气候保护支出对中国经济安全的影响模拟

王 铮[1,2],胡倩立[1],郑一萍[1],康淞万[1]

(1. 华东师范大学教育部城市与环境开放研究实验室,上海 200062;2. 中国科学院政策与管理科学研究所,北京 100080)

摘要:以德国学者 Leimbach 建立的气候保护支出模型为基础,对模型和参数作了一些修改,在假设中国经济一直保持稳定发展的前提下,模拟分析了不同削减水平下我国温室气体排放的轨迹、总产出中用于气候保护的开支以及在不同减排目标下的社会福利状况。在模拟分析的过程中,共假设了 3 种可能的减排目标:CO_2 排放量比 1990 年有所增加、CO_2 排放量保持在 1990 年的水平、CO_2 排入量逐年下降。在这 3 种减排目标的基础上,模拟计算出总产出用于气候保护的支出,最后得出结论,随着减排目标的上升,对气候保护的投入也就越大,居民对生活满意的程度也随之下降,但是不会构成国家经济不安全。

关键词:CO_2 排放;全球变化;经济安全;气候保护支出

Simulating the Impact of the Climate Protection Expenditure on China's Economic Security

WANG Zheng[1,2], HU Qian-Li[1], ZHENG Yi-Ping[1], KANG Song-Wan[1] (1. *Open Lab. of Cities and Environment (Ministry of Education) East China Normal University, Shanghai* 200062; 2. *Institute of Politics and Management Science, Chinese Academy of Sciences, Beijign*, 100080). ***Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(12): 2238~2245.**

Abstract: Based on a revised Leimbach model, this paper simulates the trends of China's greenhouse-gas emission in the future under different reduction levels. First, the paper sets three reduction objectives: the total volume of the emitting CO_2 keeps the same level as that of the 1990s; the total volume of the emitting CO_2 is greater than that of the 1990s; and the total volume of the emitting CO_2 declines subsequently. Then, the paper revises the Leimbach money expenditure model and runs it, simulating the impact of the third reduction plan will result in the money expenditure on climate protection increasing thile the degree of Chinese citizen's satisfactory with their living standards will decline. Even though, as the model reveals, there will be no such event as economic crisis on a national level.

Key words: CO_2 emission; global change; economic security; money-expenditure on climate protection

文章编号:1000-0933(2002)10-2238-08 **中图分类号**:Q143 **文献标识码**:A

根据 IPCC[1]估计,在 21 世纪中叶全球的 CO_2 浓度将倍增,届时将对地球上的生物、环境、资源等造成巨大影响。在由人类活动造成的 CO_2 排放中,化石能源的使用占 74%,森林退化占 25%,水泥的释放占 1%[2]。在因化石燃料而造成的 CO_2 排放中,美国占大约 25%,OECD 的其他国家占 23%,东欧和前苏联占 26%,中国占 10%,其他发展中国家占 16%。(IPCC-WG Ⅱ,1990,p8)。西方国家认为,与西方发达国家相比,发展中国家的 CO_2 排放量在未来会迅速增长,气候变化毫无疑问会对国家和地区的经济带来一系列问题,而且气候变化对发展中国家造成的影响比发达国家的影响要大得多。因此保护气候就成为了全人类的生态任务。气候保护,关键是减排 CO_2 和其它温室气候。因此 IPCC 建议,各国应通过排放控制将 2000 年世界 CO_2 的排放水平控制在 1990 年的水平。然而对发展中国家来说,这种减排可能降低增长速度,引起公

基金项目:国家自然基金资助项目(49970008);教育部重点课题资助项目

收稿日期:2001-06-06;**修订日期**:2002-10-20

万方数据

作者简介:王 铮(1954~),男,云南人,博士,研究员。主要从事理论地理学和区域、资源环境管理与政策模拟研究。

众不满,产生国家社会经济不安全问题[3]。因此,全球变化下气候保护的政策问题成为了热点问题[4]。

实际上,早在 HDP 计划提出之初,Boehmer-Christiansen[5]就提出了气候保护、减排 CO_2 的政策问题作为 HDP 的研究任务。对温室气体进行减排的方法有两种,一是征收能源税,这在一定时期内会影响经济的发展速度因此不为发展中国家所接受;另一种方法则是从气候保护的角度出发,每年从国内生产总值中提取一部分用于改进能源技术和改善能源结构和增加碳汇,保护气候。这种政策一方面可以保护环境,有利于国家的可持续发展,另一方面可以创造就业,从一定程度上解决发展中国家的就业问题,但是它需要投入。本文旨在模拟分析在 CO_2 倍增的背景下实行第二种 CO_2 减排模式是否会造成我国国家经济安全问题,即研究气候保护的影响而不是气候变化的影响,特别是气候保护对国家经济安全的影响。

本文选用德国学者 Leimbach[6]建立的气候保护支出模型为基础来发展适合中国实际情况的模型,因为该模型将气候变化和温室气体减排、社会福利、宏观经济有效地结合起来,同时该模型中的变量数据较容易获得,使模拟成为可能。

1　气候保护支出对经济安全影响的数学建模

1.1　Leimbach 模型的基本思想和结构

在对中国经济安全进行模拟计算时本文选用 Leimbach 的气候保护支出模型作为基础模型,模型的基本结构如图 1 所示。实行气候保护的目标是在保证社会福利增加且气候变化带来的损失控制在给定范围内的前提下谋求经济的增长。该模型假设只有 3 个生产要素,它们只生产一种综合产品,即国民产出,再将国民产出的支出化分为消费、投资和气候保护 3 个部分。排放削减的数量(以及相应的温室气候排放水平和温室气体浓度)是由用于气候保护的国民产出的百分比所决定的。温室气体浓度到气候保护的箭头表示了人类对气候的影响。综上所述,Leimbach 所用的宏观经济模型的基本结构为:

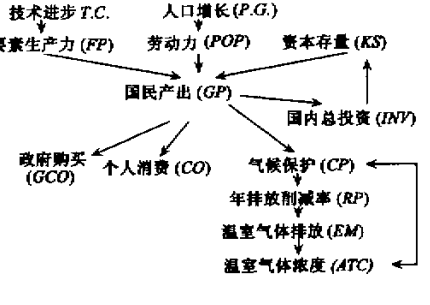

图 1　宏观经济体系中的气候保护

Fig. 1　The Climate protection in the system of macroscopic ecomomics

(1)**生产函数**　$GP_t=f(FP_t,POP_t,KS_t)$,即国民产出是要素生产力 FP_t,劳动力 POP_t 和资本存量的函数 KS_t;式中下标 t 是阶段变量,X_t 是第 t 阶段的 X 变量。

(2)**预算控制函数**　$GP_t=GCO_t+CO_t+INV_t+CP_t$,即国民产出等于政府购买 GCO_t,个人消费 CO_t,气候保护 CP_t 和国内总投资之和 INV_t;其中气候保护 CP_t 是分析的焦点。

(3)**资本存量函数**　$KS_t=f(KS_{t-1},INV_{t-1})$,即资本存量 KS_t 是上期资本存量 KS_{t-1}和上期国内总投资 INV_{t-1}的函数。

(4)**气候保护函数**　$RP_t=f(CP_t/GP_t)$,即排放削减 RP_t 是气候保护支出 CP_t 占国民产出 GP_t 的比重的函数。

(5)**福利函数**　$WF_t=f(CO_t)$,即社会福利 WF_t 是个人消费 CO_t 的函数。

1.2　Leimbach 模型

本文将以 Leimbach 模型为基础模拟分析减排 CO_2 等温室气体实行气候保护产生的国家经济安全问题。在介绍了模型的基本结构后,将具体的 Leimbach 模型介绍如下,以便对它修改:

1.2.1　生产函数　模型首先计算国民产出(GP_t),Leimbach 采用的生产函数估计。模型中生产函数被认为是柯布-道格拉斯型的,它的形式如下:

$$GP_t = FP_t \cdot KS_t^{\gamma} \cdot POP_t^{1-\gamma} \tag{1}$$

其中,FP 为要素生产力,γ 为国民产出对资本存量的弹性参数,KS 为资本存量,POP 为劳动力的投入。

1.2.2　预算控制函数　按照宏观经济学的观点。国家的国民产出主要用于投资、消费。在气候保护支出

模型中,国民产出中还有一部分用于气候保护,因此在不考虑净出口的情况下可以得到国民产出满足等式(2):

$$GP_t = INV_t + GCO_t + CO_t + CP_t \tag{2}$$

1.2.3 资本存量函数 资本存量是一个重要的经济变量,没有它便没有投资,没有经济的正常运作。资本存量是会逐年折旧的。如果将折旧率 δ 看成是一个常数,可得到资本来源的平衡式:

$$KS_t = (1 - \delta) \cdot KS_{t-1} + INV_{t-1} \tag{3}$$

即某一时段的资本总额等于上一时段资本总额经折旧后的总量与上一时段投资额之和。

1.2.4 气候保护函数 在经验直接的基础上,Leimbach 建立了气候保护函数,它是 Leimbach 模型中的一个重要函数,通过该函数可以得出在不同的削减水平下用于保护气候的支出占国民产出的比重,如等式(4)所示:

$$CP(t)/GP(t) = \begin{cases} a_1 ERP^{a_2} + a_0 & ERP > 0 \\ a_0 (ERP/0.5 + 1) & -0.5 \leqslant ERP \leqslant 0 \end{cases} \tag{4}$$

其中,ERP 为 CO_2 的削减百分比,当 $ERP<0$ 表示增加温室气体排放。参数 a_0 是一个正值,表明即使保持与基年相同的削减水平仍有一部分支出用于气候保护,可以称作基年减排效应。Leimbach 在《气候保护支出模拟》一文中没有介绍参数 a_1 和 a_2,实际上参数 a_1 为比例系数,是减排影响作用系数,a_2 可以看成是气候保护支出对 CO_2 削减水平的弹性系数,是减排影响弹性系数。

若假设削减过程是连续的,则 CO_2 的削减水平 ERP 和 CO_2 的年削减百分比 RP_t 之间的关系可以通过下式求出:

$$(1 - RP_t)^T EM_0 = EM_t = (1 - ERP) EM_0 \tag{5}$$

$$ERP = 1 - (1 - RP_t)^T \tag{6}$$

即第 T 时段 CO_2 排效的最终水平 EM_T 等于初始时段(即基年)的排放水平 EM_T 经 T 次削减后水平的乘积。将公式(6)带入公式(4)可以得到气候保护函数的如下表达式:

$$RP_t = \begin{cases} 1 - \left(1 - \left(\dfrac{CP_t/GP_t - a_0}{a_1}\right)^{\frac{1}{a_2}}\right)^{\frac{1}{T}} & CP_t/GP_t > a_0 \\ 1 - \left(\dfrac{3}{2} - \dfrac{CP_t/GP_t}{2a_0}\right)^{\frac{1}{T}} & 0 \leqslant CP_t/GP_t \leqslant a_0 \end{cases} \tag{7}$$

1.2.5 福利指数 Leimbach 在模拟分析的过程中以居民福利作为判断经济是否安全的标准,因此社会福利是一个重要的指标。Leimbach 用贴现后的居民消费累积量作为福利的标准将国家的社会福利定是化指数,得:

$$\lambda = \frac{\sum_{t=1}^{T} (1 + p)^{1-t} \cdot CO_t - ZL}{ZU - ZL} \tag{8}$$

式中,λ 为居民对生活的满意程度,它的取值范围为 0 到 1,1 表示最满意,0 表示最不满意,p 为社会代际偏好率(rate of social time preference),p 表示了不同时代居民对物质福利改善的需求,当 $p=0$ 说明不同时代的居民对原来速度改进物质福利没有变化,$p>0$ 表示居民愿意降低物质福利的改进速度。ZU 为期望福利水平,它可由式(9)得出:

$$ZU = \sum_{t=1}^{T} (1 + UGR)^t (1 + p)^{1-t} CO_0 \tag{9}$$

UGR 为预期的居民消费年增长率,CO_0 为基年的居民消费量。ZL 为最低福利水平,可由式(10)得出:

$$ZL = \sum_{t=1}^{T} (1 + LGR)^t (1 + p)^t CO_0 \tag{10}$$

LGR 为居民消费的最低年增长率。

1.3 对 Leimbach 模型的修改

Leimbach 的模型是用来分析全球气候变化造成的影响的,因此要用它来分析中国的气候变化问题就

必须进行适当的修改,同时对 Leimbach 假设的某些参数也要进行相应调整。

在 Leimbach 的模型中,作者用总人口 POP 来计算国民产出。发达国家的年龄构成金字塔基本上呈剑形,因此 Leimbach 在模型中用总人口代替劳动力是可以接受的。而我国的人口年龄构成金字塔与发达国家的年龄构成不同,正在向蒙古包型发展,就业人口与总人口不一定成正比,而且未能实现充分就业,所以用就业人口数作为 LP,代替 Leimbach 在模型中采用的总人口数。另外,从理论上讲生产函数中的国民产出对人口和资本存量的弹性系数之和应等于 1,然而在中国未能保证充分就业,就业人口存在隐性失业,以及统计数据本身的误差,通过回归分析所得的弹性系数之和并不等于 1。将国民产出对资本存量和劳动力的弹性系数分别设为 α 和 β,两者的和可以不等于 1,但这不影响模型。故公式(1)可以改成:

$$GP_t = FP_t \cdot KS_t^{\alpha} \cdot LB_t^{\beta} \tag{11}$$

其中,LP 为就业人口数。为了估算未来 60a 中的就业人口数,引进劳动参与率 ω,它表示中国就业人口占总人口的比重,则未来的就业人口可由工(12)得到:

$$LP_t = \omega \cdot POP_t \tag{12}$$

进一步考虑,由于政府购买和投资是完全受制于政府预算和决策的一个变量,居民消费在很大程度上也与政府部门的政策有关,因此将它们作为政策变量对待。在动态经济学中,政府购买、国内总投资和居民消费是滞后于当期的国民产出的,而我国的统计年鉴中所有统计指标均是按年统计的,实际上投资和消费是不会滞后一年的,因此统计年鉴的数据无法反映这种经济的滞后效应。按国际惯例,本文假设我国消费和投资仅滞后于产出一个季度,因此用上一年国民产出的四分之一与当年国民产出的四分之三的和作为当年消费和投资的来源,记为 GP'_t。设 θ 为政府购买占 GP'_t 的比重,η 为国内总投资在 GP'_t 中的比重,φ 为居民消费在 GP'_t 中的比重,公式(2)和公式(3)可以分别表示为:

$$GP_t = (\eta + \theta + \varphi)GP'_{t-1} + CP_t; \quad \text{其中 } \eta + \theta + \varphi \leqslant 1 \tag{13}$$

$$GP'_{t-1} = 0.25 \times GP_{t-1} + 0.75 \times GP_t \tag{14}$$

$$KS_t = (1 - \delta) \cdot KS_{t-1} + \eta GP'_{t-1} \tag{15}$$

第三,气候保护是一种长程(long run)经济行为,我国是一个大国,在长程条件下,进出口应该平衡,所以在模型中不考虑进出口变量,公式(2)仍然成立。

最后,对于代际偏好率,不同模型中对其赋值不同。所谓代际偏好,是指当代人和下一代人之间对资源、能源、环境等的需求差别。代际之间是否存在偏好的差别?如果存在的话折旧率是多少?这是学术界尚未达成共识的一个问题。对于偏好率具体的取值也是众说纷纭,有取 0.03、0.01 不等。结合式(8)、(9)和(10)可知,代际偏好率越大,期望的福利水平和最低福利水平就越低,这与国家经济增长率的趋势是一致的。出于防范风险的目的,本文假设我国经济能保持良好的增长势头,当代人和下一代人之间不存在需求的偏好差异,即 p 等于 0。将公式(9)和(10)代入式(8),得到公式(16):

$$\lambda_t = \frac{\sum_{t=1}^{T} \varphi GP'_{t-1} - \sum_t (1 + LGR)^t CO_0}{\sum_t (1 + UGR)^t CO_0 - \sum_t (1 + LGR)^t CO_0} \tag{16}$$

这就是分析社会满意度的基础,结合(7)式,估计气候保护的国家公共支出占国民产出的份额,可以评估国家经济安全问题。

2　气候保护支出对中国经济安全影响的模拟计算

2.1　气候保护支出对中国影响的模拟

2.1.1　我国 2000 年至 2060 年的国民产出　本文计算到 2060 年实现 CO_2 减排目标的可能性。为分析经济安全问题,必须估计模型中涉及的变量,这首先要模拟计算我国 2000 年至 2060 年的国民产出,从而估计国民产出用于气候保护支出份额以评估国家经济安全状况。根据生产函数首先要估计从 2000 年开始到 2060 年这一时段我国的就业人口数、要素生产力和资本存量。

(1)我国 2000 年至 2060 年的就业人口数　沈建法[7]根据中国人口年增长率,预测估计出 1999 年至 2060 年的全国总人口数和就业人口数(见表 1),所得数据与《中国国民经济和社会发展"九五"计划和 2010 年远

万方数据

景目标纲要》及《中国 21 世纪人口、环境与发展白皮书》中的人口控制目标相近。

(2)我国 2000～2060 年的要素生产力 我国 1998 年的要素生产力的值为 0.2730。将我国 2000 年全社会劳动生产率的年增长率作为 1998～2000 年的要素生产率年增长率①,以后其年增长率每 10a 递减 11%[8],可以算出 1999 到 2060 年我国的要素生产力,如表 2 所示。

(3)我国 2000～2060 年的资本存量 由于我国的固定资产折旧率和投资率很难得以正确估计,这里是利用历史时期各年的固定资产增加率来估算未来 2000～2060 年的资本存量的。估算的结果见表 3。

表 2 我国 2000～2060 年的要素生产力

Table 2 the productivity of factors from 2000 to 2060 in China

年份 Year	要素生产力 Productivity of factors
2000	0.3096
2010	0.5436
2020	0.8738
2030	1.4044
2040	2.0100
2050	2.8767
2060	4.1170

表 1 全国 2000～2060 年总人口和就业人口数(单位:百万人)

Table 1 the population and the labor population from 2000 to 2060(Unite:$\times 10^6$)

年份 year	总人口数 Population	就业人口数 Labor population
2000	1311.3	734.32
2010	1426.8	799.02
2020	1508.0	821.85
2030	1593.7	868.59
2040	1575.5	819.25
2050	1557.4	809.86
2060	1539.6	800.58

表 3 我国 2000～2060 年的资本存量(亿元)

Table 3 the capial stock of China from 2000 to 2060($\times 10^9$)

年份 Year	资本存量 Capital stock
2000	30718.75
2010	59093.20
2020	96809.26
2030	158596.46
2040	226102.84
2050	322346.51
2060	459543.50

(4)我国 1999～2060 年的国民产出估计 由生产函数式(11)、表 1 至表 3,可以模拟出在国内投资率保持历年来平均水平(即国内投资率为 0.311 时)的国民产出,模拟结果如表 4 所示。

表 4 我国 1999～2060 年的国内产出(亿元)

Table 4 the GDP of China from 1999 to 2060

年份 Year	国内产出 GDP
2000	87930
2010	158810
2020	260170
2030	426220
2040	607640
2050	866290
2060	1235000

2.1.2 中国在未来 60a 中的 CO_2 减排情景 根据 Leimbach(1998)的模拟,所有发展中国家的 CO_2 减排水平在 −18.1%～−23.3%之间,即要增加 CO_2 的排放。发达国家的 CO_2 减排水平为 7.4%～24.1%。为了更好地比较 CO_2 排放削减对我国居民社会福利的影响,本文拟分 3 种不同的削减水平来加以讨论。第一种情形,按 Leimbach 的模拟结果,设中国到 2060 年为止 CO_2 的排放量是不断增加的,为了模拟 CO_2 减排下我国经济安全的问题,出于防范风险考虑,取最大削减水平 −23.3%作为我国未来的 CO_2 排放削减目标,届时排放量比现在增加 23.3%;第二种情景,认为中国在未来的几十年中不会采取任何削减措施,但控制排放,将削减水平定为 0;第三种情景,将中国的 CO_2 排放削减水平和发达国家的削减水平看齐,将我国的 CO_2 减排水平设为 10%(见表 5)。下面就根据这几个情景进行模拟分析。

表 5 中国到 2060 年的 CO_2 减排目标设定

Table 5 the target of CO_2 emission abatement

情景 Scene	减排目标 Target of abatement(%)
1	−23.3
2	0
3	10

(1)削减目标为 −23.3%时的气候保护函数 增加排放,并控制在不超过 23.3%水平内,是一个简单

万方数据

① 根据《中国国民经济和社会发展"九五"计划和 2010 年远景目标纲要》

的容易实现的目标,首先计算这个情景。当 CO_2 减排水平为 −23.3%时,计算所得结果如表 6,7 所示。由表 7 的参数可以得到在未来 60a 中国的 CO_2 排放轨迹,见图 1。它显示了我国在未来经济发展中最大可能的 CO_2 排放量动态,这个数据表明我国到 2060 年 CO_2 排放量不会达到 8 亿 t,目前大约在 6 亿 t 左右,不象某些西方大国估计的。Zhang[9] 中提到中国 CO_2 排放量将从 1990 年的 586.9MtC 上升到 2010 年的 1441.3MtC;1990～2000 年均增长 4.4%,2000～2010 年均增长 4.8%;人均排放将从 1990 年 0.5tC 上升到 2010 年的 1.0tC。若按他的估计我国 2010 年含碳能源的使用至少要比 1990 年增加一倍,是与中国的实际不符的。目前我国仍以煤炭为主要能源,煤炭的消费量到 1998 年仍占我国能源消费总量的 71.6%[10],煤炭是一种耗竭性资源,近年来开采量已经出现下降趋势,再加上我国从 1997 年开始能源消费已出现负增长,到 2010 年我国人均碳排放不可能倍增。因此本文不采用 Zhang 的估计数据。

表 6　在 *ERP* 为 −23.3 %时的气候保护支出占国内产出的比重

Table 6　the proportion of climate protection cost in GDP when *ERP* equal −23.3 %

序号 No.	α_1	α_2	α_0 *	CP_t/GP_t
1	0.15	1.4	0.01	0.0053
2	0.06	1.0	0.01	0.0053
3	0.06	1.0	0.015	0.0080

α_0,α_1,α_2 是模型中的关系参数 relative parameter

表 7　削减目标为 −23.3 %时我国 CO_2 的年削减水平

Table 7　the CO_2 abatement level when the target of abatement equal −23.3 %

序号 No.	α_1	α_2	α_0	RP_t Abatement level
1	0.15	1.4	0.01	−0.0030
2	0.06	1.0	0.01	−0.0030
3	0.06	1.0	0.015	−0.0030

(2)削减目标为 0 时的气候保护函数　增加 CO_2 排放显然不恰当,与增加 23.3%的情景对比,考虑国家努力控制排放,无减排。当 CO_2 减排水平为 0 时,计算所得结果如表 8 所示。

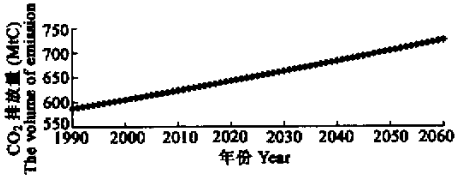

图 1　*ERP* 为 −23.3%时 CO_2 的排放轨迹

Fig. 1　The trace of CO_2 emission when *ERP* equal −23.3%

表 8　在 *ERP* 为 0 时的气候保护支出占国民产出的比重

Table 8　the proportion of climate protection cost in GDP when *ERP* equal 0 %

序号 No.	α_1	α_2	α_0	CP_t/GP_t
1	0.15	1.4	0.01	0.010
2	0.06	1.0	0.01	0.010
3	0.06	1.0	0.015	0.015

在表 8 的基础上结合气候保护函数中的式(7)可以求出在削减水平为 0 的目标下我国 CO_2 的年削减水平,结果列于表 9。

据表 9 的计算结果,我国在未来 60a 中的 CO_2 排放量是常数,CO_2 排放水平保持在 586.9Mtc。

(3)削减目标为 10%时的气候保护函数　减排 CO_2 是一种国际可接受方案,若考虑我国与发达国家目前减排水平一致,当 CO_2 减排水平为 10%时,计算所得结果如表 10 所示。

表 9　削减目标为 0 时我国 CO_2 的年削减水平

Table 9　The CO_2 abatement level when the target of abatement equal 0 %

序号 No.	α_1	α_2	α_0	RP_t Abatement level
1	0.15	1.4	0.01	0
2	0.06	1.0	0.01	0
3	0.06	1.0	0.015	0

表 10　在 *ERP* 为 10 %时的气候保护支出占国民产出的比重

Table 10　the proportion of climate protection cost in GDP when ERP equal 10 %

序号 No.	α_1	α_2	α_0	CP_t/GP_t
1	0.15	1.4	0.01	0.012
2	0.06	1.0	0.01	0.012
3	0.06	1.0	0.015	0.018

在表 10 的基础上结合气候保护函数中的式(7),重新计算了削减水平为 10%时我国 CO_2 的削减水平,结果列于表 11。可以看到年削减水平被控制在 0.15%的水平上,并且与方案我关,这是一个技术上可以接

万方数据

* 关系参数 α_1,α_2 和 α_0 的取值不同学者之间略有差异,根据全面、客观的原则,本文分 3 种情况进行分析

受的指标。

按照表 11 的减排目标,我国在未来 60a 中 CO_2 排放轨这如图 2 所示。

表 11 削减目标为 10 %时我国 CO_2 的年削减水平

Table 11 The CO_2 abatement level when the target of abatement equal 0 %

序号 No.	α_1	α_2	α_0	RP_t
1	0.15	1.4	0.01	0.0015
2	0.06	1.0	0.01	0.0015
3	0.06	1.0	0.015	0.0015

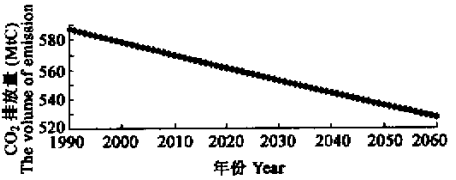

图 2 *ERP* 为 10%时 CO_2 的排放轨迹

Fig. 2 the trace of CO_2 emission whem *ERP* equal 10%

2.1.3 对社会福利函数的模拟计算 通过以上的模拟计算,可以利用预算控制函数式(13)在政府购买率和国内投资率保持稳定的基础上,估算在关系参数取值不同时居民消费占国民产出的比重,进一步的利用福得函数式(16)可以比较不同情景下的社会福利情形。表 12 给出了在 $ERP=-23.3\%$ 时不同关系参数下的社会福利状况。表 13 中列出了在 $ERP=0$ 时不同关系参数下的居民消费率 φ,并模拟计算出不同情景下的社会福利状况,如表 13 所示。

表 12 *ERP* 为 −23.3 %时居民消费率及对生活的满意程度

Table 12 The proportion of expenditure and the satisfactory degree to the life of people when *ERP* equal −23.3 %

序号 No.	α_1	α_2	α_0	φ Proportion of expenditure	λ Satisfactory degree
1	0.15	1.4	0.01	0.5497	0.6632
2	0.06	1.0	0.01	0.5497	0.6632
3	0.06	1.0	0.015	0.5470	0.6595

表 13 *ERP* 为 0 时的居民消费率及对生活的满意程度

Table 13 The proportion of expenditure and the satisfactory degree to the life of people when *ERP* equal 0 %

序号 No.	α_1	α_2	α_0	φ Proportion of expenditure	λ Satisfactory degree
1	0.15	1.4	0.01	0.5450	0.6567
2	0.06	1.0	0.01	0.5450	0.6567
3	0.06	1.0	0.015	0.5400	0.6499

在我国实行减排,是一项重要政策。因此计算取 $ERP=10$ 时,不同关系参数下居民消费率 φ 列于表 14 中,并运用福利函数模拟计算出不同情景下的社会福利状况。

表 14 *ERP* 为 10 %时的居民消费率及对生活的满意程度

Table 14 The proportion of expenditure and the satisfactory degree to the life of people when *ERP* equal 10 %

序号 No.	α_1	α_2	α_0	φ Proportion of expenditure	λ Satisfactory degree
1	0.15	1.4	0.01	0.5430	0.6540
2	0.06	1.0	0.01	0.5430	0.6540
3	0.06	1.0	0.015	0.5370	0.6458

2.2 对减排方案的国家经济安全分析

通过表 12～表 14 的计算,可以发现:当我国的 CO_2 削减目标定为 −23.3%时,相当于我国不对 CO_2 等温室气体排放实行控制,国家几乎无须将资金投入到气候保护中。在国内投资率保持一定的情况下,国家有较多的资金投入到居民消费和政府购买中,此时的居民对生活的满意程度在 3 种减排目标中是最高的。

当我国未来 60a 中对 CO_2 等温室气体排放实行控制,CO_2 减排目标为 0 时,这意味着我国在这段时期内已经成功地将 CO_2 的排放水平控制到了 1990 年的排放水平,能源的转化率和利用率得到了提高,能源结构也有了一定的调整。这些都需要资金的投放,因此在减排目标为 0 时,计算表明,我国需要的气候保护支出已经占国民总产出的 1%到 1.5%,相应投入到政府购买和居民消费中的资金有所下降,居民对生活的满意程度与不对 CO_2 等温室气体实行控制时要低 1.5%左右,这就是说,实行温室气体排放控制不会对国家经济安全产生明显影响。

进一步的,我们承担国际义务,实行 CO_2 削减目标为 10%,也就是说中国在未来的几十年中的 CO_2 排

放水平要低于我国 1990 年的 CO_2 排放水平。为了实现这一减排目标,国家要花较大的投放来解决温室气体排放问题,相对用于居民消费和政府购买的比例只占国民总产出的 67.7%左右,居民对生活的满意程度进一步下降。但是所有的满意度都大于 0.64,居民对生活的满意程度与不对 CO_2 等温室气体实行控制时要低 2%左右,换言之,仅仅就减排 CO_2 而言,不会出现突出的国家经济不安全问题,同时技术上年削减率为 0.15%,可以实现。只要我国经济保持持续增长,在适当时候会有一定能力接收减排 10% CO_2 的国际义务。

当然应该看到,居民对生活的满意程度是与我国的 CO_2 削减目标反向变动的,CO_2 削减目标越高,居民对生活的满意程度就越低。这表明我国现阶段对温室气体的排放进行控制是以居民的福利水平下降为代价的,虽然在不同的 CO_2 减排水平下我国居民对生活的满意程度都高于 0.64,投入气候保护的支出不到整个国民产出的 1.8%,不至于出现国家经济安全问题。

3　结语和讨论

利用气候保护支出模型,在假设不同的 CO_2 减排目标的前提下,对下个世纪中叶我国的经济发展、人口状况和就业状况、年 CO_2 减排率以及社会福利状况进行了较为简单的模拟计算,并得出以下几点结论:

(1)当我国到下个世纪中叶 CO_2 排放量的减排目标为 −23.3%时,我国每年的 CO_2 减排率为 −0.3%,每年用于气候保护方面的支出占国民产出为 0.53%到 0.8%左右;若我国到下个世纪中叶 CO_2 排放量的减排目标为 0,每年仍需投入国民产出的 1%到 1.5%左右用于气候保护;而在将我国到下个世纪中叶 CO_2 排放量的减排目标定为 10%的前提下,我国每年的 CO_2 减排率为 0.15%,每年用于气候保护方面的支出占国民产出为 1.2%到 1.8%左右。随着减排水平的不断上升,居民对生活的满意程度是不断下降的,但是这种下降控制在人民可以接受的范围内。

(2)我国对温室气体排放是以社会福利的下降为代价的,但是模型中设定对消费增长的代际偏好不下降,实际上这是一个过分的要求。随着环境意识的增加,我国人民对环境的偏好会增加而对增长率的偏好可能会降低要求。因此,减排 CO_2 给我国居民带来的整体福利感受将可能是不会下降的。

(3)即使在 CO_2 排放量不断上升的前提下,仍有一部分国民产出要投入到气候保护中。当减排水平为 −23.3%时,用于气候变化的支出为国民产出的 0.53%到 0.8%;当减排目标为 0 时,气候保护支出占国民产生的 1%到 1.5%。推荐这个方案,因为它与低减排方案相比没有明显福利满意度降低。

(4)Leimbach 模拟得出世界各国的气候保护需要投入占其国民产出的 1.35%～3.6%,与这个标准相比,计算表明在保证国家经济安全的条件下我国用于气候保护的支出不能达到这个标准,这是受到我国经济实力的限制的。因此为了加大中国对 CO_2 减排力度,需要国际资金方面的援助。

参考文献

[1] IPCC. 1996. *climate Change* 1995-*Economic and Social Dimensions of Climate Change-Contribution of Working Group Ⅲ to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. ed. J. Bruce, Hoesung Lee and E. Haites, Cambridge University Press, Cambridge, 1996.

[2] IPCC. *IPCC First Assessment Report*: *Overview*, *WGI Policymakers Summary*, *WGⅡ Policymakers summary*, *WGⅢ Policymakers Summary*, Oxford University Press, 1996.

[3] Austin D A. Social security as an economic stabilization program, *J. of Macroeconomics*, 1999, **21**(2): 300～333.

[4] Alcamo J, Kreileman E. Emission scenarios and global climate protection. *Global Environmental Change*. 1996, **6**(4): 305～334.

[5] Boehmer-Christiansen S. Global climate protection policy: the limits of scintific advice, *Global Environment Change*, 1994, **4**(2): 140～159.

[6] leimbach M. Modeling climate protection expenditure. *Global Environmental Change*, 1998, **8**(2): 125～139.

[7] Nordau W D. *Managing the Global Commons*: *The Economics of Climate Change*, MIT Press, Cambridge, MA 1994.

[8] Shen J. China's future population and development challenges. *The Geographical Journal*, 1999, **164**: 32～40.

[9] Zhan Z X. Macroeconomic effects of CO_2 emission limits: a computable general equilibrium analysis for China. *J. Policy Modeling*, 1998, **20**(2): 213～250.

[10] China statistical yearbook, 1978～1999. China statistics Press, 2000.

万方数据