

2010

中国低碳发展报告

ANNUAL REVIEW OF LOW-CARBON
DEVELOPMENT IN CHINA: 2010

清华大学气候政策研究中心

齐 晔 主编



科学出版社

2010

中国低碳发展报告

清华大学气候政策研究中心

齐 晔 主编

ANNUAL REVIEW OF LOW-CARBON DEVELOPMENT IN CHINA: 2010

科学出版社

北京

内 容 简 介

本报告归纳了中国低碳发展的绩效,评估了与低碳发展相关的政策和措施,分析了政策效应的制度背景和作用机制,为进一步的政策制定、优化和实施提供支持。作为系列年度报告的第一本,本报告概括了“十一五”以来中国低碳发展的总体成就和挑战,以及在技术、结构、政策和体制方面的创新,对企业的响应和低碳融资等问题进行了初步分析;对能源、制造业、建筑、交通运输、农林业等主要部门的低碳发展绩效、政策和制度进行了较为详细的分析;收录了低碳发展规划案例;计算了低碳发展的指标。

本报告可供低碳发展政策的研究、决策和实施者参考。

图书在版编目(CIP)数据

2010 中国低碳发展报告 / 齐晔主编. —北京: 科学出版社, 2011

ISBN 978-7-03-030167-3

I. 2… II. 齐… III. 二氧化碳-排气-研究报告-中国 IV. X511

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 016159 号

责任编辑: 李 敏 张 菊 / 责任校对: 刘小梅

责任印制: 钱玉芬 / 封面设计: 王 浩

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>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011 年 2 月第 一 版 开本: 787 × 1092 1/16

2011 年 2 月第一次印刷 印张: 25 1/2 插页: 2

印数: 1—3 000 字数: 600 000

定价: 80.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)



在全球应对气候变化的日益紧迫形势的推动下，世界范围内正在经历一场经济和社会发展方式的根本性变革，发展低碳经济已成为世界潮流。其核心内涵是在保障经济社会持续发展的前提下，以低能源消费、低 CO₂ 排放和低环境污染，达到较高的自然资源生产率和碳生产率，实现较高的经济社会发展水平与较高的生活水平和质量。其相关对策是发展低碳能源技术，提高能源效率，改善能源结构，转变经济增长方式，建立低碳经济发展模式和低碳社会消费模式，并将其作为协调经济发展与保护气候变化之间关系的根本途径。

我国的基本国情和发展阶段的特征，使我国在应对气候变化领域面临比发达国家更严峻的挑战，任务艰巨。我国当前处于工业化、城市化快速发展阶段，在节约能源、提高能源效率方面已作出了巨大努力，节能减排力度世界最大。但由于 GDP 较快增长，能源消费和 CO₂ 排放总量大、增长快的趋势短期内难以改变。1990 ~ 2009 年，我国单位 GDP 的 CO₂ 排放强度下降了 55%，下降速度为世界罕见。但同期 GDP 增长 6.6 倍，CO₂ 排放总量也增长 3.0 倍，成为世界第一排放大国。1990 年我国人均 CO₂ 排放量约为世界平均水平的一半，目前已超过世界平均水平。从 2005 年到 2009 年，单位 GDP 能源强度下降了 15.6%，但能源消费总量也增长了 30%。控制能源需求和 CO₂ 排放总量的上升幅度仍是艰巨任务。

刚刚闭幕的坎昆气候大会，重申了全球控制温度升高不超过 2℃ 的目标，世界各国都将面临排放空间不足的挑战，碳排放空间的限制也将越来越成为我国现代化进程中的严重制约因素。因此，必须实现发展方式的根本性转变。温家宝总理在 2010 年全国人民代表大会政府工作报告中提出，要努力建设以低碳排放为特征的产业体系和消费方式，这阐明了我国在可持续发展框架下应对气候变化、减缓碳排放的基本战略思路。发展绿色经济、实现低碳发展是我国实现经济社会与资源环境相协调，在可持续发展框架下应对气候变化的根本性战略选择。其关键衡量指标就是较大幅度地降低 GDP 的 CO₂ 强度。我国在 2009 年底哥本哈根大会前提出到 2020 年 GDP 的 CO₂ 强度下降 40% ~ 45% 的目标，即是我国统筹国内可持续发展和应对全球气候变化的战略选择。建立以低碳排放为特征的产业体系和消费方式，也是我国实现 2020 年自主减排目标的根本途径。

我国当前大幅度降低单位 GDP 的能源强度和碳强度的主要对策有：用高新技术改造传统产业，加快产业技术升级，提高产品附加值，提高能源转换和利用效率，加大技术节能力度，实现传统产业的低碳发展；大力推进产业结构的战略性调整，促进产业转型，优先发展高新技术产业和现代服务业，大力发展低碳战略性新兴产业，促进结构节能；大力发展新能源和可再生能源，优化能源结构，在保证能源供给的同时，减少 CO₂ 的排放；引导公众的消费行为，转变消费理念，大力发展低碳建筑和低碳交通，探索生态低碳的城市化建设模式，建立低碳社会消费方式。

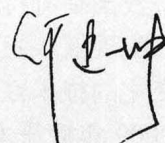
加强技术创新，是实现低碳发展的重要支撑。全球应对气候变化的紧迫形势，对低碳技术需求强劲，推动了低碳技术的创新和产业化发展。主要包括节能和能效技术，如

超低能耗建筑、新能源与电动汽车、余热利用、清洁煤利用技术等；新能源技术，如风电和光伏发电技术、生物燃料、先进核能、氢能技术等；还有 CO₂ 捕集和封存技术 (CCS) 等。大规模的低碳基础设施建设意味着新能源和能效领域大量的新增投资，成为新的经济增长点，低碳技术领域也成为世界科技竞争的前沿和热点，成为世界主要国家战略必争的高新科技领域。掌握低碳核心技术将是一个国家核心竞争力的体现。我国当前在低碳技术研究和产业化发展方面已展现了良好的势头，存在着跨越式发展的机遇。

我国当前经济发展也受到国内资源保障和环境容量的“瓶颈”性制约，发展绿色经济，实现低碳发展，既是我国应对气候变化的根本途径，也是国内可持续发展的内在需求。当前努力建设以低碳排放为特征的产业体系，符合我国节约资源、保护环境的基本国策和建设资源节约型、环境友好型社会的要求，在政策、措施上具有协同效应。当前要把应对气候变化战略与国内可持续发展战略相结合，实现国内可持续发展与保护全球气候的双赢。

走中国特色的低碳发展之路，是一项既紧迫而又需要长期坚持的艰巨任务，需要几代人的艰苦努力。发展理念将决定发展路径，随时间推移，不同发展路径后果的差别会越来越大。因此，要着眼于长远，着手于当前，逐渐把以高排放为特征的资源依赖型发展模式转变到以低碳为特征的技术创新型发展模式上来。中国的现代化建设已不可能再沿袭发达国家以高的资源消费和高碳排放为支撑的发展道路，必须实现跨越式发展，在完成工业文明建设的过程中，同时向以低碳为特征的生态文明迈进，必须走出一条新型的低碳发展路径，这在世界发达国家的发展历史上尚无前例，需要我国努力探索和开创。

《中国低碳发展报告》对我国积极应对气候变化，实现绿色、低碳发展的政策措施与实施情况进行了归纳和评述，以期与社会各界共同探索中国实现绿色、低碳和可持续发展的途径与模式，顺应世界低碳发展的潮流，走出中国特色的新型工业化和城市化发展之路。



2010 年 12 月 26 日

本报告试图归纳中国低碳发展的绩效，评估与低碳发展相关的政策和措施，分析政策效应的制度背景和作用机制，为进一步的政策制定、优化和实施提供支持。

低碳发展是指在严格控制碳排放、积极促进碳吸收的同时，实现经济和社会的健康与可持续发展。

狭义的碳排放通常是指源于化石能燃烧和工业过程释放的二氧化碳（ CO_2 ）量；而广义的碳排放还包括生态系统中有机质分解产生的 CO_2 ，以及生物代谢产生的甲烷（ CH_4 ）。当其他温室气体的量转换为 CO_2 当量时，也有人将其纳入广泛的碳排放讨论中。但在这种情况下，碳排放与温室气体排放两个概念交叉使用，易产生混淆。本报告中，如无特别声明，一般采用狭义的碳排放概念。

碳吸收（carbon absorption 或 carbon uptake）有时也被称为碳汇（carbon sink），其既包括自然过程也涉及人为措施。自然界中海洋是最大的碳汇，对大气中 CO_2 的净吸收高达每年 84 亿 t；其次是陆地生态系统，每年净吸收 CO_2 大约 48 亿 t。人为措施中目前讨论最多的是碳捕集和封存（carbon capture and storage, CCS），通过对微生物施肥增加海洋碳汇等方法也时常出现在媒体和学术文献中。

工业革命以来，与日俱增的碳排放改变了大气中的化学组分，并对区域和全球气候产生着巨大而深远的影响。削减碳排放是《联合国气候变化框架公约》以及《京都议定书》的核心共识。长期以来，碳的排放和吸收过程自然发生，不受政策干预。低碳发展强调主动控制碳排放、积极促进碳吸收，意味着国家与国际社会将通过政策干预调整经济和社会过程，减缓人类活动对气候系统的影响。

中国正处在工业化和城市化大规模、高速度发展时期。资源禀赋、人口状况、技术水平、经济基础以及国际产业分工决定了中国的化石能使用和碳排放不可避免地要经历一个高速增长的历史阶段。然而，能源基础、技术路线和发展方式的选择会深刻影响碳排放与经济发展质量，并对全球碳排放总量产生重要影响。事实表明，中国不能沿袭传统工业化、城市化模式，更无法承受由此带来的资源和环境的重压。中国政府庄严承诺积极发展低碳经济、走低碳发展的道路。对中国而言，低碳发展的根本在于节约使用化石能源、开发利用可再生能源、提高能源利用效率。其结果将减轻国家能源供应压力，提高能源生产和利用效率，促进社会的低碳转型，保障未来经济竞争力。因此，低碳发展是转变经济发展方式、实现人与自然和谐，以及经济社会可持续发展的重要途径，也是对全球环境和世界经济的重要贡献。

评估中国低碳发展的状况、总结低碳发展的经验、分析低碳发展相关的政策是清华大学气候政策研究中心的核心研究内容。研究的重点是中国经济与社会的能耗和碳排放量。我们试图发现中国在工业化和城市化过程中，能耗和碳排放量的变化、影响因素及其作用机制。研究包括三个方面：中国经济和各主要能耗部门低碳发展的绩效，影响其低碳发展的政策，以及影响政策发挥作用的体制和机制。低碳发展顾名思义是低碳和发展两个概念的辩证统一。因为低碳而放弃发展是重手段、轻目的；而只求发展不讲低碳

则是只顾当前、不管长远。发展需要低碳，低碳是为了使经济与社会健康和可持续地发展。我们也关注中国的能耗和碳排放量与世界其他国家和地区之间的比较，并试图回答：目前，中国的能耗和碳排放在全球范围内处在何种水平？在相应的工业化和城市化阶段，又是处在一个什么程度？我们把中国的能耗和碳排放放到工业化和城市化背景中来观察，并试图回答：中国的工业化和城市化是正在重复早期工业化国家的老路，还是正在走出一条新路？

《中国低碳发展报告》以年度出版物的形式汇总并提炼清华大学气候政策研究中心在一年中所开展的研究工作。报告的研究和撰写采用分析与集成的方式，一方面通过对正式发表数据的汇总，再经计算和分析得到中国经济各主要用能部门能源利用和碳排放的结果；另一方面，在广泛调研和文献综述的基础上形成一些归纳、概括与分析结论。《2010 中国低碳发展报告》是这项努力的一个初步尝试。本次报告集中于“十一五”期间中国低碳发展的政策、行动和绩效。由于数据所限，分析和评估集中于“十一五”前三年。报告分为四个部分：综合篇简要概括了“十一五”以来中国低碳发展的总体成就和挑战，以及在技术、结构、政策和体制方面的创新。此外，对企业的响应和低碳融资等关键问题进行了初步分析。报告的核心内容反映在部门篇，该篇分别对能源、制造业、建筑、交通运输、农林业等主要部门的低碳发展绩效、政策和制度进行了较为详细的分析。案例篇收录了河北省保定市低碳发展规划的背景和方案，可供其他城市制定低碳发展规划参考。最后，指标篇收录了本报告研究过程中计算所得用于描述、衡量并分析各部门低碳发展绩效的主要指标。此外，附录部分对现有的主要低碳技术进行了简要介绍。我们无意开发一套完整、客观、全面的低碳发展指标体系。之所以列入这些指标，一方面是要诚实地呈现我们计算中所用的数据、方法和结果，给读者和同行一个交代；另一方面，是以此为基点逐步积累和完善关于中国低碳发展绩效的数据体系。依此逻辑，这里所呈现的四篇内容既然是一个初步的尝试就难免挂一漏万，甚至漏洞百出，我们希望以这份报告作为今后努力不断积累的起点，在内容和形式上逐步完善。

报告的动议是受何建坤教授、Thomas C. Heller 教授、薛澜教授和张希良教授的启发。在报告的研究和撰写过程中，各位专家给予了高度的关心、支持和帮助。王庆一教授自始至终悉心指导了能效和碳排放量的计算以及报告的编写，并特别为报告撰写了低碳技术汇总清单。编委会及相关领域的专家，特别是戴彦德先生和白荣春先生，认真审阅了报告全文并提出了具体、详细的修改意见。报告研究和编写过程中得到了许多单位与专家的支持和帮助。在此特别感谢能源基金会中国可持续能源项目，感谢徐明、熊华文、谢燮、任磊、谢明华、蔡宏武、David Nelson、Robert Earley、马冬、刘洪升、张义辉等专家的大力帮助。清华大学气候政策研究中心是清华大学与国际气候政策中心（Climate Policy Initiative, CPI）共同努力、合作建立的专门从事气候变化与低碳发展政策研究的学术机构。借此机会对清华大学和 CPI 在研究过程中所给予的各种帮助表示衷心的感谢。

中国经济的低碳转型刚刚起步，世界对于中国低碳发展的关注方兴未艾。我们对中国低碳发展的长期跟踪研究就此开始。我们需要并期待业内同仁的关心、支持和帮助。

齐 晔

2010 年 12 月

目 录

序言
前言

第一篇 综合篇

第1章 中国经济的低碳转型	3
1.1 “十一五”：中国转向低碳发展	3
1.2 低碳发展的具体表现	4
1.3 努力建立低碳发展的基础	7
1.4 高效力、低效率的低碳转型	9
1.5 成就与挑战	10
第2章 技术进步与创新	12
2.1 “十一五”期间的技术进步与创新	12
2.2 技术发展的的问题	17
2.3 技术发展的展望	18
第3章 调结构促发展质量	20
3.1 中国“十一五”期间的结构调整	20
3.2 促进结构调整的因素和作用机制	23
3.3 限制结构调整的因素和作用机制	25
3.4 中国中长期结构调整展望	27
3.5 小结	28
第4章 节能目标责任制	29
4.1 目标责任制的实施路径	29
4.2 节能目标责任制绩效评估	31
第5章 企业响应	38
5.1 中国企业响应低碳发展的行动	38
5.2 影响企业节能的因素和机制	41
第6章 低碳融资	45
6.1 中国的低碳融资途径	45
6.2 中国的低碳融资机制	48
6.3 中国的低碳融资模式和相关金融产品	50

6.4 中国推进低碳融资的政策措施	51
6.5 结束语	52
本章附录 与低碳融资有关的经济激励措施	52
本篇参考文献	54

第二篇 部门篇

第7章 能源	59
7.1 能源部门低碳发展绩效	59
7.2 火力发电低碳发展政策与制度分析	70
7.3 可再生能源发展政策与制度分析	84
7.4 核电低碳发展政策制度分析	100
本章附录	108
第8章 制造业	114
8.1 制造业绩效评估	114
8.2 高耗能工业能源利用状况	124
8.3 制造业政策评估	145
8.4 制度分析	156
本章附录 工业节能政策清单	161
第9章 建筑	165
9.1 建筑部门低碳发展绩效	165
9.2 建筑部门政策评估	185
9.3 建筑部门政策制度分析	213
第10章 交通运输	224
10.1 交通运输行业能耗、碳排放绩效	224
10.2 主要政策分析	233
10.3 总结	273
本章附录 主要政策	274
第11章 农林业	279
11.1 温室气体排放绩效	279
11.2 温室气体排放相关的农林业政策评估	291
11.3 农林业低碳发展的制度分析	316
本篇参考文献	324

第三篇 案例篇

第 12 章 保定市的低碳发展：规划和行动	333
12.1 背景	333
12.2 中国电谷和太阳能之城建设	335
12.3 引入低碳发展理念	338
12.4 保定市低碳城市发展规划目标和阶段	339
12.5 生产部门低碳发展规划	340
12.6 消费部门低碳发展规划	345
12.7 碳汇工程方案	349
12.8 保障措施	350

第四篇 指标篇

第 13 章 能源消费和二氧化碳排放总量	355
第 14 章 能源和二氧化碳排放效率	359
第 15 章 能源消费结构	367
第 16 章 国际比较	370
附录一 低碳技术汇总	373
附录二 名词解释	392
附录三 单位对照表及缩略词	395

第一篇 综合篇

第1章 中国经济的低碳转型

1.1 “十一五”：中国转向低碳发展

从改革开放到20世纪末，中国经济的发展成功实现了国内生产总值（GDP）翻两番的战略目标，同时，能源的经济效率提高了一倍，单位GDP能源消耗（即能源强度）下降一半。进入新千年，中国工业化快速发展并呈现新的特征，重化工业化加速，高耗能行业规模扩张加剧，使原本逐年下降的能源强度指标止跌反弹。能源经济效率开始下降，维持了20多年的能源消耗与经济增长之间的关系趋于失衡。2003年，能源强度指标比2002年增加了4.8%；2004年比2003年增加了5.5%；2005年能源强度进一步提高。2003~2005年全国能耗平均年增速为14%。连续三年增长，使2005年的能源强度回升到1999年的水平。此时，GDP已经比1999年增长了70%，因而，总能耗也比20世纪末增加了70%。假如照此趋势而不加控制，中国的能源消耗和碳排放将可能出现让中国和世界均难以承受的严重局面。

“十一五”节能目标就是要扭转能源强度上升趋势，并且使其在5年之内下降20%左右。“十一五”规划纲要明确要求：

“强化能源节约和高效利用的政策导向，加大节能力度。通过优化产业结构特别是降低高耗能产业比重，实现结构节能；通过开发推广节能技术，实现技术节能；通过加强能源生产、运输、消费各环节的制度和监管，实现管理节能。突出抓好钢铁、有色、煤炭、电力、化工、建材等行业和耗能大户的节能工作。加大汽车燃油经济性标准实施力度，加快淘汰老旧运输设备。制定替代液体燃料标准，积极发展石油替代产品。鼓励生产使用高效节能产品。”

“十一五”规划把20%节能目标确定为“约束性指标”，要求各级政府动员一切资源、尽最大努力完成。

根据国家发展和改革委员会2010年7月15日发布的公告，到2009年底，全国单位GDP能耗比2005年下降15.61%，近乎实现“十一五”能效目标的80%。其间，每年与上年相比均有不同程度的下降，2006年下降2.74%，2007年下降5.04%，2008年下降5.20%，2009年下降3.61%。至2008年，能源强度已低于大幅增长前的2002年水平（图1-1）。至此，“十五”中后期出现的能源强度急速上升的趋势在“十一五”期间得到有效遏制并迅速逆转，并以此为基础，在2007年、2008年和2009年三年间，以年均4.3%的速度快速下降。相比而言，在此期间，美国能源强度年下降率仅0.1%。

低碳发展的核心在于生产过程和消费过程的低碳化。生产每一单位的产品所消耗的化石能逐年减少，是经济过程低碳化的重要标志。以此衡量，“十一五”期间，中国遏制了重化工业化过程中通常会出现的能源强度攀升的基本趋势，使经济发展从高碳化转

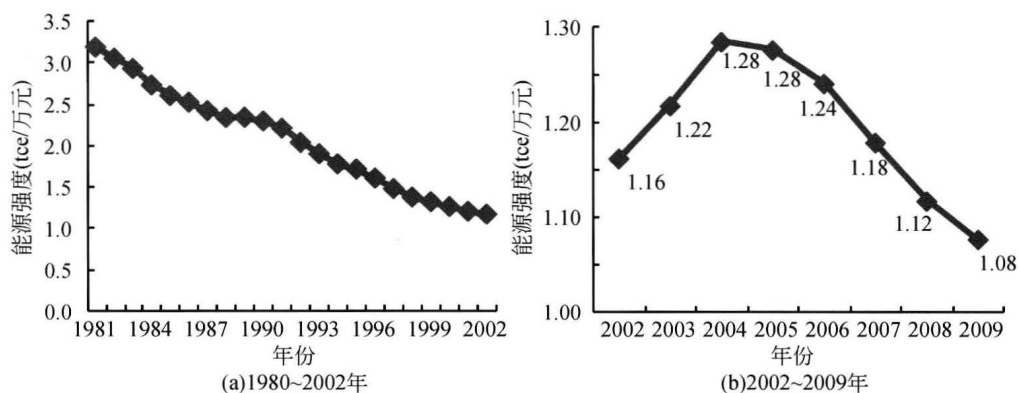


图 1-1 中国经济的能源强度变化

向低碳化，从而有效地减缓了能源供应的紧张局面，避免了碳排放加速增长的趋势，为应对全球气候变化争得了宝贵的时间。

1.2 低碳发展的具体表现

“十一五”期间，中国的低碳化发展是全局性的，表现在经济的各个方面，既包括生产领域也包括消费领域。在国民经济基础部门中，电力工业和制造业的低碳化势头尤为明显。在建筑和交通领域开始出现一系列鼓舞人心的现象和趋势。农业生产的化石能消耗绝对量下降，森林碳汇规模逐年扩大。此外，低碳能源的开发利用正成为中国经济中最为活跃的生长点之一，激励、鼓舞着国内外广大投资人跃跃欲试。

1.2.1 电力生产的低碳化趋势

电力行业能源消耗增长迅速，但在“十一五”期间，发电和输变电能源效率显著提高，碳排放强度持续下降，电力行业低碳化趋势开始显现。我国的电力供应以燃煤发电为主，燃煤发电量占全国总发电量的80%以上。要实现电力行业的低碳化首先就要提高燃煤发电效率以及非化石（低碳）能源发电比例。“十一五”前三年，这两方面都取得了明显的进展。

在火力发电方面，发电煤耗和供电煤耗三年分别下降了 $21\text{gce}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ 和 $25\text{gce}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ ，相当于2000~2005年整个“十五”期间的下降幅度，其中2006年和2007年下降幅度最大，供电煤耗分别比上年降低了 $11\text{gce}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ ，发电煤耗降低了 $10\text{gce}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ 。与此同时，我国火力发电煤耗与世界先进国家的差距在迅速缩小。与日本相比，2000年中国供电煤耗为 $392\text{gce}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ ，日本九大电力公司供电煤耗为 $316\text{gce}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ ，相差 $76\text{gce}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ ；2005年相差 $56.3\text{gce}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ ；2008年相差 $35.1\text{gce}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ ，差距正在不断缩小。火力发电能源效率的提高直接导致发电碳排放强度的下降。火力发电碳排放强度从每发一度电排放 CO_2 935.8g 下降到 887.8g，三年下降 5.1%。

“十一五”期间，非化石能源发电快速发展。2008年，水电、风电和核电三类发电量之和比2005年增加了将近一半，增速超过火力发电（36%）。2009年中国新增的可再

生能源发电装机容量,占世界新增装机容量的46.25%;非化石能源发电量占总发电量的18.2%。各类非化石能源中,水电装机容量增加最多,平均每年增加2000万kW,是“十五”期间年均增速的2.6倍,2010年年中水电总装机容量突破了2亿kW。风电装机容量发展最快,2006~2009年的四年中,年均新增1.3倍,目前累计装机容量为25.8GW,占全球近1/3。核能发展引人注目。到2009年底,已投入商业运行的核电机组共有12台;世界在建的核电站中,中国占了总数的2/5。

火力发电能源效率的提高与非化石能源的利用使发电的碳排放强度快速下降,三年下降6.5%,超过能源强度的下降速度。

1.2.2 制造业能效迅速提高

2008年制造业能源消耗量为12.1亿tce,占终端能源消耗的66%,占全国能源消耗总量的44%;CO₂排放量为39.4亿t,占全国与能源相关的CO₂排放总量的62%。2006~2008年制造业的能源消耗总量和CO₂排放总量均呈上升趋势,但能源利用效率在迅速提高。

制造业能效可以用两类指标来衡量,一是反映制造业部门或行业整体能源经济效率水平的单位工业增加值能耗,二是单位产品能耗(单耗)。指标越低则能效越高。2005~2008年,制造业万元工业增加值能耗下降13.3%,年均下降4.6%,超过全社会万元GDP能耗下降速度(年均4%),累计节能4.21亿tce,占全国节能量58.7%。制造业万元工业增加值CO₂排放从2005年的5.08t下降到2008年的4.30t,三年下降14.8%,年均下降5.4%。单位工业增加值CO₂排放下降15.4%,累计减排CO₂11.7亿t,占全国CO₂减排量65.7%。从单位产品能耗角度来看,六大高耗能行业的主要高耗能产品的单位产品能耗皆下降。2006~2008年制造业累计产品节能2.18亿tce,累计减排CO₂5.23亿t;2009年实现产品节能1.69亿tce,减排CO₂4.11亿t。

制造业显著的节能绩效来源于技术的进步而非结构的优化。技术进步与创新体现在淘汰落后技术、推广先进技术、制造高效设备和加大研发投入。2006~2009年,淘汰落后产能实现节能1.1亿tce。十大重点节能工程的实施形成节能能力1.4亿tce。在推广先进技术方面,2005~2008年重点统计的大中型钢铁企业的吨钢综合能耗从2005年的760kgce/t下降到2009年的717kgce/t,降幅为5.7%。钢铁行业主要技术的普及率在“十一五”期间均有提高。另外,大中型钢铁企业的多项节能指标已达到世界先进水平。水泥行业普及新型干法、扩大新型干法生产线规模、推广余热发电技术和提高水泥散装率使水泥综合能耗从2005年的167kgce/t下降到2009年的139kgce/t,降幅为16.8%。有色金属行业中,通过推广大型预焙槽生产使铝锭交流电耗从2005年的14575kW·h/t下降至2009年的14171kW·h/t,降幅为2.8%,已低于国际原铝协会制定的2010年世界原铝的节能目标(14600kW·h/t)。铜冶炼综合能耗从2005年的780kgce/t下降至2009年的509kgce/t,降幅为34.7%,是“十一五”期间能耗降幅最大的工业产品。

在结构调整方面,“十一五”前三年工业重型化趋势仍在继续,但增速放缓。同时,制造业内部的行业结构和产品结构开始向节能方向转变。从产品层面看,部分制造业内部的产品结构得到了一定程度优化,表现为高附加值产品产量占总产量比重上升和低耗能产品产量占总产量比重上升。

1.2.3 建筑部门能效提高，碳排放增速放缓

建筑部门的能耗和 CO₂ 排放近年来呈持续增长趋势，然而，2006 ~ 2008 年建筑 CO₂ 排放总量的平均增速，与“十五”期间（年增长率为 9.1%）相比明显放缓。此外，由于建筑用能效率的提高，单位面积能耗上升的速度远低于总量上升速度。2008 年的单位面积能耗强度比 2005 年增加了 16.0%，年增长率为 5.1%；同期，单位面积的 CO₂ 排放增加了 12.2%，年增长率为 3.9%。目前，中国单位建筑面积 CO₂ 排放量远低于发达国家水平，不到美国的 1/3。

在四个建筑用能分类中，北方城镇集中采暖低碳发展绩效最为突出，单位面积 CO₂ 排放和能耗强度持续降低。其中，2008 年单位面积的 CO₂ 排放为 45.7kgCO₂/m²，与 2005 年（48.2kgCO₂/m²）相比下降了 5.1%。单位面积采暖能耗的降低，减缓了北方城镇采暖总能耗和 CO₂ 排放的上升幅度。2008 年北方城镇集中采暖用能占全国建筑用能总量将近 25%，采暖能效的提高，有效抑制了全国建筑部门总能耗的过快增长。

建筑部门“十一五”期间节能效果显著。2006 ~ 2008 年，节能量逐年增加，依次为 1178 万 tce、2526 万 tce 和 4011 万 tce；2006 ~ 2008 年总的节能量为 7716 万 tce，完成“十一五”建筑部门规划节能目标的 75%。

1.2.4 低碳交通面临压力

中国在交通工具、道路和交通流量等方面的快速增长，导致交通用能大幅提高。2005 年全国交通能耗为 2.3 亿 tce，到 2008 年上升到 2.9 亿 tce，三年增长了 1/4，增速超过其他部门用能平均。然而，与“十五”期间相比，增速明显回落。另一方面，交通能效快速提高。铁路单位运输工作量能耗在“十一五”前三年年均降速为 4.8%。航空运输吨公里能耗在 2006 年、2007 年两年之内也下降了 8%。

中国政府积极倡导公交优先理念。2004 年建设部等六部委发布了《关于优先发展城市公共交通的意见》，该意见在“十一五”期间得到具体实施。居民乘坐公共交通出行次数由 2005 年的 80 次上升到 2008 年的 115 次。公交出行总量也由 2005 年的 480 亿人次增长到 2008 年的 700 亿人次，提高了近 50%。针对私人小汽车增速迅猛的局面，政府出台了一些调控政策。一方面严格执行较高的燃油经济性标准，把住汽车生产门槛；另一方面，从 2008 年起开征燃油税，并对大排量汽车实施较高的差别税率，以鼓励购买小排量汽车。2009 年，工业和信息化部 and 科学技术部联合推出“十城千辆”计划，促进新能源汽车规模化生产、降低消费成本。在此基础上，2010 年制订了新能源汽车发展规划，确立了电动汽车为主，同时发展燃料电池和混合动力车的技术路线。在铁路运输方面，全面规划、重点实施了全国高速铁路网建设。从长远来看，高速铁路网建设可以在一定程度上替代飞机和小汽车等高碳排放出行模式。

1.2.5 农林业的低碳发展贡献

农业不仅是国民经济基础，更是战略性低碳产业部门。2008 年，农林部门的化石能源消耗总量为 35.1Mtce，占全社会终端能耗 2% 左右，但生产总值占全国的 11% 左右。在国民经济各主要部门中，农业是唯一实现能源消费绝对量下降的部门。2008 年农林部门能耗比 2005 年下降 2.2%，比 2006 年下降 5.4%。除绝对量下降之外，能源强度下降

趋势更为明显,2008 年比 2005 年下降 15%。

值得注意的是,农业生产资料投入的增长拉动了相关工业品生产过程中的碳排放,即所谓的隐含碳排放。2008 年,农业生产资料中隐含碳排放为 3.17 亿 t CO₂,比 2005 年增加了 10.1%,是当年能源消耗直接 CO₂ 排放量的 2.6 倍。农机和化肥是农业隐含碳排放的主体。

由于现代化水平较低,中国农业部门的能耗在国际比较中占有明显优势。对比 2006 年中国与部分经济合作与发展组织(OECD)国家的单位农业增加值的能耗强度,按购买力平价法计算结果显示,中国单位农业增加值能耗强度仅为 0.31tce/亿国际元,均低于其他国家,仅为 OECD 成员国平均水平的 19.0%;与农业大国比较,是澳大利亚、美国的 24.4%、22.1%;而与同样地少人多的日本相比,单位农业增加值能耗强度仅为日本的 36.5%。

中国林业的发展,特别是大规模植树造林,吸收了大量 CO₂。到 2009 年,全国森林覆盖率达到 20.4%,提前完成了“十一五”目标。与此同时,森林碳汇随之增加。第七次森林普查(2004~2009 年)显示中国的森林碳储量为 222.9 亿 t CO₂,比第六次(1998~2003 年)增加了 10.4%,年均增加 4.2 亿 t CO₂。德国智库慕尼黑经济研究所发表的公报显示,中国人工造林面积占世界人工造林面积的 73%,在全球森林总面积平均每天减少 2 万 hm² 之时,中国通过坚持不懈的人工造林活动使得森林面积稳步上升,为中国的低碳发展和全球 CO₂ 减排作出了巨大贡献。

1.3 努力建立低碳发展的基础

“十一五”前三年,中国成功扭转了“十五”期间能源强度上升的趋势,使单位 GDP 能耗大幅降低。多项节能减排政策的出台和有效实施是能效提高的关键,并为长远的低碳发展奠定了初步但实在的技术基础、物质基础和制度基础。

1.3.1 技术基础

“十一五”期间,在节能目标强制性要求、激励性政策、市场竞争和利润考量等多重因素下,许多企业,特别是高耗能行业中的大型企业,在提高能效和开发利用可再生能源等低碳技术与手段上实现了升级换代,并为日后的低碳发展奠定了重要的技术基础。技术的升级换代和新的技术基础的建立包括:淘汰落后技术设备、设施;推广使用新型技术设备、设施;提高节能和新能源设备制造能力;提高节能和新能源技术的研发能力。除工业领域的低碳技术之外,在建筑、交通以及其他生活领域,低碳技术的推广使用都有较大进展。

技术进步是通过几个机制综合运用实现的:淘汰落后技术、引进消化国外先进技术、投资推广使用高效技术、技术研发。钢铁行业中的冶炼技术及有色金属、化工、水泥、纺织、造纸等行业都有重要的技术进步。“十一五”期间的技术进步特征在于:①有明确的方向和目标。方向就是节能和新能源利用,目标是使用尽可能好的技术。②全面性。包括企业大型化、项目大型化,全面升级;各行业全面的技术升级。例如,十大节能工程的重点就在于技术的进步。③不仅是生产部门,非生产部门的技术也有进步,特别是建筑技术和交通技术。