中国减缓气候变化评估

何建坤^①, 陈文颖^{①*}, 王仲颖^②, 刘培^③, 温宗国^④, 肖学智^⑤, 王春峰^⑥, 巢清尘^⑦,
邹骥^⑧, 顾阿伦^①

① 清华大学能源环境经济研究所, 北京 100084;

② 国家发展和改革委员会能源研究所, 北京 100038;

③ 清华大学热能工程系, 北京 100084;

④ 清华大学环境学院, 北京 100084;

⑤ 环境保护部环境保护对外合作中心, 北京 100035;

⑥ 国家林业局国际合作司, 北京 100714;

⑦ 中国气象局国家气候中心, 北京 100081;

⑧ 国家应对气候变化战略研究和国际合作中心, 北京 100038

* 联系人, E-mail: chenwy@tsinghua.edu.cn

2015-05-15 收稿, 2015-10-14 修回, 2015-10-16 接受, 2016-01-13 网络版发表

国家科技支撑计划(2012BAC19B11)资助

摘要 本文对中国碳排放状况、分部门减缓碳排放的技术潜力与成本、实现2020年GDP碳排放强度比2005年水平下降40%~45%目标的关键领域与技术、碳排放峰值的条件与不确定性等问题进行了分析与评估, 提出了中国促进碳排放峰值目标实现的减缓气候变化对策, 指出需要加快经济结构调整和增长方式转变, 控制能源需求总量的过快增长, 建立以新能源和可再生能源为主体的可持续能源体系, 分行业、分地区地推进碳排放峰值目标的实现。

关键词 气候变化, 减缓碳排放, 减排潜力, 碳排放峰值

2009年中国提出了到2020年单位GDP二氧化碳排放比2005年水平下降40%~45%的自主减缓气候变化行动目标, 通过产业结构调整、大力推进节能与提高能源效率、发展新能源与可再生能源等各方面的努力, “十一五”期间和“十二五”前3年单位GDP二氧化碳排放分别下降了21%和9.03%。2014年11月12日发布的《中美气候变化联合声明》中提出了中国将在2030年左右实现二氧化碳排放达峰。本文所评估的产业结构调整对减缓气候变化的作用、能源供应部门、能源需求部门(工业、建筑、交通)、工业生产过程、农林业土地利用中关键的减排与增汇技术与措施及其减排潜力与成本, 实现单位GDP二氧化碳排放下降40%~45%自主减缓气候变化行动目标的重点领

域与关键技术清单, 实现碳排放峰值的条件与不确定性、以及促进碳排放峰值目标实现的低碳发展对策等, 均依据《第三次气候变化国家评估报告》减缓气候变化卷^[1]。

1 中国温室气体排放现状与减排目标

据《第二次国家信息通报》, 2005年中国包括土地利用变化和林业的温室气体排放总量约70.46亿吨二氧化碳当量(亿tCO₂-eq)。其中二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)、氧化亚氮(N₂O)和含氟气体所占比重分别为78.8%, 13.3%, 5.6%和2.3%, 土地利用变化和林业的温室气体吸收汇约为4.21亿吨二氧化碳当量(亿tCO₂-eq)。

引用格式: 何建坤, 陈文颖, 王仲颖, 等. 中国减缓气候变化评估. 科学通报, 2016, 61: 1055–1062

He J K, Chen W Y, Wang Z Y, et al. Climate change mitigation in China (in Chinese). Chin Sci Bull, 2016, 61: 1055–1062, doi: 10.1360/N972015-00532

伴随经济快速发展,虽然能源活动二氧化碳排放不断增长,但单位GDP二氧化碳排放持续下降. 1990~2010年,中国GDP增长了5.6倍,能源活动二氧化碳排放增长了约2.1倍,单位GDP二氧化碳排放下降了53.0%(图1). 目前,中国能源活动二氧化碳排放总量居世界第一位,在全球二氧化碳排放总量和增量中占重要地位,人均历史累计排放仍处于较低水平,但当年人均排放已高于全球平均水平.

2009年,中国确定了到2020年单位GDP二氧化碳排放比2005年下降40%~45%、非化石能源占一次能源消费比重达到15%、森林面积增加40万km²和森林蓄积量增加13亿m³的自主行动目标,不断加大应对气候变化工作力度. “十一五”期间,中国单位GDP能耗累计下降19.1%,相当于减排二氧化碳14.6亿t以上. “十二五”前3年,中国单位GDP能耗累计下降9.03%,相当于减排二氧化碳7.74亿t.

2 产业结构调整对碳减排的作用

“十一五”期间中国第二产业比重从47.4%下降到46.7%,尽管一、二、三产业之间比例变化不大,但万元工业增加值能源消耗累计下降超过了26%,对实现“十一五”节能减排目标起到了关键的作用. 尽管产业结构调整缓慢,但是产业技术升级、产品价值链提升和增加值的提高对降低GDP能耗强度发挥了重要作用,行业结构调整和行业内部产品结构调整对节能减排的效益贡献较大.

近年来,中国能源消费CO₂排放持续增加,除了满足国内消费外,也与进出口贸易相关. 2002~2012年,出口产品内涵排放约占总CO₂排放的16%~24%,见图2. 进出口贸易顺差以及进出口产品结构的差异,使得出口产品内涵排放高于进口产品内涵排放. 2012

图1 中国GDP、二氧化碳排放、单位GDP二氧化碳排放变化情况(1990~2010年)

Figure 1 China's GDP, carbon emissions, and carbon intensity during 1990–2010

图2 中国近年来出口和进口产品内涵排放(单位: 10⁸ t)

Figure 2 China's embodied carbon emissions during 2002–2012 (unit: 10⁸ t)

年中国能源消费的CO₂排放约为79亿t,但若扣除进出口产品的净内涵转移排放,满足国内消费需求的CO₂将下降到69亿t左右^[2]. 相比控制出口总量,通过降低出口贸易中高耗能产品比重、优化出口产品结构能够更好地降低中国的能源消耗和碳排放.

按照“十二五”规划,中国第二产业比重将下降4个百分点,同时第三产业比重增加4个百分点,使得产业结构调整为10.1:42.7:47.2,同时第二产业内部高耗能重化工业的比重也将持续下降. 这种产业结构的调整能够降低单位GDP能源消耗. 而随着技术节能潜力的放缓,产业结构调整和产业技术升级预计在未来的节能减碳中将发挥更重要的作用,预计到“十三五”末期,中国三次产业结构中第二产业比重将进一步降低,而第三产业比重将进一步提高,对GDP能耗强度下降将发挥更大作用.

3 部门减排潜力与成本评价

3.1 能源供应部门

2020年为实现非化石能源在一次能源消费需求中比重达15%的目标,全国水电、风电、太阳能发电、生物质能发电总装机容量将分别达到3.8, 2, 1和0.3亿kW,每年可减少CO₂排放16.8亿t左右;若核电装机达到6000万kW,每年可减少CO₂排放3.5亿t左右. 2020年后中国可再生能源进入快速发展阶段,并对煤电等常规火电技术产生实质性替代. 到2030年,若水电、风电、太阳能发电、生物质能发电总装机容量分别达到4.6, 4.5, 3.6和0.5亿kW,那么每年可减少CO₂排放28.2亿t左右;若核电装机达到1.5亿kW,每年可减少CO₂排放8.8亿t左右,具体见表1.

表 1 非化石能源发展减排潜力分析

Table 1 Carbon mitigation potentials from development of non-fossil energy

发电技术	2020年		2030年	
	装机容量 (10^8 kW)	减排潜力 (10^8 tCO ₂)	装机容量 (10^8 kW)	减排潜力 (10^8 tCO ₂)
水电	3.8		4.6	
风电	2.0	16.8	4.5	28.2
太阳能发电	1.0		3.6	
生物质能发电	0.3		0.5	
核电	0.6	3.5	1.5	8.8

同时,超超临界发电技术、超临界循环流化床发电技术、IGCC发电技术可以将燃煤发电效率提高到42%~45%,相比于当前38%的发电效率,提高4~7个百分点,单位发电煤耗降低30~50 gce/kWh,2030年,若上述清洁燃煤发电技术替代现有机组,可实现年CO₂减排量4.2~7 10^8 t。2030年预计中国天然气发电量将可能达到5000 10^8 kW时,相比于当前的燃煤发电机组,可以实现CO₂减排约3 10^8 t。

以300 MW亚临界燃煤发电技术作为比较基准,各类发电技术的减排成本如图3所示。由于发电效率的大幅提升,超临界和超超临界燃煤发电技术的CO₂减排成本为负。由于成本较低且全生命周期CO₂排放因子较小,核电和水电技术的CO₂减排成本也为负值。天然气联合循环发电,风电、太阳能发电、生物

质能发电、地热能发电和潮汐能发电的技术由于发电成本较高,其减排成本相对较高,但未来也将实现持续下降趋势。

3.2 终端需求部门

在基础设施建设平稳、扩大内需和消费升级的综合预期下,工业产能规模扩张将逐步趋缓,工业部门CO₂排放可能在2020年前后进入平台期。但由于城镇化的发展与生活水平的提高,未来建筑与交通部门的排放还将可能不断增长。

以钢铁、水泥为代表的制造型耗能工业,应大力引导产业技术升级,加强能量回收,提高产品循环利用,促进替代燃料和替代能源的使用比例。以汽车交通和建筑使用为代表的消费型耗能行业,应鼓励节能技术应用,加强宣传教育,倡导低碳消费模式,杜绝奢侈浪费行为。

钢铁行业近期应优先推广高炉高效喷煤、高炉喷吹焦炉煤气、蓄热式燃烧工程、电炉优化供电技术、转炉煤气干法回收、CCPP等技术;中期推广TRT技术、热风炉双预热技术、能源管理中心、煤调湿等技术;远期发展经济、合理的非高炉炼铁技术(图4)。水泥行业近期应继续加大立窑淘汰力度,普及纯低温余热发电、高效冷却机和水泥窑协同处置废物技术,加强其他可用混合材、替代燃料技术、新型低碳替代水泥技术;中期推广替代燃料技术及新型替代水泥

图 3 先进煤电、核电、可再生发电技术的相对减排成本(以 300 MW 亚临界燃煤发电为基准)

Figure 3 Mitigation cost for advanced coal-fired, nuclear and renewable power generation (300 MW supercritical as the reference)

图4 钢铁行业关键减排技术成本曲线

Figure 4 Mitigation potential and cost curve for steel sector

等技术; 远期推广CO₂捕集、回收和再利用等^[3](图5)。

交通部门近期鼓励发展以高效内燃机、高效传动与驱动、整车设计与优化、材料轻量化与结构轻量化、普通混合动力等先进节能技术为基础的节能汽车, 大力培育新能源汽车产业, 发展以动力电池、驱动电机、电控技术为基础的插电式混合动力汽车和纯电动汽车; 中远期实现能源动力系统转型, 使新能源汽车产业成为中国汽车产业的主体。

建筑行业应着力发展基于吸收式热泵的热电联产供热方式, 通断式热量计量装置, 热泵型生活热水系统, 温湿度独立空调技术, 数据中心空调技术, 高效绿色照明灯具, 分布式能源等。

3.3 工业生产过程

2005年度中国工业生产过程二氧化碳排放量为5.7亿tCO₂-eq, 氧化亚氮排放量0.4亿tCO₂-eq, 含氟气体排放量为1.6亿tCO₂-eq, 总排放量为7.7亿tCO₂-eq。根据这些行业上下游产业情况, 结合国家产业政策和减排政策, 在全行业大力推进各类减排技术的情况下, 到2015, 2020和2030年, 整个工业过程温室气体的相对减排潜力分别为2.3, 4.2和7.7亿tCO₂-eq。

工业过程温室气体排放涉及行业面宽, 减排技术多样, 技术成熟程度和推广障碍千差万别, 需区别

对待。水泥、石灰、钢铁、电石等行业生产技术较为成熟, 常规技术手段具有相当的CO₂减排潜力, 但受原料供给条件限制难以全行业普遍推广, 调结构、控产量是主要的全行业减排手段。氧化亚氮减排技术面临发达国家的垄断, 推广成本较高。含氟温室气体中, 三氟甲烷(HFC-23)减排技术比较成熟、减排率高、减排成本较低, 通过制定相应排放控制政策法规标准并结合适当经济激励(或补偿)措施, 可显著减排直至趋于零排放。其他氢氟碳化合物(HFC)基本上都是替代各行业广泛应用的含氢氯氟烃(HCFC)产品, 其消费量和排放量将在加速淘汰HCFC以及经济发展过程中会有较快增长。

3.4 农林业土地利用

林业活动是最大碳汇, 2010年碳汇量在5亿tCO₂-eq左右。2000~2007年中国森林的碳汇功能相对1990~1999年增加了34%。以2005年为基准年, 到2020和2030年, 造林和森林经营减排增汇技术潜力大约为每年4.92~8.11亿tCO₂-eq。但有关湿地减排增汇潜力的研究不足。

农业活动(不包括土地利用)是仅次于能源活动的第二大排放源。2010年温室气体排放在8~9亿tCO₂-eq。以2005年为基准年, 到2020和2030年, 畜牧业减排潜力可达1.37~1.7亿tCO₂-eq。但农业减排

图5 水泥行业关键减排技术成本曲线

Figure 5 Mitigation potential and cost curve for cement sector

潜力的不确定性在50%以上。其他土地利用以及土壤的温室气体排放或吸收情况研究不足，相关研究结论不确定性大。

农业最具减排增汇潜力的技术主要包括水稻田水分管理、农田氧化亚氮控制、农田土壤和草地固碳、畜牧业营养调控、秸秆氮化和青贮处理，以及畜禽废弃物发酵处理并回收利用沼气。林业最具减排增汇潜力的技术主要包括造林、森林经营、森林保护、木质林产品利用和替代。中国农林业及其他土地利用减排增汇不同技术的成本差异很大，总体高于IPCC第五次评估报告估算的全球农林业平均减排成本，但仍属于低成本、且能产生多重效益的减缓手段。由于激励农林业和其他土地利用的激励政策和机制尚不够完整、持续、有力，农林业和其他土地利用减排增汇潜力尚未得到有效发挥。

3.5 二氧化碳捕集、利用与封存技术

二氧化碳捕集、利用与封存(CCUS)是能够低碳利用高碳化石燃料的技术，对于中国以煤为主的能

源产业(尤其是火电行业)尤为重要，减排潜力巨大。考虑技术、经济、环境、安全等因素的约束，CO₂封存容量可达千亿t量级，其中以咸水层封存为主。减排情景分析表明，2030和2050年CCUS技术在国内不同排放空间下的减排贡献分别可达1~12和7~22亿t/a^[4]。

当前，CCUS技术仍存在高能耗、高成本、长期安全性和可靠性有待验证等制约其大规模应用的突出问题。现有燃烧后CO₂捕集技术会使能源系统效率下降10~15个百分点，CO₂捕集成本高达40~70美元/t。CO₂捕集环节能耗和成本过高，以及封存环节的长期安全性与可靠性有待验证，是制约CCUS技术大规模推广的关键障碍。具体到中国而言，在CCUS技术链的各环节都已具备一定的研发基础，但尚未形成适合中国国情的创新性技术，距离大规模推广应用仍存在较大差距。为满足中国的能源需求增长、经济发展和环境保护的多重需求，需要研发煤基低能耗、低成本的CCS技术。

中国目前已经建成多个10万t/a级别的燃烧后CO₂捕集示范项目，30 MW级富氧燃烧正在进行中试

运行,同时正在建设8~10万t/a的燃烧前捕集示范工程.此外,也开展了多个10万t级别的CO₂驱油驱气及咸水层封存示范.以资源驱替、CO₂转化等为主的二氧化碳利用技术潜力大,预计到2030年有望分别实现CO₂减排约2亿t/a.对高浓度CO₂排放源(如煤化工或天然气加工),结合CO₂利用技术(如CO₂-EOR),适合开展CCUS负成本早期示范以累积经验.

4 2020年碳排放强度相对2005年下降40%~45%目标分析

2013年GDP的CO₂强度相对2005年约下降了28.5%,2020年可实现碳强度比2005年下降40%以上.但实现45%碳强度下降目标还需全方位努力,需要从转变经济增长方式和经济结构调整、工业技术升级和能效提高、绿色建筑、绿色交通和优化能源结构等多方面共同发力,使GDP的CO₂强度下降幅度超过45%的目标上限.

与“十一五”不同,随着技术节能潜力的缩小,结构节能和能源结构的改善在实现强度下降目标中将发挥越来越重要的作用.分析表明:2020年通过提高第三产业比重及延长产业链和发展高端制造业对碳强度降低目标的贡献率将达到33.4%,电力、热力和其他能源密集产业的能效提高的贡献率将达28.5%,核能和可再生能源发展改善能源构成的贡献将达到20.4%,建筑和交通部门的减排贡献将都达到17.3%左右(图6)^[5].

工业部门、建筑部门、交通部门和火电部门的节能技术和能效技术将发挥重要作用,从减排成本看,很多技术的减排成本为负,有一定的经济效益.表2

图6 各重点领域对实现45%强度下降目标的贡献

Figure 6 Contribution of different sectors to the 45% carbon intensity reduction target

表2 实现2020年45%强度下降目标的关键技术清单

Table 2 Key technologies to achieve the 45% carbon intensity reduction target

领域	关键减排技术
电力	超超临界;大规模陆地风力发电;高效天然气发电;第三代大型先进压水堆;特高压输电技术;先进水电技术;太阳能光伏发电
钢铁	高压干熄焦;干法TRT;高炉高效喷煤技术;负能炼钢;余热余压回收;煤调湿技术;高炉煤气燃气蒸汽联合循环发电
水泥	大型新型干法窑;高效粉磨;纯低温余热发电;采用粒化高炉矿渣、粉煤灰、火山灰等材料减少水泥熟料含量
化工	大型合成氨;大型乙烯生产装置;乙烯原料替代
建筑	绿色照明;新型墙体保温材料;节能电器;热电联产;太阳能热水器;热泵技术
交通	提高单车燃油经济性的发动机技术、传动系技术和整车技术;先进柴油车;铁路电气化;城市轨道交通;高速铁路;混合动力汽车
通用技术	变频调速技术;先进电机

列出了实现2020年45%碳强度下降目标的关键技术清单.

5 二氧化碳排放峰值分析

2013年中国大陆总人口13.61亿,未来中国人口还将保持稳定增长,并可能在2030年达到峰值.2005~2013年中国城镇化率以年均1个百分点左右的速度增长,2013年达到了53.73%.研究预测表明:未来城镇化率还将进一步提高,2020年可达到60%左右甚至更高,2050年可超过70%.改革开放以来,中国经济增长速度举世瞩目,未来中国的经济增长速度与过去30多年比,虽然会有所下降,但仍将保持较高水平.2010~2030年间年均经济增速可能在6%~7%,2030年后可能下降到5%甚至更低.2013年中国一、二、三产的比重为10.0%,43.9%和46.1%,第三产业增加值占比首次超过第二产业,2020年中国第三产业的比重可能继续提高到50%以上,2050年则可能超过60%^[4].

中国2030年左右基本完成工业化与城镇化,能源需求增速趋缓,加之新能源和可再生能源快速发展,新增能源需求有望依靠非化石能源增加来满足,为CO₂排放达到峰值提供了条件.碳排放峰值的幅度将取决于未来经济增长速度、生产方式的转变、消费

模式的变化、新能源与可再生能源等先进低碳技术发展规模等。在2010~2030年年均经济增速控制在6%~7%左右的条件下,若GDP能源强度能保持年均下降不低于3%,5年GDP能源强度下降率从“十二五”期间的16%逐步调整到2015~2020年的15%左右、2020~2025年的14%左右、2025~2030年的13%左右,那么2030年一次能源消费量将可得到控制,若能加快实现煤炭消费的达峰,到2030年控制其在一次能源消费中的比重在50%左右,提高天然气比例到10%甚至更高,提高非化石能源比例到20%左右,GDP碳排放强度可能比2010年下降50%以上,2030年左右可实现CO₂排放峰值,并控制在110~120亿t^[4,6,7]。

但中国碳排放峰值出现的时间与幅度还存在不确定性,很大程度上取决于当前和今后的发展方式和政策导向,取决于未来科技创新和发展方式转变的力度。若经济发展方式转变更为快速、顺利,单位GDP的能源强度和CO₂强度得以更大幅度地下降,CO₂排放峰值目标还有可能提早到2030年之前,峰值排放量也会相应有所下降。但如果未来受国内外多种环境因素的影响,经济发展方式转变的速度和程度达不到预期,那么CO₂排放峰值就会更加推后,而峰值排放量也会提高^[6]。

6 促进碳排放峰值目标实现的低碳发展对策

为确保实现2030年左右碳排放达峰的目标,第一,需要加快经济结构调整和增长方式转变,改变过度依靠增加投资和工业产能扩张为主要的驱动增长方式,形成以技术创新和最终消费为经济增长的主要驱动力;第二,能源战略要从传统保障供给转变到同时调控需求,控制能源需求总量的过快增长,特别是煤炭消费增长。强化节能优先,大幅度提高能效;第三,需要促进能源消费结构低碳化,非化石能源比重2020年达15%,2030年达20%左右,2050年达1/3~1/2,2030年以后新增能源消费需求由新能源和可再生能源满足,逐步建立以新能源和可再生能源为主体的可持续能源体系;第四,需要分部门、分地区推进碳排放峰值目标的实现,工业部门的终端能源消费和CO₂排放要率先在2020年左右达到峰值,东部沿海发达地区要制定更为积极的低碳发展目标,努力争取2015年左右煤炭消费达峰,2020年左右CO₂排放达到峰值;第五,需要加快《应对气候变化法》的立法进程,为低碳发展提供法律和政策保障。改革财税金融政策体系,建立并完善碳排放权交易、碳税等激励机制,为低碳发展创造良好的制度环境、政策环境市场环境^[6,7]。

参考文献

- 1 “Third National Climate Change Assessment Report” Editorial Committee. Third National Climate Change Assessment Report: Climate Change Mitigation (in Chinese). Beijing: Science Press, 2015 [《第三次气候变化国家评估报告》编写委员会. 第三次气候变化国家评估报告: 减缓气候变化卷. 北京: 科学出版社, 2015]
- 2 Gu A L, He J K, Zhou L L, et al. Analysis of embodied energy and transfer emissions of China's import and export trade (in Chinese). J Tsinghua Univ (Sci Technol), 2010, 9: 1456-1459 [顾阿伦, 何建坤, 周玲玲, 等. 中国进出口贸易中的内涵能源及转移排放分析. 清华大学学报: 自然科学版, 2010, 9: 1456-1459]
- 3 Wen Z, Chen M, Meng F. Evaluation of energy saving potential in China's cement industry using the Asian-Pacific Integrated Model and the technology promotion policy analysis. Energy Policy, 2015, 77: 227-237
- 4 Chen W, Yin X, Zhang H. Towards low carbon development in China: A comparison of national and global models. Clim Change, 2013, 131: 1-14, doi: 10.1007/s10584-013-0937-7
- 5 Zou J. 2009/10 China Human Development Report: Towards low carbon economy and sustainable future (in Chinese). Beijing: China Translation & Publishing Corporation, 2010 [邹骥. 2009/10 中国人类发展报告-迈向低碳经济和社会的可持续未来. 北京: 中国对外翻译出版公司, 2010]
- 6 He J K. An analysis of China's CO₂ emission peaking target and pathways. Adv Clim Change Res, 2015, 5: 155-161
- 7 He J K. Analysis of CO₂ emissions peak: China's objective and strategy. Chin J Popul Resour Environ, 2014, 12: 189-198

Climate change mitigation in China

HE JianKun¹, CHEN WenYing¹, WANG ZhongYing², LIU Pei³, WEN ZongGuo⁴, XIAO XueZhi⁵,
WANG ChunFeng⁶, CHAO QingChen⁷, ZOU Ji⁸ & GU ALun¹

¹Institute of Energy Environment and Economy, Tsinghua University, Beijing 100084, China;

²Energy Research Institute, National Development and Reform Commission, Beijing 100038, China;

³Department of Thermal Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China;

⁴School of Environment, Tsinghua University, Beijing 100084, China;

⁵Foreign Economic Cooperation Office, Ministry of Environmental Protection, Beijing 100035, China;

⁶Department of International Cooperation, State Forestry Administration, Beijing 100714, China;

⁷National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing 100081, China;

⁸National Center for Climate Change Strategy and International Cooperation, Beijing 100038, China

Climate change mitigation issues including China's carbon emission status, the mitigation potential and cost in different sectors, the target of 40%–45% reduction of emission intensity of GDP in 2020 compared with the 2005 level, and conditions and uncertainties of the carbon emission peak are analyzed and assessed in the *Third China National Climate Change Assessment Report* and summarized in this paper. Economic structure adjustment has played and is expected to continue to play important role for carbon mitigation. Development of nuclear and renewable power would contribute to around 2 billion tons and 3.7 billion tons carbon reductions by 2020 and 2030 respectively. Key energy saving and low carbon technologies in the end-use sectors such as industry, transportation and building are listed and assessed. The mitigation potential and cost curve for steel is provided as an example to show that a large amount of carbon emissions could be reduced with minus mitigation cost partly resulting to energy saved. For industry process, carbon mitigation potentials would be around 420 million tons and 770 million tons by 2020 and 2030 respectively. Carbon mitigation potentials from LULUCF (Land use, land use change and forestry) are still uncertain and needed further research. For the assessment of 45% carbon intensity reduction target in 2020, it is concluded that economic structure adjustment, energy efficiency improvement, development of non-fossil energy, building and transportation would contribute to 33.4%, 28.5%, 20.4% and 17.3% of the total reductions. Assuming GDP growth rate as 6%–7% during 2010–2030, energy intensity reduction rate as 15% during 2015–2020, 14% during 2020–2025, and 13% during 2025–2030, the total primary energy consumption would be around 6 billion tons. To control coal use to less than 50% of the total primary energy consumption, while increasing the share of nature gas to over 10%, and the share of new and renewable energy to 20% or higher, carbon emissions would peak around 2030 at 11 to 12 billion tons. Finally, Climate change mitigation strategies to facilitate the achievement of China's carbon emission peak target are proposed. It's also suggested that measures are needed to accelerate the economy restructuring and development modes shift, to control the growth rate of total energy demand, to maintain a sustainable energy system with the new and renewable energy as its main components, and to achieve the carbon emission peak target by sector and region.

climate change, mitigation, mitigation potential, carbon emission peak

doi: 10.1360/N972015-00532