

中国能源领域温室气体排放现状及减排对策研究

齐玉春, 董云社

(中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要: 自工业革命以来, 随着化石燃料的广泛应用, 能源领域的温室气体排放逐渐成为其主要的人为排放源, 能源、环境和经济发展之间的矛盾也日益成为各国政府共同关注的焦点。如何有效地进行能源活动中温室气体的减排已经成为涉及环境、经济、政治、外交等多方面的全球性科学问题。文章对中国能源开发利用现状和主要温室气体二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)、氧化亚氮(N₂O)能源排放源进行了简要分析, 并对适合中国国情的温室气体减排与能源可持续开发与利用“双赢”, 实现“发展型减排”的有效途径进行了初步的探讨。

关键词: 能源; 温室气体; 排放现状; 减排对策

中图分类号: P467/X511/P967

文献标识码: A

文章编号: 1000-0690(2004)05-0528-07

气候变暖问题近年来一直是全球变化领域的研究热点和国际环境谈判的焦点。回顾过去的100年, 地球表面温度平均约上升了 $0.6 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ^[1], 近十几年来全球普遍出现的“暖冬”天气更使我们深刻感觉到这一气候变化的存在^[2]。虽然目前学术界对于导致全球气候变暖的原因仍存在一些争论, 研究中也仍然存在着许多不确定因素, 但人类活动特别是化石燃料燃烧、森林面积减少、植被破坏以及氟里昂等的使用是造成全球变暖的重要因素已是一个不争的事实^[3-5]。其中, 由于化石燃料开采利用与大量燃烧而导致的温室气体排放对气候变暖的贡献最大。据研究, 在过去的20年中全球大约有3/4左右的人为二氧化碳排放量来源于化石燃料燃烧^[1]。中国作为目前经济发展最为迅速的发展中国家, 能源广泛应用于工业、交通、建筑以及居民生活等各个领域, 目前中国已成为世界上第二大能源消费国。然而, 多年来能源开发与利用过程中的低效率及其所造成的环境污染也一直困扰着中国经济与社会的可持续发展^[6]。近年来, 经过多方面的努力, 中国在能源环境方面的问题得到了一定程度的缓解, 仅1996~2000年间, 中国主要温室气体二氧化碳的整体排放量就降低了7.3%; 甲烷的排放量在1997~2000年间下降了2.2%。其中, 中国由燃料产生的二氧

化碳排放量在1996~2000年间降低了8.8%, 比由所有其他来源产生的二氧化碳排放量7.3%的降幅还要大^[7]。但总的来说, 要彻底解决能源与环境的矛盾仍是一个相对漫长的过程。因此, 要在能源领域有的放矢地进行温室气体减排工作, 首先应对能源与温室气体排放的关系有一个充分的认识。

1 能源活动与温室气体排放

综合以往的研究结果, 能源领域的温室气体排放主要来源于以下几个方面: (1) 化石燃料燃烧; (2) 燃料开采、加工、运输以及工业利用过程中的泄漏和挥发; (3) 传统生物质燃料的燃烧等。其中, 化石燃料燃烧主要包括能源工业自用、电力工业、区域供热等能源及其转换工业以及工业生产过程中的能源消耗等。此外, 居民的独立采暖和生活炉灶中化石燃料的使用现阶段在农村和部分中小城市也是一个不可忽略的排放源^[8,9]。与能源有关的化石燃料燃烧排放源还包括交通运输领域的温室气体排放, 它涉及公路、铁路、航空、水运等各个方面, 涉及面较广, 也是近些年来排放速度增长较快的领域之一, 其中, 尤以公路运输的排放量增长最为迅速。据统计, 在很多国家中, 交通运输的能源消耗量都约占全部终端能源消费的1/4~1/3, 占全部石油制品消耗量的90%左右^[10], 从而

收稿日期: 2003-07-21; 修订日期: 2003-12-30

基金项目: 中国科学院知识创新重大项目(KZCX1-SW-01-04)、中国科学院地理科学与资源研究所知识创新项目(CX10G-E01-03-01/CX10G-A00-06)、国家重点基础研究发展规划项目(2002CB412503)共同资助。

作者简介: 齐玉春(1972-), 女, 山东茌平县人, 助理研究员, 博士, 主要从事全球变化与温室气体排放以及碳、氮生物地球化学循环等方面的研究。E-mail: qiyue@igsnrr.ac.cn

使其对温室气体的排放具有较高的贡献率。以英国为例, 2000 年英国道路交通的 CO₂ 排放占总排放量的比例高达 25% 左右, 已超过电力生产的排放比重^[11]。除化石燃料燃烧外, 煤炭、石油、天然气等的开采、加工、运输过程中也伴随着大量温室气体的直接排放, 同时, 占农村生活能源一半以上的农作物秸秆、薪柴等生物质燃料的燃烧以及收获后农业废弃物的燃烧、开垦荒原时的烧荒等也是温室气体的主要能源排放源, 从全球范围看, 生物质燃烧对 CO₂ 和 CH₄ 排放的贡献分别约为 40% 和 10%, 因此这部分排放量也同样不容忽视^[12]。

1.1 CO₂ 排放与能源

CO₂ 是全球最重要的温室气体, 其对温室效应的贡献约占全部温室气体的 50%^[13,14], 目前在大气中浓度已达 366.7 μmol/mol, 是造成气候变暖的主要原因, 也是目前能源环境研究领域受关注最多的温室气体。现有的研究认为, 大气中 CO₂ 的迅速增长主要是由于人类活动造成的, 其中燃烧化石燃料是产生 CO₂ 的最大人为排放源^[1]。而化石燃料燃烧中又以含碳量最多的煤炭燃烧贡献最大, 1998 年, 全球燃煤排放的 CO₂ 排放量约为 7.31 × 10⁸ t C, 约占化石燃料排放 CO₂ 总量的 85% 左右。

在中国, 虽然与美国、日本、德国、法国等发达

国家相比, 中国人均商业能源使用量和由此而产生的人均 CO₂ 排放量远低于这些国家, 但单位能源所创造的产值也仍处于较低的水平(见表 1)^[15], 这就导致了我国能源消费总量始终保持较高的水平。2000 年, 中国因化石燃料燃烧所排放的 CO₂ 达到 0.73 Gt C (1Gt= 10⁹ t), 占全球排放量的 10.6%^[16], 其中, 由于燃煤释放的 CO₂ 量约占全国各类排放源总排放量的 80%^[17]。大量高耗能产业的能源消耗是大气中 CO₂ 的主要排放源。目前, 中国的高耗能产业主要包括钢铁、建材和化学工业等, 如: 建材工业的水泥生产、化学工业的合成氨生产等, 其中, 每吨水泥生产释放的 CO₂ 可达到 0.136 t C^[18]。此外, 目前中国采暖、空调、炊事、家用电器等民生能耗在总能耗中也占有较高的比例^[19] (2002 年, 人均生活用能 133.0 kgce), 也使其成为 CO₂ 的一个重要排放源。同时, 研究表明: 私用汽车的单位能源消耗约为公共汽车的 3.3 倍, 铁路的 5.9 倍^[20], 近年来中国城市汽车数量尤其是私用汽车呈大幅度增加的趋势(2002 年末, 中国民用汽车合计已达到 2 053.17 × 10⁴ 辆, 其它机动车达 5 215.58 × 10⁴ 辆, 而私人汽车达 968.98 × 10⁴ 辆^[19,21]), 汽车数量的大幅度增长使得汽车燃料燃烧释放的 CO₂ 也处于较高的水平。

表 1 中国与国外部分国家能源消费与 CO₂ 排放状况比较^①

Table 1 Comparison of energy consumption and CO₂ emission between China and some other countries

	1997 年商业能源的 使用总量(kgoe)	1997 年商业能源的人 均使用量(kgoe)	每千克石油当量能源 使用产生的 GDP ^② (\$)	人均 CO ₂ 排放量 ^③ 1998 年(t/人)
中国	1113050	907	3.3	2.5
美国	2162190	8076	3.6	19.9
加拿大	237983	7930	3.0	15.3
德国	347272	4231	5.2	10.1
英国	227977	3863	5.3	9.2
法国	247534	4224	5.0	6.3
日本	514898	4084	6.0	9.0

①资料来源于参考文献^[15]; ②按照购买力平价换算成国际美元的国内生产总值; ③CO₂ 排放量指煤炭燃烧以及水泥制造等过程中排放的 CO₂, 包括使用固体、液体、气体燃料以及煤气产生的 CO₂。

1.2 CH₄ 排放与能源

CH₄ 是仅次于 CO₂ 的重要温室气体及化学活性气体。自 1750 年以来, 大气中 CH₄ 浓度已累计增加了 1.06 μmol/mol (151%), 目前大气 CH₄ 浓度已达到过去 42 万年以来的最高水平^[1], 并且仍在继续增加。在过去的一百年中, CH₄ 对全球温室效应的贡献约为 19%, 仅次于 CO₂, 但其相对增温潜力却为 CO₂ 的 21 倍^[13]。

在 CH₄ 气体的各种排放源中, 化石燃料的开发和利用是除稻田、湿地、反刍动物等 CH₄ 排放源以外大气 CH₄ 的重要人为源。从全球范围来看, 全球 CH₄ 排放源总量约为 535 ± 125 TgCH₄/a (1 Tg= 10¹² g), 人为源约占总释放量的 60%~80%, 而其中的 20% (16%~24%) 左右(约 100 Tg CH₄/a) 又与化石燃料的生产和使用有关^[13]。总的来说, 全球能源领域 CH₄ 排放主要来源于煤矿、石

油、天然气开采过程的泄漏。其中,天然气排放源约为 40 Tg/a ($25 \sim 50 \text{ Tg/a}$),采煤排放源 30 Tg/a ($15 \sim 45 \text{ Tg/a}$),石油工业排放源约为 15 Tg/a ($5 \sim 30 \text{ Tg/a}$),另外,煤的燃烧也会排放 CH_4 [22]。

在中国, CH_4 的第一大能源排放源主要来自采煤及矿后活动。据统计,1994年,中国煤炭开采及矿后活动 CH_4 排放量为 10.3 Tg [23],其中主要来自于被煤炭吸附的 CH_4 气体的排放。研究表明,在煤生成过程中伴随每吨煤产生的 CH_4 量可高达 200 m^3 ,随着的煤炭开采,如不对 CH_4 进行收集或处理,这些被煤炭吸附的 CH_4 必然会在开采和利用的诸环节逐渐被排放到大气中 [24]。

生物质燃烧排放是中国能源领域除煤矿开采活动之外的第二大 CH_4 排放源。生物质燃烧排放的 CH_4 主要来自于生物体的不完全燃烧过程,经估算,中国生物质燃烧 CH_4 排放总量约为 2.84 Tg/a [22]。

油气领域的 CH_4 排放与上述两个排放源相比,排放强度相对较弱。其主要来源于未利用油田气的直接排放以及天然气在输送时的压缩过程等。此外,天然气输送过程阀门泄漏及老管线密封处的泄漏排放等也是油气领域 CH_4 排放的重要来源。据计算,中国石油气领域 CH_4 逃逸量约为 0.052 Tg/a ,天然气系统中 CH_4 的逃逸总量约为 0.048 Tg/a [23,24]。

1.3 N_2O 排放与能源

N_2O 作为大气的微量气体成分之一,在过去一百年的时间中, N_2O 对温室效应的贡献约为 4%,1750~2000年,大气中的 N_2O 浓度由 $0.270 \mu\text{mol/mol}$ 上升到了 $0.316 \mu\text{mol/mol}$,增加了约 17% [1]。虽然 N_2O 在大气中的浓度和年增长率低于 CO_2 ,但它的潜在增暖作用却约为 CO_2 的 310 倍,为 CH_4 的 4~21 倍,同时 N_2O 在大气中存留时间较长(约为 120 年),因此, N_2O 在大气中浓度的增加更应引起重视 [13]。能源领域的 N_2O 排放主要来自化石燃料燃烧和生物质燃烧过程,其 N_2O 排放约占全球 N_2O 源排放总量的 2%~3% [25],虽远小于自然土壤、水体等天然排放源,但它却是除人为干扰土壤和化工生产过程(如己二酸、硝酸生产等)等之外 N_2O 的主要人为排放源,并且在此领域进行 N_2O 减排较天然源调控相对见效更快。目前,全球与能源有关的 N_2O 排放估算结果为:化石

燃料燃烧排放的 N_2O 约为 $0.1 \sim 0.3 \text{ TgN/a}$ [26],生物质燃烧过程排放的 N_2O 约为 $0.02 \sim 0.2 \text{ TgN/a}$ [27],排放量估算变动幅度较大。

中国对化石燃料燃烧和生物质燃烧过程 N_2O 排放量的估算结果分别为 118 Gg/a 与 18 Gg/a ($1 \text{ Gg} = 10^9 \text{ g}$),约占全国 N_2O 排放量的 12.4% 和 1.9% [28]。总体来说,中国对能源领域 N_2O 排放量研究较其他两种气体要薄弱的多,目前关注较多的是循环流化床燃烧过程 N_2O 的排放研究,对于其它排放源则研究相对较少,因此,在利用有限样本进行各排放源 N_2O 排放量的估算时存在着很大的不确定性。如:在计算固定源的排放量时主要是利用燃料的消耗量乘以不同部门的综合排放因子获得,在估算时对燃烧技术条件、设备年龄、使用的排放因子等作了若干的假设;流动源排放量的估算也是如此,计算时须假定各类车辆的使用年限、型号、运行的路面条件、平均驾驶速度等参数 [29],由于这些假定条件的不确定性很大,变化也较快,以固定源的锅炉以及流化床的燃烧为例,在不同的燃烧温度、不同的燃料构成与配比、不同的床温等条件下其 N_2O 排放量相差几倍到数十倍 [30,31],因此,上述原因的存在就导致目前对 N_2O 排放量的估算结果误差相当大,远远大于 CO_2 和 CH_4 的估算误差(能源领域 CO_2 排放量的估算误差小于 10%, CH_4 约 30% 左右,而 N_2O 的估算误差达 30%~70% [32])。如何相对准确和动态的估算能源领域的 N_2O 排放量以便能够更有针对性地进行减排工作不仅是中国也是全球共同面临的课题。

2 中国能源利用中温室气体减排的对策选择

从前面的分析可以看出,温室气体排放量与能源的生产和消费量直接相关。而对于处于经济大发展的中国现阶段来说,能源的开发和利用又直接影响着经济发展的程度和速度,如何在不影响经济发展的前提下达到温室气体减排的目的,实现“发展型减排”与“环保型发展”是中国能源利用领域当前面临的重要挑战。

2.1 优化能源消费结构,加快可再生清洁能源的开发与利用

中国是世界上少数几个以煤为主要燃料的国家之一。与世界部分发达国家相比,中国能源结构中石油、天然气、核电等优质能源的比例很小(表

2), 能源结构不合理是一直以来导致中国温室气体排放量偏大的主要原因之一。研究表明, 单位热量燃煤引起的 CO_2 排放比使用石油和天然气分别要高出 36% 和 61% 左右^[33], 核电和水电、太阳能等不含碳能源的利用则几乎无 CO_2 排放, 在这种情况下, 要削减 CO_2 排放量就要进一步调整能源结构, 逐步削减化石燃料特别是煤炭的消费比例, 大力开发少含碳和不含碳的能源。在过去的十多年中, 中国通过积极发展优质能源, 在能源结构调整方面已取得了长足的进展, 2002 年煤炭在一次能源结构中所占的比重已比 1990 年下降了 9.9%^[34], 但我们也应同时认识到, 由于中国油气资源的相对缺乏(截至 2001 年末, 石油与天然气剩余探明可采储量为 $33 \times 10^8 \text{ t}$ 与 $1.37 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 分别约占世界的 2.3% 和 0.9%^[35]), 近中期中国油气在一次能源消费中的比例虽会有所提高, 但仍然会比较低, 不会改变煤炭在一次能源消费中的首要地位^[36], 因此, 要降低煤炭消费的比例, 只有通过逐步增加可再生能源和新能源的使用来实现。然而迄今为止, 中国对清洁能源和可再生新能源的开发和利用还远远不足, 中国水力的可开发装机容量为 $3.78 \times 10^8 \text{ kW}$, 居世界首位, 目前开发利用率仅为 20%^[37]; 风能资源量约为 $16 \times 10^8 \text{ kW}$, 地热资源的远景储量为 $1\,353.5 \times 10^8 \text{ tce}$, 太阳能、生物质能、海洋能等储量更是处于世界领先地位^[38], 但对其的开发和利用却尚未形成规模, 大量关键技术和设备仍主要依赖进口, 使开发利用成本普遍偏高, 从而大大阻碍了其产业化和商品化进程, 同时相关产品也缺少全面系统的产品质量标准及质量监测体系, 产品质量不稳定, 使产品的规范化、系列化发展受到很大的影响。此外, 在产品开发、推广的资金支持力度和相应的激励政策和措施方面也尚显不足, 这些因素都阻碍了可再生能源技术的成果转化与推广^[38]。因此, 中国通过新能源发展进行 CO_2 等温室气体的减排还有一段很长的路要走, 今后应针对目前存在的问题, 逐步加大相关技术(如大型风力发电技术, 光伏发电技术、海洋温差发电技术等)开发的资金和人员投入力度, 支持示范项目的开展与推广, 降低其生产利用成本, 并研究与制定针对于相关企业和个人的税收优惠、政府补贴、低息贷款等一系列激励政策与机制, 同时还应尽快完善国家级的产品质量标准和规范以及产品质量监测体系, 逐步建立和健全中国的可再生能源

体系。上述问题若能够得到有效解决, 中国转变能源结构将存在巨大空间。相关预测研究表明, 若 2015 年新能源和可再生能源年开发量达 $4\,300 \times 10^4 \text{ tce}$, 占中国届时商品能源消费总量的 2%, 将可减少 $3\,000 \times 10^4 \text{ t C}$ 的温室气体排放^[39]。

表 2 2002 年不同国家的能源消费结构比较(%)
Table 2 Comparison of energy consumption structure among different countries in 2002(%)

能源类别	中国	美国	日本	法国	德国
石油	24.6	39.0	47.6	35.9	38.6
天然气	2.7	26.2	13.7	14.9	22.6
煤	66.5	24.2	20.7	4.9	25.7
水电	5.6	2.5	4.0	5.8	1.8
核电	0.6	8.1	14.0	38.3	11.3

资料来源:BP Statistical Review of World Energy, June, 2003.

2.2 开发节能技术, 提高能源利用效率

目前, 中国的能源利用效率还很低, 考虑开采和输送后的能源系统总效率不到 10%, 不及发达国家的一半, 这就意味着 90% 左右的能源都在开采、加工转换、贮运和终端利用中被消耗掉了^[40]。因此, 要减少能源领域温室气体排放, 除逐步调整能源结构外, 在现有的基础上逐步减少生产和生活各环节能源的消耗量, 提高单位能耗的生产水平也是一个必不可少的手段。

在能源开采与运输方面, 目前中国在此环节的能源浪费较为严重, 要改变这种现状, 除加强矿区管理及相关技术改造外, 改变能源输送方式如变输煤为输电、输气等也是减少运输消耗的一个重要途径。此外, 还应尽可能地减少能源开采、运输过程中温室气体的直接排放与泄漏。

在能源终端利用方面, 如何提高能源利用效率是节能减排的关键所在。近 20 年来, 中国通过采取多种技术措施努力提高能源利用效率, 万元 GDP 能耗由 1980 年的 7.98 tce 降至 2002 年的 2.63 tce, 下降了近 2/3, 累计节约能源 $12.6 \times 10^8 \text{ tce}$ ^[41], 单位产值能耗的降低使得 CO_2 排放量的增长速度已趋于减缓。但总的来说, 中国目前的能源利用效率仍然较低, 只有 32%, 比先进国家低了约 10 ~ 15 个百分点^[42], 工业部门的能源设备效率远远低于发达国家, 从而导致单位产值和单位产品的能耗普遍偏高。据相关模型预测, 如果使中国重点产品的单位能耗接近发达国家 20 世纪 80 年代初的水平, 中国到 2020 年将因此节能 $21.6 \times 10^8 \text{ tce}$, 温

室气体排放量将比基于现有技术水平预测的排放量减少 330 Mt 碳当量^[43], 其减排效果是十分可观的。因此, 未来 20 年提高能源利用效率, 在继续推进工业节能的同时, 减少建筑、交通等重点节能领域的能耗是温室气体减排的关键。在高耗能产业, 加速节能技术改造, 改造工业窑炉、锅炉及其它旧的高耗能设备, 采取先进的节能生产工艺, 提高能源利用效率, 降低单位产品和单位产值的能源消耗量是节约能源, 降低能源温室气体排放量的主要途径。以中国发电行业为例, 一座 100×10^4 kW 燃煤电站每年约消耗原煤 300×10^4 t, 向大气排放 CO_2 约 213×10^4 t^[44], 若改燃煤发电为燃气-蒸汽联合循环发电, 则单位发电量所产生的温室气体 CO_2 排放约减少 50% 左右, 热电联产也比热电分离生产可减少约 30% ~ 44% 左右的 CO_2 排放^[45]。此外, 还应在城市倡导公共交通, 适当发展轻轨铁路, 发展燃气、燃酒精汽车、电动汽车, 改善公路路况、提高车辆的实载率等, 促进交通运输节能。在建筑节能方面, 目前中国建筑能耗已占全国总能耗的 27.8%, 采暖季平均能耗约为同等条件发达国家的 2~3 倍^[46], 因此加强对建筑维护结构和采暖系统的改造, 提高围护结构的保温隔热性能, 提高采暖系统的热效率, 降低采暖能耗等对于节能减排也十分重要。

2.3 优化产业结构和产品结构

产业结构和产品结构水平是决定整个国家能源强度高低的因素。以往的研究表明, 产业结构和产品结构的变化对能源强度降低的贡献率可高达 75% ~ 85%, 远高于技术提高对总能源强度降低的贡献率(技术提高的贡献率约为 15% ~ 25%)^[43], 1980 年至 2000 年间中国节约和少用能源中有 70% 以上来自于产业结构和产品结构调整, 相当于减排 CO_2 约 4.0×10^8 t C^[47]。由于第三产业的单位产值能耗一般只有第二产业的 25% 左右^[48], 因此在今后的产业结构调整中还应继续适当发展低能耗的第三产业, 逐步提高技术密集型和知识密集型产业的比例, 使产业结构得以不断优化, 减少对能源的消耗。此外, 在工业结构内部, 应鼓励发展电子、医药等能耗低、附加值高的产业, 对于冶金、化工、建材等高耗能企业, 要发展适度规模经营, 对于部分污染较重的小企业要实行关停并转, 同时在这些能耗较高的企业中, 鼓励相关节能型产品的开发, 调整产品结构向高附加值和深加工

产品方向发展, 从而达到节能减排的目的。

2.4 加强能源领域的国际交流与合作

根据有关模型预测分析, 为执行《京都议定书》, 通常一个国家每减少 1% 的温室气体排放将带来国内生产总值 1% 的经济损失^[49], 对此巨大的经济损失, 正处于生存发展阶段的广大发展中国家将很难承担。目前中国虽不需承担温室气体减排义务, 但为了更好地实现可持续发展目标, 中国仍应积极参与到相关的国际交流与合作中去。在合作中除进行相关技术研究项目合作外, 还应开展广泛的经济合作, 通过多种融资方式吸引国外组织和发达国家参与中国新能源和可再生能源产业的开发与建设, 同时还应充分利用气候变化框架公约所提出的“清洁发展机制(CDM)”等各项有利于中国发展的国际合作机制, 争取从国外直接引进经济援助和先进的技术, 并促进相应技术的国产化, 从而加速中国能源工业的技术进步, 进而达到温室气体减排的目的^[50]。

2.5 进一步加强和完善政府的宏观调控机制

一直以来, 中国政府对于全球重大环境问题始终给予高度的重视, 先后签署了《里约宣言》、《气候变化框架公约》等多项国际公约, 并颁布了多个有关能源和环境保护的政策性文件和法律法规, 在温室气体减排方面做出了巨大的贡献。但温室气体减排是一个长期、庞大的系统工程, 作为国家的宏观管理者, 政府应不断从政策法规、经济和社会宣传等多方面加强对此系统工程的宏观调控作用。

1) 在配套政策法规建设方面。应进一步细化相应的能源利用和环境保护法规, 逐步将一些定性的政策目标量化和系统化, 如: 根据各地区的实际情况, 实行其优势新能源和可再生能源的发电配额等^[51], 从而使相关政策、法规实施效果的监管更加有章可循; 从宏观上制定更加合理的能源消费战略和产业发展政策, 加大对能源开发和利用的宏观调控力度; 引导中国的能源生产和用能企业向节能环保方向发展, 在政策上应优先发展环境效益显著的企业; 支持在资源优势地区开发利用太阳能、风能、地热能等新能源和可再生能源, 在立法上为新能源和可再生能源的开发和利用提供保障, 并在相关财政、税收和金融政策上给予倾斜, 加快其产业化步伐。

2) 在推动能源技术进步方面。应逐步加大对工业、运输、建筑等各领域相关能源技术开发的科

技和资金投入。在节能技术和洁净煤技术以及新能源和可再生能源开发利用技术成果的推广方面提供经济和金融、税收优惠, 加大相关研究项目的资金和科技支持力度; 此外, 政府还应在促进能源引进技术的国产化方面起到其积极的推动作用。

3) 在教育和宣传方面。一是提高公众的节能意识, 二是要提高公众对于新能源和可再生能源发展和利用重要性的认识。总的来说, 目前中国有相当部分的企业和群众节能意识仍然十分淡薄, 政府应在这方面加大宣传力度, 在全国范围内充分利用各种宣传媒介, 借以唤起全民的节能和环保热情, 使广大民众充分认识到气候变暖对人类可能带来的潜在影响, 共同参与到节能和环保运动中来, 同时也有利于加快新能源和可再生能源技术成果的使用和推广。只有得到全社会的参与, 我们的温室气体减排工作才能卓有成效, 才能实现我们的目标, 为人类的生存和发展创造一个更加美好的环境。

参考文献:

- [1] 高峰, 孙成权, 曲建升. 全球变化研究的新认识——IPCC 第三次气候评价报告第一工作组概要[J]. 地球科学进展, 2001, 16(3): 442~ 445.
- [2] 张金屯. 全球气候变化对自然土壤碳、氮循环的影响[J]. 地理科学, 1998, 18(5): 463~ 471.
- [3] IPCC. Climate Change 1995: The Science of Climate Change [M]. New York: Cambridge University Press, 1996.
- [4] 杨桂山. 全球海平面上升机制和趋势及其环境效应[J]. 地理科学, 1993, 13(3): 250~ 256.
- [5] 袁顺全, 干怀遂. 能源消费与气候关系的中美比较研究[J]. 地理科学, 2003, 23(5): 629~ 634.
- [6] 赵媛, 梁中, 袁林旺, 等. 能源与社会经济环境协调发展的多目标决策[J]. 地理科学, 2001, 21(2): 164~ 169.
- [7] David G S, Jiang Kejun, Hu Xiulian et al. Recent Reductions in China's Greenhouse Gas Emissions[J]. Science, 2001, 294: 1835~ 1837.
- [8] 林而达, 李玉娥. 全球气候变化和温室气体清单编制方法[M]. 北京: 气象出版社, 1998.
- [9] 张仁健, 王明星, 郑循华, 等. 中国二氧化碳排放源现状分析[J]. 气候与环境研究, 2001, 6(3): 321~ 327.
- [10] 徐新华, 姜虹, 汪大辉. 江浙沪地区交通部门温室气体排放研究及减排措施[J]. 江苏环境科技, 1997, (2): 41~ 44.
- [11] 张平. 英国提高能源效率的政策取向[J]. 中国能源, 2001, (2): 31~ 32.
- [12] 庄亚辉, 曹美秋, 王效科, 等. 中国地区生物质燃烧释放的含碳痕量气体[J]. 环境科学学报, 1998, 18(4): 337~ 343.
- [13] 刘强, 刘嘉麒, 贺怀宇. 温室气体浓度变化及其源与汇研究进展[J]. 地球科学进展, 2000, 15(4): 454~ 460.
- [14] 丁维新, 蔡祖聪. 沼泽甲烷排放及其主要影响因素[J]. 地理科学, 2002, 22(5): 619~ 625.
- [15] 朱之鑫(主编). 国际统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2001.
- [16] 戴民汉, 翟惟东, 鲁中明, 等. 中国区域碳循环研究进展与展望[J]. 地球科学进展, 2004, 19(1): 120~ 130.
- [17] 胡予红, 孙欣, 张文波, 等. 煤炭对环境的影响研究[J]. 中国能源, 2004, 26(1): 32~ 35.
- [18] 高树婷, 张慧琴, 杨礼荣, 等. 中国温室气体排放量估测初探[J]. 环境科学研究, 1994, 7(6): 56~ 59.
- [19] 国家统计局工业交通统计司, 国家发展和改革委员会能源局编. 中国能源统计年鉴(2000~ 2002)[M]. 北京: 中国统计出版社, 2004.
- [20] 陈佐. 城市轨道交通对生态环境的影响[J]. 中国铁道科学, 2001, 22(3): 126~ 132.
- [21] 张琪, 刘玉麒. 中国民用汽车保有量突破两千万辆[J]. 中国统计, 2003, (8): 60.
- [22] 王明星, 张仁健, 郑循华. 温室气体的源与汇[J]. 气候与环境研究, 2000, 5(1): 75~ 79.
- [23] 张仁健, 王明星, 李晶, 等. 中国甲烷排放现状[J]. 气候与环境研究, 1999, 4(2): 194~ 202.
- [24] 徐振刚, 张振勇. 甲烷排放源及减排对策[J]. 洁净煤技术, 1999, 5(3): 10~ 12, 42.
- [25] 郭李萍, 林而达, 李少杰. 大气氮化物的源汇及气候与环境效应[J]. 农业环境保护, 1999, 18(5): 193~ 199.
- [26] 王少彬, 苏维瀚. 中国地区氧化亚氮排放量及其变化的估算[J]. 环境科学, 1993, 14(3): 42~ 46.
- [27] José Goldemberg. Science and the climate convention [J]. Science & Global Security, 1994, 4: 407~ 424.
- [28] 王少彬. 大气中氧化亚氮的源、汇和环境效应[J]. 环境保护, 1994, (4): 23~ 27.
- [29] 杨玉峰, 刘滨. 温室气体排放总量计算的不确定性及对清洁发展机制的影响[J]. 上海环境科学, 2001, 20(2): 75~ 77.
- [30] 叶长春. 燃烧污染物 N_2O 的形成及其抑制[J]. 电站系统工程, 1995, 11(1): 32~ 36.
- [31] 王晶红, 刘皓, 陆继东, 等. 生物质燃料与煤混燃时 NO_x/N_2O 排放的研究[J]. 华中理工大学学报, 1998, 26(1): 72~ 74.
- [32] Lim B, Boileau P, Bonduki Y et al. Improving the quality of national greenhouse gas inventories[J]. Environmental Science & Policy, 1999, (2): 335~ 346.
- [33] 高广生. 减缓全球气候变化的本质和中国应对策略[J]. 中国能源, 2002, (7): 4~ 8, 12.
- [34] 王庆一. 中国与世界能源数据[J]. 煤炭经济研究, 2004, (274): 73~ 79.
- [35] 金晶. 世界及中国能源结构[J]. 能源研究与信息, 2003, 19(1): 20~ 26.
- [36] 周总瑛, 康跃刚. 从油气资源状况论中国未来能源发展战略[J]. 自然资源学报, 2003, 18(2): 210~ 214.
- [37] 郭廷杰. 对“十五”期间中国能源结构优化的探讨[J]. 中国能源, 2001, (1): 20~ 22.

[38] 国家发展计划委员会基础产业发展司(编). 中国新能源与可再生能源 1999 白皮书[M]. 北京: 中国计划出版社, 2000.

[39] 国家经济贸易委员会. 2000~ 2015 年新能源和可再生能源产业规划要点[J]. 信息产品与节能, 2001, (2): 36~ 42.

[40] 马舒曼, 吕永波, 韩晓雪. 浅析中国经济发展与能源消费[J]. 能源研究与利用, 2004, (1): 22~ 24.

[41] 浦树柔. 三大领域节能前景[J]. 瞭望新闻周刊, 2004, (18): 24~ 26.

[42] 鲍云樵. 中国能源和节能形势及其对策[J]. 中国电力企业管理, 1999, (3): 7~ 9.

[43] 王 灿. 从能源消费的角度探讨控制温室气体排放的途径[J]. 中国能源, 2001, (4): 20~ 22.

[44] 黄晓丽. 中国能源现状及发展趋势初探[J]. 石油规划设计, 2004, 15(1): 11~ 12.

[45] 何宏舟. 改善一次能源消费结构减少温室气体排放[J]. 节能与环保, 2002, (11): 9~ 12.

[46] 李曙光. 浅谈中国建筑节能现状与对策[J]. 应用能源技术, 2003, (1): 1~ 3.

[47] 中国提出未来20年能源战略构想[N]. 浙江日报, 2003- 11- 17.

[48] 阎长乐(主编). 中国能源发展报告[M]. 北京: 经济管理出版社, 1997.

[49] 新华社. 应对全球变暖任重而道远——中国气候专家评世界气候变化大会[OL]. 新华网, <http://www.xinhua.org>, 2001- 11- 15.

[50] 何建坤, 张阿玲, 刘 滨. 全球气候变化问题与中国能源战略[J]. 科学对社会的影响, 2001, (2): 40~ 44.

[51] 李京京, 庄 幸. 中国新能源和可再生能源政策及未来发展趋势分析[J]. 中国能源, 2001, (4): 5~ 9.

Emission of Greenhouse Gases from Energy Field
and Mitigation Countermeasures in China

QI Yu-Chun , DONG Yu-r She

(Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research , Chinese Academy of Science , Beijing 100101)

Abstract: Since the industrial revolution, the emission of greenhouse gases (GHGs) in energy field gradually becomes one of the major anthropogenic sources with the wide utilization of fossil fuel. The contradiction among energy, environment and the economic development also becomes the focus that the governments of all countries pay much more attention to in recent years. How to reduce the GHGs emission in energy field effectively has become the worldwide scientific problem in terms of environment, economy, politics, diplomacy and the like. In this paper, the situation of development and utilization of energy and the main sources of carbon dioxide, methane, nitrous oxide in energy field in China are reviewed and discussed. At last, some effective approaches with twin wins in greenhouse gases mitigation and sustainable exploitation and utilization of energy are proposed.

Generally speaking, the way to mitigate the emissions of GHGs in energy field can be summarized as the following three kinds of measures. The first is the technology means, namely, quickening the exploitation of energy- saving technology, enhancing the utilization technology of renewable energy and clean energy, whatever, strengthening the cooperation with the developed countries in the field of the relative technology researches is also very important. The second means is the economical and financial means that refers to provide a series of the preferential policy including offer preferential tax revenue, public subsidy and low- interest loan and other preferences to the relevant enterprises. Thirdly, it is the administrative means, including strengthen and improve the macro- control mechanism and promote the construction of rules and laws on the exploitation and utilization of energy and environmental protection, establishing reasonable strategy of energy consumption and industrial development and increasing the fund input of science and technology in energy field and so on, at the same time, laying stress on the propaganda of energy- saving and environment protection is also very necessary.

Key words: energy; greenhouse gases emission; present status; countermeasures