存、风险与收获叠加是人类历史上每一个重大转型时期的共同特征。

对中国和世界而言，这次大转型的一个重要标志和核心内容就是能源生产和消费革命，以及经济社会的绿色转型。今天，我们不再怀疑大转型是否会发生，因为我们看到的是经济社会的大转型已经发生、正在发生，而且正在加速进行。其中，最为突出的或许就是能源系统的低碳化加速。

2016年中国政府制定了《能源生产和消费革命战略（2016—2030）》，明确提出对能源消费实行总量控制：到2030年中国一次能源消费总量不超过60亿吨标准煤。这意味着中国能源消费增长速度将从21世纪前15年的7.39%的年增长率下降到第二个15年的2.24%，能源消费增速下降70%，这是中国经济进入新常态的一个重要标志。

中国是世界上少有的对能源消费实行总量控制的国家，另外一个国家是丹麦。丹麦的能源消费早在1970年便达到峰值。因受到石油危机的刺激，丹麦开始实行节能政策，迄今能源消费量已经下降近1/5。对能源消耗自设限制本身就是一项革命性的举措。为什么？因为自工业革命开启人类化石能源时代以来，能源，特别是化石能源消费量就与经济总量密切挂钩，能源消



费的增长就意味着经济的增长、财富的增加以及生活的幸福。谁又愿意对自己的经济增长和财富增加主动设限呢？然而能源消费在激发人们对美好生活向往的同时，也带来了巨大的忧虑和困扰。在资源方面，早在一个半世纪以前，英国学者威廉姆·斯坦利·杰文斯（William Stanley Jevons）就曾经忧虑煤炭资源枯竭对经济和生活的影响。100多年过去了，煤炭并没有枯竭，但煤炭的开采和燃烧对人们的生存环境产生了实实在在的严重影响：煤矿开采对植被、地表水和地下水的破坏，对生产安全和生命健康的影响，煤炭燃烧排放的二氧化硫、氮氧化物、重金属颗粒物和温室气体对环境的污染，成为工业时代的伤痛和不可承受之重。因此世界各国几乎都把能源转型的重点放到对煤炭的限制和替代上。

英国是工业革命的诞生地，也是煤炭利用的先行者。煤炭的利用推动了工业革命的发展，反过来，工业革命又进一步推动了煤炭利用的扩张。正如物理学功能转换定律所揭示的那样，煤炭作为能源曾经让大英帝国获得了前所未有的力量，不仅使其成为全球第一的经济体，而且成为主宰世界的“日不落帝国”。但也正是煤炭的燃烧造成了狄更斯笔下的伦敦雾都和1952年12月那场导致了成千上万人丧生的伦敦烟雾事件。正是那个刻骨铭心的事件，让人们认清了煤炭使用的阴暗面及对生命健康和生态环境的伤害，也让政府感受到不得不面对的巨大压力。伦敦烟雾事件之后，英国政府出台了限制煤炭使用的立法，开始对每一个城市限制煤炭的燃烧利用。短短几年之后，英国煤炭消费于1956年达到峰值并从此开始下降。2017年4月20日，英国全国没有一公斤燃煤用于发电。据说，这是自1882年伦敦建立第一座燃煤发电厂以来，英国首次出现零煤发电工作日，是英国向无煤社会转型过程中的一个里程碑。

当英国煤炭消费开始下降时，美国的煤炭利用却在一路攀升，并且持续了半个世纪之久，直到2004年美国的煤炭消费总量才达到峰值并开始下降。美国地域广大，人口密度低，人均用电量高，对煤电的依赖程度也高。即便如此，在2004年煤炭达峰后的十几年间，美国煤炭消费总量也开始了快速下降的总趋势。煤炭需求和生产下降直接影响到产煤区煤矿工人的就业和生

计，2016 年美国大选期间，特朗普就曾发誓重振美国煤炭业的辉煌而获得产煤州选民的支持。上任后他也试图兑现竞选承诺，帮助产煤区恢复生产，重振煤炭经济；无奈形势比人强，美国的煤炭消费并没有因此上升。其主要原因不是没有政策，而是缺乏市场。过去十几年中，美国的页岩气革命使天然气的开采和利用成本大为降低，对煤炭的竞争优势加强；此外，众多企业对未来气候变化政策的预期使得煤炭发电颇为过时。当天然气替代煤炭成为稳定的市场预期之后，煤炭盛极而衰成为必然趋势。

美国新一轮的能源革命是从页岩气革命开始的。相比较而言，英国的煤炭替代与石油和天然气的使用更加密切相关，特别是在 20 世纪北海石油的开发和使用促使英国走上了逐渐摆脱煤炭的道路。

在中国，煤炭仍是主体能源，在相当长时期内煤炭简直就是能源的同义语。这不仅因为在全国能源资源禀赋构成上煤炭占绝大多数，更在于整个能源消费的比重上，煤炭一直占大头。直到 20 世纪 90 年代初，煤炭占一次能源消费比重仍不低于 3/4。石油和天然气消费迅速增加后，煤炭比重呈现下降的情形，但消费总量却在持续上升。就在几年前，业界仍普遍预期，直到 2020 年以后，中国煤炭消费才可能出现峰值。然而，数据表明，中国煤炭达峰时间大大提前。在 2013 年中国煤炭消费达到了史无前例的 42 亿吨，并从此开始进入下行轨道。2014 ~ 2016 年，煤炭消费量出现加速下降趋势，三年同比下降率分别为 3.0%、3.7% 和 4.7%。在 2017 年，无论是工业界还是研究人员都普遍预期，中国煤炭消费会大幅上扬；国际科联“全球碳计划”更是推断中国煤炭消费会上升 3%。然而现实情况证明，学术界又一次高估了中国的煤炭消费量，2017 年的煤炭消费量只比前一年提高了 0.4%。

中国煤炭达峰和下降缘于两个主要因素：一是中国经济增长放缓，即所谓的经济新常态；二是可再生能源的迅速发展。在过去的十几年间，中国的一次能源中，虽然天然气总量和比重在上升，但上升的幅度远低于非化石能源，特别是风、光、水能。可以说，正是风、光、水等可再生能源的快速发展，实现了对煤炭，特别是煤电的快速替代，导致煤炭消费超出预期提前达



峰并迅速下降。在这个意义上，中国的能源生产和消费革命已经发生，并对中国和世界环境产生了积极的影响。2014年以来，中国的空气质量逐渐好转，中国和全球的二氧化碳排放总量暂时出现峰值也与中国煤炭消费达峰有重要的内在联系。

高化石能源时代肇始于煤炭的使用。石油的单位能源碳排放（碳密度）是煤炭的 $\frac{3}{4}$ ，因而，石油被引入能源体系，总体上降低了该体系的碳密度。天然气的碳密度更低，不到煤炭的一半，是石油的 $\frac{2}{3}$ 。随着天然气在一次能源中比重的提高，能源体系的碳密度进一步下降。对许多国家而言，从能源的煤炭时代过渡到油气时代是能源体系低碳化的重要转折。从1859年在宾夕法尼亚州打出第一口油井开始，美国便逐步从煤炭时代走向油气时代。一直到20世纪中叶约90年间，美国不但以石油革命带动整个能源体系率先进入油气时代，而且在能源低碳化方面把英国这个老牌的工业强国远远甩在后面。英国的追赶开始于第二次世界大战之后，尽管起步偏晚，但仅用了20多年，到1970年英国便进入了真正意义上的油气时代。从此以后，凭着天然气对煤炭的替代，英国的能源体系碳密度竟然在20世纪末赶上并反超美国。在经过几年的反复之后，英国几乎与美国同时开启了一个加速去碳化的新时代。英国能源体系去碳化用了160年的时间完成了对美国的追赶过程。

中国的煤炭达峰原因与英美以及其他发达国家不同，并非以油气为主力替代煤炭，而是以可再生能源替代煤炭。在中国始终没有出现一个以油气为主的能源时期，而似乎是由煤炭时代跨越油气时代直接走向一个非化石能源为主导的新时代。以2006年为转折点，中国能源系统的去碳化开始加速，这一年也是《中国可再生能源法》实施的第一年。十几年来，中国的去碳化趋势明显，超过世界上绝大多数国家。国家《能源生产和消费革命战略》明确2030年后中国的非化石能源发电将超过煤炭发电，届时非化石能源利用在一次能源中的比重将比现在提高一倍，一个以非化石能源为主体的能源新时代已初现端倪。

技术变革加速推动可再生能源发电成本不断下降，同时全球竞标价格正

在不断地创造新低。在德国 2018 年的首轮可再生能源项目招标中，风电平均中标价格为每度电 4.73 欧分（约合 0.37 元/度）；太阳能发电平均中标价格为每度电 4.33 欧分（约合 0.34 元/度）；中标电价均显著低于德国电网平均购电价格。荷兰政府招标了全球首次无补贴的海上风电项目，预计该项目将于 2022 年并网发电。中国第三批“光伏应用领跑基地”刚刚结束竞标，在最后的两个基地——青海省的格尔木和德令哈的竞价中，投标企业报出了 0.31 元/度的电价，这甚至低于当地 0.32 元/度的燃煤脱硫标杆上网电价。风电和光伏发电的成本正在快速逼近化石能源，可再生能源平价上网的时代即将来临。

无论是中国、美国、英国，还是其他大国，占全球能源消费量多数的经济体的能源系统的低碳转型不仅正在发生，而且在加速进行。但少数国家，如印度和日本等国，其能源系统低碳转型趋势相反，好在这类情形在全世界十分少见，因此并不影响全球能源系统加速转型的大趋势。这个大趋势就是正在发生并加速进行的全球能源生产和消费革命这个大的历史趋势，在其展开的过程中未必一帆风顺，但是总的趋势不可阻挡，更不可逆转。

全球能源革命对中国发展意味着前所未有的机遇。在最近的 10 年中，中国已成为全球可再生能源发展的领头羊，不仅装机总量最多而且投资量最大。2015 年，中国可再生能源投资在全球可再生能源投资中的比重超过了 1/3。其后，尽管 2016 年占比有所下降，但 2017 年中国不仅继续领跑全球，而且占比大大提高，境内可再生能源领域投资额为 1266 亿美元，占全球总投资额的 45%。继煤炭消费达峰之后，中国能源总量控制明确中长期目标，同时也提出能源系统低碳化目标及 2030 年非化石能源发电占比达到 50% 的目标。这些国家目标不仅向世界宣告了中国在能源系统绿色低碳转型中的国家意志，而且也通过国家政策和具体措施将目标转化为行动，保证目标的达成。按照这些目标，中国碳排放将在 2024 年达到峰值，而后逐年下降。这个峰值只比 2017 年高出 0.1%，甚至小于波动幅度和统计误差的范围。联系到近年来的数据，我们可以认为，2014 年中国已经进入了碳排放达峰的平台期，此平台期大约会持续 10 年，而此后中国碳排放将逐年下降。这个



发展比中国的承诺提前了6~16年的时间，进一步表明了中国的绿色低碳转型正在加速进行。

中国在能源低碳化过程中付出了极大的代价，特别是在太阳能光伏和风能设备制造、电厂建设、电力传输等方面，中央和地方政府给予了极大的优惠条件和资金补贴，在用地、税收、信贷等方面给予可再生能源发展的支持是任何国家所难以匹敌的；企业和居民也为可再生能源电力付出了额外的费用。中国全社会对可再生能源发展的支持是近年来能源系统低碳化的基础，为一个新兴产业从无到有并发展壮大成为全球最大规模提供了优厚的条件，其规模效应是可再生能源成本大幅下降必不可少的前提。在这个意义上，中国可再生能源大发展对全球能源系统低碳转型做出了积极的贡献。当然，在此过程中也出现过严重的资源浪费和成本负担，最大的资源浪费或许就是可再生能源发电中的弃风、弃水和弃光问题。在问题严重之时，有的省份曾1/3的风电设备闲置而无法发电上网。这里面既有资源空间分布的局限，也有技术发展的限制，更有体制机制的制约。可见，能源系统的低碳化需要能源技术和能源消费的革命，更需要体制机制的变革和优化。

生态文明建设促进中国绿色转型正在多个方面铺开，除了能源系统的低碳转型，中国在污染防治、生态保护、绿色融资，以及绿色产业发展上都有了长足的进展。对专家、公众和决策者而言，新的共识已经形成，那就是全球正在发生并加速展开的能源革命，抓住机遇，中国将有可能实现经济和社会的全面而深刻的绿色转型。我们正处在一个崭新的时代：这是一个加速转型的时代，这也是一个全面终结化石能源利用的时代，是一个重构人与自然和平共处、和谐发展的新时代。

齐 晔

2018年7月于清华园