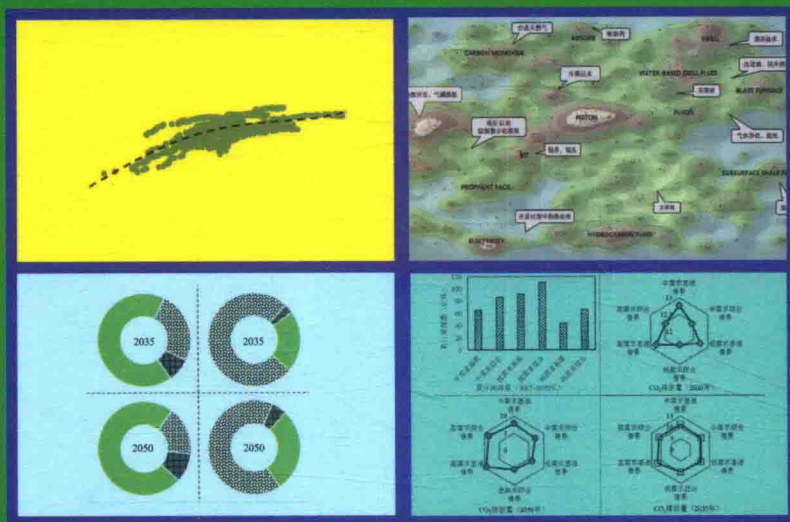


中国能源报告(2018):

能源密集型部门绿色转型研究

China Energy Report (2018):
Green Transition in Energy Intensive Sectors

魏一鸣 廖 华 等著
余碧莹 唐葆君



科学出版社

中国能源报告(2018): 能源密集型部门绿色转型研究

China Energy Report(2018):
Green Transition in Energy Intensive Sectors

魏一鸣 廖 华 等 著
余碧莹 唐葆君



科学出版社

北京

内 容 简 介

能源密集型部门绿色转型受到国际社会和学术界的广泛关注。钢铁、有色、建材、化工、电力、交通、建筑等能源密集型部门的绿色转型既是当前打好污染防治攻坚战的关键，也是长远建设生态文明的重中之重。本书是《中国能源报告》系列研究报告的第七卷。在新的时代背景下，本报告总结并提炼了世界和中国能源的发展态势及出现的新特征，系统分析了“绿色发展”对能源密集型部门的长远影响。在综合评估能源密集型产品和服务需求的基础上，本书对电力、钢铁、水泥、化工、交通、建筑等部门的绿色转型开展研究，并探讨了有关的能源技术、能源政策等问题。

《中国能源报告》是系列研究报告，自2006年以来，每两年出版一卷。根据国际和国内能源发展形势的变化，每卷选择不同主题，开展有针对性的研究。突出研究的实证性和政策性，为国家相关决策部门提供参考和信息支撑。

本书适合能源经济与管理、环境与气候政策等领域的政府工作人员、企业管理人员、高等院校师生、科研院所人员及对该领域感兴趣的学者和相关工作者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

中国能源报告(2018): 能源密集型部门绿色转型研究= China Energy Report (2018): Green Transition in Energy Intensive Sectors/ 魏一鸣等著. —北京: 科学出版社, 2018

ISBN 978-7-03-059256-9

I. ①中… II. ①魏… III. ①能源经济—研究报告—中国—2018
IV. ①F426.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第244498号

责任编辑: 刘翠娜 耿建业 / 责任校对: 彭 涛
责任印制: 张 伟 / 封面设计: 陈 敬

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>

北京教图印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018年11月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2018年11月第一次印刷 印张: 27 3/4

字数: 650 000

定价: 228.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

作者简介

魏一鸣，北京理工大学讲席教授，教育部“长江学者奖励计划”特聘教授(2008年)、国家杰出青年科学基金获得者(2004年)、中国科学院“百人计划”(2005年)、“百千万人才工程国家级人选”(2004年)、国家哲学社会科学领军人才(2017)、国家自然科学基金创新研究群体“能源经济与气候政策”学术带头人。现任北京理工大学管理与经济学院院长、北京理工大学能源与环境政策研究中心主任、能源经济与环境管理北京市重点实验室主任，兼任中国优选法统筹法与经济数学研究会副理事长、能源经济与管理研究会分会理事长等。受邀担任9份国际期刊编委或副编辑，担任联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)第六次评估主要作者协调人(CLA)。曾任中国科学院科技政策与管理科学研究所副所长(2000~2008年)、研究员。

长期从事管理系统工程研究和教学，在能源经济预测与决策建模、资源与环境管理、能源经济与气候政策等领域开展了有创新的研究工作并做出了贡献。先后主持国家重点研发计划项目、国家自然科学基金创新研究群体项目、国家自然科学基金重大国际合作、973计划、国家科技支撑计划项目、国家自然科学基金重点项目、欧盟FP7等50余项科研课题。著作20余部；在《自然》子刊*Nature-Energy*、*Nature-Climate Change*等发表学术论文200余篇，其中，SCI收录160余篇。论文累计他引万余次(其中，SCI他引4500余次)、21篇入选ESI“高被引论文”。连续4年被爱思唯尔评为“中国高被引学者”(Most Cited Chinese Researchers)。曾获12项省部级科学技术奖、自然科学奖或哲学社会科学奖，其中一等奖4项(均为第一完成人)。向中央和国务院提交了多份政策咨询报告并得到了重视。研究成果在学术界和政府部门均有较大影响。

魏一鸣教授曾获中国青年科技奖(2001年)、纪念博士后制度20周年“全国优秀博士后”称号(2005年)、全国优秀科技工作者(2012年)、北京市优秀教师(2013年)，获国务院政府特殊津贴(2004年)。

廖 华，北京理工大学能源与环境政策研究中心副主任，教授，博士生导师。从事能源经济与气候政策领域的人才培养和科学研究工作。合作出版著作 10 余部，发表论文 80 余篇。近年指导的 10 余名毕业生获北京市优秀毕业生或校优秀研究生学位论文。承担了国家自然科学基金委、科技部、中国科学院、国家发改委和国家能源局等机构的科研课题。担任中国管理现代化研究会常务理事等。曾获省部级一等奖 4 项。曾获批国家优秀青年科学基金项目，入选首批青年长江学者。

余碧莹，北京理工大学能源与环境政策研究中心特别研究员，博士生导师。曾任日本京都大学 JSPS 特别研究员、英国伦敦大学(UCL)访问研究员、日本广岛大学助理教授。现就职于北京理工大学管理与经济学院管理科学与工程系/能源与环境政策研究中心。主要研究方向涵盖居民家庭能源消耗行为和政策研究、共享经济和智能出行、时间利用、行为-经济-能源-环境复杂系统分析等。迄今为止，已在《自然》子刊 *Nature Energy* 等国际知名期刊上发表学术论文 30 余篇。在 *Nature Energy* 上发表的论文被遴选为《自然》期刊亮点研究(Research Highlights)。合作出版中英日文专著 3 部。完成多份政策咨询报告并获得采用。获国家优秀青年科学基金项目。

唐葆君，北京理工大学能源与环境政策研究中心副主任，教授，博士生导师。现任管理与经济学院副院长。从事能源金融、碳金融研究。发表论文 70 余篇，出版专著(含合著)6 部。主持国家级及省部级课题 30 余项，包括国家自然科学基金项目、北京市自然科学基金项目、北京市哲学社会科学重点项目、国家科技支撑计划等，曾在日本名古屋大学合作研究。曾获国家能源局能源软科学研究优秀成果奖一等奖、教育部高等学校科学研究优秀成果奖(科学技术)科技进步二等奖、中国电子学会电子信息科学技术奖二等奖等共 6 项。

前 言

能源密集型部门的绿色发展是实现可持续发展、建设生态文明建设的重要内容。能源密集型部门包括钢铁、有色、建材、化工、电力、交通等部门。我国公共建筑和居民家庭用能量将持续增长，建筑部门也纳入能源密集型部门。

《中国能源报告(2018):能源密集型部门绿色转型研究》作为《中国能源报告》系列研究报告的第七卷,是北京理工大学能源与环境政策研究中心团队成员在长期研究过程中对近年来中国能源密集型部门绿色转型过程中的相关重大问题形成的总结。期望本书的出版,能使中国能源密集型部门绿色转型相关问题得到国内外学术界和政府相关部门更多的重视,并提供系统性和整体性的研究。本书以能源经济为主线,围绕以下问题展开研究。

(1)深入分析了中国能源密集型部门绿色转型的机遇和挑战。从宏观经济的角度分析了需求侧和供给侧等因素对于能源密集型部门发展的影响,指出并分析“绿色发展”可能对能源密集型部门带来的长远影响。

(2)提出了能源密集型部门绿色发展的度量指标和评估方法。综合能源密集型部门绿色发展与联合国可持续发展目标,分析了能源密集型部门绿色发展现状;建立了基于经济、社会及环境维度的多指标能源密集型部门绿色发展评估体系;对标了国内外能源密集型部门绿色发展水平,发现中国的绿色发展水平与世界最佳水平仍有差距。此外,针对包括电力、钢铁、水泥、化工和交通等代表性能源密集型部门进行了绿色发展评估与国际比较分析。

(3)探究了社会经济绿色转型对能源密集型产品和服务的需求及影响。描绘了中国社会经济发展图景,定量分析了电力、钢铁、水泥、化工、交通部门产品与服务的需求及影响。研究发现,社会经济绿色转型是中国能源密集型产品和服务需求下降或增速放缓的重要因素。

(4)探讨了中国电力行业绿色转型的路径选择及潜力。基于中国电力消费、发电结构、供电煤耗、污染物排放及绿色转型政策的发展现状,评估了中国各区域电力行业绿色转型的潜力和效果。研究发现,若仅推广先进的煤电、核电技术,可在一定程度上降低能耗和排放;若实施能源替代并降低可再生能源发电技术投资成本,2035年后风电和太阳能发电技术会更具成本优势并将迅速发展,其成本下降越快,对电力行业绿色转型的推动作用越明显。

(5)探讨了中国钢铁行业绿色转型的技术布局问题。分析了淘汰落后产能、调整生产结构、发展低碳技术三种绿色转型策略对钢铁行业节能减排的效果,并分析了钢铁行业综合绿色政策发展潜力和效果。研究表明,淘汰落后产能政策可大幅提高行业能效,发展短流程炼钢将优化钢铁生产结构,节能技术的改造可实现能源回收利用,利用技术创新促使钢铁行业排放尽快达峰。在发展短流程过程中,还应重视有毒重金属防治。

(6)探讨了中国水泥行业绿色转型问题。量化分析了推广先进技术,使用替代燃料及发展原料替代等绿色转型策略对水泥行业绿色转型产生的影响;分析了水泥行业绿色转

型的潜力及综合效果。研究表明,短期推广先进节能减排技术是最优的发展策略,节能减排潜力最大;推广先进技术可有效实现节能减排;使用替代燃料可促进节能减排与固废处理协同发展;发展原料替代降低水泥最高过程排放量。

(7)探讨了我国化工行业绿色转型问题。评估了调整生产方式、改善原料结构、优化生产工艺等策略下化工行业绿色转型的效果。研究发现,化工行业绿色转型需依托于生产方式清洁化转变、原料结构轻质化发展和生产技术先进化推进等。

(8)探讨了我国客运交通部门绿色转型问题。评估了交通客运部门发展高效车辆技术、优化客运结构、推广应用清洁燃料及综合实施交通能源措施下的节能减排效果,并提出了未来我国客运交通部门绿色转型发展路径。优化运输结构节能减排效果显著,需优先推行。

(9)探讨了我国建筑部门绿色转型问题。从城镇化、经济转型、居民用能行为、建筑能效等方面分析了我国建筑部门发展现状,定量分析了建筑能耗影响因素,评估了建筑部门绿色转型潜力。研究结果表明,中国建筑能耗有望在2040年左右达峰,能耗强度下降节能潜力大。

(10)重点关注了我国工业、交通、建筑和电力等部门的绿色技术,集中分析了非常规天然气、交通生物燃料、核能发电、分布式发电、储能、全球能源互联网、工业绿色工艺、电动汽车、绿色建筑和碳捕集利用与封存等重要能源技术,为我国能源密集型部门的重大技术选择和科技战略规划提供了参考。

(11)模拟了我国能源密集型部门绿色转型的政策。从全局经济视角,对电力、交通、化工部门重要转型措施的社会经济影响展开了探讨和比较分析。研究发现,随着电价的有序放开,在相同电力减排目标下,全国碳减排量逐渐增大,减排效率不断提高。无论是电力部门还是全国层面,边际减排成本随着电价管制的放开在逐渐降低;电动汽车的减排效果直接取决于发电结构。保持电动汽车补贴、提高电力清洁度对促进电动汽车推广收效甚微,提高电动汽车接受程度将起到长期的推广促进作用。碳捕集和封存(carbon capture and storage, CCS)技术的应用对于我国的碳减排作用较为明显,但是也会带来经济损失。化工行业在提高出口关税、取消出口退税、降低进口关税三种调整方案下,均可降低碳排放量,但无法实现化工行业碳强度目标。同时,降低进口关税对经济影响最大,取消出口退税影响最小,提高出口关税对化工各细分部门冲击最大,各调整方案下均应重点关注石油化工;碳税的实施对我国碳减排作用明显,但同时会造成经济损失。

回顾过去,全球政治经济发展出现了新情况。国际贸易条件恶化、OPEC 协议减产至少在短期内显现效果、美国原油出口解禁并退出《巴黎协定》、各国正酝酿或已出台燃油车禁售时间表,世界能源需求增长有所加快、可再生能源快速发展、“一带一路”能源合作持续推进。我国节能减排工作取得了重要进展,煤炭消费比重持续下降,清洁能源发电比例持续上升,“4045”强度目标提前实现。

展望未来,世界经济将在激烈动荡中前行,政治冲突有可能加剧,能源贸易格局继续发生变化。我国社会经济进入了新时代,经济已由高速增长阶段转向高质量发展阶段。高质量发展必然要求提供更多高附加值的产品和服务,也必然要求继续逐步淘汰相对落后的存量产能,这既是能源密集型部门绿色转型的重大机遇,也是重大挑战。

Preface

The green development of energy intensive sectors is very important for achieving the sustainable development and ecological civilization. Energy intensive sectors include power, iron and steel, nonferrous metals, cement, chemicals, and transportation sectors. As the energy consumption from public buildings and households will continue to grow, hence, the building sector is also considered as an energy intensive sector.

‘China Energy Report (2018): Green Transition in Energy Intensive Sectors’, as the seventh volume of the CEEP’s report series, is expected to provide policy support for both public and private decision agents. This report will discuss the following issues based on energy economic analysis.

(1) Analyzing the opportunities and challenges of green transition of energy-intensive sectors in China comprehensively. From the macroeconomic perspective, this chapter discusses the impact of factors from demand-side and supply-side on the development of energy intensive sectors, and points out the long-term influence of ‘green development’ on energy intensive sectors.

(2) Establishing a quantitative indicator system and evaluation method for the green development of energy intensive sector. Combining the green development of energy sensitive sector with the Union Nations’ Sustainable Development Goals, an indicator system including economic, social and environmental dimensions is first constructed, and then used to clarify the green development level at home and abroad for China’s energy intensive sector. It is found that there is still a gap between China’s green development and the worldwide advanced level. In addition, green development assessment through international comparative analysis are performed for some representative energy intensive sectors including power , iron and steel, cement, chemical and transport sectors.

(3) Investigating how the transition towards a green socio-economy would influence the demand for energy intensive products and services. The future prospect of social and economic development in China is portrayed first; and under such context, the demand for the products and energy services in the power industry, iron and steel industry, cement industry, chemical industry and transport sector are projected. Results show that transition towards a green socio-economy would contribute to reducing the increasing demand for energy intensive products and services or slowing down their growth rate.

(4) The potentials and pathways of green transition in China’s power industry is discussed. Based on the development status of China’s power industry (e.g. the electricity consumption, power structure, coal consumption, pollutant emissions and the green transition policies), we

evaluate the potentials and the effects of green transition in six regional power industries in China. The results show that energy consumption and emissions can be reduced to a certain extent by promoting the advanced coal-fired power generation technologies and nuclear power technology. If developing the alternative clean energy and reducing the investment cost of renewable energy at the same time, the wind and solar power technologies would be developed rapidly and be more cost effective after 2035. The faster the investment cost of renewable energy declines, the more effective for promoting the green transition of China's power industry.

(5) Exploring the technical layout for the transition towards a green iron and steel industry in China. It analyzes the effects of three green transition strategies on energy saving and emission reduction in iron and steel industry, including eliminating backward production capacity, adjusting production structure and developing low-carbon technologies. Results show that policies for eliminating the backward production capacity could greatly improve the energy efficiency of iron and steel industry, and the development of short-process steelmaking could optimize the steel production structure. The retrofit of energy-saving technologies could achieve energy recycling, and technological innovation could facilitate emissions of iron and steel industry peak as soon as possible. Alongside developing short-process steelmaking, the prevention and control of toxic heavy metals deserves attention.

(6) How to facilitate the green development of the cement industry is discussed. The impacts of strategies such as promoting advanced technologies, using alternative fuels and developing raw material substitution on the green transition of cement industry is quantitatively analyzed. The research shows that the promotion of advanced technologies is the optimal development strategy in the short term, with the greatest potential for energy saving and emission reduction. The use of alternative fuels can promote the coordinated development of energy reduction and hazardous waste treatment. And the development of raw material substitution can reduce the process-related CO₂ emissions which is the highest emissions during cement production.

(7) Discussing the transition pathway towards a green chemical industry in China, in which the effects of adjusting producing ways, improving feedstock structure and promoting advanced technologies are evaluated. To realize the green transition of chemical industry in China, the producing ways should shift to cleaner combinations, feedstock structure needs to be lighter and advanced technologies need to be further promoted.

(8) How to facilitate the green development of the passenger transport sector is investigated. The energy saving and emission reduction potentials of different policy measures are evaluated. Policies considered include improving vehicle technology, optimizing transport structure, and promoting new energy. A roadmap for the green development of the passenger transport sector is presented. Our results conclude that optimizing the transport structure should be given a high priority in the future green development of the transport sector.

(9) The issue of transition towards a green building sector in China is explored. The status

quo of China's building sector is analyzed from the aspects of urbanization, economic transformation, residential energy consumption behavior, and energy efficiency of buildings. The influencing factors of energy consumption in China's building sector are identified. The potentials of green transition in the building sector is assessed. Results show that China's building energy consumption is expected to peak around 2040, and the energy intensity reduction has great potential for energy conservation.

(10) Emerging green technologies in China's industry, transportation, building and power sectors have been investigated. The important energy technologies in these sectors have been further foreseen, including the unconventional gas, biofuels for transportation, nuclear power, distributed generation, energy storage, global energy interconnection, green industrial technology, electric vehicles, green buildings, carbon capture and storage technologies, etc. It is expected to provide energy intensive sectors with policy suggestions for the major technology selection and strategic planning of science and technology in China.

(11) Simulating the green transition policies on China's energy intensive sectors. From the perspective of the overall economy, the socio-economic impacts of important transition measures in the power, transportation, and chemical sectors are discussed and compared. The study found that with the orderly deregulation of electricity price, the national carbon emission reduction gradually increases and the emission reduction efficiency is improved under the same emission reduction target in the power sector. The marginal abatement cost of electricity sector and of China is gradually reduced with the deregulation of electricity price. The emission reduction effect of electric vehicles is directly dependent on the electricity mix. Improving electricity cleanliness or keeping subsidy shows little effect on market penetration, while increasing consumers' preference will promote the market penetration of electric vehicles in a long time. The application of CCS technology is more obvious for China's carbon emission reduction, but it will also bring economic losses. The chemical industry can reduce carbon emissions under the three adjustment schemes of increasing export tariffs, eliminating export tax rebates, and reducing import tariffs, but it cannot achieve the carbon intensity target of the chemical industry. At the same time, reducing import tariffs has the greatest impact on the economy, while the elimination of export tax rebates has the least impact. Increasing export tariffs have the greatest impact on various subsectors of chemical industry. Furthermore, under each adjustment plan, attention should be paid to petrochemical sector. Carbon tax could achieve obvious mitigation but lead to GDP loss.

In retrospect, new changes have taken place in the global political and economic development, such as deterioration of international trade conditions, reduction of OPEC production, relief of crude oil exports restriction and withdraw from the 'Paris Agreement' of the US government, various timetables for prohibiting sales of fuel vehicles, the acceleration of world's energy demand growth, rapid development of renewable energy, and the energy cooperation from the 'One Belt One Road'. China has made important progression on energy

conservation and emission reduction, as the proportion of coal consumption has continued to decline, the proportion of renewable power generation has continued to rise, and the '4045' energy intensity target will be achieved ahead of schedule.

Looking ahead, the world economy will move forward along with turbulence. Political conflicts may increase, and the pattern of energy trade will continue to change. China's social economy has entered a new era, and the economy has shifted from a high-speed growth stage to a high-quality development stage. A high-quality economy requires more high-value-added products and services, as well as phasing out backward capacity, which is both a major opportunity and a major challenge for the green transition of energy intensive sectors.

缩写和缩略语

简称	英文名称	中文名称
APU	Auxiliary power unit	飞机发动机辅助动力装置
ANP	Analytic network progress	网络分析法
AUS	Commonwealth of Australia	澳大利亚
BAU	Business as usual	基准情景
BCSA	Belite calcium sulpho aluminate	贝利特硫铝酸钙
BF	Blast furnace	高炉
BOF	Basic oxygen furnace	转炉
BP	British petroleum	英国石油公司
BRA	Federative Republic of Brazil	巴西
CACS	Carbonation of calcium silicates	碳化硅酸钙
CAN	Canada	加拿大
CCS	Carbon capture and storage	碳补集与封存技术
CEC	China electricity council	中国电力企业联合会
CFB	Circulating fluid bed technology	循环流化床燃煤发电技术
CHN	People's Republic of China	中国
CNREC	China National Renewable Energy Center	国家可再生能源中心
CS	Comprehensive scenario	综合情景
CSA	Calcium sulpho aluminate	硫铝酸钙
DC	Electricity demand control	电力需求控制
DCS	Distributed control system	分布式控制系统
DEA	Data envelopment analysis	数据包络分析
DEU	Federal Republic of Germany	德国
DRI	Direct reduced iron	直接还原铁
DWQ	Drinking water quality	饮用水质量
EAF	Electric arc furnace	电弧炉/电炉
ECO-GDI-DP	Economic-green development index-dynamic progress	经济绿色发展动态进步指数
ECO-GDI-SL	Economic-green development index-static level	经济绿色发展静态水平指数
EIA	Energy Information Administration	美国能源信息署
EMR	Electricity market reform	电力市场化改革
ENS	Enhanced scenario	强化情景
ENV-GDI-DP	Environmental-green development index-dynamic progress	环境绿色发展动态进步指数
ENV-GDI-SL	Environmental-green development index-static level	环境绿色发展静态水平指数
EPI	Environmental performance index	环境绩效指数

续表

简称	英文名称	中文名称
ERE	Environmental risk exposure	环境风险
ERI	Energy Research Institute National Development and Reform Commission	国家发改委能源研究所
ERP	Enterprise resource planning	企业资源规划
ESP	Endless strip production	无头轧制技术
EWEA	European Wind Energy Association	欧洲风能协会
FRA	French Republic	法国
GBR	United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland	英国
GDI	Green development index	绿色发展指数
GDI-DP	Green development index-dynamic progress	绿色发展动态进步指数
GDI-SL	Green development index-static level	绿色发展静态水平指数
GDP	Gross domestic product	国内生产总值
GDPPC	GDP per capita	人均 GDP
GEP	Green economic progress	绿色经济进步
HD	High electricity demand	较高电力需求
HDI	Human development index	人类发展指数
EHR	Excess heat recovery	余热回收
HSD	High-speed decrease scenario	高速情景
IEA	International Energy Agency	国际能源署
IENPC	Industrial energy use per capita	人均工业能源消费
HIS	Information Handling Services, Inc.	信息处理服务有限公司
IGCC	Integrated gasification combined cycle technology	整体煤气化联合循环发电系统
IND	Republic of India	印度
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	联合国气候变化政府间专家委员会
IRENA	International Renewable Energy Agency	国际可再生能源署
ITA	Italian Republic	意大利
IVAPE	Industrial value added per worker	工业全员劳动生产率
JPN	Japan	日本
KOR	Republic of Korea	韩国
LCOE	Levelized cost of electricity	加权平准发电成本
LD	Low electricity demand	较低电力需求
LSD	Low-speed decrease scenario	低速情景
MBCO ₂ PC	CO ₂ emissions from manufacturing and construction Per capita	人均制造业和建筑业 CO ₂ 排放
MD	Medium electricity demand	中等电力需求
MSD	Medium-speed decrease scenario	中速情景
MIIT	Ministry of Industry and Information Technology	国家工业和信息化部
NP	Nuclear power technology	核电技术
NDRC	National Development and Reform Commission	国家发改委

续表

简称	英文名称	中文名称
NEA	National Energy Administration	国家能源局
OPEC	Organization of Petroleum Exporting Countries	石油输出国组织
PCDD/Fs	Poly-o-chlorinated dibenzodioxin and Poly-o-chlorinated dibenzofuran	二噁英
PRIS	Power reactor information system	动力反应堆信息系统
RDF	Refuse derived fuel	垃圾衍生燃料
RED	Renewable energy development scenario	推广可再生能源情景
RUS	Russian Federation	俄罗斯
SC	The State Council of the People's Republic of China	国务院
SC300	Supercritical coal technology of 300MW	300MW 级超临界燃煤发电技术
SC600	Supercritical coal technology of 600MW	600MW 级超临界燃煤发电技术
SDG	Sustainable development goals	联合国可持续发展目标
SGP	Republic of Singapore	新加坡
SIEMP	Share of industry in total employment	工业就业人数占比
SIGDP	Share of industry in GDP	工业增加值占比
SNA	System of national accounts	国民经济核算体系
SOC-GDI-DP	Social-green development index-dynamic progress	社会绿色发展动态进步指数
SOC-GDI-SL	Social-green development index-static level	社会绿色发展静态水平指数
SRI	Smelting reduced iron	熔融还原铁
SWE	Kingdom of Sweden	瑞典
SUBC300	Subcritical coal technology of 300MW	300MW 级亚临界燃煤发电技术
SUBC600	Subcritical coal technology of 600MW	600MW 级亚临界燃煤发电技术
TEQ	Toxic equivalent quantity	毒性当量
TSP	Total suspended particulate	总悬浮颗粒物
UNCSC	United States Convention Conference on Sustainable Development	联合国可持续发展委员会
UNDP	United Nations Development Program	联合国开发计划署
UNEMR	Unemployment rate	失业率
USA	United States of America	美国
USC600	Ultra-supercritical coal technology of 600MW	600MW 级超超临界燃煤发电技术
USC1000	Ultra-supercritical coal technology of 1000MW	1000MW 级超超临界燃煤发电技术
USDOE	The United States Department of Energy	美国能源部
WB	World Bank	世界银行
WCED	World Commission on Environment and Development	世界环境发展委员会
WSA	World Steel Association	世界钢铁协会
ZAF	Republic of South Africa	南非

目 录

前言

缩写和缩略语

第 1 章 世界与中国能源发展概况	1
1.1 世界能源发展态势	2
1.1.1 能源消费增速总体放缓，增量主要来自新兴经济体	2
1.1.2 化石能源储采比未见明显下降，价格未现长期上涨趋势	3
1.1.3 化石能源主导地位不变，可再生能源发展迅速	5
1.1.4 世界油气消费东移，亚太成贸易活跃区	7
1.1.5 能源强度呈下降趋势，各国降幅差异显著	8
1.1.6 碳排放量持续攀升，但碳强度呈下降趋势	10
1.2 世界用能部门发展现状	10
1.2.1 工业用能快速增长，钢铁成工业部门最大能耗行业	10
1.2.2 交通用能占比约 30%，公路交通占交通能耗比例最大	11
1.2.3 建筑用能已超工业和交通，居民建筑占建筑能耗的 70%	12
1.2.4 发电结构以燃煤为主，电力是最大碳排放部门	12
1.3 世界能源新变化和新特点	14
1.3.1 原油市场基本面得到改善，市场呈复苏态势	14
1.3.2 全球能源并购复苏，各地区呈差异化发展	15
1.3.3 可再生发电成本显著下降，投资前景广阔	16
1.3.4 燃油车开始受到挑战，新能源汽车加快交通能源转型	18
1.3.5 《巴黎协定》不确定性增大，应对气候变化任重道远	19
1.4 中国能源发展概况	19
1.4.1 经济与能源消费增速放缓，煤炭消费比重下降	19
1.4.2 清洁能源发电比重增加，可再生能源装机份额提升	21
1.4.3 碳排放总量大，制造业排放占比过半	22
1.4.4 能源进口量持续增长，全球贸易份额比重下降	23
1.4.5 能源流向结构与发达国家显著不同，工业用能占比高	25
1.5 中国能源发展新变化与新格局	26
1.5.1 “4045”碳强度目标提前实现，主动减排格局形成	26
1.5.2 北方地区大力推进清洁取暖行动	27
1.5.3 促进乡村振兴战略与低碳发展战略高度融合迫在眉睫	28
1.5.4 全国碳排放交易体系正式启动	29
1.5.5 原油期货交易助推人民币国际化和对外开放	31

1.5.6	新能源汽车发展迅猛	31
第 2 章	中国能源密集型部门绿色转型的机遇和挑战	33
2.1	能源密集型部门绿色转型的迫切需要	34
2.1.1	绿色发展要求促进“绿色经济”转型	34
2.1.2	技术进步促使节能减排稳步推进	36
2.1.3	我国能源密集型部门能效不及国际水平	39
2.2	国内能源消费与行业产值预测	43
2.2.1	全国 GDP 总量将稳步增长, 2035 年前增长势头良好	43
2.2.2	能源消费总量预计满足“十三五”规划, 未超 50 亿吨标准煤	44
2.2.3	能源密集型部门增加值上升, 2030 年行业增加值将近 25 万亿	44
2.3	能源密集型部门绿色转型的机遇	45
2.3.1	全球经济带动行业变革, “一带一路”带来新契机	45
2.3.2	供给侧改革带来变革机遇, “中国制造 2025”推动产业结构转型	46
2.3.3	技术进步推动行业高能化, 智能化趋势已在制造业凸显	46
2.3.4	绿色发展理念推动低碳转型, 智慧建筑成为建筑业新趋势	47
2.3.5	新兴能源密集型部门逐渐产生, 信息时代诞生能源密集型新产业	47
2.4	能源密集型部门绿色转型的挑战	48
2.4.1	生态文明建设提出新要求, 替代产业规模化发展需未雨绸缪	48
2.4.2	消费结构升级拉动制造业需求, 终端电力消费量将显著增加	48
2.4.3	贸易保护主义抬头, 能源密集型部门发展受限	49
2.4.4	欧洲地缘政治影响出口, 新兴经济体竞争带来新挑战	49
2.4.5	人工智能发展影响能源密集型部门, 电力行业需加速智能化发展	50
2.5	本章小结	50
第 3 章	能源密集型部门绿色发展水平评估	52
3.1	能源密集型部门绿色发展现状	53
3.1.1	能源密集型部门绿色发展与可持续发展	53
3.1.2	能源密集型部门绿色发展符合国家政策需求	53
3.2	中国能源密集型部门绿色发展评估	54
3.2.1	能源密集型部门绿色发展评估概述	54
3.2.2	能源密集型部门绿色发展评估指标	55
3.2.3	能源密集型部门绿色发展评估方法	57
3.3	中国能源密集型部门绿色发展水平与定位	59
3.3.1	绿色发展静态水平相对较好, 但与世界最先进水平仍有差距	60
3.3.2	绿色发展动态进步情况不容乐观, 环境状况亟待改善	61
3.4	中国代表性能源密集型部门绿色发展评价	64
3.4.1	电力行业绿色转型迅速, 存在进一步的改进空间	64
3.4.2	钢铁行业绿色转型快速, 仍有一定的发展空间	66
3.4.3	水泥行业绿色转型平稳, 转型速度比较缓慢	68

3.4.4 化工行业绿色转型较快, 与国际先进水平差距明显	69
3.4.5 交通部门绿色转型艰难, 转型过程易出现停滞甚至反弹	71
3.5 本章小结	72
第4章 社会经济绿色转型对能源密集型产品和服务的需求	75
4.1 中国社会经济发展图景	76
4.1.1 人口总量及年龄结构	76
4.1.2 城镇化水平	78
4.1.3 经济总量、产业结构及经济发展驱动因素	80
4.1.4 建筑规模	83
4.1.5 交通基础设施规模	84
4.2 社会经济绿色转型驱动中国电力需求增速放缓	85
4.2.1 电力需求目前处于快速上涨阶段	85
4.2.2 多重因素影响未来电力需求变动趋势	86
4.2.3 未来电力需求将持续增加并在 2040 年饱和	90
4.3 社会经济绿色转型对钢铁需求的变化影响显著	93
4.3.1 社会经济模式影响钢铁存量	93
4.3.2 钢铁需求有望于 2020 年前达到峰值	94
4.3.3 未来十年内钢铁需求将持续下降	100
4.4 社会经济绿色转型推动水泥产量下降	102
4.4.1 人均水泥产量长期居高	102
4.4.2 住房规模及公路建设影响水泥产量	103
4.4.3 水泥产量已达峰	106
4.5 社会经济绿色转型将推动化工产品产量和结构变化	108
4.5.1 化工产品产量与经济增长强相关	108
4.5.2 高端化工产品需求增速将超传统产品	110
4.6 社会经济绿色转型影响客运交通需求	111
4.6.1 城市客运交通出行需求持续增长	111
4.6.2 城际客运保持稳步增长态势	115
4.6.3 民航客运增长势头强劲	117
4.6.4 低碳城市交通迎来新机遇	120
4.7 本章小结	121
第5章 中国电力行业绿色转型的路径选择和潜力评估	127
5.1 电力行业绿色发展现状	128
5.1.1 装机容量稳步增长, 电源结构有待优化	128
5.1.2 供电煤耗持续下降, 排放强度仍然较高	130
5.1.3 发电技术不断提升, 清洁低碳成为发展核心	134
5.2 推广先进技术提高发电效率	136
5.2.1 加速淘汰落后技术, 提高新建机组准入门槛	137