

DOI:10.3969/j.issn.1004-9479.2016.04.002

段晓男, 曲建升, 曾静静, 等. 《京都议定书》缔约国履约相关状况及其驱动因素初步分析[J]. 世界地理研究, 2016, 25(4):8-16

DUAN X, QU J, ZENG J, et. al. Preliminary analysis on the carbon reduction performance and its driving factors based on the Kyoto protocol goals for Annex I countries[J]. World Regional Studies, 2016, 25(4):8-16

《京都议定书》缔约国履约相关状况 及其驱动因素初步分析

段晓男¹, 曲建升^{2,3}, 曾静静^{2,3}, 刘莉娜³

(1. 中国科学院前沿科学与教育局, 北京 100864;

2. 中国科学院兰州文献情报中心全球变化研究信息中心, 兰州 730000;

3. 兰州大学资源环境学院西部环境教育部重点实验室, 兰州 730000)

摘要:基于《联合国气候变化框架公约》和国际能源署的相关数据, 评估了《京都议定书》缔约国温室气体减排方面的进展情况。研究发现, 受金融危机等经济活动的影响, 2008 年~2011 年期间各国温室气体排放量呈现动态变化的趋势。从国别排放看, 伞形国家的碳排放量自 1990 年始, 总体上呈增加的趋势, 实现减排目标基本无望; 欧盟国家整体完成了 8% 的减排目标, 但各个国家完成情况不尽相同; 经济转型国家减排幅度最大。通过能源利用强度和碳排放强度两个指标分析减排力度较大国家的排放轨迹, 发现欧盟国家主要通过能源结构的调整(表现为煤炭比重下降和天然气比重上升)和外贸转移排放实现排放强度的降低, 而经济转型国家的排放变化主要缘于其经济社会结构的变化。总体来看, 缔约国的能源消费结构和利用方式基本稳定, 能源利用强度与碳排放强度降低趋缓, 在现有能源消费结构下减排潜力有限。

关键词:《京都议定书》; 缔约国; 碳排放; 碳减排

中图分类号:K901.4

文献标识码:A

自工业革命以来, 人类大量排放 CO₂ 所引起的温室效应对社会、经济和环境的影响受到越来越广泛的关注^[1]。大量观测数据表明, 大气中温室气体的浓度快速增加^[2-8]。因此, 减少 CO₂ 排放被认为是减缓全球气候系统变暖的根本途径。

自 20 世纪 80 年代以来, 国际社会逐渐意识到气候变化问题的重要性, 开始对气候变化进行研究并制订相应对策^[9]。1992 年, 联合国里约环境与发展大会通过《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC, 简称《公约》), 成为人类共同面对气候变化艰巨挑战的法律性文本。而 1997 年签署的《京都议定书》^[10-11] 首次为工业化国家制定了温室气体减排的量化目标, 即 2008 年~2012 年其温室气体排放量在 1990 年水平上平均削减 5.2%。作为唯一执行的具有

收稿日期:2015-06-10; **修订日期:**2015-12-10

基金项目:中国科学院青年创新促进会人才培养基金(2013298); 中国科学院战略性先导科技专项“应对气候变化的碳收支认证及相关问题”(XDA05150100)。

作者简介:段晓男(1979-), 男, 副研究员, 博士, 主要研究方向: 资源环境科技规划与管理。E-mail: xnduan@cashq.ac.cn.

通讯作者:曾静静(1981-), 女, 副研究员, 博士研究生, 主要研究方向: 温室气体排放评估与气候政策分析。E-mail: zengjj@llas.ac.cn.

约束力的碳减排协议,它所倡导的“共同但有区别的责任”原则是日后开展气候变化谈判的重要依据。

由于《京都议定书》签署后,全球的碳排放总量依然在增加,各方对《京都议定书》的看法不一。目前看来《京都议定书》的履约情况并不理想,美国、加拿大、日本、俄罗斯等国先后退出,更让《京都议定书》的未来变得扑朔迷离。目前的一些相关研究,主要是从政策设计的角度进行考量^[12-13]。从历史责任和发展阶段论,发达国家毫无疑问应该是当前和未来一段时期减排的主力。本文对缔约国履约状况的分析,有助于了解它们在减排方面的态势和潜力,同时也为研判未来减排形势提供参考。

1 数据来源与方法

本文采用数据来源于《公约》秘书处公布的国家温室气体清单和国际能源署(IEA)发布的温室气体数据。《公约》数据由缔约国自主提交,主要指标包括二氧化碳、甲烷、氧化亚氮的数据以及氢氟碳化合物、全氟化碳和 / 或六氟化碳的合并数据。IEA 主要利用自身所掌握的能源数据计算和发布燃料燃烧排放的 CO₂ 量,涉及 134 个国家 13 个不同部门的固定源 CO₂ 排放量。

国别排放数据被分为四组,分别为考虑土地利用、土地利用变化及森林(LULUCF)的温室气体(GHG)排放量(I)、不考虑 LULUCF 排放的温室气体(GHG)排放量(II)、考虑 LULUCF 排放的 CO₂ 排放量(III)、不考虑 LULUCF 排放的 CO₂ 排放量(IV)。这些数据是判别《京都议定书》执行状况和开展气候变化谈判的主要依据。

2 缔约国履约的基本情况

通过数据对比可以发现,绝大部分国家四类数据的排放趋势是基本一致的,特别是第 I 类和第 III 类,第 II 类和第 IV 类一致性更加显著。但考虑 LULUCF 后, GHG 和 CO₂ 减排的幅度变大。例如,欧盟 27 国 2011 年考虑土地利用排放的 GHG 和 CO₂ 减排幅度分别为 -19.9%、-16.8%,而不考虑土地利用排放的 GHG 和 CO₂ 减排幅度分别为 -18.4%和 -15.1%。

《京都议定书》在第三条第 4 款中提及土地利用变化对碳源汇的作用,但并未明确指出可以纳入第一承诺期的减排指标。2001 年,为限制森林管理碳汇的使用,《波恩政治协定》为缔约国利用造林再造林碳汇项目获取减排量设定了上限,即在第一承诺期内,缔约国每年从清洁发展机制造林再造林碳汇项目中获得的减排抵销额不得超过其基准年(1990 年)排放量的 1%。从目前的减排情况看,这种上限设置是非常必要的。一方面,不削弱化石能源减排的主体地位。从数据看,大多数缔约国在 LULUCF 上都有较大幅度的减排。比如澳大利亚,在没有考虑 LULUCF 的情况下,其 1990 年以来的排放量一直在增加。而考虑 LULUCF 后,它摇身变成减排国,完成了约定的目标;另一方面,由于土地利用数据的年变化幅度很大,数据的精确度也远不及能源消费的排放量数据^[14],设置上限可以避免 LULUCF 导致化石能源减排的实施效果大打折扣。

目前,国际上其他机构发布的国别碳排放数据主要是化石能源利用造成的 CO₂ 排放,为方便数据集间的对比,下文主要围绕第 II 类和第 IV 类进行分析。

各国在履约期间的排放量呈现动态变化,表现出先抑后扬的趋势,这主要受到 2008 年全球性金融危机的影响。大部分国家 2008、2009 年的碳排放量与 2007 年相比有所下降,特别是受金融危机影响较大的丹麦、新西兰、罗马尼亚、比利时、奥地利、保加利亚、爱尔兰等

表1 缔约国2011年相对1990年排放量的变化

国别	减排目标 (%)	GHG 变化 幅度 (%)	CO ₂ 变化 幅度 (%)	国别	减排目标 (%)	GHG 变化 幅度 (%)	CO ₂ 变化 幅度 (%)
澳大利亚	108	32.2	46.3	列支敦士登	92	-3.6	-9.0
奥地利	92	6.0	13.5	立陶宛	92	-55.7	-61.0
白俄罗斯		-37.2	-46.6	马耳他		-6.2	-6.9
比利时	92	-16.0	-12.3	卢森堡	92	50.6	42.8
保加利亚	92	-45.8	-40.9	摩纳哥	92	-21.0	-24.9
加拿大	94	18.7	21.0	荷兰	92	-8.2	5.2
克罗地亚	95	-10.7	-10.6	新西兰	100	22.1	32.5
塞浦路斯		50.3	55.9	挪威	101	6.0	28.2
捷克	92	-31.9	-30.7	波兰	94	-29.0	-29.6
丹麦	92	-17.6	-16.3	葡萄牙	92	14.8	14.1
爱沙尼亚	92	-48.3	-48.6	罗马尼亚	92	-54.8	-55.0
欧洲联盟(27国)	92	-18.4	-15.1	俄罗斯	100	-30.8	-32.6
芬兰	92	-4.9	-0.3	斯洛伐克	92	-36.9	-38.0
法国	92	-12.2	-9.0	斯洛文尼亚	92	-3.4	-1.1
德国	92	-26.7	-23.4	西班牙	92	23.9	25.4
希腊	92	10.0	14.4	瑞典	92	-15.5	-14.4
匈牙利	94	-43.2	-41.8	瑞士	92	-5.4	-6.0
冰岛	110	25.8	54.3	土耳其		124.2	143.5
爱尔兰	92	4.1	16.2	乌克兰	100	-56.8	-57.5
意大利	92	-5.8	-4.7	英国	92	-27.8	-21.3
日本	94	3.2	8.7	美国	93	8.0	9.9
拉脱维亚	92	-56.1	-57.5				

注:减排目标是指第一承诺期排放量相对于基准年的比例;符号“+”表示排放量增加,“-”表示排放量减少。

国,降幅都在8%以上。随着经济形势逐渐向好,排放量再次反弹。

从目前的数据来看(表1),有19个国家已经达到了减排目标,占缔约国的50%。从减排的总量看,2008年~2011年与基准年1990年相比,排放量逐年变化分别为-2%、-6.5%、0.6%、0.9%。考虑到美国退出了《京都议定书》,如将美国排放数据剔除后,缔约国的逐年减排幅度变为-11.5%、-14.7%、-5.3%、-2.3%。

3 不同类型国家的排放特征分析

3.1 伞形集团国家^①

伞形集团国家由于担心减排行动对本国经济造成过大负担,反对立即采取减排、限排措施,并以发展中国家也应承担减排义务为由,作为自己反对承担减排责任辩解开脱的理由^[15]。相对基准年来说,伞形国家目前的碳排放量都是增加的,但年排放增速(特别是1990年~2007年间)是趋缓的(图1)。在2008年金融危机的影响下,美国、加拿大、日本等国都达

^① 美国、日本、加拿大、澳大利亚、新西兰、俄罗斯等能源消耗大国或温室气体减排压力较大的国家(俄罗斯除外),在气候谈判中主要代表非欧盟的发达国家观点,组成了具有相对一致立场的“伞形集团”。

到了总量转折拐点,但目前的排放量较基准年还是处于高位。从目前的状况看,伞形国家如期完成承诺减排的可能性很小,这也直接影响到它们在气候变化谈判中的态度和立场。美国一直以拖累本国经济发展和中国、印度等发展中国家不承担减排义务等为由,拒绝加入《京都议定书》,并试图以民间自愿减排的方式取代约束性减排。日本、加拿大等减排态度消极,并试图绕开或搁置《京都议定书》的限排约束^[16]。

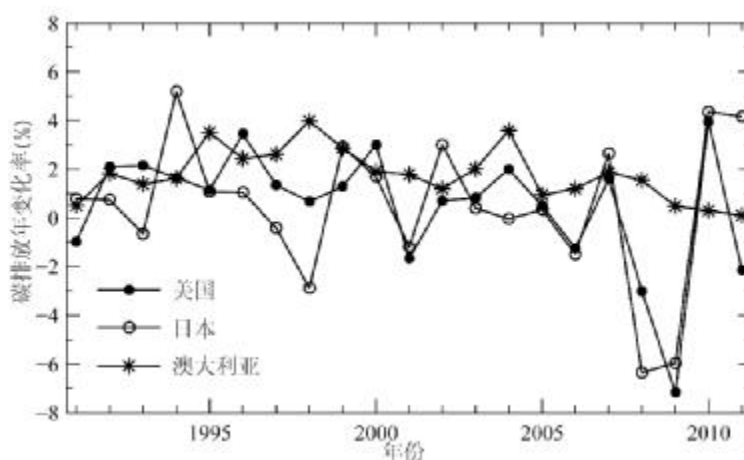


图1 1990年~2011年澳大利亚、美国、日本化石能源二氧化碳排放增速变化

资料来源: IEA

3.2 欧盟国家

欧盟出于政治因素的考虑,力争在气候变化问题上处于全球领导地位,态度十分积极,减排效果也初见成效。从总体上看,欧盟国家达到了减排8%的目标,但具体到每个国家时,情况存在较大的差别。德国、英国、瑞典减排幅度较大,法国、芬兰、意大利等虽然排放有所减少,但还没有达到承诺的目标,而奥地利、希腊、爱尔兰、西班牙等国的排放依然在增长(图2)。欧盟国家内部减排情况差异显著在很大程度上与欧盟各成员国能源消费结构与利用方式、气候变化应对立场、社会经济发展阶段等有关。

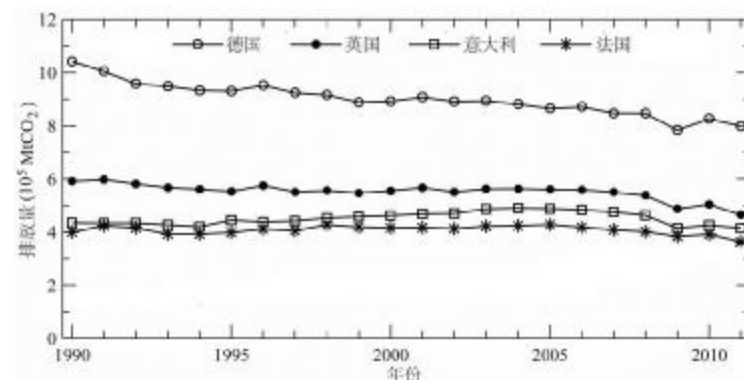


图2 1990年~2011年德国、英国、法国、意大利碳排放量的变化

资料来源: IEA

3.3 经济转型国家

在缔约国中,减排幅度最大的是经济转型国家,包括前苏联和前南斯拉夫以及东欧的一些国家(如拉脱维亚、爱沙尼亚、立陶宛、乌克兰、俄罗斯、斯洛伐克、罗马尼亚、匈牙利

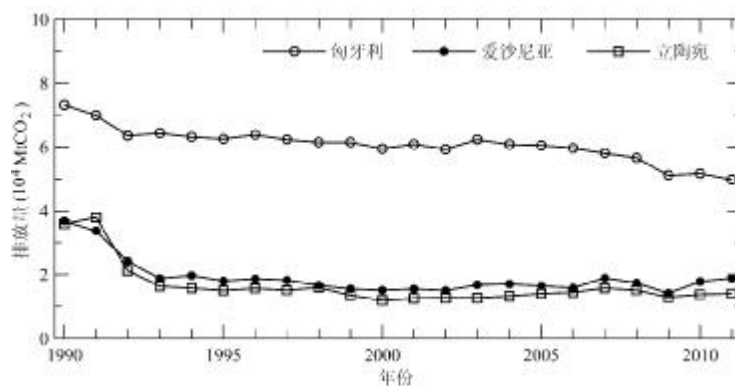


图3 1990年~2011年立陶宛、爱沙尼亚、匈牙利CO₂排放量的变化

资料来源: IEA

利等),这些国家因经济滑坡而出现了温室气体排放的大幅降低,其降幅远高于 5%的总体要求。以立陶宛、爱沙尼亚、匈牙利三国为例,碳排放轨迹大体为从 1990 年开始逐渐下降,到 1995 年前后到达谷底,之后逐步回升、平稳,目前还没有恢复到 1990 年的水平。虽然与 1990 年相比,经济转型国家的碳减排幅度较大,但近年来这些国家的碳排放量变化幅度不大(图 3)。

4 减排较快国家的原因分析

经济发展关乎公民福祉。减排的要义不是压低经济发展水平,而是降低经济活动的碳排放强度。由于能源利用是温室气体排放的主要途径,将经济活动的碳排放强度进一步分解为单位 GDP 的能源利用强度(简称能源利用强度)和单位能源的碳排放强度(简称能源碳排放强度)。本节利用国际能源署(IEA)的相关数据,结合能源消费结构(煤、油、气等能源的使用比例)和利用方式(工业、交通、居民、商业等),进而分析案例国家的减排趋势。

$$CO_2/GDP = (CO_2/Energy) * (Energy/GDP) \quad (1)$$

其中: CO_2/GDP 为经济活动碳排放强度; $CO_2/Energy$ 为能源碳排放强度; $Energy/GDP$ 为能源利用强度。

4.1 经济转型国家减排原因

经济转型国家的碳排放量变化主要与其政治经济环境密切相关。1990 年后,受东欧剧变和苏联解体的影响,这些国家政局动荡,经济活动停滞甚至衰退,表现为 GDP 和能源消费

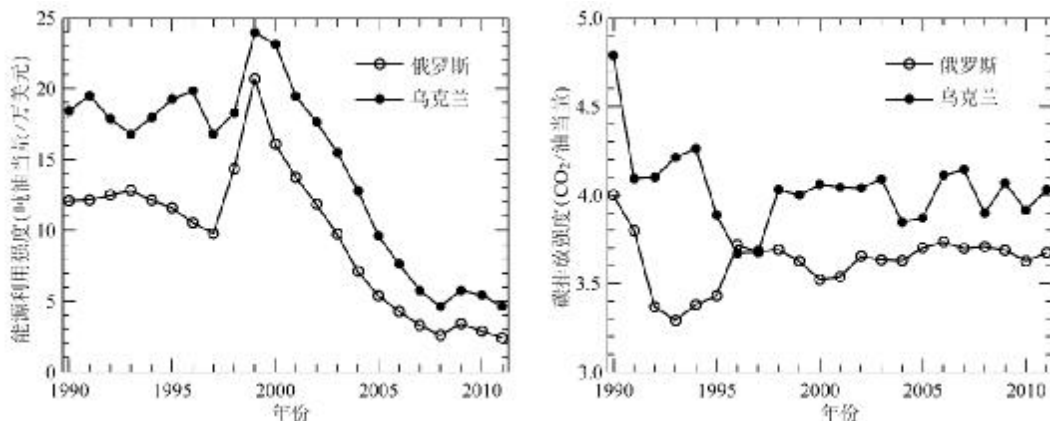


图 4 1990 年~2011 年俄罗斯、乌克兰能源利用强度和二氧化碳排放强度的变化

资料来源: IEA

量的降低。但 1998 年前后,随着国家趋于稳定和经济回稳上升,碳排放量随着能源使用量的增加而上升。以俄罗斯、乌克兰为例,从能源利用强度来看,两国呈现降低—增加—降低的轨迹,近年来趋于稳定,而能源碳排放强度在 1990 年~1996 年呈现下降的趋势(图 4),之后变幅不大。这与能源消费结构和利用方式的变化紧密相关。在俄罗斯的能源消费结构中,天然气在能源消费总量的占比从 1990 年的 42% 提高到 1996 年的 52%, 之后基本稳定在这个水平。而从利用方式看,工业占比缓慢下降,交通、商业消费量先降后升,目前已经超过 1990 年的水平,居民能源消费量增速最大,从 1990 年的 13%, 增加到 2000 年的 34%, 之后回落到 25% 左右。自 2000 年后,各行业的相对比例基本稳定(图 5)。

4.2 德国、英国减排原因

德国、英国在发达国家中的减排幅度较大。两国的能源利用强度和能源碳排放强度表

现出相似的变化规律:1990 年来,两者呈现下降的趋势,但近年来趋于平稳(图 6);从能源消费总量上看,1990 年~2008 年间,两国保持平稳或略有增长,但金融危机以来能源消费总量波动幅度加剧。减排的实现得益于过去 20 年两国能源消费结构的优化:煤炭的使用比例大幅度下降,天然气的使用量明显上升。如德国在 1990 年煤炭消费量占总量的 37%,到 2011 年变为 21%,天然气的比重由 15%变成 23%。英国的煤炭使用量在 20 年间减少了 54%,天然气从 22%提高到 37%。2000 年之后,两国的能源消费结构基本稳定(图 7),与能源碳排放强度的变化特点基本一致。值得一提的是,目前来看新能源的作用十分有限,核能、水能等能源量增长有限,风能、太阳能等增速虽快,但在能源结构中的比例依然很

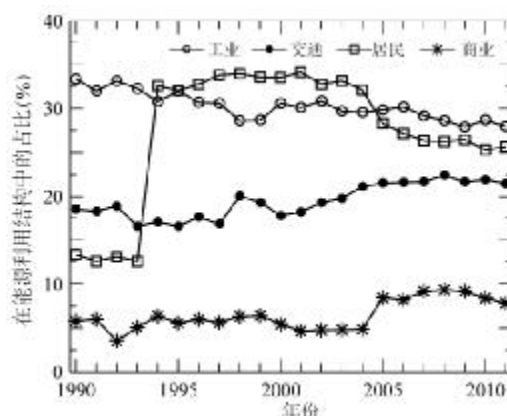


图 5 1990 年~2011 年俄罗斯能源利用方式的变化
资料来源:IEA

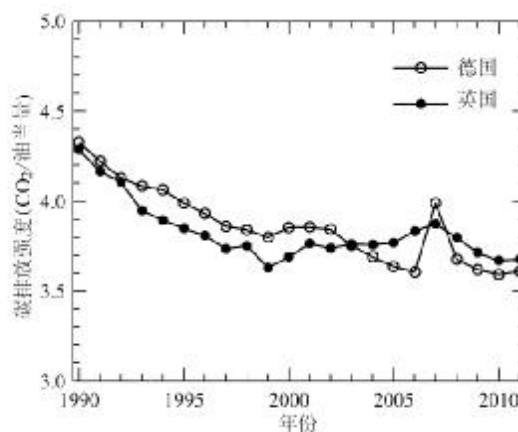
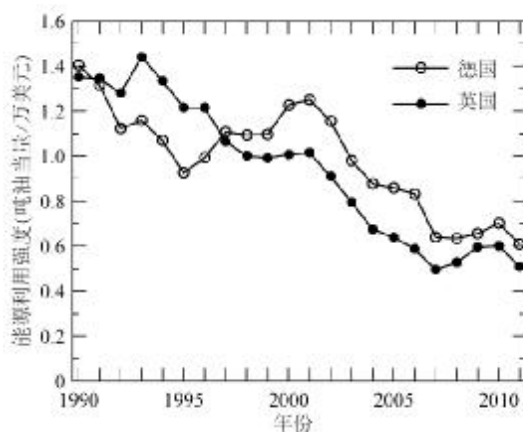


图 6 1990 年~2011 年德国、英国能源利用强度和二氧化碳排放强度的变化

资料来源:IEA

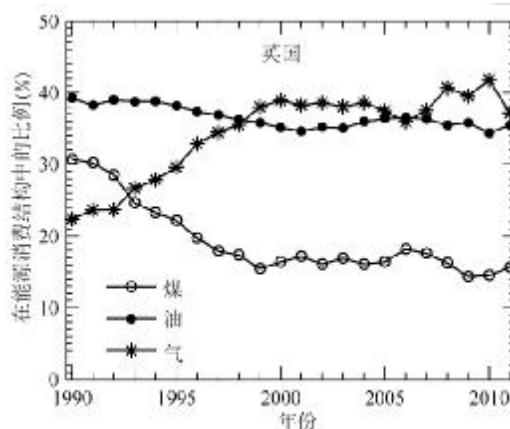
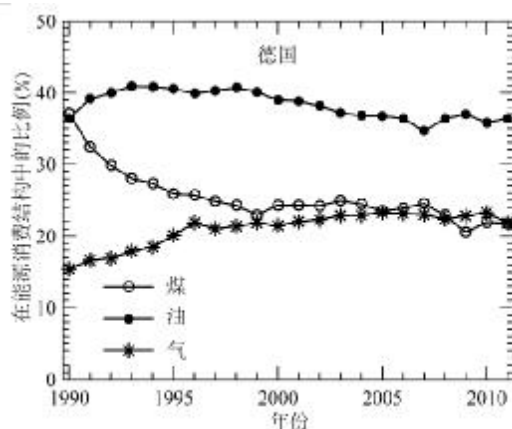


图 7 1990 年~2011 年德国、英国能源结构的变化

资料来源:IEA

低(2010年在德国、英国分别为5.8%、2.3%)。煤、油、气依然是能源消费的主体,三者在德国、英国的占比分别为80%、88%,并且在过去20年的变化幅度不大,能源结构短时间内很难改变。从能源的利用方门的分配基本稳定。1990年~2011年,英国的工业部门排放占比降低了约2.5%,交通、居民、商业略有增加。德国也表现出类似稳定的结构。因此,无论从能源的消费结构还是利用方式,调整的余地都非常有限。

第二个重要的原因是进出口贸易的转移排放。通过将高碳行业转移出去,再通过进口终端产品进行消费产生的转移排放是不容忽视的。如果从转移排放的角度考虑,2008年缔约国通过对外贸易,从发达国家转移到发展中国家的排放量为1.6Gt CO₂,已经超过了《京都议定书》的减排量^[17]。英国、法国的转移排放量在2008年前一直增加,金融危机后才有所下降(图8)。即便如此,英国2009年的转移排放量依然占到了本国的25%。

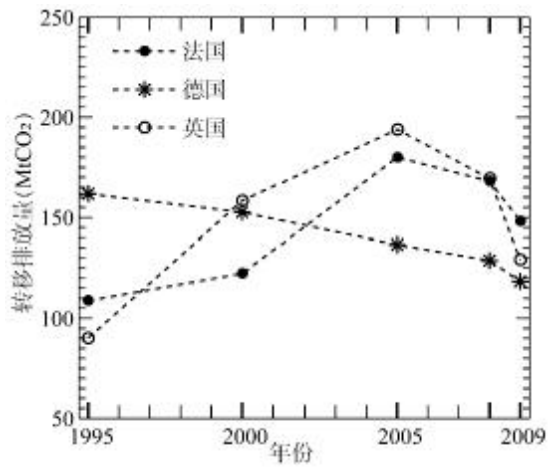


图8 1990年~2009年英国、德国、法国二氧化碳转移排放量比较
资料来源:OECD

5 讨论

通过以上分析发现,缔约国的温室气体排放量呈动态变化特征。不同类型国家的碳排放量变化趋势有所差异,但在2008年后多表现出排放量减少或增速放缓,这主要缘于全球金融危机对经济活动活跃度的影响。从具体国家来看:伞形国家自1990年以来,其碳排放量呈总体增加的趋势,这些国家已不能实现其减排目标;欧盟国家整体完成了8%的减排目标,但各个国家完成情况不尽相同;由于受到经济社会动荡的影响,经济转型国家减排幅度最大。缔约国的能源消费结构和利用方式已经趋于稳定,导致能源利用强度和碳排放强度变化弹性降低,在现有能源体系下各国减排潜力有限。欧盟国家主要通过能源结构的调整(表现为煤炭比重下降和天然气比重上升)和对外贸易转移排放实现排放量和排放强度的降低;经济转型国家的排放变化则主要因为经济社会变化带来的经济增长放缓引起。缔约国减排目标完成情况与其国内经济活动的活跃度、国内减排政策、能源结构和国际贸易转移排放等密切相关。通过本文的分析,我们认为应对以下几点问题予以重视:

(1)多数缔约国不能实现其减排约束目标,已经实现减排目标的国家,也多通过金融危机、国内社会经济转型或国际贸易转移等形式实现,可以预期,在全球经济新一轮复苏之后,缔约国的排放量将继续快速增长。

(2)缔约国将因为其国内减排压力过大,在讨论确定第二承诺期义务时,总体上将会对现有减排框架持反对立场,并会不断抛出有利于其国内经济增长的多种减排方案,而其中多数可能会严重挤压发展中国家的发展空间。

(3)作为一项政策,《京都议定书》存在设计上的缺陷(如操作性不强等),但它的意义和作用是很重要的,它是一个伟大的实验,使我们获得了重要的经验,我们必须把它推向未来^[18]。

更值得关注的是,作为一项公约,它的约束力不应被有意或无意地忽视。在后京都的气候变化谈判中,涉及国家的履约情况需要纳入考虑。

(4)对以高碳能源为主的国家而言,降低能源利用强度是实现减排的有效手段,但随着能源利用强度的持续降低,其发挥的作用将快速减弱,但扩大可再生能源和核能比重仍是最有效减排举措。

综上所述,优化能源消费结构与提升能源利用效率是实现温室气体减排和应对全球变化的关键所在。随着能源开采与利用技术的提升和突破,能源消费结构的优化与利用效率的提升还有一定的上升空间,因此,无论是从温室气体减排还是社会经济可持续发展的角度来看,各国都需要对其高度重视。鉴于国际贸易转移排放也是部分缔约国实现温室气体减排的重要因素,因此,重视国际贸易转移排放及其引发的“碳泄漏”问题,并在今后的国际气候变化谈判中做出相应安排显得极其重要。

参考文献:

- [1] 曾静静,曲建升,张志强. 国际温室气体减排情景方案比较分析[J]. 地球科学进展, 2009, 24(4):436-443.
- [2] Crowley T. J. Causes of climate change over the past 1000 years[J]. Science, 2000, 289(5477):270-277.
- [3] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). IPCC Special report on carbon dioxide capture and storage[M]. UK: Cambridge University Press, 2005.
- [4] Berner R A. The rise of plants and their effect on weathering and atmospheric CO₂ [J]. Science, 1997, 276(5312):544-546.
- [5] 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):453-460.
- [6] Karl T R, Trenberth K E. Modern global climate change. Science, 2003, 302(5651):1791-1723.
- [7] 世界气象组织. 去年大气中二氧化碳浓度创新高[EB/OL]. http://news.xinhuanet.com/world/2007-11/24/content_7136495.htm, 2007-11-24.
- [8] IPCC. Summary for policymakers of climate change 2007: The physical science basis. contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change[M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2007
- [9] 朱谦. 全球温室气体减排的清洁发展机制研究—以行政许可为中心[D]. 苏州大学, 2006
- [10] 韩昭庆. 《京都议定书》的背景及其相关问题分析[J]. 复旦学报: 社会科学版, 2002, (2):100-104.
- [11] 鲁传一,刘德顺. 减缓全球气候变化的京都机制的经济学分析[J]. 世界经济, 2002, (8):71-77.
- [12] Dixon T, Leamon G, Zakkour P, et al. CCS projects as Kyoto Protocol CDM activities[J]. Energy Procedia, 2013, 37:7596 -7604.
- [13] Reneses J, Centeno, E. Impact of the Kyoto protocol on the Iberian electricity market: A scenario analysis[J]. Energy Policy, 2008, 36: 2376 - 2384.
- [14] 张小全. LULUCF 在京都议定书履约中的作用[J]. 气候变化研究进展, 2011, 17(5):369-377.
- [15] 张志强,曲建升,曾静静. 温室气体排放科学评价与减排政策[M]. 北京:科学出版社. 2009.
- [16] 於俊杰,郝郑平,朱玲,等. 发达国家温室气体减排现状及对我国的启示[J]. 环境工程学报, 2008, 2(9):1281-1288.
- [17] Peter G, Minx, J, Weber C. Growth in emission transfers via international trade from 1990-2008[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2011, 108(21):8903-8908.
- [18] Prins G, Rayner S. Time to ditch Kyoto[J]. Nature, 2007, 449:973-975.

Preliminary analysis on the carbon reduction performance and its driving factors based on the Kyoto protocol goals for Annex I countries

DUAN Xiao-nan¹, QU Jian-sheng^{2,3}, ZENG Jing-jing^{2,3}, LIU Li-na³

(1. Bureau of Science and Technology for Resource and Environment, Beijing 100864, China; 2. Information Center for Global Environmental Change, Lanzhou Literature and Information Center of Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China; 3. Key Laboratory of Western China's Environmental Systems(Ministry of Education), Ministry of Education, College of Earth and Environmental Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

Abstract: The Kyoto protocol performance progress of Annex I countries was assessed in this paper based on the UNFCCC and IEA database. There are three major types of country in Annex I countries: Umbrella group countries, European Union countries, Economic transforming countries. The study found that the carbon emissions from different types of countries show different characteristics. Since 1990, the carbon emissions from Umbrella group countries remained increasing in all concentrations; The European unity gain a 8% emission abatement targets though the completion status is different in each country; Economic transforming countries achieve maximum cuts in emission. Germany and the UK have a larger extent to achieve carbon reduction. A case study on the two countries showed that the major reason of carbon reduction is the energy structure adjustment (e.g. the proportion of coal falling and the weight of natural gas increasing) and the foreign trade transfer emissions. Intensity of energy use and carbon emission of both EU and economic transforming countries are relatively stable, thus, the potential of emission reduction is limited.

Key words: Kyoto protocol; Annex I countries; carbon emission; carbon emission reduction