

Doi:10.11835/j.issn.1008-5831.jg.2019.09.001

欢迎按以下格式引用:王荧,黄茂兴.国际气候基金的资金筹集与资金分配的理论探索:兼顾全球帕累托最优与财政收支平衡分析[J].重庆大学学报(社会科学版),2020(4):70-81. Doi:10.11835/j.issn.1008-5831.jg.2019.09.001.



**Citation Format:** WANG Ying, HUANG Maoxing. Theoretical study on fund raising and allocation of international climate fund taking global Pareto optimal and fiscal balance into consideration[J]. Journal of Chongqing University (Social Science Edition), 2020(4):70-81. Doi:10.11835/j.issn.1008-5831.jg.2019.09.001.

# 国际气候基金的资金筹集与 资金分配的理论探索 ——兼顾全球帕累托最优与财政收支平衡分析

王 荧<sup>1</sup>,黄茂兴<sup>2</sup>

(1. 福建江夏学院 金融学院,福建 福州 350108;2. 福建师范大学 经济学院,福建 福州 350007)

**摘要:**通过构建数理模型,文章分析了国际气候基金应该如何筹集和分配资金,才能同时实现全球气候治理的帕累托最优与自身的财政收支平衡。为此,首先,构建全球气候治理的帕累托最优模型与市场均衡模型,并分别求得帕累托最优实现条件和市场均衡条件;其次,比较二者,求得使市场均衡结果实现全球帕累托最优的唯一的价格条件;紧接着,在该价格条件的基础上,纳入财政收支平衡的考虑,进而推导出兼顾全球帕累托最优与财政收支平衡下的国际气候基金的资金筹集与资金分配所需要遵循的唯一规则;在此基础上,给出了兼顾全球帕累托最优与财政收支平衡下的国际气候基金的资金筹集与资金分配的全部可选方案;最后,提出了逐步推进国际气候基金建设的政策建议。文章的创新有两点:对 Baumol 和 Oates 构建的公共外部性模型的假设条件进行修正,从而使本文的结论更加适合于全球气候治理分析;推导得出同时实现全球帕累托最优和国际气候基金收支平衡的唯一价格条件。

**关键词:**国际气候基金;财政收支平衡;资金筹集与资金分配;全球帕累托最优模型;市场均衡模型

**中图分类号:**F811.4;P467 **文献标志码:**A **文章编号:**1008-5831(2020)04-0070-12

修回日期:2019-04-20

**基金项目:**国家社会科学基金项目“我国耕地保护中的土地发展权机制创新的实践与理论研究”(15BJY080)

**作者简介:**王荧(1980—),男,福建人,福建江夏学院金融学院副教授,博士,主要从事资源与环境经济学研究,Email:55780836@qq.com;  
黄茂兴(1976—),男,福建人,福建师范大学经济学院教授,博士研究生导师,主要从事区域经济学、技术经济学和竞争力经济学研究。

## 一、问题与文献回顾

温室气体过度排放引起的气候变迁将影响全人类的生存与发展,因而控制温室气体排放、减缓和适应气候变迁成为世界各国普遍关注的全球公共问题之一。然而,气候损失在全球的分布并不均衡,世界各国对气候变暖负有的历史责任也不一样——发达国家作为历史温室气体的主要排放者,其对当前的气候变暖负有不可推卸的责任<sup>[1]</sup>,同时,世界各国经济发展水平、科学技术水平、生态环境状态等方面存在巨大差异,导致温室气体减排能力也存在巨大差异。因此,需要跨国间的资金支持与技术援助来协调世界各国的责任担当与减排行动<sup>[2-4]</sup>。国际气候基金正是在这样的背景下发展兴起。目前,涉及国际气候治理的环境资金机制主要包括:全球环境基金(Global Environmental Facility,简称GEF)<sup>[5]</sup>、特别气候变化基金(The Special Climate Change Fund,简称SCCF)、最不发达国家基金(Least Developed Countries Fund,简称LDCF)、适应基金(Adaptation Fund,简称AF)<sup>[6]</sup>,以及绿色气候基金(Green Climate Fund,简称GCF)。不过,这些国际气候基金的融资规模有限,还未形成稳定的长期资金来源途径,因此,难以架构起一个系统、全面的机制以协调世界各国参与全球气候治理的利益差异<sup>[7]</sup>。以GCF为例,国际社会对其寄予厚望,希望其能在2020年后成为联合国气候变化框架公约(United Nations Framework Convention on Climate Change,简称UNFCCC)框架下资金机制的主渠道<sup>[1]</sup>。按照《哥本哈根协议》和《坎昆协议》的要求,为了帮助发展中国家应对气候变化,发达国家要在2010年至2012年间出资300亿美元作为GCF的快速启动资金,到2020年,每年要提供1000亿美元的长期资金。然而,目前发达国家向GCF的注资仅有103亿美元,与约定的目标相去甚远<sup>[7-10]</sup>。因此,国际气候基金议题依然是学术界关注的热点。

如何筹集和分配资金是国际气候基金的核心问题。其中,对于国际气候基金的资金筹集,现有文献主要形成以下10种观点:(1)通过国际温室气体排放权初始分配的拍卖的融资方案<sup>[11]</sup>;(2)通过征收国际航空航海碳税的融资方案<sup>[11]</sup>;(3)通过征收国际统一碳税的融资方案<sup>[11-12]</sup>;(4)通过对清洁发展机制(Clean Development Mechanism,简称CDM)交易征税的融资方案<sup>[11]</sup>;(5)基于国际货币基金组织特别提款权(Special Drawing Right,简称SDR)的融资方案<sup>[9]</sup>;(6)发达国家根据历史排放责任的融资方案<sup>[7]</sup>;(7)基于经济实力的分摊方案<sup>[7]</sup>;(8)基于联合国会费分摊经验的方案<sup>[1]</sup>;(9)基于官方开发援助计划(Official Development Assistance,简称ODA<sup>①</sup>)的融资分摊方案<sup>[1]</sup>;(10)基于全球环境基金的融资分摊方案<sup>[1]</sup>。对于国际气候基金的资金分配,现有文献主要形成以下4种观点:(1)根据碳减排贡献原则分配资金<sup>[1]</sup>;(2)依赖于不同发展中国家的适应性需求和减排潜力进行分配<sup>[12]</sup>;(3)基于各国气候损失和经济实力进行分配<sup>[13]</sup>;(4)基于结果公平和程序公平的气候基金分配体系<sup>[14]</sup>。部分文献还对各种资金筹集和资金分配方案的运行效果进行了模拟分析<sup>[1,14-15]</sup>。学者们对资金筹集与分配研究取得了丰硕成果,不过也还存在着不足。

首先,国际气候基金的追求目标会影响其资金筹集与资金分配的方式途径。当前,GEF、SCCF、LDCF、AF、GCF等国际气候基金机制的主要目的是帮助发展中国家适应气候变化。但是,这些国际气候基金不理想的融资现状,说明了这样的目标引领似乎难以被世界各国全面接受,进而难以架构

<sup>①</sup>ODA是指发达国家(目前共24个国家,均属于OECD组织)为促进发展中国家的经济发展和改善福利向发展中国家或多边机构提供的赠款,或赠与成分不低于25%的优惠贷款。

起一个长期稳定的国际气候利益协调机制。然而,现有文献大都局限在现有国际气候基金机制的既定目标下讨论资金筹集与分配,并且也未能将资金筹集和分配与目标设定紧密联系起来。本研究认为:尽管当前 GEF、SCCF、LDCF、AF、GCF 等国际气候基金机制的目的主要在于帮助发展中国家适应气候变化,但这不应该是国际气候基金的最终目标;作为应对温室气体过度排放引起的气候变迁的重要举措,国际气候基金最核心的任务是在弄清温室气体过度排放原因的基础上,解决气候变迁问题,而其资金筹集与分配应该要为实现该目标服务。理论上,温室气体排放引起的气候变迁的原因已经较为明确<sup>[4]</sup>:之所以会造成温室气体的过度排放,其根本原因是温室气体排放会带来公共外部影响——作为一种外部影响,市场中的经济主体排放温室气体而引起气候变迁给全球其他经济主体带来的损失,未被纳入该经济主体的成本—收益决策之中,最终造成全球温室气体的排放超过了帕累托最优量<sup>[4]</sup>。作为国际社会应对气候变迁的重要机制,国际气候基金最终还是要将实现全球气候治理的帕累托最优作为其自身目标。因此,需要在理论上进一步分析,国际气候基金应该怎么进行资金筹集与资金分配,才能使市场均衡结果实现全球帕累托最优。

其次,对于国际气候基金的资金筹集与资金分配,现有文献大都从实证分析和原则探讨角度去研究,较少去理论建模方面去论证分析。正如上文分析,需要从理论建模角度明确,国际气候基金应该怎么进行资金筹集与资金分配,才能使市场均衡结果实现全球帕累托最优。然而,现有对于全球气候治理的建模文献,主要集中于全球气候治理协议形成的博弈分析、全球环境政策与本地环境政策的协调分析等方面。Baumol 和 Oates 构建了公共外部性的数理模型,论证了使市场均衡结果实现帕累托最优的唯一价格条件<sup>[16]</sup>。作为一种全球公共外部性,原则上,Baumol 和 Oates 的结论也适用于全球气候治理分析。不过,Baumol 和 Oates 的结论的证明是基于一个假设条件:存在一种被任何一个消费者、厂商都使用的商品,同时该商品存在统一的交易市场,即,该商品可以成为不同消费者、不同厂商的价值衡量标准。Baumol 和 Oates 认为这一假设条件在现实经济中是成立的——休闲(劳动)是这样的一种产品——即,任何一个消费者均要休息(没有一个人能每天 24 小时工作),任何一个厂商均要使用劳动力<sup>[16]43</sup>,劳动可以成为所有消费者和厂商共同价值标准。然而,现实经济中,并未存在一个全球统一的劳动力市场以及相应的统一的劳动力价格,因此,在分析气候变迁这样的全球公共外部性时,该假设条件似乎并不满足。为此,本文对该假设条件进行拓展,形成了本文的假设四,从而使本文的结论更加适合于全球公共外部性分析。

再次,现有大部分文献要么从资金筹集、要么从资金分配等单个方面去探讨,较少将资金筹集与资金分配作为一个整体去研究。然而,作为一个非营利性的国际组织,国际气候基金要实现长期运作,还必须综合资金筹集与资金分配,考虑其自身的财政收支平衡的问题。那么财政收支平衡约束会对国际气候基金的资金筹集与资金分配方案产生怎样的影响,对于这一问题现有文献较少探讨。事实上,相比于不考虑财政收支平衡的情况,考虑财政收支平衡约束下的庇古税(补贴)将略有不同<sup>[16]49</sup>。为此,本文在使市场均衡结果实现帕累托最优的价格条件上,加入国际气候基金收支平衡的考虑,求得兼顾帕累托最优和国际气候基金收支平衡的唯一实现条件。

最后,在同时实现全球气候治理的帕累托最优和自身收支平衡的目标追求下,国际气候基金所有的资金筹集和资金分配可选方案有哪些?当前,《哥本哈根协议》和《坎昆协议》明确的绿色气候基金的资金筹集与资金分配方案——发达国家作为绿色气候基金的主要来源、发展中国家作为绿

色气候基金的主要分配对象的方案是否也是兼顾帕累托最优和国际气候基金收支平衡的方案?对于这些问题,现有文献都未给出系统的回答。为此,本文在兼顾帕累托最优和国际气候基金收支平衡的唯一实现条件的基础上,系统梳理国际气候基金所有可能的资金筹集与资金分配方案,同时结合现实情况,探讨了《哥本哈根协议》和《坎昆协议》明确的现有方案的可行性,并进一步分析了未来国际气候基金其他可行的资金筹集与资金分配方案。

本文的后续章节安排如下:第二节阐述了本文要解决的基本问题、解决该问题的基本思路和模型构建的基本假设;第三节构建数理模型,求得使市场均衡结果实现全球帕累托最优的唯一的均衡价格条件;第四节在最优均衡价格条件的基础上,纳入财政收支平衡的考虑,推导出兼顾全球帕累托最优与国际气候基金财政收支平衡的唯一实现条件;第五节给出了兼顾全球帕累托最优与财政收支平衡下的国际气候基金的资金筹集与资金分配的可选方案;第六节总结了研究结论,并结合实际情况,进一步讨论了国际气候基金短期和长期的资金筹集与资金分配的可行方案。

## 二、基本问题、基本思路与基本假设

### (一) 基本问题

假设,世界范围内共有  $I$  个国家生产消费  $K$  种产品,用  $i$  和  $\bar{i}$  作为国家的索引,用  $k$  作为产品的索引; $x_{ki}$  为第  $i$  个国家消费的第  $k$  种产品数量, $y_{ki}$  为第  $i$  个国家生产(或使用)的第  $k$  种产品数量, $r_{ki}$  表示第  $i$  个国家拥有的第  $k$  种产品的初始量, $s_i$  表示第  $i$  个国家温室气体净排放量(等于温室气体排放总量减去温室气体吸收量),用  $S$  表示最终全球总的温室气体净排放量, $S = \sum_i s_i$ ,进而有  $\frac{\partial S}{\partial s_i} = 1$ ;  $f_i(y_{1i}, \dots, y_{Ki}, s_i)$  为第  $i$  个国家的生产边界, $f_i(y_{1i}, \dots, y_{Ki}, s_i) \leq 0$  为第  $i$  个国家的生产可能性区域; $U_i(x_{1i}, \dots, x_{Ki}, S)$  为第  $i$  个国家的福利,它是第  $i$  个国家消费的  $K$  种产品数量以及全球总的温室气体净排放量  $S$  的函数,其中, $K$  种产品数量带来的是正福利。由于有  $\frac{\partial S}{\partial s_i} = 1$ ,因此,有  $\frac{\partial U_i}{\partial s_i} = \frac{\partial U_i}{\partial S} \cdot \frac{\partial S}{\partial s_i} = \frac{\partial U_i}{\partial S}$ 。本研究要解决的问题是:国际气候基金该如何筹集资金与分配资金,才能既实现全球气候治理的帕累托最优,又能实现国际气候基金的财政收支平衡。

### (二) 基本思路

为了解决上述基本问题,本研究将遵循以下思路展开研究:首先,以非线性规划理论为基础,分别构建全球气候治理的帕累托最优模型和全球市场交易模型,并根据 K-T 定理分别求得帕累托最优实现条件和市场均衡条件。其次,比较帕累托最优实现条件和市场均衡条件,就可以求得应该要满足怎样的价格条件,才可以使市场均衡结果实现帕累托最优。最后,根据使市场均衡结果实现帕累托最优的价格条件,加入财政收支平衡的约束,推导总结国际气候基金的资金筹集与资金分配方案。

### (三) 基本假设

假设一:国际气候基金要兼顾全球气候治理的帕累托最优和自身财政收支平衡。本研究认为,作为国际社会应对气候变迁的重要机制,将实现全球气候治理的帕累托最优作为国际气候基金的最终目标,更容易促进世界各国达成共识,进而引领全球气候治理的共同行动。同时,作为一个非营利性的国际气候基金机制,国际气候基金要实现长期持续运作,还必须综合资金筹集与资金分

配,将其自身的财政收支平衡作为一个内在的目标约束。

假设二:每个国家都追求自身福利最大化。尽管各国也会有利他行为,但是,追求自身利益最大化应该还是各国最根本的利益出发点和归属点。

假设三:每个国家的消费可行集是封闭的凸集,并且包含空的消费组合向量;每个国家的福利函数均是二阶可微、严格递增和严格凹型;每个国家的生产可行性集都是凸集,均由一组二阶可微的技术约束来定义。在该假设下,后文最大化问题的解存在并且是唯一的<sup>[16]37</sup>。

假设四:存在这样一组商品:(1)将所有国家分为任意的两个集合,该组商品中至少一种商品分别被每个集合中至少一个国家生产和消费使用;(2)该组商品中任何一种商品均存在统一的交易市场。该假设保证了任意两个国家均可以通过该组商品产生直接或间接的互相关联,即,不存在任何的国家孤岛,从而,所有国家之间可以通过相互关联的市场进行价值衡量和比较。Baumol 和 Oates 的假设实际上是该假设一个特例,即,该组商品只有休闲(劳动)一个商品。可以以一个简单例子进一步说明:假设有甲、乙、丙三个国家,甲和乙之间有交易 A 商品,乙和丙之间有交易 B 商品;尽管甲和丙之间没有任何经济往来,但,他们之间可以通过乙以及 A、B 两个商品市场进行关联和价值衡量、比较;这里的 A 和 B 就是本假设四所说的那一组商品。Baumol 和 Oates 的假设是要求甲、乙、丙三个国家两两之间都要有经济往来,即,有一个各国都生产或使用的商品,并且该商品有共同的市场进行交易并形成共同的价格。很明显,Baumol 和 Oates 的假设只是本假设四的一个特例,本假设四是现实世界更真实的写照。

### 三、全球气候治理的帕累托最优实现条件

#### (一) 全球帕累托最优模型分析

参考 Marchiori 等<sup>[17]</sup>的变量设置,对 Baumol 和 Oates<sup>[16]38</sup>的模型进行修改,可以构建模型(1)来描述全球气候治理的帕累托问题:

$$\begin{aligned} \max: & \quad U_1(x_{11}, \dots, x_{K1}, S) \\ \text{s. t. :} & \quad U_i(x_{1i}, \dots, x_{Ki}, S) \geq \bar{U}_i \quad \forall i = 2, 3, \dots, I, \\ & \quad f_i(y_{1i}, \dots, y_{Ki}, s_i) \leq 0 \quad \forall i, \\ & \quad \sum_i x_{ki} \leq \sum_i (y_{ki} + r_{ki}) \quad \forall k. \end{aligned} \quad (1)$$

模型(1)是在生产可能性区域 $f_i(y_{1i}, \dots, y_{Ki}, s_i) \leq 0 \quad \forall i$ 、产品数量 $\sum_i x_{ki} \leq \sum_i (y_{ki} + r_{ki}) \quad \forall k$ 等约束下,各国对各种资源投入、商品产出、商品消费以及温室气体排放与削减等方面进行最优的数量与结构的选择,以实现全球气候治理的帕累托最优:在不使其他所有国家福利水平减少的前提下,最大化任何一个国家(假设随意选择第 1 个国家)的福利。

此外,需要进一步说明的是,应对气候变化,不仅要减少温室气体排放,也要采取积极主动的适应行动,即,全球气候治理应该包括温室气体排放与削减、适应气候变化等诸多方面。其中,适应气候变化主要是各国通过投入各种资源,加强适应能力建设,以减轻气候变化对自然生态系统和社会经济系统的不利影响。在模型(1)中,适应气候变化反映在各国对各种资源的消费使用进行最优选择,以实现温室气体存量 S 给各国带来的最合理的效用水平。因此,本文的全球帕累托最优,一方面是包括一般产品和公共产品的所有资源配置的帕累托最优;另一方面是包括温室气体排放与削减、

适应气候变化等全球气候治理的所有方面的帕累托最优。

式(1)的拉格朗日式为:

$$L_1 = \sum_i \lambda_i [U_i(\cdot) - \bar{U}_i] - \sum_i \mu_i f_i(\cdot) - \sum_k \omega_k [\sum_i x_{ki} - \sum_i (y_{ki} + r_{ki})] \quad (2)$$

根据 K-T 定理,由拉格朗日式  $L_1$  可知全球帕累托最优的实现条件(见表 1“全球帕累托最优实现条件方程组”)。

## (二) 市场均衡模型分析

可以用式(3)描述市场中第  $i$  个国家的自身福利最大化的选择模型:

$$\begin{aligned} \min: & \sum_k [p_k(x_{ki} - y_{ki} - r_{ki})] + t(s_i - \bar{s}_i) - T_i \times S \\ \text{s. t. :} & U_i(x_{1i}, \dots, x_{ki}, S) \geq \bar{U}_i \\ & f_i(y_{1i}, \dots, y_{ki}, s_i) \leq 0. \end{aligned} \quad (3)$$

式(3)中,  $p_k$  为第  $k$  种产品的价格;  $t$  为一单位温室气体排放权的价格;  $\bar{s}_i$  为第  $i$  个国家拥有的初始温室气体排放权数量<sup>②</sup>,因此,全球总的初始温室气体排放权核配量为  $\bar{S} = \sum_i \bar{s}_i$ ;  $T_i$  为对第  $i$  个国家给予(征收)的一单位温室气体补贴(税额),  $T_i > 0$  为补贴,  $T_i < 0$  为征税,因此,  $t(s_i - \bar{s}_i) - T_i \times S$  表示第  $i$  个国家在温室气体净排放中产生的净税额(净税额可以是正的,也可以是负的)。由此可见,式(3)描述了第  $i$  个国家的自身福利最大化的最优选择:在生产可能性区域  $f_i(y_{1i}, \dots, y_{ki}, s_i) \leq 0$  约束、福利保持不减少等前提下,进行最优选择,最终实现开销最小化。

式(3)的拉格朗日式为:

$$L_2 = \sum_k [p_k(x_{ki} - y_{ki} - r_{ki})] + t(s_i - \bar{s}_i) - T_i \times S - \alpha_i [U_i(\cdot) - \bar{U}_i] + \beta_i f_i(\cdot) \quad (4)$$

根据 K-T 定理,由拉格朗日式  $L_2$  可知全球市场的均衡条件(见表 1“市场均衡条件方程组”)。

表 1 全球帕累托最优实现条件与有合作管制机制下的市场均衡条件比较

变量	全球帕累托最优实现条件方程组	市场均衡条件方程组	最优均衡价格条件
$x_{ki}$	$\lambda_i \frac{\partial U_i}{\partial x_{ki}} - \omega_k \leq 0$ $x_{ki} (\lambda_i \frac{\partial U_i}{\partial x_{ki}} - \omega_k) = 0$ (5 <sup>a</sup> )	$p_k - \alpha_i \frac{\partial U_i}{\partial x_{ki}} \geq 0$ $x_{ki} (p_k - \alpha_i \frac{\partial U_i}{\partial x_{ki}}) = 0$ (5 <sup>c</sup> )	$p_k = \omega_k$ $\alpha_i = \lambda_i$ (5 <sup>e</sup> )
$y_{ki}$	$\omega_k - \mu_i \frac{\partial f_i}{\partial y_{ki}} \leq 0$ $y_{ki} (\omega_k - \mu_i \frac{\partial f_i}{\partial y_{ki}}) = 0$ (6 <sup>a</sup> )	$p_k - \beta_i \frac{\partial f_i}{\partial y_{ki}} \leq 0$ $y_{ki} (p_k - \beta_i \frac{\partial f_i}{\partial y_{ki}}) = 0$ (6 <sup>c</sup> )	$p_k = \omega_k$ $\mu_i = \beta_i$ (6 <sup>e</sup> )
$s_i$	$\mu_i \frac{\partial f_i}{\partial s_i} = \sum_i (\lambda_i \frac{\partial U_i}{\partial s_i})$ (7 <sup>a</sup> )	$\beta_i \frac{\partial f_i}{\partial s_i} = T_i - t + \alpha_i \frac{\partial U_i}{\partial s_i}$ (7 <sup>c</sup> )	$\alpha_i = \lambda_i$ $\mu_i = \beta_i$ $T_i - t = \sum_{i \neq i} (\lambda_i \frac{\partial U_i}{\partial s_i})$ (7 <sup>e</sup> )

资料来源:本研究整理。

②第  $i$  个国家拥有的初始温室气体排放权数量,与第  $i$  个国家当前温室气体排放数量是不同概念,第  $i$  个国家拥有的初始温室气体排放权数量是世界各国协商后赋予第  $i$  个国家的温室气体排放权数量。

### (三) 使市场均衡实现全球帕累托最优的最优均衡价格条件分析

把使市场均衡结果实现全球帕累托最优的价格条件称为最优均衡价格条件,可以证明<sup>③</sup>表1中“最优均衡价格条件”列中的3个式子(式(5<sup>e</sup>)—式(7<sup>e</sup>))就是所要求解的最优均衡价格条件。从经济行为角度,根据式(7<sup>e</sup>)可知,实现温室气体排放(或削减)的帕累托最优的条件:使得排放(或削减)一单位温室气体的经济行为给全球带来的边际总收益等于该行为对全球造成的边际总成本;根据式(7<sup>e</sup>)可知,各个国家追求自身福利最大化下的温室气体排放(或削减)的行为选择:使得排放(或削减)一单位温室气体的经济行为本国带来的边际收益等于该行为给本国造成的边际成本;因此,需要对各国排放(或削减)一单位温室气体的经济行为施加式(7<sup>e</sup>)的最优均衡价格条件约束,从而使得各国的温室气体排放(或削减)行为与全球帕累托最优的实现条件相一致。

## 四、兼顾帕累托最优和国际气候基金收支平衡的实现条件

### (一) 全球帕累托最优实现条件分析

国际气候基金设立的目标是协调各国的温室气体减排利益,最终实现全球气候治理的帕累托最优。由于最优均衡价格条件是市场均衡结果实现帕累托最优的唯一充分条件,因此,国际气候基金在对各国温室气体的净排放行为进行补贴或征收税赋时,必须要满足式(7<sup>e</sup>),即:

$$T_i - t = \sum_{i \neq i} (\lambda_{\bar{i}} \frac{\partial U_{\bar{i}}}{\partial s_i}) = \sum_{i \neq i} (\lambda_{\bar{i}} \frac{\partial U_{\bar{i}}}{\partial S}) \quad (8)$$

根据式(8),要想实现全球气候治理的帕累托最优,国际气候基金在进行资金筹集与资金分配时,必须满足帕累托规则:对于每个国家削减(增加)一单位温室气体排放的行为进行补贴,净补贴额等于削减(增加)的单位温室气体给全球其他国家带来的边际总福利,如果边际总福利为正,则净补贴额为正;反之,则净补贴额为负(即,需要对该国进行征收)。

此外,实现温室气体的最优均衡价格主要有两种机制。第一种为税费机制,即,公共管理者通过税或补贴的形式界定温室气体排放权的最优均衡价格。第二种为产权的市场交易机制:在清晰界定全球温室气体排放权总量的基础上,建立温室气体排放权的交易市场,让世界各国通过市场交易实现最优均衡价格,从而使制造或削减外部性的行为的边际收益与边际成本相等。

### (二) 兼顾全球帕累托最优与财政收支平衡的分析

国际气候基金组织除了要实现温室气体净排放的全球帕累托最优之外,同时,作为一个非营利性的国际组织,要实现自身的持续运作,还必须考虑基金财政收支平衡问题,即:所有国家净补贴总额应该等于零。由于,  $t(s_i - \bar{s}_i) - T_i \times S$  表示第  $i$  个国家在温室气体净排放中产生的净税额,因此,国际气候基金财政收支平衡的约束可以用式(9)描述:

$$\sum_{i=1}^I [t(\bar{s}_i - s_i) + T_i \times S] = 0 \quad (9)$$

结合式(8)和式(9),可以求得唯一的一组  $t$  和  $T_i$  的解(其中有  $\bar{S} - S(I+1) \neq 0$ ,推导过程从略,

<sup>③</sup>受文章篇幅所限,证明过程从略。感兴趣的读者可与作者联系索取。

若感兴趣,可与笔者联系):

$$t = \frac{S(I-1)}{S(1-I) - \bar{S}} \sum_i (\lambda_i \frac{\partial U_i^-}{\partial S}) = \frac{S(I-1)}{S(1-I) - \bar{S}} \sum_i (\lambda_i \frac{\partial U_i^-}{\partial s_i}) \quad (10)$$

根据式(8)和式(10),可以推知:

$$\begin{aligned} T_i &= \frac{S(I-1)}{S(1-I) - \bar{S}} \sum_i (\lambda_i \frac{\partial U_i^-}{\partial s_i}) + \sum_{i \neq i} (\lambda_i \frac{\partial U_i^-}{\partial s_i}) = \\ &= -\lambda_i \frac{\partial U_i}{\partial s_i} - \frac{\bar{S}}{S(1-I) - \bar{S}} \sum_i (\lambda_i \frac{\partial U_i^-}{\partial s_i}) = \\ &= -\lambda_i \frac{\partial U_i}{\partial S} - \frac{\bar{S}}{S(1-I) - \bar{S}} \sum_i (\lambda_i \frac{\partial U_i^-}{\partial S}) \end{aligned} \quad (11)$$

式(10)和式(11)中,  $\bar{S}$  为全球总的初始温室气体排放权核配总量,  $S$  为全球最终总的温室气体排放量,  $\lambda_i \frac{\partial U_i}{\partial S}$  为排放一单位的温室气体给第  $i$  个国家带来的边际福利损害,  $\sum_i (\lambda_i \frac{\partial U_i^-}{\partial S})$  为每单位

温室气体排放给全球带来的边际福利损害。称  $\theta = \frac{S(I-1)}{S(1-I) - \bar{S}}$  为财政收支平衡因子,财政收支平

衡因子只与全球总的初始温室气体排放权核配总量  $\bar{S}$ 、全球最终温室气体总量  $S$  和全球国家数  $I$ <sup>④</sup> 三个量有关,其中,与  $\bar{S}$  成正比、与  $S$  成反比、与  $I$  成反比。因此,式(10)和式(11)可以分别简化为式(12)和式(13):

$$t = \theta \sum_i (\lambda_i \frac{\partial U_i^-}{\partial S}) = \theta \sum_i (\lambda_i \frac{\partial U_i^-}{\partial s_i}) \quad (12)$$

$$T_i = (\theta + 1) \sum_i (\lambda_i \frac{\partial U_i^-}{\partial S}) - \lambda_i \frac{\partial U_i}{\partial S} = (\theta + 1) \sum_i (\lambda_i \frac{\partial U_i^-}{\partial s_i}) - \lambda_i \frac{\partial U_i}{\partial s_i} \quad (13)$$

由此得出,兼顾全球帕累托最优和财政收支平衡下,国际气候基金的资金筹集与资金分配的规则:(1)对于每个国家增加(削减)一单位温室气体排放的行为进行征税,征税额等于增加(削减)单位温室气体给全球所有国家带来的边际总福利与财政收支平衡因子的乘积,如果征税额为正,则需要对该国进行征收;反之,征税额为负,则需要对该国进行补贴。(2)需要对第  $i$  个国家针对每单位温室气体存量进行补贴,补贴额等于每单位温室气体给全球所有国家带来的边际总福利与财政收支平衡因子加上1的乘积减去该单位温室气体给第  $i$  个国家带来的边际福利,如果补贴额为正的则为补贴,如果补贴额为负的则为征收。

由于,式(8)是使市场均衡结果实现全球帕累托最优的唯一充要条件,式(9)是描述财政收支平衡的唯一方程式,即,二者都具有唯一性,因此,根据二者推导出来的唯一的一组解——式(12)和式

④准确地说,  $I$  应该是参与国际气候基金机制的国家数量,本研究假设全球所有国家均会参加国际气候基金机制。

(13)也具有唯一性。由此可知,本研究推导而得的国际气候基金的资金筹集与资金分配的规则也是能够同时实现全球气候治理的帕累托最优和国际气候基金财政收支平衡的唯一规则。

## 五、国际气候基金的资金筹集与资金分配的可选方案

将国际气候基金的目标设定在控制全球最终温室气体排放总量  $S$  刚好等于全球帕累托最优量,用  $S^*$  表示全球帕累托最优量,即,  $S = S^*$ , 将该等式代入式(12)和式(13),则有:

$$t_i^* = \theta^* \sum_i \left( \lambda_i \frac{\partial U_i}{\partial S^*} \right) \quad (14)$$

$$T_i^* = (\theta^* + 1) \sum_i \left( \lambda_i \frac{\partial U_i}{\partial S^*} \right) - \lambda_i \frac{\partial U_i}{\partial S^*} \quad (15)$$

式(14)和式(15)中财政收支平衡因子  $\theta^* = \frac{S^*(I-1)}{S^*(1-I) - \bar{S}}$ 。式(14)和式(15)则为兼顾全球帕累托最优和财政收支平衡下,国际气候基金的资金筹集与资金分配的标准。根据式(14)和式(15)可以得知第  $i$  个国家在温室气体净排放中产生的净补贴额:

$$\theta^* \sum_i \left( \lambda_i \frac{\partial U_i}{\partial S^*} \right) (\bar{s}_i - s_i) + [(\theta^* + 1) \sum_i \left( \lambda_i \frac{\partial U_i}{\partial S^*} \right) - \lambda_i \frac{\partial U_i}{\partial S^*}] \times S \quad (16)$$

由于,温室气体过度排放造成的气候变迁会给人类生存与发展带来不利影响,因此,式(16)中,  $\sum_i \left( \lambda_i \frac{\partial U_i}{\partial S^*} \right) \leq 0$ ;  $S^* > 0$ 。由此可以得出兼顾全球帕累托最优和财政收支平衡下,国际气候基金的资金筹集与资金分配的所有可选方案如下。

其一,国际气候基金的资金筹集的可能途径主要有三个。

资金筹集方案一,当  $\theta^* \leq 0$  时,历史温室气体净排放过多且超过初始排放权数量的国家应该要向国际气候基金组织上缴气候基金,即,如果第  $i$  个国家有  $\bar{s}_i - s_i < 0$ , 则  $\theta^* \sum_i \left( \lambda_i \frac{\partial U_i}{\partial S^*} \right) (\bar{s}_i - s_i) \leq 0$ , 因此其应该向国际气候基金组织上缴  $\theta^* \sum_i \left( \lambda_i \frac{\partial U_i}{\partial S^*} \right) (s_i - \bar{s}_i)$  数量的气候基金。

资金筹集方案二,当  $\theta^* > 0$  时,历史温室气体净排放过少且少于初始排放权数量的国家应该要向国际气候基金组织上缴气候基金,即,如果第  $i$  个国家有  $\bar{s}_i - s_i > 0$ , 则  $\theta^* \sum_i \left( \lambda_i \frac{\partial U_i}{\partial S^*} \right) (\bar{s}_i - s_i) \leq 0$ , 因此其应该向国际气候基金组织上缴  $\theta^* \sum_i \left( \lambda_i \frac{\partial U_i}{\partial S^*} \right) (s_i - \bar{s}_i)$  数量的气候基金。

资金筹集方案三,如果第  $i$  个国家有  $(\theta^* + 1) \sum_i \left( \lambda_i \frac{\partial U_i}{\partial S^*} \right) - \lambda_i \frac{\partial U_i}{\partial S^*} < 0$ , 则其应该向国际气候

基金组织上缴  $-\left[(\theta^* + 1) \sum_i \left(\lambda_i \frac{\partial U_i}{\partial S^*}\right) - \lambda_i \frac{\partial U_i}{\partial S^*}\right] \times S$  数量的气候基金。

其二,国际气候基金的资金分配的可能方案主要有三个。

资金分配方案一,当  $\theta^* \leq 0$  时,历史温室气体净排放过少且少于初始排放权数量的国家应该获得国际气候基金组织向其发放气候基金,即,如果第  $i$  个国家有  $\bar{s}_i - s_i > 0$ ,则  $\theta^* \sum_i \left(\lambda_i \frac{\partial U_i}{\partial S^*}\right) (\bar{s}_i - s_i) \geq 0$ ,因此国际气候基金组织应该向其分配  $\theta^* \sum_i \left(\lambda_i \frac{\partial U_i}{\partial S^*}\right) (\bar{s}_i - s_i)$  数量的气候基金。

资金分配方案二,当  $\theta^* > 0$  时,历史温室气体净排放过多且多于初始排放权数量的国家应该获得国际气候基金组织向其发放气候基金,即,如果第  $i$  个国家有  $\bar{s}_i - s_i < 0$ ,则  $\theta^* \sum_i \left(\lambda_i \frac{\partial U_i}{\partial S^*}\right) (\bar{s}_i - s_i) \geq 0$ ,因此国际气候基金组织应该向其分配  $\theta^* \sum_i \left(\lambda_i \frac{\partial U_i}{\partial S^*}\right) \times (\bar{s}_i - s_i)$  数量的气候基金。

资金分配方案三,如果第  $i$  个国家有  $(\theta^* + 1) \sum_i \left(\lambda_i \frac{\partial U_i}{\partial S^*}\right) - \lambda_i \frac{\partial U_i}{\partial S^*} > 0$ ,则国际气候基金组织应该向其分配  $\left[(\theta^* + 1) \sum_i \left(\lambda_i \frac{\partial U_i}{\partial S^*}\right) - \lambda_i \frac{\partial U_i}{\partial S^*}\right] \times S$  数量的气候基金。

## 六、结论和启示

本文首先构建了全球气候治理的帕累托最优模型与市场均衡模型,并分别求得帕累托最优实现条件和市场均衡条件;比较二者,求得使市场均衡结果实现全球帕累托最优的唯一的温室气体最优均衡价格条件:对于每个国家削减(增加)一单位温室气体排放的行为进行补贴,净补贴额等于削减(增加)的单位温室气体给全球其他国家带来的边际总福利,如果边际总福利为正,则净补贴额为正;反之,则净补贴额为负(即,需要对该国进行征收)。紧接着,在此基础上,纳入国际气候基金组织财政收支平衡的约束,推导出兼顾全球帕累托最优与财政收支平衡下的国际气候基金的资金筹集与资金分配规则:(1)对于每个国家增加(削减)一单位温室气体排放的行为进行征税,征税额等于增加(削减)单位温室气体给全球所有国家带来的边际总福利与财政收支平衡因子的乘积,如果征税额为正,则需要对该国进行征收;反之,征税额为负,则需要对该国进行补贴。(2)需要对第  $i$  个国家针对每单位温室气体存量进行补贴,补贴额等于每单位温室气体给全球所有国家带来的边际总福利与财政收支平衡因子加上 1 的乘积减去该单位温室气体给第  $i$  个国家带来的边际福利,如果补贴额为正的则为补贴,如果补贴额为负的则为征收。其中,财政收支平衡因子只与全球总的初始温室气体排放权核配总量  $\bar{S}$ 、全球最终温室气体总量  $S$  和全球国家数  $I$  三个量有关,其中,与  $\bar{S}$  成正比,与  $S$  成反比,与  $I$  成反比。需要明确的是,国际气候基金的资金筹集与资金分配的规则也是能够同时实现全球气候治理的帕累托最优和国际气候基金财政收支平衡的唯一规则。在该唯一规

则的基础上,本文讨论了绿色气候基金的资金筹集与资金分配的各种可能方案。

由此,本研究得出进一步推进国际气候基金建设的政策建议。

当前,一方面,参与国际气候基金的国家远不止1个,即, $I \geq 1$ ;另一方面,世界各国还未对温室气体初始排放权进行协商核配,而没有哪个国家会将自身温室气体初始排放权设置为小于0,从而有 $\bar{S} \geq 0$ 。由此可得出, $\theta^* = \frac{S^*(I-1)}{S^*(1-I) - \bar{S}} \leq 0$ 。同时,由于科技信息的不明确,温室气体排放引起的气候变迁对各国的具体影响还未取得统一共识,但是,国际社会对发达国家应该比发展中国家负有更多的历史责任则有更为明确的认识。综上所述,在开始运作的初期,国际气候基金可以主要遵循资金筹集方案一原则来筹集资金,即主要由负有更多历史责任的发达国家提供相应的运营资金,而国际气候基金的资金分配则主要遵循资金分配方案一来进行,即负有较少历史责任的发展中国家获得相应的国际气候基金帮助。而这与《哥本哈根协议》和《坎昆协议》明确的发达国家作为国际气候基金的主要来源、发展中国家作为国际气候基金的主要分配对象的方案相一致。由此可见,当前,《哥本哈根协议》和《坎昆协议》明确的国际气候基金的资金筹集与资金分配方案,不仅是对公平和共同但有区别责任原则的体现,也与帕累托最优原则相契合。

未来,随着相关信息的明确以及共识的达成,长期内,国际气候基金的资金筹集可以遵循资金筹集方案一和资金筹集方案三进行,国际气候基金的资金分配可以遵循资金分配方案一和资金分配方案三进行。

#### 参考文献:

- [1] 崔连标,宋马林,朱磊,等.全球绿色气候基金融资责任分摊机制研究:一种兼顾责任与能力的视角[J].财经研究,2015,41(3):65-76.
- [2] CUI L B, HUANG Y R. Exploring the schemes for green climate fund financing: international lessons[J]. World Development, 2018, 101: 173-187.
- [3] CHANDER P. Cores of games with positive externalities[R]. Core Discussion Papers, 2010, 30(1): 78-98.
- [4] CHANDER P. Subgame-perfect cooperative agreements in a dynamic game of climate change[J]. Journal of Environmental Economics and Management, 2017, 84: 173-188.
- [5] 刘倩,粘书婷,王遥.国际气候资金机制的最新进展及中国对策[J].中国人口·资源与环境,2015,25(10):30-38.
- [6] 崔连标.全球绿色气候基金方案设计与影响评估[D].合肥:中国科学技术大学,2014.
- [7] 沈绿野,杨璞.浅析绿色气候基金长期资金的来源模式[J].经济研究导刊,2017(6):61-63,87.
- [8] FRIDAHL M, LINNÉR B O. Perspectives on the Green Climate Fund: possible compromises on capitalization and balanced allocation[J]. Climate and Development, 2016, 8(2): 105-109.
- [9] 李宗录.绿色气候基金基于特别提款权的融资构想评析[J].河南社会科学,2013,21(1):48-52.
- [10] BRECHIN S R, ESPINOZA M I. A case for further refinement of the Green Climate Fund's 50:50 ratio climate change mitigation and adaptation allocation framework: toward a more targeted approach[J]. Climatic Change, 2017, 142(3/4): 311-320.
- [11] HOF A F, DEN ELZEN M G J, MENDOZA BELTRAN A. Predictability, equitability and adequacy of post-2012 international climate financing proposals[J]. Environmental Science & Policy, 2011, 14(6): 615-627.
- [12] SILVERSTEIN D N. A globally harmonized carbon price framework for financing the green climate fund[J]. SSRN Electronic

- Journal,2013. DOI: 10. 2139/ssrn. 2214560.
- [13] CUI L B,ZHU L,SPRINGMANN M, et al. Design and analysis of the green climate fund[J]. Journal of Systems Science and Systems Engineering,2014,23(3):266-299.
- [14] GRASSO M. An ethical approach to climate adaptation finance[J]. Global Environmental Change,2010,20(1):74-81.
- [15] MARKANDYA A, ANTIMIANI A, COSTANTINI V, et al. Analyzing trade-offs in international climate policy options: the case of the green climate fund[J]. World Development,2015,74:93-107.
- [16] BAUMOL W J, OATES W E. The theory of environmental policy(Second edition)[M]. Cambridge: Cambridge University Press,1988.
- [17] MARCHIORI C, DIETZ S, TAVONI A. Domestic politics and the formation of international environmental agreements[J]. Journal of Environmental Economics and Management,2017,81:115-131.

## Theoretical study on fund raising and allocation of international climate fund taking global Pareto optimal and fiscal balance into consideration

WANG Ying<sup>1</sup>, HUANG Maoxing<sup>2</sup>

(1. College of Finance, Fujian Jiangxia University, Fuzhou 350108, P. R. China;

2. School of Economics, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, P. R. China)

**Abstract:** This paper analyzes how the international climate fund should raise and allocate funds to achieve global climate governance Pareto optimality and its own fiscal balance. For this purpose, this paper firstly acquires Pareto optimality condition through solving the Pareto optimal model of global climate governance. Secondly, this paper acquires market equilibrium condition through solving market equilibrium model. Then, comparing Pareto optimality condition and market equilibrium condition, this paper infers the necessary and sufficient price conditions that make market equilibrium result realizing the Pareto optimality. Based on this, considering fiscal balance, this paper deduces the only rules to be followed for fund raising and allocation of international climate fund taking global Pareto optimal and fiscal balance into consideration. Then, this paper presents a complete capital raising and allocation program of international climate fund considering global Pareto optimal and fiscal balance, and the corresponding policy recommendations to promote international climate fund. Main innovations of this paper are: 1) it modifies the hypothesis of the public externality model constructed by Baumol & Oates that makes the conclusion of this paper more suitable for global climate governance analysis; 2) it deduces the only price conditions for the global Pareto optimal and fiscal balance of international climate fund.

**Key words:** international climate fund; fiscal balance; fund raising and allocation; global Pareto optimal model; market equilibrium model

(责任编辑 傅旭东)