

# 助力中国低碳经济转型的 政策与举措<sup>\*</sup>

张中祥<sup>\*\*</sup>

## 引 言

“十三五”（2016~2020年）规划标志中国经济发展的优先目标已经从“向贫困宣战”转向了“向污染宣战”。从国内看，时常困扰北京和其他地区的雾霾以及飞速增长的石油进口，加剧了人们对环境问题、健康风险和能源安全的忧虑，力促中国经济转型势在必行。从国际上看，中国面临同样强的外界压力，比如，中国在全球气候变化谈判方面须就应对气候变化做出坚定的承诺。无论是从国家利益出发还是从国际社会利益出发，中国再也不能沿着以牺牲环境为代价刺激经济增长的老路继续前行了。

很多年前，中国的领导人就已经认识到国家所面临的环境挑战。2012年11月，中国共产党第十八次全国代表大会将生态文明建设纳入基本国策。这一举措将生态建设目标与现有的经济、政治、文化和社会政策放到同等重要的位置上，并强调将生态文明价值嵌入经济发展的方方面面。

在生态文明建设的宏伟目标下，当前的议题就是中国将如何应对驱动经济增长的能源消费带来的环境问题，尤其是气候变化的影响。在中国的排放

---

<sup>\*</sup> 本章内容受益于 Yannick Ringot 的评论。本章陈述的结论仅代表个人观点，不代表基金资助方（国家自然科学基金项目，项目号为 71373055）的意见。所有错漏之处均由笔者个人承担。

<sup>\*\*</sup> 天津大学管理与经济学部“千人计划”特聘教授，国家能源、环境和产业经济研究院院长。

现状与经济规模条件下，这一问题使气候政策抉择陷入了两难的困境，对于中国自身甚至全世界来说都是如此。即使在中国当前经济增长放缓的背景下也是如此，虽然中国经济增长放缓，但这种水平的经济增长速度从世界范围来看也是非常快的。

在此背景下，本章讨论中国的能源和环境目标、政策以及采取的措施，并从相关讨论中获得一些结论。第二部分列出了中国的能源与环境目标；第三部分着重介绍了中国减缓气候变化影响的 10 项减排政策与措施；第四部分总结了这些目标与政策的重要性，并讨论了未来的相关挑战。

## 能源与环境目标

从 1980 年到 2000 年，中国的国内生产总值（GDP）已经翻了两番，与此同时能源消费仅仅翻了一番（Zhang, 2003）。基于这 20 年的发展趋势，美国能源信息署估计（EIA, 2004），中国的二氧化碳排放在 2030 年之前不会超过世界上最大的二氧化碳排放国美国。然而，进入 21 世纪以后，中国的能源消耗急剧增长，2000 ~ 2007 年就几乎翻了一番。经济增速与前 20 年一样迅速，但这一阶段的能源消耗增长是前 20 年 2 倍。如此一来，中国在 2007 年成为世界上最大的二氧化碳排放国（IEA, 2007）。为了改变这种趋势，中国第一次将投入约束纳入五年规划之中。中央政府还特别要求在“十一五”（2006 ~ 2010 年）期间，单位 GDP 能耗下降 20%（State Council of China, 2006）。

Zhang (2000a, 2000b) 设想中国将在 2020 年前后做出自愿降低单位 GDP 温室气体（GHG）排放量的承诺，以及在 2020 年前后全国碳排放强度与部门排放上限的组合将成为中国史上最严格的排放承诺。在 2009 年的哥本哈根峰会上，中国承诺 2020 年的碳排放强度在 2005 年的基础上削减 40% 到 45%。虽然这一承诺与中国反对绝对排放上限的一贯立场一致——总量排放上限将限制中国经济的发展——但这标志着中国坚持的气候行动立场出现了转变。更重要的是，温家宝总理后续澄清，中国在哥本哈根会议上的承诺是无条件的而且独立于其他国家的减排目标（Watts, 2009）。在“十二五”期间，中国首次将碳排放强度作为国内发展的承诺，要求全国范围内的能源强度比 2010 年下降 16%（不同的省份下降幅度为 10% 到 18% 不

等），全国范围内碳排放强度下降 17%（不同省份下降幅度为 10% 到 19.5% 不等）。

尽管这一单方面的承诺表明了中国实现能耗和碳排放与经济增长进一步脱钩的决心，但这一决心是否坚定引发了各界讨论（Qiu, 2009; Carraro and Tavoni, 2010）。为正确看待中国提出的碳排放强度目标，Zhang（2011a, 2011b, 2011c）考察了中国的承诺与“十一五”规划中确定的节能目标是否一样具有挑战性，并提出和回答有关这个目标的一些问题：第一，该目标将使中国的碳排放量比预计的基准线低多少；第二，如果该目标得以实现，中国是否履行将大气中温室气体的浓度控制在国际标准的义务；第三，中国的承诺是否保守，是否有进一步提高的空间。对中国应对气候变化承诺的均衡分析表明，中国提出的碳排放强度目标绝不像某些西方学者（Levi, 2009）认为的那样稀松平常。由于中国已经是世界上最大的碳排放国家，且排放总量和占世界碳排放量的比例仍在继续上升，因此中国碳排放强度即使减少几个百分点，也会使全球碳排放大幅度下降。中国进一步削减其碳排放强度虽然很困难，但并非不可能。Zhang（2011a, 2011b, 2011c）建议，中国在 2006 ~ 2020 年碳排放强度削减目标定为 46% ~ 50%。一旦该减排目标实现，中国 2020 年的绝对碳排放量将比基准线低 15% ~ 21%，正好处于政府间气候变化委员会建议的范围（发展中国家的绝对碳排放量比基准线低 15% ~ 30%）。

如表 1 所示，中国计划到 2030 年实现减排目标。根据 2014 年 11 月中国国家主席习近平和美国总统巴拉克·奥巴马签署的《中美应对气候变化联合声明》，中国承诺到 2030 年左右二氧化碳排放达到峰值且将努力早日达峰，并计划到 2030 年非化石能源占一次能源消费的比重提高为 20% 左右（White House, 2014）。这些承诺已经被正式列入中国 2015 年 6 月 30 日向联合国气候变化公约秘书处提交的“国家自主减排贡献”提案之中（NDRC, 2015）。不仅如此，中国承诺，到 2030 年单位 GDP 碳排放比 2005 年下降 60% ~ 65%。2016 年 3 月，全国人民代表大会批准了 2020 年相对于 2015 年能源强度下降 15%、碳排放强度下降 18% 的目标，并将其作为“十三五”规划的一部分（State Council of China, 2016）。如果这些目标得以实现，中国将超额完成其在哥本哈根气候变化峰会上的承诺，且最终结果在很大程度上将位于 Zhang（2011b, 2011c）建议的区间内。

表 1 2006 ~ 2030 年中国的能源和环境目标

时间表	目标
“十一五”时期 (2006 ~ 2010 年)	单位 GDP 能耗比 2005 年下降 20% (实际达到了 19.1%); 使二氧化硫排放减少 10%; 关停小火电厂累计装机容量 50GW (实际达到 76.8GW); 通过千家企业节能行动计划, 累计实现节能 1 亿吨标准煤的目标 (实际达到 1.5 亿吨标准煤)
“十二五”时期 (2011 ~ 2015 年)	能源强度比 2010 年下降 16% (不同省份的能源强度下降幅度为 10% 到 18% 不等), 碳排放强度下降 17% (不同省份的排放强度下降幅度为 10% 到 19.5% 不等); 二氧化硫排放量下降 8%, 氮氧化物排放量下降 10%; 通过万家企业节能低碳行动计划, 累计节能 2.5 亿吨标准煤
“十三五”时期 (2016 ~ 2020 年)	能源强度比 2015 年下降 15%, 二氧化碳排放强度下降 18%; 能源消耗量不超过 50 亿吨标准煤; 碳排放强度比 2005 年削减 40% ~ 45%, 替代能源满足全国能耗的 15%, 风能总装机容量达到 200GW, 光伏总装机容量达到 100GW
2030 年	2030 年左右二氧化碳排放达峰并争取尽早实现, 非化石燃料在能源消耗中的比重增加为 20% 左右, 单位国内生产总值碳排放强度相比 2005 年下降 60% ~ 65%

## 减排政策与措施

燃煤产生的粉尘、二氧化硫、氮氧化物和二氧化碳造成了全国范围的环境污染和健康威胁 (Zhang, 2007a, 2011b; CCCPPRP, 2014)。因为中国的能源结构以煤为主, 煤炭消耗峰值的时点对于决定二氧化碳排放达到峰值的时点以及实现生态文明目标来说至关重要。

煤炭消耗尽早达峰, 不仅需要关键能源消费部门加倍努力, 而且需要区域之间相互协调, 尤其是那些发达的、污染严重的地区。大气污染防治行动计划 (State Council of China, 2013) 对发达地区设定了更为严格的可吸入颗粒物浓度标准, 其中京津冀、长三角和珠三角等区域可吸入颗粒物浓度到 2017 年应比 2012 年分别下降 25%、20% 和 15% 左右, 北京市可吸入颗粒物年均浓度控制在 60 微克/立方米左右。为此, 在“十三五”期间, 这些发达和空气严重污染地区的煤炭消费量不应当再增加, 事实上, 消费量绝对值应进一步降低。因此, 中国“十三五”期间的关键挑战就是采取各种协调措施, 确保规划期间煤炭消耗达到峰值。这样的话, 中国二氧化碳排放量估计会在 2025 ~ 2030 年达到峰值, 2030 年煤炭消耗在总能耗中的份额下降为

50% 以下（Wang, 2014; Zhang, 2014c）。

在“十一五”和“十二五”期间，中国采取了一系列旨在节能减排的方案和措施以及利好的经济政策、产业政策和配套措施（Zhang, 2015c）。具有代表性的项目包含但不限于：千家企业节能行动计划、万家企业节能低碳行动计划、强制关停小火电与建设大型有效电厂、低碳城市发展试点。同时，中国政府努力推动可再生能源的广泛利用、设定合理的能源价格水平、改革资源税和利用市场机制，从而使中国转型为一个真正的低碳国家。

### 千家企业节能行动计划

中国工业能耗占据了全部能源消耗的 70%。因此，工业部门对实现中国 2010 年能源强度下降 20% 的目标至关重要。鉴于此，政府积极探索鼓励技术进步、加强污染控制、促进产业升级和节能减排的产业政策，力促中国经济向高效和环境友好型转变。在节能方面，中国于 2006 年 4 月启动了千家企业节能行动计划，涉及九个关键能源供给和消耗工业部门的 1008 家企业。每家企业在 2004 年至少消耗 18 万吨标准煤。这些企业的能源消耗总和占当年全国总能耗的 33%，占当年工业能源消耗的 47%。该计划的目标是在“十一五”期间累计节约 1 亿吨标准煤（NDRC, 2006）。

国家发展与改革委员会（NDRC, 2009b）2009 年 11 月公布，到 2008 年底全国已累计实现节能总量达 1.062 亿吨标准煤，提前两年实现计划目标。但是仍有需要改进的地方（Price et al., 2010）。2011 年 9 月，国家发展与改革委员会估计，在“十一五”期间，千家企业节能行动计划累计实现节能 1.5 亿吨标准煤（NDRC, 2011a）。

### 万家企业节能减排低碳行动计划

为了实现“十二五”期间的节能减排目标，国家发展与改革委员会于 2011 年 12 月联合其他 11 个部委，制订了万家企业节能减排低碳行动计划——作为千家企业节能行动计划的扩展版。这一扩展行动方案总共涉及 16078 家企业，包括 2010 年综合能源消费量在 10000 吨标准煤及以上的工业和交通运输企业，以及综合能源消费量在 5000 吨标准煤及以上的其他部门实体。这些企业 2010 年的能耗总量占当年全国能耗总量的 60% 以上。该计划的目标是在 2011 ~ 2015 年累计节约 2.5 亿吨标准煤（NDRC, 2012）。

2013 年 12 月，国家发展与改革委员会公布了 2012 年万家企业节能减排低碳行动计划的实施效果，其中 3760 家企业（25.9%）超额完成节能目标；7327 家企业（50.4%）完成节能目标；2078 家企业（14.3%）基本完成其节能目标；1377 家企业（9.5%）未完成其节能目标。2011 ~ 2012 年，累计实现节能量 1.7 亿吨标准煤，完成“十二五”期间万家企业节能减排低碳行动计划的 69%（NDRC, 2013b）。

### 强制关停小型电厂，建设大型高效电厂

国家发展与改革委员会推出了一系列关停小型、无效发电企业的激励措施。例如，小型电厂的上网电价更低，电厂可以选择建设新型产能以淘汰落后产能，那些指定关停的电厂可以获得发电配额，可在有限的时间继续经营或出售给规模更大的电厂（Williams and Kahrl, 2008；Schreifels et al., 2012；Zhang, 2010a, 2011b, 2015c）。

这些激励政策帮助政府超额完成了 2006 ~ 2010 年计划关停小火电总装机容量 50GW 的目标。到 2008 年末，关停小火电总装机容量已经达到了 34.2GW，而 2001 ~ 2005 年，全部淘汰的小火电装机容量只有 8.3GW（NDRC, 2008）。截至 2009 年上半年，累计淘汰小型和落后电厂总装机容量上升到 54GW，提前 18 个月超额完成原计划（50GW）目标。截至 2010 年底，关停小型和落后产能总装机容量已上升到 76.8GW——比英国全国电力装机容量的总和还要多，大约相当于中国 2001 ~ 2005 年淘汰全部装机容量的 10 倍（Zhang, 2015c）。

在建设大型、高效与清洁产能企业方面，截至 2012 年底，75.6% 的化石能源火力发电厂的总装机容量为 300MW 以上，而 2000 年这一比例只有 42.7%（Zhu, 2010；NDRC, 2013a）。通过关停小型无效电力企业和建设大型高效电力企业，截至 2012 年，每千瓦时发电量消耗的平均标准煤克数已经下降到 326gce/kWh——比 2005 年的 374gce/kWh 下降了 12.8%（CEC, 2011；CEC and EDF, 2012；Zhang, 2015c）。

随着中国经济进入新常态，建设高效燃煤电厂的政策本身也引起质疑。2016 年 3 月 23 日，国家能源局要求 13 个省级政府在 2017 年底以前停止审批新建煤电项目。同时，国家能源局还要求 15 个省级政府暂缓已经获批的在建煤电项目进程。这一举措的提出主要是因为燃煤电力企业市场条件的转



变。在装机容量被可再生能源替代、火电企业发电小时数下降以及电力需求低于预期等因素的影响下，燃煤电力企业面临着资产减记和未来资产搁浅的威胁（China Carbon Form, 2016）。

## 利好的经济政策

中国制定了一系列旨在鼓励技术进步和加强污染控制的经济政策，以实现节约能源和环境保护的目标。2006年7月，国家发展与改革委员会启动了旨在实现2010年降低能源强度目标的“十大节能工程”计划。为了支持这项计划，从2007年8月开始，中央政府每年都会向节能企业发放财政补贴。其中，东部地区的企业每节约一吨标准煤奖励200元，中西部地区的企业每节约一吨标准煤奖励250元。这一政策是针对那些具有完善的能源测量与计量体系、有完整记录显示通过节能技术改造项目已累计至少节能10000吨标准煤的企业的（Ministry of Finance and NDRC, 2007）。2011年7月，奖励幅度进一步提高，东部地区企业按240元/吨标准煤奖励，其他地区按300元/吨标准煤奖励。与此同时，节能技术改造项目要求的最低节能阈值，也从之前的10000吨标准煤下降至5000吨标准煤（Ministry of Finance and NDRC, 2011）。

1997年，财政部与世界银行、全球环境基金（GEF）共同实施了“世行/GEF中国节能促进项目”，合同能源管理自此被引入中国。合同能源管理实质就是以减少的能源费用来支付节能项目全部成本的节能业务方式，合同是实施节能项目的企业与节能服务公司签订的。这种节能投资方式允许客户用未来的节能收益为工厂和设备升级，以降低目前的运行成本；或者节能服务公司以承诺节能项目的节能效益或承包整体能源费用的方式为客户提供节能服务。中国政府也鼓励通过这一机制促进节能。每节约一吨标准煤，中央政府奖励240元，另外地方政府额外提供不低于60元的奖励（State Council of China, 2010）。1998年，中国仅有3家节能服务公司。2005年这一数字已经增长到80家，2010年为800多家。2010年与2005年相比，从业人员从1.6万人增加到18万人，节能服务产业规模从47亿元增加到840亿元，合同能源管理项目投资从13亿元增加到290亿元，年节能能力从60多万吨标准煤增加为1300多万吨标准煤（NDRC, 2011b）。“十一五”期间，节能服务产业拉动社会投资累计超过1800亿元。根据合同能源管理协会统计，“十

二五”期间节能服务产业得到进一步发展，总产值增长到2015年的3127.34亿元，年均增长率为30.19%；合同能源管理投资增长到2015年的1039.56亿元，年均增长率为29.31%，显示出合同能源管理庞大的市场潜力。

1994年，中国启动税制改革，引入消费税（在购买时征收）激励高能效汽车的销售。税率一直在变化，它始终随着汽车引擎大小的增大不断增加。如果一辆汽车排量小于1升，那么对应的车辆消费税设定为该车价值的1%；如果一辆汽车排量达到4升，那么对应的车辆消费税就达到该车价值的40%（Zhang, 2011b）。从2015年10月到2016年底，引擎排量在1.6L以下的车辆购置税将减半。在2017年底之前，可再生能源汽车如电动汽车、油电混合动力汽车和燃料电池汽车，都可免除车辆购置税。

早在1998年1月，中国政府就已经规定，新建燃煤机组必须配备烟气脱硫（FGD）设施，而1998年前的机组必须在2010年之前开始实施脱硫设施改造工程。其他促进电厂加装烟气脱硫设施的政策包括：上网电价包含脱硫成本，给予加装烟气脱硫设施的企业优先上网权，并允许它们比未加装烟气脱硫设施的电厂运行更长的时间。烟气脱硫设施的投资成本一直呈显著下降的趋势，使得安装这种设施的成本更低（Zhang, 2010a, 2011b, 2015c）。

在这些政策的推动下，仅2006年新上马的脱硫产能就超过了之前10年脱硫产能的总和，并占据全部热电产能（绝大部分是燃煤电厂）的30%。燃煤电厂安装烟气脱硫设施的发电机组容量从2005年的53GW上升到2011年的630GW。2011年，安装烟气脱硫设施的企业比重已经增加到总装机热能企业产能的90%，而2005年只占13.5%（CEC and EDF, 2012；Zhang, 2015c）。2009年底，中国的二氧化硫排放量比2005年下降了13.1%<sup>①</sup>，提前一年完成二氧化硫排放下降10%的目标（Zhang, 2010a, 2011b）。

---

① 如果加装的烟气脱硫设施连续平稳运转，那么二氧化硫排放量的减少将比已实现的减排幅度更大。据估计，烟气脱硫设施成本将占到发电企业总成本的10%。在运作和维护烟气脱硫设施方面缺乏相应的管理人员，以及政府职能缺失，意味着许多发电企业即使安装了烟气脱硫设施，也不会去运作。在2007年早期环保部的现场检验中发现，不到40%的已安装烟气脱硫设施在连续稳定运转。参见 Xu, Y., Williams, R. H. and Socolow, R. H. (2009), China's rapid deployment of SO<sub>2</sub> scrubbers, *Environmental Science*, 2 (5): 459 – 465; Zhang, Z. X. (2015c), Programs, prices and policies towards energy conservation and environmental quality in China, in S. Managla (ed.), *Handbook of environmental economics in Asia*, London and New York: Routledge.



## 可再生能源的利用

中国政府最开始通过“金太阳示范工程”支持太阳能光伏发电的技术进步和规模化发展（Zhang, 2011b）。多年简单利用海外订单的模式驱动了太阳能电池板制造成本的下降，太阳能发电标杆上网定价机制也于2011年7月正式建立，这些政策合力创造了一个太阳能市场。而风能发电在2003年后就已经受益于基于招投标的定价机制了（Zhang, 2010a, 2011b）。不过2009年8月以后，这一利好政策被上网电价政策所取代。在新的政策下，根据风能资源质量与工程建设条件将全国分为四类风能资源区，制定相应的风电标杆上网电价（NDRC, 2009a）。

中国设立了远大的可再生能源目标，并为之付出了极大的努力。在资金方面，中国的可再生能源投资额在2009年就已经达到391亿美元，超过美国的225亿美元——这是近五年中国第一次位列榜首。到2010年，中国进一步强化了这一领导地位，其可再生能源投资额已达到了544亿美元；德国当年位列第二，其可再生能源的投资额为412亿美元，并将美国挤到第三位。美国当年可再生能源的投资额为340亿美元。

相对于GDP，中国的投资更令人震惊。2010年，可再生能源投资额占GDP的0.55%，这意味着中国的国内投资比例比美国0.23%的国内投资比例的2倍还多。2010年，中国可再生能源总装机容量为103.4GW，第一次超越了美国（58GW）而位列榜首（Pew Charitable Trusts, 2011）。中国现在的目标是：到2020年风能总装机容量增加到200GW，并启用绿色调度系统，使电网运行更有利于可再生能源发电项目。然而，风力涡轮机并网需要花费数月时间，中国需要显著改善电网建设，包括引入智能电网以及规划、协调风力发电发展建设工作。这就是说，应该在建设风力发电场的同时建设新的输电线路。不仅如此，考虑到2020年的风力发电装机计划，中国应把注意力放在确保所有建成的风电装机及时并网，而不只是关注装机容量目标（Zhang, 2010a, 2011b, 2014b）。

## 低碳省份和低碳城市试点

在中国，城市消费的能源占据全部能耗的60%以上。给定中国2030年城市化率为65%的目标条件，城市的能源消费以及导致的二氧化碳排

放将持续增长。于是，对于未来能源需求和二氧化碳排放，城市将扮演越来越重要的角色。它们对中国实现 2020 年碳排放强度比 2005 年下降 40% ~ 45% 以及 2030 年左右二氧化碳排放达到峰值等系列目标至关重要。

早在 2010 年 7 月 19 日，中国就已经在五省八市开展低碳省份和低碳城市试点。2012 年 12 月 5 日第二批试点扩展为 29 个省份。两批 42 个低碳城市试点的人口占全国的 40% 左右，GDP 占全国总量的 60% 左右。这些试点城市都致力于：一、加强产业结构调整和技术升级；二、改善能源结构和提高能源效率；三、优先公共交通；四、发展高效公共交通系统；五、优化城市景观（Wang et al. , 2013）。然而在此过程中，这些城市面临着各种各样的问题和挑战（Wang et al. , 2013），如缺乏有效的碳排放计量系统、缺乏专门的低碳评估体系、有限的政企互动关系以及过度依赖土地财政的预算体系。尽管这些都是需要改进的方面，但目前的发展势头喜人：低碳试点计划在朝着正确的方向前行。

根据国家发展与改革委员会对 2012 年低碳省份和低碳城市试点进展的评估，在两批试点中，已经有 10 个省（包含直辖市）成功地使其碳排放强度比 2010 年降低 9.2%，显著高于全国 6.6% 的平均降幅（NDRC, 2014a）。2014 年国家对各省、区、市开展的碳排放强度评价考核显示，列入试点的 10 个省（包括直辖市）的碳排放强度比 2010 年平均下降约 21.5%，显著高于全国平均下降幅度 15.8%。不仅如此，所有试点已经规划二氧化碳排放到 2030 年或者更早达到峰值，然而在试点项目启动的时候这些预期的达峰时间并非中央政府的强制要求。包括上海和苏州在内的 15 个试点已将 2020 年定为二氧化碳排放峰值点。浙江省的重要工业化港口城市宁波设定其碳排放峰值最晚在 2015 年出现。

低碳省份和低碳城市试点的实践，为全国的碳排放控制和低碳发展做出积极贡献。Zhang (2011b, 2011c) 从六个角度分析得出，中国的温室气体排放峰值可能出现在 2025 ~ 2032 年或 2030 年左右。中国低碳省份和低碳城市试点的努力，有可能会使全国提早达到碳排放峰值。

## 理顺能源价格形成机制

要让市场在资源配置中起决定性的作用，就需要理顺能源价格，使能源

的生产者和消费者都能收到明确的信号。自1984年以来，中国能源价格改革的总体趋势就是逐步去除由中央政府垄断定价、转向一个更市场化的定价机制。不过，对不同的能源产品，相关改革的速度和力度是有差异的（Zhang, 2014c）。

电价改革尤为滞后。中国政府仍保留着对电价的控制权，这使得电力部门实施碳排放交易的试点工作变得更加复杂。不过，碳排放交易机制的引入可以通过碳成本转嫁效应为电力部门能源定价改革提供动力。因此电价改革是“十三五”规划中一个重要的改革领域。

天然气价格是另一项迫切需要改革的领域。鉴于中国当前的能源结构以煤炭为主，增加清洁能源如天然气的份额被认为是实现满足能源需求和改善环境质量双重目标的关键选择。2011年12月，中国政府在广东省和广西壮族自治区采用了一种新型定价机制（NDRC, 2011c）。在新机制下，首先选择一个定价基准与市场上替代能源的价格挂钩，从而建立天然气与替代能源之间的价格联系。然后，在不同阶段适时调整天然气的价格。广东和广西的试点方案就在朝着建立以市场为导向的天然气定价机制的方向行动。在“十三五”时期，中国应该吸取这两个试点方案的经验教训，并在替代能源和定价参考点的选择方面确定调整和改进类型，从而将广东和广西的试点改革项目成功地推向全国（Gao et al., 2013; Zhang, 2014c）。

## 资源税改革

即使在能源价格改革全面铺开的情况下，能源价格也未能全面反映整个资源开采、生产、使用和处置价值链的生产成本。面对避免资源的浪费性开采和使用的迫切需要，理顺能源价格要求中国对资源税覆盖面窄、税率低的现状进行改革（Zhang, 2014c, 2015c）。当前，对原油和天然气征收的资源税从价计征而非依据开采量征收——这一法规自2010年6月1日起在新疆实施，2011年11月1日开始推向全国。这是朝着正确的方向迈出的第一步。自2014年12月1日起，中国将从价计征改革逐步推广到煤炭资源税，即基于收入征收煤炭税。自2016年7月1日起，资源税改革将从价计征改革推广到所有矿产品。鉴于取用水资源涉及面广、情况复杂，先在河北省开展水资源税试点，实行从量定额

计征。

中国环境与发展国际合作委员会中国绿色转型工作小组（2014）建议对化石燃料征收更高的资源税，其税率应该至少提高到 10%。到 2025 年，国内和进口煤炭的税率达到 15%，国内与进口石油的税率为 10% ~ 15%。这将有助于增加地方政府税收，减轻财政负担，并激励地方政府不只是关注经济增长（Zhang, 2010a, 2011b）。

## 环境税

一段时间以来，通过引入环境税来替代当前二氧化硫和化学需氧量的排放收费，一直是学术界和政策界讨论的话题。2015 年 6 月，《环境保护法草案》公布并向公众征求意见（Legislative Affairs office of the State Council, 2015），但其修正案和最终成文法的时间表仍未确定。因此，环境保护法实施日期更无法确定。显然，“十三五”期间，环境税越早征收越好。据估计，环境税开征时点最晚不会超过 2020 年。其他国家征收环境税的经验表明，最初环境税税率较低并在有限的范围内施行，然后随着时间推移逐步加大环境税税率（Anderson and Ekins, 2009; Zhang, 2011b; Zhang and Baranzini, 2004）。不仅如此，环境税应成为一种分成税，使大部分税收收入为地方政府所得（Tian and Xu, 2012; Zhang, 2016）。由于中国尚未开征环境税，因此从开征时点上看，最好是将其作为“十三五”规划的一部分——这样做可以把环境税额外带来的碳减排与通过更为广泛的节约能源和降低污染计划取得的节能减排量区别开来。

## 碳排放交易试点

2011 年 10 月，国家发展与改革委员会批准了分别位于首都北京、经济中心上海、大型工业城市天津和重庆、制造业中心广东、湖北以及深圳 7 个地区开展碳排放交易试点。<sup>①</sup> 国家特意选取这些处于不同经济发展阶段的地

---

① 有关试点地区的特征、达标率以及它们的减排目标向全国目标过渡的详细讨论参考 Zhang, Z. X. (2015a), Carbon emissions trading in China: The evolution from pilots to a nationwide scheme, *Climate Policy*, 15 (S1): S104 – 126; Zhang, Z. X. (2015b), Crossing the river by feeling the stones: The case of carbon trading in China, *Environmental Economics and Policy Studies*, 17 (2): 263 – 297。

区作为试点并给予这些地区量身定制碳排放交易计划的权力。这些试点方案有不少共同点，但在诸如部门覆盖范围、配额分配、价格不确定性、市场稳定性、占优主体的潜在市场影响力、碳汇抵消的使用、执行和履约等方面，均存在巨大的差异(Zhang, 2015a, 2015b)。

北京、广东、上海、深圳和天津在 2013 年底前就已经分别启动了上线交易。其余两个试点湖北和重庆，也分别于 2014 年 4 月 2 日和 2014 年 6 月 19 日开始交易，标志着 7 个碳排放交易试点全部启动。正如表 2 所示，2014 年履约周期的履约率显著提高。以北京为例，到 2013 年履约周期的截止日期，还有 257 家实体企业没有履约。但到 2014 年履约周期的截止日期，未履约的企业只有 14 家。总体而言，在 2014 年履约周期中，有 4 个试点履约率均达到 100%，有 2 个基本达到 100% 的履约率。相比而言，在 2013 年履约周期中，上海是唯一一个 100% 完成履约的试点。而重庆在截止日期的一个月之后，也只实现了约 70% 的履约率。因此，从试点推向全国的碳排放交易之路虽然最终会成功，但预计不会是一帆风顺的。

表 2 2014 年履约周期 7 个碳排放交易试点履约率

单位：%

地区	以企业数度量 <sup>a</sup>	以配额分配量度量 <sup>b</sup>
北京	100(97.1)	100
重庆	—	—
广东	100(98.9)	100(99.97)
湖北	100.0	100.0
上海	100(100)	100(100)
深圳	99.69(99.4)	100(99.7)
天津	99.1(96.5)	—

注：—表示数据不可得。a 表示在碳排放交易试点中，完成履约义务的企业数占所覆盖的全部企业数的比例。b 表示在碳排放交易试点中，完成履约义务的企业所获得的配额分配量占配额总量的比例。括号中的数字表示 2013 年履约周期的相关数据。

在《中美气候变化联合声明》中，中国承诺在 2017 年推出全国性碳排放交易体系（ETS）。起初，全国性碳排放交易体系将覆盖石油化工、发电、冶金、有色金属、建材、化工、造纸和航空 8 个部门。进入全国性碳排放交

易系统的企业实体门槛是年度能耗达到 1 万吨标准煤。全国性的碳排放交易体系预计将覆盖约 10000 家实体企业，市场规模估计将有 20 亿 ~ 30 亿吨二氧化碳当量的排放量。经过三年试点之后，一个全国范围内的碳排放交易市场将于 2019 年全面运行（国家发展与改革委员会应对气候变化司，2015；Zhang, 2015a, 2015b；NDRC, 2016）。

全国性 ETS 管理建立在两个层面上。在国家层面，中央政府将主管全国性交易规则的制定，如：明确碳排放交易体系的覆盖范围，设立度量、报告和核实（MRV）标准，配额分配和协调不同省份之间履约规则的统一。在省级层面，省级政府将履行实施和执行规则的义务，如：确定所覆盖的企业范围及其排放量，计算对所覆盖企业实体免费发放的配额。一旦方案被中央政府批准，省级政府就会向这些企业实体分配配额并执行履约规则。当然，省级政府也可以设定比国家规则更严格的准则。例如，它们可以扩大部门覆盖面与实体企业的覆盖范围，并执行更严格的配额分配规则（NDRC, 2014b）。

由试点向全国性碳排放交易体系推进将面临多重挑战，这里强调其中的两点。第一点，为了确保分配到不同部门和地区的配额的可靠性，最重要的是确保所有排放数据测量、报告和核实无误。出于上述理由，需要全国性的 ETS 立法，从而为 ETS 的设计和操作、MRV 的执行以及对非履约企业实体的惩罚措施提供统一的指导方针和办法。同时，这一立法将排放配额定义为一种金融资产和环境可靠的减排量。

第二点同时也最棘手的问题就是如何在全国范围内分配 ETS 配额，因为这将涉及处理 7 个碳排放交易试点市场上多余的配额。据估计，在全国全面启动 ETS 时，7 个试点市场将累积 5000 万到 1 亿吨的剩余配额（Carbon Pulse, 2015）。一旦将这些配额存量从全国计划中扣除，很可能使区域性的碳排放价格崩溃为 0。但如果允许这些配额全部或部分结转，同时保持它们的价值不变，就会使全国性的市场面临着一旦启动就出现天量超额供给的风险。然而，我们还有其他的选择。其中一个选择就是实行折扣机制，即允许试点的配额可以进入全国性的市场，但要进行一定的折扣。这一折扣率将依赖于市场上的配额超额供给程度及它们在原有市场中的价格水平。也就是说，相比那些配给剩余规模小的试点地区，那些配给剩余规模较大的试点地区折扣幅度更大。第二个选择就是在有限的时间内允许使用试点配额，但每



年只能允许一部分试点配额结转。上海市政府于2016年5月9日公布的试点配额结转的做法与这种选择就非常类似（SMDRC，2016）。第三个选择就是将配额规模与每个试点地区的配额余额结转量联系起来。这种做法允许试点市场的剩余配额进入全国的碳排放交易体系，但其代价是降低该地区未来的配额分配水平。究竟哪一种方法最后被采用，取决于中央政府、地方政府和业界就如何将7个试点市场中高达1亿吨未使用的配额融入全国碳排放交易体系反复谈判的结果。这将对世界上最大的碳排放交易市场产生很大的影响。

## 结 论

国际上，提高环境质量的呼声已提升到了前所未有的高度。在国内，2013年全国几乎每一个受污染监测的城市都未达到国家环境质量标准。2014年3月，中国总理李克强在面对中国立法机关的3000名代表时宣布，“我们要向污染宣战，就像我们向贫困宣战一样”（State Council，2014）。如同在减贫方面取得国际公认的成就，中国最终将赢得反污染斗争的胜利。

中国公开承认，整个国家正面临着一场环境危机。中国政府也相应地采取了行动。在政府分权和城市化迅速发展的背景下，中国政府正致力于降低重污染地区的煤炭消费量，并采取新措施将关键能耗工业、关键城市的能耗和碳排放水平保持在可控范围内。同时，中国政府还强化和扩展系列节能减排项目，并制定一些利好的经济政策，积极鼓励可再生能源的广泛使用。不仅如此，鉴于许多环境问题的跨区域特征，一些相邻区域例如京津冀、长三角和珠三角等，越来越多地采取联合行动而非独立行动。这些共同的努力将显著地提升抗击污染的效果。

当前，中国各级政府采取诸多措施来应对环境问题。与以往主要依赖行政措施不同的是，中国现在已经认识到这些行政措施可能有效但不总是高效率的。相反，中国政府现在越来越重视以市场的力量来促进降低能耗以及减少二氧化碳和其他传统污染物的排放——真正地引导低碳绿色经济转型。市场化工具包括：废除中央政府能源定价机制，转向市场化定价机制；改革资源税覆盖面窄的现状；进行由从量到从价计征资源税的改革；

开展7个碳排放交易试点并为推向全国范围做好准备；建立资源的有偿使用和生态补偿系统等。

实现国内2020年的碳排放强度下降目标和2030年二氧化碳排放达峰的目标，对经济重构和技术升级提出了更高要求。二氧化碳减排提供了许多额外收益，例如传统空气污染物浓度和与之关联的健康风险下降。这就为中国的经济改革提供了新的动力，从而最大限度地发挥了应对气候变化的努力与经济结构改革之间的协同效应。通过设定全国煤炭消耗上限，实现在“十三五”期间的煤炭消费达到峰值以及2025~2030年期间二氧化碳排放达到峰值，协同效应将会得到进一步显现。

为达此目的，中国在强化和推广现有节能减排项目与举措的同时需要制定新的政策。中国还需要实施各种利好的经济政策，从而在全国范围内真正地引导和建立低碳经济。中国目前的碳排放交易试点已经取得了可喜进展。不久的将来将有一个精心设计、有效实施和运作良好的全国性碳排放交易体系在助力中国实现碳排放控制目标的过程中发挥重要的作用。

## 参考文献

- Andersen, M. S. and Ekins, P. (eds) (2009), *Carbon-energy taxation: Lessons from Europe*, New York: Oxford University Press.
- Carbon Pulse (2015), Scrap over unused allowances could prove vital for China's carbon market, *Carbon Pulse*, 10 November. Available from: [carbon-pulse.com/11675/](http://carbon-pulse.com/11675/).
- Carraro, C. and Tavoni, M. (2010), Looking ahead from Copenhagen: How challenging is the Chinese carbon intensity target?, *VOX*, 5 January. Available from: [voxeu.org/index.php?q=node/4449](http://voxeu.org/index.php?q=node/4449).
- China Carbon Forum (2016), *Insights: China's coal power stranded assets challenge*, April, Beijing: China Carbon Forum.

- China Coal Consumption Cap Plan and Policy Research Project (CCCCPPRP) (2014), *Contributions of coal use to air pollution in China*, October, Beijing: Natural Resources Defense Council China Program. Available from: [nrdc.cn/coalcap/console/Public/Uploads/2014/12/30/AirPollutionContribution.pdf](http://nrdc.cn/coalcap/console/Public/Uploads/2014/12/30/AirPollutionContribution.pdf).
- China Council for International Cooperation on Environment and Development (CCICED) (2014), *Evaluation and prospects for a green transition process in China*, CCICED Task Force Report, December, Beijing. Available from: [cciced.net/encciced/policyresearch/report/201504/P020150413497198320874.pdf](http://cciced.net/encciced/policyresearch/report/201504/P020150413497198320874.pdf).
- China Electricity Council (CEC) (2011), *Annual development report of China's power industry, 2011*, Beijing: China Electricity Council.
- China Electricity Council (CEC) and Environmental Defense Fund (EDF) (2012), *Studies on pollution cutting in China's power industry*, Beijing: China Electricity Council.
- China Securities Journal (2015), 13th FYP sketches out reform roadmap, top-level design becoming clear, *China Securities Journal*, 14 August. Available from: [news.xinhuanet.com/finance/2015-08/14/c\\_128127689.htm](http://news.xinhuanet.com/finance/2015-08/14/c_128127689.htm).
- Department of Climate Change of National Development and Reform Commission (DCCNDRC) (2015), On the basic conditions and work plan to promote the establishment of a nationwide carbon emissions trading market, *China Economic & Trade Herald*, (1): 15–16.
- Energy Information Administration (EIA) (2004), *International energy outlook, 2004*, Washington, DC: US Energy Information Administration.
- Gao, M., Wang, Z., Wu, Q. and Yang, Y. (2013), Natural gas pricing mechanism reform and its impacts on future energy options in China, *Energy and Environment*, 24(7–8): 1209–1228.
- Graham-Harrison, E. (2009), Snap analysis: China happy with climate deal, image dented, *Reuters*, 18 December. Available from: [reuters.com/article/idUSTRE5BI0DH20091219](http://reuters.com/article/idUSTRE5BI0DH20091219).
- International Energy Agency (IEA) (2007), *World energy outlook 2007*, Paris: International Energy Agency.
- Legislative Affairs Office of the State Council of China (2015), *A circular on call for public comments on 'Environmental Protection Law of the People's Republic of China (draft)'*, 10 June, Beijing: State Council of China.
- Levi, M. (2009), *Assessing China's carbon-cutting proposal*, 30 November, New York: Council on Foreign Relations.

- Miliband, E. (2009), The road from Copenhagen, *The Guardian*, 20 December. Available from: [guardian.co.uk/commentisfree/2009/dec/20/copenhagen-climate-change-agreement](http://guardian.co.uk/commentisfree/2009/dec/20/copenhagen-climate-change-agreement).
- Ministry of Finance and National Development and Reform Commission (NDRC) (2007), *A circular on interim measures for fund management of financial incentives for energy-saving technical transformation*, 10 August, Beijing: NDRC.
- Ministry of Finance and National Development and Reform Commission (NDRC) (2011), *A circular on measures for fund management of financial incentives for energy-saving technical transformation*, 21 June, Beijing: NDRC.
- National Bureau of Statistics (NBS) (2015), *Statistical communiqué on the 2014 national economic and social development of China*, 26 February, Beijing: China Statistics Press.
- National Development and Reform Commission (NDRC) (2006), *The top 1,000 enterprises energy conservation action program*, NDRC Environment and Resources No. 571, 7 April, Beijing: NDRC.
- National Development and Reform Commission (NDRC) (2008), *China had decommissioned fossil fuel-fired small plants with a total capacity of 25.87 GW since 1 January 2006*, 14 July, Beijing: NDRC.
- National Development and Reform Commission (NDRC) (2009a), *A circular on improving on grid feed-in tariffs for wind power*, 22 July, Beijing: NDRC.
- National Development and Reform Commission (NDRC) (2009b), *Performance of the thousand enterprises in 2008*, NDRC Proclamation No. [2009]18, 16 November, Beijing: NDRC.
- National Development and Reform Commission (NDRC) (2011a), *The thousand enterprises exceeded the energy-saving target during the 11th five-year plan period*, 14 March, Beijing: NDRC.
- National Development and Reform Commission (NDRC) (2011b), *Rapid development of energy service industry: Energy saving and pollution cutting during the 11th five-year period in retrospect*, 8 October, Beijing: NDRC.
- National Development and Reform Commission (NDRC) (2011c), *A circular on pilot reform on natural gas pricing mechanism in Guangdong Province and Guangxi Zhuang Autonomous Region*, NDRC Price No. [2011]3033, 26 December, Beijing: NDRC.

- National Development and Reform Commission (NDRC) (2012), *List and energy-saving targets of the ten thousand enterprises committed to energy-saving and low-carbon activities*, NDRC Proclamation No. [2012]10, 12 May, Beijing: NDRC.
- National Development and Reform Commission (NDRC) (2013a), *China's policies and actions for addressing climate change*, November, Beijing: NDRC.
- National Development and Reform Commission (NDRC) (2013b), *Energy conservation performance of the 10,000 enterprises*, Circular No. [2013]44, 25 December, Beijing: NDRC.
- National Development and Reform Commission (NDRC) (2014a), *Promoting low-carbon development pilot to press forward a change in the model of economic development*, 14 February, Beijing: NDRC.
- National Development and Reform Commission (NDRC) (2014b), *The interim administrative measures for emissions trading*, 10 December, Beijing: NDRC.
- National Development and Reform Commission (NDRC) (2015), *Enhanced actions on climate change: China's intended nationally determined contributions*, 30 June, Beijing: NDRC. Available from: [www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/China/1/China's%20INDC%20-%20on%2030%20June%202015.pdf](http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/China/1/China's%20INDC%20-%20on%2030%20June%202015.pdf).
- National Development and Reform Commission (NDRC) (2016), *A circular on key tasks to launch a national carbon emission trading market*, 11 January, Beijing: NDRC. Available from: [sdpc.gov.cn/gzdt/201601/t20160122\\_772150.html](http://sdpc.gov.cn/gzdt/201601/t20160122_772150.html).
- Pew Charitable Trusts (2011), *Who's winning the clean energy race? 2010 edition: G-20 investment powering forward*, March, Philadelphia: Pew Charitable Trusts. Available from: [pewenvironment.org/uploadedFiles/PEG/Publications/Report/G-20Report-LOWRes-FINAL.pdf](http://pewenvironment.org/uploadedFiles/PEG/Publications/Report/G-20Report-LOWRes-FINAL.pdf).
- Price, L., Wang, X. and Yun, J. (2010), The challenge of reducing energy consumption of the top-1000 largest industrial enterprises in China, *Energy Policy*, 38: 6485–6498.
- Qiu, J. (2009), China's climate target: Is it achievable?, *Nature*, 462: 550–551.
- Schreifels, J., Fu, Y. and Wilson, E. J. (2012), Sulfur dioxide control in China: Policy evolution during the 10th and 11th five-year plans and lessons for the future, *Energy Policy*, 48: 779–789.

- Shanghai Municipal Development and Reform Commission (SMDRC) (2016), *A circular on issues related to carrying forward surplus allowances in Shanghai carbon trading pilot phase*, 9 May, Shanghai: SMDRC. Available from: [shdrc.gov.cn/xxgk/cxxxgk/23507.htm](http://shdrc.gov.cn/xxgk/cxxxgk/23507.htm).
- State Council of China (2006), *The outline of the eleventh five-year plan for national economic and social development of the People's Republic of China*, *China Network*, 16 March.
- State Council of China (2010), *A circular of the National Development and Reform Commission and other departments to speed up the implementation of energy management contracts to promote the energy service industry*, 2 April, Beijing: State Council of China.
- State Council of China (2013), *Atmospheric pollution prevention action plan*, September, Beijing: State Council of China.
- State Council of China (2014), *Report on the work of the government delivered at the Second Session of the Twelfth National People's Congress on 5 March*, Beijing: State Council of China.
- State Council of China (2016), *The outline of the 13th five-year plan of national economic and social development of the People's Republic of China*, March, Beijing: State Council of China. Available from: [219.233.30.70/cache8/97/62/78/64/5f/52/0b/7b/79/35/b9/41/c5/51/77/50/P020160318576353824805.pdf](http://219.233.30.70/cache8/97/62/78/64/5f/52/0b/7b/79/35/b9/41/c5/51/77/50/P020160318576353824805.pdf).
- The Economist (2009), *Climate change after Copenhagen: China's thing about numbers*, *The Economist*, 2 January: 43–44.
- Tian, S. and Xu, W. (2012), *On the distribution of environmental tax revenue in China*, *Public Finance Research*, (12): 18–21.
- Wang, C., Lin, J., Cai, W. and Zhang, Z. X. (2013), *Policies and practices of low carbon city development in China*, *Energy and Environment*, 24(7–8): 1347–1372.
- Wang, E. (2012), *NDRC determined the second batch of 29 pilot low-carbon provinces and cities*, *21st Century Business Herald*, 3 December.
- Wang, L. (2014), *China's coal consumption peaks at 4100 mt in 2020*, *Economic Information Daily*, 5 March. Available from: [finance.chinanews.com/ny/2014/03-05/5910245.shtml](http://finance.chinanews.com/ny/2014/03-05/5910245.shtml).
- Watts, J. (2009), *China 'will honour commitments' regardless of Copenhagen outcome*, *The Guardian*, 18 December. Available from: [guardian.co.uk/environment/2009/dec/18/china-wen-jiabao-copenhagen](http://guardian.co.uk/environment/2009/dec/18/china-wen-jiabao-copenhagen).



- White House (2014), *US-China joint announcement on climate change*, 11 November, Washington, DC: US Government.
- Williams, J. H. and Kahril, F. (2008), Electricity reform and sustainable development in China, *Environmental Research Letters*, 3(4): 1–14.
- Xu, Y., Williams, R.H. and Socolow, R.H. (2009), China's rapid deployment of SO<sub>2</sub> scrubbers, *Energy & Environmental Science*, 2(5): 459–465.
- Zhang, Z. X. (2000a), Can China afford to commit itself to an emissions cap? An economic and political analysis, *Energy Economics*, 22(6): 587–614.
- Zhang, Z. X. (2000b), Decoupling China's carbon emissions increases from economic growth: An economic analysis and policy implications, *World Development*, 28(4): 739–752.
- Zhang, Z. X. (2003), Why did the energy intensity fall in China's industrial sector in the 1990s? The relative importance of structural change and intensity change, *Energy Economics*, 25(6): 625–638.
- Zhang, Z. X. (2007a), China is moving away from the pattern of 'develop first and then treat the pollution', *Energy Policy*, 35: 3547–3549.
- Zhang, Z. X. (2007b), China, the United States and technology cooperation on climate control, *Environmental Science and Policy*, 10(7–8): 622–628.
- Zhang, Z. X. (2009), *Climate commitments to 2050: A roadmap for China*, East-West Dialogue No. 4, Honolulu: East-West Center. Available from: [eastwestcenter.org/fileadmin/stored/pdfs/dialogue004.pdf](http://eastwestcenter.org/fileadmin/stored/pdfs/dialogue004.pdf).
- Zhang, Z. X. (2010a), China in the transition to a low-carbon economy, *Energy Policy*, 38: 6638–6653.
- Zhang, Z. X. (2010b), Copenhagen and beyond: Reflections on China's stance and responses, in X. Labandeira and E. Cerdá (eds), *Climate change policies: Global challenges and future prospects*, Cheltenham, UK: Edward Elgar.
- Zhang, Z. X. (2011a), Assessing China's carbon intensity pledge for 2020: Stringency and credibility issues and their implications, *Environmental Economics and Policy Studies*, 13(3): 219–235.
- Zhang, Z. X. (2011b), *Energy and environmental policy in China: Towards a low-carbon economy*, New Horizons in Environmental Economics Series, Cheltenham, UK: Edward Elgar.

- Zhang, Z. X. (2011c), In what format and under what timeframe would China take on climate commitments? A roadmap to 2050, *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*, 11(3): 245–259.
- Zhang, Z. X. (2012a), Effective environmental protection in the context of government decentralization, *International Economics and Economic Policy*, 9(1): 53–82.
- Zhang, Z. X. (2012b), Who should bear the cost of China's carbon emissions embodied in goods for exports?, *Mineral Economics*, 24(2–3): 103–117.
- Zhang, Z. X. (2014a), China needs an international agreement on climate change, *China Reform*, (4): 101–102.
- Zhang, Z. X. (2014b), China's energy and environmental issues and policy, in G. C. Chow and D. H. Perkins (eds), *Routledge handbook of the Chinese economy*, London and New York: Routledge.
- Zhang, Z. X. (2014c), Energy prices, subsidies and resource tax reform in China, *Asia and the Pacific Policy Studies*, 1(3): 439–454.
- Zhang, Z. X. (2015a), Carbon emissions trading in China: The evolution from pilots to a nationwide scheme, *Climate Policy*, 15(S1): S104–S126.
- Zhang, Z. X. (2015b), Crossing the river by feeling the stones: The case of carbon trading in China, *Environmental Economics and Policy Studies*, 17(2): 263–297.
- Zhang, Z. X. (2015c), Programs, prices and policies towards energy conservation and environmental quality in China, in S. Managi (ed.), *Handbook of environmental economics in Asia*, London and New York: Routledge.
- Zhang, Z. X. (2016), Policy plus market: 'Two hands' jointly paint green China, *China Economic Report*, (2): 44–46.
- Zhang, Z. X. and Baranzini, A. (2004), What do we know about carbon taxes? An inquiry into their impacts on competitiveness and distribution of income, *Energy Policy*, 32(4): 507–518.
- Zhu, X. R. (2010), China Electricity Council released data on fossil fuel-fired power plants in 2009, *China Energy News*, 19 July. Available from: [paper.people.com.cn/zgnyb/html/2010-07/19/content\\_572802.htm](http://paper.people.com.cn/zgnyb/html/2010-07/19/content_572802.htm).

(陈三攀译；张中祥校)