

# 气候变化评估模型中贴现率的敏感性分析及其伦理意义

黄蕊 刘昌新 刘筱

**摘要** 作者模拟了不同纯时间贴现率和不同减排方案对全球及各国福利的影响。结果发现：不减排方案下，与纯时间贴现率为 1.5% 时相比，当纯时间贴现率为 0.1% 时，全球累积效用变大，其中发展中国家的累积效用值变化较大；当纯时间贴现率为 3% 时，全球累积效用变小，同样也是发展中国家的累积效用值变化较大。不同的减排方案对各国的福利值也会产生不同影响，总体来看，Nordhaus 方案下，俄罗斯和印度的累积福利受到的负面影响最大，其次是中等偏上收入国家；Stern 方案下，印度、中等偏下收入国家、中等偏上收入国家和俄罗斯的累积福利都会受到较大的负面影响，中国的累积福利的损失率不断增大；WZW 方案下，印度、俄罗斯和中等偏上收入国家的累积福利都受到较大的负面影响，欧盟和日本的累积福利受到的影响最小；三种减排方案下，欧盟和日本的累积福利受到的影响均较小。

**关键词** 贴现率 敏感性分析 效用 气候保护方案

【中图分类号】F061.4 【文献标识码】A 【文章编号】2095-851X (2015) 04-0016-13

## 一、引言

在经济学发展初期，亚当·斯密等就着力研究经济活动中个体的伦理学问题，如

【基金项目】国家重大研究计划 (973) 项目“气候变化经济过程的复杂性机制、新型集成评估模型簇与政策模拟平台研发” (批准号：2012CB955803)；国家自然科学基金项目“自主知识产权动态多区域 CGE 模型系统的若干关键问题” (批准号：71201157)。

【作者简介】黄蕊 (1987-)，南京师范大学地理科学学院讲师，地理学博士，邮政编码：210023；刘昌新 (1986-)，中国科学院科技政策与管理科学研究所助理研究员，管理学博士，邮政编码：100190；刘筱 (1974-)，深圳大学管理学院副教授，博士，本文通讯作者，邮政编码：518060。

致谢：感谢王铮教授和杨自力教授的指导以及审稿专家匿名评审，但文责自负。

斯密在1759年出版的《道德情操论》(The Theory of Moral Sentiments)中就对此给予探讨。在对气候伦理问题的探讨中,代际公平引起了广泛关注,Rawls(1971)认为代际公平包括当代对后代的责任以及往代对当代的责任。

应对气候变化的伦理学分析是最近几年应对气候变化战略问题研究的热点,其中一个关键问题是如何将气候变化集成评估模型应用于该领域,并在社会福利最大化(Social Welfare Optimization)下评估各种减排方案的公平性(王铮等,2014),这就需要运用社会效用函数计算社会效用。然而,效用函数对贴现率十分敏感,较高的贴现率意味着未来的货币折算到当期会较严重贬值,因此人们对未来更没有“耐心”而更倾向于当期消费,即要求保护当前的发展权利;反之,如果贴现率较低,人们对未来较有“耐心”,倾向选择在未来消费。Toth(1995)基于经济模拟和经验观测,发现较大的贴现率使得由气候变化引起的未来可能发生的较大灾害在当今看来可以忽略,但是从代际公平的道德角度考虑,采用较小的贴现率估计未来损失,又使得有关气候变化政策对现代人特别是对现代穷国不公平,并可能导致减排决策与资源配置等其他公共政策相冲突。Weitzman(1998)认为应该实施不同的贴现率对未来各期效用进行评估,即为了保证当代人发展与未来各代公平,各期的贴现率应当不同,远期的贴现率要比近期的低,而且未来的贴现率应以所能观测到的最低市场利率来衡量。近期贴现率要高于远期,意味着要保护当前发展和近代人的福利,这对发展中国家和新兴工业化国家来说意义重大。

集成评估模型中贴现率的选取在气候变化经济学界已经引起了广泛的讨论。Stern(2007)在给英国政府的报告中提出,“如果我们不立即采取行动减排,气候变化的成本和风险将会使GDP每年减少5%,最高能造成20%甚至更多的GDP损失,为避免更多损失,必须立即实施减排”,而这与早前使用同样数据和分析框架的经济模型得出的“采取逐步减排措施”的结论相悖。由于Stern采用了低估的贴现率,可能损害发展中国家利益,其结论引起了众多经济学家的质疑和反对。Tol和Yohe(2006)、Mendelsohn(2006)对Stern的关键假设进行了讨论,Beckerman和Hepburn(2007)则对其中的道德伦理进行了讨论,Carter等(2006)、Byatt等(2006)都对其中的参数和变量进行了深入分析,Gollier(2006)对其中的保险费和贴现率进行了讨论,Nordhaus(2007)更是对Stern报告中的贴现率和消费效用弹性进行分析,Nordhaus认为Stern之所以得到立即减排的结论,是因为其假设效用函数中贴现率几乎为零,这意味着未来各期的效用和当期效用一样,而对于大多数发展中国家来说,当前的发展也许更为重要,因此发展中国家需要重新认识Stern报告。鉴于上述情况,联合国政府间气候变化专门委员会(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)报告指出对贴现率的研究是气候变化经济学中一个有待解决并需要持续研究的问题(IPCC, 2007)。Ackerman和Finlayson(2006)指出,对于这个问题需要开展模型的敏感性分析。

有鉴于此,本文基于 MRICES (Multi-factors Regional Integrated Model of Climate and Economy System) 模型 (王铮等, 2012), 对贴现率的敏感性进行模拟, 并对其中的伦理意义进行讨论。MRICES 模型敏感性的另一个方面体现在实际政策上, 为了模拟政策的敏感性, 作者计算了贴现率发生变化后, 不同减排方案下各国和地区的累积福利值的变化。将不减排方案 (各国都不采取减排措施) 下 1.5% 的纯时间贴现率设置为基准情景, 分别计算了不减排方案下纯时间贴现率为 0.1% 情景和 3% 情景下全球及各国和地区福利的变化, 将模拟结果与基准情景进行对比, 并分析不同纯时间贴现率的伦理学意义。

## 二、模型

Nordhaus (1992) 构建的气候经济动态集成模型 (Dynamic Integrated Model of Climate and the Economy, DICE) 是应对气候变化评估的基本模型。此后, Nordhaus 和 Yang (1996) 将 DICE 模型扩展至多个国家和地区, 形成 RICE 模型 (Regional Integrated Model of Climate and the Economy, RICE)。DICE/RICE 模型因具有详细的模型说明、直观性、透明性以及易用性而为其他很多学者所广泛使用, 常为其他研究提供基准情景参照和对比分析 (Popp, 2004; Yang and Sirianni, 2010; Yang and Menon, 2013; Bruin et al., 2009)。王铮等 (2011) 针对 RICE 模型忽略国际经济体间相互作用的缺陷, 采用 Mundell-Fleming 的 GDP 溢出模式连接各国经济, 形成了 MRICES 模型。

DICE/RICE/MRICES 模型均采用 Ramsey-Cass-Koopmans 最优经济增长模型, 并将其推广至包含气候变化和减少排放的资源配置集成模型。假设存在一个决策者通过将不同代人的效用贴现到某一时期以追求总体效用最大化, 即:

$$W = \int_0^{\infty} U[c(t)] e^{-\rho t} dt \quad (1)$$

其中,  $W$  是各代人的福利总和,  $U[\cdot]$  是效用函数,  $c(t)$  是人均消费,  $\rho$  是纯时间贴现率 (Dasgupta, 2008)。 $U[\cdot]$  可表示为:

$$U[c(t)] = \frac{c(t)^{1-\alpha}}{1-\alpha} \quad \alpha > 0, \alpha \neq 1 \quad (2)$$

其中,  $\alpha$  表示消费的边际效用弹性, 即消费弹性。当  $\alpha$  趋近于 1 时, 效用函数为:

$$U[c(t)] = \ln c(t) \quad (3)$$

$$r = \rho + \alpha * g \quad (4)$$

其中,  $r$  为贴现率,  $g$  为消费增长率。由 Ramsey 等式即式 (4) 可知, 贴现率主

要由纯时间贴现率、边际效用弹性和消费增长率三个部分决定（刘昌义，2012）。本文只考虑了由纯时间贴现率引起的贴现率变化和社会福利变化，并讨论由纯时间贴现率引出的气候伦理学问题。

在纯时间贴现率选择方面，Stern 报告中采用 0.1% 的纯时间贴现率，得到全球要采取立即减排行动的结论（Stern，2007）。Nordhaus（2007）用 3% 的纯时间贴现率和同样的方法进行模拟，得到与 Stern 完全相反的结论。考虑到发展中国家的需求，Nordhaus（2014）在 DICE-2013 模型中将纯时间贴现率设置为 1.5%。这也是王铮等（2012）采用的具有折中性质的纯时间贴现率，它比较符合发展中国家的实际情况。实际上选择这三个纯时间贴现率是国际上研究气候变化伦理学问题时常用的标准，作为序列取值，它可以反映纯时间贴现率变化的主体特征。因此本文选择这三个纯时间贴现率进行模拟比较。

### 三、结果分析

#### （一）不同纯时间贴现率对效用的影响

针对全球变暖和可能造成的严重后果，各国就如何减少二氧化碳排放展开多次气候谈判，但始终未能达成一致的合作减排方案。英国经济学家 Stern（2007）认为为了避免气候变化导致的严重灾害，应采取立即减排行动，他提出 2050 年全世界的碳排放量应减少到 1990 年的 50%，发达国家的碳排放量应减少到 1990 年的 20%。美国经济学家 Nordhaus（2007）则建议逐步减排，循序渐进的采取减排措施，到 2050 年全世界的碳排放量应在 1990 年的基础上减少 25%，其中发达国家减排方案和 Stern 提出的方案一样，即 2050 年的碳排放量较 1990 年减少 80%，而发展中国家则适度减排。王铮等（2012）提出减排要兼顾公平和效率，同时不能影响经济的平稳增长。考虑到全球经济增长和中国对世界经济的重要影响，以及中国历史排放量低、人口多的因素，对中国的减排目标应适当放宽，对发展中国家减排也应给予适当放宽（张帅，2012；朱潜挺，2012；刘昌新，2013；顾高翔，2014；黄蕊，2014）。本文将 Stern、Nordhaus 和王铮等的减排观点细化到各个经济体，得到的结果分别为 Stern 方案、Nordhaus 方案和 WZW 方案<sup>①</sup>，各方案具体设置如表 1 ~ 表 3 所示。

不减排方案中不同纯时间贴现率下气候变化对全球累积福利值的影响如图 1 所示。

<sup>①</sup> “WZW” 为王铮、张帅和吴静的姓氏首字母合写。

表1 Nordhaus 方案下各经济体的减排目标

国家或地区	至 2050 年	至 2100 年
中国	碳排放量较 2005 年降低 10%	保持 2050 年碳排放量不变
美国	碳排放量较 1990 年降低 80%	碳排放量较 2050 年降低 50%
日本	碳排放量较 1990 年降低 80%	碳排放量较 2050 年降低 50%
欧盟	碳排放量较 1990 年降低 80%	碳排放量较 2050 年降低 50%
印度	碳排放量较 2005 年降低 10%	保持 2050 年碳排放量不变
俄罗斯	碳排放量较 1990 年降低 80%	保持 2050 年碳排放量不变
高收入国家	碳排放量较 1990 年降低 80%	碳排放量较 2050 年降低 50%
中等偏上收入国家	碳排放量较 2005 年降低 25%	保持 2050 年碳排放量不变
中等偏下收入国家	2020 年前不减排 碳排放量 2020 年以后保持不变	保持 2050 年碳排放量不变
低收入国家	2020 年前不减排 碳排放量 2020 年以后保持不变	保持 2050 年碳排放量不变

表2 Stern 方案下各经济体的减排目标

国家或地区	至 2050 年	至 2100 年
中国	碳排放量较 2005 年降低 50%	保持 2050 年碳排放量不变
美国	碳排放量较 1990 年降低 80%	碳排放量较 2050 年降低 50%
日本	碳排放量较 1990 年降低 80%	碳排放量较 2050 年降低 50%
欧盟	碳排放量较 1990 年降低 80%	碳排放量较 2050 年降低 50%
印度	碳排放量较 2005 年降低 50%	保持 2050 年碳排放量不变
俄罗斯	碳排放量较 1990 年降低 65%	保持 2050 年碳排放量不变
高收入国家	碳排放量较 1990 年降低 80%	碳排放量较 2050 年降低 50%
中等偏上收入国家	碳排放量较 2005 年降低 50%	保持 2050 年碳排放量不变
中等偏下收入国家	碳排放量 2010 年以后保持不变	保持 2050 年碳排放量不变
低收入国家	碳排放量 2010 年以后保持不变	保持 2050 年碳排放量不变

模拟结果显示,当纯时间贴现率等于 Stern 报告中所设的 0.1% 时,世界累积效用值折算到当期最高,到 2100 年,世界累积效用值为 9349662.6,相较于基准情景即 Nordhaus 所设定的 1.5% 的纯时间贴现率,累积效用值增加了 104%。当纯时间贴现率为 3% 时,世界累积效用值较基准情景降低,到 2100 年世界累积效用值为 2457099.8,较基准情景减少了 46.39%。随着纯时间贴现率的提高,累积效用值呈非线性递减,换言之,使用低的纯时间贴现率,以非线性增长高估了世界累积效用。所谓世界必须采取立即减排行动或必须立即大规模减排并不真实。当纯时间贴现率分

别为 0.1% 和 3% 时，2100 年各国的累积福利值与基准情景 ( $\rho = 1.5\%$ ) 下各自累积福利值相比，各自的变化情况如表 4 所示。

表 3 WZW 方案下各经济体的减排目标

国家或地区	至 2050 年	至 2100 年
中国	碳排放量较 2005 年降低 10%	保持 2050 年碳排放量不变
美国	碳排放量较 1990 年降低 85%	碳排放量较 2050 年降低 50%
日本	碳排放量较 1990 年降低 85%	碳排放量较 2050 年降低 50%
欧盟	碳排放量较 1990 年降低 85%	碳排放量较 2050 年降低 50%
印度	碳排放量 2010 年以后保持不变	保持 2050 年碳排放量不变
俄罗斯	碳排放量较 1990 年降低 60%	保持 2050 年碳排放量不变
高收入国家	碳排放量较 1990 年降低 85%	碳排放量较 2050 年降低 50%
中等偏上收入国家	碳排放量较 2005 年降低 10%	保持 2050 年碳排放量不变
中等偏下收入国家	2020 年前不减排 碳排放量 2020 年以后保持不变	保持 2050 年碳排放量不变
低收入国家	2020 年前不减排 碳排放量 2020 年以后保持不变	保持 2050 年碳排放量不变

表 4 不同纯时间贴现率下 2100 年各经济体的累积效用值变化率 (单位: %)

国家或地区	$\rho = 0.1\%$	$\rho = 3\%$
中国	106.75	-47.78
美国	91.17	-42.30
欧盟	87.84	-41.16
日本	91.20	-42.11
印度	123.34	-52.28
俄罗斯	103.93	-46.86
高收入国家	94.72	-43.40
中等偏上收入国家	99.20	-45.16
中等偏下收入国家	116.11	-50.02
低收入国家	125.29	-51.89

由表 4 可知，当纯时间贴现率为 0.1% 时，低收入国家的累积效用值变化率最大，其次是印度和中等偏下收入国家，欧盟、美国、日本和高收入国家的变化率相对较小。当纯时间贴现率为 3% 时，变化最大的是印度，其次是低收入国家和中等偏下收入国家，欧盟、美国和日本的变化率也相对较小。这意味着，强制性地降低各国纯时间贴现率，累积福利被高估的是低收入国家，即强制加大减排量，损失最大的是低

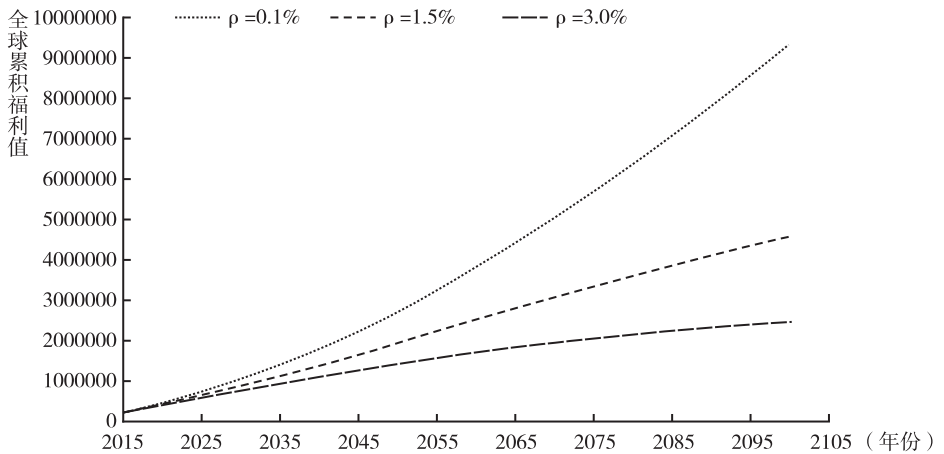


图1 不减排方案中不同纯时间贴现率下全球累积效用趋势图

收入国家，因此用低的纯时间贴现率计算得到的要求发展中国家实行减排的结论是不公平的；而采用高的纯时间贴现率得到的发达国家的累积社会福利损失，比发展中国家的还要小。换言之，采用高的纯时间贴现率估计，会导致“贫者越贫、富者越富”的马太效应。

## (二) 不同减排方案对效用的影响

本文模拟了纯时间贴现率分别为 0.1%、1.5% 和 3% 时不同方案下各经济体的效用，并与对应纯时间贴现率下不减排方案的效用值进行比较。下面以纯时间贴现率为 1.5% 为例分析不同减排方案对社会效用的影响。纯时间贴现率分别为 0.1% 和 3% 时不同方案下效用的变化见黄蕊（2014）。

### 1. Nordhaus 方案

与不减排方案下各经济体的累积福利值相比，Nordhaus 方案下各经济体的累积福利值的变化率如图 2 所示。

由图 2 可知，俄罗斯和印度的累积福利受到的负面影响最大，其次是中等偏上收入国家。欧盟和日本的累积福利受到的影响最小。此外，不同经济体累积福利的变化率表现出不同的曲线特征，在模拟期内，低收入国家的累积福利值损失率不断增大，曲线呈现出不断下降的趋势，其他经济体的累积福利损失率前期逐渐增大，后期逐渐减小，表现为 U 型曲线。前期下降是因为减排带来了成本，后期下降是因为采取减排方案，减少碳排放会导致温度相比于不减排方案下降，这就会导致经济损失减少，消费量增加，进而福利增加。所以，相比于不减排方案，后期会有一个上升的趋势。相较于不减排方案下各经济体的累积福利值，不同纯时间贴现率下各经济体 2100 年的累积福利值变化情况如表 5 所示。

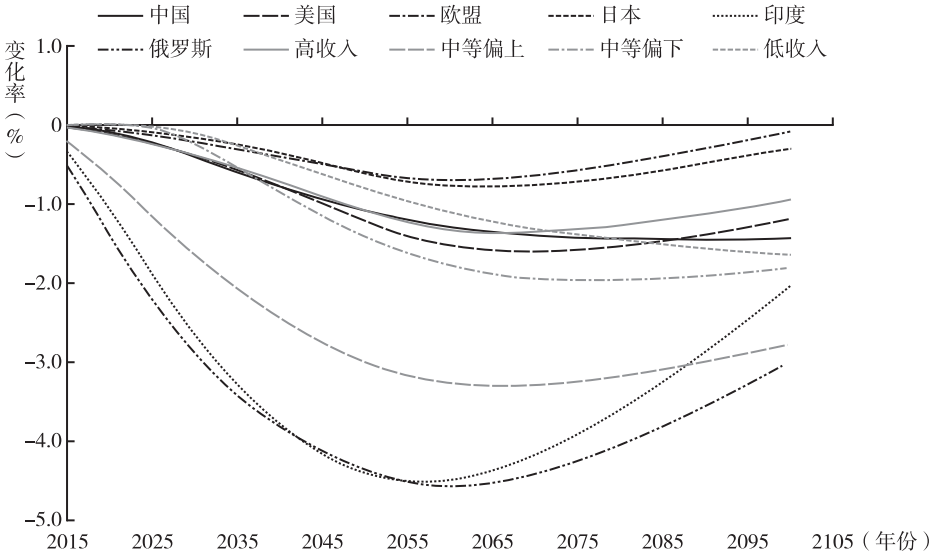


图2 1.5%纯时间贴现率下 Nordhaus 方案各经济体的累积福利值的变化率

表5 Nordhaus 方案下 2100 年各经济体累积福利值的变化率 (单位: %)

各经济体	$\rho = 0.1\%$	$\rho = 1.5\%$	$\rho = 3\%$
中国	-1.50	-1.43	-1.31
美国	-1.06	-1.19	-1.18
欧盟	+0.21	-0.09	-0.28
日本	-0.08	-0.29	-0.41
印度	-1.25	-2.03	-2.71
俄罗斯	-2.35	-2.99	-3.43
高收入国家	-0.80	-0.95	-0.98
中等偏上收入国家	-2.60	-2.77	-2.78
中等偏下收入国家	-1.82	-1.80	-1.69
低收入国家	-1.81	-1.64	-1.40

## 2. Stern 方案

与不减排方案下各经济体的累积福利值相比，Stern 方案下各经济体累积福利值的变化率如图 3 所示。

由图 3 可知，印度、中等偏下收入国家、中等偏上收入国家和俄罗斯的累积福利都受到较大的负面影响，欧盟和日本的累积福利受到的影响最小，中国的累积福利损失率不断下降，这是因为 Stern 方案中要求中国大量减排，造成经济增长速度减缓，



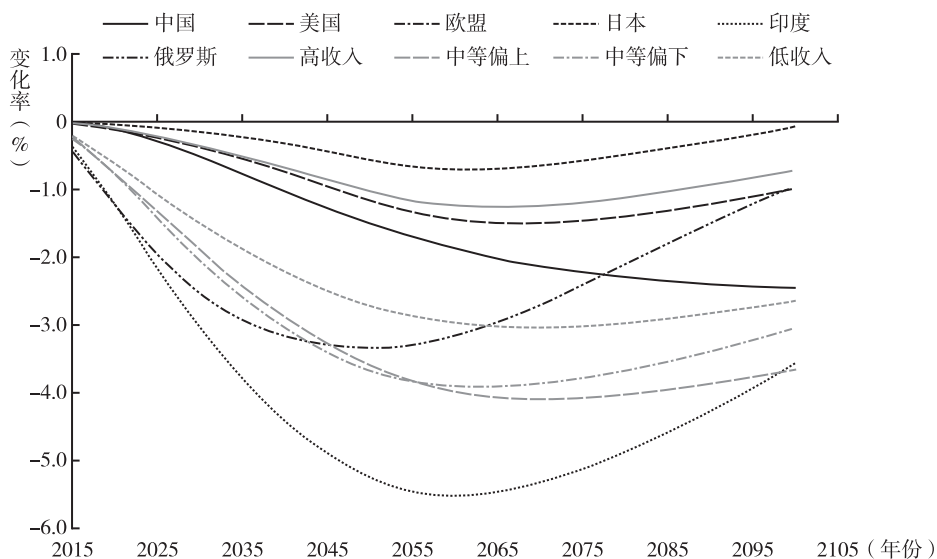


图3 1.5%纯时间贴现率下 Stern 方案各经济体累积福利值的变化率

人均消费减少。相较于不减排方案下各经济体的累积福利值，不同纯时间贴现率下各经济体 2100 年的累积福利值变化情况如表 6 所示。

表 6 Stern 方案下 2100 年各经济体累积福利值的变化率 (单位: %)

各经济体	$\rho = 0.1\%$	$\rho = 1.5\%$	$\rho = 3\%$
中国	-2.76	-2.46	-2.21
美国	-0.80	-0.99	-1.05
欧盟	+0.49	+0.12	-0.14
日本	+0.21	-0.08	-0.27
印度	-2.97	-3.57	-4.06
俄罗斯	-0.11	-0.97	-1.71
高收入国家	-0.50	-0.72	-0.83
中等偏上收入国家	-3.59	-3.67	-3.57
中等偏下收入国家	-2.78	-3.05	-3.21
低收入国家	-2.56	-2.65	-2.65

### 3. WZW 方案

与不减排方案下各经济体的累积福利值相比，WZW 方案下，各经济体累积福利值的变化率如图 4 所示。

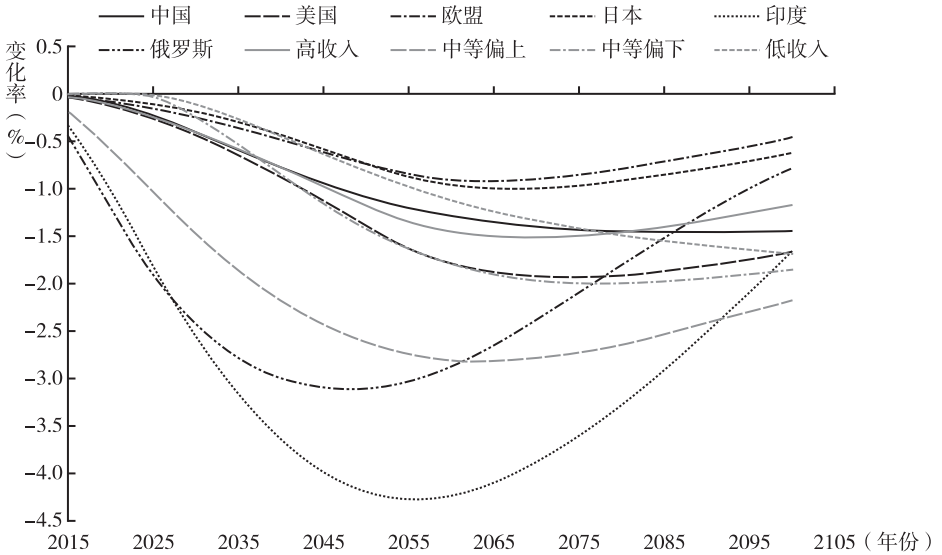


图4 1.5%纯时间贴现率下WZW方案各经济体累积福利值的变化率

由图4可知，不同的纯时间贴现率下，印度、俄罗斯和中等偏上收入国家的累积福利都受到较大的负面影响，欧盟和日本的累积福利受到的影响最小。WZW方案中尽管设置了低收入国家2020年以前不减排，并且2020年以后保持排放量不增长即可的情景，其福利值累积福利仍然不断减少，这是因为受到全球经济一体化下GDP溢出效应的影响。相较于不减排方案下各经济体的累积福利值，不同纯时间贴现率下各经济体2100年的累积福利值变化情况如表7所示。

表7 WZW方案下2100年各经济体累积福利值的变化率（单位：%）

各经济体	$\rho = 0.1\%$	$\rho = 1.5\%$	$\rho = 3\%$
中国	-1.51	-1.44	-1.31
美国	-1.64	-1.65	-1.53
欧盟	-0.24	+0.45	-0.55
日本	-0.47	-0.62	-0.66
印度	-0.84	-1.65	-2.38
俄罗斯	+0.02	-0.78	-1.49
高收入国家	-1.07	-1.17	-1.15
中等偏上收入国家	-1.92	-2.16	-2.27
中等偏下收入国家	-1.87	-1.84	-1.72
低收入国家	-1.86	-1.68	-1.43

## 四、讨论

本文模拟了不同贴现率对全球及各经济体福利的影响,并对不同减排方案下各经济体的累积福利受到的影响进行了模拟,结果发现:

不减排情景下,当贴现率为0.1%时,全球累积效用变大,各经济体累积效用值也变大,发展中国家的累积效用值变化最大;当贴现率为3%时,全球累积效用变小,各国的累积效用值也变小,同样也是发展中国家的累积效用值变化大。

不同的减排方案下各国的福利值呈现不同的变化趋势,这是因为不同方案下各国的减排要求不同。Nordhaus方案下,俄罗斯和印度的累积福利受到的负面影响最大,其次是中等偏上收入国家,欧盟和日本的累积福利受到的影响最小;Stern方案下,印度、中等偏下收入国家、中等偏上收入国家和俄罗斯的累积福利都受到较大的负面影响,欧盟和日本的累积福利受到的影响最小,中国的累积福利损失率不断下降;WZW方案下,印度、俄罗斯和中等偏上收入国家的累积福利受到较大的负面影响,欧盟和日本的累积福利受到的影响最小。

在使用集成评估模型对气候变化对未来福利的影响进行评估时,除了需要考虑代际公平外,不同国家的经济和社会发展水平也应予以考虑,应当为不同国家选择合适的贴现率,这样才能对气候变化的影响进行有效的评估,从而制定出公平合理的减排方案。

### 参考文献

顾高翔(2014):《全球经济互动与产业进化条件下的气候变化经济学集成评估模型及减排战略——CINICIA的研发与应用》,北京:中国科学院大学博士论文,第183~223页。

黄蕊(2014):《EMRICES+研发及其对中国协同减排政策的模拟》,上海:华东师范大学博士论文,第165~166页。

刘昌新(2013):《新型集成评估模型的构建与全球减排合作方案研究》,北京:中国科学院大学博士论文,第99页。

刘昌义(2012):《气候变化经济学中贴现率问题的最新研究进展》,《经济学动态》第3期,第123~129页。

王铮、刘筱、刘昌新等(2014):《气候变化伦理的若干问题探讨》,《中国科学:地球科学》第7期,第1600~1608页。

王铮、张帅、吴静(2012):《一个新的RICE簇模型及其对全球减排方案的分析》,《科学通报》第26期,第2507~2515页。

张帅(2012):《IAM的RICE簇气候保护政策模拟系统设计与实现》,北京:中国科学院研究生院硕士论文,第44~67页。

朱潜挺(2012):《含碳交易环节的气候保护集成评估模型研究》,北京:中国科学院研究生院

博士论文，第100页。

Ackerman, F. and I. Finlayson (2006), "The Economics of Inaction on Climate Change: A Sensitivity Analysis", *Climate Policy*, 6(5), pp. 509 – 526.

Beckerman, W. and C. Hepburn (2007), "Ethics of the Discount Rate in the Stern Review on the Economics of Climate Change", *World Economics*, 8(1), pp. 187 – 210.

Bruin, K. C., R. B. Dellink, and R. S. J. Tol (2009), "AD-DICE: An Implementation of Adaptation in the DICE Model", *Climatic Change*, 95, pp. 63 – 81.

Byatt, I., I. Castles, and I. M. Goklany, et al. (2006), "The Stern Review: A Dual Critique: Part II: Economic Aspects", *World Economics*, 7(4), pp. 199 – 232.

Carter, R. M., C. R. Freitas, and I. M. Goklany et al. (2006), "The Stern Review: A Dual Critique: Part I: The Science", *World Economics*, 7(4), pp. 165 – 198.

Dasgupta, P. (2008), "Discounting Climate Change", *Journal of Risk and Uncertainty*, 37(2), pp. 141 – 169.

Gollier, C. (2006), "An Evaluation of Stern's Report on the Economics of Climate Change", *IDEI Working Paper*, p. 464.

Intergovernmental Panel on Climate Change (2007), The 4th Assessment Report. <http://www.ipcc.ch>

Mendelsohn, R. O. (2006), "A Critique of the Stern Report", *Regulation (Winter 2006 – 2007)*, pp. 42 – 46.

Nordhaus, W. D. (1992), "An Optimal Transition Path for Controlling Greenhouse Gases", *Science*, 258 (5086), pp. 1315 – 1319.

Nordhaus, W. D. (2007), "A Review of the Stern Review on the Economics of Climate Change", *Journal of Economic Literature*, 45(3), pp. 686 – 702.

Nordhaus, W. D. (2014), "The Ethics of Efficient Markets and Commons Tragedies: A Review of John Broome's Climate Matters: Ethics in A Warming World", *Journal of Economic Literature*, 52(4), pp. 1135 – 1141.

Nordhaus, W. D. and Z. L. Yang (1996), "Regional Dynamic General-Equilibrium Model of Alternative Climate-Change Strategies", *The American Economic Review*, 86(4), pp. 741 – 765.

Popp, D. (2004), "ENTICE: Endogenous Technological Change in the DICE Model of Global Warming", *Journal of Environmental Economics and Management*, 48(1), pp. 742 – 768.

Rawls, J. (1971), *A Theory of Justice*. Cambridge: Belknap Press, pp. 109 – 112.

Stern, N. (2007), *The Economics of Climate Change—The Stern Review*, Cambridge: Cambridge University Press.

Tol, R. S. J. and G. W. Yohe (2006), "A Review of the Stern Review", *World Economics*, 7(4), pp. 233 – 250.

Toth, F. L. (1995), "Discounting in Integrated Assessments of Climate Change", *Energy Policy*, 23(4 – 5), pp. 403 – 409.

Weitzman, M. L. (1998), "Why the Far Distant Future Should Be Discounted at Its Lowest Possible Rate", *Journal of Environmental Economics and Management*, 36(3), pp. 201 – 208.

Yang, Z. L. and P. Sirianni (2010), "Balancing Contemporary Fairness and Historical Justice: A Quasi-Equitable Proposal for GHG Mitigations", *Energy Economics*, 32(5), pp. 1121 – 1130.

Yang, Z. and S. Menon (2013), "Tacking Negatively Correlated Global and Local Externalities: An Economic Study of Multiple Gases Issue in Climate Change", *Climate Change Economics*, 4(3), pp. 1-21.

## The Sensitivity and Ethical Analysis of Discount Rate in the Climate Assessment Model

HUANG Rui<sup>1,2,3</sup>, LIU Chang-xin<sup>4</sup>, LIU Xiao<sup>5</sup>

(1. Key Laboratory of Virtual Geographic Environment for the Ministry of Education, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China;

2. East China Normal University, Key Laboratory of Geographical Information Science, Ministry of State Education of China, Shanghai 200062, China;

3. Jiangsu Center for Collaborative Innovation in Geographical Information Resource Development and Application, Nanjing 210023, China;

4. Institute of Policy and Management Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China;

5. Shenzhen University, College of Management, Guangdong 518060, China)

**Abstract:** In this paper, the effects of different rates of pure time preference and different emission reduction schemes on the global and regional welfares were simulated. The result shows, when the rate of pure time preference is 0.1%, the global accumulated utility becomes larger compared to that when the rate of pure time preference is 1.5%. The cumulative welfare of developing countries changed relatively greatly. When the rate of pure time preference is 3%, the global accumulated utility becomes smaller compared to that when the rate of pure time preference is 1.5%, the cumulative utility of developing countries also changed relatively greatly. Different climate protection schemes have different effects on the global and regional welfares as well. Under Nordhaus reduction scheme, the utilities of India and Russia changed the most, followed by higher-income countries. Under Stern reduction scheme, the utilities of India, Higher-income countries, lower-income countries and Russia changed the most. The utilities of China decreased continuously. Under WZW reduction scheme, the utility of India, Russia, higher-income countries changed the most. The utilities of EU and Japan changed little under the three reduction schemes.

**Key Words:** discount rate; sensitivity analysis; utility; climate protection scheme

责任编辑: 丛晓男