

“八国集团”2009 意大利峰会减排目标下的全球碳排放情景分析

方精云^{①②*}, 王少鹏^①, 岳超^①, 朱江玲^{①②}, 郭兆迪^①, 贺灿飞^③, 唐志尧^{①②}

① 北京大学城市与环境学院生态学系, 北京大学地表过程分析与模拟教育部重点实验室, 北京 100871;

② 北京大学气候变化研究中心, 北京 100871;

③ 北京大学城市与环境学院城市与区域规划系, 北京 100871

* Email: jyfang@urban.pku.edu.cn

收稿日期: 2009-09-26; 接受日期: 2009-09-29

中国科学院学部咨询评议项目和国家自然科学基金重大项目(批准号: 90711002)资助

摘要 “八国集团”(G8)于 2009 年 7 月在意大利举行的峰会上, 提出 2050 年全球温室气体排放削减 50%, 其中发达国家削减 80% 的目标(简称“G8 目标”). 本研究设置 4 种碳排放情景, 对“G8 目标”的内涵以及科学性、公正性和可行性进行了分析. 结果表明: (1) 将 2050 年的大气 CO₂ 浓度控制在 450 ppmv 以内的唯一情景是: 全球发达国家和发展中国家都于 2005 年开始均匀减排至 2050 年, 且满足“G8”全球减排目标. 在现实条件下, 这种情景是不可能发生的. (2) 发展中国家即便遵从极为苛刻的排放路径, “G8 目标”仍不能满足其排放需求: 在“G8 目标”约束下, 未来 45 年发展中国家将短缺 1/3 以上的排放需求量. (3) 按“G8 目标”, 在 2006~2050 年期间, 发达国家和发展中国家的人均累计排放量分别为 81 吨碳和 40~47 吨碳, 前者约为后者的 2 倍; 而历史上, 发达国家的人均累计排放量已是发展中国家的 12 倍. 基于上述结果, 得出如下结论: (1) “G8 目标”企图把发展中国家纳入减排框架, 这将会阻滞发展中国家的工业化进程, 也将导致发展中国家阵营内部因分解减排责任而产生矛盾, 甚至发生分化; (2) “G8 目标”限制了发展中国家的碳排放, 不仅延续了发达国家与发展中国家历史时期的排放不平等, 而且进一步加剧了未来排放的不平等, 是对发展中国家的严重不公平; (3) 作为“G8 目标”理论依据的 450 ppmv 大气 CO₂ 浓度的控制阈值不现实, 缺乏可行性. 总之, “G8 目标”背离了“共同但有区别的责任”原则, 是发展中国家所不能接受的.

关键词

全球减排目标
CO₂ 排放
发展中国家
发达国家

1 引言

第二次工业革命以来, 大气 CO₂ 浓度已从 1850 年的 285 ppmv 上升至 2005 年的 380 ppmv, 化石燃料排放是导致大气 CO₂ 浓度升高的最主要因素^[1]. 为了遏制大气 CO₂ 浓度快速升高的势头, 国际社会采取了

一些积极的行动, 试图减少化石燃料的碳排放. 例如, 1992 年通过的《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC) 确定了“共同但有区别的责任”原则; 1997 年 UNFCCC 第三次缔约方大会上通过的《京都议定书》规定 2008~2012 年期间, 主要工业化国家的温室气体排

放量在 1990 年的基础上平均减少 5.2%; 2007 年确立的“巴厘岛路线图”要求发达国家到 2020 年将温室气体排放量在 1990 年的基础上削减 25%~40%。这些具有法律效力的公约或议定书凝聚了国际社会的共识,在一定程度上体现了工业化国家的历史排放责任。

随着 2012 年的临近, 确定《京都议定书》第二承诺期以及全球远期减排目标成为近期气候变化谈判的焦点。于 2009 年 7 月在意大利召开的“八国集团”(G8)峰会上, G8 国家提出了 2050 年发达国家温室气体排放削减 80%、全球削减 50%的目标(简称“G8 目标”)。由于“G8 目标”提出了全球减排目标, 就必然涉及到发展中国家的排放权问题, 因此被视为发达国家试图将发展中国家纳入减排框架的重要步骤。据悉, 在即将举行的 2009 哥本哈根气候谈判大会上, 发达国家有可能提出与“G8 目标”类似的议案。因此, “G8 目标”可能对确定全球远期减排目标, 进而对发展中国家的排放权问题产生深刻影响。为此, 迫切需要对其内涵以及科学性、公正性和可行性进行认真和全面的分析。

本研究通过设置不同的碳排放情景, 分析“G8 目标”对发展中国家未来碳排放的影响, 计算发展中国家的未来排放空间, 并与发展中国家的排放需求量进行比较分析。

2 数据与方法

2.1 数据来源

化石燃料排放数据来自美国橡树岭国家实验室二氧化碳信息中心(Carbon Dioxide Information Analysis Center, CDIAC)^[2]。该数据给出了 1750~2006 年间全球及各国家化石燃料(包括固体燃料、液体燃料、气体燃料、水泥生产和废气燃烧)碳排放量数据。

人口数据来自美国人口调查局 (<http://www.census.gov/>)。该数据源给出了全球 228 个国家 1950

年以来的人口统计资料以及 2050 年以前各国逐年预测人口数据。

根据各国的化石燃料排放和人口数据, 可以计算出发达国家和发展中国家历年的化石燃料排放量和人均排放量。本研究定义发达国家为 UNFCCC 附件 I 国家, 发展中国家为非附件 I 国家。为保持数据序列的时间一致性, 对历史上发生过解体、分裂的国家进行了必要的处理, 因此最终的发达国家与 UNFCCC 附件 I 国家不完全相同。前苏联解体后的 15 个成员国有一半属于附件 I 国家, 包括碳排放量约占前苏联一半的最大成员国俄罗斯。因此, 我们把前苏联以及解体后的 15 国均列入发达国家, 将南斯拉夫社会主义联邦共和国(1992 年解体为 5 个独立主权国家, 其中 2 个属于附件 1 国家, 最大成员国南斯拉夫为非附件 1 国家)及其成员国列入发展中国家。

2.2 情景预测方法

为了预测全球及发达和发展中国家两大阵营未来的碳排放量, 首先要设置两大阵营的碳排放情景。本研究设定 2050 年前发达国家的碳排放路径遵从三个量化减排目标: 《京都议定书》规定的 2012 年在 1990 年基础上减排 5.2%; “巴厘岛路线图”提出的 2020 年在 1990 年基础上减排 25%~40%(本研究按照 25%计算); 意大利 G8 峰会提出的 2050 年减排 80%, 基准年为 1990 年或 2005 年。

对发展中国家而言, “G8 目标”之前的任何国际减排议案对其均无减排要求, 只有“G8 目标”隐含着对发展中国家有减排要求。我们假定 2050 年全球碳排放满足“G8”提出的全球削减 50%的目标, 其中发达国家减排 80%, 其余减排份额分摊给发展中国家。鉴于《京都议定书》于 2005 年生效, 本研究以该年作为基准年, 对“G8 目标”进行分析。表 1 给出三个减排目标下全球、发达国家和发展中国家的预测排放值。

表 1 全球、发达国家、发展中国家在三个量化减排目标下的预测排放值

年份	减排目标	基准年	排放量(Pg C) ^{a)}		
			全球	发达国家	发展中国家
1990	—	—	6.14	4.08	1.89
2005	—	—	7.97	4.02	3.62
2012	京都议定书	1990	—	3.87	—
2020	巴厘路线图	1990	—	3.06	—
2050	G8 意大利峰会	2005	3.99	0.80	3.18

a) 1 Pg C = 10¹⁵ g C = 10⁹ t C

为便于理解, 该表也列出两个基准年(1990 和 2005 年)全球及两大阵营的总排放量.

我们假定: 发达国家在不同减排期内(即 2005~2012, 2012~2020, 2020~2050 年间)根据减排目标实行均匀减排. 而对于发展中国家来说, “G8 目标”只对 2050 年的排放量设置了限制, 缺乏中期排放目标. 为此, 本研究设置 4 种不同的排放情景, 对发展中国家 2050 年之前的排放路径进行预测. 一般来说, 一个国家或地区的工业化进程是逐步推进的, 因此其工业碳排放量的变化也应该是逐步的、渐变的, 不应该出现跳跃式变化. 因此, 本研究设置的发展中国家未来碳排放的情景, 均采用逐渐变化的方式模拟碳排放的增加和减少. 4 种情景如下:

情景 A: 从 2006 年开始, 按照“G8 目标”, 均匀减排至 2050 年的目标值. 该情景要求发展中国家立即开始减排, 是“G8 目标”下发展中国家的“最小排放情景”.

情景 B: 从 2006 年开始, 年排放量快速增加, 但相对增加速率逐年均匀减小, 至某年增率减至 0, 即达到排放峰值; 然后开始减排, 逐年增大相对减排速率, 至 2050 年满足全球减排目标(以 2005 年为基准年). 其中, 年排放量峰值年份满足: 峰值前碳排放年增率平均为 4.2% (该值为 1996~2005 年间发展中国家碳排放的平均年增率); 峰值后年降率平均为 3.5% (发达国家在三个减排目标下 2006~2050 年的年均减排速率). 该情景的排放模式是, 前期发展中国家按当前状况进行排放, 但后期(即到达极大值后)排放受到限制(即按发达国家的减排方式减排).

情景 C: 与情景 B 类似. 不同的是, 峰值年份之前的平均排放增率设置为 5.5%, 该值取自中国和印度 1995~2005 年间碳排放量的平均年增率. 中国和印

度作为最大的发展中国家, 人口为发展中国家总人口的一半左右, 排放量占发展中国家一半以上. 两国近年来经济发展迅速, 碳排放量快速增加, 增长速率大于发展中国家的平均水平. 因此, 该情景是一种前期快速发展, 后期受限减排的排放模式.

情景 D: 与情景 B 类似. 不同的是, 峰值年份之前的平均排放增率设置为 3.6%, 该值取自发达国家于 1950~1975 年间的平均年排放增率, 该时间段为历史上发达国家碳排放增加最快的时期. 情景 B 使用发展中国家近 10 年来的平均增率, 但事实上不同年份的增率有较大波动. 因此, 本情景参照发达国家历史上较长时期的平均增率给出发展中国家未来的平均年增率, 是一种有参考价值的情景设置.

基于上述设定, 得到 4 种情景下发展中国家在不同时期碳排放量的平均年变化速率(表 2). 利用这些变化速率, 我们可以得到各情景下发展中国家未来的碳排放路径.

此外, 基于化石燃料碳排放的 56%进入大气的结果¹⁾, 计算了 4 种排放情景下, 未来 45 年大气 CO₂ 浓度的变化. 其中, 大气 CO₂ 浓度与碳量的关系为: 大气 CO₂ 浓度每增加 1 ppmv, 相当于大气中碳增加 2.123 Pg^[3].

2.3 碳排放需求量预测

基于中国未来碳排放预测结果对 2050 年以前发展中国家的碳排放需求量进行了预测. 基于中国碳排放情景进行预测是因为我们没有关于发展中国家碳排放需求量的信息. 这里, 中国碳排放预测值采用以往研究中给出的中国未来碳排放最佳可能范围^{1)[4]}. 本研究假定未来 45 年中国排放量占发展中国家的比例稳定在最近 10 年的平均水平, 即 36.9%.

表 2 四种情景下发展中国家碳排放量在不同时间段的平均年变化速率(按每 5 年给出)

时间段	情景 A (%)	情景 B (%)	情景 C (%)	情景 D (%)
2006~2010	-0.27	7.19	9.31	6.16
2011~2015	-0.27	5.07	6.20	4.54
2016~2020	-0.28	2.96	3.10	2.92
2021~2025	-0.28	0.79	0.08	1.30
2026~2030	-0.28	-1.03	-1.45	-0.49
2031~2035	-0.29	-2.33	-2.65	-1.96
2036~2040	-0.29	-3.62	-3.86	-3.35
2041~2045	-0.30	-4.92	-5.06	-4.75
2046~2050	-0.30	-6.21	-6.27	-6.15

1) 中国科学院学部专题研究报告. 全球及主要国家的碳排放分析. 2009

3 结果与讨论

3.1 “G8 目标”下的“最小排放情景”

根据最小排放情景(情景 A), 发达国家和发展中国家均从 2006 年开始均匀减排, 至 2050 年满足 G8 全球减排目标(图 1(a)). 相应地, 全球排放量也从 2006 年开始减少, 至 2050 年时减少一半.

此情景可能是“G8 目标”出台的理论依据. 根据 IPCC 第 4 次评估报告的情景预测, 为使全球升温控制在 2℃以内, 2050 年的大气CO₂ 浓度应控制在 450 ppmv 以下^[1]. 而在“最小排放情景”下, 2050 年的大气 CO₂ 浓度刚好为 450 ppmv (表 3). 计算过程如下:

按“最小排放情景”, 2006~2050 年间发达国家和发展中国家的累计排放量分别为 112 和 153 Pg C, 全球累计排放量为 264 Pg C. 因此, 2006~2050 年间将有 148 Pg C (264×56%≈148 Pg C)进入大气, 换算成

CO₂ 浓度, 则约为 70 ppmv; 加上 2005 年时的大气 CO₂ 浓度(380 ppmv), 那么, 2050 年时大气 CO₂ 浓度正好为 450 ppmv (表 3).

从人均累计排放量来看, 2006~2050 年发达国家和发展中国家间的人均累计排放分别为 81 和 23 吨碳, 发达国家是发展中国家的 3.5 倍(图 1(b)). 这显然是发展中国家所不能接受的. 实际上, 全球即时减排是不现实的, 因此“最小情景”不会发生. 这也意味着, 作为“G8 目标”理论依据的 450 ppmv 控制阈值不现实, 缺乏可行性.

3.2 “G8 目标”下的其他情景预测

在情景 B, C 和 D 下, 发展中国家排放量均从 2006 年开始增加, 年增率分别为 8%, 10.5%和 6.8%. 此后年增率逐年减小直至达到排放峰值, 峰值年份均在 2025 年前后. 达到峰值后开始减少排放, 减排

表 3 “G8 目标”下 4 种情景的预测结果

项目	全球/国家/时间段	预测情景			
		A	B	C	D
2006~2050 累计排放量 (Pg C)	全球	264	385	416	377
	发达国家	112	112	112	112
	发展中国家	153	273	304	265
2006~2050 人均累计排放量 (吨碳/人)	全球	34	49	53	48
	发达国家	81	81	81	81
	发展中国家	23	42	47	40
2006~2050 年间发展中国家排放峰值	年份	2006	2024	2022	2026
	排放量(Pg C)	3.61	7.90	9.04	7.52
	人均排放量 (吨碳/人)	0.69	1.22	1.42	1.14
大气浓度预测值(ppmv)	2020 年	408	418	421	416
	2035 年	431	457	464	455
	2050 年	450	481	489	479

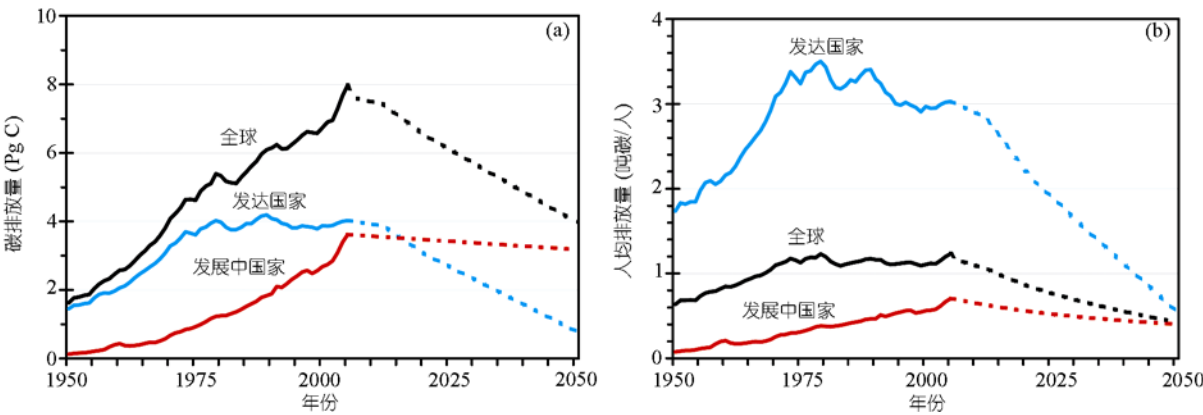


图 1 情景 A 预测结果

(a) 年排放量; (b) 人均排放量. 实线代表历史实际排放, 虚线代表预测排放. 下同

速率逐年增大, 至 2050 年减排速率在 6.7%左右, 年排放量满足“G8 目标”(图 2(a), 3(a), 4(a)).

表 3 给出了在 B, C 和 D 三种情景下全球、发达

国家和发展中国家的碳排放预测结果. 2006~2050 年间发达国家的累计排放量仍为 112 Pg C, 发展中国家的累计排放量为 265~304 Pg C. 基于情景 C 预测的排

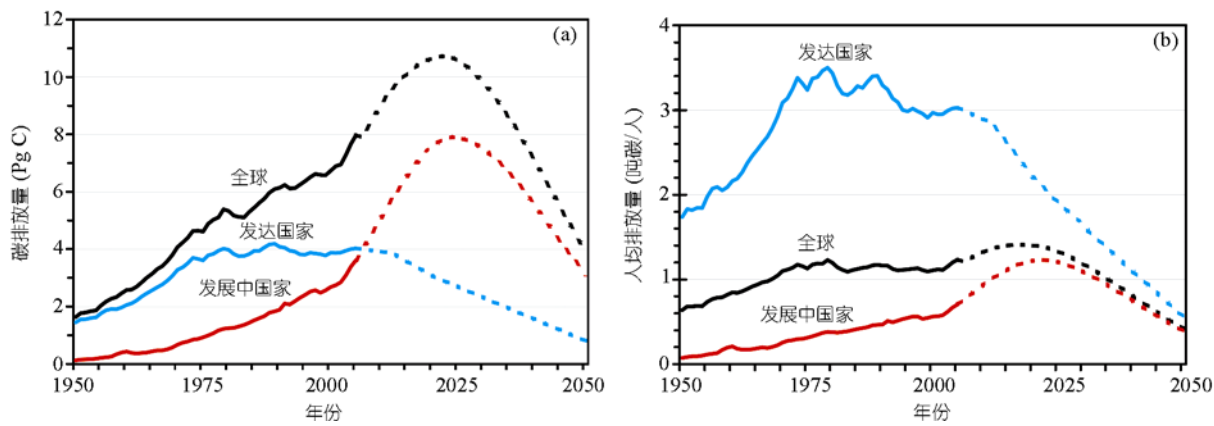


图 2 情景 B 预测结果
(a) 年排放量; (b) 人均排放量

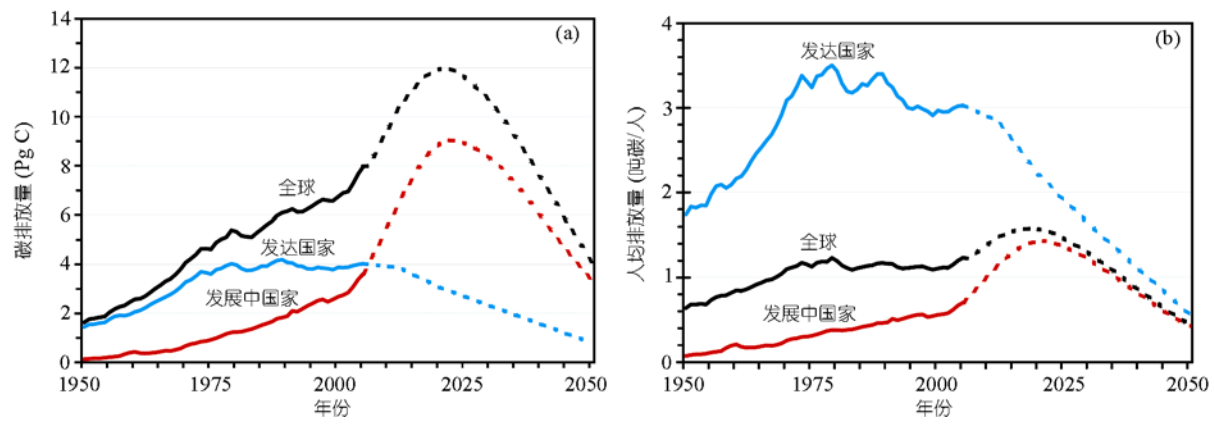


图 3 情景 C 预测结果
(a) 年排放量; (b) 人均排放量

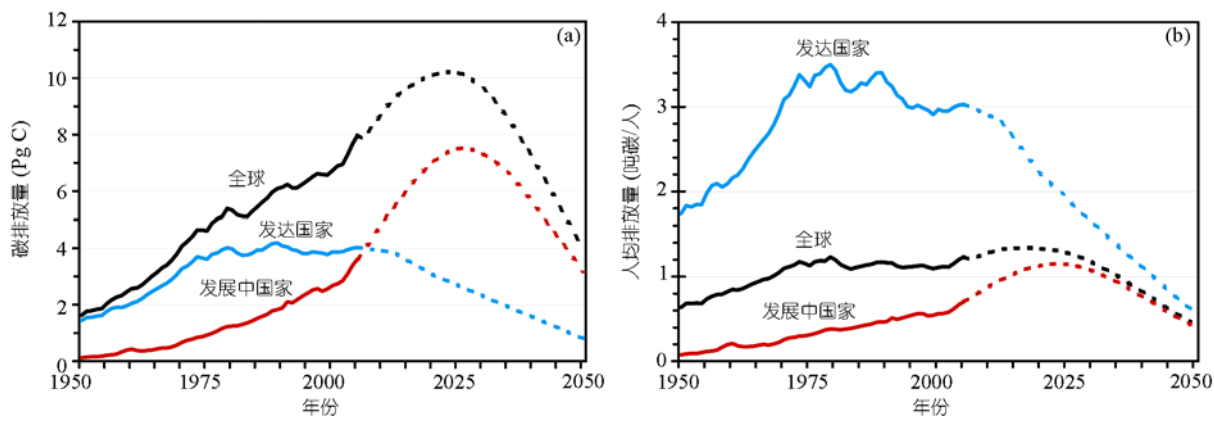


图 4 情景 D 预测结果
(a) 年排放量; (b) 人均排放量

放量最大, 情景 B 其次, 情景 D 最小. 也即前期排放增率越大, 累计排放量越大. 不同情景下, 2006~2050 年间全球累计排放量为 377~416 Pg C. 相应地, 大气 CO₂ 浓度将在 2030 年前后达到 450 ppmv, 2050 年的大气 CO₂ 浓度将达到 479~489 ppmv (图 5).

在三种情景下, 未来 45 年发展中国家的人均碳排放量一直低于发达国家(图 2(b), 3(b), 4(b)). 2025 年前后发展中国家的人均排放量达到峰值, 为 1.14~1.42 吨碳, 远低于发达国家 1950 年以来的水平; 到 2050 年, 发达国家的人均排放量为发展中国家的 1.4 倍左右. 2006~2050 年间发达国家的人均累计排放量为 81 吨碳, 发展中国家为 40~47 吨碳, 仅为发达国家的一半左右.

事实上, 基于情景 B, C 和 D 的排放空间是在满足“G8 目标”下, 发展中国家所能够达到的最大排放量. 也就是说, 为了满足“G8 目标”, 本研究为发展中国家的排放路径设置了相当苛刻的条件. 情景中假定的增排和减排速率都是发展中国家可能达到的最大值, 这种快升继而快降的排放路径只是为估算“G8 目标”下最大排放量所设定的理想模式. 而在实际中, 由于经济运行的稳定性及重工业调整的长周期性, 这种碳排放模式出现的可能性很小. 但即便如此, 在

“G8 目标”下, 2006~2050 年间发展中国家的人均碳排放量仍一直低于发达国家水平, 其人均累计排放量仅为发达国家的一半左右. 而历史上(1850~2005 年), 发达国家的人均累计排放量已是发展中国家的 12 倍, 严重侵占了发展中国家的排放权. 排放权就是发展权. 研究表明, 人均累计排放量是人民生活水平和富裕程度的重要指示量^{1)[5]}. 现阶段, 人均累计排放量每增加 1 吨碳, 人均 GDP 将增加 80~120 美元(以 2005 年美元价计)¹⁾. 因此, “G8 目标”不仅延续历史时期的排放不平等, 而且进一步加剧未来排放的不平等, 限制了发展中国家的社会经济发展和人民生活水平的提高, 是发展中国家所不能接受的.

3.3 发展中国家碳排放需求量的预测

基于中国未来碳排放的预测结果, 以及未来 45 年中国碳排放量占发展中国家比例恒定的假定, 对发展中国家的未来碳排放需求量进行了预测. 研究表明, 2050 年以前中国碳排放最佳可能路径为: 2035 年达到排放峰值, 排放量为 2.4~4.4 Pg C; 2050 年排放量为 2.4~3.3 Pg C; 2006~2050 年间, 累计碳排放量为 102~156 Pg C^{1)[4]}. 假定未来 45 年中国排放量占发展中国家比例稳定在过去 10 年的平均水平

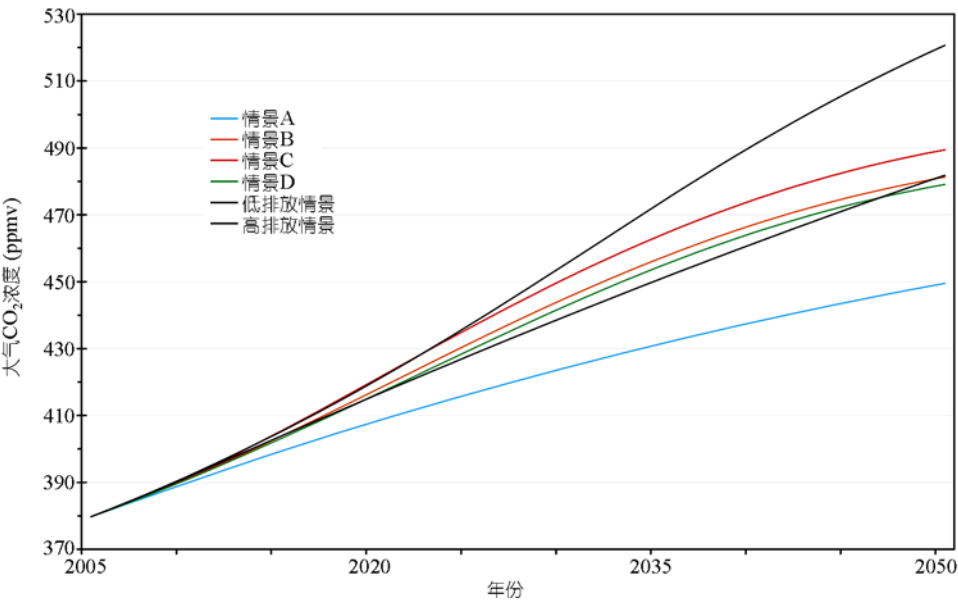


图 5 不同情景下未来 45 年大气 CO₂ 浓度的预测

1) 同 1341 页脚注 1)

(1995~2005 年间平均比例为 36.9%), 由此可以推算出发展中国家的碳排放路径(图 6): 2035 年达到排放峰值, 排放量为 6.4~12 Pg C, 人均排放量为 0.9~1.68 吨碳; 2050 年排放量为 6.5~9.0 Pg C, 人均排放量为 0.83~1.14 吨碳; 2006~2050 年间的累计排放量为 275~422 Pg C, 人均累计排放量将增加 41~63 吨碳. 如果假定发达国家仍按既定目标减排, 则在 2006~2050 年间全球累计排放量为 387~534 Pg C, 相应 的 2050 年的大气 CO₂ 浓度达到 482~521 ppmv (图 5).

此外, 全球 2050 年的碳排放量将达到 7.3~9.8 Pg C, 是 2005 年的 92%~123%. 因此, 2050 年全球减排 50%的目标是不现实的.

图 6 中, 低碳排放情景假定发展中国家在未来几十年内, 采取积极的气候变化应对政策, 对低碳经济发展充分投资, 同时发达国家提供有效的技术和资金支持; 而高碳排放情景是发展中国家依其经济发展规律下的碳排放路径, 实现的可能性较大^{1)[4]}. 从图 7 可以看出, “G8 目标”下发展中国家的排放空间最

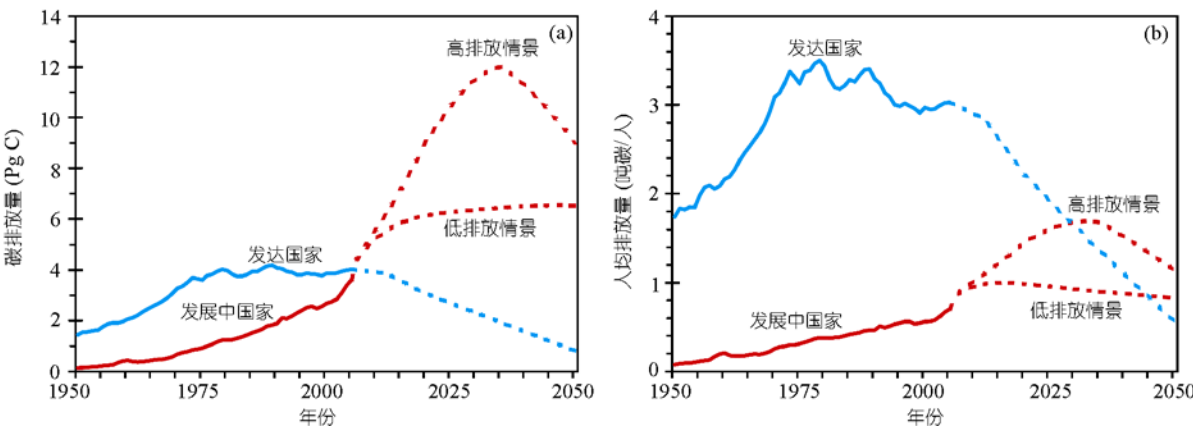


图 6 基于中国未来碳排放预测的未来 45 年发展中国家碳排放需求量

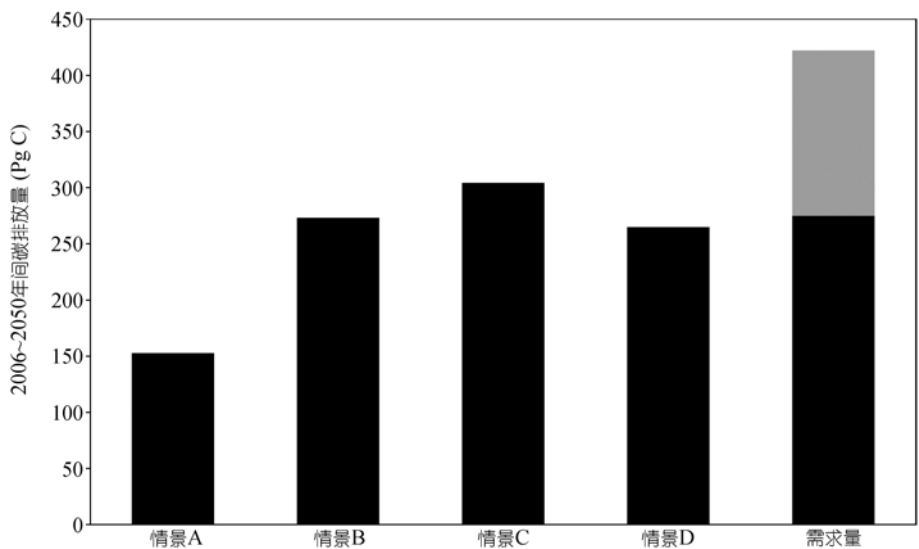


图 7 “G8 目标”下不同情景(情景 A~D)预测的发展中国家碳排放空间与需求排放量的比较

图中灰色柱体表示高、低排放需求情景之间的差异

1) 同 1341 页脚注 1)

多只能满足 2006~2050 年的低碳排放需求量。由于 4 种情景的设置条件极为苛刻,其发生的可能性极小,因而这种低碳排放需求得到满足的可能性也很小。所以,“G8 目标”的实现将以牺牲发展中国家经济发展所需的相当一部分排放空间为代价;按“G8 目标”,发展中国家至少短缺 1/3 的排放需求量。因此,“G8 目标”将可能引起发展中国家阵营内部由于分解减排责任而发生利益冲突,从而导致发展中国家阵营的分化。

4 结论

(1) 多种情景分析表明,“G8 目标”强制性地 will 发展中国家纳入减排框架,要求其承担减排责任,这不仅阻滞了发展中国家的工业化进程,限制了发展中国家的社会经济发展和人民生活水平提高,也将导致发展中国家阵营内部因分解减排责任而产生利益冲突,甚至发生分化。

(2) “G8 目标”出台的依据是不现实的,缺乏可行性。根据 IPCC^[1]情景预测,为使全球升温控制在 2℃ 以内,2050 年的大气 CO₂ 浓度应控制在 450 ppmv 以下。本研究中的“最小排放情景”正好满足该目标,但这是不可能实现的,因为该情景要求全球所有国家自

2006 年开始均匀减排至 2050 年,且满足 2050 年全球减排 50% 的目标。

(3) 就排放总量而言,“G8 目标”将严重限制发展中国家未来的排放空间。情景预测结果表明,在“G8 目标”下,发展中国家即便遵从极为苛刻的排放路径,也不能满足其排放需求:在“G8 目标”约束下,至 2050 年,发展中国家将短缺 1/3 以上的排放需求量。

(4) 就人均碳排放而言,“G8 目标”隐藏着对发展中国家的严重不平等。历史上,发达国家的人均累计排放量已是发展中国家的 12 倍,严重侵占了发展中国家的排放权。而在“G8 目标”下,2006~2050 年间发达国家的人均累计排放量将继续高于发展中国家,是后者的 2 倍(分别为 81 吨碳和 40~47 吨碳),历史排放不平等将进一步加剧。

总之,“G8 目标”背离了“共同但有区别的责任”原则,是发展中国家所不能接受的。如果发达国家不切实履行向发展中国家提供减排技术和资金支持的承诺,不改变现行的消费方式,以碳减排为主要目的的气候谈判将变得十分困难和复杂,发达国家和发展中国家两大阵营的对立将加剧。

致谢 路甬祥、李静海、朱道本、丁仲礼、张新时、陆大道、郑度、费维扬、丁一汇、马志明、蒋有绪、曾庆存、徐嵩龄、胡秀莲、黄耀、潘家华、戴晓苏、王庚辰和张友国等先生提出宝贵意见,马扬、刘峰松、王澍、张家元、冯霞和刘伟伟等先生在研究过程中给予支持。特此致谢。

参考文献

- 1 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2007
- 2 Marland G, Boden T A, Andres R J. Global, regional, and national fossil fuel CO₂ emissions. In: Carbon Dioxide Information Analysis Center. Trends: A Compendium of Data on Global Change. Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A. 2008
- 3 Enting I G, Wigley T M L, Heimann M. Future emissions and concentrations of carbon dioxide: key ocean/atmosphere/land analyses. CSIRO Division of Atmospheric Research Tech Pap No. 31, Melbourne, 1994
- 4 姜克隽, 胡秀莲, 刘强, 等. 中国 2050 年低碳发展情景研究. 见: 2050 中国能源和碳排放研究课题组, 编. 2050 中国能源和碳排放报告. 北京: 科学出版社, 2009. 753—820
- 5 丁仲礼, 段晓男, 葛全胜, 等. 2050 年大气 CO₂ 浓度控制: 各国排放权计算. 中国科学 D 辑: 地球科学, 2009, 39(8): 1009—1027