

实现经济转型与缓和气候变化： 中国的战略、政策及走向^{*}

〔英〕费格斯·格林（Fergus Green）

〔英〕尼古拉斯·斯特恩（Nicholas Stern）

引 言

2015 年，中国在应对全球气候变化中的作用出现了转折。2015 年中国的煤炭消费量显著下滑。中国煤炭消费量在 2013 ~ 2014 年可能达到了峰值。煤炭消费的回落是中国经济活动与政府应对一系列问题的战略政策发生深刻变化的后果。这些战略政策远远超出了对“气候政策”的狭隘理解。本章旨在解释这些变化的原因，探索其对中国缓和气候变化的启示，尤其是未来十年。

为达到这一目的，本章从需求和供应两个方面分析了影响中国温室气体（GHG）排放的相关因素。虽然从 2014 年起商业和经济组织已经应对了与中国经济活动相关的大部分变化与挑战，但是在政策引领下，大部分经济组织主要着眼于影响能源供应结构的投资，而对于中国更广泛的经济变化对能源需求的影响缺乏关注。然而，经济活动全局、产业布局、经济政策以及能源需求四者之间的关系成为中国在气候变化方面出现转变的一个关键部分。因此本章第一部分专门从需求层面进行讨论。在阐释发挥作用的潜在因素和

* 笔者感谢 Patrick Curran 的指导与支持，感谢 Lauren Johnston（江诗伦）为本章倒数第二稿提出的富有建设性的意见。

机制的同时，利用近期的资料和政策文件预测未来十年与气候相关的需求层面的主要走势，并分析了这一时期一些可能出现的机遇与风险。

本章第二部分从供应层面进行分析，再次关注能源和产业。这一部分讨论了中国关于能源供应和温室气体排放的目标、政策及投资。同时本章依据近几年电力行业和重工业领域的发展情况，预测即将到来的十年中出现的主要趋势、风险和机遇。这一部分直接进入传统意义上的“气候政策”的领域，中国的政策举措是各种完全不同（尽管存在趋同的倾向）的动机的产物，缓和气候变化仅为其中之一。

本章对中国和全球致力于缓和气候变化的一些启示进行了简短的讨论，并以此进行总结。

需求层面：经济增长模式与能源消费模式

本书其他章已经探讨了近几年出现的中国经济增长模式的变化。可以用国内生产总值（GDP）快速追赶式增长来形容之前的增长模式，其特征是经常保持两位数的增长率，储蓄率和投资率很高，国内消费支出比例却过低，收入的利润份额偏高以及出口导向性过强（Garnaut et al., 2013, 2014）。2000~2013年，中国在诸如钢铁和水泥生产等重型制造业领域进行了巨额的投资，这需要大量的电能和直接的化石燃料投入，同时，燃煤发电业扩张以供应这些行业的电能需求（CCICED, 2014；Guan et al., 2014）。2007~2008年的全球金融危机导致中国出口下滑，政府为应对这一问题，进一步刺激了基础建设领域、建筑业和重工业方面的投资。

这一经济增长模式有其优势，诸如创造就业机会和消除贫困。然而，目前国内普遍认为，基于其在经济、金融、社会、地方环境以及全球气候方面的影响，这一经济增长模式既不可持续也不可取，这些影响在其他地方也被广泛讨论过（Green and Stern, 2016）。

旧增长模式在经济和金融方面遗留的问题包括：在建筑业和重工业领域出现普遍的产能过剩，资本投资的回报缩减，生产率增长低迷，以及债务相关问题日益增多（CCICED, 2014；IMF, 2015；Pettis, 2013）。在中国同时面临严峻的外部经济环境的情况下，这些问题非常严重。进一步而言，在经济增长过程中，由于劳动人口年龄开始下降，并且从乡村转移到城市的大量

剩余劳动力逐渐枯竭，加剧了工资上涨的压力。这预示着中国经济增长模式中，以低工资出口导向为特征的制造业规模扩张将走向尽头（Das and N'Diaye, 2013; Garnaut and Song, 2006; Huang and Cai, 2014），中国即将步入与劳动力分配相关的刘易斯拐点（Lewis, 1954）。简言之，旧经济增长模式主要是由建筑业、基础设施建设和重工业的投资及廉价劳动力和低附加值的出口驱动的。这些驱动因素的优势不再显著，甚至消失。

经济活动的这些变化与中国实施的新经济发展战略相符（CCCP, 2013; State Council, 2013; Zhang, 2014; Kuijs, 2015）。经济活动和战略的变化一并构成新的经济增长模式（Garnaut et al., 2013; Hu, 2015）。中国决策层认为经济新常态模式涉及向高质量、低增速经济增长模式的转型，尤其强调四个分主题：服务、创新、消除贫困和环境的可持续性（Green and Stern, 2016）。在2016年3月发布的中国“十三五”规划中，这些主题发挥了重要作用。

将近期中国的经济数据和2014~2015年的相关发展动态同2000~2013年明显着眼于重工业的经济增长情况相比，可以看到中国经济变迁的本质、规模和速度，并得到在能源需求方面的启示。

需求层面的变迁：GDP、能耗强度与能源消费

图1~图3分别展示中国三方面的增长率：GDP、GDP能耗强度（图2显示能耗强度出现负增长）、一次能源消耗总量（PEC，其为GDP与能耗强度的乘积）。图中的数据说明了过去中国能源需求方面的变化程度。

图1的数据显示，GDP增长率从2000~2010年年均10.5%降至2015年的低于7%（6.9%，根据官方资料统计的数据；NBS, 2016）^①。增长率下降是由上述讨论的各项因素（主要是结构性因素）共同造成的，尽管国内消费和第三产业的快速发展抵消了这些因素的部分影响。而国内消费和第三产业正是新常态增长模式的核心所在（IMF, 2015; NBS, 2016）。

① 许多经济预测专家采用另一种方法，认为中国在2015年的经济增长速度明显较低。请参见经济专家使用来源于《共识经济学》的方法进行预测的平均值，Wolf, M. (2015), Why worries about China make sense, *Financial Times*, 25 August. Available from: ft.com/cms/s/0/edd707ba-4a56-11e5-9b5d-89a026fda5c9.html?ftcamp=crm/email//nbe/FirstFTEurope/product#axzz3jgMhxWRg.

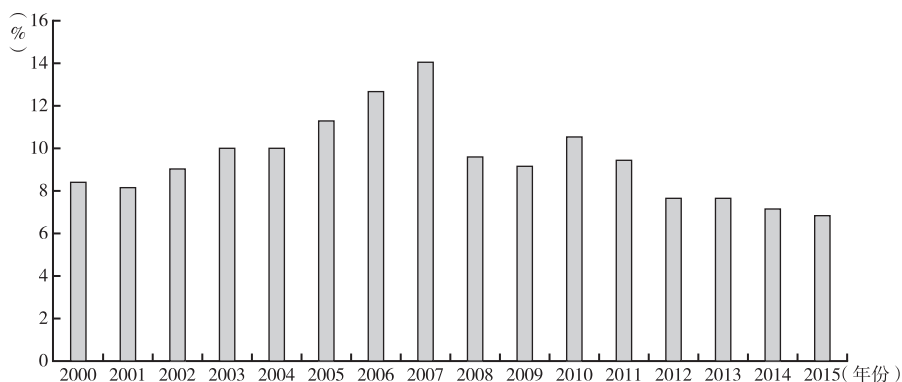


图 1 2000 ~ 2015 年中国 GDP 增长率

资料来源：World Bank (2016), *GDP growth (annual%)*, Washington, DC: The World Bank. Available from: data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD.ZG; National Bureau of Statistics (NBS) (2016), *Statistical communiqué of the People's Republic of China on the 2015 national economic and social development*, Beijing: National Bureau of Statistics. Available from: stats.gov.cn/english/PressRelease/201602/t20160229_1324019.html。

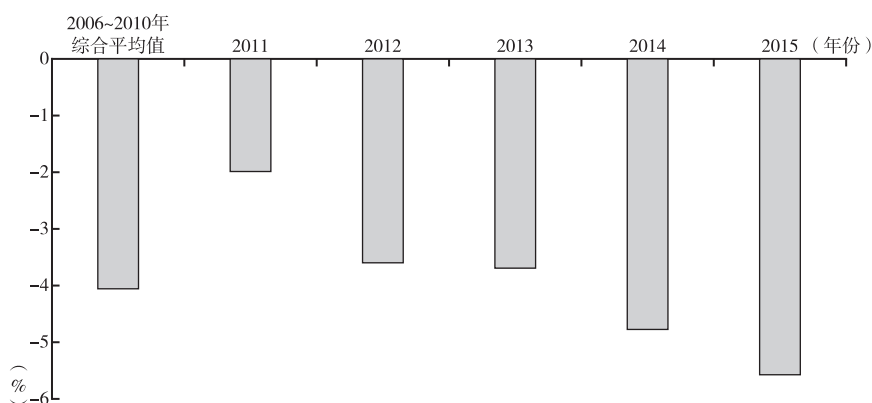


图 2 2006 ~ 2015 年中国 GDP 能耗强度增长率

注：2011 ~ 2015 年的数据由国家统计局 (2016) 提供；2006 ~ 2010 年的综合平均值从总计 19.1% 中去除“十一五”规划期间的报告的数据计算而来。

资料来源：Lewis, J. (2011), *Energy and climate goals of China's 12th Five - Year Plan*. Arlington, Va.: Pew Centre on Global Climate Change. Available from: c2es.org/docUploads/energy-climate-goals-china-twelfth-five-year-plan.pdf; National Bureau of Statistics (NBS) (2016), *Statistical communiqué of the People's Republic of China on the 2015 national economic and social development*, Beijing: National Bureau of Statistics. Available from: stats.gov.cn/english/PressRelease/201602/t20160229_1324019.html。

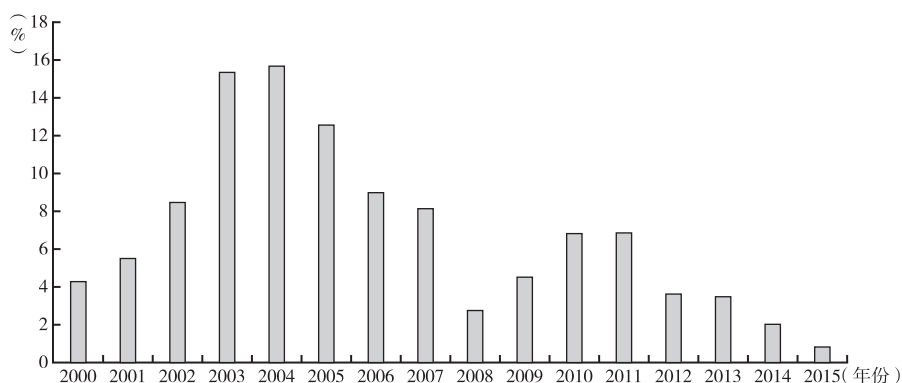


图3 2000~2015年中国一次能源消耗总量增长率

资料来源：National Bureau of Statistics (NBS) (2015a), *China Statistical Yearbook 2015*, Beijing: China Statistics Press; National Bureau of Statistics (NBS) (2016), *Statistical communiqué of the People's Republic of China on the 2015 national economic and social development*, Beijing: National Bureau of Statistics. Available from: stats.gov.cn/english/PressRelease/201602/t20160229_1324019.html。

经济结构的变化也有助于解释，为何在过去的两年中 GDP 能耗强度的年度下降速度实际加快了（见图2）。与此同时，GDP 的增长速度也放慢了。认识这种动态变化的关键在于了解工业和 GDP 之间的关系。假定在中国经济体系中工业是一个非常庞大的能源消费者。在旧经济增长模式下，工业^①扩展非常迅速，在2013年基本上占据了GDP的44%——这与处于相同发展水平的国家相比，是一个极其高的水平（Grubb et al., 2015; Xu et al., 2014）。由于与家庭、商业和运输领域相比，工业的份额在下降，经济活动的能源需求也趋向于回落（Grubb et al., 2015; Schafer, 2005）。中国的这一现状会对 GDP 能耗强度造成下行压力（Green and Stern, 2016）。尤其钢铁和水泥产业属于能源密集型产业，过去两年中这两个产业的产出变化说明了中国能源密集型经济活动衰退的规模和速度。尽管在2000~2013年重工业增长期，钢铁和水泥生产的年综合平均增长率分别超过15%和10%，但是2015年这两个产业的产出均出现了缩减——粗钢产量同比缩减超过2%，水泥产量同比缩减则超过了5%（NBS, 2016）。

① 此处产业包括了“基本的工业生产（例如采矿业和原料生产）和制造工业，此外，能源和排放也与这些使用电能的领域相联系”。

在提高能源利用效率的可持续发展趋势下出现了结构性变化，而这些结构性变化影响到了 GDP 的构成。以“十一五”（2006～2010 年）规划为开端，中国已经推广了一系列的目标和政策，旨在在产业内部和其他经济领域提高能源利用率，实现节能（Song et al.，2015）。减少 GDP 能耗强度在宏观层面的目标主要是引导产业内能源节约的工作。以 2005 年为基准，“十一五”规划期间，能耗强度降低了 19%，仅比政府 20% 的目标差 1%（Lewis，2011）。提高能源利用效率的工作贯穿于整个“十二五”规划期间，在其推动下，中国轻松实现 16% 的能耗强度削减目标（相较于 2010 年），还超额完成三个百分点^①。

提升能源利用率最重要的政策是“千家企业节能低碳行动计划”（随后推广为“万家企业”计划）。这一计划是在能源密集型的国有企业进行节能推广行动，《节约能源法》（2007 年修订）为系统监测、评估和实施节能工作提供了法律依据。

“万强企业”计划要求国有企业的负责人实现节能目标。在中国的计划体系中，实现目标的主要手段是将全国的节能目标细分并分配到各个省级和地市级政府以及各国有企业负责人。他们通过一整套被称为目标管理责任制的监测评估绩效体系来实现节能目标。然而这一体系的人员评估与党内职位晋升紧密相关，这就意味着政府官员和国有企业负责人有很强的动机去实现分配给他们的节能目标。不同的目标评价权重不同。过去，经济增长指标优先于环保指标。然而这一点在逐步改变，并且国家发展与改革委员会（NDRC）对以上提及的国有企业的节能目标表示赞同，达不到这一基本的节能目标将被视为整个绩效评估体系的自动失效（State Council，2007）。相应地，中国的节能体系在产业层面上也有很强的激励作用，能够推动产业能源利用率的提高（Zhao and Ortolano，2010）。不恰当的考核机制也会导致博弈现象（Zhao et al.，2015）。研究发现，地方官员的节能目标和与之相关的问责机制强化了地方层面提高能源效能的制度安排和政府职能（Li et al.，2013）。

总之，由中国经济增长率、各项经济活动（以及由此产生的能源需求）

① 如上讨论，这些目标实现了在整体经济活动中平衡能源密集型和非能源密集型活动的变化，在“十二五”规划后期，这一点特别有助于减少能源密集度（见图 2）。“十二五”规划期间能源密集度的下降是根据国家统计局的数据衡量出的。

变化和政策驱动的产业内部能源效率提升的共同效应明显减缓了中国一次能源消耗总量的增长——由 2000 ~ 2013 年平均超过 8% 降到 2015 年的低于 1%（见图 3）。

中期需求层面：发展轨迹、风险与机遇

展望未来十年或更长时间，这些影响能源需求的因素会如何发展？主要的机遇与风险有哪些？政府政策该如何有效地迎接机遇与应对风险？我们首先要考虑的是 GDP 的增长与经济结构，其次要考虑的是能源效率。

中国经济发展的总增长率近期出现下降可能标志着一种长期结构性趋势的开始（IMF, 2015; Hu, 2015; Johansson et al., 2013; Pettis, 2013; Pritchett and Summers, 2014）。在此，两类关键机制可以被观察到（相关的）。第一类反映的是刘易斯拐点，在过去的几年中，这个概念在国内广为流传。正如之前讨论的，第一类机制与大量剩余的劳动力相关，是由产业投资、廉价劳动力和城市化拉动的追赶式经济增长放缓导致的（大量发展中国家已经经历了与此类经济增长放缓相关的进程）（Das and N' Diaye, 2013; Garnaut and Song, 2006; Green & Stern, 即将出版; Huang and Cai, 2014）。

第二类与中国储蓄和投资的动态发展相关。如上所述，投资在中国 GDP 中占有相当高的比例，但是这种高比例难以持续，而且中国的金融领域存在大量与债务相关的漏洞。因此，中国的投资率在未来十年会明显下降（Pettis, 2013）；消费比例（尤其是服务业的消费比例）会相应上升。原因在于，从其他国家的发展历程可以看出，以扩大消费需求与提高生产率实现高增长率，远比过去依靠强劲的资本投资推动经济增长要困难得多。所以，对于中国而言，这种经济发展的结构性调整势必造成 GDP 的增速放缓（尽管这样种转型会显著提高人民的生活水平）（Green and Stern, 2016）。

这种经济结构调整不但会影响经济增速，而且会以之前提及的方式继续降低中国经济发展的能源需求（Green and Stern, 2016）。虽然家庭、运输和商业领域相应的发展会增加这些领域的能源需求，但是预计不久的将来，与产业转型相关的能源需求的下降会大大超过这些领域能源需求的增长（Grubb et al., 2015）。预计特别是在重工业领域，随着诸如钢铁和水泥产业的产能过剩，能源需求会进一步下滑。尤其在近期，政府优先考虑“供给层面的政策”

和“产能管理”，“十三五”规划对这些领域的生产进行了重新调整和合理规划（关于钢铁的例证，参见 Bloomberg News, 2016a, 2016c）。

这些举措还远不能保证平稳而成功地实现中国经济增长模式的转型。由于投资率下滑，实现经济转型有赖于国内消费日益扩大以及生产率特别是资本生产率的大幅提升（Stern, 2011；Green and Stern, 即将出版）。此外，要实现这些目标，势必要进行国内政策改革，这又会在经济下滑的领域和受影响的地区产生转型成本，带来政治经济方面的挑战（Green and Stern, 2014, 2016）。成功转向新经济增长模式的另一种方法绝不会是“延续旧有的模式”，因为这实际上是不可能的（至少在任何可持续发展意义上的中长期延续旧经济增长模式是不可能的），也是不可取的，具体原因前文已提及。不实行新经济增长模式（或某些类似模式）的另一种不幸的潜在后果将会是增长率的急剧下滑以及经济滞胀（Pettis, 2013）。尽管对原有经济增长模式的推动因素进行一定程度的刺激可在短期内提升能源密集型产业的GDP增长率，但这是以长期的可持续增长为代价的，会破坏政策改革、生产率提升与可持续债务管理（IMF, 2015；Green and Stern, 2016）。

在向新经济增长模式转型的过程中，有很多比信贷刺激更好的方式来促进中国建筑业和重工业的发展，保持强劲的需求总量和低失业率。第一，增加政府在提供社会服务方面（教育、医疗卫生、养老、福利援助）的人均开支，并将覆盖面扩展到所有的城市居住人口（不仅仅是城市户籍人口）。第二，政府可以推广向社会保障过渡的具体形式，比如提供就业培训和结构调整援助，促进经济结构性变革，培训劳动者在日益发展的经济部门中所需的工作技能，减少经济转型对劳动者及社区的金融影响。第三，可以激励投资重新定向，即向经济领域的脱碳型、环境净化型、少污染以及能源资源高效利用的部门进行投资（Green and Stern, 即将出版）。这些领域中的每个部门在“十三五”规划中都发挥着主要作用。这些领域（教育、技能培训以及环保服务等）的许多部门的支出（依照传统核算）都属于消费（公共或私人），在我们看来，能够并且应该将之视为人力和自然资本的投资。

能源密集型产业未来增长率的下滑也与产业内部能源利用效率的持续提高有关。近几年来这种持续稳步的提升是由以下几个原因促成的：中国目前的能源利用率与能效前沿仍有很大差距（Baeumler et al., 2012；Hove et al., 2015）；各国纷纷在其能源领域进行脱碳运动，所以未来十年能效前沿

会迅速扩展；节能政策会带来大量的经济、环境、社会以及地缘政治的利益，将成为政府瞩目的关键政策，“十三五”规划即证明了这一点^①；在激励和监督提升能效方面（如前文讨论），中国拥有相对成功的制度和政策，这些制度和政策又会得到进一步地强化和建构。

对此，必须衡量能效前沿存在的大量风险。一方面，能效的提升减缓了重工业内部的发展，造成结构性停滞或减退。另一方面，在快速发展的家庭和商业领域中，交通工具、楼房建筑和家用电器对能源的需求快速增长。在这些情形中，政策都发挥着至关重要的作用——从价格因素到调控标准，从城市规划到政府采购，确保和鼓励在新的资本存量（例如楼房建筑、交通工具和家用电器）和对现有建筑存量与工业设施的有效翻新及改造中高效、持续地提升能效标准。

总之，鉴于经济低速增长、经济结构调整和能效持续改善，基于对每个相关层面的保守假设（Green and Stern, 2016），可以预见在未来的十年中中国的主要能源消耗仅仅有小幅增长——年均增长低于2%。如果2014~2015年的模式延续下去，未来十年，GDP年均增速为5%~6%，能耗强度年均减少5%~6%。在这种情况下，主要能源消耗增速会趋向于0。这意味着，供应层面节约的能源所减排的每吨二氧化碳会转化能源等效绝对减少。

供应层面：超越煤耗峰值

现在转而分析能源供应层面的政策及走势。首先，观察中国能源供应的多元化指标以及能源生产与发电结构方面已经取得的成果。其次，考虑中国旨在降低温室气体排放量本身的主要目标及政策。最后，思考未来十年的能源供应前景，讨论一些潜在的问题和挑战。

中国能源供应的多元化：动机、衡量指标和成果

长久以来，煤炭一直是中国的主要能耗源，在2014年的主要能源消耗

^① 例如，在“促进绿色、循环、低碳发展”规划的主要任务中，“更为高效地利用能源资源”是一个关键的要素。

中约占 2/3 (NBS, 2015a)。2000 ~ 2013 年, 中国的煤炭消耗量的年度综合平均增长指数超过 8% (NBS, 2015a)。这一时期末, 中国的煤炭消耗量占世界的一半。

在过去的十年左右, 出于多种原因, 中国日渐寻求能源供应结构的多元化 (Boyd, 2012)。第一个推动因素是能源安全。在 21 世纪前五年 (GDP 的能源密集型增长仅持续了很短的一段时间), 中国的能源消耗量大幅增加后, 中国的决策者认为能源安全成为一个越来越重要的问题 (Baghat, 2010; Boyd, 2012)。随后的十年当中, 由于对进口化石燃料的依赖性日益增强, 中国成为一个石油和天然气的进口大国。从 2009 年开始, 中国成为能源净进口国, 越来越受到国际能源价格的制约。这种制约不仅会为中国带来地缘政治的风险, 而且伴随着经济风险。

同发达的经济体相比, 中国有着以化石燃料为主导的能源结构和比例很高的第二产业, 因此中国经济非常容易受到全球能源市场价格波动的影响。价格方面存在高风险的经济部门约占 GDP 的 20%, 这一比例比发达经济体高好几倍 (Global Commission on the Economy and Climate, 2014)。

因此, 能源安全问题在政府政策议程中也频繁出现。

中国能源供应多元化的第二个推动因素是可再生能源与核能源领域内以创新为驱动的制造业的战略发展。在这两个领域内, 政府提供了大量的支持与帮助。21 世纪第一个十年, 中国大力支持风能 (Dai et al., 2014; Wang et al., 2012)、太阳能 (Zhang et al., 2014) 以及核能 (World Nuclear Association, 2016) 等产业的发展。尽管波折不断, 但在这些产业中, 中国在建立具有国际竞争力和创新能力的公司方面取得了巨大的成功 (Nahm and Steinfeld, 2014)。正如先前所注意的, 随着中国向新经济增长模式过渡, 既需要也的确希望更多地依托生产率提升、创新和高附加值行业来推动产业增长。在这种背景下, 中国已经将低/零碳发电、先进的电网基础设施以及清洁的运输行业 (其中包含节能技术和服务部门、新能源汽车) 视为产业增长的关键源泉, 并且针对这些产业给予持续的国家支持 (Xinhua, 2015; ERI, 2015; Nahm and Steinfeld, 2014; Ng et al., 2016)。

中国能源供应多元化的第三个推动因素是治理中国日益严重的空气污染, 尤其是沿海大城市的空气污染。这个动因在 21 世纪前十年的后期已经快速凸显出来 (Sheehan et al., 2014)。能源供应结构多元化的第四个推动

因素是促进缓和气候变化（Boyd，2012）。

这些不同的推动因素导致形成了一个目标、政策和国家投资（为简便起见，一并称之为“举措”）交织的复杂网络，目的在于使中国的能源供应打破以煤炭为主的结构，变得更为多元化。

首先，这包含扩张“非化石”（可再生和核能）发电规模，以及天然气在发电、产业和楼房建筑方面的供应等多种举措。政府设定的总体目标是，到2020年，非化石燃料占主要能源消耗总量的15%，至2030年，所占比例为20%。此外还设定了每种能源的绝对产能目标。同时，引入各种支持机制，鼓励风能、太阳能^①、核能^②发电以及在这几个能源领域进行创新（Andrews-Speed，2012）。随着电能结构已经在越来越多的地区向不断增加的可变因素（风能和太阳能）和不变因素（核能）多元发展，政府也会鼓励增加高压输电电网，发展能源存储技术（尤其是泵水蓄能站和蓄电池行业）（Garnaut，2014；Mathews and Tan，2014）。

近几年，减少空气污染成为一个愈来愈迫切需要优先考虑的问题，政府的能源政策不断扩展，而不仅仅包括通过增加非煤炭能源相对份额和绝对水平来完成对煤炭生产和消费的直接控制（Sheehan et al.，2014）。例如，2013年，依据《大气污染防治行动计划》（State Council，2013），在占中国煤炭消耗量30%的九个省份设立煤炭限制计划（Song et al.，2015）。在空气污染影响严重的主要经济区域——京津冀、长三角、珠三角一带——禁止新建燃煤发电厂，并设法去除这些经济发展区的部分重工业企业。这一整套举措远胜过推广长期（和持续）措施（用大规模、高能效的发电厂取代低能效、高污染的发电厂，提高中国燃煤发电行业的能效）的最初设想（Mai and Feng，2013）。

产业煤炭消费约占中国煤炭消费总量的一半，减少产业煤炭消费的工作也正在进行。工业煤炭用量的下行压力源自钢铁和水泥产量的下降。这一下行压力随着产业内部的排放密集型生产过程被替代（如使用电弧炉进行废钢回收）而加剧。

从非煤炭能源产能扩展的角度，可以在一定程度上衡量所有举措的影响

① 这些支持包括《可再生能源法》（2005年引入，随后进行了修订）、太阳能屋顶发电装置的分配采用固定价格以及省级可再生能源的配额指标（Chu，2015）。

② 包括制定批发价（World Nuclear Association，2016）。

和结果（见图4）。例如，2015年，中国首创性地建立了大量风能和太阳能发电站（分别超过了3万兆瓦和1.8万兆瓦）、1.8万兆瓦的水力发电站和6000兆瓦的核电装置。

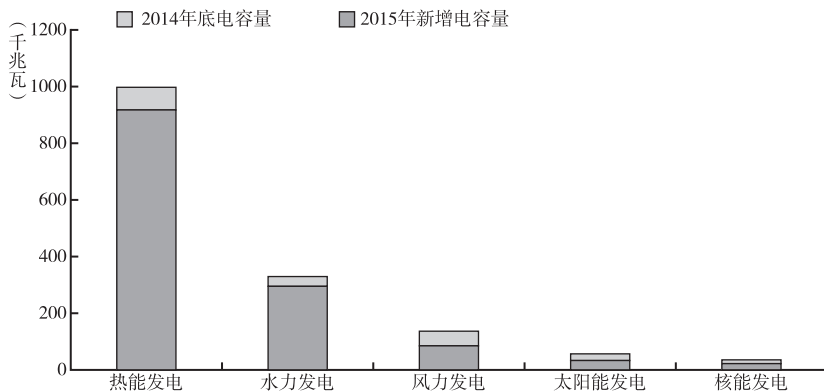


图4 中国不同发电源的电容量

注：2015年总电容量数据由国家统计局提供。2015年新增电容量依据国家统计局和中国电力企业联合会提供的数据推算而来；热能发电一类囊括了煤炭、天然气、生物量、热电联供和废物发电，在中国的数据中不分散计量；总电容量为国家统计局公布的数据，出于未知原因，这一总量要大于其公布的各要素电容量之和。

资料来源：National Bureau of Statistics (NBS) (2016), *Statistical communiqué of the People's Republic of China on the 2015 national economic and social development*, Beijing: National Bureau of Statistics. Available from: stats.gov.cn/english/PressRelease/201602/t20160229_1324019.html; China Electricity Council (2015), *China power industry situation and prospects*, 10 March, Beijing: China Electricity Council. Available from: cec.org.cn/yaowenkuaidi/2015-03-10/134972.html。

近年的非煤炭能源产能扩张极大地推动了中国的发电结构变革，比如过去的两年中燃煤发电量下降，以及其他发电源的发电量上升（Green and Stern, 2015；NBS, 2016；Plumer, 2016）。

2014~2015年，能源供应结构的变化与能源需求增速的大幅放缓导致中国煤炭消费的明显变化（见图5）。按能源消耗总量衡量，2014年^①中国

① 依照煤炭的物理量来衡量，2014年中国煤炭消费下降2%（EIA, 2015）。能源含量（标准煤当量，SCE）和物理量的差异反映出中国2014年煤炭消耗平均值（此处为能源含量）的增量。中国国家统计局（NBS, 2015b）的初步统计认为，中国2014年以标准煤当量核算的煤炭消耗下降了2.9%，这一估计并未将平均能源含量的因素考虑在内。

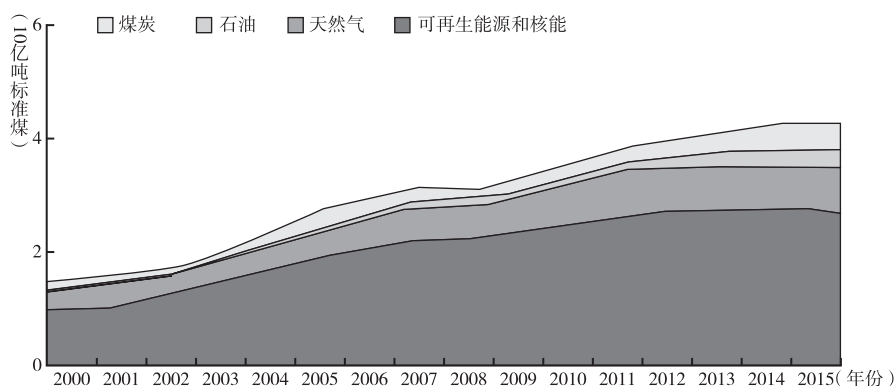


图5 2000~2015年不同发电源的主要能源消耗总量

资料来源：National Bureau of Statistics (NBS) (2015a), *China Statistical Yearbook 2015*, Beijing: China Statistics Press; National Bureau of Statistics (NBS) (2016), *Statistical communiqué of the People's Republic of China on the 2015 national economic and social development*, Beijing: National Bureau of Statistics. Available from: stats.gov.cn/english/PressRelease/201602/t20160229_1324019.html。

的煤炭消费持平 (NBS, 2015a; EIA, 2015)^①，据初步估计 (NBS, 2016)，2015 年这一指标又下降超过 3% (NBS, 2016)。2000~2013 年中国每年煤炭消费的年度综合增长超过 8%，之后增长率的减少非常明显。2014 年和 2015 年的煤炭生产和进口数据也反映了这一情况。2014 年煤炭生产下降 2.5%，2015 年进一步下降了 3.3%。2014 年煤炭进口下降了 10.9%，2015 年下降了 29.9% (NBS, 2015b, 2016)。因为煤炭消费的下降是由供应与需求的共同作用造成的，而这两方面在结构性因素中占有压倒性的优势，本章认为，中国未来的煤炭消费水平不再会达到其在 2013~2014 年的消费水平。换言之，历史将表明 2013~2014 年中国的煤炭消费达到了峰值^②。

① 中国国家统计局 (NBS) 报告显示，2014 年相较于 2013 年，以标准煤当量计算，煤炭消费增长低于 0.06%。此处引用的数据将中国历史煤炭交易量上调的因素考虑在内。中国煤炭历史交易量数据是由中国统计机构按照五年一次的经济普查采集的。该项普查于 2013 年进行，将中国煤炭的数据放在更为重要的地位上。

② 本章对截至 2013 年底中国近期煤炭交易数据中的反常情况和调整给予了特别关注，由于要依照中国 2013 年进行的五年一次的经济普查数据进行计算，计算方法发生变化，2014 年和 2015 年的数据相对而言更为准确。此外，2014~2015 年的数据与市场走向一致，与热能发电（该数据来自测量而更为可靠）和重工业领域诸如之前讨论的钢铁和水泥的关联性更强。相应地，2014~2015 年的煤炭数据不大可能歪曲这一时期的发展概况：煤（转下页注）

降低温室气体排放的措施本身

本章所讨论的所有战略、政策和其他变化或多或少地以间接的方式影响着温室气体（主要是二氧化碳）的排放量。这些方式可能是对能源密集型经济活动进行干预，或者对能源供应结构进行调整。此外，中国引入了大量措施，旨在减少温室气体的排放。在此本章着眼于两类措施：中国减少单位 GDP 的二氧化碳排放量以及相应的治理措施；碳排放交易。

自“十二五”（2011~2015 年）规划以来，中国通过制定针对 2005 年基准的目标，来减少单位 GDP 的二氧化碳排放量。首先，到 2015 年完成 17% 的减排目标，这一目标已经实现；到 2020 年，实现 40%~45% 的减排目标^①。“十三五”规划的目标是，到 2020 年，与 2015 年的减排水平相比较，达到 18% 的二氧化碳减排目标。这等同于和 2005 年的基准相比，达到 50% 的减排目标，意味着与最初制定的 40%~45% 的减排目标相比，这一目标提高了。这说明了，中国到 2020 年很可能会超额完成“十二五”规划制定的减排目标（King, 2016）^②。

中国二氧化碳排放量的降低主要是由前文提及的经济因素和政策措施促成的。相对而言，特别是同之前能源节约和非煤炭能源推广相比较，以下两个方面几乎没有取得进展：建立稳定体系，以及激励地方政府和国有企业减少本身二氧化碳排放量。在微观层面上，明确二氧化碳减排目标不仅需要经济发展中更为精确的数据资料，而且需要一个详细的二氧化碳排放量监测、报告与核查（MRV）体系。这一排放规模与绩效评估相关。例如，对于省级官员，减排目标是省级规模的；而对于企业负责人减排目标是工厂或企业规模的。在任何一个国家，建立这样的体系是一项主要任务；在中国这样一个庞大且行政机构复杂的国家，这一任务非常艰巨。尽管中国在不断改善二

（接上页注②）炭的消费、生产和进口先持平，继而下降。参见：Buckley, C. (2015); China Shenhua Energy Company Limited (2015); Green, F. and Stern, N. (2015); Wilson, R. (2015); Wynn, G. (2015)。

① 可以用经济发展和能源的数据来推算二氧化碳的排放总量，不需要工厂及企业层面的二氧化碳数据。

② 然而，按照我们的预期，即便是强化目标也可能会取得突破。参见 Green F. and Stern, N. (2016)。

氧化碳监测、报告与核查（MRV）机制，但是系统的制度仍然缺乏。例如，尽管“十二五”规划中包括了二氧化碳减排目标，但直到2014年8月，国家发展与改革委员会才发布了对该目标的绩效评估实施计划。许多省份至今仍未落实省级的计划实施方案，并且直到2015年，国家发展与改革委员会也没有针对各省份目标完成情况展开任何的正式评估。

工厂和企业层面的温室气体稳定监测、报告、核查（MRV）体系是形成有效的碳排放交易机制（ETS）^①的众多制度性先决条件之一，这一机制本身是中国减少温室气体排放的另一项重要措施。

中国在2013~2015年期间建立了七个碳排放交易机制试点地区，包括两个省份与五个主要城市。交易机制的设计依据地区自身的经济特征各不相同。这些交易机制将作为政策实验，并将得出有益的经验。之后可以根据这些有益经验进行交易机制建设，并在“十三五”规划期间探索出一个全国性的碳排放交易机制。

中国碳排放交易机制实施中的事前分析（Baron et al., 2012; Jiang, 2013; Kong and Freeman, 2013; Lo, 2013; Lo and Howes, 2014; Shen, 2013; Teng et al., 2014; Zhang et al., 2014）、试点机制运行早期的事后分析（Jotzo and Löschel, 2014; Lo, 2015; Yu and Lo, 2015; Shen, 2014; Zhang, 2015）与专家的调研数据（de Boer et al., 2015）明确了中国在有效实施这样的方案过程中会遇到的一系列挑战与障碍。这些障碍和挑战包括：制度设计方面的技术复杂性，比如关于排放上限设置的透明、具体、全面的法律规定，补贴分配，监测、报告与核查（MRV），责任与执行情况；在技术与组织方面，如稳定的排放测量与报告体系的建立，注册、交易与管理部们的市场监管；关于作为补充的电力市场改革的制度和政治挑战；相关商业部门不一致的文化和激励结构；市场运行中国家的过度干预；不完善的监管制度。

尽管存在这些障碍和挑战，中国“十三五”规划已明确将建立全国性的碳排放交易机制，包括监管体系的发布，这些都会建立在当前的试点方案基础上（Reklev, 2016a）。在本章撰写过程中，曾有主要公务人员预言全国性的碳排放

① 采用这一机制很有必要，可以确定工厂或企业的年排放量，以及工厂运营者或企业所有者购买碳排放许可证（在履约期末，向有关监管部门上交）的排放责任。

交易机制将于 2017 年下半年发布 (Reklev, 2016b)。据说会将累计 18% 的全国二氧化碳减排目标分别分配到各个省份，这些省级的目标会再次分配到地方的各个行业当中。这些行业包括石化、化工、建筑材料、钢铁、有色金属、造纸、发电、航空等部门 (Reklev, 2016a)。政府会基于行业排放强度基准确定分配指标，减轻依据绝对排放目标进行过度分配的风险 (Reklev, 2016b)。

以上提及的障碍和挑战在许多先进的发达国家对碳排放交易机制造成了困扰。它们可能会对中国规划的全国碳排放交易系统产生制约，中国希望该系统在可预见的未来充分发挥在减缓气候变化中的作用。正如试点方案已经展现的 (Kong and Freeman, 2013)，全国性的碳排放交易机制的部署很可能间接性地有利于全局工作，包括能力建设、MRV 体系的改善和提高企业和政府官员缓和气候变化的机遇战略意识。更为重要的是，针对产业内部调整结构以促进二氧化碳减排（似乎是首选方向），在重工业能源效率改善的困难时期可能会有积极意义 (Green and Stern, 2016)。然而，MRV 体系和碳排放交易的障碍和挑战表明供应方面有其他值得考虑的新措施，这些措施可作为快速缓和气候变化的手段。在过去，我们认为采用直接管理和上游税收相结合的措施来减少化石燃料尤其是煤炭的使用，在中国的背景下会相对有效而且高效 (Green and Stern, 2014, 2015)。

尽管国际气候政策共同体对中国二氧化碳减排目标和新兴的碳排放交易机制具有浓厚兴趣，但实际上，这些措施对中国过去几年已经出现的碳排放发展轨迹的重大转型所发挥的作用极其有限 (Green and Stern, 2016)。此外，尽管在未来十年中这些措施的重要性会进一步增强，我们认为其在需求（更早的讨论）和供应两方面仍然不如本章提及的其他因素重要。本章下一部分将讨论未来供应方面的主要推动因素。

中期能源供应：没有增长的转型？

未来十年，中国的能源供应会继续转型，尽管变化的速度存在很多不确定性。此处主要分析电力部门和运输部门。

正如先前所讨论的，未来十年电力需求相对持平。这将造就一种新的动态：尽管之前中国非煤炭产能投资可以满足渐增的能源需求，目前新的能源供应会在一个相对静态的市场进行配置竞争，加剧市场份额的竞争。

一方面，中国非煤炭和非化石燃料的发电能力继续保持飞速发展态势，这一发展的原因与前文论述的相同：能源安全、减少空气污染、工业现代化与缓和气候变化。“十三五”规划的中心议题是“绿色”，围绕支持新能源产业、绿色城市、绿色金融、现代能源体系、清洁能源创新和限制温室气体的排放展开。在这种政策环境下，更为详细的方案和政策即将出台，国家将优先考虑并大力支持金融业、制造业、部署、研究和开发零排放电源以及相关的基础设施建设与技术（例如，电网基础设施建设与能源储存）（PBS and UNEP, 2015; Kuijs, 2015）。

此外，由于成本骤降和相关产业的发展壮大，能源规划机构相应上调了中国在可再生能源领域特定技术产能扩张的绝对目标（Jiang, 2014; Reed, 2015）。随着中国和世界其他国家与地区快速摒弃对化石燃料的使用，太阳能和风能发电目标（目前分别为150~200吉瓦和250吉瓦）目标将被上调，并且这一趋势会继续保持。尽管存在适宜水力发电地点的制约，但未来五年，水力发电产能会增加。中国的核能和天然气发电产能目标非常高，可能达不到，但我们仍希望可以大量扩张核能和天然气发电产能（更为详尽的讨论参见Green and Stern, 2015; World Nuclear Association, 2016）。非煤炭能源基础设施建设的持续扩张凸显了中国在工程、制造以及调动基础设施建设融资方面的制度优势，中国在这一领域的有力措施也为未来乐观的发展潜能提供了明证。根据近期的《巴黎协定》，可再生能源领域在国际市场、技术和融资方面的优势将有利于中国该领域的扩展。

另一方面，确保中国零碳和低碳发电源的不断增长能够完全实现二氧化碳减排目标，需要中国克服大量的制度及政治困难，而事实证明这些困难非常艰巨，极具挑战。制度改革的当务之急是电力部门的市场化和价格改革。目前，化石燃料生产和电能生产享有一系列的政府补贴，普遍缴税较低（CCICED, 2014），使得可再生能源处于竞争劣势。首先应取消补助，对化石燃料特别是煤炭增加课税，以使这些污染强度高的商品价格切实反映出其全额社会成本^①。其次，电力部门的改革需要确保消费者支付

① 我们提议征收碳税，这是一个高效且有效的行政措施，非常适合中国的体制环境。参见Green, F. and Stern, N. (2014); Green, F. and Stern, N. (2015); China Council for International Cooperation on Environment and Development (CCICED) (2014)。

的价格能够完全反映出电力企业的社会成本，因此在电力调度规划中应优先考虑低碳、低污染的发电源（即绿色调度）。从行政层面上来说，对于一国而言，其有效的外部税收和市场调控经验有限，推行这些改革很可能困难重重。

实施这些改革措施的政治挑战也会相当艰巨。在一个电力不景气的市场，改变定价和调度安排以促进零碳和低碳能源的发展，意味着现存的燃煤发电工厂年均运作时间的绝对值会持续下降（正如过去两年中所发生的一样）。事实上，个体燃煤发电企业的发电时间将有更大幅度的下滑：燃煤发电产能的持续浪费性扩张意味着燃煤电力企业扩张的同时，其份额在不景气的电力市场中正逐渐下滑（Myllyvirta et al., 2015; Spencer, 2016）。这些走势很可能加剧电力企业和体系运营者之间关于优先调度权（优先调度权决定哪类企业会得到补偿）的持续冲突。2014 ~ 2015 年的这一冲突导致风能和太阳能发电企业大比例地“萎缩”，而煤炭消费则超出了必要限额（The Economist, 2014）。

从根本上讲，电力部门产能大量过剩，没有实质增长（可能非但没有增长，反而出现缩减），其转型是一个错综复杂的政治经济任务，需要成功应对与煤炭相关的全行业衰退。这将涉及大规模的闲置资产，数百万人需要重新就业，并且，在一些地区中，其经济发展的主要来源将消失（这不仅适用于煤炭产业，而且同样适用于钢铁、水泥和其他处于旧经济增长模式核心的重型工业）。成功处理中国能源转型中的“负增长”要求政府对这些产业的各个层面采取积极主动的策略。令人欣慰的是，中央政府已经在这一方向上发出了有力指示。“十三五”规划的重要议题是供给侧改革和减少产能过剩。尤其在煤炭和钢铁领域，政府已经公布了目标，包括关闭大量产能过剩的企业，暂缓三年一次的新煤矿验收，设立基金以支持煤炭和钢铁行业的整改，重新安置数百万名钢铁和煤矿工人（Bloomberg News, 2016b, 2016c）。国际研究与政策群体未来关注的重点将会是监测并切实支持这种根本性的转型。

在运输部门，中国的发展前景更不确定。一方面，GDP 增长速度和重工业的发展放缓，像 2014 ~ 2015 年一样，继续加大石油需求的下行压力，直至达到 2015 年柴油消费下降的较低点（Olson and Spegele, 2016）。随着家庭和商业运输领域的发展，不断增加的需求推动了石油消费增长，这与新

经济增长模式的转型一致。然而，未来交通工具存量预估存在巨大的变化（Gambhir et al.，2015）。尽管政府给一桶原油定的最低限价为40美元，这一价格会体现在汽油价格当中，从而减缓国内石油消费需求的变化（Bloomberg News，2016a），但是全球油价低迷可能增加国内石油需求。现存的许多供应层面的可变因素使预测变得更为复杂，包括新能源交通工具领域可能发生颠覆性的技术创新——出现大量电动车、混合动力车辆以及自动驾驶汽车。中国已经通过政策支持构建这一市场，这也是“十三五”规划关注的重点之一（Ng et al.，2016）。

总而言之，未来十年中国石油需求会出现增长，尽管增速会比之前的十年更为缓慢，也慢于近些年世界主要经济预测专家所预测的增长速度（Coulter，2015；Olson and Spegele，2016）。

整体上，未来十年中国能源领域的转型会持续进行并不断深化。预计煤炭消费的绝对数值及其在一次能源消耗（PEC）中的比重会不断下降，可再生能源消费则会迅速增长，核能与天然气消费稳步增长，石油消费需求的增长幅度则会较小。

结 语

通过对中国能源转型需求和供应两方面的经济与政策因素进行分析，可以得出结论：中国未来十年的二氧化碳净排放量仅仅会以非常缓慢的速度增长并在这一时期的某一刻达到峰值（对这一情形的详细阐述参见 Green and Stern，2016）。二氧化碳排放量在2015年似乎出现下降（Boren，2016；Plumer，2016），并且未来十年将持续下降，可以推断出2014年是中国二氧化碳排放量达到峰值的一年，这并未超出预期的结果范围。实际的情形将取决于本章所讨论的风险在多大程度上可以被缓解。

最终，无论确切的发展轨迹如何，可以确定的一点是，中国二氧化碳排放量已经发生了根本性的变化。对于全球减缓气候变化付出的努力而言，这是一个好消息。如果中国的碳排放量以类似于21世纪前十年的速度继续增长，将全球气温升幅限制在全球减缓气候变化的共同目标2°C（与工业化之前的水平相比）以内会极其困难（Boyd et al.，2015；Green and Stern，2015）。中国减排发展走势的新前景表明，升幅小于2°C的缓和途径比之前

预计的更具有可行性。

本章的分析对于中国国际气候变化策略和具有普遍意义的全球气候政策均具有启示。在 2015 年 12 月巴黎世界气候大会上，在成功磋商制定新的国际气候变化协议的过程中，中国发挥了关键作用。在巴黎会议的协商过程当中，中国政府对于减缓全球气候变化的整体态度和方法非常灵活且富有建设性。中国承诺，二氧化碳排放量在 2030 年前达到峰值，比以往磋商达成的承诺更为严格。本章的分析阐明了中国国际气候变化策略中出现这一建设性转折的国内结构性推动因素。可以确定，国内的经济和政策走向使政府对于实现所承诺的减排目标充满信心。同时，中国政府也相信，其他国家关于世界经济去碳化的主要行动不仅在避免灾难性的气候变化方面符合中国的利益，在中短期内也与中国的经济利益一致。

实际上，假设本章的分析正确，与其他目标（如非化石燃料能源份额和二氧化碳减排指标）一样，中国到 2030 年二氧化碳排放量达到峰值的官方目标基本上可以实现（Green and Stern, 2016）。这种可能性凸显了《巴黎协定》所体现的动态气候治理模式的优势。其要求各国随着时间的推移，不断以更远大的减排目标和更完善的政策更新、修正其减排承诺。中国很可能在 2020 年的第一个为期五年的修订期之前使其减排承诺更严格。

为了让《巴黎协定》的最终长期目标合理且具有可能性，包括中国在内的各国需要在 21 世纪后半叶迅速降低二氧化碳排放量，并向全球二氧化碳的净零排放努力。因此，中国目前面临的挑战是通过贯彻落实改革避免“高原期”，并在二氧化碳排放达到峰值（无论何时出现）之后，实现经济的持续繁荣和二氧化碳排放量的迅速下降。考虑到中国有各种不同的向一个清洁、低碳、资源密集度低、服务导向型的经济体转变的理由（如社会、环境、经济、金融方面的理由），而这些理由与减缓气候变化并无关联，但这些目标和减缓气候变化的目标具有高度的互补性。

参考文献

- Andrews-Speed, P. (2012), *The governance of energy in China: Transition to a low-carbon economy*, Basingstoke, UK: Palgrave Macmillan.
- Baeumler, A., Iijasz-Vasquez, E. and Mehndiratta S. (eds) (2012), *Sustainable low-carbon city development in China*, Washington, DC: The World Bank.
- Baghat, G. (2010), China's energy security: Challenges and opportunities, *The Journal of Social, Political, and Economic Studies*, 35: 137–166. Available from: jspes.org/online.html.
- Baron, R., Aasrud, A., Sinton, J., Campbell, N., Jiang, K. and Zhuang, X. (2012), *Policy options for low-carbon power generation in China*, Paris: OECD & IEA.
- Bloomberg News (2016a), Crude stopped falling at \$40 a barrel for Chinese consumers, *Bloomberg News*, 18 January. Available from: bloomberg.com/news/articles/2016-01-18/oil-prices-stopped-falling-at-40-a-barrel-for-chinese-consumers.
- Bloomberg News (2016b), China puts coal production capacity on chopping block, *Bloomberg News*, 5 February. Available from: bloomberg.com/news/articles/2016-02-05/china-puts-1-billion-tons-of-coal-capacity-on-chopping-block.
- Bloomberg News (2016c), China expects 1.8 million coal, steel layoffs on capacity cuts, *Bloomberg News*, 29 February. Available from: bloomberg.com/news/articles/2016-02-29/china-expects-1-8-million-coal-steel-layoffs-on-capacity-cuts.
- Boren, Z. D. (2016), China's fossil fuel emissions fall for the second year running, *Energy Desk*, 29 February. Available from: energydesk.greenpeace.org/2016/02/29/china-coal-fall-the-sequel/.
- Boyd, O. (2012), *China's energy reform and climate policy: The ideas motivating change*, Centre for Climate Economics and Policy Working Paper 1205, Canberra: The Australian National University.
- Boyd, R., Stern, N. and Ward, B. (2015), *What will global annual emissions of greenhouse gases be in 2030, and will they be consistent with avoiding global warming of more than 2°C?*, Policy Paper, London: Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment and Centre for Climate Change Economics and Policy. Available from: lse.ac.uk/GranthamInstitute/publication/what-will-global-annual-emissions-of-greenhouse-gases-be-in-2030-and-will-they-be-consistent-with-avoiding-global-warming-of-more-than-2c/.

- Buckley, C. (2015), China burns much more coal than reported, complicating climate talks, *The New York Times*, 3 November. Available from: nytimes.com/2015/11/04/world/asia/china-burns-much-more-coal-than-reported-complicating-climate-talks.html?_r=0.
- Central Committee of the Communist Party of China (CCCC) (2013), *Decision on major issues concerning comprehensively deepening reforms*, 15 November, Beijing: CCCC. Available from: news.xinhuanet.com/politics/2013-11/15/c_118164235.htm. English version available from: english.people.com.cn/90785/8525422.html.
- 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, Beijing: CCICED. Available from: cciced.net/encciced/policyresearch/report/201504/P020150413497198320874.pdf.
- China Electricity Council (2015), *China power industry situation and prospects*, 10 March, Beijing: China Electricity Council. Available from: cec.org.cn/yaowenkuaiddi/2015-03-10/134972.html.
- China Shenhua Energy Company Limited (2015), *Third quarterly report for the year 2015*, Beijing: China Shenhua Energy Company Limited. Available from: iis.quamnet.com/media/IRAnnouncement/1088/EN_US/002345329-0.PDF.
- Chu, J. (2015), *RE 100: China's fast track to a renewable future*, Beijing: The Climate Group. Available from: theclimategroup.org/_assets/files/RE100-China-analysis.pdf.
- Coulter, T. (2015), China's fuel demand to peak sooner than oil giants expect, *Bloomberg News*, 1 April. Available from: bloomberg.com/news/articles/2015-04-01/china-s-fuel-demand-to-peak-sooner-than-oil-giants-expect.
- Dai, Y., Zhou, Y., Xia, D., Ding, M. and Xue, L. (2014), *The innovation path of the Chinese wind power industry*, Bonn: German Development Institute/Deutsches Institut für Entwicklungspolitik. Available from: die-gdi.de/discussion-paper/article/the-innovation-path-of-the-chinese-wind-power-industry/.
- Das, M. and N'Diaye, P. (2013), *Chronicle of a decline foretold: Has China reached the Lewis turning point?*, IMF Working Paper 13/26, Washington, DC: International Monetary Fund. Available from: imf.org/external/pubs/ft/wp/2013/wp1326.pdf.
- de Boer, D., Roldao, R. and Slater, H. (2015), *2015 China carbon pricing survey*, Beijing: China Carbon Forum. Available from: chinacarbon.info/wp-content/uploads/2015/09/2015-China-Carbon-Pricing-Survey-EN.pdf.

- Energy Information Administration (EIA) (2015), *Recent statistical revisions suggest higher historical coal consumption in China*, Washington, DC: Energy Information Administration. Available from: eia.gov/todayinenergy/detail.cfm?id=22952.
- Energy Research Institute (ERI) (2015), *China 2050 high renewable energy penetration scenario and roadmap study: Executive summary*, April, Beijing: National Development and Reform Commission. Available from: efchina.org/Attachments/Report/report-20150420/China-2050-High-Renewable-Energy-Penetration-Scenario-and-Roadmap-Study-Executive-Summary.pdf.
- Gambhir, A., Tse, L. K. C., Tong, D. and Martinez-Botas, R. (2015), Reducing China's road transport sector CO₂ emissions to 2050: Technologies, costs and decomposition analysis, *Applied Energy*, 157: 905–917. doi: 10.1016/j.apenergy.2015.01.018.
- Garnaut, R. (2014), China's role in global climate change mitigation, *China and World Economy*, 22(5): 2–18. doi: 10.1111/j.1749-124X.2014.12081.x.
- Garnaut, R. and Song, L. (2006), *The turning point in China's economic development*, Canberra: ANU E Press/Asia Pacific Press.
- Garnaut, R., Song, L. and Cai, F. (2013), China's new strategy for long-term growth and development, in L. Song, R. Garnaut and F. Cai (eds), *China: A new model for growth and development*, pp. 1–16, Canberra: ANU E Press.
- Garnaut, R., Song, L. and Cai, F. (2014), Reform and China's long-term growth and development, in L. Song, R. Garnaut and F. Cai (eds), *Deepening reform for China's long-term growth and development*, pp. 3–26, Canberra: ANU Press.
- Global Commission on the Economy and Climate (2014), *China and the new climate economy: China case study—Executive summary*, Beijing: Tsinghua University. Available from: newclimateeconomy.net/sites/default/files/china-nce-exec-summary-eng_reduced_1.pdf.
- Green, F. & Stern, N. (forthcoming), *A new development model for China: Turning points for growth, urbanisation and environment*, Policy Paper, London: Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment and Centre for Climate Change Economics and Policy.
- Green, F. and Stern, N. (2014), *An innovative and sustainable growth path for China: A critical decade*, Policy Paper, London: Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment and Centre for Climate Change Economics and Policy. Available from: lse.ac.uk/GranthamInstitute/publication/an-innovative-and-sustainable-growth-path-for-china-a-critical-decade/.

- Green, F. and Stern, N. (2015), *China's 'new normal': Structural change, better growth, and peak emissions*, Policy Brief, London: Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment and Centre for Climate Change Economics and Policy. Available from: lse.ac.uk/GranthamInstitute/wp-content/uploads/2015/06/China_new_normal_web1.pdf.
- Green F. and Stern, N. (2016), China's changing economy: Implications for its carbon dioxide emissions, *Climate Policy*, 16 March. Available from: tandfonline.com/doi/full/10.1080/14693062.2016.1156515.
- Grubb, M., Sha, F., Spencer, T., Hughes, N., Zhang, Z. and Agnolucci, P. (2015), A review of Chinese CO₂ emission projections to 2030: The role of economic structure and policy, *Climate Policy*, 15(S1): S7–S39. doi: 10.1080/14693062.2015.1101307.
- Guan, D., Klasen, S., Hubacek, K., Feng, K., Liu, Z., He, K., Geng, Y. and Zhang, Q. (2014), Determinants of stagnating carbon intensity in China, *Nature Climate Change*, 4(11): 1017–1023. Available from: doi.org/10.1038/nclimate2388.
- Hove, A., Enoe, M. and Gordon, K. (2015), *China's next opportunity: Sustainable economic transition*, Beijing: Paulson Institute.
- Hu, A. (2015), Embracing China's 'new normal': Why the economy is still on track, *Foreign Affairs*, 94(3): 8–12. Available from: foreignaffairs.com/articles/china/2015-04-20/embracing-chinas-new-normal.
- Huang, Y. and Cai, F. (2014), *Debating the Lewisiaan turning point in China*, London: Routledge.
- International Monetary Fund (IMF) (2015), *People's Republic of China: Staff report for the 2015 Article IV consultation*, Washington, DC: International Monetary Fund. Available from: imf.org/external/pubs/ft/scr/2015/cr15234.pdf.
- Jiang, K. (2014), China's CO₂ emission scenario toward 2 degree global target, Presentation to Victoria University Conference on Abrupt Change in China's Energy Path: Implications for China, Australia and the Global Climate, Melbourne, 26 June. Available from: vu.edu.au/sites/default/files/cses/pdfs/Kejun_2014_China's_CO2_emission_scenario.pdf.
- Jiang, X. (2013), The rise of carbon emissions trading in China: A panacea for climate change?, *Climate and Development*, 6(2): 111–121.

- Johansson, Å., Guillemette, Y., Murtin, F., Turner, D., Nicoletti, G., de la Maisonneuve, C., Bagnoli, P., Bousquet, G. and Spinelli, F. (2013), *Long-term growth scenarios*, Economics Department Working Papers No. 1000, Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development. Available from: [search.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=ECO/WKP\(2012\)77&docLanguage=En](http://search.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=ECO/WKP(2012)77&docLanguage=En).
- Jotzo, F. and Löschel, A. (2014), Emissions trading in China: Emerging experiences and international lessons, *Energy Policy*, 75: 3–8.
- King, E. (2016), China will 'far surpass' 2020 climate target, says top envoy, *Climate Home*, 24 February. Available from: climatechangenews.com/2016/02/24/china-will-far-surpass-2020-climate-target-says-top-envoy/.
- Kong, B. and Freeman, C. (2013), Making sense of carbon market development in China, *Carbon & Climate Law Review*, 7(3): 194–212.
- Kuijs, L. (2015), Plan aims to balance growth with reform, *China Daily* [USA], 4 November. Available from: usa.chinadaily.com.cn/.
- Lewis, A. (1954), Economic development with unlimited supplies of labour. *The Manchester School*, 22: 139–191.
- Lewis, J. (2011), *Energy and climate goals of China's 12th Five-Year Plan*, Arlington, Va.: Pew Centre on Global Climate Change. Available from: c2es.org/docUploads/energy-climate-goals-china-twelfth-five-year-plan.pdf.
- Li, H., Zhao, X., Ma, L. and Qi, Y. (2013), Policy implementation: Energy conservation target responsibility system, in Y. Qi (ed.), *Annual review of low-carbon development in China*, pp. 78–150, Beijing: Social Sciences Academic Press.
- Lo, A. Y. (2013), Carbon trading in a socialist market economy: Can China make a difference?, *Ecological Economics*, 87: 72–74.
- Lo, A. Y. (2015), Challenges to the development of carbon markets in China, *Climate Policy*, 16(1): 109–124.
- Lo, A. Y. and Howes, M. (2014), Powered by the state or finance? The organization of China's carbon markets, *Eurasian Geography and Economics*, 54(4): 386–408.
- Mai, Y. and Feng, S. (2013), Increasing China's coal-fired power generation efficiency: The impact on carbon intensity and the broader Chinese economy to 2020, Paper presented to State Information Centre and National Development and Reform Commission Workshop, Beijing.

- Mathews, J. and Tan, H. (2014), Manufacture renewables to build energy security, *Nature*, 513: 166–168.
- Myllyvirta, L., Shen, X. and Lammi, H. (2015), *Is China doubling down on its coal power bubble?*, Beijing: Greenpeace East Asia. Available from: greenpeace.org/eastasia/publications/reports/climate-energy/climate-energy-2015/doubling-down/.
- Nahm, J. and Steinfeld, E. S. (2014), Scale-up nation: China's specialization in innovative manufacturing, *World Development*, 54: 288–300. Available from: doi.org/10.1016/j.worlddev.2013.09.003.
- National Bureau of Statistics (NBS) (2015a), *China Statistical Yearbook 2015*, Beijing: China Statistics Press.
- National Bureau of Statistics (NBS) (2015b), *Statistical communiqué of the People's Republic of China on the 2014 national economic and social development*, Beijing: National Bureau of Statistics. Available from: stats.gov.cn/english/PressRelease/201502/t20150228_687439.html.
- National Bureau of Statistics (NBS) (2016), *Statistical communiqué of the People's Republic of China on the 2015 national economic and social development*, Beijing: National Bureau of Statistics. Available from: stats.gov.cn/english/PressRelease/201602/t20160229_1324019.html.
- Ng, S., Mabey, N. and Gaventa, J. (2016), *Pulling ahead on clean technology: China's 13th Five Year Plan challenges Europe's low carbon competitiveness*, Briefing Paper, London: E3G. Available from: e3g.org/docs/E3G_Report_on_Chinas_13th_5_Year_Plan.pdf.
- Olson, B. and Spegele, B. (2016), China slowdown stokes fears of peak oil demand, *The Wall Street Journal*, 25 January. Available from: wsj.com/articles/china-slowdown-stokes-fears-on-peak-oil-demand-1453736237.
- People's Bank of China (PBC) and United Nations Environment Programme (UNEP) (2015), *Establishing China's green financial system*, Final Report of the Green Finance Task Force, April, Nairobi: UNEP. Available from: unep.org/inquiry/PBC/tabid/1060068/Default.aspx.
- People's Republic of China (PRC) (2015), *Enhanced actions on climate change: China's intended nationally determined contributions*, New York: UNFCCC. Available from: www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/China/1/China's%20INDC%20-%20on%2030%20June%202015.pdf.

- Pettis, M. (2013), *Avoiding the fall: China's economic restructuring*, Washington, DC: Carnegie Endowment for International Peace.
- Plumer, B. (2016), The real war on coal is happening in China right now, *Vox*, 6 March. Available from: vox.com/2016/3/6/11168914/china-peak-coal.
- Pritchett, L. and Summers, L. H. (2014), *Asiaphoria meets regression to the mean*, NBER Working Paper No. 20573, Cambridge, Mass.: National Bureau of Economic Research. Available from: nber.org/papers/w20573.
- Reed, S. (2015), China raises its targets for renewable energy, *The New York Times*, 8 December. Available from: nytimes.com/interactive/projects/cp/climate/2015-paris-climate-talks/china-raises-its-targets-for-renewable-energy.
- Reklev, S. (2016a), China sets 18% carbon intensity reduction target by 2020, *Carbon Pulse*, 5 March. Available from: carbon-pulse.com/16618/.
- Reklev, S. (2016b), China national ETS launch likely in second half of 2017, *Carbon Pulse*, 15 March. Available from: carbon-pulse.com/17057/.
- Schafer, A. (2005), Structural change in energy use, *Energy Policy*, 33: 429–437.
- Sheehan, P., Cheng, E., English, A. and Sun, F. (2014), China's response to the air pollution shock, *Nature Climate Change*, 4(5): 306–309. Available from: doi.org/10.1038/nclimate2197.
- Shen, W. (2014), Chinese business at the dawn of its domestic emissions trading scheme: Incentives and barriers to participation in carbon trading, *Climate Policy*, 15(3): 339–354.
- Shen, Y. (2013), Moving steadily or great leap forward? The emerging carbon market in China, *Deakin Law Review*, 18(2): 233–270.
- Song, R., Dong, W., Zhu, J., Zhao, X. and Wang, Y. (2015), *Assessing implementation of China's climate policies in the 12th 5-year period*, September, Working Paper, Washington, DC: World Resources Institute.
- Spencer, T. (2016), Chinese coal? What does it mean for the Paris Agreement?, *IDDRI Blog*, 12 February, Paris: Institute for Sustainable Development and International Relations. Available from: blog-iddri.org/en/2016/02/12/chinese-coal-what-does-it-mean-for-the-paris-agreement/.
- State Council of the People's Republic of China (State Council) (2007), *Implementation plan for the performance evaluation system of energy consumption per unit of GDP*, Beijing: State Council of the People's Republic of China.

- State Council of the People's Republic of China (State Council) (2013), *Air pollution prevention and control plan*, Beijing: State Council of the People's Republic of China.
- Stern, N. (2011), Raising consumption, maintaining growth and reducing emissions: The objectives and challenges of China's radical change in strategy and its implications for the world economy, *World Economics*, 12(4): 13–34.
- Teng, F., Xin W. and Lv, Z. (2014), Introducing the emissions trading system to China's electricity sector: Challenges and opportunities, *Energy Policy*: 1–7.
- The Economist (2014), Generational shift, *The Economist*, 25 October. Available from: economist.com/news/china/21627626-china-developing-clean-sources-energy-problem-getting-them-used-generational-shift.
- Wang, Z., Qin, H. and Lewis, J. (2012), China's wind power industry: Policy support, technological achievements, and emerging challenges, *Energy Policy*, 51: 80–88.
- Wilson, R. (2015), Peak coal in China? Not so fast, *Carbon Counter Blog*, 27 February. Available from: carboncounter.wordpress.com/2015/02/27/peak-coal-in-china-not-so-fast/.
- Wolf, M. (2015), Why worries about China make sense, *Financial Times*, 25 August. Available from: ft.com/cms/s/0/edd707ba-4a56-11e5-9b5d-89a026fda5c9.html?ftcamp=crm/email/nbc/FirstFTEurope/product#axzz3jgMhxWRg.
- World Bank (2016), *GDP growth (annual %)*, Washington, DC: The World Bank. Available from: data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD.ZG.
- World Bank and Development Research Centre of the State Council, People's Republic of China (DRC) (2014), *Urban China: Toward efficient, inclusive, and sustainable urbanization*, Washington, DC: The World Bank.
- World Nuclear Association (2016), *Nuclear power in China*, London: World Nuclear Association. Available from: world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/china-nuclear-power.aspx.
- Wynn, G. (2015), China's carbon emissions: Did they really fall in 2014?, *Responding to Climate Change*, 16 February. Available from: rtcc.org/2015/02/16/chinas-carbon-emissions-did-they-really-fall-in-2014/#sthash.eIHJOEd.dpuf.
- Xinhua (2015), 'Made in China 2025' plan unveiled, *Xinhua*, 19 May. Available from: chinadaily.com.cn/bizchina/2015-05/19/content_20760528.htm.

- Xu, X., Zhao, T., Liu, N. and Kang, J. (2014), Changes of energy-related GHG emissions in China: An empirical analysis from sectoral perspective, *Applied Energy*, 132: 298–307. doi: 10.1016/j.apenergy.2014.07.025.
- Yu, X. and Lo, A. Y. (2015), Carbon finance and the carbon market in China, *Nature Publishing Group*, 5(1): 15–16.
- Zhang, D., Karplus, V. J., Cassisa, C. and Zhang, X. (2014), Emissions trading in China: Progress and prospects, *Energy Policy*, 75: 9–16.
- Zhang, G. (2014), Comprehensively deepen reforms to promote sustainable and healthy development of the economy and society, Speech at the 15th China Development Forum, Beijing, 23 March. Available from: cpc.people.com.cn/n/2014/0324/c64094-24714056.html.
- Zhang, S., Andrews-Speed, P. and Ji, M. (2014), The erratic path of the low-carbon transition in China: Evolution of solar PV policy, *Energy Policy*, 67: 903–12.
- Zhang, Z. (2015), Carbon emissions trading in China: The evolution from pilots to a nationwide scheme, *Climate Policy*, 15(S1): S104–S126.
- Zhao, X. and Ortolano, L. (2010), Implementing China's national energy conservation policies at state-owned electric power generation plants, *Energy Policy*, 38(10): 6293–6306.
- Zhao, X., Li, H. and Wu, L. (2015), Enterprise-level energy savings targets in China: Compliance, weaknesses, and the way forward, Unpublished ms.

(詹保红 译; 杨晟朗 校)