

2050 年大气 CO₂ 浓度控制: 各国排放权计算

丁仲礼^{①*}, 段晓男^②, 葛全胜^③, 张志强^④

① 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029;

② 中国科学院办公厅, 北京 100864;

③ 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101;

④ 中国科学院国家科学图书馆兰州分馆, 中国科学院资源环境科学信息中心, 兰州 730000

* E-mail: zlding@cashq.ac.cn

收稿日期: 2009-07-27; 接受日期: 2009-07-28

中国科学院知识创新工程重要方向性项目(编号: KZCX-YW-Q1-10)资助

摘要 本文的主要目的是为即将开始的控制大气 CO₂ 浓度的国际谈判, 在一些核心问题上提供定量数据. 作者指出: 要实现控制大气 CO₂ 浓度的长远目标, 在目前由少数国家主导的且备受争议的减排话语下是难以完成的, 必须建立以各国排放配额分配为基石的全球责任体系. 本研究首先论证了“人均累计排放指标”最能体现“共同而有区别的责任”原则和公平正义准则, 然后设定 2050 年前将大气 CO₂ 浓度控制在 470 ppmv 的目标, 接着以 1900 年为时间起点, 对各国过去(1900~2005 年)人均累计排放量、应得排放配额以及今后(2006~2050 年)的排放配额做了逐年计算, 并根据 1900~2050 年的应得配额数、1900~2005 年的实际排放量、2005 年的排放水平、1996~2005 年排放量平均增速这四个客观指标, 将世界上大于 30 万人口的国家或地区分为四大类: 已形成排放赤字国家、排放总量需降低国家或地区、排放增速需降低国家或地区、可保持目前排放增速国家. 2005 年前, G8 国家大多已经用到 2050 年的排放配额, 累计形成的赤字价值已超过 5.5 万亿美元(以每吨 CO₂ 价值 20 美元计), 这些国家即使今后实现其提出的大幅度减排目标, 它们在 2006~2050 年的人均排放量上还会大大高于发展中国家, 并还将形成 6.3 万亿美元的排放赤字. 发展中国家由于历史上人均累计排放低, 大部分处在第 3 和第 4 类, 即今后尚有较大的排放空间. 中国尽管可占全球 2006~2050 年总排放配额的 30% 以上, 但今后只有降低排放增速, 才能做到配额内排放. 最后围绕与国际谈判相关的 9 个问题, 提出了作者自己的看法.

关键词

气候变化国际谈判
人均累计排放
排放配额

1 引言

在过去 100 年全球平均增温 0.74°C 的现实面前, 国际社会已普遍接受 IPCC 第四次评估报告^[1]的结论, 即有很大可能性, 这个增温主要是由人类排放温室

气体引起的. 气候系统具有高度的复杂性, 人类社会系统观察气候变化的历史还非常短, 加之科学界尚缺乏评估过去气候变化原因、预测将来变化趋势的可靠手段, 因此在今后很长一段时期内, 有关全球变暖

原因的争论还将存在。但是, 经过一部分掌握话语权人们的多年努力, 控制温室气体排放的全球舆论环境和政治环境业已形成。因此, 如何通过国际协调, 将大气温室气体控制在某个浓度水平之内, 必将成为今后全球政治、外交的重要议题, 任何大国都难以置身事外。

控制温室气体排放只有通过降低能源使用总量、调整能源结构、控制人口增长等方式才能实现, 它本质上是个经济社会如何发展问题, 必然关系到不同国家之间、不同行业之间、不同人群之间的利益调整和再分配, 因而是个高度敏感、十分复杂的难题。可以预计, 以维护国家利益为目的而形成的现有国际关系, 要在控制温室气体浓度的责任分配上达成一致, 不通过一番激烈的博弈, 是难以实现的。人们甚至有理由担忧: 即将开展的以降低化石能源使用为出发点的国际谈判, 有可能出现不同国家集团间推卸责任、互相指责的局面。对此, 笔者认为: 要真正达到控制大气温室气体浓度的目标, 当务之要是构建一个刚性的并由所有国家认可的国际责任体系, 并设计出如何履行此责任的路线图。

迄今为止, 国际上不同研究者已提出一系列减排方案^[1-6], 这些方案均可视之为某种形式的国际责任体系。但分析这些方案后, 我们发现它们在不同程度上都存在以下三点不足: (1) 从理论上讲, 责任应该源自权利, 但现有方案很少涉及权利问题, 这里所说的权利可明确理解为各国在一个时间段内的温室气体排放权。国际社会普遍认为“限额加贸易”(cap and trade), 是达到减排的最佳途径。据此, 则要有效控制大气 CO₂ 浓度, 应首先在国家间分配排放配额, 然后通过国际贸易对配额作有效调节, 此配额即为各国的温室气体排放权。(2) 现有方案大多提出了温室气体浓度控制目标以及主要国家的减排责任, 但是大部分方案没有做出在此目标下人类还有多大 CO₂ 排放空间的定量估算, 也没有分析主要国家减排责任落实后, 能否真正达到浓度控制的目标。(3) 绝大部分方案都缺乏在国家间分配减排责任的理论依据。

本研究的主要目的是: 根据 2050 年将大气 CO₂ 浓度控制在 470 ppmv 的目标, 计算每个国家的排放权, 即今后排放配额, 为 2009 年哥本哈根 COP15/MOP5 会议上的国际谈判提供定量依据。同时, 我们

通过估算世界各国今后的排放预期, 分析了实现这个目标的难度。

2 470 ppmv CO₂ 浓度目标

在目前人类认知水平下, 设定在某个时间节点内, 应把大气 CO₂ 控制在哪个浓度内, 是一件很困难的事, 因为它涉及到以下几个不确定性很大的因素: (1) 大气温度对 CO₂ 浓度的敏感性; (2) 人类以及生态系统对温度变化的适应性; (3) 人类在此时期内能“容忍”多大幅度的增温; (4) 人类在人口持续增长、社会经济不断发展背景下的能源总需求; (5) 各主要能源消费国的能源结构改变预期; (6) 技术创新的速度以及先进技术扩散的速度。

目前国际上广泛接受的“2℃阈值”^[1,7], 其实涉及到如何评价大气温度对 CO₂ 浓度的敏感性。迄今为止, 科学界并不具备可靠手段, 来定量区分过去一个世纪来增温的人为效应与自然效应。比如, 从 1906 年算起, 全球平均增温 0.74℃, 在此期间, 大气 CO₂ 浓度增加了 82 ppmv 左右, 其他温室气体增加了约 60 ppmv CO₂ 当量浓度, 而如果从 1880 年算起, CO₂ 浓度增加值提高到 89 ppmv 左右, 但增温幅度反而只有 0.6℃左右^[1]。显然, 分别将 1880 年与 1906 年作为起点, 利用过去数据评价温度对 CO₂ 浓度的敏感性时, 得出的结论差别甚大。虽然过去 30 年来, 人类在利用数值模式预测气候系统变化的能力方面有较大提高, 但即使目前世界上最先进的模式的模拟结果仍具有高度的不确定性。比如, 针对大气 CO₂ 浓度从 280 ppmv 增加一倍导致地表温度增加这个过程, 全球不同模式给出的结果为 1~6℃^[8], 结果非常分散。目前被广泛引用的 CO₂ 倍增后气温将上升 2.5℃的预估, 只是多个模式模拟结果的平均值。大气温度对 CO₂ 浓度的敏感性问题在未来一段时间内人类亟需解决的难题, 目前一些研究者将“2℃阈值”与某个确定的大气 CO₂ 浓度严格对应起来的做法在科学上是缺少坚实依据的。

尽管科学上存在很大的不确定性, 但否定温室效应本身的学者只是少数^[9,10], 因此尽量控制温室气体浓度增长速率, 也得到很多人的赞同。当前的困难是对目标浓度做出理性选择, 这里所说的理性选择, 是指要充分考虑以下几个事实: (1) 在可再生能源和

清洁能源成为主要能源之前, 人类还不得不大量使用化石能源; (2) 发达国家的人均CO₂排放量已非常高, 但自《京都议定书》签署以来, 它们的排放量整体上还在增加, 证明CO₂减排确为难事; (3) 广大发展中国家为实现本国的脱贫和发展, 在今后数十年内, 如果得不到强有力的外部资金和先进技术援助, 化石能源的消费还会稳步增长. 因此, 如将目标浓度定得过低, 则非为理性选择. 本研究建议, 2050年大气CO₂浓度控制目标可设定为470 ppmv. 我们的考虑是: 2008年大气CO₂浓度为385.57 ppmv, 如果在2050年前, 大气CO₂浓度年均增长能控制在目前2 ppmv的增速水平上, 则届时大气CO₂浓度将达到470 ppmv左右. 考虑到2050年前后, 全球人口将从目前的65亿增加到91亿左右^[11], 而且随着全球经济社会的发展, 人均能源使用量还会有较大幅度的增长, 将大气CO₂浓度控制在这个水平上, 应该是人类一个高标准的目标.

3 2006~2050年全球排放空间计算

在确定目标浓度以后, 我们就可计算出到2050年, 人类还可通过消费化石燃料, 向大气圈排放CO₂的总量. 考虑到各类相关数据的易获得性, 本研究将2005年作为计算起点. 2005年, 大气CO₂浓度为379.75 ppmv^[12], 因此, 2006~2050年这45年间, 大气CO₂浓度还可增加90.25 ppmv.

首先, 应将浓度转换成质量. 根据大气密度, 1 ppmv浓度的CO₂约为1.52 ppm质量, 而大气总质量约为 5.12×10^{15} t^[13]. 因此, 大气CO₂浓度每增加1 ppmv, 增加碳的质量约为 $1.52 \times 10^{-6} \times (12/44) \times 5.12 \times 10^{15} = 2.12 \times 10^9$ t (公式中, 12是C的原子量, 44是CO₂的分子量, 12/44表示CO₂中碳的含量), 即2.12 GtC. 这样, 增加90.25 ppmv CO₂浓度, 即意味着大气圈将总共增加191.33 GtC.

人类向大气圈排放CO₂后, 一部分会被海洋、陆地生态系统吸收, 根据资料^[14], 2000~2006年的平均吸收率为54%. 如果我们假定2050年前人为排放的CO₂, 还按照这一速率吸收, 则排放空间可从191.33 GtC增加到415.93 GtC(191.33/0.46). 此为可供人类排放CO₂的总量, 由化石燃料排放和土地利用排放两大部分组成. 根据CDIAC的资料^[15], 过去50年来土

地利用产生的CO₂年排放量, 虽有一定的年际变化, 但变率不大, 基本处在1.25~1.70 GtC之间, 1998~2007年的年均排放为1.48 GtC. 我们假定从2006年到2050年, 每年通过土地利用排放的CO₂为1.50 GtC, 则45年内将总共排放67.50 GtC, 那么2006~2050年人类可通过化石燃料消费获得的CO₂排放空间为348.43 GtC, 即为12775.77亿吨CO₂.

4 今后排放空间分配

如果国际社会今后选择2050年将大气CO₂浓度控制在470 ppmv的目标(以下简称470 ppmv目标), 那么就必须考虑这348.43 GtC的排放空间, 如何在不同国家间分配这一极具挑战性的问题.

因为公平正义是社会治理的首要原则, 《京都议定书》也已经确定了“共同而有区别的责任”原则, 所以笔者相信, 只有依据“人均累计排放”来分配这一排放空间, 才能真正做到公平正义. 人均累计排放可定义为: 在一段时期内某个国家或地区人均逐年排放的总和, 在具体计算时, 它只须获知某国历年的人口总数和历年通过化石燃料消费产生的CO₂总量. “人均累计排放”由中国学者从巴西政府提出的“累计排放”^[16]发展而来, 他们曾对一些大国的人均累计排放做过计算^[17,18], 但没有包括全部国家以及没有考虑不同国家的逐年人口和排放量变化, 因此本文需做重新计算.

本研究所用的各国CO₂逐年排放数据来自美国橡树岭国家实验室CO₂信息分析中心(CDIAC)^[19], 该数据集覆盖1751~2005年, 由于1751~1899年大气CO₂浓度仅增加约19 ppmv, 所以我们只用1900年以来的数据, 历年的国别人口数据来自两个数据集: 1900~1949年的人口数据来自Populstat网站^[20](如果某国缺失某年数值, 则用多年平均值代替), 1950~2005年的人口数据来自联合国《世界人口展望: 2006年》^[21]. 此外, 我们还采用了世界银行从1960年至今的国别GDP数据^[22]. 通过分析这些数据, 很容易得出这样的结论: CO₂排放权就是生存权与发展权, 在分配CO₂排放空间上, 国际社会必须遵循人人平均原则. 下面, 我们用四张图, 来简要论证这个观点.

图1将2005年人口超过30万的国家或地区的人均累计CO₂排放量同2005年人均GDP作相关分析,

累计区间为 1900~2005 年. 图 1 中共有 76 个数据点, 其中欧盟 27 国、最不发达 49 国联盟和小岛国联盟(38 国)分别合成一个样点, 未加入欧盟的 12 个前苏联加盟国(其独立前的碳排放量远大于独立后)平均计算作为一个样点. 从图 1 可知, 一国的 100 多年人均 CO₂ 累计排放量同该国目前的人均 GDP 值有较高的相关性, 这充分说明历史时期化石燃料的累计消费量同现今国民富裕程度有密切关系.

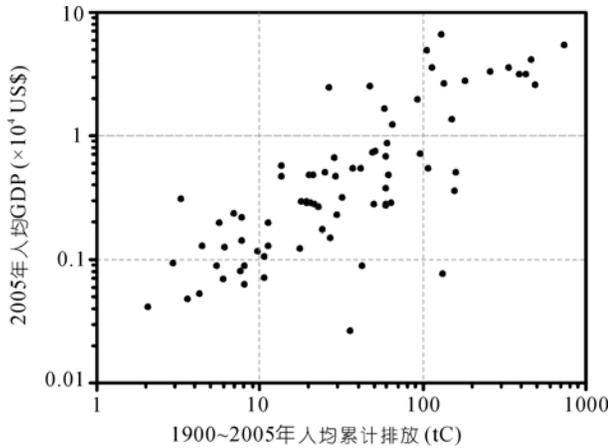


图 1 各国 1900~2005 年人均累计排放与 2005 年人均 GDP 的关系

图 2 为从 1960 年到 2005 年, 6 个代表性国家人均累计 CO₂ 排放量与人均 GDP 逐年变化情况, 其中, 美国、英国、日本、加拿大和法国为高度发达国家, 中国为发展中国家. 发达国家在 1960 年时, 其人均累计排放量已是很高, 如美国为 234.48 tC, 英国为 177.17 tC, 加拿大为 149.49 tC, 法国为 73.56 tC, 而中国从 1900 年到 2005 年, 其人均累计排放量为 24.14 tC, 大致相当美国或英国 1900~1907 年这 8 年的人均累计排放. 与此相对应, 中国截止到 2005 年, 人均 GDP 值还远没达到发达国家在 1960 年已达到的水平. 日本虽然到 1960 年的人均累计排放只有 22.31 tC, 但与其经济快速发展同步, 人均累计排放到 2005 年已增加了 4.16 倍. 显然, 图 2 和图 1 一样, 说明人均累计排放随经济增长而增长.

图 3 显示 5 个发达国家从 1900 年以来, 逐年人均 CO₂ 排放量的变化历史, 从中看出两个鲜明特点: 一是任何发达国家, 都经历过某个人均 CO₂ 排放高速增长期, 如美国 1901~1910 年的人均 CO₂ 排放增长率

平均为 5.04%, 德国在 1947~1957 年为 9.89%, 日本在 1960~1970 年竟高达 11.98%; 第二个特点是发达国家都出现过人均 CO₂ 排放高峰期, 如美国在 1973 年、英国在 1971 年、德国和法国在 1979 年分别达到人均排放高峰, 其后开始略有下降或基本保持不变. 这个高峰期后的下降, 可能同它们将高耗能高排放产业向发展中国家转移有一定联系. 总之, 任何大国从不发达到发达这一发展过程中, 均会不可避免地出现一个人均 CO₂ 排放高峰期, 此时期往往对应于基础设施大量建设和城市化快速发展阶段. 从图 3 同时可以看出, 即使过了人均排放高峰期, 要真正实现减排亦绝非易事, 比如日本从 1990 年到 2005 年, 人均年排放量还保持了 1% 的增长. 还需指出的是, 美国在 1900 年时, 人均年排放量已达 2.37 tC, 而英国此时竟高达 3.24 tC.

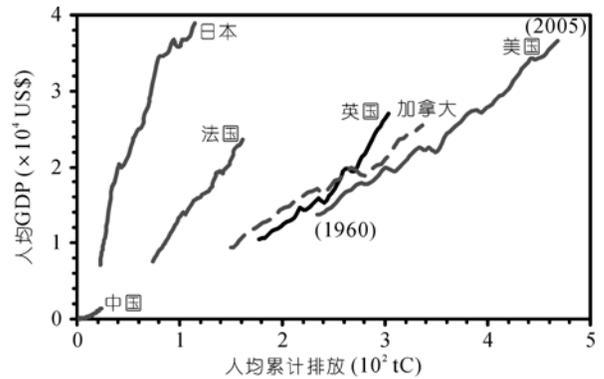


图 2 6 个大国人均累计排放增长与人均 GDP 增长之间的关系

图 4 根据国际能源署(IEA)的网上数据库^[23], 比较了中国、印度、法国、德国及美国 2006 年的能源消费结构. 2006 年, 工业(包括制造业与建筑业)能源消费占中国能源总消费量的 43.80%, 居民生活和交通消费只占 38.87%, 而当年美国的这两项比例分别为 17.85% 和 57.51%. 从人均能源消费量看(以吨标准油/人计算), 2006 年美国为 5.19, 德国 3.07, 法国 2.84, 而中国和印度分别只有 0.91 和 0.33, 美国仅人均交通能源消费就达 2.13 吨标准油, 是中国人均能源消费总量的 2.34 倍. 因此, 发展中国家与发达国家不仅人均能源消费量相差很远, 而且总的能源消费结构也差别很大. 这说明像中国这样处在工业化中期的国

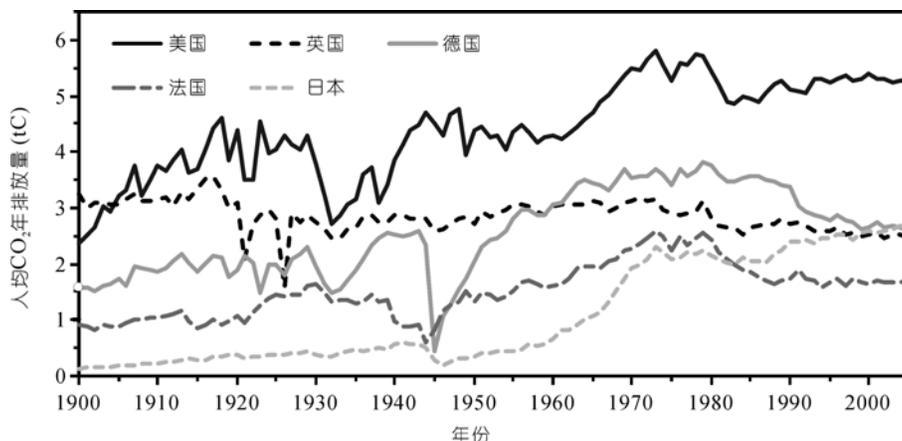


图 3 5 个发达国家 1900~2005 年人均 CO₂ 排放变化

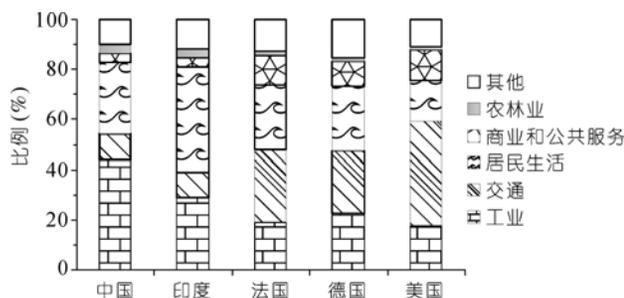


图 4 2006 年几个大国的能源消费结构

家, 其排放的 CO₂ 主要是工业化过程的产物, 用于居民生活和交通的排放尚处在很低水平, 而发达国家则完全不同, 不可否认他们的高人均 CO₂ 排放同一些群体消费主义的生活方式有密切关系, 这同时说明发达国家在减排上有巨大潜力, 而发展中国家在今后较长时期内要达到减排的可能性非常小。

以上四张图从不同角度说明, 今后国际社会协调控制大气 CO₂ 浓度时, 采用人均累计排放这一指标分配各国今后排放配额, 最能体现公平正义原则。据此, 我们计算了 1900~2050 年, 世界人口大于 30 万的国家或地区(以 2005 年计)的排放配额。此计算分 1900~1949 年、1950~1989 年、1990~2005 年和 2006~2050 年四个时段进行。对已经发生了排放的前三个时段, 首先将某年全球排放的 CO₂(来自化石燃料)量除以该年全球人口, 给出该年全球人均排放量, 某国的排放配额即为该国人口总数乘以全球人均排放量。在一个时段内将每个国家每年排放配额相加, 再减去该国在该时段中发生的实际排放量, 就可算

出每个国家在此时段的“排放盈余”或“排放赤字”。2006~2050 年的各国排放配额, 我们只按 2005 年的全球人口(65.15 亿)计算, 并不考虑今后不同国家人口增长率会不同这一因素。在这 45 年中, 每年每人的排放配额为 1.19 tC ($348.43 \times 10 \div 65.15 \div 45$), 或为 4.36 tCO₂, 此数值乘上各国 2005 年人口, 便给出各国 2006~2050 年的排放配额。

将每个国家 1900~2050 年的配额减去其 1900~2005 年的实际排放, 即得到 2006~2050 年的排放空间。可以想见, 受人口多少和过去实际排放量的影响, 各国的今后排放空间差别非常大。根据 1900~2050 年的应得配额数、1900~2005 年的实际排放量、2005 年的排放水平、1996~2005 年排放量平均增速这四个客观指标, 我们将大于 30 万人口的国家或地区分为四类, 分别列于表 1~4。

第一类国家(表 1)可称之为“已形成排放赤字国家”, 一共有 30 个, 主要为发达国家和产油大国, 如美国、英国、沙特阿拉伯、阿联酋等, 这些国家的人口共有 9.28 亿, 占世界总人口的 14.25%。必须指出: 根据人均累计 CO₂ 排放指标, 这些国家今后不但没有排放空间, 而且已经超额排放, 并总共达 88588.07 GtC。如美国 1900~2050 年的排放配额总共为 31.63 GtC, 而它 1900~1963 年的排放即已达此值。同样我们通过计算得出: 英国在 1957 年、德国在 1969 年、加拿大在 1980 年、澳大利亚在 1990 年、法国在 1999 年已用完其 1900~2050 年排放总配额。

第二类国家或地区(表 2)可称之为“排放总量需

表 1 已形成排放赤字国家(单位: 百万吨碳)

国家	1900~1949		1950~1989		1990~2005		2006~2050	
	排放量	配额	排放量	配额	排放量	配额	配额	排放空间
美国	21411.64	2832.75	41149.41	8023.79	23359.27	4736.02	16037.06	-54290.69
德国	6207.24	1614.98	9993.13	2884.98	3657.56	1392.78	4420.59	-9544.61
英国	6312.09	1091.79	6373.04	2077.90	2411.95	997.95	3222.16	-7707.27
俄罗斯	1538.44	2346.38	13547.89	4938.34	6858.15	2517.73	7699.23	-4442.80
加拿大	1116.67	233.10	3256.92	820.52	2049.15	511.64	1725.99	-3131.50
澳大利亚	369.52	145.50	1612.41	486.21	1408.35	317.30	1086.27	-1355.00
波兰	1141.46	621.93	3263.36	1245.97	1426.69	654.72	2042.89	-1266.00
比利时	862.58	193.20	1168.20	360.89	444.25	173.05	556.13	-1191.77
乌克兰	513.12	841.67	4861.94	1773.96	1781.75	847.46	2509.38	-1184.34
捷克	571.43	243.72	1343.15	374.16	546.40	174.91	545.11	-1123.07
法国	2243.46	965.23	3919.96	1915.33	1596.52	1001.91	3262.06	-615.41
哈萨克斯坦	95.19	150.97	1363.14	486.19	735.20	265.83	813.55	-476.99
斯洛伐克	186.09	79.07	625.40	173.18	183.84	91.36	288.12	-363.60
荷兰	397.60	183.75	1150.31	492.24	617.46	267.34	873.29	-348.75
阿联酋	0.00	2.17	211.51	22.79	394.56	49.34	219.50	-312.28
丹麦	172.35	82.55	504.16	184.79	234.76	90.04	289.72	-264.16
科威特	2.89	1.69	200.19	35.48	246.05	36.43	144.41	-231.12
卡塔尔	0.07	0.44	76.88	6.44	152.31	10.12	42.57	-169.69
白俄罗斯	99.53	161.38	940.82	343.17	321.25	172.51	523.88	-160.65
卢森堡	0.06	6.80	116.63	12.99	41.34	7.18	24.44	-106.61
沙特阿拉伯	33.03	56.22	732.29	285.08	1259.95	335.82	1262.87	-85.28
爱沙尼亚	14.44	21.78	142.50	51.85	81.21	24.26	71.88	-68.37
文莱	8.87	0.80	33.30	5.51	24.35	5.37	20.00	-34.84
立陶宛	37.23	55.97	329.10	119.62	82.38	60.82	183.18	-29.11
格鲁吉亚	48.84	71.94	489.75	177.80	57.73	83.73	239.24	-23.62
奥地利	303.79	163.77	471.83	279.45	271.26	137.36	443.49	-22.80
拉脱维亚	30.94	49.75	244.74	89.24	49.54	41.82	123.12	-21.29
瑞典	210.66	148.82	668.09	301.27	213.96	150.58	483.39	-8.65
摩尔多瓦	38.14	61.31	376.82	135.68	68.78	71.94	207.36	-7.46
芬兰	30.24	84.70	354.57	175.07	243.39	87.52	280.58	-0.34
总和	43997.61	12514.13	99521.44	28279.89	50819.36	15314.84	49641.46	-88588.07

表 2 排放总量需降低国家或地区(单位: 百万吨碳)

国家或地区	1900~1949		1950~1989		1990~2005		2006~2050	
	排放量	配额	排放量	配额	排放量	配额	配额	排放空间
伊朗	35.28	310.01	939.87	1237.75	1374.04	1088.38	3712.94	3999.89
韩国	33.11	450.47	749.74	1229.14	1670.21	779.72	2560.30	2566.57
意大利	383.55	978.54	2593.61	2029.82	1827.27	981.46	3136.64	2322.02
西班牙	251.31	565.71	1272.00	1298.90	1136.84	686.58	2321.06	2212.10
日本	1074.41	1517.84	6380.23	4037.13	5071.86	2150.04	6840.49	2019.00
马来西亚	7.31	98.18	192.98	436.85	529.98	373.95	1372.03	1550.75
委内瑞拉	43.73	78.92	760.67	450.13	600.94	396.45	1429.42	949.58
朝鲜	13.48	208.05	865.39	556.02	717.93	378.34	1263.09	808.71
罗马尼亚	132.20	333.19	1267.25	773.49	468.74	382.27	1156.76	777.52
塞尔维亚	25.38	109.83	308.46	315.01	187.54	170.63	527.52	601.60
南非	399.42	201.09	1866.61	918.62	1584.70	734.49	2563.99	567.45
希腊	14.66	153.08	325.03	340.08	363.33	183.33	593.68	567.14
中国香港	0.07	20.62	111.87	156.48	147.24	109.40	377.44	404.76
乌兹别克斯坦	87.03	126.85	1395.54	489.59	574.62	404.84	1422.31	386.40
波黑	11.64	53.37	135.16	136.69	69.61	64.53	209.39	247.58

续表 2

国家或地区	1900~1949		1950~1989		1990~2005		2006~2050	
	排放量	配额	排放量	配额	排放量	配额	配额	排放空间
匈牙利	163.92	207.21	670.49	390.21	248.47	174.82	539.44	228.81
瑞士	105.19	98.58	336.54	227.18	179.15	122.37	397.07	224.32
以色列	0.44	23.55	162.18	115.27	238.52	96.96	357.92	192.56
保加利亚	34.42	135.20	574.18	318.63	221.56	140.06	414.24	177.97
利比亚	0.00	17.73	159.70	90.10	201.35	87.11	316.52	150.41
马其顿	5.36	25.70	60.17	60.93	46.43	33.80	108.79	117.25
斯洛文尼亚	6.45	30.33	63.23	64.86	59.14	33.60	106.92	106.89
阿曼	0.00	8.01	34.90	35.63	86.32	38.35	134.09	94.85
新西兰	59.38	33.64	162.22	106.64	121.25	64.13	219.13	80.70
阿塞拜疆	44.01	69.49	556.99	198.06	173.83	134.81	446.70	74.23
爱尔兰	61.04	85.92	203.75	119.08	163.68	63.86	221.59	61.98
挪威	94.72	67.01	238.09	146.36	156.80	75.53	248.11	47.40
塞浦路斯	0.00	8.36	20.48	22.70	25.32	12.94	44.71	42.91
黑山	1.34	5.78	19.43	19.78	11.80	10.73	32.52	36.25
马耳他	0.00	5.96	8.02	12.04	11.00	6.53	21.55	27.07
土库曼斯坦	17.95	27.86	252.05	88.68	158.33	73.61	258.49	20.31
亚美尼亚	18.73	29.47	275.08	97.49	36.88	54.58	161.42	12.27
冰岛	0.05	2.57	15.54	7.81	9.02	4.68	15.83	6.29
总和	3125.58	6088.12	22977.45	16527.15	18473.7	10112.88	33532.1	21683.54

表 3 排放增速需降低国家或地区(单位: 百万吨碳)

国家或地区	1900~1949		1950~1989		1990~2005		2006~2050	
	排放量	配额	排放量	配额	排放量	配额	配额	排放空间
中国	489.28	11819.59	10283.94	32451.25	14938.58	21123.66	70223.81	109906.51
印度尼西亚	84.94	1445.63	584.56	4847.97	1174.73	3488.93	12090.83	20029.13
尼日利亚	8.11	480.18	335.79	2242.85	279.28	2000.07	7560.33	11660.26
越南	35.58	443.73	156.93	1712.61	213.74	1296.70	4547.72	7594.50
墨西哥	127.85	424.46	1599.04	2111.38	1681.63	1623.96	5576.60	6327.88
埃及	17.60	357.53	342.90	1412.25	513.90	1087.14	3896.33	5878.86
土耳其	44.85	368.05	576.03	1467.37	827.67	1114.74	3902.75	5404.37
泰国	0.16	22.37	238.79	1461.97	832.28	1005.41	3369.67	4788.19
小岛国联盟	19.67	268.44	860.73	1087.50	737.40	721.15	2469.05	2928.34
阿根廷	137.35	263.61	817.11	943.34	566.71	610.57	2072.36	2368.71
阿尔及利亚	1.99	159.83	308.54	587.60	447.10	499.51	1757.17	2246.49
象牙海岸	0.00	62.95	29.54	243.90	26.68	271.39	994.01	1516.03
叙利亚	0.15	49.79	119.84	274.59	206.61	266.88	1010.53	1275.20
智利	52.34	104.11	216.68	368.97	221.36	253.26	871.53	1107.49
葡萄牙	46.13	167.25	183.88	348.49	230.93	173.42	563.08	791.31
洪都拉斯	0.00	20.36	13.59	112.47	20.26	100.25	365.51	564.75
约旦	0.00	19.57	32.74	64.97	63.48	76.68	296.52	361.51
巴勒斯坦	0.00	19.73	1.07	50.50	1.61	49.62	201.21	318.39
克罗地亚	18.83	89.65	154.19	159.90	88.49	77.91	243.41	309.36
刚果	0.00	13.30	5.82	55.93	6.40	51.26	193.08	301.34
黎巴嫩	0.35	22.65	49.28	91.31	62.56	61.08	214.53	277.38
阿尔巴尼亚	1.96	24.05	42.31	84.63	11.98	53.81	168.69	274.93
巴拿马	0.01	12.21	22.05	60.74	22.24	48.00	172.86	249.51
吉尔吉斯	22.70	36.19	326.15	115.58	52.74	81.54	278.33	110.06
斯威士兰	0.00	3.48	2.47	19.27	2.72	17.15	60.17	94.88
中国澳门	0.00	0.71	3.12	9.22	6.63	7.26	25.30	32.74
总和	1109.85	16699.42	17307.09	52386.56	23237.71	36161.35	123125.38	186718.12

降低国家或地区”, 这些国家或地区从 2006 年起尚有一定排放空间, 但如果继续保持它们 2005 年的排放水平, 则 2006~2050 年的排放总量将超过其排放空间, 故今后需要设法降低年排放量. 这些国家或地区共有 33 个, 总人口 6.27 亿, 占世界总人口的 9.62%, 它们中既有中等发达国家或地区, 如韩国、意大利、中国香港等, 也有发达国家, 如日本、挪威、以色列、瑞士等, 同时有不少发展中国家.

第三类国家或地区(表 3)可称之为“排放增速需降低国家”, 这些国家或地区如保持 2005 年的排放水平, 则到 2050 年, 其排放总量将小于排放空间, 但如果保持 1996~2005 年这十年间的 CO₂ 排放增长速率, 则排放总量将大于排放空间, 因此这些国家或地区

需设法逐年降低排放增长速率. 第三类国家或地区共有 63 个, 人口共有 23.02 亿, 占世界总人口的 35.34%, 它们主要是发展中国家, 中国亦在其中.

第四类国家(表 4)可称之为“可保持目前排放增速国家”, 这些国家如果在 2006~2050 年期间, 继续保持 1996~2005 年的 CO₂ 排放增长速率, 其排放总量也不会超过它们的排放空间. 因此, 这些国家今后在控制大气 CO₂ 浓度的全球努力中, 主要任务应是尽量保持排放增长速率不增加. 这类国家共有 80 个, 其中包括最不发达国家联盟(49 国, 除去图瓦卢)以及人口大国印度、巴西、巴基斯坦, 共有人口 26.57 亿, 占世界总人口的 40.78%.

表 4 可保持目前排放增速国家(单位: 百万吨碳)

国家	1900~1949		1950~1989		1990~2005		2006~2050	
	排放量	配额	排放量	配额	排放量	配额	配额	排放空间
印度	579.51	7023.15	2674.55	22290.28	4516.53	17047.24	60672.79	99262.87
最不发达联盟	13.33	3603.86	454.64	12929.83	445.28	10954.56	41012.06	67587.06
巴西	91.51	795.07	1116.24	3836.28	1198.13	2865.78	9992.53	15083.77
巴基斯坦	0.46	597.57	215.99	2524.91	420.95	2319.02	8454.86	13258.98
菲律宾	0.88	310.85	236.22	1488.77	288.73	1237.97	4522.96	7034.72
哥伦比亚	18.54	175.29	315.18	892.97	259.41	681.58	2403.91	3560.62
肯尼亚	0.00	80.14	37.59	492.95	36.10	501.30	1903.99	2904.69
摩洛哥	2.26	147.85	100.99	618.82	144.10	474.40	1631.00	2624.73
秘鲁	18.69	133.66	165.59	538.90	113.98	421.04	1458.73	2254.07
加纳	0.00	68.20	22.59	371.38	25.34	324.69	1205.27	1921.61
斯里兰卡	0.00	136.52	31.83	479.50	33.74	312.18	1022.67	1885.30
伊拉克	35.23	80.32	271.02	426.10	307.00	397.75	1497.35	1788.28
喀麦隆	0.00	77.27	17.76	287.58	14.80	255.59	951.75	1539.64
危地马拉	0.03	41.27	26.38	220.67	36.13	182.18	679.79	1061.36
厄瓜多尔	5.83	49.17	75.92	246.34	96.84	201.15	698.56	1016.61
津巴布韦	25.54	27.54	66.56	223.93	65.84	206.18	701.71	1001.43
突尼斯	0.39	59.04	57.22	209.75	78.88	157.53	540.46	830.28
玻利维亚	0.58	57.08	28.62	170.98	35.12	134.90	491.09	789.72
萨尔瓦多	0.00	34.68	15.08	139.55	22.28	100.71	356.63	594.21
巴拉圭	0.00	21.43	8.97	101.70	15.87	86.59	315.77	500.65
尼加拉瓜	0.01	17.06	14.32	99.33	14.04	82.86	292.18	463.06
哥斯达黎加	0.00	12.60	15.54	73.48	22.51	63.17	231.43	342.62
乌拉圭	0.45	39.68	50.36	104.54	21.16	55.42	177.89	305.56
纳米比亚	0.00	11.14	0.00	31.91	6.14	29.91	108.04	174.84
塔吉克斯坦	20.37	29.48	347.13	121.53	62.08	101.66	350.32	173.42
蒙古	0.00	17.43	41.34	52.19	37.74	41.29	138.04	169.87
博茨瓦纳	0.00	5.31	4.39	30.41	15.73	27.85	98.20	141.65
加蓬	0.00	8.84	33.54	22.87	11.19	19.01	69.05	75.05
留尼汪岛	0.00	4.87	4.14	16.82	8.59	11.84	41.99	62.78
瓜德罗普	0.00	5.82	4.48	11.77	6.77	7.06	23.43	36.84
西撒哈拉	0.00	0.25	0.84	3.59	0.96	5.16	23.53	30.72
马提尼克岛	0.00	4.69	6.45	11.78	8.25	6.48	21.18	29.43
总和	813.61	13677.13	6461.47	49071.41	8370.21	39314.05	142089.16	228506.44

5 2006~2050 年各国排放预期

第 4 节计算了各国的排放配额, 接下来需对各国 2006~2050 年可能发生的排放量作估计, 以获得全球总排放的预期。

本文表 1 所列的“已形成排放赤字国家”中, 许多大国已明确提出了减排目标, 因此, 易于模拟它们今后的逐年排放预期。比如最近已在众议院通过的《美国清洁能源安全法案》, 提出到 2020 年的排放量比 2005 年减少 17%, 到 2050 年比 2005 年减少 83%。如果我们假定美国的减排是逐年均匀地完成, 则依据其 2005 年 1.58 GtC 的排放量, 我们模拟得到美国 2006~2050 年的碳排放总量为 44.63 GtC(表 5)。欧盟提出的目标是 2020 年比 1990 年减少 30%, 到 2050 年则减少 80%, 这样几个欧盟大国 2006~2050 年 CO₂ 排放预期将分别为: 德国 6.54 GtC, 英国 3.97 GtC, 法国 2.59 GtC, 表 1 中 16 个欧盟国家的总排放预期

为 20.69 GtC。表 1 中的其他国家还没有提出减排目标, 因此作出它们今后的排放预期较为困难。这些国家有三类: 一是 6 个油气净出口国, 二是 4 个前苏联国家, 三是 3 个伞形国家。对油气净出口国来说, CO₂ 减排的难度是比较大的, 假定它们到 2050 年时, CO₂ 排放量以 2005 年为基准均匀减少 20%, 则这 6 个国家将总共排放 9.21 GtC。前苏联的 4 个国家(乌克兰、白俄罗斯、格鲁吉亚、摩尔多瓦)历史上人均累计排放高, 但 2005 年的人均排放并不高, 估计它们今后会出现先增后减的情况。假定它们 2006~2050 年的排放为每人每年 1.19 tC, 即该时段世界平均排放配额, 则这 4 个国家的排放预期将达到 3.48 GtC。澳大利亚、加拿大、俄罗斯这 3 个伞形国家, 其碳排放历史和现状与美国相似, 如果它们也采用美国的减排目标, 则 2006~2050 年, 3 国的排放预期总共为 18.62 GtC。将表 1 所列国家 2006~2050 年排放预期加和, 得到的数值为 96.63 GtC(表 5)。

表 5 表 1 所列国家 2006~2050 年排放预期

国家	2005 年人均 /tC·a ⁻¹	1996~2005 年增长率/%	2006~2050 排 放预期/MtC	2006~2050 人均预期/tC	1900~2005 人均累计/tC	1900~2050 人 均累计预期/tC
美国	5.26	1.06	44626.95	148.83	467.88	616.71
德国	2.59	-0.56	6542.48	79.16	271.32	350.48
英国	2.48	-0.06	3972.09	65.93	303.13	369.06
俄罗斯	2.85	0.02	11615.31	80.69	164.00	244.69
加拿大	4.55	2.39	4153.19	128.70	335.80	464.50
澳大利亚	4.96	1.87	2850.00	140.32	260.62	400.94
波兰	2.16	-1.30	2366.01	61.94	187.17	249.11
比利时	2.69	-0.10	705.64	67.86	277.31	345.17
乌克兰	1.90	-2.45	2512.46	53.55	153.20	206.75
捷克	3.21	-0.03	955.02	93.70	246.72	340.42
法国	1.69	0.60	2589.02	42.45	161.85	204.30
哈萨克斯坦	3.25	1.35	1994.91	131.15	164.51	295.66
斯洛伐克	1.86	-1.02	440.54	81.78	227.83	309.61
荷兰	2.10	-0.79	958.99	58.73	181.12	239.85
阿联酋	8.23	13.10	1364.31	332.43	429.79	762.22
丹麦	2.32	-1.23	344.03	63.51	197.77	261.28
科威特	9.46	6.45	1031.90	382.18	392.00	774.18
卡塔尔	17.08	4.90	549.28	690.05	737.78	1427.83
白俄罗斯	1.76	0.05	524.52	53.55	149.26	202.81
卢森堡	6.76	3.30	72.55	158.75	445.01	603.76
沙特阿拉伯	4.41	5.15	4202.21	177.97	151.72	329.69
爱沙尼亚	3.70	0.25	137.97	102.66	174.59	277.25
文莱	4.30	2.44	64.96	173.70	495.88	669.58
立陶宛	1.11	-1.13	270.38	78.94	140.46	219.40
格鲁吉亚	0.29	10.06	239.53	53.55	128.59	182.14
奥地利	2.42	2.41	436.86	52.68	143.55	196.23
拉脱维亚	0.76	-3.37	187.81	81.59	137.27	218.86
瑞典	1.46	0.79	347.14	38.41	142.99	181.40
摩尔多瓦	0.57	-2.44	207.61	53.55	133.56	187.11
芬兰	2.77	0.67	361.67	68.94	131.28	200.22

表 2 所列的 33 个“排放总量需降低国家或地区”, 比较 2005 年人均排放量与 2006~2050 人均年排放空间(表 6), 发现各国在控排难度上差别很大. 这些国家或地区由于社会经济发展阶段不同, 在预计今后排放量时还得分类别考虑. 第一类为欧盟中的 10 个国家, 根据欧盟的减排目标, 可分别计算出各个国家的 2006~2050 年排放预期(表 6), 加和后得到的排放预期总量为 7.43 GtC; 第二类是挪威、冰岛、瑞士以及日本和新西兰, 计算它们的排放预期时, 欧洲国家按照欧盟处理, 日本和新西兰按照美国处理, 这样, 此 5 国的排放预期总共为 10.31 GtC; 第三类为 3 个前苏联国家和朝鲜, 目前均处在发展阶段, 假定它们今后年人均排放控制在世界人均排放空间内, 即每

人每年 1.19 tC, 则 4 国排放预期总共为 3.30 GtC; 第四类为 5 个油气净出口国(阿曼、利比亚、委内瑞拉、伊朗、土库曼斯坦), 假定它们到 2050 年, 能在 2005 年的基础上均匀减排 20%, 则其排放预期总共为 8.04 GtC(表 6); 余下的 9 个国家或地区, 社会经济发展水平不一, 但目前人均排放水平较高, 且大都增长较快, 我们假定韩国、中国香港和以色列到 2050 年时, 能从 2005 年排放水平上均匀下降 40%, 另外 6 个国家(马来西亚、南非、波黑、马其顿、黑山、塞尔维亚)保持 2005 年的排放量, 这 9 个国家或地区的 2006~2050 年排放预期总共为 14.48 GtC. 这样, 表 2 所列国家或地区的排放预期总共为 43.55 GtC(表 6).

表 3 共有 63 个国家或地区, 包括小岛国联盟的

表 6 表 2 所列国家或地区 2006~2050 年排放预期

国家或地区	2005 年 人均/tC·a ⁻¹	2006~2050 人均 排放空间/tC·a ⁻¹	1996~2005 年增长率/%	2006~2050 排 放预期/MtC	2006~2050 人均预期/tC	1900~2005 人均累计/tC	1900~2050 人 均累计预期/tC
伊朗	1.78	1.28	4.96	4979.14	71.72	50.59	122.31
韩国	2.58	1.19	2.22	4418.51	92.30	58.14	150.44
意大利	2.10	0.88	0.98	2898.28	49.42	88.95	138.37
西班牙	2.16	1.13	3.99	1746.50	40.24	75.09	115.33
日本	2.62	0.35	0.84	9503.84	74.31	115.10	189.41
马来西亚	2.55	1.34	7.89	2945.57	114.82	41.57	156.39
委内瑞拉	1.51	0.79	1.66	1633.17	61.11	108.95	170.06
朝鲜	0.95	0.76	-5.67	1264.64	53.55	87.64	141.19
罗马尼亚	1.12	0.80	-3.02	967.98	44.76	90.04	134.80
塞尔维亚	1.37	1.36	3.55	607.32	61.58	59.86	121.44
南非	2.33	0.26	1.57	5020.65	104.73	159.26	263.99
希腊	2.34	1.14	2.12	553.77	49.89	70.84	120.73
中国香港	1.49	1.27	3.09	376.76	53.39	47.26	100.65
乌兹别克斯坦	1.15	0.32	1.42	1424.06	53.55	142.36	195.91
波黑	1.83	1.41	25.10	322.70	82.43	59.20	141.63
匈牙利	1.53	0.50	-0.14	416.95	41.34	108.59	149.93
瑞士	1.51	0.67	0.59	298.29	40.18	107.01	147.19
以色列	2.59	0.64	2.23	621.49	92.87	92.85	185.72
保加利亚	1.57	0.51	-2.21	472.48	61.00	99.23	160.23
利比亚	2.59	0.56	2.75	618.56	104.52	97.65	202.17
马其顿	1.38	1.28	-0.16	126.14	62.01	64.52	126.53
斯洛文尼亚	2.03	1.19	0.71	85.06	42.55	71.08	113.63
阿曼	3.42	0.84	7.50	346.71	138.30	65.65	203.95
新西兰	1.99	0.44	1.87	231.38	56.47	135.96	192.43
阿塞拜疆	1.20	0.20	1.41	447.25	53.55	140.02	193.57
爱尔兰	2.79	0.33	2.52	238.45	57.56	128.35	185.91
挪威	3.11	0.23	5.89	256.95	55.39	131.00	186.39
塞浦路斯	2.29	1.14	3.29	37.31	44.63	66.46	111.09
黑山	1.37	1.32	3.62	37.44	61.58	59.86	121.44
马耳他	1.73	1.49	-0.27	16.35	40.57	53.50	94.07
土库曼斯坦	2.35	0.09	2.64	459.07	94.99	154.50	249.49
亚美尼亚	0.39	0.09	3.66	161.61	53.55	128.48	182.03
冰岛	2.01	0.47	1.28	14.56	49.18	109.37	158.55

38 个国家, 它们主要为相对发展速度较快的发展中国家, 在 1996~2005 年间, CO₂ 排放的增长速率在 1.42%~14.79% 之间, 并且平均增长率较高. 但从另一方面看, 这些国家或地区今后的人均年排放空间均要大于其 2005 年的水平, 并且除吉尔吉斯共和国外, 该数值均大于 1.19 tC(表 7), 这就意味着这些国家或地区可以通过先增后减的方式控制 CO₂ 排放. 假定这些国家或地区今后能逐步降低排放增长速率, 并把排放总量控制在其排放空间内, 则这些国家或地区 2006~2050 年排放预期共为 186.72 GtC(表 7).

表 4 所列的 80 国(包括最不发达国家联盟的 49 国), 均为发展中国家. 它们在 CO₂ 排放上, 有两个特点, 一是目前人均排放量很低, 如 2005 年的人均年排放量都在 0.95 tC 之下, 而最不发达国家联盟只有 0.05

tC, 二是 1996~2005 年的排放增长率亦处在相对较低水平. 根据计算, 这些国家即便保持过去的排放增速, 到 2050 年都不会超过其排放空间. 在估计这些国家的排放预期时, 我们考虑两种情况: 对 1996~2005 年平均年增长率超过 3% 者, 假定 2006~2050 年将继续保持此增长速率; 对 1996~2005 年平均年排放增长率低于 3% 者, 假定 2006~2050 年将保持 3% 增长速率. 由此得到每个国家的排放预期, 以及 2006~2050 年表 4 所列国家的排放预期总量: 90.91 GtC(表 8).

将表 5 到表 8 中的各国排放预期加和, 得到的数值为 417.80 GtC, 对比 470 ppmv 浓度目标下的排放空间(348.43 GtC), 相差 69.37 GtC, 如果这部分碳今后得到实际排放, 则大气 CO₂ 浓度将在 2050 年达到 485.05 ppmv.

表 7 表 3 所列国家或地区 2006~2050 年排放预期

国家或地区	2005 年人均 /tC·a ⁻¹	2006~2050 人均 排放空间/tC·a ⁻¹	1996~2005 年 增长率/%	2006~2050 排放 预期/MtC	2006~2050 人均预期/tC	1900~2005 人均累计/tC	1900~2050 人均 累计预期/tC
中国	1.15	1.86	5.90	109906.51	83.71	24.14	107.85
印度尼西亚	0.51	1.97	7.23	20029.13	88.60	11.30	99.90
尼日利亚	0.22	1.83	14.79	11660.26	82.49	7.69	90.18
越南	0.33	1.98	13.45	7594.50	89.32	8.09	97.41
墨西哥	1.10	1.35	1.42	6327.88	60.69	51.26	111.95
埃及	0.65	1.79	6.62	5878.86	80.70	17.71	98.41
土耳其	0.93	1.65	3.96	5404.37	74.06	29.06	103.12
泰国	1.17	1.69	4.28	4788.19	76.00	19.50	95.50
小岛国联盟	1.15	1.41	2.31	2928.34	63.43	29.61	93.04
阿根廷	1.08	1.36	2.60	2368.71	61.13	61.39	122.52
阿尔及利亚	1.14	1.52	4.16	2246.49	68.38	32.51	100.89
象牙海岸	0.13	1.81	12.85	1516.03	81.57	5.50	87.07
叙利亚	0.99	1.50	5.49	1275.20	67.49	27.13	94.62
智利	1.11	1.51	4.36	1107.49	67.96	49.72	117.68
葡萄牙	1.62	1.67	2.31	791.31	75.16	49.11	124.27
洪都拉斯	0.30	1.84	6.87	564.75	82.64	7.83	90.47
约旦	1.01	1.45	4.26	361.51	65.21	30.04	95.25
巴勒斯坦	0.05	1.88	8.07	318.39	84.63	1.29	85.92
克罗地亚	1.37	1.51	2.64	309.36	67.98	60.49	128.47
刚果	0.15	1.85	9.78	301.34	83.47	5.68	89.15
黎巴嫩	1.15	1.54	2.52	277.38	69.15	37.40	106.55
阿尔巴尼亚	0.30	1.94	7.52	274.93	87.17	23.09	110.26
巴拿马	0.50	1.72	6.56	249.51	77.20	21.40	98.60
吉尔吉斯	0.29	0.47	3.00	110.06	21.15	129.14	150.29
斯威士兰	0.23	1.87	9.63	94.88	84.34	6.96	91.30
中国澳门	1.29	1.54	6.31	32.74	69.21	26.71	95.92

表 8 表 4 所列国家 2006~2050 年排放预期

国家	2005 年人均 /tC·a ⁻¹	2006~2050 人均 排放空间/tC·a ⁻¹	1996~2005 年 增长率/%	2006~2050 排放 预期/MtC	2006~2050 人均预期/tC	1900~2005 人均 累计/tC	1900~2050 人均 累计预期/tC
印度	0.34	1.94	4.42	54284.52	47.85	10.79	58.64
最不发达联盟	0.05	1.96	5.05	6936.64	9.05	2.09	11.14
巴西	0.48	1.79	2.76	8483.78	45.41	20.27	65.68
巴基斯坦	0.23	1.86	4.86	5908.63	37.38	5.95	43.33
菲律宾	0.24	1.85	1.99	1953.77	23.10	9.76	32.86
哥伦比亚	0.36	1.76	0.11	1527.26	33.98	21.65	55.63
肯尼亚	0.09	1.81	4.86	487.16	13.68	4.29	17.97
摩洛哥	0.43	1.91	4.83	2089.38	68.52	11.24	79.76
秘鲁	0.37	1.84	4.94	1662.29	60.95	19.55	80.50
加纳	0.09	1.89	3.51	219.30	9.73	3.66	13.39
斯里兰卡	0.16	2.19	6.96	908.37	47.51	4.43	51.94
伊拉克	0.82	1.42	1.74	2203.31	78.70	43.88	122.58
喀麦隆	0.06	1.92	0.21	96.84	5.44	2.94	8.38
危地马拉	0.25	1.86	5.00	523.79	41.21	7.76	48.97
厄瓜多尔	0.61	1.73	3.47	867.10	66.39	20.51	86.9
津巴布韦	0.24	1.70	-3.05	298.63	22.76	35.89	58.65
突尼斯	0.59	1.83	3.46	648.90	64.22	18.11	82.33
玻利维亚	0.27	1.91	2.66	241.14	26.26	10.68	36.94
萨尔瓦多	0.26	1.98	2.12	166.75	25.01	7.71	32.72
巴拉圭	0.18	1.88	0.12	101.04	17.11	6.14	23.25
尼加拉瓜	0.20	1.88	3.34	111.83	20.47	8.13	28.60
哥斯达黎加	0.46	1.76	4.24	268.23	61.99	13.55	75.54
乌拉圭	0.46	2.04	2.86	144.88	43.56	25.21	68.77
纳米比亚	0.35	1.92	4.45	99.72	49.37	3.29	52.66
塔吉克斯坦	0.22	0.59	0.67	136.47	20.84	128.74	149.58
蒙古	0.93	1.46	1.12	229.11	88.77	42.30	131.07
博茨瓦纳	0.68	1.71	3.15	123.70	67.37	13.55	80.92
加蓬	0.32	1.29	-5.82	39.16	30.33	59.71	90.04
留尼汪岛	0.79	1.78	1.77	59.31	75.55	20.56	96.11
瓜德罗普	1.10	1.87	1.63	46.13	105.31	29.86	135.17
西撒哈拉	0.15	1.55	1.33	6.21	14.11	10.06	24.17
马提尼克岛	0.90	1.65	-3.19	34.09	86.10	41.45	127.55

6 实现 470 ppmv 目标浓度难度分析

CO₂ 排放总量实际上由人口、人均能源需求和能源结构三个因素决定。虽然上节给出了每个国家或地区 2006~2050 年排放预期, 但能否真正将实际排放控制在这一预期内, 还需根据这三个因素做进一步分析。对此, 也可分为四种情况。

首先分析欧盟 27 国和美国、澳大利亚、新西兰、加拿大、日本、俄罗斯以及瑞士、挪威、冰岛。这 36 国的人口共有 11.31 亿, 占全球总人口的 17.36%。根据表 5~7 的计算, 即便这些国家完成大幅度减排目标, 那么在 2006~2050 年期间, 它们的 CO₂ 排放总量还将达到 102.46 GtC, 占全球排放预期总量的 24.52%。到 2050 年时, 这些国家要比 1990 年或 2005

年减排 80% 左右, 人均排放量将只在 0.27~0.90 tC 之间, 这个数值只有它们现有交通排放的 1/3 左右。先看人口因素, 这些国家的生育率尽管不高, 但由于人口预期寿命的延长及外来移民的增多, 到 2050 年时, 人口在 2005 年的水平上预期将增长 4.56%^[21], 光这一因素, 它们 2050 年的人均排放将减到 0.25~0.86 tC 之间; 再看人均能源消费因素, 在这些国家中这个数值目前尽管已经很高, 但要下降却可能性不大, 因为能源需求下降同时意味着生活水平的下降, 所以笔者并不认为这 36 国的人均能源消费今后会下降, 更何况欧盟中的一些国家目前人均能源消费并不很高。由此看来, 这 36 国要将 CO₂ 排放量降下来, 除改变能源结构外, 别无它途。对于发达国家而言, 发展

清洁能源, 能达到什么样的人均 CO_2 排放水平? 最好的例子是瑞典. 瑞典的核电与水电占其整个电力的 90% 以上^[23], 但其 2005 年的人均 CO_2 排放量尚达到 1.46 tC, 这主要由交通与居民生活产生, 此外为炼钢、水泥生产等排放. 像瑞典这样的“低排放发达国家”, 如要进一步降低排放量, 只能在交通与居民生活上大幅度减少油气消费, 难度可想而知. 欧盟大部分国家自签署《京都议定书》以来, CO_2 排放量不但没有下降, 而且还有少量的上升, 比如丹麦、瑞典、芬兰 2007 年的排放量比 2005 年分别增加了 7.54%, 9.75% 和 15.54%^[19], 可见 CO_2 减排的难度. 欧盟如要在 2020 年达到比 1990 年少排 30% 的目标, 就必须在短短 10 年内将它们的能源结构调整到接近今天瑞典的水平, 这就需要核电和新能源超常发展; 至于它们的 2050 年排放量只有 1990 年的 20% 的目标, 则显得太遥远了, 因为只有到 2020 年时, 人们才能依据事实做出恰当的评估.

美国的难度可能会更大一些, 因为美国仅交通和居民生活, 人均 CO_2 排放量目前已经达到 2.5 tC 左右, 为目前全球人均排放的 2 倍左右. 美国尽管在生物质能上有潜力, 但生物质能的大量生产必定加剧土地利用排放以及生物质能转化过程中的排放, 在总的 CO_2 减排上, 未必会收到明显成效; 美国在核能利用上潜力虽大, 但须克服政治上的障碍; 至于风能、太阳能、地热能等, 在今后较长时期内, 不会从根本上改变其能源结构. 澳大利亚、加拿大、新西兰等国的情况同美国有一定的相似性. 至于以制造业见长的日本, 如想到 2050 年时, 将其人均年排放从 2005 年的人均 2.62 tC 降低 80%, 达到人均年排放约 0.52 tC 的水平, 也绝非易事. 总之, 发达国家如要将其排放量控制在表 5 和 6 所列出的排放预期内, 挑战性非常大, 除非其人工固碳能力得到极大提高.

其次, 表 5 和 6 的油气净出口国目前多为高 CO_2 排放国, 这同它们丰富的油气资源有关. 考虑到这些国家还有大量的油气储量可供消费, 发展可替代能源的动力不会太强. 到 2050 年如它们能在 2005 年的水平上减排 20%, 这已经是乐观的预期了. 至于这两个表中所列出的前苏联国家和其他国家, 大部分为发展中国家, 处在人均能源消费逐年增长、能源消费结构调整较为困难的阶段, 表 5 和 6 给出的这些国家

的今后排放预期, 本身是大胆的, 如考虑它们的人口增长因素, 则更是如此.

还有, 对表 7 中的 63 国或地区, 本文假定其今后排放总量均将控制在它们应得的排放空间内, 要做到这点其实这也是有难度的. 以中国为例, 可对其今后排放轨迹作一简单的预估. 我们以 2005 年人均排放和 1996~2005 年人均排放增长率为出发点, 假定中国到 2035 年达到人均排放高峰(该时中国工业化和城市化将基本完成), 并且此时中国的人均能源消费及能源结构处在日本 2005 年的水平(日本在以化石能源消费为主的发达国家中最为节能), 即人均年排放 2.62 tC, 进一步假定从 2035 年到 2050 年, 中国的人均能源消费和能源结构能逐步调整到法国 2005 年的水平(法国为以核电为主的发达国家), 即人均年排放 1.69 tC. 依据联合国对人口增长率的估计^[21], 中国 2035 年人口将达到 14.58 亿, 则该国中国将共排放 CO_2 3.82 GtC, 2050 年人口将是 14.09 亿, 该年 CO_2 排放将减少到 2.38 GtC. 假定这增加与减少是逐年按同比例进行, 我们即可模拟出中国 2006~2050 年的逐年碳排放轨迹(图 5), 45 年的总排放量为 126.97 GtC, 超过表 7 给出的排放预期达 17.06 GtC. 表 7 中的其他国家或地区, 大部分同中国的情况类似, 都处在工业化和城市化时期, 能源需求旺盛, 基础设施建设投入大, 加之缺少大幅度调整能源结构所需的技术与资金, 还有它们的人口增长率大都高于中国, 因此要将实际排放控制在表 7 所列的排放预期之内, 也将是困难的.

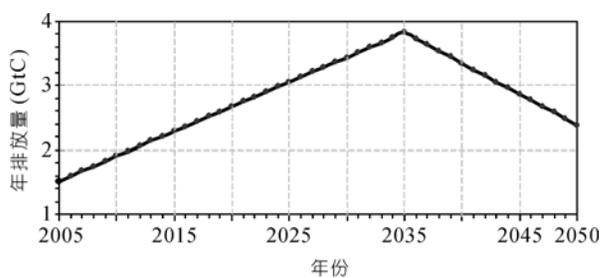


图 5 中国 2006~2050 逐年碳排放量模拟

最后, 表 8 所列国家能否将实际排放控制在排放预期内? 最大的不确定性来自一个问题: 它们过去 10 年的低排放增长率(平均 2.36%)能继续保持吗? 如果遵循发达国家工业化与城市化发展的老路子, 我们似乎可以给出否定的回答. 如图 3 所示, 发达国家

发展过程中往往有一个CO₂排放快速增长期。我们还可以中国为例, 中国从1978年到1998年, CO₂排放增长率为4.20%, 而1999年到2005年, 增长率高达8.81%, 这个时期正是中国加速发展时期。我们知道, 印度还没有开始以高速公路为标志的大规模基础设施建设, 所以现在人均排放水平还很低, 但以印度的人口规模和国土面积论, 这个阶段早晚要到来, 从而带动钢铁、水泥等高排放行业的快速增长, 进而带动汽车消费。再从人口因素看, 有关研究表明: 到2050年, 世界总人口将从2005年的65.15亿增长到91.49亿^[41], 表8所列国家大多为人口增长率较快国家, 届时它们在现有人口基础上增长50%是完全可能的, 这必将提高它们的排放增速。这样一来, 这些国家唯一的控制排放的途径是及早发展新能源和可再生能源, 但做到这一点的最大难度是这些国家缺少资金与技术。因此, 表8所列国家如要将其实际排放控制在排放预期内, 前提是发达国家能提供它们足够的资金与技术支持, 这似乎不太现实。

综合前面的分析, 我们可以看出, 要将2050年大气CO₂浓度控制在470 ppmv之下, 挑战性非常大。

7 讨论与结论

从控制大气CO₂浓度这个目标论, 没有全球协调行动是不可能实现的, 在即将开始的应对气候变化国际谈判中, 其最终目的就是要以协议的形式, 确定国际社会今后如何协调行动。这是在全球范围内, 建立一种责任体系的过程。但目前的国际政治博弈, 皆以维护国家利益为指归, 国际社会要在控制CO₂浓度的责任分解上达成一致意见, 必将面临前所未有的挑战。显然, 要应对这一挑战, 根本上取决于各国在争取各自利益时, 能依据科学数据, 拿出站得住脚的理由。本文对排放配额的计算, 以国家为单位进行, 其目的就是要为国际谈判过程中, 如何建立公平合理的责任体系提供数字依据。下面, 就9个相关问题做进一步讨论。

7.1 谈判议题: 减排还是配额?

国际上对控制大气CO₂浓度的途径, 目前有两大类观点, 一类强调减排^[3,5,6,8], 一类强调排放配额分配^[4], 并且第一类观点得到了更为广泛的宣传。虽然这两种途径没有本质区别, 都以降低排放强度为目

的, 但是在操作层面上, 二者又有很大不同: 减排以某年为基准, 此后逐年减少排放量; 排放配额则以某个时间段为单位, 分配此时间段内各国可排放的额度, 至于如何实现最终排放不超过此额度, 则可由各国灵活掌握。根据表5~8, 世界上大部分国家或地区的排放量近年还在增长, 负增长的国家只是少数发达国家和遭遇暂时困难的发展中国家。预计在今后一段时期内, 许多国家的排放量还将不得不继续增长, 甚至一些历史人均累计排放量和当前人均排放量都还很小的发展中国家的排放增长率还会提高。因此, 如以减排作为谈判议题并由此构建国际责任体系, 就势必会掩盖各国历史排放与人均排放的巨大差异, 遭到发展中国家的强烈抵制。

最近, G8国家建议到2050年, 全球CO₂排放量减少50%, G8国家则减少80%。从百分比看, G8国家似乎贡献更大, 其实从人均排放看, 这个建议隐含着巨大的不公平。这里, 我们以1990年为基准年, 对这个建议将产生的结果做出定量分析。1990年, 全球总排放为5.79 GtC, 其中G8国家排放2.87 GtC, 到2050年, 全球排放将减到2.895 GtC, 其中G8国家为0.574 GtC。1990~2005年, G8国家已累计排放46.83 GtC, 2005年它们的总排放为3.06 GtC, 如果它们从2005年的3.06 GtC均匀减到2050年的0.574 GtC, 则将累计排放80.49 GtC, 因此1990~2005年的累计排放为127.32 GtC, 以2005年人口计, 人均累计排放为146.94 tC。用同样方法计算, 其他国家2006~2050年将累计排放150.62 GtC, 它们1990~2005年已排放54.08 GtC, 1990~2005年的累计排放为204.70 GtC, 人均累计排放为36.24 tC, G8国家1990~2005年人均累计排放将是其他国家的4倍。此外, 1900~1989年间, G8国家的人均累计排放为209.64 tC, 其他国家的人均累计排放为23.71 tC, 差别达8.84倍。因此, G8国家1900~2050年的人均累计排放总共为356.58 tC, 其他国家则只有59.95 tC, 差别达6倍之多。而“其他国家”还包括了一些高排放的发达国家和产油国家, 留给广大发展中国家的排放空间还将进一步缩小。可见, G8国家的这个建议如作为国际公约生效, 那将成为历史上罕见的平等条约。

如果把排放配额分配作为谈判议题, 就可以在公平正义原则下, 充分考虑历史和现实诸因素以及

不同国家的特殊诉求,以定量计算结果作为形成控制大气 CO₂ 浓度国际责任体系的基石. 因此,今后的国际谈判,应围绕某个目标浓度下的各国今后排放配额分配展开,改变目前由少数发达国家主导的简单化的“减排”议题.

7.2 470 ppmv 的目标浓度是否合适?

在确定控制大气 CO₂ 浓度的长期目标时,应遵循循理性原则,即既不能将此目标定得太高而影响经济社会发展,也不能定低了以至约束力不强. 国际社会在排放配额谈判之前,应该先形成一个共识:今后全球能源需求必将逐年增长,国际社会也必须为满足这一增长而努力,因为这是落实联合国千年发展目标的刚性需求. 在能源总需求不断增长的前提下,实现控制大气 CO₂ 浓度的目标,只能通过发展清洁能源和可再生能源、提高能源效率、开展固碳作业、降低人口出生率等才能完成. 与此同时,国际社会不应夸大大气 CO₂ 浓度增高的负面影响而又而引起社会公众不必要的恐慌. 本文提出到 2050 年,将大气 CO₂ 浓度控制在 470 ppmv 的目标,并对各国到 2050 年的排放预期作了估算,结果表明:这个目标可能偏高,要实现它将有非常大的困难. 但我们的计算同时也表明:如果各国能将他们的排放控制在表 5~8 给出的排放预期内,超额排放量在 69.37 GtC 左右. 对这个缺口,如果国际社会能在生态系统固碳方面强力推进,应该是可以弥补的.

大气 CO₂ 浓度达到 470 ppmv 后,气温在目前基础上还将增加多少? 人类是否有能力适应这个增温? 这些问题还会引起广泛的讨论. 尽管科学界目前还没有能力确切回答这些问题,但“从过去理解未来”这个角度,我们可作一推测. 根据 IPCC 第四次评估报告(文献[1]第 37 页的图 TS.6),从 1880 年到 2005 年,温室气体增加了约 150 ppmv CO₂ 当量浓度,全球温度增加了 0.6℃ 左右^[4]. 如果今后继续保持这种比例关系,则到 2050 年大气 CO₂ 浓度再增加 80 ppmv 左右,温度增加速率应在每 10 年 0.1℃ 以下. 如果今后恰好出现从 20 世纪 40 年代到 70 年代的自然降温过程(尽管该时期大气 CO₂ 浓度快速增高),则一段时期内全球温度将不会再明显增加. 过去 100 年,尽管全球温度增加了,但世界人口从 15.87 亿增加到目前

的 65.15 亿^[20,21],并且人类整体生活水平还有了很大提高,这说明人类适应气候变化的能力还是很强的,尤其在科技水平快速提高的条件下.

总之,本文作者认为将 2050 年的大气 CO₂ 浓度控制在 470 ppmv,是一较为适当的目标. 当然,如果要调整目标,也完全可以用本文的计算方法,重新算出各国的今后排放配额.

7.3 排放配额分配的最佳指标是什么?

公平正义是一切国际关系的最高准则,在国家间分配排放配额时,当然必须遵循这个准则,估计在这一点上,各国间不会有异议. 但是在具体落实此准则时,则可能会引发争论. 我们在前面用四张图(图 1~4),已经论证了用人均累计排放指标分配排放配额,能较好地体现这个准则. 在此,我们只想强调一点:在即将开展的国际谈判中,应该将排放权是发展权,也就是基本人权的一个组成部分作为原则确定下来. 如不先确定此原则,就有可能出现试图推翻“共同而有区别的责任”原则的动作出现,而这个原则恰恰是国际社会过去几年在气候变化问题上密切合作的根基所在. 如果用人均累计排放指标分配今后排放配额,则将使“共同而有区别的责任”原则落到实处,这将有利于国际协议的达成.

7.4 应从哪一年开始计算人均累计排放?

“人均累计排放”是个能体现公平正义的指标,但问题随之而来:具体计算时,该以哪一年为起点? 可以想见,在谈判中,历史时期高排放国家会希望把这个起点定得晚一些,而低排放国家则会希望定得早一些. 从化石燃料燃烧导致全球大气 CO₂ 浓度增高历史看,这个影响应该从工业革命算起. 工业革命前,大气 CO₂ 浓度在 280 ppmv 左右,这个数值同全新世大部分时期以及最近的几个间冰期大致相同^[24,25]. 从工业革命开始到 1900 年的一百多年间,通过人类活动增高的 CO₂ 浓度在 19 ppmv 左右,并且主要由少数几个发达国家排放所致. 由于 1900 年之前的各项数据存在较大误差,本文在计算人均累计排放时,将起始时间定在 1900 年. 1900 年以来,主权国家的数量一直在增加,因此在计算新产生国家的历史排放时会引入一定的误差. 比如前苏联 CO₂ 排放较高,1991

年前苏联分成 15 个主权国家, 这就涉及如何将前苏联 1900~1991 年的排放在 15 国间分配这一问题. 本文是根据人口平均分配这一排放的, 从而导致一些发展程度较低的国家貌似有很高的人均累计排放(见表 1~4). 除这一点之外, 1900 年以来的基础数据还是可靠的, 因此我们把计算起点定在 1900 年. 在具体计算时, 我们又分 1900~1949 年、1950~1989 年、1990~2005 年和 2006~2050 年四个时段分别进行, 目的就是为各种有可能产生的讨论与争论提供清晰的数据. 应该看到, 发达国家在创新技术过程中, 造成了一定程度的额外排放, 而发展中国家整体上受惠于发达国家的技术创新. 因此, 如果发达国家要求将起点年从 1900 年往后推一段时间, 也并非没有理由.

7.5 已超额排放国家该如何率先行动?

在 470 ppmv 目标下, 表 1 所列国家到 2005 年就已超额排放, 表 2 所列一部分国家也将很快超过其排放配额, 但要这些国家今后做到零排放是不可能的, 这就势必会在今后的国际谈判中, 将已超额排放国家如何向历史低排放国家作出补偿以及如何获得它们的今后排放权列为重要议题. 本文已经指出: 以 2005 年不变人口计, 2006~2050 年期间, 人均累计排放空间只有 53.55 tC. 对一些高排放国家而言, 即使它们的大幅度减排目标能够实现, 其 2006~2050 年人均累计排放还将是: 美国 148.83 tC, 欧盟 58.03 tC, 日本 74.31 tC, 加拿大 128.70 tC, 澳大利亚 140.32 tC, G8 国家人均均为 83.69 tC, 都大大超过 53.55 tC, 这就意味着这些已经超额排放的国家今后还将处在高排放状态. 假如今后 45 年所有国家的人均排放都达到 G8 国家的平均水平, 即使全球人口不再增长, 全球

总排放量也将达到 545.22 GtC, 这个排放量将使 2050 年的大气 CO₂ 浓度达 512.70 ppmv. 显然, 要避免出现这个局面, 唯一的途径是在那些发展程度还较低的国家, 尽早建立以清洁能源和可再生能源为主的能源供应体系, 以满足经济社会发展需求, 这就需要发达国家在资金与技术上给予充分的支持.

表 9 以每吨 CO₂ 价值 20 美元计, 对 G8 国家 2005 年前已经形成的排放赤字和 2006~2050 年排放预期的价值作了计算. 结果表明, G8 国家在 1900~2005 年已形成的排放赤字价值为 5.53 万亿美元, 2006~2050 年将形成的赤字排放价值为 6.30 万亿美元, 总价值高达 11.83 万亿美元. 可以相信, 在今后的国际谈判中, 这些超额排放国家该如何率先行动势必会成为一个广泛而富有挑战性的议题. 我们认为, 发展中国家应该理解, 即使技术先进的发达国家要在近期内做到大幅度减排也是不可能的, G8 国家目前仅仅交通排放一项^[26], 就已超过国际平均排放的 2/3. 但对发达国家来说, 更应该理解, 发展中国家提出要它们在技术转让与资金援助上做出贡献是有数值依据的, 这从本质上可理解为是对过去高排放和今后还将是相对高排放的合理补偿. 我们认为: 超额排放国家可通过两方面率先采取行动, 一是面向发展中国家设立技术转让基金、碳固定基金、气候变化适应基金、清洁发展基金等补偿其超额排放, 二是设定高标准的中期减排目标, 为发展中国家做出示范.

7.6 不同类型国家应作出什么样的承诺?

当前, 一些发达国家强调在接下去的国际谈判中, 发展中国家应做出承诺, 而发展中国家则认为这是对“共同而有区别的责任”原则的违背而予以反对.

表 9 G8 国家超额排放价值估计(以 20 US\$/tCO₂ 计算)

国家	1900~2050 排放 配额/MtC	1900~2005 实际排放 /MtC	1900~2005 排放赤字/MtC	1900~2005 排放赤字 价值(BUSS)	2006~2050 排 放预期价值(BUSS)	1900~2050 排放总赤 字价值(BUSS)
加拿大	3291.24	6422.75	3131.51	229.64	304.57	534.21
法国	7144.54	7759.95	615.41	45.13	189.86	234.99
德国	10313.32	19857.93	9544.61	699.94	479.78	1179.72
意大利	7126.45	4804.43	-2322.02	-170.28	212.54	42.26
日本	14545.50	12526.50	-2019.00	-148.06	696.95	548.89
俄罗斯	17501.67	21944.47	4442.80	325.81	851.79	1177.59
英国	7389.81	15097.08	7707.27	565.20	291.29	856.49
美国	31629.63	85920.32	54290.69	3981.32	3272.64	7253.96
总和	98942.16	174333.43	75391.27	5528.70	6299.42	11828.11

从建立长期应对气候变化全球责任体系的目标出发, 要求每个国家都做出某种承诺应是合理的, 关键是各类国家的承诺能将“共同而有区别的责任”原则具体体现出来. 我们认为, 如果能把 2050 年前的各国排放配额定下来, 不同国家的承诺就有依据了. 在 470 ppmv 的目标下, 以人均累计排放为指标, 图 6 对几个代表性大国何时达到人均足额(79.58+53.55=133.13 tC)排放做了估算, 从中可以看出, 美国早在 1936 年、英国在 1945 年、德国在 1963 年、加拿大在 1955 年、澳大利亚在 1977 年、法国在 1989 年, 就已经达到足额排放. 其他国家预期达到足额排放的时间分别是: 日本在 2013 年前后, 意大利在 2040 年前后, 中国在 2047 年前后, 印度则会在 2050 年之后. 可见达到足额排放的早晚同发展程度相关.

表 10 对 G8 国家和 8 个发展中人口大国的排放历史与今后排放预期做了比较. G8 国家人口只占世界总人口的 13.30%, 而 8 个发展中人口大国则占 52.45%, 在 CO₂ 历史排放上, 它们的关系正好倒过来, G8 国家在 1900~2005 年间的排放占世界总排放的 58.85%, 而 8 个发展中人口大国只占 14.38%; 在 2006~2050 年排放预期上, 这 8 个发展中人口大国的

排放比例同其人口比例相当, 而 G8 国家的排放比例还将大于其人口比例.

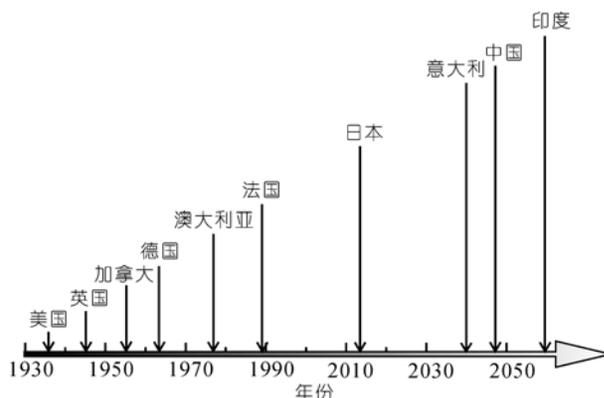


图 6 470 ppmv 目标下主要国家达到人均足额排放的时间

图 6 和表 10 在一定程度上对发达国家和发展中国家在建立全球责任体系时该做什么样的承诺做了定量说明. 对发达国家而言, 它们的承诺应从三方面做出: 一是如何补偿过去的超额排放, 二是如何购买今后的排放配额, 三是如何降低今后不得不排放的那部分 CO₂ 的数量. 而对发展中人口大国, 承诺应从四个方面体现: 一是承诺在 2050 年前人均累计排放

表 10 G8 国家和发展中人口大国的排放比较

	2005 人口 (百万)	1900~2005 累计总 量/MtC	1900~2005 人均累计/tC	2006~2050 排放预期/MtC	2006~2050 人均 预期/tC	1900~2050 人均累计 预期/tC
发达的人口大国						
美国	299.85	85920.32	467.88	44626.95	148.83	616.71
俄罗斯	143.95	21944.47	164.00	11615.31	80.69	244.69
日本	127.90	12526.50	115.10	9503.84	74.31	189.41
德国	82.65	19857.93	271.32	6542.48	79.16	350.48
法国	60.99	7759.95	161.85	2589.02	42.45	204.30
英国	60.25	15097.08	303.13	3972.09	65.93	369.06
意大利	58.65	4804.43	88.95	2898.28	49.42	138.37
加拿大	32.27	6422.75	335.80	4153.19	128.70	464.50
总和	866.50	174333.43		85901.16		
比例/%	13.30	58.85		20.56		
发展中的人口大国						
中国	1312.98	25711.80	24.14	109906.51	83.71	107.85
印度	1134.40	7770.59	10.79	54284.52	47.85	58.64
印度尼西亚	226.06	1844.23	11.30	20029.13	88.60	99.90
巴西	186.83	2405.88	20.27	8483.78	45.41	65.68
巴基斯坦	158.08	637.39	5.95	5908.63	37.38	43.33
孟加拉国	153.28	199.84	2.09	2452.23	16.00	18.09
尼日利亚	141.36	623.18	7.69	11660.26	82.49	90.18
墨西哥	104.27	3408.52	51.26	6327.88	60.69	111.95
总和	3417.26	42601.43		219052.94		
比例/%	52.45	14.38		52.43		

不超过发达国家在 2000 年即已达到的平均水平, 且排放总量控制在应得配额内, 二是提出单位 GDP 排放强度目标和高峰期人均排放限度目标, 三是承诺建立开放有序的碳交易市场, 为超额排放且技术先进国家的固碳项目提供市场准入, 四是提出通过改变土地利用方式达到碳固定的数量目标。

7.7 征收碳关税合理吗?

一些发达国家正考虑征收碳关税, 它们的理由是: 如果发达国家率先减排, 而发展中国家不减排, 势必会产生不公平竞争, 故需通过征收关税来达到平衡。这理由其实似是而非。首先, 由于各国目前排放水平差别很大, 因此不能简单的从“减排”角度考虑制度设计, 而应从“排放配额”角度来考虑。如果说, 征收碳关税是一种资格的话, 那么, 只有那些保证在配额内排放的国家才具备, 超额排放国家显然不具备。其次, 目前发展中国家主要是生存型排放, 而发达国家除生存型排放外, 还有大量奢侈型排放。一旦发达国家征收碳关税, 发展中国家势必会提出反制措施, 如对奢侈产品和服务征收高额关税, 从而引发贸易战, 最终损害全球消费者的利益。显然, 征收碳关税断不可行。

7.8 应设立“气候移民”议题吗?

前面的估算表明: 到 2050 年, 把大气 CO₂ 浓度控制在 470 ppmv 之下将是非常困难的。那么到 2050 年, 全球 CO₂ 年排放量会处在什么水平? 这个问题难以给出定量答案, 它取决于人口数量、不同国家的工业化程度、各国能源结构等因素。我们以美国为例做一估算。美国是技术领先国家, 假如它能在 2050 年比 2005 年减排 83%, 则其人均排放将是 0.89 tC(以 2005 年人口计), 假定美国届时人口增长 20%, 则人均排放水平为 0.71 tC。发展中国家届时要达到这个水平显然较难, 因为发展中国家的基础设施建设和城市化程度均很低, 它们中的大部分国家的排放高峰期将陆续到来; 即使它们届时也能达到人均年排放 0.71 tC 的水平, 以全球 90 亿人口计, 每年向大气

排放的 CO₂ 还将在 6.39 GtC 左右, 这样大气 CO₂ 浓度每年将增加 1.71 ppmv 左右, 约为当前年增幅的 85%。因此, 摆在我们面前的一个严酷事实是: 接近零排放的时代还很遥远。如果温室气体排放-温度增加-冰盖融化-海面上升-低地和岛国淹没这条因果链真的存在, 那么, 在设立长期目标的国际谈判中, 有必要将气候移民作为一个严肃的议题。

7.9 固碳应该用于冲抵排放吗?

理论上说, 固碳当然应该用于冲抵排放, 尤其在用 CO₂ 排放配额分配作为形成国际责任体系基础的情况下。但是用固碳冲抵排放, 真正的困难是定量核实, 无论是生物圈固碳, 还是工程固碳, 都是如此。各国排放配额确定后, 这个配额本身已经具备了商品属性, 在 470 ppmv 目标下, 它还将具有稀缺商品的特性, 因此, 如何在操作层面上落实“可测量、可报告、可核查”这三条要求, 无论是对固碳作业, 还是对控制配额内排放, 都将起到关键作用。在今后国际谈判中, 有必要设立专门的工作小组来研究这个问题, 并需尽早建立一套测量和检核固碳量的标准化方法。

前面 9 个方面的讨论主要围绕今后国际谈判展开, 如果我们把目光放得更长远一点, 将会发现控制温室气体排放的国际协调行动将会对整个人类的价值取向产生深远的影响。比如, 许多西方国家对诸如中国所采取的控制人口出生率政策颇多诟病, 但他们应该很快就能明白: 在应对气候变化的话语系统下, 控制人口增长就成为必然的逻辑指归; 又比如, 一些西方国家引为自豪的生活方式, 如果以控制大气温室气体浓度的标准来评价, 就可得出这样的结论: 正是他们消费主义的生活方式导致了他们国家人均高排放的出现, 而这种生活方式既不应被任何发展中国家所仿效, 也不应被他们本身所坚持。至于本文一再强调的建立控制大气 CO₂ 浓度的国际责任体系, 远不止排放配额分配这一件事, 它还涉及到国际关系处理中的很多方面, 这些都是今后需要予以深入研究的。

致谢 感谢审稿专家提出的宝贵意见。

参考文献

- 1 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2007: The Physical Science Basis. New York: Cambridge University Press, 2007. 996
- 2 Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). Environmental Outlook to 2030. Paris: OECD Publishing, 2008. 517
- 3 Stern N. Key Elements of A Global Deal on Climate Change. London: The London School of Economics and Political Science, 2008. 56
- 4 The Basic Project. The Sao Paulo Proposal for An Agreement on Future Climate Policy. Basic Workshop: Future International Climate Policy, Sao Paulo, 2006. 6
- 5 Blair T, Beinhocker E, Howard S, et al. Breaking the Climate Deadlock: A Global Deal for Our Low-Carbon Future. Netherlands: ECN Policy Studies, 2008. 66
- 6 United Nations Development Programme (UNDP). Human Development Report 2007/2008—Fighting Climate Change: Human Solidarity in A Divided World. New York: Palgrave Macmillan, 2008. 399
- 7 European Union (EU) Council Community Strategy on Climate Change—Council Conclusions. CFSP Presidency Statement. Luxembourg Press: 188 Nr: 8518/96, 1996-06-25. http://www.consilium.europa.eu/uedocs/cms_data/docs/pressdata/en/envir/011a0006.htm
- 8 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Summary for Policymakers—Emission Scenarios, Special Report of IPCC Working Group III. Cambridge: Cambridge University Press, 2000. 20
- 9 Robinson A B, Robinson N E, Soon W. Environmental effects of increased atmospheric carbon dioxide. Journal of American Physicians and Surgeons, 2007, 12: 79—90
- 10 Singer S F, Avery D T. Unstoppable Global Warming: Every 1500 Years. Lanham: Rowman & Littlefield Publishers, 2007. 260
- 11 United Nations Population Division. World Population Prospects: The 2008 Revision Population Database. <http://esa.un.org/unpp/> (网络数据库)
- 12 Tans P. Trends in Atmospheric Carbon Dioxide. Earth System Research Laboratory (ESRL), National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 2006. <http://www.cmdl.noaa.gov/ccgg/trends>
- 13 Trenberth K E. Seasonal variations in global sea level pressure and the total mass of the atmosphere. Journal of Geophysical Research, 1981, 86: 5238—5246[[doi](#)]
- 14 Canadell J G, Le Quééré C, Raupach M R, et al. Contributions to accelerating atmospheric CO₂ growth from economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sink. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2007, 104: 18866—18870[[doi](#)]
- 15 Houghton R A. Carbon Flux to The Atmosphere from Land-Use Changes 1850—2005. A Compendium of Data on Global Change. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., USA. Trends, 2008. <http://cdiac.ornl.gov/trends/landuse/houghton/houghton.html>
- 16 United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). Implementation of the Berlin Mandate. Additional Proposals from Parties to UNFCCC AD HOC Group on the Berlin Mandate, Seventh Session. Bonn, 31 July—7 August, 1997. 1997-05-30. <http://unfccc.int/cop3/resource/docs/1997/agbm/misc01a3.htm>
- 17 任国玉, 徐影, 罗勇. 世界各国 CO₂ 排放历史和现状. 气象科技, 2002, 30(3): 129—134
- 18 张志强, 曲建升, 曾静静. 温室气体排放科学评价与减排政策. 北京: 科学出版社, 2009. 180
- 19 Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC). Global, Regional, and National Fossil Fuel CO₂ Emissions. <http://cdiac.ornl.gov> (网络数据库)
- 20 Population Statistics. <http://www.populstat.info> (网络数据库)
- 21 Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat. World Population Prospects: The 2006 Revision, Dataset on CD-ROM. United Nations, New York, 2007. 96
- 22 World Bank. Development Data Group. 2008 World Development Indicators Online. Washington DC: The World Bank. <http://go.worldbank.org/U0FSM7AQ40> (网络数据库)
- 23 International Energy Agency (IEA) Energy Statistics. 2009. <http://www.iea.org/Textbase/stats/index.asp> (网络数据库)
- 24 Petit J R, Jouzel J, Raynaud D, et al. Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica. Nature, 1999, 399: 429—436[[doi](#)]
- 25 Luthi D, Le Floch M, Bereiter B, et al. High-resolution carbon dioxide concentration record 650000—800000 years before present. Nature, 2008, 453: 379—382[[doi](#)]
- 26 International Energy Agency (IEA). CO₂ Emissions from Fuel Combustion 2008. Paris: OECD Publishing, 2008. 528