

# 中国中长期能源发展的环境挑战与战略对策

王金南, 陈潇君, 宁 森, 郑 伟, 陈罕立, 杨金田, 严 刚

(环境保护部环境规划院, 北京 100012)

**[摘要]** 分析了中国能源开发利用产生的环境问题,指出煤炭生产和使用造成的环境损失为 185.6 元/t 煤。分析了未来 40 年能源发展面临的 CO<sub>2</sub> 排放控制、污染物排放总量约束、能源开采生态保护以及新能源技术的不确定性等环境挑战,提出了在有效改善环境质量、减少温室气体排放的前提下,实现能源中长期可持续发展的目标和指标,定量分析了大气污染物排放总量控制对煤炭消费总量可能产生的约束,提出了实施绿色低碳能源发展的战略措施与政策建议。

**[关键词]** 能源发展;环境挑战;煤炭消费约束;战略措施

**[中图分类号]** TK01 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2011)06-0019-06

## 1 前言

近 20 年来,我国能源消费一直呈高速增长态势,以煤为主的能源结构和粗放型的能源开采、利用方式带来了严重的环境问题。继续当前的经济发展与能源利用模式,将使资源无以为继、环境不堪重负,国家安全受到严重威胁,同时也面临着巨大的国际压力。资源和环境的制约,要求必须抓紧研究我国未来的能源发展战略,从现在比较粗放、低效、污染的能源体系,逐步转变为节约、高效、低碳、洁净的现代化能源体系。

## 2 能源开发与利用带来了严重的环境问题

我国目前的经济发展方式伴随着巨大的能源消费需求,大量能源的开发利用带来了不同程度的环境影响,其中以化石能源开发利用最为突出。以煤为主的能源消费结构带来了严重的空气污染和温室气体排放问题,我国 SO<sub>2</sub> 排放量的 90%、NO<sub>x</sub> 与烟尘排放量的 70%、人为源大气汞排放量的 40% 以及 CO<sub>2</sub> 排放量的 70% 都来自于燃煤。由于煤炭消费量所占比例过高,我国 SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> 和大气汞排放量高居全球首位,CO<sub>2</sub> 排放量仅低于美国。除可吸入颗粒物外,我国单位能源消费的 SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、大气汞和 CO<sub>2</sub> 排放量都高于欧美国家,其中以 SO<sub>2</sub> 和大气汞尤为明显(见表 1 和图 1)。

表 1 各国大气污染物与温室气体排放总量

Table 1 Air pollutants and CO<sub>2</sub> emissions in different countries

国家	SO <sub>2</sub> /万 t	NO <sub>x</sub> /万 t	PM <sub>10</sub> /万 t	PM <sub>2.5</sub> /万 t	2005 年大气 Hg /t	2006 年 CO <sub>2</sub> /亿 t
中国	2 321.2	1 624.5	901.6(烟尘)	—	825	56.27
美国	1 036.6	1 481.9	1 342.9	443.5	118.7	57.66
欧盟 27 国	586.7	1 039.7	212.6	140.3	99.0	40.14

注:SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>排放量摘自 2008 年中国环境统计年报、美国能源信息署(Energy Information Administration, EIA)统计数据、欧洲统计局数据;2005 年汞排放量为联合国环境规划署(United Nations Environment Programme, UNEP)计算值;2006 年 CO<sub>2</sub> 排放数据摘自《日本能源与经济统计手册 2009 年版》

**[收稿日期]** 2011-04-01

**[基金项目]** 中国工程院重点咨询项目支持

**[作者简介]** 王金南(1962—),男,浙江武义县人,研究员,主要研究方向为环境规划与政策;E-mail: wangjn@caep.org.cn

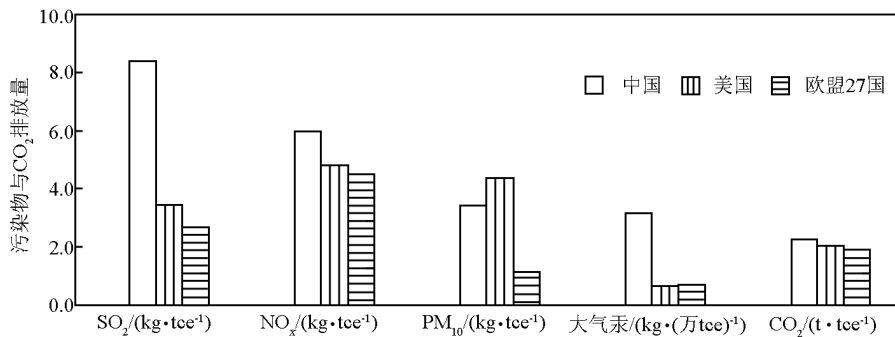


图1 各国单位能源消费量的大气污染物与CO<sub>2</sub>排放量比较

Fig. 1 Comparison of air pollutants and CO<sub>2</sub> emissions in per unit of energy consumption in different countries

我国大量的煤炭消费带来了严重的煤烟型污染。2009年,全国地级及以上城市中有20.4%的城市空气质量未达到国家二级标准,酸雨区面积为120万km<sup>2</sup>[1]。东、中部地区由于煤炭消费过于集

中,单位面积的大气污染物排放量高于全国平均水平,空气污染问题也最为严重。随着机动车数量的日益增多,珠三角、长三角、京津冀等区域复合型空气污染越发突出(见表2)。

表2 2007年各地区单位面积煤炭消费量、大气污染物排放量

Table 2 Coal consumption and air pollutants emissions per unit area of each region in 2007

区域	面积 /万 km <sup>2</sup>	煤炭消费 量/万 t	SO <sub>2</sub> 排放 量/万 t	NO <sub>x</sub> 排放 量/万 t	烟尘排放 量/万 t	单位面积煤 炭消费量 /(t·(km <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup> )	单位面积 SO <sub>2</sub> 排放量/ (t·(km <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup> )	单位面积 NO <sub>x</sub> 排放量/ (t·(km <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup> )	单位面积烟 尘排放量/ (t·(km <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup> )
东部	106.8	114 695	913.3	807.5	300.3	1 074.1	8.55	7.56	2.81
中部	166.9	85 489	667.0	428.0	373.6	512.3	4.00	2.56	2.24
西南五省	137.4	28 954	488.8	202.0	151.7	210.8	3.56	1.47	1.10
西北	429.2	37 292	399.0	205.7	160.7	86.9	0.93	0.48	0.37
全国	963.1	266 457	2 468.1	1 643.4	986.4	276.7	2.56	1.71	1.02

注:东部地区包括北京、天津、辽宁、河北、山东、上海、江苏、浙江、福建、广东和海南,中部地区包括黑龙江、吉林、山西、河南、湖北、湖南、安徽和江西,西南地区包括重庆、四川、贵州、云南和广西(西藏自治区煤炭消费量和污染物排放量很小,而行政区面积又很大,为避免影响分析结果,在表中并未包括在内),西北地区包括内蒙古、陕西、甘肃、宁夏、青海和新疆

当前无节制、粗放型的煤炭开采方式还导致了严重的水资源耗费与生态破坏问题,表现为地下水系结构破坏、地面沉降、地表塌陷、植被破坏严重、水土流失加剧、矸石堆占土地等,造成了巨大的环境损失[2]。据估算,2005年我国每吨煤开采造成的综合经济损失为43.5元,每吨煤消费造成的大气污染物和温室气体排放损失分别为82.1元和60元,合计每吨煤生产和使用造成的环境损失为185.6元。

### 3 中长期能源发展面临多重环境挑战

2030年以前,我国工业化和城市化仍将快速发展,如果经济发展方式和能源消费高速增长的态势还没有得到根本转变,将导致对能源、土地和原材料

等自然资源的需求增加,温室气体和污染物排放总量还有进一步增加的可能,环境容量相对不足、环境风险不断加大、环境问题日趋复杂的情况将不可避免,对生态系统和自然资源的破坏也将更加严重。

1) CO<sub>2</sub>排放控制的问题。国内外相关研究表明,如果经济发展过快、煤炭消费增速控制不力,2030年以前中国的CO<sub>2</sub>排放量将大幅度增加,将比2005年增加近80%[3]。我国CO<sub>2</sub>排放量的快速增长,尤其是人均排放量的增长,将面临巨大的国际减排压力,对以煤炭为主的能源消费结构、粗放型的增长方式提出了严峻挑战。

2) 传统污染物排放总量的约束问题。即使到2030年全国煤炭消费总量能控制在38亿t、石油消

费用控制在 6.5 亿 t 以内,在污染物排放强度与“十一五”持平的条件下,化石能源消费带来的  $\text{SO}_2$  和  $\text{NO}_x$  排放量也将比 2007 年分别增长 13 % 和 53 %,燃煤电厂大气汞排放量将比 2007 年增长 43 %。大城市机动车尾气污染将更为突出, $\text{NO}_x$ 、臭氧和细颗粒物( $\text{PM}_{2.5}$ )污染加重,硫酸盐、汞等大气污染物跨境传输将带来巨大的环境外交压力。要实现污染物排放总量持续下降和环境质量继续改善,必须进一步加大污染控制力度。

3)能源开采的水资源和生态保护任务艰巨。我国未来煤炭资源开发规划的重点区域大部分集中在生态环境脆弱、水资源严重短缺的西北地区,该地区每万平方千米拥有的水资源量仅为全国的 1/5,内蒙古、新疆、宁夏、陕西、甘肃五省区的水资源总量是全国水资源总量的 8.3 %,但是每开采 1 亿 t 煤就要破坏 7 亿 t 水资源、造成水土流失影响面积约 245  $\text{km}^2$  和产生 1 300 万 t 煤矸石。此外,西北 70 % 的国有大型矿区均是地面塌陷严重区。水资源、土地资源以及生态环境破坏问题将成为我国西部地区煤炭开发的关键制约因素。

4)能源技术的环境不确定性。核能与油、气资源的开发与利用过程也伴随着不同程度的环境风险,尤其是在出现突发事故的情况下,往往会对生态环境和人类健康造成重大危害,甚至是毁灭性影响。苏联切尔诺贝利核电站事故与美国墨西哥湾原油泄漏事故是两个非常典型的例子,其造成的影响会延续数年甚至数十年。

能源开发与利用过程中的多种环境问题对能源发展形成了多因素制约,应对气候变化将成为我国未来能源发展的关键制约因素, $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$  等大气污染物排放控制主要在 2030 年以前对化石能源消费总量形成约束,生态环境保护和水资源保护则对能源开发以及煤化工等高耗水行业形成制约。从不同能源品种的环境影响来看,减少煤炭消费总量是解决气候变化、大气污染以及生态破坏问题的根本途径。

## 4 能源发展的环境保护要求与约束作用分析

### 4.1 能源发展的环境保护目标建议

围绕能源发展战略的关键期(2010—2020 年)、攻坚期(2021—2030 年)、转型期(2031—2050 年),根据节约、高效、低碳、洁净的可持续能源发展战略,

借鉴中国环境宏观战略研究成果<sup>[4]</sup>,从空气质量改善、大气污染物排放总量控制、 $\text{CO}_2$  排放控制以及化石能源开采生态保护 4 个方面考虑,提出国家中长期能源发展的环境保护目标与指标建议。

1)2020 年,煤炭开采的矿井水重复利用率达到 70 %,瓦斯利用率达到 60 %,煤矸石利用率达到当年排放量的 75 %,新建矿山破坏土地复垦率达到 85 % 以上,历史遗留矿山开采破坏土地复垦率达到 45 % 以上。 $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$  和烟尘排放总量分别控制在 1 800 万 t、1 700 万 t 和 900 万 t 左右,细颗粒物、大气汞和挥发性有机污染物纳入减排方案。城市空气质量基本达到国家二级标准,经济发达城市达到世界卫生组织空气质量指导值的第二阶段目标值,酸沉降超临界负荷面积比 2005 年下降 50 %。单位国内生产总值(gross domestic product, GDP)  $\text{CO}_2$  排放强度比 2005 年下降 40 % ~ 45 %,并作为约束性指标纳入国民经济和社会发展中长期规划。

2)2030 年,煤矿矿井水重复利用率达到 80 %,高瓦斯煤层气全部实现抽采利用,基本消灭矸石山,矿山开采塌陷土地复垦率达到 70 %。 $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$  和烟尘排放总量分别控制在 1 500 万 t、1 400 万 t 和 800 万 t 左右,基本解决能源利用带来的空气污染问题,80 % 以上的城市达到世界卫生组织空气质量指导值的第三阶段目标值,酸沉降超临界负荷面积下降 80 % 以上。实施  $\text{CO}_2$  排放峰值和排放强度“双”控制,实现单位 GDP  $\text{CO}_2$  排放强度比 2005 年降低 60 % ~ 65 %,化石能源燃烧过程的  $\text{CO}_2$  排放总量达到峰值,经济发达地区  $\text{CO}_2$  排放量有所下降。

3)2050 年,完全解决能源发展过程中的生态环境破坏问题,矿区生态环境得到有效修复。 $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$  和烟尘排放总量分别控制在 1 000 万 t、1 000 万 t 和 600 万 t 左右,空气质量基本实现世界卫生组织环境空气质量浓度指导值。实施  $\text{CO}_2$  排放总量控制,2050 年化石能源燃烧过程的  $\text{CO}_2$  排放量比 2030 年显著减少,实现低碳经济和低碳社会目标。

### 4.2 大气污染物排放控制对煤炭消费总量的约束分析

化石能源加工、利用过程中排放大量空气污染物,由于大气环境的自净和稀释能力有限,污染物在环境中的不断积累将对生态系统和人体健康构成重大威胁。相关研究表明,我国  $\text{SO}_2$  环境容量为 1 200 万 ~ 1 800 万 t,  $\text{NO}_x$  环境容量不超过

1 200 万 t,且由于各地的自然条件不同,环境容量也呈现明显的地区差异。由于污染治理设施建设规模和技术水平的提高需要逐步到位,因此要实现全国污染物排放总量持续削减的目标,必须控制煤炭消费量过快增长,尤其是在 2020 年以前,经济发展、能源消费与污染物排放控制的矛盾非常突出。

#### 4.2.1 煤炭消费结构情景分析

根据能源利用技术特点的不同,可以将煤炭利用方式分为三大类:发电用煤、分散式供能用煤以及煤化工用煤。其中,发电用煤主要指 65 蒸吨/h (1 蒸吨介质相当于含有 0.725 MW 的热量)及以上的工业锅炉发电用煤;分散式供能用煤主要指 65 蒸吨/h 以下的工业锅炉和各种工业窑炉用煤,这些用煤设备的技术水平及污染治理水平是相似的。煤化工用煤包括炼焦、合成氨、电石等传统煤化工用煤和煤制油、煤制甲醇、二甲醚、烯烃、天然气等新型煤化工用煤。2007 年这三类用煤技术分别占全国煤炭消费总量的 51 %、31 % 和 18 %。

未来热电联产的发展将逐步取代分散型供热锅炉,落后工业锅炉和窑炉的淘汰、改造也将使这部分用煤量下降。随着发电用煤比例的提高、分散型供能锅炉和窑炉用煤比例的降低,吨煤污染物排放强度将降低。2020 年、2030 年和 2050 年的煤炭利用结构调整情景见表 3。

表 3 煤炭利用结构调整情景

Table 3 Scenarios of coal consumption structure %

年份	煤炭消费量比例		
	电厂	分散式供能	煤化工
2020 年	53	29	18
2030 年	55	27	18
2050 年	60	22	18

#### 4.2.2 污染物排放控制情景分析

2009 年,我国 SO<sub>2</sub> 排放总量为 2 214.4 万 t,其中煤炭利用过程的 SO<sub>2</sub> 排放量约占 90 %。2009 年火电行业脱硫机组装机容量已达到 70 % 以上,未来随着小机组的逐步淘汰,同时进一步提高脱硫效率和脱硫设施投运率,在强化控制情景中,到 2020 年、2030 年和 2050 年,全国火电行业 SO<sub>2</sub> 平均去除率有望提高到 85 %、90 % 和 95 %。与火电行业相比,我国非电力工业锅炉和窑炉 SO<sub>2</sub> 排放强度较大,随着洁净煤技术与烟气脱硫技术的推广应用,在强化控制情景中,非电力行业 2020 年、2030 年和

2050 年的 SO<sub>2</sub> 排放强度将分别比 2010 年降低 40 %、60 % 和 80 % (见表 4)。

表 4 不同时期污染物排放控制情景

Table 4 Scenarios of air pollutants emissions control %

污染物控制情景	时间节点	与 2010 年相比		与 2010 年相比
		电厂污 染物平 均去除率	非电力行业排放 强度下降比例	油品消费的 NO <sub>x</sub> 排放量下降比例
SO <sub>2</sub> 控制情景	2020	85	40	—
	2030	90	60	—
	2050	95	80	—
NO <sub>x</sub> 控制情景	2020	75	15	10
	2030	85	40	15
	2050	95	70	20

2009 年中国 NO<sub>x</sub> 排放量约为 2 000 万 t,煤炭利用过程的 NO<sub>x</sub> 排放量约占排放总量的 70 %,其他主要为机动车与炼油等行业的排放贡献。由于我国尚未对 NO<sub>x</sub> 实施总量控制,目前电厂 NO<sub>x</sub> 治理进展较慢,排放量增长迅速,未来必须加大污染治理力度。在强化控制情景中,到 2020 年、2030 年和 2050 年,火电行业 NO<sub>x</sub> 平均去除率应分别提高为 75 %、85 % 和 95 %。目前我国非电力行业基本未采取 NO<sub>x</sub> 排放控制措施,未来应加大燃煤锅炉、钢铁、水泥等生产设备低氮燃烧或烟气脱硝改造力度,在强化控制方案中,到 2020 年、2030 年和 2050 年,非电力行业的吨煤 NO<sub>x</sub> 排放强度比 2010 年排放水平分别降低 15 %、40 % 和 70 %。

油品消费增长带来的 NO<sub>x</sub> 排放主要体现在交通运输业与工程机械等方面,预计到 2020 年、2030 年和 2050 年,全国油品消费量将比 2010 年分别增长 40 %、60 % 和 90 %。同时,通过加严排放标准、淘汰老旧机动车、改善燃油品质、安装尾气净化装置等措施,将有效降低单位油品消费的污染物排放强度。综合考虑油品消费量增长与污染物排放强度降低因素,在强化控制情景中,油品消费的 NO<sub>x</sub> 排放量将逐渐下降,2020 年、2030 年和 2050 年油品消费的 NO<sub>x</sub> 排放量与 2010 年相比,将分别降低 10 %、15 % 和 20 %,不同时期的 NO<sub>x</sub> 排放控制情景见表 4。

#### 4.2.3 全国煤炭消费总量约束分析

不同情景下,SO<sub>2</sub> 和 NO<sub>x</sub> 排放总量控制目标对全国煤炭消费总量的约束分析结果见图 2。由图 2 可见,不同煤炭消费结构和污染治理水平情景下,煤炭最大可消费量差异显著。

在基准情景中(见图 2(a)),煤炭消费结构和

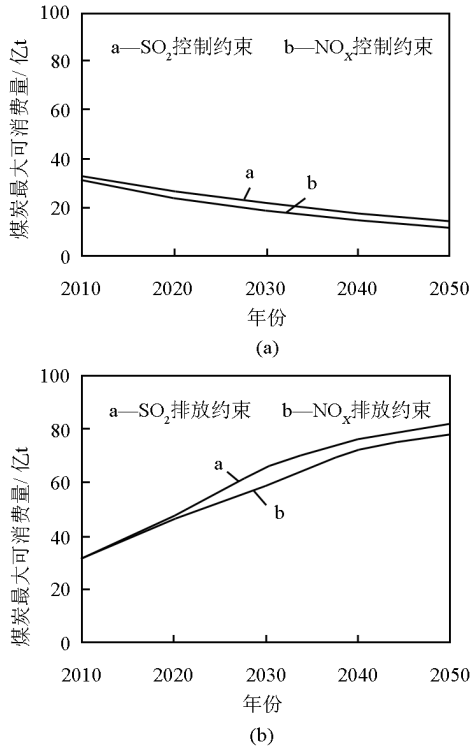


图2 SO<sub>2</sub>和NO<sub>x</sub>总量控制目标  
约束下的最大煤炭可消费量

Fig. 2 Coal consumption constraints under  
SO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> emissions control

主要大气污染物排放控制保持在2010年的水平,2020年、2030年和2050年能源燃烧排放的SO<sub>2</sub>分别控制在1500万t、1300万t和700万t,则煤炭最大可消费量分别为26亿t、22亿t和15亿t;2020年、2030年和2050年能源燃烧排放的NO<sub>x</sub>分别控制在1400万t、1200万t和800万t,则煤炭最大可消费量分别为24亿t、19亿t和12亿t。在该情景下,NO<sub>x</sub>治理水平是决定煤炭最大可消费量的关键制约因素。2008年全国煤炭消费总量已经达到27.4亿t,在2020年以前煤炭消费总量还会持续增长,可见基准情景的污染物治理水平无法满足污染物总量控制目标的要求,要实现主要大气污染物排放总量持续削减,必须加大污染控制力度。

在强化控制情景中(见图2(b)),煤炭消费结构逐步调整,燃煤电厂、工业、交通等部门均采取了更严格的排放控制措施。在SO<sub>2</sub>治理水平和排放总量控制目标约束下,2020年、2030年和2050年全国煤炭最大可消费量分别为48亿t、66亿t和82亿t;在NO<sub>x</sub>治理水平和排放总量控制目标约束下,2020

年、2030年和2050年全国煤炭最大可消费量分别为46亿t、59亿t和78亿t。由于NO<sub>x</sub>排放控制起步较晚,全国煤炭最大可消费量主要受NO<sub>x</sub>治理水平制约。

由以上分析可以看出,只有大幅度提高污染治理力度,才能在满足大气污染物排放总量控制目标的前提下实现煤炭消费总量的持续增长。同时,由于一定时期内污染治理水平的提高受到技术、经济条件的制约,因此要实现全国污染物排放总量持续削减的目标,必须控制煤炭消费量过快增长,尤其是2020年以前,经济发展、能源消费与污染物排放控制的矛盾非常突出。考虑到温室气体减排的压力,在2030年之前温室气体排放控制将成为煤炭消费的主要制约因素,基于温室气体排放控制的最大煤炭可消费量可能远低于以上测算结果。

#### 4.2.4 各区域煤炭消费量约束分析

我国不同地区之间环境质量状况、污染物排放强度、污染减排潜力存在很大差异,污染物排放总量控制要求及其对煤炭消费量的约束程度也不同。根据表2中对各区域污染物排放强度与污染现状的分析,可以看出我国东部地区环境约束最为严峻,其单位面积煤炭消费量和污染物排放量均高于其他地区,甚至高于西部地区十几倍。珠三角、长三角和京津冀地区存在显著的城市群效应,大气污染问题相互耦合、叠加,复合型污染日趋严重,污染物排放量已超出环境容量。而从排放达标率来看,污染治理水平提高的潜力也较小,削减空间非常有限,环境制约比较严峻。要解决目前的区域性复合污染问题,必须在深挖减排潜力的同时,严格控制煤炭消费增量,争取实现煤炭消费零增长甚至是递减,同时机动车污染控制也必须加大力度。

中部地区的单位面积煤炭消费量和污染物排放量低于东部,高于西部,但也高于全国平均值,排放达标率也处于同样的层次。从区域整体来看,中部地区尚有一些环境容量,但分布不太均匀,煤炭消费量增长需要建立在现有污染物排放削减和技术进步的基础上,同时要避开空气污染较重的城市。

西南和西北地区的单位面积煤炭消费量和污染物排放量都远低于东、中部地区,排放达标率也有潜力可挖,环境容量较大,但也分布不均。尤其是西南地区的贵州、四川、重庆、广西酸雨严重,煤炭含硫量高;西北地区生态环境薄弱,需要区别慎重对待。煤炭消费要综合考虑这些环境要素,加大污染减排力

度,实现适度发展。

## 5 实现能源绿色低碳发展的战略对策

为了最大限度地降低能源发展的资源和环境代价,我国必须坚持节约高效、结构优化、环境友好的原则,实施绿色、低碳的能源发展战略,努力构建一个利用效率高、技术水平先进、污染物排放少、生态环境影响小的能源生产—流通—消费体系。

1) 节能、提效,降低能源消费总体需求。构建节能型产业体系,提高服务业在国民经济中的比重,积极调整工业结构,把万元产值能耗标准作为项目核准和备案的强制性门槛,遏制高耗能产业过快增长。抓好工业、交通、建筑等关键领域的节能工作,在城市规划和基础设施建设中体现系统节能原则,构建节能交通体系,推广应用工业、建筑节能技术和节能汽车。研究制定 CO<sub>2</sub> 排放和环境约束下的煤炭消费总量控制制度,首先对长三角、珠三角等能源消费集中、空气污染严重的区域试行煤炭消费总量约束性控制。

2) 优化能源结构,提高清洁、低碳能源消费所占比重。走能源多元化发展道路,增加石油、天然气供应,积极推进核电建设,在妥善处理生态保护和移民安置的基础上有序开发水电,在妥善处理粮食和生态安全的基础上推进生物质能开发利用,积极扶持风能、太阳能、地热能与海洋能的开发利用。到 2030 年,清洁、低碳能源在我国一次能源中的比重达到 30 % 左右(其中核电、水电、非水可再生能源各占 10 % 左右),到 2050 年达到 40 % 左右(其中核电为 15 % 左右,水电为 10 % ,非水可再生能源为 15 % )。

3) 推进煤炭的绿色开采与洁净化利用。首先要根据生态环境和水资源承载力,合理规划煤炭开发强度,严格按照规划实施煤炭开采。其次,加强煤与瓦斯协调开采技术、保水采煤技术、塌陷土地复垦技术、煤矸石利用技术等绿色开采技术的开发与利

用,减轻煤炭开采对地表的扰动和水土破坏,减少废弃物排放。再次,支持煤炭清洁利用技术的研发,大力发展整体煤气化联合循环、增压流化床燃烧等先进发电技术,探索煤炭高效低碳清洁转化技术,积极开展碳捕获利用与封存技术的研发和工程示范。最后,出台强制性政策或经济鼓励政策,对应用洁净煤技术的企业,给予补助、奖励、优惠电价、税收减免等,采用先进发电技术的电厂发电量优先上网。

4) 完善环境标准与政策体系,强化能源清洁、低碳发展的倒逼机制。一是制定和实施严格的环保标准。在大气污染严重的地区,强化区域环境准入标准,实行更严格的污染物排放限值;逐步加严新车排放标准,研究出台与机动车排放标准相适应的车用燃油质量标准;修订和完善 NO<sub>x</sub>、挥发性有机物排放标准。全面实施 NO<sub>x</sub> 总量控制,对挥发性有机物实行更为严格的排放控制。二是积极运用经济手段,促进能源的绿色开采与绿色消费。全面推行煤炭采矿权有偿使用制度,对能源开发征收环境治理保证金和生态补偿费;逐步提高工业企业排污收费标准;完善有利于节能减排的价格政策,将生态破坏与环境污染损失纳入能源定价机制;严格执行高耗能企业差别电价政策;出台环保综合电价政策,促进电力行业多污染物协同控制。最后,实施环境容量资源有偿使用制度,开展排污权有偿分配与排污交易,促进排污者自觉开展节能减排。

### 参考文献

- [1] 环境保护部. 2009 年中国环境状况公报[R]. 2010.
- [2] 王金南,曹东,杨金田. 能源与环境:中国 2020[M]. 北京:中国环境科学出版社,2004.
- [3] 何建坤,柴麒麟. 关于全球减排温室气体长期目标的探讨[J]. 清华大学学报(哲学社会科学版),2008,23(4):15-25.
- [4] 中国工程院,环境保护部. 中国环境宏观战略研究[M]. 北京:中国环境科学出版社,2011.

(下转 29 页)