

温室气体历史排放责任的技术分析

刘昌义¹ 潘家华² 陈 迎² 何 为³ 戴 玲⁴

(1. 国家气候中心, 北京 100081; 2. 中国社会科学院城市发展与环境研究所, 北京 100028;
3. 天津大学管理与经济学部, 天津 300072; 4. 中国社会科学院研究生院, 北京 102488)

摘要 历史排放责任是《联合国气候变化框架公约》中“共同但有区别的责任”原则的基石,也是气候谈判中南北双方争议的一个焦点。该文对历史排放责任的科学基础进行分析。首先从自然科学的角度证实发达国家的历史排放是导致当前气候变化和全球变暖的“人类排放活动”中的主要来源,探讨了两种不同的衡量历史排放责任的方法:气候模式方法和统计方法,并分析二者的优缺点及其不确定性;其次,在碳预算方法下对历史排放责任及其资金含义进行了分析,并探讨如何对历史排放的技术进步效应进行贴现;总结了对历史排放进行贴现的四点理由:物理科学基础、法律和伦理要求、技术进步的溢出效应以及现实政治谈判考虑。本文所取的物理、法律和技术三方面的年均贴现率值分别为 0.7%、0.05% 和 0.75%,年均总贴现率取三者之和,为 1.5%。然后分析这一贴现方法对各国尤其是发达国家减排责任和资金责任的影响。结果表明,贴现方法显著地减轻了发达国家的历史排放责任和资金责任:选取年均贴现率等于 1.5% 对历史实际排放进行贴现后,附件 I 国家的历史排放责任是原来的 62%,历史排放对应的资金责任仅是原来的 19%;贴现后发达国家所需承担的资金责任 2011–2050 年平均每年为 1 010 亿美元,非常接近于《哥本哈根协议》要求的发达国家每年出资 1 000 亿美元的水平。最后,本文分析了各种不同的统计口径对中国的影响,并建议在碳预算方案和公平获取可持续发展提案下利用技术贴现方法解决历史排放责任问题,以化被动为主动,获取更有利的谈判地位。

关键词 气候变化;历史排放责任;碳预算;公平获取可持续发展

中图分类号 F062;F061 文献标识码 A 文章编号 1002-2104(2014)04-0011-08 doi:10.3969/j.issn.1002-2104.2014.04.003

自气候变化问题提出以来,历史排放问题便成为其中的一个核心问题。由于历史排放责任是《联合国气候变化框架公约》(以下简称公约)中“共同但有区别的责任”原则的基石,因此它也是历次国际气候谈判南北双方交锋的焦点。历史排放责任如何解决,不仅关系到各国减排责任和资金责任,甚至在一定程度上会影响未来国际气候制度安排的走向。2012 年多哈世界气候大会制定了德班增强行动平台谈判日程表。发达国家一再提出“并轨”问题,在减排问题上将发达国家的减排承诺与发展中国家的自主减排行动相提并论,其企图很明显,意在否定公约确立的“共区原则”,逃避自身历史排放责任和未来减排责任。多哈会议虽然在形式上延续了《京都议定书》,但未来的德班平台是否延续和坚持公约中的公平和共区原则,由于以美国为代表的发达国家的坚决反对,目前还没有明确的答案,现有的以“共区原则”为核心的气候制度框架正面临着巨大的挑战。正因为如此,加强对历史排放责任的分

析和研究就显得重要而又紧迫。历史排放责任问题涉及多个维度,既有科学问题,又涉及公平和伦理问题^[1],还涉及经济利益和政治谈判。本文主要关注历史排放责任如何衡量的问题,首先讨论了历史排放的科学基础、衡量方法及不确定性,然后对历史排放责任中的技术进步效应进行贴现分析,并探讨了这一方法对未来各国减排责任和资金的影响,以期对历史排放责任涉及的技术问题形成正确的认识。

1 历史排放的科学基础、衡量方法及其不确定性

1.1 历史排放的科学基础

气候变化已是不争的事实,越来越多的研究证实了人类活动对全球变暖和气候变化的影响。联合国政府间气候变化专门委员会最新发布的第五次评估报告之第一工

收稿日期:2013-12-31

作者简介:刘昌义,博士,助理研究员,主要研究方向为可持续发展经济学、气候变化经济学。

通讯作者:何为,博士生,主要研究方向为环境经济学、创新管理。

基金项目:“十二五”国家科技支撑计划项目“IPCC 第五次评估对我国应对气候变化战略的影响”(编号:2012BAC20B05)。

作组报告《气候变化 2013: 自然科学基础》^[2]指出, 气候系统暖化是毋庸置疑的事实, 自 1950 年以来, 气候系统观测到的许多变化是过去几十年甚至近千年以来史无前例的, 相对于 1961–1990 年, 1880–2012 年全球地表平均温度约上升了 0.85℃。这份报告对气候变化事实和趋势的最新评估结论显示, 人类活动极可能(95% 以上可能性)导致了 20 世纪 50 年代以来的大部分(50% 以上)全球地表平均气温升高, 其中温室气体在 1951–2010 年间可能贡献了 0.5℃–1.3℃。

温室气体是典型的存量污染物, 各种温室气体的寿命长短不一。其中最主要的、讨论最多的 CO₂, 是一种典型的“长尾”(long-tail)寿命气体, 即虽然大部分 CO₂ 会在几十年内被吸收, 但仍有部分 CO₂ 将会在大气中存续数百年甚至千年之久。IPCC 第四次评估报告^[3]指出, CO₂ 由于可以在大气、海洋和陆地之间通过化学或生物反应相互交换, 具有可变的寿命, 因此很难精确确定它在大气中的寿命。因此 CO₂ 的寿命由其长尾决定, 而传统的估计都忽视了这一点, 从而低估了 CO₂ 的寿命^[4–5]。自工业革命以来, 化石能源燃烧产生的温室气体猛增, CO₂ 无法迅速为碳汇所吸收而大量积累起来, 产生温室效应, 进而导致全球变暖和气候变化。

CO₂ 的长尾性质构成了历史排放责任的物理基础, 决定了当前的温升很大程度上是由历史上(尤其是工业革命以来)的温室气体排放所造成的这一科学事实。而历史上的温室气体排放, 正如《联合国气候变化框架公约》所指出的, “历史上和目前全球温室气体排放的最大部分源自发达国家……”。这些事实构成了气候变化历史排放重要的科学基础。

1.2 历史排放的衡量方法及其不确定性

当前主要有两种方法来衡量各国的历史排放责任。第一种方法是利用气候模式来研究各国对当前温升的贡献——最典型的例如著名的《巴西方案》^[6], 利用全球地表平均温升作为气候变化的代理指标来研究各国对温升的贡献。类似的研究例如胡国权等^[7]和 Wei 等^[8]。胡国权等^[7]在《巴西方案》的基础上, 利用气候模式分析了 1850–2004 年间各国历史累积排放总量和人均历史累积排放对全球增温的贡献率, 结果发现发展中国家在这两个指标上都远低于发达国家, 但结果受初始年份选择的影响较大。Wei 等^[8]利用不同的地球系统模式来研究发达国家和发展中国家的历史排放责任, 研究发现发达国家对当前(至 2005 年)全球温升、海洋表层温升和海冰减少的贡献为 60–80%, 而发展中国家的贡献为 20–40%。这些研究都得出了类似的结论, 而且结论大致与采用统计方法得到的结果相近, 即发达国家的历史排放是造成当前气候

变化或温升的人类排放的主要来源。

第二种方法是采用统计的实际排放数据来衡量各国的历史累积排放额。目前最主要的几个数据来源有: 美国世界资源研究所的温室气体排放数据库(WRI CAIT 2.0), 美国橡树岭国家实验室的 CO₂ 信息分析中心(CDIAC)数据库, 以及国际能源组织(IEA)的《世界能源展望》等报告统计的排放数据。国内外许多研究都采用这些数据库中的排放统计数据来计算各国的历史排放量。本文的计算也是基于这一方法。

这两种方法各有利弊。气候模式方法优点是可以在未来温升限制(如 2℃)或温室气体浓度限制下来分析各国排放对温升的贡献; 缺点是模式比较复杂, 计算过程不够直观, 结果有很大的不确定性。统计方法计算简单, 结果更直观, 因此优点更为明显, 但也存在一些不确定性, 计算结果容易受各种指标选择的影响。

1.3 统计方法及其不确定性

在统计方法下, 不确定性来自多个方面, 既有自然科学方面的, 也有经济政治方面的。

(1) 温室气体的种类。是否包含除 CO₂ 以外的其他温室气体? 议定书附件 A 列出了 6 种最主要的人类排放的温室气体, 除了 CO₂, 目前最关注的主要是甲烷(CH₄)和氧化亚氮(N₂O)。

当前几个主要的统计温室气体的数据库, 对化石能源燃烧排放的 CO₂ 的统计数据时间序列比较长, 一些发达国家的统计数据可以追溯至工业革命前后。但是, 其他非 CO₂ 温室气体数据比较难以获取, 时间序列很短(一般只有 1990–2010 年间数据), 而且这部分数据的统计方法和结果都存在很大的争议, 不确定性很大。

(2) 排放的来源。按碳源来分, 目前统计的与人类活动有关的排放来源主要有化石能源、工业过程、农业、废弃物、土地利用和森林、国际航空和航海。在统计各国历史排放时, 如何确定统计口径当前争议较多的是是否应包括土地利用、土地利用变化及林业(LULUCF)排放。

为何一些发达国家极力希望把农业和林业涉及的温室气体排放纳入国家的排放体系之中? 主要还是因为这些发达国家希望通过这一途径获得额外的能冲抵议定书中规定的工业和能源领域的温室气体减排指标, 从而无需做太多努力就能完成议定书规定的减排任务。在此基础上, 还有一些发达国家希望能选择对自己最有利的排放基准年份(而不是议定书中规定的 1990 年), 从而最小程度地承担绝对量减排任务。而发展中国家则反对这类对量化减排责任“注水”的行为, 并围绕这一议题与发达国家展开了激烈的国际谈判^[9]。

(3) 历史排放的起始年份、截止年份和基准年份。截

止年份一般选取 2050 年或 2100 年。对起始年份和基准年份的争议很大。

选择不同的起始年份和基准年份,所得到的各国的历史排责任大相径庭。目前国内外学术界几个有代表性的研究,选择的起始年份各不相同。例如在不同的碳预算方案中,国务院发展研究中心课题组^[10]和中国气象局国家气候中心胡国权等^[7]的研究认为应从工业革命起(1850 年)考虑历史排放责任;而潘家华和陈迎^[11]、丁仲礼等^[12]经过比较后选择以 1900 年作为起始年份,因为全球在 1900 年以前的排放量很小,而且数据统计也不全。印度碳预算方案^[13]则认为应该以 1970 年作为起始年份,理由是在 1972 年斯德哥尔摩人类环境会议和美国科学促进协会首次提出 CO₂ 引起全球变暖问题。德国碳预算方案^[14]则更为激进,选择 1990 年和 2010 年作为起始年份,理由是 1990 年 IPCC 才出版第一次科学评估报告;而且德国方案倾向于使用 2010 年作为起始年份。

基准年份在不同的语境下有不同的含义。例如议定书规定以 1990 年作为各附件 I 国家减排的基准年,第一承诺期相对于这一基准年份的排放进行减排。而在碳预算方案中,基准年份最重要的作用是用来确定这一年各国人口的大小及其占世界总人口的比重,这也决定了各国所分得的碳预算份额。因此,在碳预算方案中,基准年份是非常重要的一个参数。

笔者认为,如果选择 1990 年或 2010 年作为起始年,就几乎完全抹杀了发达国家的历史排放责任,违背了共区原则。至于未来对历史排放起始年份和基准年份的选择,最终将由各缔约方的谈判和政治博弈来确定。

此外,统计方法下还有其他一些问题,例如排放的单位(是 CO₂ 还是 CO₂ 当量),统计的政治单元(是否以国家为单元),在统计历史排放时还可能涉及各国历史上人口和疆域的变动等等。同样这些技术细节问题也可以通过进一步研究和谈判加以解决。

根据世界资源研究所的排放数据,1900–2010 年间,

附件 I 国家的历史排放占全球总排放的 71.2%,而其人口只占世界总人口的 18.7%,其人均历史累积排放约为世界平均水平的 4 倍、非附件 I 国家的 11 倍(见表 1)! Agarwal 等^[15]将这形容为发达国家的“环境殖民主义”。发达国家历史累积排放大大高于发展中国家,严重挤占了发展中国家历史和未来应有的排放空间。因此,发达国家的历史排放是造成当前的全球变暖最主要的原因,发达国家就应对全球变暖承担最主要的责任。

2 历史排放责任的技术进步效应与贴现

历史责任的认定可以体现在两个方面:一是减排义务分担,二是资金义务分担,这两方面都会深刻地影响一国的经济利益。本文在碳预算方案下对发达国家的历史排放责任两方面的经济含义进行研究。

2.1 碳预算方案下历史排放责任的经济含义

碳预算方案的具体思路和方法可见潘家华和陈迎^[11]的研究,不再赘述。选择起始年份为 1900 年,截止年份为 2050 年,人口采用 2010 年(基准年)数据,1900–2010 年采用实际排放数据。本文排放数据均以当年化石能源排放的 CO₂ 为准(下同),只有 2010 年由于数据限制采用 WRI CAIT2.0 数据库里的“不包含土地变化的总排放(Total CO₂ excluding LUCF)”口径。未来排放空间则采取 Meinshausen 等^[16]的研究,即如果要实现本世纪中叶温升不超过 2℃ 或温室气体浓度不超过 450 ppm 的目标,那么 2000–2050 年间允许排放 1 440 GtCO₂(对应的是 50% 的可能性温升不超过 2℃)。

同时选取了其他起始年份 1850 年、1970 年和 1990 年作为对比,计算结果见表 2。显然起始年份越是靠后,那么发达国家的历史排放赤字就越小。下文计算均以 1900 年为准。

至此就可以匡算各国历史排放责任及其资金含义了。为研究方便,这里仍沿用《京都议定书》最初规定的附件 I 国家集团。计算结果(见表 3)表明:附件 I 国家作为一

表 1 附件 I 和非附件 I 国家的历史累积排放量及人均历史累积排放量(1900–2010 年)
Tab. 1 Total and per capital cumulative CO₂ emission of Annex I and non-Annex I countries

项目 Item	历史排放及比例 Historical emission(GtCO ₂ , %)	2010 年人口及比重 Population(10 ⁹ , %)	人均历史累积排放 Cumulative emission per capita(tCO ₂)	年人均历史累积排放 Cumulative emission per capita per year(tCO ₂)
全球	1 235.58(100)	6.89(100)	179.21	1.61
附件 I 国家	879.64(71.2)	1.29(18.7)	683.72	6.16
非附件 I 国家	355.94(28.8)	5.61(81.3)	63.47	0.57

注:①括号中数值为附件 I 和非附件 I 国家集团占全球比重;②人均历史累积排放 = 历史排放/人口;③年人均历史累积排放 = 人均历史累积排放/111 年。

数据来源:排放数据均来自世界资源研究所(WRI)的 CAIT 数据库。下同。

个整体,截止 2010 年的排放赤字总额为 412.49 GtCO₂。如果以 20 美元/tCO₂ 碳价为例,那么附件 I 国家的资金责任为 8.25 万亿美元,平均到 2011 - 2050 年每年需支付 2 060 亿美元(见表 4)。其中美国为最大的赤字国,欧盟、俄罗斯、加拿大、澳大利亚和日本都是主要的碳预算赤字国家(此外还有少数中东和中亚石油出口国家)。而人口大国如中国、印度的总预算最多,而且历史排放较少,因此还剩余比较多的预算盈余,发展中国家总体也具有比较大的盈余,在未来的国际碳市场中可以作为排放权的卖方和资金的净流入方。

2.2 对历史排放责任进行贴现

对历史排放进行贴现的理由,总结起来有四个方面:科学上的、法律和伦理上的、技术上的以及经济政治考虑。

第一,物理科学属性。温室气体作为存量污染,其寿命具有类似“长尾”衰减的物理特征。第二,法律和伦理的内在要求。发达国家的人们在过去排放温室气体时,可能并不知道这样做会造成环境危害,对这样一种“无知”,也可以构成对历史排放进行贴现的一个原因。第三,技术进步的溢出效应。由于技术的不断进步,以及技术和知识的溢出效应,使得历史上单位产出所需的排放要高于当前,发达国家认为发展中国家具有后发优势,并以此作为逃避自身减排责任的借口,因此这也可以作为贴现的理由之一。最后是现实政治和经济方面的考虑。基于上述三个理由,如果严格和完全地追究发达国家的历史责任,发达国家将很难接受;因此可以考虑对其历史责任进行贴现,既可以解决历史排放的科学、法律和伦理以及技术等方面的问题。

表 2 不同起始年份下的碳预算计算过程
Tab. 2 Carbon budget calculation by different starting years

起始年份 Starting year	起始年 - 1999 年 历史累积排放量 Historical emission (GtCO ₂ e)	2000 - 2050 年 排放空间 Future emission space (GtCO ₂ e)	起始年 - 2050 年 总碳预算 Total carbon budget (GtCO ₂ e)	起始年 - 2050 年人均 累积排放量 Cumulative emission per capita (tCO ₂ e)	人均年排放量 Cumulative emission per capita per year (tCO ₂ e)
1850	1 101.97	1 440	2 541.97	368.70	1.83
1900	1 063.43	1 440	2 503.43	363.11	2.40
1970	695.94	1 440	2 135.94	309.81	3.82
1990	219.88	1 440	1 659.88	240.76	3.95

注:①(起始年 - 2050 年总碳预算) = (起始年 - 1999 年历史累积排放量) + (2000 - 2050 年排放空间);

②(起始年 - 2050 年人均累积排放量) = (起始年 - 2050 年总碳预算)/全球总人口;

③人均年排放量 = (起始年 - 2050 年人均累积排放量)/预算期。

表 3 温升 2℃ 排放情景下各国的预算平衡情况 (2000 - 2050: 1 440 Gt CO₂)

Tab. 3 Country carbon budget under 2℃ limits (2000 - 2050: 1 440 Gt CO₂)

Gt CO₂

地区 Areas	总预算 Total budget (1900 - 2050)	实际排放 Historical emission (1900 - 2010)	预算使用情况 Balance of budget (2011 - 2050)
全球	2 503.43	1 235.58	1 267.84
附件 I	467.15	879.64	-412.49
非附件 I	2 036.27	355.94	1 680.33
美国	112.33	346.52	-234.20
欧盟 27 国	182.40	294.54	-112.14
加拿大	12.39	27.23	-14.84
澳大利亚	8.01	14.29	-6.28
日本	46.28	53.04	-6.76
俄罗斯	51.70	99.87	-48.17
中国	485.73	128.95	356.78
印度	444.67	33.74	410.92
巴西	70.79	11.08	59.71
南非	18.15	14.37	3.78

注:①起始年份为 1900 年;②“预算使用情况”指截至 2010 年该集团或国家的预算盈余或赤字情况,负数表示预算为赤字,正数表示预算为盈余。

题,可以增加发达国家的接受度,既合法又合情合理。综合考虑上述因素,就如何对历史排放责任进行贴现展开初步研究。

2.2.1 历史排放的自然衰减

这里借用“衰减”的含义,而不是真正物理意义上的衰减——因为 CO_2 是通过各种陆-空或海-空化学反应被吸收而不是通过分子的衰变而减少的。为简单起见,本文采用两种办法来计算自然衰减率。第一种方法,假定 CO_2 的平均存续期为 142 年,即 142 年前排放的 1 t CO_2 ,到今天完全消耗殆尽。据此可以推算出 CO_2 的平均年衰减率为 $1/142 = 0.7\%$ 。第二种方法,简单地假定 CO_2 在大气中被吸收掉一半的时间为 100 年(类似于半衰期的概念),根据半衰期公式: $N_t = N_0 e^{-\lambda t}$,其中 λ 为衰变率。令 $N_0 = 1, N_t = 1/2, t = 100$,那么可得年均衰变率 0.69%。那么 CO_2 的自然衰减率为年均 0.69%。两种方法得到的结果非常接近。因此,本文中取 0.7% 作为 CO_2 的自然贴现率,加入到总的贴现率之中。

2.2.2 法律和伦理的内在要求

在法律和伦理上,一个人并不能因为不知道行为后果或无知而犯罪就能得到赦免。但如果一个人是在不知情的情况下实施的过失行为,即构成“无知过失”,那么在量刑时往往会予以减免。发达国家的历史排放可能也满足这样一种“不知情”,因此也可以构成对其历史排放责任进行贴现的一个原因。

那么从何时开始人类才意识到温室气体效应及其危害?这一问题争议很大。最早发出全球变暖警告的声音可追溯到 19 世纪,而印度碳预算方案^[13]认为应该以 1970 年前后为准,而德国碳预算方案^[14]认为应从 1990 年算起。总之,对起点年份并没有一个统一的标准。

除了追溯历史责任的初始年份存在争议外,在具体计算贴现率时,还面临着实施上的困难:对于这种由于“无知”而导致的历史排放,应该给予多大的贴现?这涉及伦理和规范问题,迄今还没有文献专门对此展开研究。

在中国社科院的碳预算方案^[11]中,选取的历史责任起始年份为 1900 年,正好契合首次发现温室效应的瑞典科学家 Arrhenius 的研究结论:即可将 1900 年作为是否需要历史排放责任进行法律和伦理贴现的分界点。在本文的报告中,由于沿用 1900 年起始年份,因此并不构成对法律和伦理角度进行贴现的理由。但如果从 1970 年或 1990 年的视角来看,那么需要对自 1900 年以来的历史排放进行某种法律或伦理贴现。作为一种折衷,本文对法律和伦理贴现取值 0.05%。

2.2.3 技术进步与溢出效应

随着发达国家和发展中国家都在向低碳经济转型,低

碳技术预计将以比过去更快的速度发展。同时由于创新和技术研发,使得能效不断得以提升。举例来说,50 年前热电厂发一度电需要 500 g 煤,而今天的超超临界发电设备只需不到 300 g 的煤。这意味着以后碳生产率将越来越高,而发展中国家具有后发优势,能采用更先进的技术,生产同样的产品比数十年前产生的排放要少许多。因此,从技术角度出发,在计算排放时需要考虑技术进步和技术溢出效应,需要对历史排放进行贴现。

模型中常用自发能效改进率 (Autonomous Energy Efficiency Improvements, AEEI) 和备用技术 (backstop technology) 来刻画外生技术变化。在一般均衡模型 (CGE) 中,对外生 AEEI 参数一般设为 0.75% - 1% 之间^[17]。本文对 AEEI 赋值 0.75%,以反映随时间推移排放水平的技术差异。

综上所述,本文所取的总的年均贴现率等于自然、法律和技术三方面的年均贴现率之和,三者分别取值 0.7%、0.05%、0.75%,三者之和为 1.5%。国际能源组织^[18]估计的 1973 - 1990 年间的 AEEI 为 2.0%,1990 - 2005 年间为 0.8%。本文贴现率取值 1.5%/年正好落入这一估值区间内。

2.3 如何对历史排放责任进行贴现?

如果利用上述贴现率来对发达国家的历史排放责任进行贴现,那么发达国家为越早的历史排放,所承担的资金责任就越小,因为在复式贴现方法下,贴现的比率将随时间而迅速下降。

在对历史资金责任进行贴现时,可以直接对实际 CO_2 的历史排放水平进行贴现,还可以保持实际历史排放水平不变而直接对碳价进行贴现,这两种计算方法是等价的。作为示意性的研究,本文允许发达国家在预算期间内对不同年份的碳预算进行自我跨期分配,但是仍需出资购买弥补历史赤字和满足未来基本排放需求的两部分预算。这里不考虑发达国家未来排放依然超过基本排放标准后的那部分“奢侈”排放需求。

附件 I 国家集团在总预算期间内 (1900 - 2050) 的总预算是 467 Gt CO_2 (见表 3),如果把这部分预算平均分到每一年,那么第一个预算期 (1900 - 2010) 的预算为 343 Gt CO_2 ,第二个预算期 (2011 - 2050) 的预算为 124 Gt CO_2 。需要指出的是,在允许发达国家在预算期间内对不同年份的碳预算进行自我跨期分配的前提下,发达国家集团目前已经将第二预算期 (2011 - 2050) 的碳预算用完,为了保障第二预算期内发达国家居民的最低碳排放需求 (即人均 2.4 t CO_2 /年水平,见表 2),发达国家必须从发展中国家购买相应的碳预算 (即 124 Gt CO_2),且这部分需求是未来发生的,因此无需进行贴现。如果仍以 20 美元/t CO_2 碳价

计,那么这部分碳预算对应的资金量为 2.48 万亿美元。因此,在考虑发达国家的资金责任时,必须加上这部分碳预算对应的资金量。

经对历史实际排放进行贴现后,附件 I 国家的历史排放责任将是原来的 62%,历史排放对应的资金责任仅是原来的 19%。即便加上未来排放需求对应的资金量后,附件 I 国家的总的资金责任也仅是贴现前的 37.6%。以每吨 CO₂ 碳价 20 美元为例,未贴现前附件 I 国家总的资金责任为 10.73 万亿美元,平均到 2011–2050 年每年需支付 2 680 亿美元;而贴现后(以 1.5% 的年复利进行贴现),总的资金责任减少为 4.04 万亿美元,平均到 2011–2050 年每年为 1 010 亿美元(见表 4)。

可以看出,贴现方法也大大减轻了附件 I 国家历史排放对应的资金责任。根据《哥本哈根协议》和《坎昆协议》成立的绿色气候基金,规定发达国家要在 2010–2012 年间出资 300 亿美元作为快速启动资金,在 2013–2020 年期间每年提供 1 000 亿美元的气候变化基金,以帮助发展中国家应对气候变化。如果采用贴现后的排放责任(包括历史排放赤字和未来基本排放需求),发达国家所需承担的资金责任是 2011–2050 年平均每年为 1 010 亿美元,非常接近于上述协议的要求,因此这一方案是比较现实的。

目前各国学者提出了多种资金机制,这些方案或与 GDP 总量挂钩,或与排放总量挂钩,但都只盯住单一因素,因而是片面的,没有充分的理论依据。与目前的各种资金机制相比,碳预算方法为这一资金机制建立了坚实的理论基础,以及科学的资金来源分配办法。通过对发达国家历史排放责任的贴现,使得这一方法更加具有政治可行性。通过这样的处理,对历史赤字和盈余所进行的调整将能反映技术进步。结果是使附件 I 国家的历史排放责任和资金责任都有所减小,而低碳技术则会进一步开发应用,同时碳预算账户方案下的资金机制可以作为未来气候变化资金一个主要的、稳定可靠的来源。

3 对中国的影响以及中国的战略

3.1 历史排放不同统计口径对中国的影响

对世界各国 1990–2010 年间各种温室气体排放情况进行统计的结果表明,中国近 20 年排放的温室气体中,来自化石能源的 CO₂ 排放增速较快,而甲烷、氧化亚氮和含氟气体排放的增速则较慢。因此,如果要在历史排放责任中考虑非 CO₂ 温室气体,对中国来说影响并不大。

至于温室气体来源是否应该包括来自土地利用、土地利用变化和森林(LULUCF),从世界资源研究所数据库中 LULUCF 排放数据结果可以发现,来自土地利用变化和森林的温室气体排放仅对少数森林大国有比较大的影响,例如巴西、印尼和一些非洲、南美、东南亚国家,对中国的影响并不大,因此也不足以为虑。

3.2 中国的策略

笔者认为,中国未来应该在公平获取可持续发展议题下,利用碳预算方案的伦理和正义基础,占据正义和伦理道义的高点,争取在德班平台上提出历史排放责任谈判议题,并以碳预算作为一揽子解决方案,化被动为主动,从而争取在国际谈判中的有力地位。为了持续推动公平获取可持续发展这一议题,中国还应该主动发动和团结广大发展中国家,利用“77 国 + 中国”模式和基础四国平台开展政府间合作。另一方面,为了更好地考虑历史排放中的技术进步“溢出效应”,同时为了更好地获得发达国家的支持,可以考虑对历史排放进行合理贴现,一定程度上减轻发达国家的历史排放责任和出资责任。虽然表面上看发展中国家做了让步,但可以换取发达国家对历史排放责任的承认,进一步加强公约“共同但有区别责任”原则和公平原则的效力,有利于发展中国家占据道义高地,有助于扭转当前谈判中的被动局面,进一步推进公平获取可持续发展议题下的气候谈判,以期获得在 2020 年后新的国际制度框架下的主动和优势地位。因此从长期来看,发展碳

表 4 碳预算方案下附件 I 国家历史排放的资金责任

Tab.4 Financial responsibility for Annex I countries under the carbon budget proposal

项目 Item	1900–2050 总预算 Total budget (GtCO ₂)	1900–2010 真实排放 Historical emission (GtCO ₂)	历史赤字 Historical deficit (GtCO ₂)	2011–2050 未来基本需求 Future basic emission needs (GtCO ₂)	资金责任 Total financial responsibility (10 ⁸ \$)	2011–2050 每年需要支付的资金 Finance responsibility per year (10 ⁸ \$)
未贴现	467.15	879.64	412.49	123.75	107 250	2 680
贴现后	467.15	545.20	78.05	123.75	40 360	1 010
贴现后/未贴现(%)		62.0	18.9		37.6	37.6

注:①资金责任 = 碳价 × (历史赤字 + 未来基本需求),假定碳价为 20 美元/t CO₂。

预算方法和技术贴现方法是符合发展中国家长远战略利益的。

此外,中国政府和学术界应积极组织 and 参与基础四国专家组活动,加强民间学术交流,参与国际讨论,争取更多国际支持。在学术层面,未来应进一步加强相关研究,提供技术支撑,包括阐释公平获取可持续发展的丰富内涵,更新完善数据库和定量分析模型等。总之,中国应联合广大发展中国家,据理力争,提前布局,用好历史排放责任这一个战略棋子,维护自身合理利益。

4 小 结

历史排放责任是一个涉及伦理、法律、政治、经济多个方面的综合性问题。本文主要关注的是历史排放责任如何衡量的问题。首先,分析了历史排放的科学基础,从自然科学的角度证实发达国家的历史排放是导致当前气候变化和全球变暖的“人类排放活动”中的主要来源。然后分析了衡量历史排放的两种不同的核算方法(气候模式方法和统计核算方法)及其不确定性。

其次,在碳预算方法下研究了历史排放责任,对各国的减排责任及资金责任进行了分析;并对历史排放的技术进步“溢出效应”进行贴现,分析这一贴现方法对各国尤其是发达国家减排责任和资金责任的影响。在对历史排放责任进行贴现时,综合考虑了科学、法律、技术进步和经济政治因素,最后选取的总的年均贴现率等于 1.5%。结果表明,贴现方法显著地减轻了发达国家的历史排放责任和资金责任:经对历史实际排放进行贴现后,附件 I 国家的历史排放责任将是原来的 62%,历史排放对应的资金责任仅是原来的 19%;贴现后发达国家所需承担的资金责任是 2011–2050 年平均每年为 1 010 亿美元,非常接近于绿色气候基金对发达国家所要求的出资水平,因此这一方案是比较符合实际的。

最后,本文分析了各种不同的统计口径对中国的影响,并就如何在碳预算方案和公平获取可持续发展提案下利用技术贴现方法解决历史排放责任问题,以化被动为主动,获取更有利的谈判地位,提出了相应的政策建议。

(编辑:刘照胜)

参考文献 (References)

- [1] Neumayer E. In Defence of Historical Accountability for Greenhouse Gas Emissions[J]. *Ecological Economics*, 2000, 33(2): 185–192.
- [2] IPCC. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the IPCC 5th Assessment Report[M]. In Press. 2013.
- [3] IPCC. IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4)[M]. Cambridge, New York: Cambridge University Press, 2007.
- [4] Archer D. Fate of Fossil Fuel of CO₂ in Geologic Time[J]. *Journal of Geophysical Research*, 2005, 110: 1–6.
- [5] Archer D, Eby M, Brovkin V, et al. Atmospheric Lifetime of Fossil Fuel Carbon Dioxide[J]. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 2009, 37: 117–134.
- [6] UNFCCC. Paper No. 1: Proposed Elements of a Protocol to the United Nations Framework Convention of Climate Change[EB/OL]. Bonn: 1997[FCCC/AGBM/1997/Misc.1/Add.3 GE.97]. 1997.
- [7] Hu G, Luo Y, Liu H. Contributions of Accumulative Per Capita Emissions to Global Climate Change[J]. *Advance in Climate Change Research*, 2009, (5): 30–33.
- [8] Wei T, Yang S, Moore J C, et al. Developed and Developing World Responsibilities for Historical Climate Change and CO₂ Mitigation[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2012, 109(32): 12911–12915.
- [9] 吕学都. 德班世界气候大会成果解读与中国未来面临的挑战[J]. *阅江学刊*, 2012, (2): 38–44. [Lv Xue du. An Interpretation of the Outcomes of Durban World Climate Conference and the Challenges Faced by China in the Future[J]. *Yuejiang Academic Journal*, 2012, (2): 38–44.]
- [10] 国务院发展研究中心课题组. 全球温室气体减排: 理论框架和解决方案[J]. *经济研究*, 2009, (3): 4–13. [Project Team of Development Research Center of the State Council of China. Greenhouse Gas Emissions Reduction: A Theoretical Framework and Global Solution[J]. *Economic Research Journal*, 2009, (3): 4–13.]
- [11] 潘家华, 陈迎. 碳预算方案: 一个公平、可持续的国际气候制度框架[J]. *中国社会科学*, 2009, (5): 83–98. [Pan Jiahua, Chen Ying. The Carbon Budget Scheme: An Institutional Framework for a Fair and Sustainable World Climate Regime[J]. *Social Sciences in China*, 2009, (5): 83–98, 206.]
- [12] 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[J]. *中国科学 D 辑: 地球科学*, 2009, 39(8): 1009–1027. [Ding Zhongli, Duan Xiaonan, Ge Quansheng, et al. Control of Atmospheric CO₂ Concentration by 2050: An Allocation on the Emission Rights of Different Countries[J]. *Sci China Ser D – Earth Sci*, 2009, 39(8): 1009–1027.]
- [13] Kanitkar T, Jayaraman T, D'Souza M, 等. 全球碳预算、排放轨迹和减缓行动中的责任共担[M]//潘家华, 张莹. 碳预算: 公平、可持续的国际气候制度构架, 北京: 社会科学文献出版社, 2011: 248–277. [Kanitkar T, Jayaraman T, D'Souza M, et al. Meeting Equity in a Finite Carbon World: Global Carbon Budgets and Burden Sharing in Mitigation Actions in Global Carbon Budgets and Equity in Climate Change [M]//Pan Jiahua, Zhang Ying. Budgeting Carbon for Equity and Sustainability, Beijing: Social Sciences Academic Press, 2011: 248–277.]
- [14] WBGU. 解决气候困境: 碳预算方法[M]//潘家华, 张莹. 碳预算: 公平、可持续的国际气候制度构架, 北京: 社会科学文献出版社, 2011: 248–277.

- 版社, 2011: 178 – 247. [WBGU. Solving the Climate Dilemma: The Budget Approach [M]// Pan Jiahua, Zhang Ying. Budgeting Carbon for Equity and Sustainability, Beijing: Social Sciences Academic Press, 2011: 178 – 247.]
- [15] Agarwal A, Narain S. Global Warming in an Unequal World: A Case of Environmental Colonialism [R]. New Delhi: Centre for Science and Environment, 1991.
- [16] Meinshausen M, Meinshausen N, Hare W, et al. Greenhouse Gas Emission Targets for Limiting Global Warming to 2 °C [J]. Nature, 2009, 458: 1158 – 1162.
- [17] 王克, 王灿, 陈吉宁. 技术变化模拟及其在气候政策模型中的应用 [J]. 中国人口·资源与环境, 2008, 18(3): 31 – 37. [Wang Ke, Wang Can, Chen Jining. The Simulation of Technological Change and the Application in Climate Policy Models [J]. China Population, Resources and Environment, 2008, 18(3): 31 – 37.]
- [18] IEA. Worldwide Trends in Energy Use and Efficiency [R]. Paris: OECD, 2008.
- [19] Den Elzen M, Fuglestad J, Höhne N, et al. Analysing Countries' Contribution to Climate Change: Scientific and Policy-related Choices [J]. Environmental Science & Policy, 2005, 8(6): 614 – 636.
- [20] Den Elzen M G J, Olivier J G J, Höhne N, et al. Countries' Contribution to Climate Change: Effect of Accounting for All Greenhouse Gases, Recent Trends, Basic Needs and Technological Progress [J]. Climate Change, 2013, 121(2): 397 – 412.
- [21] Friman M, Linner B. Technology Obscuring Equity: Historical Responsibility in UNFCCC Negotiations [J]. Climate Policy, 2008, (8): 339 – 354.

A Technical Analysis of the Historical Emission Responsibilities

LIU Chang-yi¹ PAN Jia-hua² CHEN Ying² HE Wei³ DAI Ling⁴

(1. National Climate Center, Beijing 100081, China; 2. IUE of Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100028, China;

3. School of Management, Tianjin University, Tianjin 300072, China; 4. The Graduate School of CASS, Beijing 102488, China)

Abstract The historical emission is the cornerstone of the principle of ‘common but differentiated responsibilities’ in the UNFCCC, and thus it is one of the focal point of the international climate negotiations. The purpose of this study is to analyse the scientific aspects of the historical emission. First, this paper studies the science basis of the historical emission and concludes that the Annex I countries’ historical emission is the main source which causes the current global warming and climate change. Then, it compares different methods to measure each country’s contributions of historical emission, i. e. the climate model method and statistical analysis method, and further analysis their uncertainties, advantages and weakness. Furthermore, it studies the Annex I countries’ mitigation and financial responsibilities of the historical emission under the carbon budget proposal, more importantly, it analyses how to discount the historical emission to take account of the spillover effect of technology advance. There are four reasons for the discounting: the physical circulation of CO₂, the inherent juridical and ethics need, the spillover effect of technology advance, and the pragmatic consideration for political climate negotiations. Thus this paper assigns discount rates 0.7%, 0.05% and 0.75% for the former three reasons respectively, and gets a total discount rate 1.5% per year. The results reveal that the discount method significantly reduces the burden of the mitigation and finance responsibilities for the Annex I countries. To be specific, after the discount, Annex I countries’ historical emission responsibility is 62% compared to their original responsibility, while their financial responsibility is only 19% compared to their original responsibility, which means that the Annex I countries only need to pay US \$ 101 billion per year during 2010 – 2050 to reimburse for their discounted historical responsibility, quite close to the financial responsibility target US \$ 100 billion per year for the Annex I countries which set by the Copenhagen Accord. At last, it studies different statistic scope of GHGs and their impacts to China. It suggests that China could use this discount method under the framework of carbon budget proposal and topic of ‘equitable access to sustainable development’ as a solution to historical emission responsibilities in the international arena of climate negotiations, in order to gain a more positive and advantageous position in the future international climate negotiations.

Key words climate change; historical emission responsibilities; carbon budget proposal; equitable access to sustainable development