

“十二五” 低碳发展回顾

李惠民^a 董文娟^b 齐晔^{b,c}

^a 北京建筑大学；^b 清华-布鲁金斯公共政策研究中心；^c 清华大学公共管理学院

摘要：“十二五”时期是中国低碳发展进程中的重要转折点。在此期间，经济发展进入新常态，碳排放总量快速增长的势头得以扭转，能源强度下降目标与碳排放强度下降目标均顺利完成，且能源强度与碳强度下降进入快车道。能源领域发生重大变革，能源结构低碳化趋势十分明显。2016 年煤炭占能源消费总量的比重下降到 62%，提前四年实现了原定 2020 年目标；而非化石能源占比已达 13.3%。自 2014 年煤炭消费量首次出现下降以来，煤炭的生产和消费量已实现连续 3 年下降，煤炭峰值已经到来。电力领域低碳化趋势更为明显。森林碳汇持续增加，林业碳汇战略得以巩固。此外，中国建立了气候变化政策体系，积极推进全球气候治理，发挥大国的影响力和领导力，争取在该领域内的话语权和规则制定权。“十二五”时期中国低碳投融资高速增长，但也存在可再生能源亟须政策创新、能效融资渠道不足的弊端。在此期间，经济转型成为驱动低碳发展的主要因素，雾霾治理成为低碳发展的重要推手，消纳问题成为可再生能源发展的制约因素。“十三五”时期，政策间协调的重要性凸显。此外，传统的行政手段带来的减排潜力已经在降低，需要引入市场机制进行政策创新，并建立全面跟踪政策实施并评估政策效果的配套体系。

关键词：十二五；低碳发展；能源强度；碳排放强度

一 低碳发展进入深刻变革新阶段

1. 经济发展进入新常态，2013 年以来碳排放增长减缓

“十二五”以来，中国经济进入新常态，经济转型升级压力陡然增大，经济运行呈现新的阶段性特征。在此期间，中国的经济增速逐年放缓，五年平均增速为 7.8%，为“七五”

以来最低水平（见图 1-1）。从各年水平来看，2014 年增长 7.3 个百分点，2015 年进一步放缓到 6.9 个百分点。尽管如此，中国依然是世界上经济增速最快的国家之一。“十二五”期间，中国的经济总量稳居世界第二位，占世界经济的份额由 9.2% 上升到 14% 左右。2015 年人均国内生产总值达到 49351 元，人均可支配收入达到 21966 元，在上中等收入国家中的位次不断提高。在国际金融危机和世界经济增长总体放缓的背景下，这一成绩的取得来之不易。

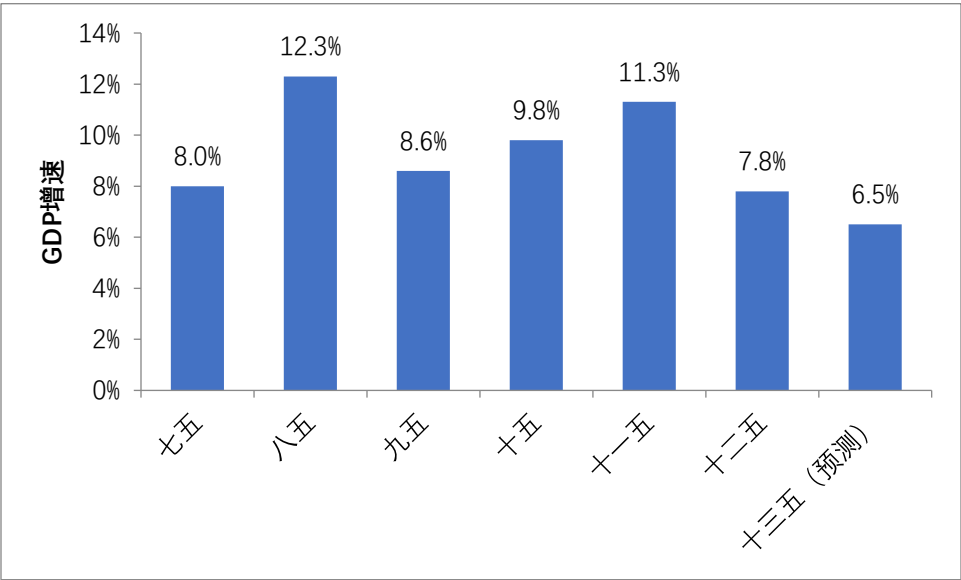


图 1-1 中国的 GDP 增速变化

“十二五”时期是中国低碳发展进程中的重要转折点，扭转了“十一五”以来碳排放总量快速增长的势头，增长趋势明显放缓。“十一五”期间，尽管中国在能源强度下降、非化石能源开发方面取得了重大进展，但能源消费和 CO₂ 排放的年增长量仍十分惊人。在此期间，中国的能源消费总量从 2005 年的 26.1 亿 tce 增加到 2010 年的 36.1 亿 tce，增幅达 37.9%，是继越南、新加坡和印度之后增速最快的国家；且 2005-2010 年新增的能源消费量占到了全球的 60% 以上。能源相关的 CO₂ 排放从 2005 年的 55 亿吨上升为 2010 年的 74 亿吨，升幅达 34%，年均增速约 7%，为同时期世界年均增速的 3.4 倍；CO₂ 排放的增长量占世界同期增长量的 72% 左右，是世界上 CO₂ 排放增长量最多的国家。总的来看，“十一五”期间，中国在由世界第 5 大经济体成为第 2 大经济体的同时，也从 CO₂ 排放世界第 2 大国变为第 1 大国。

“十二五”期间，特别是从 2013 年开始，中国的能源消费和碳排放总量增长明显放缓，2015 年碳排放首次出现下降。2010-2012 年，中国能源消费与碳排放仍延续了“十一

五”时期高速增长的态势：能源消费由 36.1 亿 tce 增长到 40.2 亿 tce，年均增长 2.1 亿 tce；碳排放由 73.9 亿吨增长到 83.9 亿吨，年均增长 5 亿吨左右。2013 年这一高速增长趋势得以扭转，当年能源消费仅增长了 1.5 亿 tce，碳排放增长了 2.7 亿吨；2014 年能源消费增长进一步下降到 0.9 亿 tce，碳排放增长减少到 1.3 亿吨；2015 年能源消费仅增长了 0.4 亿 tce，碳排放则在历史上首次出现负增长，较上一年下降了近 1 亿吨（见图 1-2）。在经济总量与第一大经济体的差距进一步缩小的同时，碳排放总量下降，意味着中国的低碳发展已经进入了一个全新的时期，开始呈现出碳排放与经济发展脱钩的基本特征。

“十二五”时期，中国的碳排放强度也保持了快速下降的势头，碳排放强度下降了 21% 左右，超额完成《“十二五”规划纲要》中“单位 GDP 碳排放下降 17%”的目标。从 2005-2015 年，单位 GDP 的 CO₂ 强度已下降 38.3%，在《“十三五”规划纲要》中又提出至 2020 年碳强度进一步下降 18% 的目标。因此，到 2020 年单位 GDP 的 CO₂ 强度将比 2005 年下降 50% 左右，将超额完成我国 2009 年在“哥本哈根气候大会”上承诺的下降 40%-45% 的目标，为全球减排做出积极贡献。

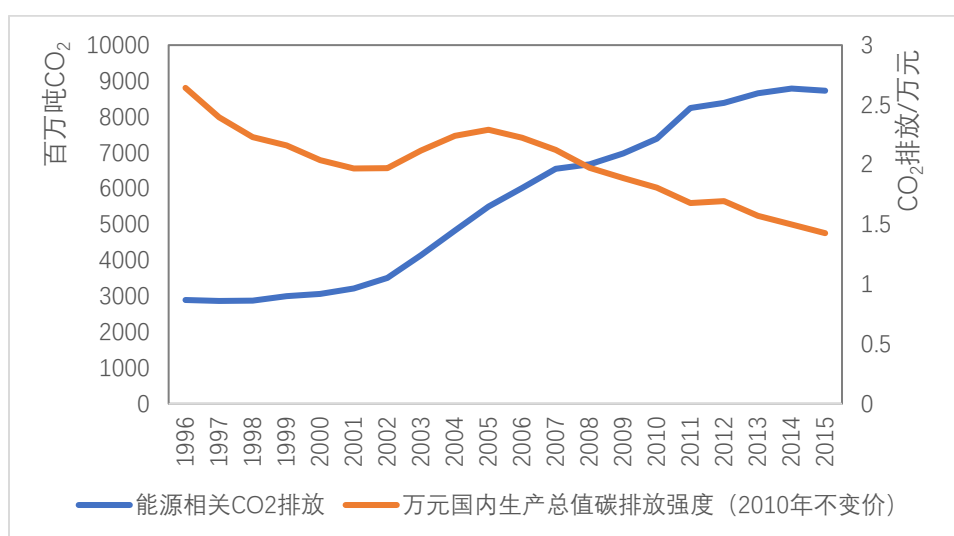


图 1-2 1996-2015 年中国与能源相关的碳排放变化趋势

2. 节能减碳目标顺利完成，强度下降迈入快车道

“十一五”以来，中国把单位 GDP 能耗下降作为衡量低碳发展的主要指标，在《“十一五”规划纲要》和《“十二五”规划纲要》中均把单位 GDP 能源消耗下降作为约束性指标，充分显示了中国政府在能源节约方面的政治意愿和决心。《“十二五”规划纲要》明确提出了 2015 年单位国内生产总值能耗比 2010 年下降 16% 的战略目标。在之后发布的《“十二五”控制温室气体排放方案》、《“十二五”节能减排综合性工作方案》等文件中，对实现

这一目标的具体路径做出了明确部署。在一系列节能政策的作用下，中国万元 GDP 能耗由 2010 年的 0.882tce/万元下降到 2015 年的 0.722tce/万元，下降了 18.4%，超额实现了“十二五”规划所提出的目标。值得一提的是，2013 年以来，单位 GDP 能耗下降速度稳步提升，2014 和 2015 年的下降幅度分别达到了 4.8%和 5.6%（见图 1-3），强度下降迈入快车道。

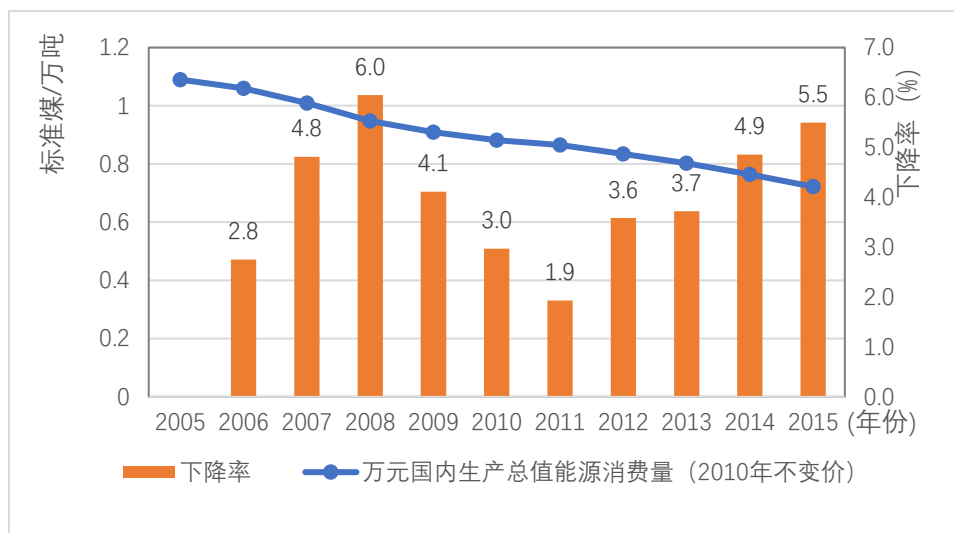


图 1-3 2005-2015 年中国能耗强度及其下降率的变化

国民经济各部门的节能目标也得到了较好完成。“十二五”期间，规模以上企业单位工业增加值能耗累计下降 28%，实现节能量 6.9 亿 tce，超额完成了《“十二五”工业节能规划》中提出的“到 2015 年，规模以上工业增加值能耗比 2010 年下降 21%左右，实现节能量 6.7 亿 tce”的预期目标。工业部门占中国能源消费的 65%以上，对能源强度的持续下降具有举足轻重的作用。长期以来，工业部门特别是高能耗行业的产值增速快于 GDP 的平均增速，不利于能源强度的整体下降。“十二五”以来，受全球金融危机的影响，中国工业部门产值增速逐步放缓。从六大高能耗行业的产值规模增速来看，电力工业和黑色金属冶炼业（钢铁工业）、非金属矿物制品业（建材工业）下行明显。

此外，中国政府加大了淘汰落后产能力度，“十二五”期间，累计淘汰炼铁产能 9089 万吨、炼钢 9486 万吨、电解铝 205 万吨、水泥（熟料及粉磨能力）6.57 亿吨、平板玻璃 1.69 亿重量箱。高能耗行业在经济、能源结构中的整体性下降，使结构因素在能耗强度下降中发挥了重要作用。此外，工业重点行业主要产品单位能耗显著下降，钢、电解铝、水泥、合成氨等高能耗产品单位能耗保持下降趋势，一部分企业生产能耗达到或接近世界先进水平，基本完成了《“十二五”工业节能规划》的预期目标。从能源消费来看，2010-2014 年，六大高能耗行业整体占比由 52.9%下降到 51.4%。

“十二五”期间，住房和城乡建设部出台了《“十二五”建筑节能专项规划》，明确提出了“实施北方既有居住建筑供热计量及节能改造 4 亿 m^2 以上；启动夏热冬冷地区既有居住建筑节能改造试点 5000 万 m^2 ；新建绿色建筑 8 亿 m^2 ；建筑节能形成 1.16 亿 tce 节能能力”等战略目标。经过 5 年努力，累计完成北方采暖地区既有居住建筑供热计量及节能改造 10 亿 m^2 ，完成夏热冬冷地区既有居住建筑节能改造面积 7090 万 m^2 。为了促进绿色建筑发展，住房和城乡建设部陆续发布了《绿色建材评价标识管理办法》、《促进绿色建材生产和应用行动方案》、《绿色建筑评价标准》、《关于进一步推进可再生能源建筑应用的通知》等文件，推动落实绿色建筑行动方案。截至 2015 年底，全国共有 3979 个项目获得了绿色建筑评价标识，建筑面积超过 4.5 亿 m^2 。尽管与 8 亿 m^2 的目标尚有差距，但这一时期的发展奠定了绿色建筑的制度基础。

交通领域的节能减碳目标也顺利完成。2011 年交通部制定的《公路水路交通运输节能减排“十二五”规划》，将公路水路“十二五”节能目标制定为“2015 年与 2005 年相比，营运车辆单位运输周转量能耗下降 10%， CO_2 排放下降 11%，营运船舶单位运输周转量能耗下降 15%， CO_2 排放下降 16%”。为了实现这一目标，交通运输部开展了重点企业能耗统计监测，天然气动力车船试点，燃料消耗量限值标准等多项措施。2015 年与 2005 年相比，营运车辆和营运船舶单位运输周转量二氧化碳排放分别下降 15.9% 和 20%，公路水路节能减碳目标均超额完成。具体的目标实现情况见附表 1。

3. 能源结构低碳化变革，煤炭峰值已经到来

“十二五”时期，中国能源领域发生了重大变革，能源结构低碳化趋势十分明显。2010–2015 年，煤炭占能源消费总量的比重从 69.2% 下降到 64%，石油占能源消费总量的比重从 17.4% 上升到 18.1%，天然气占比从 4% 增加到 5.9%。与此同时，非化石能源比重由 9.4% 提高到 12%，增加了 2.6%。2016 年延续了“十二五”时期能源结构低碳化的趋势，煤炭消费量比 2015 年下降了两个百分点，提前四年实现了原定 2020 年将煤炭消费比重降至 62% 的目标；而非化石能源占比已达 13.3%（国家统计局，2017）。

这一时期，另一更加具有划时代意义的事件是中国的煤炭消费量达到峰值。2000 年以来，随着中国能源消费快速增加，煤炭作为的主体能源的作用不断增强。2000–2013 年，中国煤炭消费量由 14.1 亿吨增长 42.4 亿吨，年均增加 2.2 亿吨，年均增长 9%（见图 1-4）。长时间、大规模、高强度的煤炭资源开发与利用给矿区及周边地区生态环境、大气质量带来严重的负面影响。“十二五”时期，在应对雾霾的宏观背景下，严格控制煤炭消费成为这一时期能源结构调整的主题。煤炭消费量开始从高速大幅度的增长向低速低增量、甚至负增长转变。从实物量来看，煤炭消费在 2013 年达到峰值；从热值计算，煤炭消费在 2014

年达到峰值（Qi et al., 2016）。自 2014 年煤炭消费量首次出现下降以来，煤炭的生产和消费量已实现连续 3 年下降。

电力领域低碳化趋势更为明显。在持续多年的高速增长后，“十二五”末期电力需求增速大幅下降：2011-2013 年全社会用电量仍保持了 8% 的增速，而 2014 和 2015 年分别降为 3.4% 和 0.5%。在此期间，发电装机速度却仍在高速增长，这一时期的年均增速仍然达到 9.3%。

“十二五”时期共新增了 540.3GW 发电装机，其中 52% 是火电机组，48% 是非化石能源机组。从发电装机来看，2015 年非化石能源装机容量占比已达 34.3%，比 2010 年提高了 7.7 个百分点；2016 年这一比例提高到 36%。此外，天然气发电机组的占比也从 2010 年的 2.7% 增加到 2015 年的 4.4%。从发电量来看，2015 年非化石能源机组发电量占到总发电量的 26%，比 2010 年提高了 7 个百分点；2016 年非化石能源机组发电占比已达 26%。

“十二五”时期，中国非化石能源的发展速度超出预期，电力领域非化石能源开始替代化石能源存量。从 2014 年以来，尽管火电机组仍在增加，但是火电发电量开始减少，与此同时非化石能源发电量大幅上升。如图 1-5 所示，2015 年总发电量比 2014 年增加了 586 亿 kWh，但是火电发电量却减少了 759 亿 kWh，减少的火力发电量和新增电量需求全部由非化石能源电力替代。需要指出的是，这一趋势并不稳定。2016 年全社会用电量增长 5.2%，火电发电量比 2015 年增加了 2.4%，远低于水电（6.2%）、核电（24.4%）、风电（30.1%）和太阳能发电（72%）的增幅。

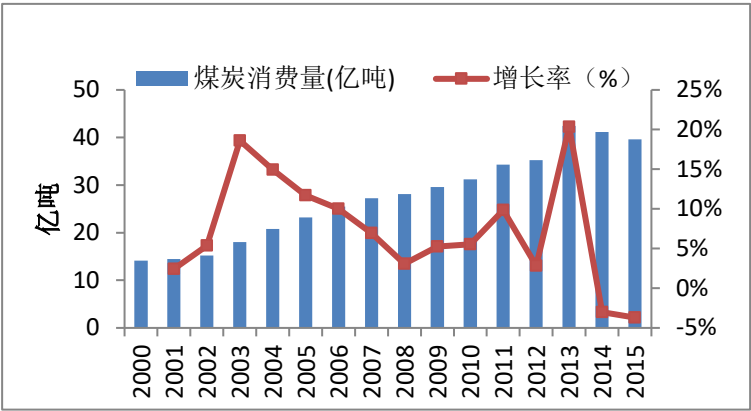


图 1-4 2000-2015 年煤炭消费量与增长率

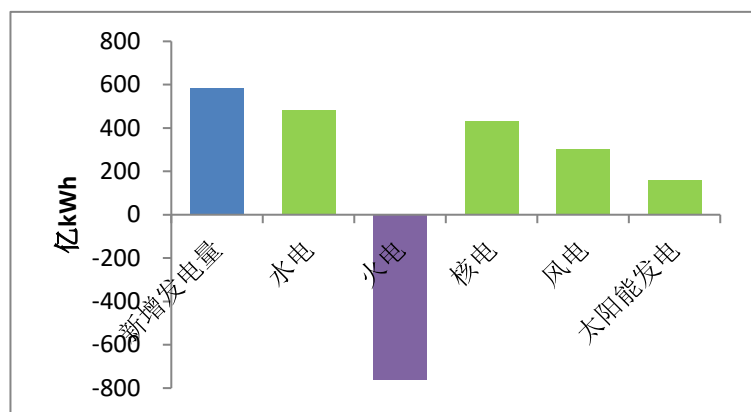


图 1-5 2015 年新增发电量与各类发电量

数据来源：中国电力企业联合会，2016。

国务院 2013 年发布的《能源发展“十二五”规划》，明确提出了“十二五”时期能源发展的战略目标，即“到 2015 年，能源消费总量控制在 40 亿 tce，非化石能源消费比重提高到 11.4%，非化石能源发电装机比重达到 30%。天然气占一次能源消费比重提高到 7.5%，煤炭消费比重降低到 65%左右”。同年发布的《可再生能源发展“十二五”规划》，进一步提出，“到 2015 年，全部可再生能源的年利用量达到 4.78 亿 tce，水电总装机容量达到 2.9 亿 kW，风电总装机容量达到 1 亿 kW，生物质发电总装机容量达到 1300 万 kW，太阳能光伏发电总容量达到 2100 万 kW”。“十二五”期间，除能源消费总量、沼气、地热、生物质能源等几类指标外，其余指标均顺利完成（详见附表 2）。

4. 森林碳汇持续增加，林业碳汇战略得以巩固

“十二五”时期，中国继续把植树造林作为低碳发展的重要内容，将森林覆盖率和蓄积量增长作为约束性目标写入国民经济与社会发展第十二个五年规划。《“十二五”规划纲要》提出，2015 年森林覆盖率提高到 21.66%，较 2010 年提高 1.3 个百分点；森林蓄积量提高到 143 亿 m^3 ，较 2010 年提高 6 亿 m^3 。为了实现这一目标，国家发布了《全国造林绿化规划纲要（2011-2020 年）》，深入开展全民义务植树，着力推进旱区、京津冀等重点区域造林绿化，加快退耕还林、石漠化综合治理、京津风沙源治理、三北及长江流域等重点防护林体系建设、天然林资源保护等林业重点工程。“十二五”期间，全国共完成造林 4.5 亿亩、森林抚育 6 亿亩，分别比“十一五”增长 18%、29%，森林覆盖率提高到 21.66%，森林蓄积量增加到 151.37 亿 m^3 ，成为同期全球森林资源增长最多的国家。

从历次森林清查资料来看，第八次森林清查（2010-2014）尽管不是森林覆盖率增长最快的时期（增长 1.23 个百分点），但由于森林保护的不断加强，使这一时期成为历史上蓄

积量增长最快的时期。第八次森林普查与第七次相比，森林蓄积量增长 14.16 亿 m³，远远超过了历次普查（见图 1-6）。

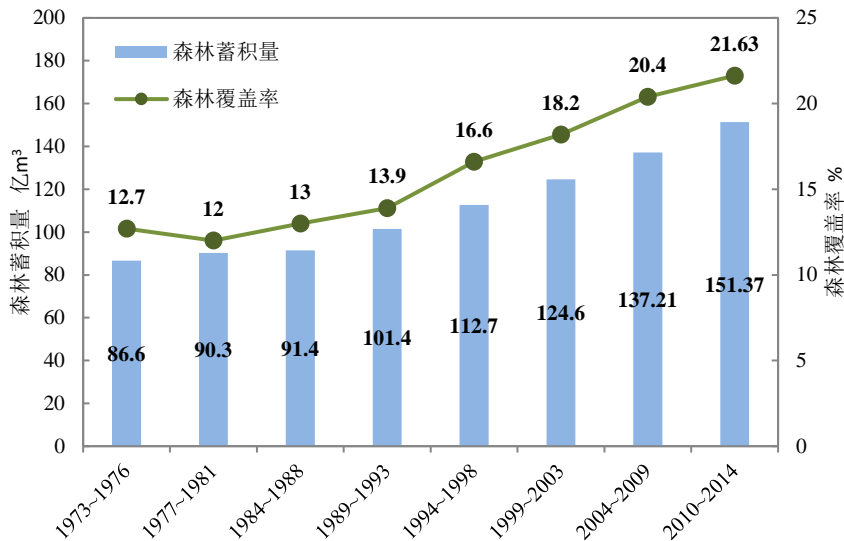


图 1-6 历次森林清查中国森林覆盖率和蓄积量的变化
数据来源:国家林业局, 历次森林普查数据。

“十二五”期间，林业碳汇战略得到不断强化。国家林业局发布了《关于推进林业碳汇交易工作的指导意见》，各地方政府纷纷把增加碳汇作为林业发展的重要目标。“十二五”期间，国家加强了林业碳汇计量监测体系建设，开展土地利用变化与林业碳汇计量监测工作。到 2015 年底，已覆盖 25 个省区市、新疆生产建设兵团、四大森工集团，建成林业碳汇基础数据库。据统计，全国森林植被总碳储量由第七次全国清查的 78.11 亿吨增加到第八次清查的 84.27 亿吨。

二 低碳发展政策与制度取得重大进展

1. 建立气候变化政策体系，积极推进全球气候治理

2007 年，国务院颁布了《中国应对气候变化国家方案》，这一举措被认为是中国政府采取积极措施应对气候变化的开端。2009 年，第十一届全国人民代表大会常务委员会通过了《关于积极应对气候变化的决议》，表明中国政府从立法层面对气候变化问题的高度关注。“十二五”时期，气候变化议题开始进入中国政策的顶层设计，单位国内生产总值二氧化碳排放（碳强度）下降率首次被列入《“十二五”规划纲要》，并成为其中的约束性指标之一，还出台了专门的《“十二五”控制温室气体排放工作方案》。这一时期，中国逐步建

立了覆盖减缓和适应两个领域的气候变化政策体系，并由能源、制造、交通和其他行业的具体政策作为支撑和实施路径（见图 1-7）。这些政策措施构建了一系列特定的、可测量的和有时限的能源和气候变化目标。此外，这些政策明确了部门之间的分工与协作，开始建立碳排放数据收集与监测机制，并不断探索利用市场机制达成政策目标。

在这一时期，中国开始积极推进全球气候治理，发挥大国的影响力和领导力，争取在该领域内的话语权和规则制定权。在 2009 年哥本哈根气候大会上，中国政府首次提出了碳减排的国际承诺。同时，这些指标被列入《“十二五”规划纲要》，并在专项规划中得到落实和分解。在 2015 年巴黎气候大会之前，中国向 UNFCCC（联合国气候变化框架公约）秘书处正式提交了《强化应对气候变化行动——中国国家自主贡献》，文件不仅明确了中国 2030 年应对气候变化的行动目标，还从 15 个方面全面陈述如何进一步强化各项行业政策和措施。在巴黎气候大会上，近 200 个缔约方达成了《巴黎协定》，标志着全球气候治理进入了新阶段，中国为该协议的最终达成起到了巨大的推动作用。2016 年 9 月，在 G20 杭州峰会召开之际，中美两国共同宣布完成《巴黎协定》国内程序，并将《巴黎协定》批准文书交存联合国，表示这中美两国正式加入《巴黎协定》。这一行动对于协定在全球范围内尽早生效和全面实施，具有突破性的推动作用。

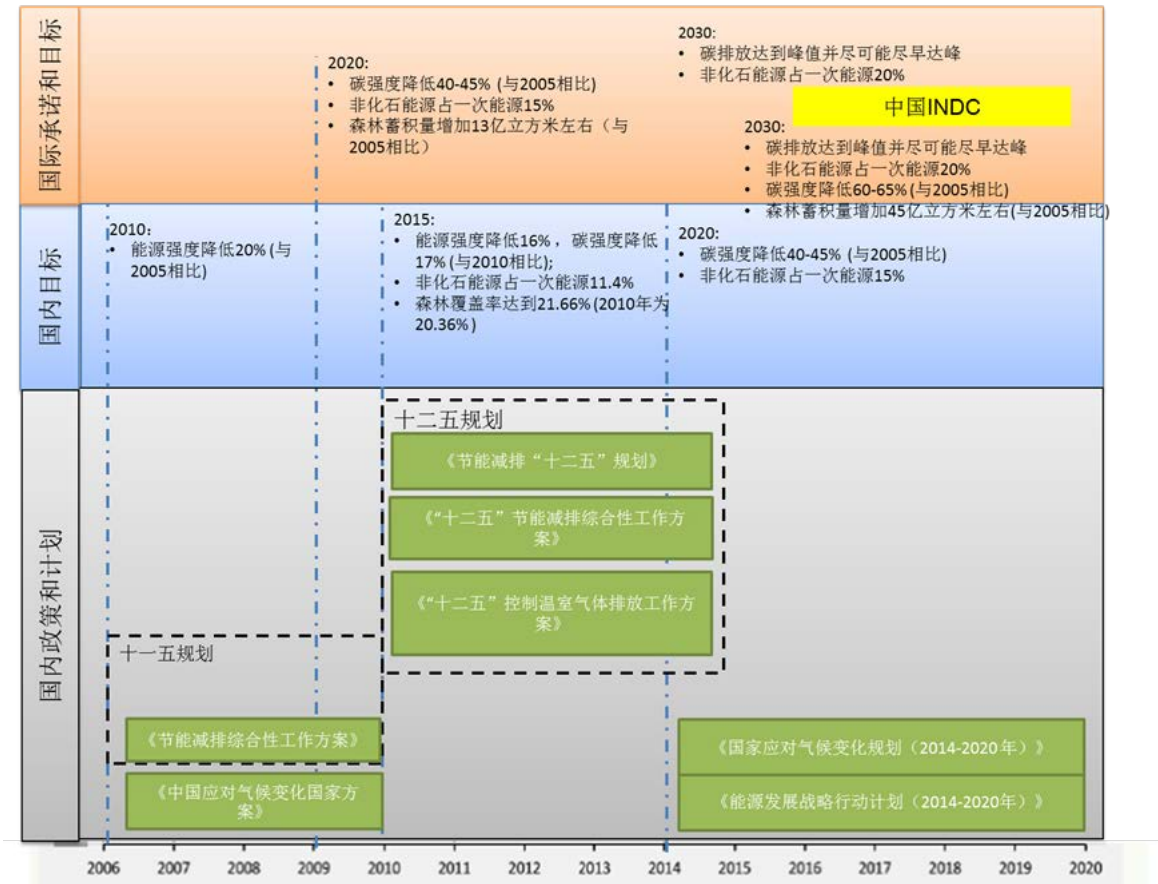


图 1-7 中国在气候变化领域的国际承诺、国内目标及政策
注:根据 (Ranping Song et.al, 2015) 中图片修改。

2. 低碳发展制度建设呈现新亮点

1) 强度控制制度化

“十二五”时期,中国第一次把“单位国内生产总值碳排放下降率”作为约束性指标列入五年发展规划,标志着低碳发展已成为中国经济社会发展中至关重要的内容之一。为实现这一目标,国务院发布了《“十二五”控制温室气体排放工作方案》,将单位 GDP 碳排放分解到了各个省级政府,同时明确指出,要将二氧化碳排放强度下降指标完成情况纳入各地区(行业)经济社会发展综合评价体系和干部政绩考核体系。2014 年 8 月,国家发展改革委进一步发布了《单位国内生产总值二氧化碳排放降低目标责任考核评估办法》,明确了考核评估内容和程序。考核内容分为四个部分:目标完成情况、任务与措施落实情况、基础工作与能力建设情况、体制机制探索等。考核评估采用百分制评分法,满分 100 分。考核评估结果划分为优秀、良好、合格、不合格四个等级。考核程序方面,主要包括考核对象自评、初步审核、现场评价考核、考核结果审定与公布四个方面。当前,中央政府已经对全国 31 个省级政府开展了 2013 年度、2014 年度、2015 年度及“十二五”总目标完成情况的考核评估。

在国家政策的指引下,各省级政府纷纷采取类似办法,对各地市级政府开展了碳排放强度目标责任考核,从而使碳排放强度控制与能源强度控制一样,成为目标责任制体系中的重要内容。“十三五”时期,国家继续将单位 GDP 碳排放强度纳入《“十三五”规划纲要》,继续将国家目标分解到各省级政府,继续对各省级政府的目标完成情况进行考核,强度控制呈现出制度化特征。

2) 低碳试点体系化

“十二五”期间,国家大力发展各类低碳试点,初步形成了包含“低碳省区、低碳城市、低碳工业园区、低碳城镇、低碳社区”在内的多层级的低碳试点格局,成为这一时期低碳发展的基本特色。

2010 年 7 月 19 日,国家发改委启动了低碳省区和低碳城市试点工作,确定在广东、辽宁等五个省和天津、重庆等八个城市展开探索性实践。2012 年 11 月 26 日,国家发改委下发《关于开展第二批低碳省区和低碳城市试点工作的通知》,进一步确定了包括北京、上海、海南和石家庄等 29 个低碳试点省市。2015 年,42 个试点省市的 GDP 总量占全国的 57%,人口占全国 42%,能源消费占全国 59%,能源相关的二氧化碳排放占全国的 56%。2017 年 1

月，国家发改委发布《关于开展第三批国家低碳城市试点工作的通知》，确定在内蒙古自治区乌海市等 45 个城市（区、县）（名单附后）开展第三批低碳城市试点。

试点政策开展以来，各试点省市均成立了应对气候变化或低碳发展领导小组，并通过联席会议制度、年度推进计划等形式建立了试点创建工作的协调机制，加强了低碳发展的管理体系。从第二批低碳试点开始，国家要求各试点提出相应的排放峰值目标，建立倒逼机制。在国家的要求下，已有 34 个城市提出了实现碳排放峰值的年份目标，其中 19 个对社会公开发布。值得一提的是，青岛和武汉已经把峰值目标纳入本地区“十三五”规划纲要。此外，各试点省市加强了制度探索。如石家庄出台了低碳发展促进条例，成为低碳发展领域的第一个地方法；北京、天津、上海等省市探索低碳产品认证制度；广东、北京等省市则开始设立新建固定资产投资项目碳评价制度。根据相关评估。试点省市在低碳发展方面成效初显，“十二五”期间低碳省市试点地区的碳强度下降幅度明显高于全国平均水平。考虑到低碳试点的积极成效，2016 年进一步开展了第三批低碳试点工作。

工业园区是我国温室气体排放的重要单元，开展低碳工业园区试点，探索形成产业高度集聚、碳生产力高的园区低碳发展新模式，转变当前过多依赖能源资源物质投入、盲目追求规模的粗放发展模式有重要作用。2013 年 9 月，工业和信息化部与国家发展改革委联合发布《关于组织开展国家低碳工业园区试点工作的通知》，正式启动了低碳工业园区试点工作。低碳工业园区试点的主要工作内容包括四个方面：围绕工业生产源头、过程和产品三个重点，把低碳发展的理念和方法落实到企业生产全过程；建立低碳技术创新研发、孵化和推广应用的公共综合服务平台，推动企业低碳技术的研发、应用和产业化发展；建立健全园区碳管理制度，强化从生产源头、生产过程到产品的生命周期碳排放管理；加强低碳基础设施建设；多途径、多层次地积极开展国际合作。2014 年 9 月，第一批 39 个低碳园区试点工作方案获批，2015 年 12 月，第二批 12 个低碳园区试点方案获批。根据相关工作安排，国家将于 2017 年对各低碳园区试点开展相应的评价与考核工作。

城镇是中国行政体系中最基层的单元。当前我国正处于快速城镇化阶段，城镇化发展模式对碳排放具有重要影响，探索城镇化过程中的低碳城镇模式，对于中国的低碳发展进程具有重要意义。2015 年 8 月，国家发展改革委印发了《关于加快推进国家低碳城（镇）试点工作的通知》，选定广东深圳国际低碳城、广东珠海横琴新区、山东青岛中德生态园、江苏镇江官塘低碳新城、江苏无锡中瑞低碳生态城、云南昆明呈贡低碳新区、湖北武汉花山生态新城、福建三明生态新城等 8 个城镇作为首批国家低碳城（镇）试点。这 8 个试点是中国近年来的明星城镇，在低碳发展方面已经形成了各自的鲜明特色。中国政府计划通过低碳城镇试点，从规划、建设、运营、管理全过程探索各具特色的绿色低碳发展模式，实现产业低碳发展与城市低碳建设相融合的低碳发展模式，为全国新型城镇化和低碳发展提供实践经验。

2014 年 3 月，国家发展改革委印发《关于开展低碳社区试点工作的通知》，正式启动了低碳社区试点工作。希望通过低碳社区试点，形成以社区为单元控制温室气体排放的有效模式。在有效提升居民生活质量的同时，控制城乡居民生活领域温室气体排放过快增长。2015 年 2 月，国家发展改革委发布《低碳社区试点建设指南》，进一步指导各地开展低碳社区建设工作。该指南将社区分为城市新建社区、城市既有社区、农村社区三个类别，分别设定了相应的指标体系，包括碳排放量、空间布局、绿色建筑、交通系统、能源系统、水资源利用、固体废弃物处理、环境绿化美化、运营管理和低碳生活等各个方面。指标体系分为约束类和指导类，约束性指标是试点建设必须要达到目标参考值要求的指标，引导性指标是试点建设可根据自身情况确定目标参考值的指标。当前，全国范围内已经开展了 800 个左右的低碳社区试点。

3) 碳交易试点规范化

“十二五”期间，碳交易试点成为最具特色和最有影响力的低碳发展制度创新。2012 年 1 月，国家发展改革委选择北京、天津、上海、重庆、广东、湖北、深圳等 7 个省市开展碳交易试点工作，探索利用市场机制控制温室气体排放的新模式。试点工作开展以来，7 省市强化碳交易制度顶层设计，制定出台地方性法规、政府规章，建立碳排放核算、报告和核查体系，确定碳配额分配方法、交易规则和履约机制，建立碳交易平台和注册登记系统，初步形成了符合地区实际的制度安排，建成了初具规模的碳交易市场。2013 年 6 月，中国首个碳排放权交易市场深圳碳排放权交易市场启动。截至 2015 年底，7 个试点碳市场已经全部启动，共纳入 20 余个行业、2600 多家重点排放单位，年排放配额总量约 12.4 亿 tCO₂e。其中北京、天津、上海、广东和深圳碳市场纳入的重点排放单位已经完成了 2 次碳排放权履约；7 个试点碳市场累计成交排放配额交易约 6700 万 tCO₂e，累计交易额约为 23 亿元，市场价格在 12 至 130 元/tCO₂e 间波动。

2014 年，国家发展改革委开始组织建设全国碳排放权交易市场，开展制度设计研究，研究全国碳市场配额总量和分配方法，研究建立全国碳交易登记注册系统。2014 年 12 月，国家发展改革委出台《碳排放权交易管理暂行办法》，明确了配额管理、排放交易、核查与配额清缴、碳交易主管部门监督管理责任等，奠定了碳交易体系的制度基础。截至 2015 年底，国家发展改革委备案并公布 7 家交易机构备案成为温室气体减排交易平台，10 家核查机构通过备案获得自愿减排交易项目审定与核证机构资格，累计公示温室气体自愿减排审定项目 2000 余个，备案项目 700 余个，减排量备案项目约 200 个，累计备案减排量超过 5000 万 tCO₂e。

4) 温室气体统计常态化

2011 年,国家发展改革委发布《关于印发省级温室气体清单编制指南(试行)的通知》,2014 年底完成了全国 31 个省(自治区、直辖市)及新疆生产建设兵团 2005 年和 2010 年的清单报告编制。省级温室气体清单评估格式表格及联审指标体系初步建立,目前已完成对各地 2005 年及 2010 年清单报告的评估和联审。2015 年 1 月,国家发展改革委下发了《关于开展下一阶段省级温室气体清单编制工作的通知》,布置了各地区 2012 年和 2014 年省级温室气体清单编制工作。

2013 年 5 月,国家发展改革委会同国家统计局印发了《关于加强应对气候变化统计工作的意见》,提出了将温室气体排放基础统计指标纳入政府统计指标体系的基本目标。2014 年,成立了由国家发展改革委、国家统计局等 23 个部门组成的应对气候变统计工作领导小组,建立了以政府综合统计为核心、相关部门分工协作的工作机制。中国的温室气体统计正在走向常态化。

结合碳交易试点,国家大力开展了企业层面的温室气体统计工作。2014 年 1 月,国家发展改革委发布《关于组织开展重点企(事)业单位温室气体排放报告工作的通知》,要求重点企业开展温室气体核算工作。北京、上海、天津、重庆、广东、深圳和湖北等 7 个碳排放权交易试点地区均发布了地方有关温室气体排放报告的规章制度,并编制了纳入交易的各自重点行业企业温室气体排放核算方法,建立了各自的温室气体排放报送平台。江苏、浙江、湖南、云南等 19 个非试点省市也已先后建立或启动了本地的报告平台建设,并陆续开展了重点企(事)业单位温室气体排放数据报送等相关工作。

三 “十二五”期间中国低碳发展的主要特征

1. 经济转型成为驱动低碳发展的主要因素

根据 KAYA 公式,碳排放增长的驱动力可以分解为四个因素:人口、人均 GDP、单位 GDP 能耗强度、单位能源碳排放(见图 1-8)。在这四个因素中,经济增速的放缓成为碳排放增速放缓的关键性因素。“十二五”时期,中国逐渐把经济发展的重心由数量向质量转变,经济转型成为带动低碳发展的主要因素。

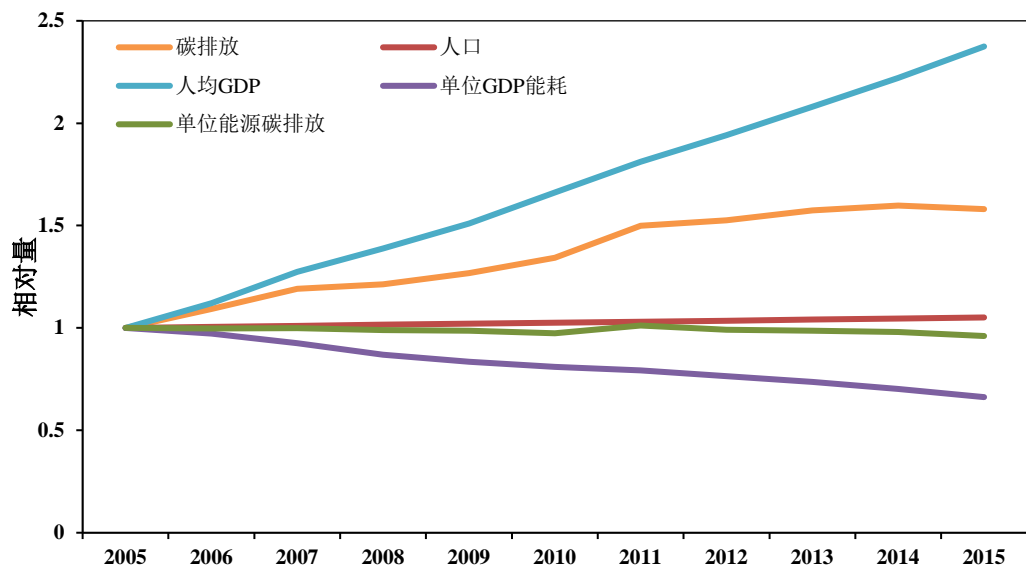


图 1-8 2005-2015 年中国碳排放增长的驱动力变化情况

在过去的几十年，技术进步始终是推动中国能源强度下降的主要因素。但进入“十二五”时期，结构调整开始扮演越来越重要的作用。2012年以来，国务院先后发布了《服务业发展“十二五”规划》、《关于加快发展生产性服务业促进产业结构调整升级的指导意见》、《“十二五”国家战略性新兴产业发展规划》等规划，将经济结构转型作为经济社会发展的首要任务。在一系列政策的作用下，“十二五”期间的经济结构发生了质的变化。按当年价格计算，2012年，第三产业在经济结构中的占比首次超过第二产业。根据佩蒂-克拉克定律，标志着中国已成为以服务业为主的经济体，经济发展格局进入到一个崭新的时代。2015年，第三产业占GDP的比重达到50.5%（见图1-9）。“十二五”期间，服务业增加值占国内生产总值的比重提高了6.3个百分点，超额完成“十二五”规划中提出的4个百分点的增长目标。

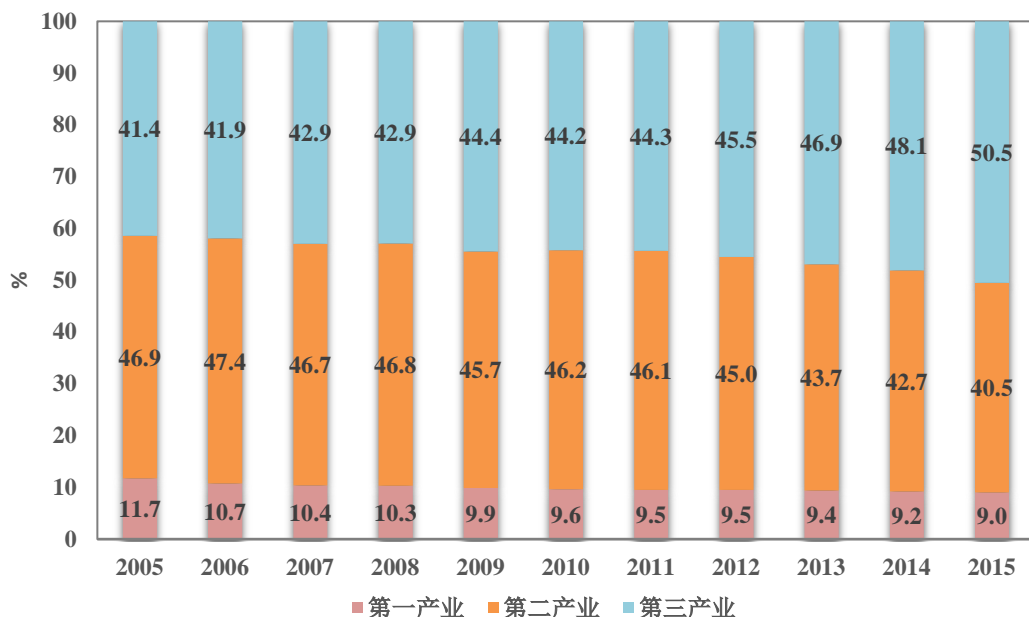


图 1-9 2005-2015 年中国的产业结构

“十二五”期间，工业结构内部也发生了积极变化，成为带动低碳发展的重要因素。2011 年以来，国家先后发布了《产业结构调整目录（2011 年本）》（2013 年再次修订）、《工业转型升级计划（2011-2015 年）》、《关于重点产业布局调整和产业转移的指导意见》、《关于印发淘汰落后产能工作考核实施方案的通知》、《关于化解产能严重过剩矛盾的指导意见》等系列政策文件，积极推动传统产业升级。2015 年，国务院进一步公布《中国制造 2025》，围绕“绿色发展”、“创新发展”等主题，对中国工业未来十年做出了总体部署。“十二五”期间，六大高能耗产业的平均增速由 2010 年的 13.5%降低到 6.3%，高技术产业则保持了 10%以上的高速增长态势。总体来看，2015 年工业比重比 2010 年下降 5.7 个百分点，工业能耗占社会总能耗的比重由 2010 年的 72.4%下降到 2015 年的 69%左右。

2. 雾霾治理与低碳发展呈现政策协同效应

“十二五”以来，以雾霾治理为目标的各类政策手段不断加强，成为低碳发展的重要推手。雾霾治理政策与低碳发展政策出现协同效应，通过协同进一步实现低碳发展。2013 年 9 月，国务院发布《大气污染防治行动计划》，要求到 2017 年全国地级及以上城市 PM10 浓度比 2012 年下降 10%以上，京津冀、长三角、珠三角等区域 PM2.5 浓度分别下降 25%、20%、15%左右。为实现这一目标，国家把煤炭消费总量控制作为一项重要措施。2014 年，

国务院印发《能源发展战略行动计划（2011-2020 年）》，实施煤炭消费减量替代，降低煤炭消费比重，京津冀鲁、长三角和珠三角等要削减区域煤炭消费总量。为贯彻落实《大气污染防治行动计划》，国家发改委、环保部、能源局联合印发《加强大气污染防治重点城市煤炭消费总量控制工作方案》，提出空气质量相对较差前 10 位城市煤炭消费总量较上一年度实现负增长的目标。

雾霾治理不仅拉开了大气污染防治的序幕，同时也推动了煤炭消费总量控制政策的执行，政策协同效应开始显现。鉴于煤炭消费和大气污染的直接关系，对环境空气质量更为严格的要求对能源消费结构调整形成了强大的倒逼机制。之前由发改委负责以节能减排为实施措施的能源消费总量控制政策，在大气污染防治的新背景下，其执行机制发生了根本性的变化。国务院明确了重点区域的目标分解与执行方案，并建立了针对大气污染防治的目标责任制，实行严格责任追究，大气污染防治的“政治性”得以体现。因此，大气污染防治背景下的煤炭消费控制政策打破了常规行政体制所遇到的政策执行瓶颈，有力地扭转了传统能源消费总量控制政策执行的阻滞局面。在雾霾治理的推动下，“十二五”期间中国煤炭消费年均增速 2.6%，较“十一五”年均增速低 4.9 个百分点。2013 年以来，煤炭消费总量开始呈现出下降态势。与此同时，能源消费总量增速放缓，碳排放增速下降，2015 年中国碳排放首次出现下降，政策协同效应开始显现。2015 年全球碳排放首次在经济显著增长的情况下下降，其中中国做出了重要的贡献。

3. 消纳问题成为可再生能源发展的制约因素

“十二五”末期，电力需求增速大幅下降，2014 和 2015 年分别降为 3.4%和 0.5%，电力供给过剩问题显现。在火电机组利用小时数显著下降的同时，非化石能源限电情况开始恶化，在局部地区出现了弃风、弃光、弃水、弃核的现象，且呈现愈演愈烈的趋势。以弃风问题为例，尽管弃风问题从 2010 年就存在，但由于国家能源局和电网公司采取了多项措施解决各地的弃风问题，至 2014 年该问题已呈现缓解趋势（国家能源局，2014）。然而 2015 年弃风电量达到新高，标志着造成这一问题的原因已出现根本性的变化。从下图可以看出，2010 年弃风率为 10%，2016 年这一比率已飙升至 21%。从弃风电量来看，2015 年弃风电量已达到 339 亿千瓦时，无论是从弃风率还是弃风电量来看，2016 年都显著高于 2015 年水平（图 1-10）。

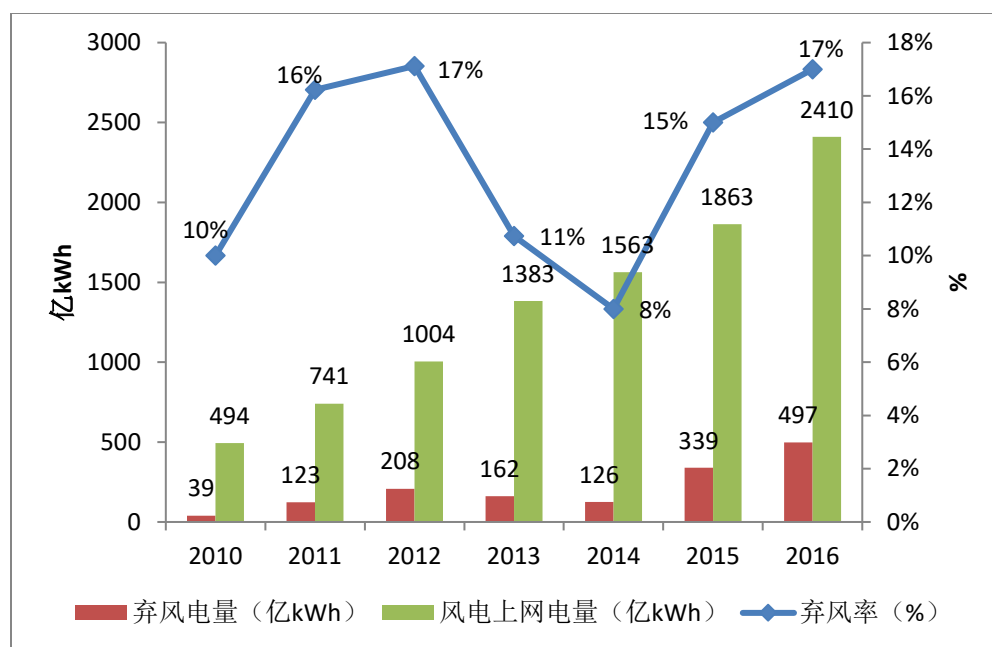


图 1-10 2010-2016 年弃风限电情况

数据来源：王兆斌，2014；国家能源局，2014；国家能源局，2015；国家能源局，2016a；国家能源局，2016b。

电力需求不足问题已经演变为弃风限电的主要原因。在 2014 年之前，各省的弃风原因主要有：（1）电力传输限制。由于近年来风电发展速度远超规划，另外电网建设和风电场建设的工期不匹配等原因，使得各省都出现了不同程度的电力传输限制。（2）调峰限制。由于规划中调峰电源与可再生能源发展不匹配、热电联产机组与发电机组发展的不匹配，导致多个省份都因调峰限制弃风限电，而东北地区尤其严重。（3）电力机组装机过剩。三北地区多个省份规划要成为能源基地，为其他地区提供能源供应。在这种思路下，各省电力装机普遍过剩。例如甘肃省最大用电负荷仅为其装机容量的四分之一。（4）电力需求不足问题。2015 年以来全社会用电量增速显著下降，弃风的最主要原因也转变为全国性的电力需求不足。因为需求不足，即使西部的风电长途运输到东部，也面临着没有省份愿意购买的问题。

同样的问题出现在水电、太阳能发电和核电领域。仅 2016 年前 10 个月全国弃风弃光弃水电量共达到 980 亿 kWh（林子琳，2017）。2016 年全国弃核电力总计达到 462 亿 kWh，弃核率达 19%，相当于近 7 台核电机组停运（第一财经日报，2017）。保守估计，2016 年全年弃风弃光弃水弃核的总电量超过 1500 亿 kWh，相当于 1.6 个三峡电站的发电量。可再生能源限电造成了巨大的浪费，但目前来看，短时期内还没有很好的解决方案。另一方面，2015 年和 2016 年火电新增装机容量达到 74.5GW 和 63.7GW，远超“十二五”前四年的年均

装机容量，加剧了电力行业的供给能力过剩局面，同时，也挤占了非化石能源的发展空间，为“十三五”期间的能源结构转型增加了不确定因素。

四 “十二五”时期低碳投融资

在经历了“十二五”时期的高速增长后，2016 年中国低碳领域融资显著减少。从电力系统的电源投资来看，2016 年前三季度，除核电外，其余各类电源投资均呈现下降趋势。同期相比，中国电源系统总投资减少了 10.8%，其中大型水电投资减少了 20.4%，火电投资减少了 8.3%（中电联，2016）¹。与此同时，清洁能源领域融资下降了 40%，显著高于全球清洁能源投资下降 29% 的平均水平²（BNEF，2016）。在能效领域，各级政府能效补贴资金投入巨大，在当前的经济形势下难以为继。2015 年中央政府削减了 1/3 的节能补贴资金（IEA，2016）。

1. 可再生能源与能效融资高速增长

“十二五”时期，在清洁能源投资领域，中国继续领跑全球，并拉开与其他国家的差距。如下图所示，这一时期全球清洁能源投资经历了先下降后回升的过程，2015 年全球融资额（2859 亿美元）略高于 2011 年水平（2785 亿美元）。欧洲可再生能源融资总体上呈减少趋势，美国可再生能源融资也是先减少后回升，但融资规模比较稳定。中国可再生能源融资在持续上升，2015 年融资规模（1029 亿美元）为 2011 年（474 亿美元）的 2.2 倍。与此同时，其占全球融资的比例迅速上升，2011 年为 17%，2015 年已达 36%。2016 年前三季度，在全球清洁能源投资下降了 29% 的情况下，中国在该领域内的投资下降了 40%。尽管如此，中国仍占全球清洁能源领域总投资的 30.3%（BNEF，2016）。

¹中电联的投资中只包含了大型能源投资集团投资的统计，因此在可再生能源领域的投资数据误差较大，本文没有引用其风电和光伏投资数据。

²此处清洁能源投资包括可再生能源投资与低碳服务投资（碳市场投资+金融与法律服务投资+清洁能源服务与支持投资）。

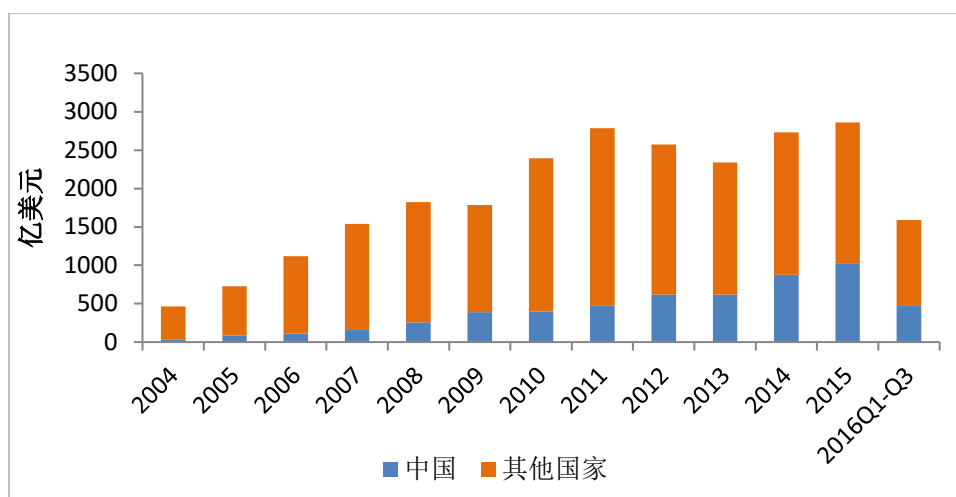


图 1-11 2001-2016 年第三季度全球清洁能源领域融资

数据来源：Bloomberg New Energy Finance, 2016.

注：2016Q1-Q3 指 2016 年第 1 季度到第 3 季度。

中国政府把能效列为政策重点。在过去十年间，中国在能效方面取得了巨大进展，在这一领域也是世界上举足轻重的国家。在 2000-2015 年间，在能效提高的带动下，中国的能源强度降低了 30%；2015 年中国主要耗能行业的能效与 2000 年相比提高了 19%。2000 年以来中国通过提高能效实现节能 13.2 亿 tce，相当于 2015 年中国能源消费总量的 30.8%。在延续“十一五”时期的能效政策的基础上，“十二五”时期中国在能效领域投资持续增加，五年间在该领域内的投资达到 3248 亿美元，是“十一五”时期的 2.7 倍；其中政府的公共财政投入 5 年的投资额达到 494 亿美元，是“十一五”时期的 2.2 倍；其它渠道资金增加更为显著，5 年的投资额为 2754 亿元，是“十一五”时期的 2.9 倍。

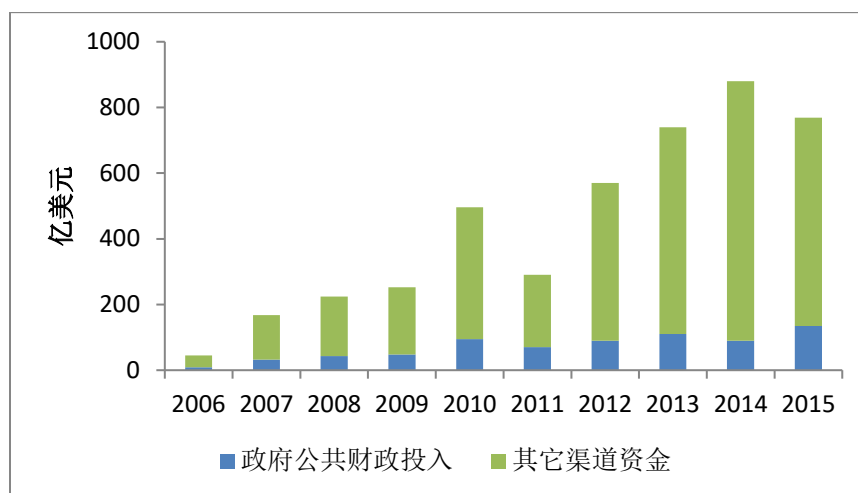


图 1-12 2002-2015 年中国能效领域投资

数据来源：（1）2002-2010 年数据：齐晔主编，《中国低碳发展报告 2013》。

（2）2011-2014 年数据：IEA, Energy Efficiency in China 2016.

（3）2015 年数据：中能世通（北京）投资咨询服务中心，2017。

2. 可再生能源投融资急需政策创新

融资模式

中国可再生能源融资主要是以上网电价补贴带动社会投资的模式。上网电价补贴来自于终端电价中的可再生能源电价附加。在经历四次调整后，2016 年可再生能源电价附加已达到 1.9 分/kWh。2015 年全国可再生能源电价补贴支出共计 519.2 亿元（83 亿美元）。随着可再生能源发电装机规模激增，上网电价补贴资金缺口逐渐增大。截至 2016 年上半年，资金缺口累计达到 550 亿元（\$88 亿美元）。原有补贴模式难以为继，急需政策创新。

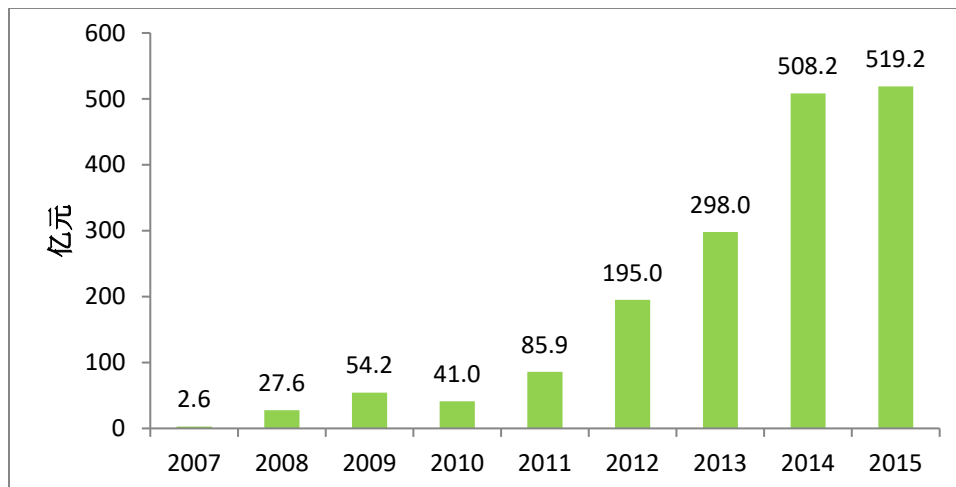


图 1-13 2007-2015 年可再生能源发电补贴（可再生能源电价附加支出）

数据来源：国家发改委，财政部政策文件。

备注：按补贴实际发放日期统计，事实上补贴的发放有较长的时间滞后。

此外还有针对农村的小水电和沼气、以及一些示范工程的政策扶持。对于这些工程，中国政府主要采取了投资侧补贴的方式。“十二五”期间，全国公共财政共支出 632.8 亿元用于支持可再生能源的应用，其中 2015 年支出 164.7 亿元，约为可再生能源上网电价补贴支出的 28.4%。“十二五”时期，共有 10 多个投资侧补贴政策，用于支持可再生能源发展。这也是骗补事件多发的一个时期，反映了投资侧补贴政策在项目申请、监管等环节存在的重大漏洞。随着一大批示范项目的到期，全国公共财政用于可再生能源应用的支出将大幅减少。

资金渠道

可再生能源的融资模式主要仍为传统的抵押贷款，这一形式往往将市场参与者限定为大型国有资本或上市公司，私营企业很难为项目筹集足够的资金。此外，贷款通常用公司资产而非项目资产，这在一定程度上削弱了对高质量项目的激励。

从资金来源来看，中国可再生能源的资金以国内资金为主，国际资金主要是可再生能源项目的清洁发展机制基金（Clean Development Mechanism, CDM）。2015 年中国可再生能源融资为 1029 亿美元，CDM 国际资金约为总融资规模的 3%。从 CDM 资金的规模来看，“十二五”期间以 2013 年最高（12.12 亿美元），2014 和 2015 显著减少，2015 年为 2.84 亿美元。从资助类型来看，风能发电和水电得到的资金最多。从国内的资金渠道来看，主要来源有银行、企业、资本市场、风投/私募等。

对于风电项目，开发商主要为大型国有能源企业，主要贷款方为国有大型银行或政策性银行，银行贷款一般占总投资的 80%，其余 20%为企业资本金。对于光伏发电行业，融资模式根据开发商的性质而不同。第一类是具有低成本融资通道和强大项目开发能力的国有和民营企业，能够得到商业银行和政策性银行的支持。第二类是借助项目开发带动产品销售收入增长的民营企业，这类企业充分利用多种融资渠道，保持了很强的金融创新能力。例如 2015 年上半年，A 股上市公司光伏概念股中募集了超过 260 亿元用于光伏电站，覆盖规模达到 3GW（王勃华，2016）。

“十二五时期”是中国可再生能源融资转型时期。随着可再生能源发展的重心从西部转向中东部，电站的规模不断缩小，发展方式由集中式发电转向分布式发电，对资金的需求更加灵活，资金规模也趋于小型化。自 2014 年初以来，中国光伏企业纷纷探索融资的创新模式，曾出现了众筹、融资租赁、售后回租等形式，但在现有的法律和标准框架内，还没有实质性突破。而在世界范围内，光伏、风能电站融资模式早已成熟，如光伏资产证券化、收益公司、租赁、机构融资，以及众筹和社区融资等（陆宇，2015）。

投资领域

2015 年中国可再生能源融资的 98.3%用于应用投资，最重要的三个投资领域是：风力发电、太阳能发电和小水电。从类型来看，已大规模的地面电站为主，但是近年来分布式光伏发电发展很快，2014 和 2015 年分布式系统占太阳能发电投资的比例分别为 20%和 11%。

如下图所示，风电投资总额“十二五”期间经历了先减少后上升的过程，而风电投资在总投资中占比逐渐减少，从 2009 年的 91.2%降至 2015 年的 47%。太阳能发电投资总体呈逐年增加趋势，在总投资中占比逐年上升，从 2011 年 28%增至 2015 年的 49%。“十二五”期

间小水电投资规模较为稳定，年投资在 21-29 亿美元之间。其他类型的应用包括了生物质能发电、地热发电等，但是 2015 年后这部分应用投资显著减少。

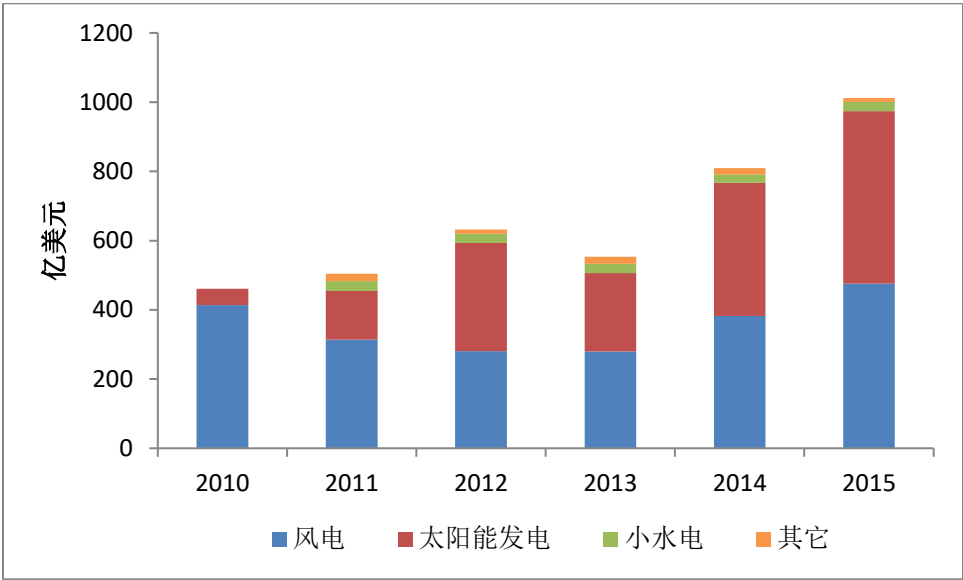


图 1-14 2011-2015 年中国可再生能源应用投资
数据来源: Frankfurt School UNEP-Collaborating Center, 2016.

3. 能效融资模式面临巨大挑战

融资模式

中国能效融资是典型的以政府补贴资金撬动社会投资的模式。“十一五”期间，中国政府投入了 200 亿美元用于公共财政补贴和投资，撬动了 1000 亿美元的新增民间投资。同时中央政府出台了覆盖工业、建筑、交通、消费各领域的政策，成为世界上能效政策和行动方案最全面、力度最大的国家之一。这些政策和行动大多数采取了投资侧补贴的模式，中央政府为此建立了多个专项资金。例如“十二五”期间，节能技术改造财政奖励资金中央政府支出（包括中央本级支出和对地方转移支付）就达到了 267 亿元，建筑节能各专项资金支出之和约为 407 亿元。从下图可以看出，“十二五”期间中央政府的支出远超“十一五”时期，达到 2374 亿元，各级政府能效领域补贴资金显著增加。然而这一趋势在 2016 年发生重大变化，中央政府开始大幅削减节能补贴资金。

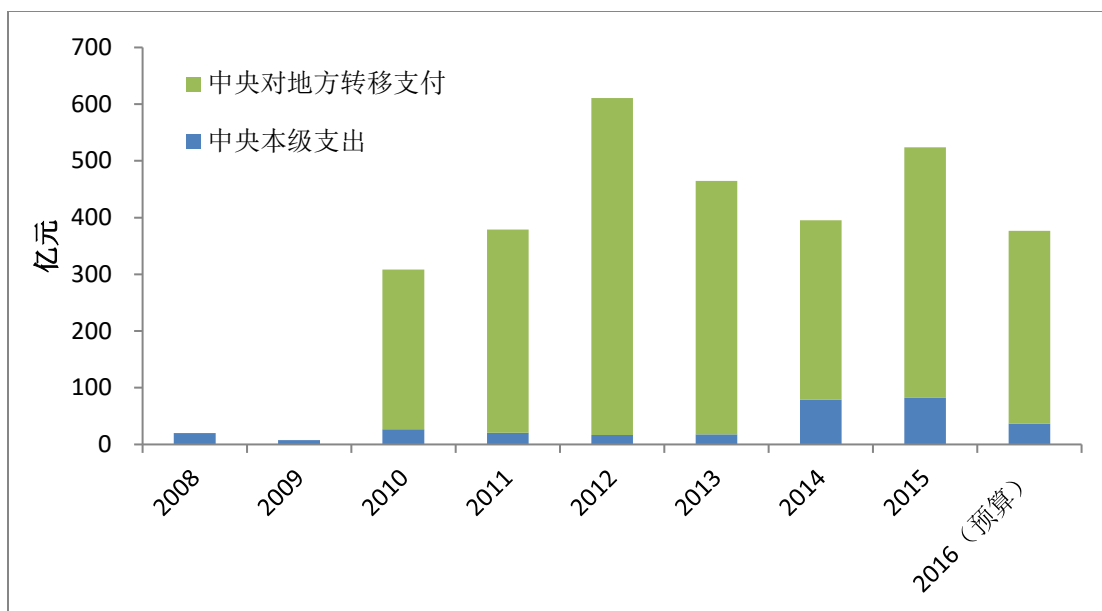


图 1-15 2008-2015 年中央政府能源节约利用公共财政支出
数据来源：财政部预算司网站。

注：2015 年原“能源节约利用补助资金”改为“节能减排补助资金”。

中国能效融资的主要资金来源包括政府、企业、银行、资本市场等。从图 1-17 可以看到,2015 年政府财政资金占比为 17.5%,企业自有资金占比 31.1%,银行贷款占比为 43.9%,股市资金占 5.9%,此外私募股权资金等其他渠道合计占比 1.8%。从以上数据可以看出,能效融资中最重要的资金来源是政府财政资金、企业自有资金和银行贷款。与“十一五”时期相比,尽管政府财政资金的投资额迅速增加,但在能效投资中占比显著降低;与此同时,银行信贷占比显著增加。

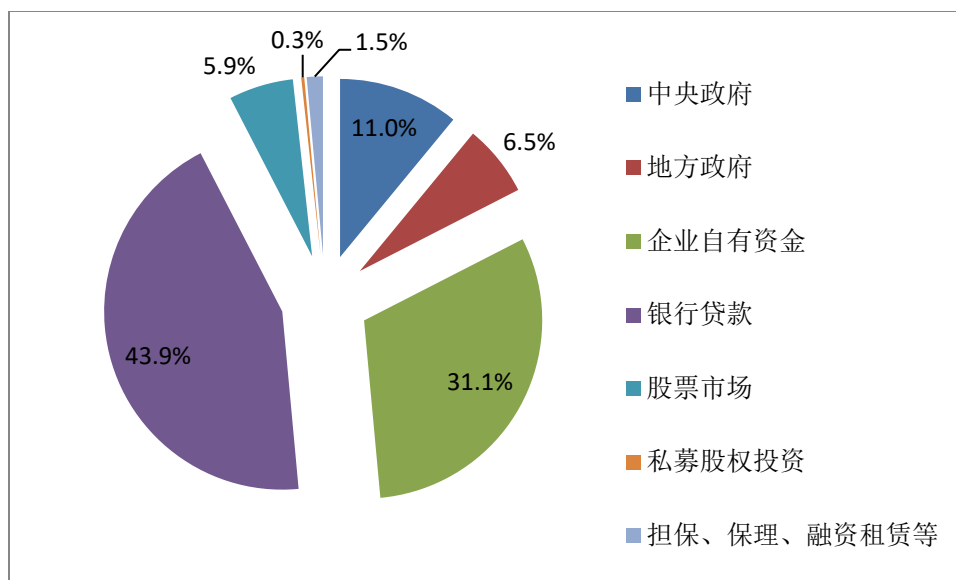


图 1-16 2015 年能效融资的主要资金来源
数据来源：（中能世通（北京）投资咨询服务中心， 2017）。

过去的 10 年间，中国节能服务公司市场快速增长。到 2015 年时，中国注册的节能服务公司总数达到 5426 家（见下图）。这些节能服务公司雇佣的人数达 60.7 万人，五年间增加了七倍。2015 年全球节能服务公司的市场规模为 240 亿美元，中国占到其中 133 亿美元（IEA，2016）。合同能源管理财政奖励资金是节能服务公司发展的驱动力量之一，节能公司凭借其节能业绩是可以申请中央和地方层级的补贴。另外还有针对合同能源管理税收优惠。2015 年，中央政府中止了对合同能源管理项目的补贴，但是地方政府层面仍然有针对节能服务公司的资金补贴和政策优惠。

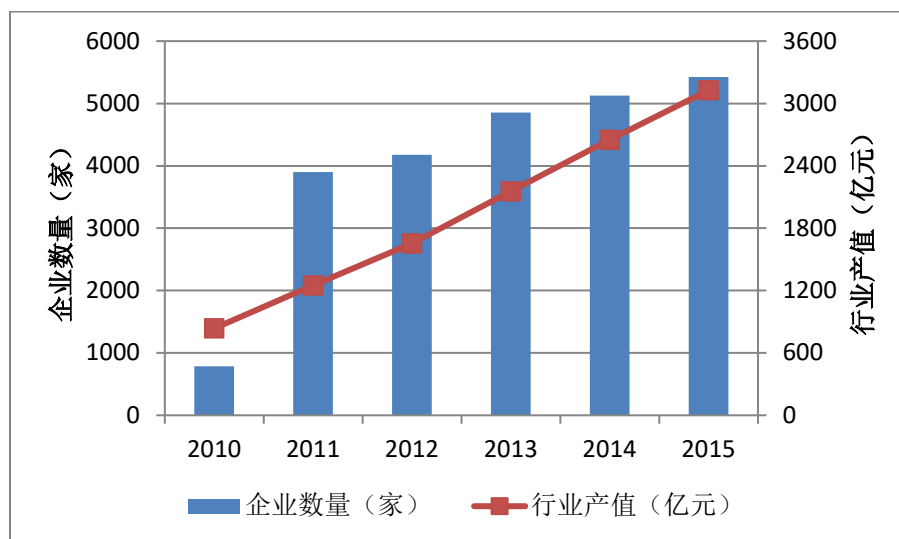


图 1-17 2010-2015 年节能服务业企业数量和行业产值
数据来源：China ESCO Industry Association (EMCA), 2015。

投资领域

中国能效投资的领域主要包括工业、建筑、交通和消费。工业是中国的传统节能领域和最大的节能贡献者。“十一五”期间，中国政府启动了“千家企业节能行动”，自 2011 年开始，该行动被扩展到 16078 个企业。此外，在工业领域还设有“淘汰落后产能”、“工业企业能源管理中心建设示范项目”等政策扶持。建筑领域最重要的政策是“北方采暖区既有居住建筑供热计量及节能改造”，在“十二五”时期建筑节能的地域扩展到了夏热冬冷地区，此外还有对建筑能耗监测平台的政策支持。在交通领域，除了“交通运输节能专项资金”支持的项目外，还有对于“节能汽车推广”的资金支持。

五 展望“十三五”

领导中国这样巨大且发展迅速的经济体转向可持续发展并不是一件容易的事情。要实现其低碳发展的愿景，中国政府需要在其制定、执行和评估低碳政策的过程中应对多重挑战。当前，中国政府的多个部门都开始在各自领域内采取措施应对气候变化、实现低碳发展，因而更凸显了政策间协调的重要性，其中不仅包括气候政策和能源政策间的协调、气候政策与环境政策的协调，也包括在政策的制定和执行过程中全面整合气候及能源目标。当前，环境治理与气候政策的协同效应已经开始显现。在下一阶段，急需用低碳政策作为引领，整合不同领域内的相关政策，优化现有的政策体系。

“十三五”时期，将进一步探索引入市场机制进行政策创新。“十二五”时期，传统的行政手段带来的减排潜力已经在降低，一些新的市场类的政策工具开始出现，例如碳市场政策。例如在能效领域，投资侧补贴政策从“十一五”以来发挥了很好的引导作用，然而政府补贴对社会投资的撬动效果却一直在降低。从数额上来看，“十二五”时期，政府补贴的金额也迅速上升。因此，结合已有的碳市场等政策机制，积极探索新的市场机制，是下一阶段的重要任务。

此外，中国需要建立全面跟踪政策实施并评估政策效果的体系。与关注具体企业表现的 MRV 机制不同，政策跟踪和评估体系关注的是具体政策措施的实施情况和效果，为改进政策设计和实施效果提供分析和支持，并提高政策执行过程中资源的使用效率和成本效益。中国国内的一些研究机构和社会团体已经开始对气候和能源政策的影响进行评估，而政府的支持将使这方面的进展更加顺利。

此外，“十三五”时期也面临着一系列的挑战。例如现有可再生能源政策机制面临巨大的挑战，中国在 2020 年需要实现可再生能源消费量占能源消费总量比重 15% 的目标。而大面积的弃风弃光弃水、以及近两年的火电抢装，为可再生能源的下一步发展增加了不确定性，急需综合性的解决方案。另外，为实现 2℃ 气候目标，在 2015 至 2030 年间，中国的能源强度需要年均降低 4.7%，相比 2001-2014 的速度（3.1%）大幅提高。能效提高的水平和规模将会是日本和其他经合组织国家历史速度的 2 倍多（IEA，2016）。而现有的能效融资模式面临着巨大的挑战。各级政府能效补贴资金投入巨大，在当前的经济形势下难以为继。2016 年中央政府已大幅节能补贴资金，而能效领域的市场机制尚未全面建立。

参考文献：

1. Bloomberg New Energy Finance：Summer Lull in Europe, Asia Slowdown Make for Weak Clean Energy Investment in Third Quarter, <https://about.bnef.com/press-releases/summer-lull-europe-asia-slowdown-make-weak-clean-energy-investment-third-quarter>, 2017-03-13.
2. Frankfurt School UNEP-Collaborating Center, Bloomberg New Energy Finance, Global Trends in Renewable Energy Investment 2016, 2017-03-13.
3. IEA: Energy Efficiency in China 2016 (Special report), 2017-03-13.
4. IEA: China ESCO Industry Association (EMCA), ESCO development in China - drivers and barriers, <https://www.iea.org/media/workshops/2015/behaviournov12/3MingZhao.pdf>, 2015, 2017-03-13.
5. Liu, Yingqi, & A. Kokko, “Wind power in China: Policy and development challenges”, Energy Policy, 2010.
6. NEA: 2016 年上半年风电并网运行情况, http://www.nea.gov.cn/2012-02/02/c_135066586.htm, 2017-03-13.
7. Wang, Zhaobin, “Report on wind energy curtailment in China”, Energy, vol.7, 2014.
8. 国家能源局：《2013 年风电产业继续保持平稳较快发展势头》，http://www.nea.gov.cn/2011-03/06/c_133166473.htm, 2014, 2017-03-13。
9. 国家能源局：《2014 年风电产业监测情况》，http://www.nea.gov.cn/2011-03/06/c_133166473.htm, 2015, 2017-03-13。
10. 国家能源局：《2015 年风电产业发展情况》，http://www.nea.gov.cn/2012-02/02/c_135066586.htm, 2016, 2017-03-13。
11. 陆宇：《光伏电站融资坚冰正在打破》，21 世纪经济报道，2015, <http://money.163.com/15/0413/05/AN2CHQ3U00253B0H.html>, 2015-01-13。
12. 齐晔主编：《中国低碳发展报告 2013》，社会科学文献出版社，2013。
13. 王勃华：《中国光伏产业 2015 年总结及 2016 年展望》，光伏行业 2015 年回顾与 2016 年展览研讨会，北京万寿宾馆，<http://www.pvnews.cn/guangfucaijing/2012-01-22/136650.html>, 2017-03-13。
14. 王赵宾：《中国弃风限电报告》，《能源》2014 年第 7 期。
15. 中能世通（北京）投资咨询服务中心，中国能源研究会能效与投资评估专业委员会：《中国能效投资进展报告（2015）》，中国科学技术出版社。

附录

附表1 “十二五”时期各部门节能目标的实现情况

部门	节能目标	实际数据	完成情况
总体目标	2015 年单位 GDP 能耗较 2010 年下降 16%	2015 年能耗强度较 2010 年降低 18.2%	完成
工业	到 2015 年，规模以上工业增加值能耗比 2010 年下降 21% 左右，“十二五”期间预计实现节能量 6.7 亿吨标准煤。	规模以上企业单位工业增加值能耗累计下降 28%，实现节能量 6.9 亿吨标准煤，	完成
	<p>加快淘汰炼铁、炼钢、焦炭、铁合金、电石、电解铝、铜冶炼、铅冶炼、锌冶炼、水泥（熟料及磨机）、平板玻璃、造纸、酒精、味精、柠檬酸、制革、印染、化纤、铅酸蓄电池等</p> <p>工业行业落后产能</p>	<p>累计淘汰炼铁产能 9089 万吨、炼钢 9486 万吨、电解铝 205 万吨、水泥（熟料及粉磨能力）6.57 亿吨、平板玻璃 1.69 亿重量箱</p>	完成
	吨钢综合能耗由 605 千克标准煤下降到 580 ；	吨钢综合能耗下降到 572 ；	
	水泥熟料综合能耗由 115 千克标准煤/吨下降到 112 ；	水泥熟料综合能耗下降到 112 ；铝锭综合交流电耗下降到 13350 ；	
	铝锭综合交流电耗由 14013 千瓦时/吨下降到 13300 ；	乙烯综合能耗下降到 816 ；	完成
	乙烯综合能耗由 886 千克标准煤/吨下降到 857 ；	合成氨生产综合能耗下降到 1331	
	合成氨生产综合能耗由 1402 千克标准煤/吨下降到 1350 等		
建筑	实施北方既有居住建筑供热计量及节能改造 4 亿平方米以上；启动夏热冬冷地区既有居住建筑节能改造试点 5000 万平方米。	完成北方采暖地区既有居住建筑供热计量及节能改造 10 亿平方米，完成夏热冬冷地区既有居住建筑节能改造面积 7090 万平方米	完成
	实施绿色建筑规模化推进。新建绿色建筑 8 亿平方米	截至 2015 年底，全国共有 3979 个项目获得了绿色建筑评价标识，建筑面积超过 4.5 亿平方米	未完 成

到“十二五”期末，建筑节能形成 1.16 亿吨标准煤节能能力	建筑节能实现 1 亿吨标准煤	基本完成
交通		
与 2005 年相比，营运车辆单位运输周转量 CO ₂ 排放下降 11%；营运船舶单位运输周转量 CO ₂ 排放下降 16%。	2015 年与 2005 年相比，营运车辆和营运船舶单位运输周转量二氧化碳排放分别下降 15.9% 和 20%	完成
民航运输吨公里能耗和二氧化碳排放量五年平均比“十一五”下降 3% 以上	民航运输吨公里油耗及二氧化碳排放均下降 13.5%	完成

附表 2 “十二五”期间能源发展目标及其完成情况

	2010	“十二 五”目标	2015	完成 情况
能源消费总量（亿吨）	36	40	43	未完成
非化石能源比重（%）	9.4	11.4	12	完成
天然气占一次能源消费比重（%）	4	7.5	约 6	完成
煤炭消费比重（%）	69.2	65	64	完成
非化石能源发电装机比重（%）	26.5	30	34	完成
水电（万千瓦）	21606	29000	31954	完成
并网风电（万千瓦）	3100	10000	12900	完成
光伏发电（万千瓦）	80	2100	4318	完成
各类生物质发电（万千瓦）	550	1300	1030	完成
沼气（亿立方米）	140	220	190	未完成
太阳能热水器（万平方米）	16800	40000	44000	完成
地热等（万吨标准煤/年）	460	1500	460	未完成
生物成型燃料（万吨）	0	1000	800	未完成
燃料乙醇（万吨）	180	400	210	未完成
生物柴油（万吨）	50	100	80	未完成
可再生能源总利用量（万吨标准煤）	28600	47800	51248	完成