

产业生态工程丛书

CHANYE SHENGTAI GONGCHENG CONGSHU

SHENGWUZHI NENG

CHANYE SHENGTAI GONGCHENG

生物质能 产业生态工程

钦 佩 李 刚 张焕仕 编著



化学工业出版社

产业生态工程丛书

CHANYE SHENGTAI GONGCHENG CONGSHU

SHENGWUZHI NENG

CHANYE SHENGTAI GONGCHENG

生物质能 产业生态工程

钦 佩 李 刚 张焕仕 编著



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书是产业生态工程丛书之一。

全书共分为六章，主要内容包括新能源与生物质能，生物质能的发展走向，生物质能产业生态工程，生物质能产业的原料解决路线与方法，生物质能产业的高值高效路线与方法，盐土生物质能产业生态工程案例。

本书可供生物质能行业的从业者、研究者和管理者阅读使用，也可供能源、化工、环境、生态等学科的师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

生物质能产业生态工程/钦佩, 李刚, 张焕仕编著. —北京:
化学工业出版社, 2011. 8
(产业生态工程丛书)
ISBN 978-7-122-10922-4

I. 生… II. ①钦…②李…③张… III. 生物能源-产业
经济学: 生态经济学 IV. ①F416.2②X196

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 056557 号

责任编辑: 夏叶清
责任校对: 王素芹

文字编辑: 荣世芳
装帧设计: 周 遥

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京云浩印刷有限责任公司

装 订: 三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 11¼ 字数 242 千字 2011 年 8 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 48.00 元

版权所有 违者必究

丛书前言

2009年12月19日，联合国气候变化大会在丹麦哥本哈根闭幕，各国经过艰苦谈判所达成的《哥本哈根协议》具有积极意义。大多数国家都认识到气候变化问题的严重性，都表示要在应对气候变化问题上承担各自的责任。我国近年来鼓励并重点投资开发包括生物质能在内的新能源，结合生态工程技术，大力开发清洁项目，采取多元化的路径，力争在一段时间内实现减排的承诺，为人类做出应有的贡献。

对于我们这样一个有13亿人口的大国来说，尽量做到资源的最大节约和污染物的资源化利用，已成为我国调整产业结构、建设生态文明的必然追求，在这样的背景下，介绍产业生态工程原理与各种产业生态工程技术的应用是该领域科学家责无旁贷的任务。我们有理由相信，《产业生态工程丛书》的应运而生将对我国在不久的将来“基本形成节约能源资源和保护生态环境的产业结构、增长方式、消费模式”提供科学技术支撑。

新能源的研发是涉及我国国家安全的重要战略举措，生物质能是新能源中的重要类别。然而生物质能的研发触及原料、成本、国家政策等多项瓶颈，发展陷入尴尬境地，某些方向甚至举步维艰。《生物质能产业生态工程》提出一崭新的路线图：运用生态工程技术将生物质能的开发统筹为一个复合生态系统来对待，分层多级消化生物质，提高产品附加值和系统的综合效益，有利于克服发展瓶颈，走出具有中国特色的生物质能产业化的新路。本书重点介绍了生物质能产业化中的生态工程技术，分析了瓶颈和应对措施。

《发酵生态工程》不仅植根于食品工业，而且愈来愈多地应用于污染物的治理和废弃物的资源化利用，有利于我国发展低碳经济 and 建设资源节约型社会。本书从产业生态工程的角度阐述发酵过程的优化控制，发酵副产物的综合利用和资源化技术，在传统发酵工程上延长产业链，提升发酵产业的生命周期和新的生长点，有利于帮助相关产业提升发展水平和综合效益。

我国人口众多，人均水资源占有量仅为世界的1/4。而且，随着经济快速发展，用水量剧增，污水排放量也相应增加，从而导致我国资源性缺水 and 水质性缺水日益加剧，严重制约了我国经济的可持续发展。《污染水体生物治理生态工程》系统介绍了国内外污染水体的生物治理情况和生态修复的各种方法，特别突出地介绍了作者在淡水渔业养殖水体水质改良方面的多年研究实例。这将对我国水体污染治理、养殖水的达标放排起到借鉴作用。

我国水产养殖的规模已经稳居世界第一，运用生态工程技术指导水产养殖已广为水产养殖界所追求。《特种水产养殖生态工程》介绍以食物链网为主要技术路线的综合生态工程技术，指导水产养殖，设计不同的第一生产者、初级消费者、清道夫和终极产品等重要角色，投入不同的养殖模式中，以达到高效、高产和高质的目标。本书所介绍的生态工程技术已在全国许多地区的黄鳝、泥鳅和小龙虾生态养殖中应用并取

得了巨大的经济效益。

由于沿海地区的高强度开发，人为干扰给沿海滩涂系统带来的危害日趋加大。《滩涂产业生态工程》介绍了国际沿海滩涂生态系统的保护、管理及开发的历史和实践；针对我国丰富的滩涂资源及演化的特点，着重介绍了典型滩涂生态系统的生态工程及其相关技术，分析滩涂资源的类型、质量、价值，比较了多种开发模式的特性；探讨了高强度开发下滩涂生态系统保护和利用的关系以及在未来产业发展过程中的可持续性。

有机农业成为农业可持续发展和保障食品质量安全的重要形式，《有机农业技术与有机食品质量》根据作者近 20 年的从业经验，总结和提炼不同种类的有机种植与养殖技术，同时阐述有机食品的质量和人类健康的关系。本书不仅有益于有机农业生产者提高其生产技术水平，也有利于广大消费者了解有机食品的品质，而且有助于决策者全面了解有机农业的环境与社会效益，从而进一步支持和推动我国有机农业产业的发展。

土壤微生物生态工程在生态农业建设、污染土壤生态修复、矿山复垦以及海滨盐土改良等方面起着日益重要的作用。土壤微生物生态工程，主要是通过向土壤中接种微生物功能群物种或改良土壤环境以刺激微生物的生长繁殖，从而改善土壤环境、减少土传病害、降解土壤中的污染物以及加快土壤生态恢复。《土壤微生物生态工程》一书系统介绍了国内外土壤微生物生态工程的基本原理及其在生态农业、环境修复、海滨盐土改良、矿区复垦等方面的作用。

由于缺乏科学的育种、筛选及与之相适宜的栽培技术和管理模式，不能充分发挥品种的产量和品质潜力，严重制约了花卉、苗木、园林、特色农业与生态修复等产业的发展。因此，系统介绍多种经济植物的选育、栽培（包括组织培养）等技术和方法，尤其突出以优质高产为目标，兼顾高效、生态和安全的生态工程模式为案例，是《特种经济植物产业生态工程》一书的特色，将为区域生态建设、生态恢复和发展多种经营提供技术指导。

运用生态工程技术将纺织产业作为一个复合生态系统来对待，分层多级消化生物质，提高产品附加值和系统的综合效益，克服发展瓶颈，走出具有中国特色的纺织工业发展新路。《纺织产业生态工程》系统介绍了国内外纺织产业生态工程发展的现状，重点介绍了纺织产业中的生态工程技术，突出地介绍了纺织产业生态工程领域的许多案例，这将对我国纺织产业的可持续发展提供良好的借鉴。

本丛书的作者都是在生态工程领域富有经验、有所积淀的第一线科技工作者。9 本产业生态工程方面的论著汇集成套，不仅集中介绍了国内外产业生态工程发展的最新进展，阐述了 9 个领域和相关产业的生态工程关键技术，还展现了代表作者科研成果亮点的重要案例，有利于推动我国产业生态工程学科的发展和科技开发，也有助于提升相关产业的科技水平和综合效益。本丛书的成套性是该学科 9 个领域的知识与成果集锦。请读者仔细品读，如果发现其中的瑕疵和遗憾，请不吝赐教，我们将虚心听取您的批评，认真改进。

钦佩

2010 年 12 月 28 日

前 言

2010年4月20日“深海地平线”钻井平台爆炸所导致的生态灾难极大地破坏了美国墨西哥湾的生物多样性和物种栖息环境，造成当地多种经济活动陷入瘫痪和半瘫痪状态。然而，危机导致了转机的出现，美国总统奥巴马总结灾难带来的教训时说：“这场灾难是痛苦的警示，提醒美国人必须过渡到使用清洁能源的时代。虽然这样的转变成本昂贵，但是如果不摆脱矿物燃料，美国在经济、国家安全和环境方面的长期花费，将远远大于向清洁能源转变所需的费用”。美国农业部（USDA）于2010年6月24日公布报告，揭示了美国满足2022年标准生物燃料目标的路线图，需达到总量360亿加仑目标，其中210亿加仑由先进生物燃料提供，将要有160亿加仑来自先进的纤维素生物燃料。

在世界多国加大力度推进生物质能研发的态势下，我国近年来也出台多项法规和国策，鼓励并重点投资开发包括生物质能在内的新能源，采取多元化的路径，力争在一段时间内实现减排的承诺，为人类做出应有的贡献。

然而，生物质能的产业化在国内外推进面临多项瓶颈，尤其在中国国内。这些瓶颈主要体现在原料、土地、成本、技术等方面，严重制约了生物质能的发展速度和产业化规模，甚至打击了开发者的信心和心理预期，为整个产业蒙上了阴影。因此，将生态工程技术运用至生物质能产业是我国发展生物质能的必然追求，而《生物质能产业生态工程》就是在这样的背景下应运而生的。《生物质能产业生态工程》提出了一幅崭新的路线图：运用盐碱地等边际土地和抗逆植物解决大规模原料问题；运用生态工程技术将生物质能的开发统筹为一个复合生态系统来对待，分层多级消化生物质，提高产品附加值和系统的综合效益；有利于克服多个瓶颈，走出具有中国特色的生物质能产业化的新路。

本书共分为六章，主要内容包括新能源与生物质能的概况，国内外生物质能的发展走向，生物质能产业生态工程路线图，生物质能产业的原料解决路线与方法，生物质能产业的高值高效路线与方法，盐土生物质能产业生态工程。本书内容新颖，技术资料丰富，可供我国生物质能行业的从业者、研究者和管理者阅读使用，也可供能源、化工、环境、生态等学科的师生参考。

本书援引了相关著述的宝贵数据，在此对相关作者谨表谢意。此外，研究生王苑参与了本书第六章有关前期基础工作，研究生吴宝镭、王金丽、周建、史传燕为本书的资料整理和校对做了许多有益的工作，在此一并表示感谢。

钦佩

2011年1月26日

目 录

第一章 新能源与生物质能	1
第一节 低碳经济与新能源.....	1
第二节 生物质能	10
一、生物质能	11
二、生物质能源产业	17
三、生物质能源的产业对策	19
第二章 生物质能发展走向	22
第一节 国际生物质能的发展	22
一、世界生物燃料发展基本情况	22
二、世界主要国家生物燃料发展及其动因	23
三、世界主要国家生物燃料发展的政策法规	25
四、对温室气体排放的影响	28
第二节 我国生物质能的发展现状	30
一、我国生物质能发展状况	30
二、我国发展生物质能面临的主要瓶颈	36
第三章 生物质能产业生态工程	39
第一节 生物质能产业化发展特色	39
一、生物质能产业化的可持续性	39
二、生物技术服务于生物质能产业化	43
三、生物质能产业化案例分析	48
第二节 生物质能产业生态工程	51
一、生物质能产业生态工程的定义及相关生态工程技术	51
二、生物质能产业生态工程案例	52
第三节 我国生物质能产业化的新路线图	56
一、不与人争粮、不与粮争地，充分利用边际土地和非粮油植物发展生物 质能	56
二、从我国国情出发，充分利用农业秸秆和林业废弃物发展生物质能	57
三、推进生物质能产业生态工程，发展生物质能	59
四、密切关注“三农”，将生物质能产业做大做强	60
第四章 生物质能产业的原料解决路线与方法	63
第一节 不与人争粮，不与粮争地	63
一、全球“粮食危机”日趋突出	63

二、中国粮食安全与生物质能产业	64
三、我国未利用土地资源介绍	65
四、利用边际土地发展能源植物种植	66
第二节 生物质能产业高抗性物种的筛选	67
一、高抗性草本能源植物介绍	68
二、高抗性木本能源植物介绍	72
第三节 我国生物质能原料的发展布局	75
一、我国能源农业的潜在经济效益	75
二、我国主要能源植物分布格局	76
第五章 生物质能产业的高值高效路线与方法	83
第一节 生物质能生态工程的多环设计	83
一、生产环	83
二、加工环	86
三、增益环	90
第二节 生物质能产业网络化发展	91
一、研究背景	91
二、研究方法	92
三、研究结果	94
四、讨论	99
第三节 生物质能发展中的技术节点	99
一、高光谱遥感技术用于能源植物精准栽培	100
二、物联网技术应用于生物质产业研究	109
三、生物质能转化关键技术	113
第六章 盐土生物质能产业生态工程案例	116
第一节 盐土生物质能产业生态工程设计	116
一、盐土的定义	117
二、江苏省盐土资源及规划背景	117
三、政策依据	118
四、盐土生物质能产业生态工程设计原理	120
五、盐土生物质能产业生态工程设计	125
第二节 盐土生物质能产业生态工程层级与网络	127
一、纵向设计——产业运作模式	127
二、横向设计——产业空间布局	130
三、盐土生物质能产业生态工程的网络化	134
第三节 盐土生物质能产业化中的科技要素	135
一、掌握盐土水盐动态状况	135
二、培育筛选适合海滨盐土的能源物种	135

三、盐土农业精准栽培技术·····	138
四、盐土水肥盐调控技术·····	139
五、海滨锦葵综合利用方法·····	140
六、植物生物质能化学转化技术·····	140
七、蓖麻油脂精炼工艺·····	143
八、蓖麻油制备生物柴油工艺·····	145
九、生物农药·····	147
十、海滨锦葵油制备生物柴油及其性能分析·····	147
十一、生物质固化技术·····	149
十二、秸秆等制备活性炭·····	149
十三、生物质燃料厂外运输·····	150
第四节 盐土生物质能产业生态工程的关键技术·····	152
一、盐土复合菌肥·····	152
二、海滨盐土蓖麻生态种植技术·····	154
三、海滨盐土蓖麻遥感估产模型构建技术·····	158
四、蓖麻饼粕脱毒的技术·····	158
第五节 盐土生物质能产业化中的多元组织体系·····	161
一、生产环节与其他环节的合作·····	161
二、转化与其他环节之间的合作·····	161
三、消费与其他环节之间的合作·····	162
第六节 盐土生物质能产业化综合效益·····	162
一、经济效益·····	162
二、生态效益·····	165
三、社会效益·····	167
参考文献·····	168

第一章 新能源与生物质能

第一节 低碳经济与新能源

“低碳经济”最早见诸于政府文件是在 2003 年的英国能源白皮书《我们能源的未来：创建低碳经济》。作为第一次工业革命的先驱和资源并不丰富的英国，充分意识到了能源安全和气候变化的威胁，按目前的消费模式，预计 2020 年英国 80% 的能源都必须进口。因此，节约能源，控制消费，创建低碳经济，对英国的发展至关重要而且十分迫切。2006 年，前世界银行首席经济学家尼古拉斯·斯特恩做出的《斯特恩报告》指出，全球以每年 1% 的 GDP 作为转型研发投入，可以避免将来每年 5%~20% 的 GDP 损失，呼吁全球向低碳经济转型。2007 年 7 月，美国参议院提出了《低碳经济法案》，表明低碳经济的发展道路有望成为美国未来的重要战略选择。2007 年 12 月 3 日，联合国气候变化大会在印尼巴厘岛举行，15 日正式通过一项决议，决定在 2009 年前就应对气候变化问题新的安排举行谈判，制订了世人关注的应对气候变化的“巴厘岛路线图”。该路线图为 2009 年前应对气候变化谈判的关键议题确立了明确议程，要求发达国家在 2020 年前将温室气体减排 25%~40%。“巴厘岛路线图”为全球进一步迈向低碳经济起到了积极的作用，具有里程碑的意义。

2007 年 7 月，温家宝总理在两天时间里先后主持召开国家应对气候变化及节能减排工作领导小组第一次会议，研究部署应对气候变化工作，组织落实节能减排工作。2007 年 9 月 8 日，中国国家主席胡锦涛在亚太经合组织（APEC）第 15 次领导人会议上，郑重提出了四项建议：“发展低碳经济”、研发和推广“低碳能源技术”、“增加碳汇”、“促进碳吸收技术发展”，令世人瞩目。

2009 年 9 月，胡锦涛主席在联合国气候变化峰会上承诺，“中国将进一步把应对气候变化纳入经济社会发展规划，并继续采取强有力的措施。一是加强节能、提高能效工作，争取到 2020 年单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年有显著下降。二是大力发展可再生能源和核能，争取到 2020 年非化石能源占一次能源消费的比重达到 15% 左右。三是大力增加森林碳汇，争取到 2020 年森林面积比 2005 年增加 4000 万公顷，森林蓄积量比 2005 年增加 13 亿立方米。四是大力发展绿色经济，积极发展低碳经济和循环经济，研发和推广气候友好技术。”

2009 年 12 月哥本哈根世界气候变化大会上温家宝代表中国政府发言指出：“我国正处于工业化、城镇化快速发展的关键阶段，能源结构以煤为主，降低排放存在特殊困难。但是，我们始终把应对气候变化作为重要战略任务。1990~2005 年，单位国内生产总值二氧化碳排放强度下降 46%。在此基础上，我们又提出，到 2020 年单

位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年下降 40%~45%，在如此长时间内这样大规模降低二氧化碳排放，需要付出艰苦卓绝的努力。我们的减排目标将作为约束性指标纳入国民经济和社会发展的中长期规划，保证承诺的执行受到法律和舆论的监督。”

所谓低碳经济，是指在可持续发展理念指导下，通过技术创新、制度创新、产业转型、新能源开发等多种手段，尽可能地减少煤炭石油等高碳能源消耗，减少温室气体排放，达到经济社会发展与生态环境保护双赢的一种经济发展形态。低碳经济的特征是以减少温室气体排放为目标，构筑低能耗、低污染为基础的经济体系，包括低碳能源系统、低碳技术和低碳产业体系。发展低碳经济，一方面是积极承担环境保护责任，完成国家节能降耗指标的要求；另一方面是调整经济结构，提高能源利用效益，发展新兴工业，建设生态文明。这是摒弃以往先污染后治理、先低端后高端、先粗放后集约的发展模式的现实途径，是实现经济发展与资源环境保护双赢的必然选择。

低碳能源系统是指通过发展清洁能源，包括风能、太阳能、核能、地热能和生物质能等替代煤、石油等化石能源以减少二氧化碳排放。低碳技术包括清洁煤技术（IGCC）和二氧化碳捕捉及储存技术（CCS）等。广义的低碳技术除包括对核、水、风、太阳能的开发利用之外，还涵盖生物质能、煤的清洁高效利用、油气资源和煤层气的勘探开发、二氧化碳捕获与埋存等领域开发的有效控制温室气体排放的新技术，它涉及电力、交通、建筑、冶金、化工、石化、汽车等多个产业部门。因而，低碳产业体系包括火电减排、新能源汽车、节能建筑、工业节能与减排、循环经济、资源回收、环保设备、节能材料等，以实现降低重化工业比重，提高现代服务业权重的产业结构调整升级的目标。

“低碳经济”的理想形态是充分发展“阳光经济”、“风能经济”、“氢能经济”、“生态经济”、“生物质能经济”。但现阶段太阳能发电的成本是煤电、水电的 5~10 倍，一些地区风能发电价格高于煤电、水电；作为二次能源的氢能，目前离利用风能、太阳能等清洁能源设定的商业化目标还很远；以大量消耗粮食和油料作物为代价的生物燃料开发，一定程度上引发了粮食、肉类、食用油价格的上涨。从世界范围看，预计到 2030 年太阳能发电也只达到世界电力供应的 10%，而全球已探明的石油、天然气和煤炭储量将分别在今后 40 年、60 年和 100 年左右耗尽。因此，在“碳素燃料文明时代”向“太阳能文明时代”（风能、生物质能都是太阳能的转换形态）过渡的未来几十年里，“低碳经济”、“低碳生活”的重要含义之一就是节约化石能源的消耗，为新能源的普及利用提供时间保障。特别从中国能源结构看，低碳意味着节能，低碳经济就是以低能耗、低污染为基础的经济。2007 年 12 月 26 日，国务院新闻办发表《中国的能源状况与政策》白皮书，着重提出能源多元化发展，并将可再生能源发展正式列为国家能源发展战略的重要组成部分，不再提以煤炭为主。

低碳经济的起点是统计碳源和碳足迹。在一定意义上说，发展低碳经济就能够减少二氧化碳排放量，延缓气候变暖，所以就能够保护我们人类共同的家园。

二氧化碳有三个重要的来源，分别是火电排放、汽车尾气排放和建筑排放。其

中，最主要的碳源是火电排放，占二氧化碳排放总量的 41%；增长最快的则是汽车尾气排放，占排放总量的 25%，特别是在我国汽车销量开始超越美国的情况下，这个问题越来越严重；建筑排放占排放总量的 27%，随着房屋数量的增加而稳定地增加。

当然，中国是近年来节能减排力度最大的国家之一。我们不断完善税收制度，积极推进资源性产品价格改革，加快建立能够充分反映市场供求关系、资源稀缺程度、环境损害成本的价格形成机制。全面实施十大重点节能工程和千家企业节能计划，在工业、交通、建筑等重点领域开展节能行动。深入推进循环经济试点，大力推广节能环保汽车，实施节能产品惠民工程。推动淘汰高耗能、高污染的落后产能，2006～2008 年共淘汰低能效的炼铁产能 6059 万吨、炼钢产能 4347 万吨、水泥产能 1.4 亿吨、焦炭产能 6445 万吨。截至 2009 年上半年，中国单位国内生产总值能耗比 2005 年降低 13%，相当于少排放 8 亿吨二氧化碳。

此外，中国是世界人工造林面积最大的国家。我们持续大规模开展退耕还林和植树造林，大力增加森林碳汇。2003～2008 年，森林面积净增 2054 万公顷，森林蓄积量净增 11.23 亿立方米。目前人工造林面积达 5400 万公顷，居世界第一。

然而，全国 GDP 能耗的总体形势依然严峻。国家统计局、国家发改委、国家能源局 2010 年 7 月发布了 2009 年各省、自治区、直辖市单位国内生产总值（GDP）能耗、单位工业增加值能耗、单位 GDP 电耗的公报（表 1.1）。根据能源消费总量和 GDP 年度统计结果计算，2009 年全国单位 GDP 能耗为 1.077 吨标准煤/万元，降低 3.61%。

根据公报，2009 年我国 GDP 能耗最高的前三位是：宁夏，3.454 吨标准煤/万元；青海，2.689 吨标准煤/万元；山西，2.364 吨标准煤/万元。GDP 能耗最低的前三位是：北京，0.606 吨标准煤/万元；广东，0.684 吨标准煤/万元，上海，0.727 吨标准煤/万元。2009 年单位 GDP 能耗降幅最大的前三位是：甘肃，-6.97%；内蒙古，-6.91%；青海，-6.46%。

根据第二次经济普查结果，2005～2008 年全国单位 GDP 能耗分别修订为 1.276 吨标准煤/万元、1.241 吨标准煤/万元、1.179 吨标准煤/万元、1.118 吨标准煤/万元，2006～2008 年单位 GDP 能耗降低率分别修订为 -2.74%、-5.04%、-5.20%。

中国是世界上能源消耗量最大的国家之一，我们也做出过承诺，要在“十二五”期间完成“单位国内生产总值能耗削减 20%”的目标。在此次数据公布以前，2009 年度中国单位国内生产总值能耗与 2005 年的水平比起来，只下降了 14.38%。更为严峻的是，早前曾有媒体报道称国内节约能源工作出现反复的势头。2010 年第一季度，由于六大能源密集型产业增长迅速，国内单位 GDP 能源强度增长了 3.2%。这一情况对于中国为实现“十二五”降低单位国内生产总值能耗付出的努力，无疑是抵消了一部分。

显然，在实施低碳经济、倡导低碳生活的进程中我们依然面临多方面的挑战。

表 1.1 2009 年各省、自治区、直辖市单位国内生产总值能耗等指标

地区	单位 GDP 能耗		单位工业增加值能耗		单位 GDP 电耗	
	指标值 /(吨标准煤 /万元)	上升或下 降(±) /%	指标值 /(吨标准煤 /万元)	上升或下 降(±) /%	指标值 /(千瓦时 /万元)	上升或下 降(±) /%
北京	0.606	-5.76	0.909	-12.3	681.85	-2.74
天津	0.836	-6.03	0.911	-13.54	782.88	-8.49
河北	1.640	-5.02	2.999	-9.54	1449.94	-2.52
山西	2.364	-5.73	4.550	-8.81	1921.93	-8.50
内蒙古	2.009	-6.91	3.557	-15.10	1686.72	-9.73
辽宁	1.439	-5.08	2.257	-6.95	1119.99	-6.82
吉林	1.209	-6.19	1.621	-8.19	809.13	-8.64
黑龙江	1.214	-5.85	1.382	-9.64	798.67	-7.72
上海	0.727	-6.17	0.957	-5.00	808.49	-6.39
江苏	0.761	-5.17	1.107	-10.17	1064.25	-5.50
浙江	0.741	-5.41	1.123	-4.96	1176.50	-2.33
安徽	1.017	-5.39	2.100	-11.13	1088.76	-1.83
福建	0.811	-3.81	1.150	-2.70	1032.05	-5.87
江西	0.880	-4.54	1.674	-10.13	922.46	-1.52
山东	1.072	-5.46	1.543	-9.20	972.49	-3.86
河南	1.156	-6.16	2.708	-11.56	1218.36	-4.79
湖北	1.230	-5.97	2.350	-12.27	1018.45	-5.52
湖南	1.202	-5.10	1.570	-13.68	911.00	-3.05
广东	0.684	-4.27	0.809	-6.94	1002.09	-6.13
广西	1.057	-4.43	2.235	-6.68	1279.87	-2.00
海南	0.850	-2.81	2.613	-4.53	922.89	-2.61
重庆	1.181	-5.50	1.854	-11.95	894.27	-4.69
四川	1.338	-5.83	2.249	-9.18	1085.91	-4.66
贵州	2.348	-4.12	4.320	-0.03	2328.02	-0.83
云南	1.495	-4.60	2.739	-3.78	1591.10	-4.16
陕西	1.172	-4.56	1.367	-5.82	1078.51	-7.98
甘肃	1.864	-6.97	3.530	-12.84	2398.81	-5.55
青海	2.689	-6.46	2.936	-9.46	3862.12	-2.24
宁夏	3.454	-6.26	6.509	-8.71	4720.74	-5.90
新疆	1.934	-1.53	3.095	-1.72	1408.20	-5.73

注：1. 据第二次经济普查结果，2005～2008 年全国单位 GDP 能耗分别修订为 1.276 吨标准煤/万元、1.241 吨标准煤/万元、1.179 吨标准煤/万元、1.118 吨标准煤/万元，2006～2008 年全国单位 GDP 能耗降低率分别修订为-2.74%、-5.04%、-5.20%。

2. 西藏自治区数据暂缺。

① 工业化、城市化、现代化加快推进的中国，正处在能源需求快速增长阶段，大规模基础设施建设不可能停止；长期贫穷落后的中国，以全面小康为追求，致力于改善和提高 13 亿人民的生活水平和生活质量，带来能源消费的持续增长。“高碳”特征突出的“发展排放”成为中国可持续发展的一大制约。怎样既确保人民生活水平不断提升，又不重复西方发达国家以牺牲环境为代价谋发展的老路，是中国必须面对的难题。

② “富煤、少气、缺油”的资源条件，决定了中国能源结构以煤为主，低碳能源资源的选择有限。电力中，水电占比只有 20% 左右，火电占比达 77% 以上，“高碳”

占绝对的统治地位。据计算，每燃烧一吨煤炭会产生 4.12t 的二氧化碳气体，比燃烧石油和天然气每吨多 30% 和 70%，而据估算，未来 20 年中国能源部门电力投资将达 1.8 万亿美元。火电的大规模发展对环境的威胁不可忽视。

③ 中国经济的主体是第二产业，这决定了能源消费的主要部门是工业，而工业生产技术水平落后，又加重了中国经济的高碳特征。资料显示，1993~2005 年，中国工业能源消费年均增长 5.8%，工业能源消费占能源消费总量约 70%。采掘、钢铁、建材水泥、电力等高耗能工业行业，2005 年能源消费量占了工业能源消费的 64.4%。调整经济结构，提升工业生产技术和能源利用水平，是一个重大课题。

④ 作为发展中国家，中国经济由“高碳”向“低碳”转变的最大制约是整体科技水平落后，技术研发能力有限。尽管《联合国气候变化框架公约》规定，发达国家有义务向发展中国家提供技术转让，但实际情况与之相去甚远，中国不得不主要依靠商业渠道引进。据估计，以 2006 年的 GDP 计算，中国由高碳经济向低碳经济转变，年需资金 250 亿美元。这样一个巨额投入，显然是尚不富裕的发展中中国的沉重负担。

“千里之行，始于足下”。转向低碳经济，我们要从倡导节约能源的低碳生活方式做起。

1. 力戒大量消耗能源、大量排放温室气体的生活方式

2010 年第一季度全国车市销量增长最快的是豪华车，其中高档大排量的宝马进口车同比增长 82% 以上，大排量的多功能运动车 SUV 同比增长 48.8%。与此相对照，不少发达国家都愿意使用小型汽车、小排量汽车。提倡低碳生活方式，并不一概反对小汽车进入家庭，而是提倡有节制地使用私家车。日本私家车普及率达 80%，但出行并不完全依赖私家车。在东京地区私家车一般年行使 3000~5000km，而上海私家车一般年行使 1.8 万公里。此外一些人无节制地使用私家车成了炫耀型消费生活的嗜好。有些城市的中小学校门口，接送孩子的上百辆私家车将周围道路堵得水泄不通。由于人们将“现代化生活方式”含义片面理解为“更多地享受电气化、自动化提供的舒适”，导致了日常生活越来越依赖于高能耗的动力技术系统，如夏季穿着外套在 20℃ 空调房工作或生活，几百米的短程或几层楼的阶梯，都要靠机动车和电梯代步等。

2. 大力倡导以低碳饮食为主导的科学平衡膳食

低碳饮食就是倡导低碳水化合物和适度的蛋白质和脂肪的摄入量。长期以来我国国民的日常饮食是以大米小麦等粮食作物为主的饮食结构，菜肴方面也是以多样化的素食为主，大致属于低碳饮食。而低碳饮食可以控制人体血糖的剧烈变化，从而提高人体的抗氧化能力，抑制自由基的产生，长期还会有保持体型、强健体魄、预防疾病、减缓衰老等益处。但由于国民的生活水平的提高，一些人摒弃传统饮食文化，一味追求美味佳肴，选择高蛋白、高热量食品进行日常消费，肥胖发病率也随之升高。而城市中一些减肥群体又选择在耗费电力的人工环境，如空调健身房、电动跑步机上进行瘦身消费，其环境代价也是增排温室气体。因此，低碳饮食就是健康饮食，特别在年青人中倡导低碳饮食是“一石二鸟”之策，既通过改变人们的饮食习惯和生活方

式，从多方面节约了能源，而且由于科学合理进餐，还有利于提高国民的健康水平。

3. 改变以高耗能源为代价的“便利消费”模式

“便利”是现代商业营销和消费生活中流行的价值观。不少便利消费方式在人们不经意中浪费着巨大的能源。比如，据制冷技术专家估算，超市电耗 70% 用于冷柜，而敞开式冷柜电耗比玻璃门冰柜高出 20%。由此推算，一家中型超市敞开式冷柜一年多耗约 4.8 万度电，相当于多耗约 19t 标准煤，多排放约 48t CO₂，多耗约 19 万升净水。上海约有大中型超市近 800 家，超市便利店 6000 家。如果大中型超市普遍采用玻璃门冰柜，顾客购物时只需举手之劳，一年可节约电约 4521 万度，相当于节省约 1.8 万吨标准煤，减排约 4.5 万吨二氧化碳。“一次性”用品的消费嗜好当然也须扭转。无节制地使用塑料袋，是多年来人们盛行便利消费最典型的嗜好之一。2008 年 6 月 1 日全国开始实施“限塑令”。“限塑”的意义不仅在于遏制白色污染，其实“限塑”的意义还在于节约塑料的来源——石油资源，减排二氧化碳。这是一种“关联型”节能环保意识。据中国科技部《全民节能减排手册》计算，全国减少 10% 的塑料袋，可节省生产塑料袋的能耗约 1.2 万吨标煤，减排 31 万吨二氧化碳。关联型环保意识不仅能引导公众明白“限塑就是节油节能”，也引导公众觉悟到“节水也是节能”（即节约城市制水、供水的电能耗），觉悟到改变使用“一次性”用品的消费嗜好与节能、减少碳排放、应对气候变化的关系。

在哥本哈根，中国向世界承诺：到 2020 年，单位 GDP 的碳排放下降 40%~45%，这激起了许多中国公众想从自家开始减少碳排放的热情，这个着眼点是非常正确的。国家发改委能源研究所的一项研究指出：目前中国居民生活的能耗（含衣、食、用、服务、行、住六项）占全国能源消费总量的 40% 以上，其中，生活能耗的一半是“住”（包括炊事、采暖、家电、照明）产生的直接能耗，另一半是“衣、食、用、服务、行”中各种消费品或服务产生的间接能耗。此项研究建议，推动和引导居民生活方式的转变，对节能减排能起到事半功倍的效果。而最能让公众有兴趣做的事情，就是减少自家生活中直接能耗所带来的“碳排放”。家庭直接能耗产生的“碳排放”由四部分构成：用电量、用水量、用气量、耗油量。方便的计算公式是，将用量与相应的二氧化碳排放强度系数相乘。在杭州科协提供给居民的《低碳生活指导手册》中，计算公式和强度系数如下。

用电的碳排放：度数×0.785（kg）

用水的碳排放：吨数×0.91（kg）

用气的碳排放：立方米数×0.19（kg）

耗油的碳排放：升数×2.7（kg）

利用以上公式，一位志愿者计算了自家的碳排放，结果令人惊喜——虽拥有一切必备的电器，却已过上了现代化的低碳生活。住房面积 110m²，常住人口 2 人，每月生活的平均用电量 50 度（600 度/年），用水量 6t（72t/年），用天然气量 7m³（84m³/年）。冬季使用燃气循环式锅炉自供暖气时，在 4 个月的采暖期，暖气设备总用电量约 360 度，用水量约 8t，用气量约 600m³。因是无车族，家中的直接能耗只有

生活与采暖消耗的电（960度/年）、水（80t/年）、气（684m³/年）3项，按照以上公式，算得一年的二氧化碳排放量为956kg，即0.96t。与目前中国每户家庭因直接能耗所排放的二氧化碳量年均均为2.7t的数据相比，该位志愿者家减少了64%。

在中国，每年的能源消费总量都发布在《中华人民共和国国民经济和社会发展统计公报》中，比如，2008年“全年能源消费总量为28.5亿吨标准煤”。标准煤亦称煤当量。1t标准煤的能量，约为0.7t纯碳充分燃烧释放的热量。而1t碳在氧气中燃烧后能产生大约3.7t二氧化碳，0.7t乘以3.7得出：消耗1t标准煤的能源，排放的二氧化碳量为2.6t。任何普通人，只要记住“2.6”这个简单数字，就能从国家公布的统计报告中估算出中国全年的二氧化碳排放量。以2008年为例，全年能源总消费量为28.5亿吨标准煤，其中3亿吨来自传统生物质能源（非化石燃料），2.5亿吨来自可再生能源，实际消费的化石燃料能源量为23亿吨标准煤。23亿吨乘以2.6得出二氧化碳排放量为59.8亿吨。根据当年的统计公报，中国人口为132802万人，由此计算出，2008年中国人均二氧化碳排放量为4.5t，这与国内外学术界认可的数字十分吻合。

长期以来，我国不少地区一直单纯强调GDP的增长，如今减排目标公布后，这种局面就需要在短时间内得到有效控制，由此也需要新能源行业更快地发展与成熟。

中国是新能源和可再生能源增长速度最快的国家之一。我们在保护生态的基础上，有序发展水电，积极发展核电，鼓励支持农村、边远地区和条件适宜地区大力发展生物质能、太阳能、地热、风能等新型可再生能源。2005~2008年，可再生能源增长51%，年均增长14.7%。2008年可再生能源利用量达到2.5亿吨标准煤。农村有3050万户用上沼气，相当于少排放二氧化碳4900多万吨。水电装机容量、核电在建规模、太阳能热水器集热面积和光伏发电容量均居世界第一位（表1.2，图1.1）。

表 1.2 国际能源组织（IEA）统计的能源消费结构表

国家	能源种类	过去/%		未来/%	
		1972	1980	2000	2020
美国、加拿大	石油	45	44	33	19
	煤	17	21	31	45
	天然气	30	25	17	11
	核电	1	4	9	16
	水力及其他	6	6	9	9
西欧国家	石油	60	53	40	30
	煤	22	22	21	21
	天然气	10	14	14	11
	核电	1	4	15	29
	水力及其他	7	7	9	9
日本、澳大利亚	石油	70	61	41	29
	煤	21	21	27	28
	天然气	2	6	12	11
	核电	1	4	13	24
	水力及其他	7	7	7	7

注：数据来源：国务院发展研究中心，2010。

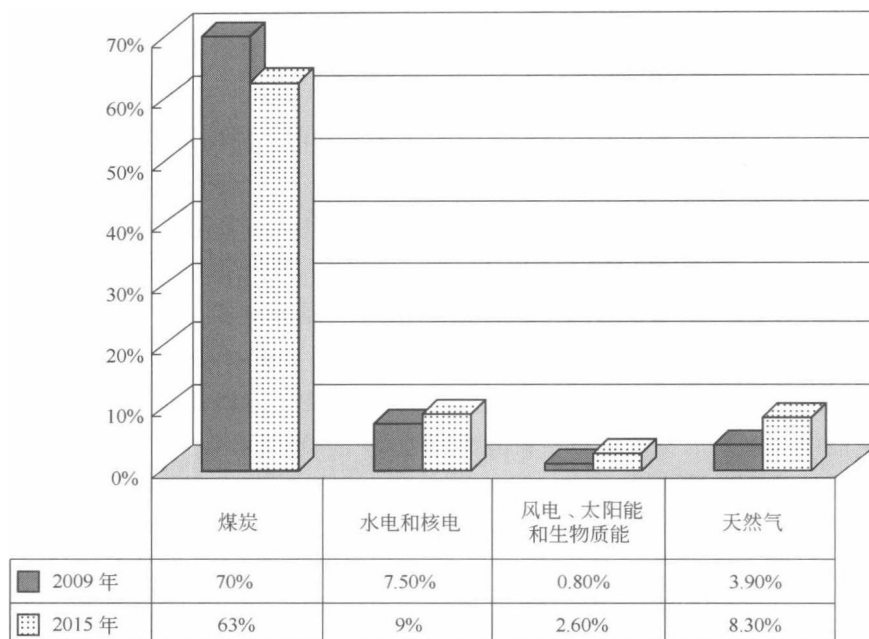


图 1.1 未来五年中国能源结构变化表

注：数据来源：国家能源局，2010。

根据国家能源局 2010 年 7 月发布的“十二五”能源规划有关内容（图 1.1），到 2015 年，来自天然气、水电与核能以及其他非化石能源（主要是风能）的电力消费比重将从目前的 3.9%/7.5%/0.8% 上升到 8.3%/9%/2.6%。而与此同时，到“十二五”末，煤炭在一次能源消费中的比重将从 2009 年的 70% 从上下下降到 63% 左右。为实现非化石能源到 2020 年达到 15% 的目标，我国将重点发展三类非化石能源，即核电、水电、非水能的其他非化石能源，包括风能、太阳能、生物质能。据测算，届时，核电规模至少达到 7500 万千瓦以上，水电装机规模至少达到 3 亿千瓦以上，其他生物质能的利用规模达到 2.4 亿吨标准煤以上。

现在国家正在制定新能源行业的振兴规划。规划将全面提升和发展新能源行业，包括创新能力、产业应用。中国已经形成了比较完整的风电、太阳能产业链，形成了产业的群体。比如，光伏电池从最前端的硅材料，到生产多晶硅的原料，到铸锭、切片，生产电池，到生产组件，到建立电站，有完整的产业群，在政府宏观政策推动和市场机制的导向下，我们的基础力量已经开始形成了。

但是，与此相对应，传统行业的既有发展模式将遭到严峻挑战。除了传统的钢铁、水泥、电力、铝业等排放大户外，航空业也将可能遭受挑战。鉴于全球航空业每年大约排放 6.5 亿吨二氧化碳的现实，欧盟已经做出规定，在 2012 年以前，所有进军欧盟市场的全球 2000 多家航空公司都必须承担减排责任。这意味着包括国航、东航、南航在内的 11 家拥有欧洲航线的国内航空公司都将付出巨额成本。

因此，我们需要打造新的低碳产业链来解决这一问题，目前我国产业链的价值分