

引用格式:杨超, 吴立军, 李江风, 等. 公平视角下中国地区碳排放权分配研究[J]. 资源科学, 2019, 41(10): 1801-1813. [Yang C, Wu L J, Li J F, et al. Distribution of carbon emission rights in China based on equity perspective[J]. Resources Science, 2019, 41(10): 1801-1813.] DOI: 10.18402/resci.2019.10.04

# 公平视角下中国地区碳排放权分配研究

杨超<sup>1</sup>, 吴立军<sup>2</sup>, 李江风<sup>1</sup>, 黄天能<sup>1</sup>

(1. 中国地质大学(武汉)公共管理学院, 武汉 430074;

2. 广东金融学院经济贸易学院, 广州 510520)

**摘要:**在国际碳博弈中,碳排放权的主流分配原则有10余种之多,应用不同分配原则的分配结果差别迥异,地区对不同原则的偏好或排斥也较为悬殊。为寻求分配协商共识,要求必须建立以公平为基础的分配方案。本文首先基于2017年全球碳浓度变化测算出全球排放空间和中国的排放总额,进而利用等人均、等产出、等空间、历史排放以及地区碳汇5个单一原则实现从全国总额到地方配额的分配。根据单一原则下各地区的分配数据计算各原则对应的相对剥夺系数,并以相对剥夺系数为基础的公平感受评价构建权重,最终形成多原则综合加权的分配方案。通过对2017年为例的碳排放权分配研究,得出如下结论:①基于单一原则的配额分配结果表明,历史排放原则是最有利于中国排放权配额获取以及最能体现地区分配公平的原则。②五大原则的综合加权分配结果表明,获得配额最大的3个地区分别为:山东、江苏、广东;获得配额最小的3个地区分别为:海南、宁夏、甘肃。各省配额汇总的全国碳排放权总额为603464.5万t,与当前实际排放存在数200000万~300000万t的差距之差,与中国国际减排责任分担较为一致。③基于个体感受公平的加权分配方案具有良好的操作性、稳健性和兼容性。为切实推动全国碳排放权分配工作实施开展及更好的实现地区生态资源配置公平,主要建议如下:碳排放权配额分配要求科学合理的制定全国分配总额,使地区和企业形成稳定的配额预期;有效设计分配原则方案,兼顾公平性和可操作性,地区减排责任分担不搞“一刀切”。

**关键词:**碳排放权;分配;公平视角;相对剥夺系数;综合加权;中国

DOI: 10.18402/resci.2019.10.04

## 1 引言

从《京都议定书》<sup>[1]</sup>到《哥本哈根协议》<sup>[2]</sup>,在国际碳博弈发展历程中始终以减排责任的划分为核心,但由于各国发展差异和利益纷争,减排分歧过大,实施过程困难重重,国际减排协商逐渐由责任分摊向排放权的分配演进<sup>[3]</sup>。2015年《巴黎协定》<sup>[4]</sup>对2020年之后全球气候变化的治理机制和行动规划给出了安排,由此中国政府提出了温室气体排放将在2030年左右达峰的减排目标。基于国际碳博弈的大环境约束及国内经济转型的现实要求,党的十九大报告中提出将加大生态系统保护力度和改革

环境监管体制,把碳减排提高到了国家发展的战略高度,在“十三五规划纲要”中明确提出要“建立健全碳排放初始分配制度”<sup>[5]</sup>,其中碳排放初始配额的分配是所有工作的基础。中国区域经济的梯度特征,人口及地区分布的不均衡现实,使得任何单一规则下的碳排放权分配都可能造成事实上的分配不公和标准上的宽严不一,因此,基于公平视角,建立多原则包容性的排放权分配机制成为环境监管体制改革的关键步骤。

在2011年德班世界气候大会上,基础四国(BASIC, 巴西 Brazil、南非 South Africa、印度 India、中国

收稿日期:2018-05-28, 修订日期:2019-05-21

基金项目:国家社会科学基金项目(15BJY024);广东省自然科学基金项目(2016A030313368);中山市科技局项目(2015B2348)。

作者简介:杨超,男,湖南长沙人,博士研究生,讲师,主要研究方向为资源环境经济。E-mail: soler.y@qq.com

通讯作者:吴立军,男,湖南华容县人,博士,副教授,研究方向为生态经济。E-mail: 48698391@qq.com

China)联合发表的关于对发展中国家碳排放权分配的主要观点和方法报告中,提出碳排放权分配的“公平性”是未来国际气候制度的核心<sup>[6]</sup>,因此无论在国际减排协商还是各国碳排放权分配实践中,公平性问题始终受到足够的重视。下面分别基于各国政府和国内外学者在碳排放权分配方面的相关研究展开梳理:首先,在联合国气候协商中各国政府提出的碳排放权分配方案比较有代表性的如:2002年巴西基于碳排放历史责任,提出了以累积碳排放作为分配标准的《巴西文案》,要求碳排放权的分配必须公平对待历史排放问题<sup>[7]</sup>;2004年英国全球公共资源研究所基于人均排放量为标准的“紧缩趋同”方案,体现了碳排放权分配的人际公平<sup>[8]</sup>;2007年中国社科院以人均累积碳排放作为分配标准的“碳预算”方案,则是上述两种公平的结合<sup>[9]</sup>;2008年瑞典斯德哥尔摩环境研究所基于人口规模、经济能力和历史责任等多种因素构建的“责任-能力”指数为分配标准的“发展权方案”<sup>[10]</sup>等更多强调碳排放权分配中的发展公平。其次,国内外学者基于各自对分配公平的不同理解所展开的探讨,主要包括以下4个方面:①历史排放与代际分配公平。自工业革命以来,全球CO<sub>2</sub>的累计排放量,95%来自于发达国家<sup>[11]</sup>;基于历史公平,发达国家理应为历史排放承担责任,并纠正发达国家和发展中国家收益上的失衡<sup>[12]</sup>;按照谁污染谁治理的原则,忽视历史排放责任无异于对发展中国家当前和未来排放的一种规则歧视<sup>[13]</sup>。丁仲礼等<sup>[14]</sup>认为公平正义是国家间排放分配必须遵循的准则,但在具体落实该准则时,可能引发争议,因此他们基于历史累计人均标准对全球各国的碳配额展开了估算;类似的还有如王慧慧等<sup>[15]</sup>对全球132个国家历史排放碳配额的分配估算表明,体现分配公平程度的基尼系数低于0.4,历史标准的分配公平性较优。具体到中国国内,赵永斌等<sup>[16]</sup>基于历史-基准趋近法的分配结果显示,该方法具有良好的政策目标协同性,能有效降低区域经济发展不平衡的风险。②当前排放与人际分配公平。反对历史公平的学者认为追究历史公平只会让没有过错的当代人承担不属于他们的责任,而不是让实际排放者负责<sup>[17]</sup>;大气是人类最大的公共产品,任何时代,任何人都具有平等享用环

境的权利,拥有相同的排放权<sup>[18]</sup>,将有限的全球碳预算总额以人均方式初始分配到每个地球村民,满足基本需求可确保碳预算方案的公平性<sup>[9]</sup>。而且,基于人口规模的分配标准不仅有利于达成分配的长期公平,还具有较好的实践操作性<sup>[19]</sup>。③排放现实与效率分配公平。各国发展的现实差异,体现在生产中的碳清洁技术应用情况差异较大。碳排放权的分配应该以建立正确的环境导向,实现效率上的公平为目标,激励并推动清洁能源和技术的应用。Bohm等<sup>[20]</sup>认为按照市场效率分配才是最基本的公平原则,由于以历史和产出水平为基础的分配原则存在各自的局限性,不考虑地区排放效率差异的分配,会产生“鞭打快牛”的现象<sup>[21]</sup>。但郑立群<sup>[22]</sup>从提升分配效率角度,应用ZSG-DEA模型对中国30省市的减排责任分摊表明,分配方案仅能满足DEA有效,而不能体现公平。余晓泓等<sup>[23]</sup>基于收益原则以中国为主要研究对象,核算1995—2011年全球40个国家和地区及其他国家组的收益侧碳排放及收益侧碳排放转移,结果表明在研究期内中国收益侧碳排放远小于直接碳排放,收益原则能够纠正生产者原则的部分偏差,建立以收益原则为基础的碳排放责任核算体系有利于建立更加公正和有效的碳减排方案。④碳隐含与消费分配公平。发展中国家的碳排放往往是为了满足基本的生活需要,属于“生存性排放”,而发达国家的排放往往是过度消费的“奢侈性排放”<sup>[24]</sup>。生产与贸易的全球化,发达国家占据产业链顶端,而将高能耗高污染的生产加工环节向发展中国家转移,再通过贸易进口实现产品的消费。根据测算,全球贸易中隐含碳占到全球排放的23%,对中国的估算显示,大约有三分之一的CO<sub>2</sub>排放产生于出口产品的生产<sup>[25,26]</sup>。因此,樊纲等<sup>[27]</sup>、Pan等<sup>[28]</sup>均认为,应该以消费排放作为公平分担碳排放权的指标准则。以国内隐含碳为研究对象的如张红丽等<sup>[29]</sup>估算,在2012年京津冀对其他区域的CO<sub>2</sub>排放转移,比其他区域对京津冀的转移高出4350.52万t,隐含碳问题对排放权的分配不仅适用于国别之间,在地区排放权的分配也应该成为重要考量因素。

纵观国内外碳排放权的分配研究,基本认可公平性原则在排放权分配中的重要性,而且认为区域

2019年10月

对不同原则的偏好程度差异悬殊,单一原则可能引起极端分配结果,导致整体效益受损<sup>[30]</sup>。但该如何定义公平,在已有研究中强调人际公平、代际公平、历史公平、发展公平等各持己见、莫衷一是,对公平理解的视角不同,由此延伸出的分配原则和结果自然千差万别,毫无可比性。因此本文在展开讨论前首先将“公平”界定如下:公平即平等的占有某种资源和享受经济成果的规则或方式,各种分配规则是否公平可以从两个层面进行评价:其一、资源的分配规则方式整体而言是否公平;其二、资源的分配规则方式让参与个体在感受上是否觉得公平<sup>①</sup>。任何一项整体相对公平的制度并不能保证所有参与个体都感觉公平,在以少数服从多数的民主社会运营中,整体上公平的制度常常将可能被强制实施。但在国际气候协商或地区碳排放权的分配中,减排责任划分或排放权的分配并不具有强制性,由此可能导致的后果就是只要存在参与个体认为该规则对自己不利,认为规则有失“公允”便有权选择“退群”。而这种全球性公共产品的协商博弈,任何参与方的“退群”都将致使整个谈判随之破裂。已有研究的弊端在于,排放权的分配多以追求整体公平性(即上文第一层面的公平性)为目标,在此基础上提出具体的分配原则,这种看似公平的做法将不可避免的存在部分参与个体感觉“不公平”(相对剥夺感高),最终落入个体“退群”和整体协商破裂的制度陷阱。本文区别于已有研究对整体公平性的强调,而以实现第二层面公平(即参与主体感受公平)为基础,根据参与主体对分配方式的偏好,最大可能纳入多种分配原则,并基于个体公平感受的评价指标设计权重,由此形成多元加权的综合分配方案。文章的边际贡献主要体现在:基于个体感受公平的加权综合分配方案,能提高分配实践的操作性能,形成减排协商的共识基础;同时,由实现个体感受公平使整体公平程度得到改进(综合加权分配方案整体公平性较单一原则更高),为改善分配的整体公平提供了一种新的路径和思考方向。

## 2 研究方法

任何碳排放权的分配都绕不开两个问题:一是可供分配的碳排放权总量是多少,只有确定了全球及国家总量,地区碳排放权的分配才具有基础;二是选用什么原则进行分配,基于何种原则分配源于对不同公平要求的理解。但本文并不局限于某单一原则进行分配,在利用多种原则进行分配的情形下,会衍生出第三个问题,即各原则之间权重如何分配。对这3个问题的解决方案即涉及本文研究的主要方法。

### 2.1 基于大气碳浓度变化对全球碳排放总量的估算方法

对碳排放总量的确定,当前研究主要有两种模式:模式一为“自下而上”,首先界定人类生活的基本需求,然后估算在一定经济技术条件下实现这些基本需求的人均碳排放量,由人均量乘以全球或地区总人口即得到总的排放空间;模式二为“自上而下”,基于生态或大气变化确定一控制目标,从该目标出发估算总的可用于分配的排放空间。在两种模式中,前者由于计算过程复杂,技术细节争议较多,可操作性不强,但其优点是分配标准直接源于计算过程;后者虽然算法简单,但选用何种分配原则难以形成共识。而本文研究重点就在于力图构建一种多原则加权的分配方案,该方法能较好地规避分配中原则选取的地区分歧性问题,因此在总量确定上选取“自上而下”方法模式,以实际大气CO<sub>2</sub>浓度变化计算全球排放总量,根据丁仲礼等<sup>[14]</sup>的估算方法如下:

$$Q^* = \frac{(d_i - d_j)\theta_r}{1 - \gamma_m} - \sum_{i=1}^j S_{\text{CO}_2} \quad (1)$$

式中:  $Q^*$  表示全球排放总量;  $d_i - d_j$  表示从第  $i$  年到第  $j$  年大气碳浓度变化水平;  $\theta_r$  表示大气CO<sub>2</sub>质量与浓度转换系数;  $\gamma_m$  表示CO<sub>2</sub>在大气量中的吸附率;  $\sum_{i=1}^j S_{\text{CO}_2}$  表示从第  $i$  年到第  $j$  年间土地利用所排放的CO<sub>2</sub>。

① 两个层面对公平评价的差异可类似的以“按劳分配”制度为例加以解释说明,按劳分配对于社会大多数家庭而言被认为是一项公平的制度,从第一层面来看它可被认为是一项整体公平的财富分配原则(与其他分配规则相比,该制度分配下基尼系数或者相对剥夺系数的变异系数值会更小);但在第二层面中仍然会存在以资本为生的家庭(参与个体)感觉其不“公平”,会有较高的相对剥夺感。



## 2.2 基于五大排放权分配原则的选取及碳配额估算方法

根据潘勖章等<sup>[31]</sup>的梳理,目前国际减排协商中主流的分配原则共有12种之多,在众多的分配原则中具有代表性的主要有以下5类:①等人均排放原则。该原则认为每个人都有平等的享用环境的权利,都有权利获得同等数量的碳排放份额,因此它被认为是最能体现个体公平的原则;②等产出原则。 $\text{CO}_2$ 的排放主要源于社会生产,产出水平越大,能源消耗及 $\text{CO}_2$ 排放必然越大,等产出体现的是碳排放权分配的效率原则;③历史排放原则,即根据历史排放水平分配当前碳排放额度,该原则虽多被诟病“鞭打快牛”纵容排放,但影响地区碳排放的主要因素诸如经济规模、人口数量等具有较强的路径依赖,难以在短时间内调整和改变,历史原则体现的是碳排放权分配的现实要求;④等空间原则。 $\text{CO}_2$ 从被排放到向周边地区的扩散需要一个时间过程,如果在一个狭小的地理空间中快速密集排放,来不及扩散的排放沉积将导致地区大气生态环境失去自清的能力,容易形成区域性的大气生态问题,该原则的设置可确保根据地理空间大小对碳排放权分配进行约束,使实际排放在理论上实现“密度”一致。⑤碳汇能力原则。生态系统中温室气体及 $\text{CO}_2$ 浓度水平不仅取决于人类生产生活的排放,同时还受到地表植物光合作用对 $\text{CO}_2$ 的固汇和吸附的影响。其中,“等空间”“碳汇能力”原则并不在国际碳排放权分配的12种主流原则之列,但对于中国地区碳排放权分配的现实考量应将二者纳入其中<sup>②</sup>。因此本文将选取等人均、等产出、等空间、历史排放、碳汇能力五大原则对地区排放权进行分配,配额估算方法如下:

等人均、等产出、等空间、碳汇能力原则计算公式为:

$$Q_k^l = Q_k^c \left( \frac{\eta_k^l}{\eta_k} \right); \quad (2)$$

历史排放原则计算公式为:

$$Q_h^l = Q_h^c \left( \frac{q_{t-5}^l + q_{t-4}^l \cdots + q_{t-1}^l}{q_{t-5} + q_{t-4} \cdots + q_{t-1}} \right) \quad (3)$$

式中:  $Q_k^l$  表示应用 $k$ 分配原则 $l$ 地区所获得碳配额;  $Q_h^l$  表示应用历史排放分配原则 $l$ 地区所获得碳配额;  $Q_k^c$  表示应用 $k$ 分配原则中国所获得的碳分配总额;  $\eta_k$  分别表示全国人口、产出、地域空间和碳汇的总量指标,  $\eta_k^l$  分别表示 $l$ 地区对应的人口、产出、地域空间和碳汇指标;  $q_t$  表示 $t$ 年全国实际碳排放额,  $q_t^l$  表示 $l$ 地区 $t$ 年的实际碳排放额,在运用历史排放原则进行碳排放权分配时,根据地区前5年历史排放在全国排放中所占的比例确定本年分配比例及配额。

## 2.3 基于相对剥夺系数对个体感受公平的度量及权重分配方法

在确定了待分配的全球总量及具体分配原则后,一个自然的思考就是各原则之间的权重系数该如何确定,即如何在各原则之间进行综合加权。基于个体感受公平的权重分配方法如下:首先,利用各原则下的地区碳配额计算其对应的相对剥夺系数,以此作为地区在分配中个体感受公平度量的标准;然后,利用相对剥夺系数构造并估算各原则权重。权重构造的基本思路是:相对剥夺系数越高,地区在该原则下所感受的“公平”程度越低,该原则被赋予的权重就越小,反之则越大,由此构造的权重就能满足所有地区对公平感的要求。

### 2.3.1 基于相对剥夺系数对各原则分配公平性的度量

根据Hey等<sup>[32]</sup>对相对剥夺感研究的定义,假定 $X$ 、 $Y$ 是两个比较群,这两个群对应的样本向量分别为:  $\mathbf{x}=(x_1, x_2, \cdots, x_n)$ ,  $\mathbf{y}=(y_1, y_2, \cdots, y_m)$ ,  $x_r$ 、 $y_s$  分别属于 $X$ 中个体 $r$ 和 $Y$ 中个体 $s$ ,个体 $r$ 跟个体 $s$ 相比的相对剥夺感可表示为:

$$d_{xy}(x_r, y_s) = \text{Max}(x_r - y_s, 0) \quad (4)$$

由于 $X$ 是群 $Y$ 中个体 $s$ 的参照群,如果个体 $s$ 和群 $X$ 中分配额比较高的相比,就会产生相对剥夺感,假定 $X$ 群中排放权分配额大于 $y_s$ 的个体数量为 $n_+$ ,大于 $y_s$ 的个体平均值为 $\bar{x}_+$ ,且大于 $y_s$ 的样本占 $X$ 群

② 将“等空间”“碳汇能力”纳入本文分配的5种主要原则之中,主要基于这样的考量:中国省域经济、人口及面积极不平衡,如北京、上海等地区行政面积小而经济总量大、人口多,如果仅根据等产出、等人均来分配排放权,其配额将奇高,加入上述二原则能增加分配方案对地区排放权分配的环境和空间约束。

2019年10月

中的比例为  $\lambda_+$ , 因此, 群  $Y$  中个体  $y_s$  对于  $X$  群的剥夺系数的计算公式可写为:

$$d(x, y_s) = \sum_{i=1}^n d_{xy}(x_r, y_s) / n \quad (5)$$

$$= \frac{(n_+ \times \bar{x}_+ - n_+ \times y_s)}{n} = \lambda_+ (\bar{x}_+ - y_s)$$

上述定义中  $X, Y$  分别属于两个子群, 现在将中国 30 个省市 (不包括西藏、港澳台等数据缺失地区) 仅作为一个子群加以考虑, 每个个体除与自己以外的所有个体进行比较, 式 (4) 即转换为  $d(x_r, x_s)$ , 且 ( $r \neq s$ ),  $n$  为  $X$  子群的样本总数量; 用  $\lambda^+$  表示大于  $x_s$  的样本占全国总体的比例, 计算原理与方法仍然相同, 但上述计算的结果为绝对剥夺系数, 不便于直接进行数量比较, 为了研究的方便, 需进一步将其标准化, 将单个省市相对剥夺系数的绝对值除以平均配额即可得到标准化的相对剥夺系数值, 其公式为:

$$d(x_r, x_s) = \sum_{r=1}^n d_{xy}(x_r, x_s) / n\bar{x} = \lambda^+ (\bar{x}_+ - x_s) / \bar{x} \quad (6)$$

利用式 (6) 即可计算对应原则下的相对剥夺系数, 地区相对剥夺系数越大, 表明该地区所感受的不公平感程度越高, 该原则分配就越不能为其所接受; 反之则地区在分配中感受的不公感程度越低, 该原则在本地区越受欢迎。

### 2.3.2 基于相对剥夺系数的权重设计及综合加权方案构建

基于个体感受公平程度作为权重赋予的标准, 某地区在某一原则下所感受的公平程度越高, 即对应的相对剥夺系数值越小, 该原则所应赋予的权重就越大, 反之则赋予的权重就越低, 基于这一思路权重设计须满足如下条件:

(1) 用  $p_k$  表示各分配原则对应的权重,  $p_k$  必须

满足:  $\sum_{k=1}^5 p_k = 1$ ;

(2) 用  $\delta_k$  表示各分配原则对应的相对剥夺系数, 函数  $p_k = f(\delta_k)$  的映射关系必须满足:  $dp/d\delta < 0$ , 且值域  $p_i \in (0, 1)$ 。因此基于以上约束, 选用符合这一特性的概率函数形式, 权重分配函数为:

$$p = f(\delta) = \frac{1}{1 + e^{\delta}}; \quad p_k = \frac{f(\delta_k)}{\sum_{i=1}^5 f(\delta_i)} \quad (7)$$

通过式 (7) 即可估算出五大分配原则对应的权重值, 利用该权重值及对应碳排放配额水平, 即可对各省综合加权方案下最终碳配额  $Q'$  展开估算,

$$Q' = \sum_{k=1}^5 Q'_k p_k$$

综合以上, 本文研究的方法及技术路线如图 1。

## 3 数据来源

本文采用的数据及计算中所涉及的相关参数来源如下:

基于大气碳浓度变化对全球  $\text{CO}_2$  排放总量估算, 碳浓度变化数据来源于美国国家海洋大气管理局 (NOAA) 网络数据库, 2017 年年年初至年末的变化量 ( $d_i - d_j$ ) 为 2.32 ppmv; 根据 Trenberth<sup>[33]</sup> 的研究, 大气总质量约为  $5.12 \times 10^{15} \text{ t}$ , 大气浓度 1 ppmv 的  $\text{CO}_2$  质量约为 1.52 ppm, 因此转换系数  $\theta_u$  为:  $5.12 \times 1.52 \times 10^9 = 778000 \text{ 万 t}$ ; 同时, 根据 Canadell 等<sup>[34]</sup> 的估计, 吸附率  $\gamma_m$  系数约为 0.54; 根据 Houghton<sup>[35]</sup> 对最近 50 年数据的估计, 全球土地利用年均产生  $\text{CO}_2$  的  $\sum_{i=1}^j S_{\text{CO}_2}$  值为 550000 万 t。

基于五大单一原则对地区碳排放权配额分配, 计算所涉及全球及中国人口、产出、地域空间面积、

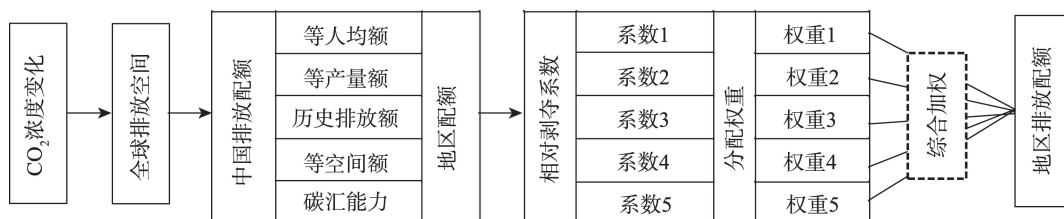


图1 研究方法及技术路线图

Figure 1 Framework of the research

历史排放的数据均来自于“世界银行在线数据库”。地区碳汇计算中“森林蓄积量”数据来源于第八次《全国森林资源统计》资料,用 $VF$ 表示“森林蓄积量”,由 $VF$ 估算地区碳汇量的方法及相关转换系数参考IPCC(政府间气候变化专门委员会)公认值,森林资源蓄积量换算成生物量蓄积的系数 $\delta$ 为1.90;森林生物量蓄积转换成生物干重系数 $\rho$ 为0.50;生物干重转换成固碳量系数 $\gamma$ 为0.50;林下植被固碳量换算系数 $\alpha$ 为0.195;林地固碳量换算系数 $\beta$ 为1.244,地区碳汇量计算公式为 $VF(1+\alpha+\beta)\delta\rho\gamma$ 。

## 4 结果分析

### 4.1 五大单一原则碳配额分配结果比较

五大单一原则分配下全国碳排放总配额差异悬殊,各地区在不同原则下的公平感受差别较大。根据公式(1)及大气浓度数据,对2017年全球排放空间的估算结果为3373820万t。在这一总的排放空间下,基于五大单一原则对中国及各省配额分配差别如下:

首先,从五大原则下的全国碳排放总额来看,最大的历史排放原则下为940280万t,而最小的碳汇能力原则下仅为118421万t,其余等产出、等人均、等空间分别为500675万t、634953万t和223853万t。另外,如果各省均能按最有利于自己的原则获得碳排放配额,以此得到的全国总额可达到976005万t,相反各省均按最不利的原则获得配额,全国总额不到100000万t,最大与最小的全国配额差异在90%以上。其次,从五大单一原则整体公平性来看,对各原则剥夺系数的变异系数计算结果显示:等产出、等人均、等空间、历史排放和碳汇能力原则分别为0.42、0.31、1.67、0.25、8.41,可见历史排放原则的整体公平程度最好,碳汇能力原则最差。再次,从五大单一原则地区分配来看,等人均、等产出原则最有利于广东,等空间原则最有利于新疆,历史原则最有利于山东,碳汇能力原则最有利于云南。同一地区应用不同原则的分配结果差异较大,如山东省在历史排放原则下可获得79974万t配额,而碳汇能力原则下所获配额仅为844万t;上海在碳汇原则下所获得的配额还不及其等产出原则下配额的1%。因此,无论从全国整体还是地区之间,五大单一原则分配的结果差异都极为悬殊,所造成的地区

公平感受也相差较大,实践中不管应用何种单一原则进行分配,地区在碳排放权上的利益和矛盾程度之甚由此可见一斑,各原则下地区及全国分配额见表1。

为更加清晰地呈现五大原则地区碳配额分配差异,利用地理信息系统软件(GIS)作图进行空间对比分析(图2),将30个省(区、市)在各原则下所获配额从大到小排序,以每6个省(区、市)为一组划分成5类地区,绿色越深表示地区所获配额越大,其中数据缺失的西藏、港澳台及南海地区用白色表示。

图中对比结果表明:等产出与等人均原则下呈现自西向东绿色逐渐变深的趋势,这与中国人口和经济的东中西梯度分布特征一致;等空间和碳汇能力原则下这种趋势几乎刚好相反,表明中西部是中国地理空间和生态资源的重要纵深地区,是生态服务价值的主要输出地;而根据以近5年实际碳排放为标准的历史排放分配原则的配额分布结果则显示:深绿色区域呈现出集聚于东部沿海地区的现象,该原则下配额的获取主要体现近期的实际排放,说明当前的排放驱动因素仍然主要源于经济增长的因素,从图中对比表明应用单一原则分配还存在不同的地区聚类特征。因此,无论从全国,还是大的经济区域以及省(区、市)之间单一原则的差异都极为明显,所造成的个体公平感受差异也必将较大,构建多原则加权分配方案就非常有必要。

### 4.2 相对剥夺系数对权重估计结果分析

基于相对剥夺系数的权重设计可为每个地区“量身定制”一套权重分配方案,该方案能满足所有地区对公平感受的要求。基于地区公平感受的视角,在实践中各种原则之间权重分配究竟如何实现?比如历史排放量最大的山东省则希望对历史排放原则给予的权重越大越好,而权重最大值为1,如果历史排放原则权重为1,其他原则权重只能为0,也就是说对于山东而言最优的方式只希望按历史排放原则进行分配;碳汇能力最强的云南,地域面积最大的新疆也必然会有同样的权重分配诉求。如果企图建立一套全国统一的权重分配标准,在权重赋予问题上的分歧实际又必将回到最初选用何种单一原则的论争。因此,本文基于地区公平感受的视角,以相对剥夺系数来构造分配权重,每



2019年10月

表1 五大单一原则下各省及全国配额估算

Table 1 Provincial and national quota estimation under five single principles (万t)

地区	等产出	等人均	等空间	历史排放	碳汇能力	最小配额	最大配额
北京	16413	10023	449	14741	135	16413	135
天津	10900	7206	302	17383	35	17383	35
河北	21080	34457	5013	63329	1019	63329	1019
山西	8777	16982	4174	41705	921	41705	921
内蒙古	9439	11625	31593	40176	12728	40176	9439
辽宁	14034	20194	3896	46827	2370	46827	2370
吉林	8962	12607	5005	18263	8728	18263	5005
黑龙江	9496	17525	12146	26015	15562	26015	9496
上海	17663	11161	168	24582	18	24582	18
江苏	50351	36895	2740	63663	612	63663	612
浙江	30344	25785	2724	40717	2051	40717	2051
安徽	16130	28578	3731	25640	1710	28578	1710
福建	18932	17870	3239	25184	5752	25184	3239
江西	12203	21183	4460	17092	3864	21183	3864
山东	42601	45881	4107	79974	844	79974	844
河南	26370	43971	4460	48950	1617	48950	1617
湖北	21408	27146	4965	35394	2711	35394	2711
湖南	20275	31468	5656	33389	3131	33389	3131
广东	52683	50736	4807	63078	3376	63078	3376
广西	11955	22316	6302	20053	4819	22316	4819
海南	2616	4230	908	3890	842	4230	842
重庆	11430	14062	2198	17740	1386	17740	1386
四川	21676	38110	12856	39731	15894	39731	12856
贵州	7937	16398	4700	20933	2845	20933	2845
云南	9690	22005	10236	22176	16018	22176	9690
陕西	12836	17587	5491	24019	3746	24019	3746
甘肃	4500	12039	12135	15647	2030	15647	2030
青海	1549	2737	19289	8333	410	19289	410
宁夏	2025	3113	1773	10789	62	10789	62
新疆	6401	11062	44331	30867	3184	44331	3184
全国	500675	634953	223853	940280	118421	976005	93464

个地区根据自己对不同原则的偏好或排斥程度(“公平”感受)来确定各原则的权重大小,各地区权重标准互不相同,分配方案不存在全国“一刀切”的情形。以广东为例,等产出、等人均都是其最有利原则,相对剥夺系数计算结果均为0,等空间、历史排放和碳汇能力原则下相对剥夺系数分别为0.78、0.01、0.56,根据公式(7),利用相对剥夺系数计算的

权重分别为22.98%、22.98%、14.45%、22.85%、16.71%;云南5种分配原则下的剥夺系数分别为0.84、0.21、0.23、0.53、0,其对应的权重即为14.61%、21.66%、21.49%、17.97%和24.28%,两省对各原则分配的剥夺感不同,对应的权重方案也不同<sup>③</sup>。因此,分配权重体现了地区对原则偏好的要求,能提高地区对分配方案的可接受度,增强方案的实践价

③ 权重的分配实际暗含一个假设前提,所有地区都必须接受一套共同的原则标准,比如文中的五大原则是所有地区都必须共同采用的,这种强制并不损害公平性和协商的基础,广东排斥碳汇原则,云南也并不偏好等产出原则,广东接受碳汇原则的交易条件是云南也接受等产出原则,接受了这些本地区不偏好的原则后可在权重分配中体现其排斥程度。

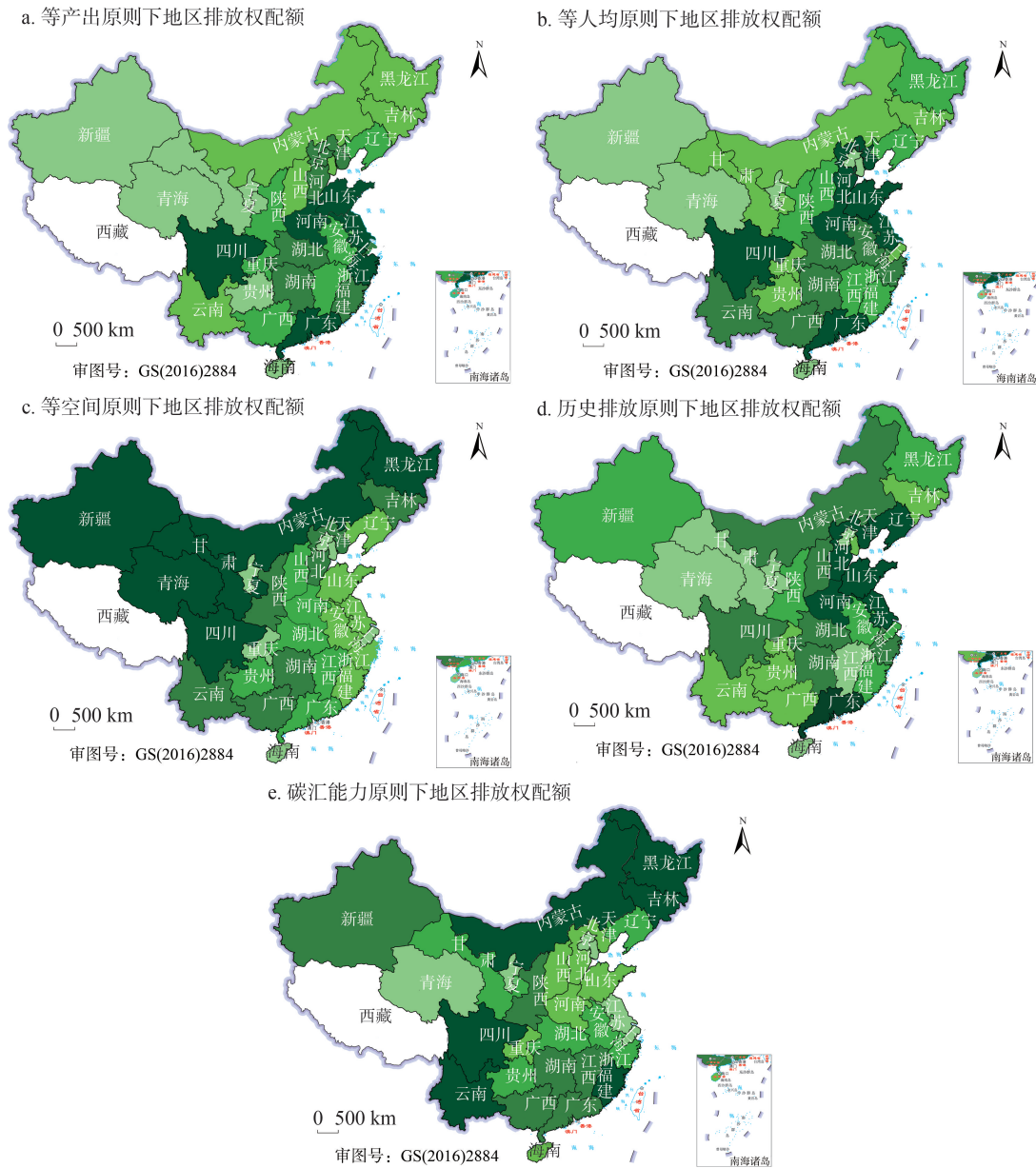


图2 五大单一原则下地区排放权配额分配比较

Figure 2 Regional carbon emission quota allocation based on five individual principles

值。各地区五大原则下的相对剥夺系数估算及权重分配方案结果见表2。

#### 4.3 综合加权方案配额分配优势分析

利用表1估算的五大单一原则下各省碳配额以及表2各原则对应的权重系数,可进一步计算得到各省综合加权方法下的碳配额:  $Q^i = \sum_{k=1}^5 Q_k^i p_k$ , 估算结果见表3。综合加权分配结果显示:从地区层面看,获得配额最大的3个地区分别为:山东、江苏、广东;获得配额最小的3个地区分别为:海南、宁夏、甘

肃。经济总量靠前的北京、上海地区,由于空间和碳汇能力因素的限制,所获得的配额并不高;而排放空间居全国之首,人口、经济总量并不大的新疆地区,所能获得的碳配额数量也仅属于中等水平。由此可以发现,综合加权配额分配结果不仅满足了地区对分配公平性的要求,也体现了地区经济、人口、地理空间等综合因素对分配的约束机制。从全国层面看,各省综合加权配额汇总所形成的全国总额为603464.50万t(与等人均原则下全国总额大致相当),与当前实际碳排放水平有有200000万~



2019年10月

表2 各原则下相对剥夺系数与分配权重估算

Table 2 Estimation of relative deprivation coefficient and distribution ratio under each principle

地区	相对剥夺系数					分配权重/%				
	等产出	等人	等空间	历史排放	碳汇能力	等产出	等人均	等空间	历史排放	碳汇能力
北京	0.29	1.19	15.66	1.17	28.34	47.67	26.03	0.00	26.30	0.00
天津	0.68	1.99	23.74	0.87	110.57	44.72	15.98	0.00	39.31	0.00
河北	0.15	0.04	0.73	0.01	3.05	25.36	26.91	17.87	27.36	2.50
山西	1.01	0.42	0.98	0.09	3.44	18.51	27.46	18.90	32.99	2.14
内蒙古	0.88	0.91	0.01	0.11	0.02	14.31	14.03	24.31	23.18	24.17
辽宁	0.41	0.27	1.09	0.06	0.97	21.65	23.47	13.65	26.34	14.90
吉林	0.97	0.79	0.73	0.79	0.10	16.16	18.41	19.09	18.35	27.98
黑龙江	0.87	0.39	0.16	0.37	0.00	14.25	19.57	22.23	19.76	24.18
上海	0.24	0.98	43.35	0.42	222.90	39.66	24.60	0.00	35.74	0.00
江苏	0.00	0.03	1.85	0.01	5.58	30.66	30.25	8.32	30.55	0.23
浙江	0.06	0.14	1.87	0.10	1.20	27.08	26.02	7.47	26.52	12.91
安徽	0.30	0.10	1.17	0.38	1.55	24.74	27.72	13.78	23.60	10.16
福建	0.20	0.37	1.45	0.40	0.23	23.75	21.61	10.02	21.24	23.39
江西	0.55	0.24	0.88	0.90	0.45	20.62	24.74	16.49	16.29	21.85
山东	0.01	0.00	1.00	0.00	3.83	27.81	27.96	15.02	28.01	1.19
河南	0.09	0.01	0.88	0.05	1.68	24.96	26.03	15.33	25.46	8.22
湖北	0.15	0.11	0.74	0.16	0.79	22.83	23.25	15.91	22.64	15.37
湖南	0.17	0.06	0.61	0.20	0.63	21.86	23.13	16.82	21.57	16.61
广东	0.00	0.00	0.78	0.01	0.56	22.98	22.98	14.45	22.88	16.71
广西	0.57	0.21	0.52	0.66	0.32	18.59	23.03	19.16	17.55	21.67
海南	5.40	4.02	7.28	7.06	3.84	10.04	39.28	1.53	1.92	47.23
重庆	0.62	0.64	2.51	0.83	2.06	29.47	29.18	6.35	25.50	9.50
四川	0.14	0.02	0.15	0.11	0.00	19.38	20.65	19.35	19.74	20.88
贵州	1.20	0.45	0.81	0.60	0.73	14.43	24.17	19.18	22.03	20.18
云南	0.84	0.22	0.23	0.53	0.00	14.61	21.66	21.49	17.97	24.28
陕西	0.49	0.38	0.64	0.45	0.48	19.91	21.28	18.16	20.51	20.14
甘肃	2.76	0.86	0.16	1.06	1.22	4.56	22.90	35.25	19.81	17.49
青海	9.77	6.73	0.06	2.78	8.75	0.01	0.22	88.99	10.75	0.03
宁夏	7.25	5.80	3.31	1.93	62.22	0.43	1.82	21.37	76.38	0.00
新疆	1.68	1.00	0.00	0.24	0.61	9.12	15.70	29.14	25.59	20.46
全国 <sup>④</sup>	0.42	0.31	1.67	0.25	8.41					

表3 基于五大原则综合加权碳配额估算

Table 3 Carbon quota estimation under five principles of comprehensive weighting

(万t)

地区	碳配额	地区	碳配额	地区	碳配额	地区	碳配额
北京	14309.60	上海	18536.40	湖北	20417.90	云南	16254.16
天津	12857.85	江苏	46273.66	湖南	20385.79	陕西	12976.35
河北	32869.17	浙江	26194.75	广东	39458.11	甘肃	10693.20
山西	20853.87	安徽	18651.71	广西	13133.31	青海	18067.74
内蒙古	23051.33	福建	15375.94	海南	2410.84	宁夏	8685.27
辽宁	20997.19	江西	12121.45	重庆	12266.78	新疆	23786.05
吉林	10519.58	山东	47704.50	四川	25718.59		
黑龙江	16388.11	河南	31308.42	贵州	11196.88	全国	603464.50

④ “全国”栏估算的是各原则剥夺系数的变异系数,它代表对应原则整体的公平程度。

300000 万 t 的差距,差额水平与潘勋章、王海林<sup>[36]</sup>对《巴黎协定》中中国承诺的自主贡献水平较为接近,说明综合加权配额整体上能较好的体现中国所面临的国际减排责任分担。因此,相对于单一原则的排放权分配,综合加权分配结果至少在以下三方面更优:第一,综合加权分配的配额结果大小适中,多种因素的综合约束不会出现因为单一规则“刚性”所导致的奇高或奇低现象。从综合加权方法构造的原理可知,该方法下所获得的配额必定介于地区单一原则中最大与最小配额之间。如果将最大配额、最小配额与综合加权配额三者进行“归一化”处理,平均而言综合加权的配额约处于二者之间 60% 的位置水平<sup>⑤</sup>。第二,综合加权方案整体公平程度更高。在估算出各地区综合加权的配额后,按照前文相同的方法计算其相对剥夺系数的变异系数,体现其整体公平性的变异系数值为 0.24,均低于五大单一原则,说明其整体公平性更高。正如前言对本文创新之处的评述所言,以实现个体感受公平为目标,同时为实现分配的整体公平提供了一种新路径。第三,综合加权方案分配既体现了对地区经济、人口和历史排放的现实尊重,又突出了排放空间和碳汇能力对配额获取的限制,配额对减排的约束要求与中国的国际减排分担较为一致。

## 5 结论及建议

### 5.1 结论

本文基于参与个体感受的公平视角,利用相对剥夺系数构造权重,在五大原则的综合加权方法下实现对中国各省市碳排放权配额的分配,主要结论如下:

(1)历史排放原则具有总配额最大和整体公平性最高两大优势。从全球配额分配来看,历史排放原则是最有利于中国配额获取的原则。在 2017 年大气浓度变化为 2.32 ppmv,全球总排放空间为 3373820 万的情形下,基于历史排放原则的分配,中国可获得配额为 940280 万 t,而碳汇能力原则下相应的配额总量则仅为 118421 万 t。因此,从全球分配来看,历史排放原则是最有利于中国配额获取的

原则。但这一结论与国内相关研究存在差异,主要原因在于本文对配额分配的历史排放标准选取的是近 5 年,该时间段是中国排放快速上升的时期。从国内各地区间的分配来看,历史排放原则整体公平性最高。利用相对剥夺系数变异系数对各原则分配的整体公平性进行评价,发现历史排放原则的变异系数值最小,即该原则在地区分配中的整体公平程度最高。因此,不难理解“祖父制”原则之所以被广泛应用于各国初始排放权的分配,不仅标准明确,整体公平性也相对较高。

(2)基于综合加权配额与实际排放水平比较可发现中国减排潜力较大。基于五大原则的综合加权分配,各省配额汇总后的全国总额为 603464.50 万 t,而如果按各省最有利原则对应的全国总额为 976005 万 t,基本与当前中国年均实际碳排放水平相当。由此从这一角度可以发现,各省当前的排放几乎处于无约束状态,而实际排放与最有利原则下对应配额相当。而如果在全球总量约束下,使各地区分配剥夺感相对较小,一个适中的中国总配额约为 60346 万 t,中间的差额大致可理解为我们的减排潜力,减排能力可达 200000 万~300000 万 t。

(3)基于个体感受公平的综合加权分配方法具有良好的操作性、稳健性和兼容性。首先,该方法能兼顾公平性和可操作性。从本文对公平两层次的界定来看,加权分配方案同时实现了个体感受公平和整体公平。每个地区既可以最大程度的保留自己认为“公平”的原则,又要求接受对本地区不利的分配原则;每个各地区可根据对分配原则的偏好或排斥程度实现对原则权重的选取,能保证分配共识和协商基础,公平性和可操作性兼备。其次,该方法具有理论上的稳健性。公平性度量指标改用诸如基尼系数、泰尔指数;权重函数选用任何其他符合文中构造要求的函数形式,理论上分配结果差异较小,因为不同度量指标和权重函数都只是对配额总量在地区分配中的比例关系的度量,应用该分配方法的分配具有较稳健的结果。再次,该方法具有原则上的无限兼容性。尽管文中的研究仅以五

⑤ 归一化处理是为了数据处理方便提出的一种简化或者去量纲计算,把数据映射到(0,1)范围之内,过程如下:将地区最小配额定义为起始值 0,最大配额值定义为 1,综合加权配额标准化的位置水平=(综合加权配额-最小配额)/(最大配额-最小配额),由此估算的全国平均水平为 57.79%。

2019年10月

大分配原则为例,现实中可根据减排协商每个地区的诉求不受限制的纳入分配原则,最大程度的凝聚分配共识。

## 5.2 政策建议

(1)科学合理的制定排放权全国总量目标。文中对中国排放权总额的设定实际上为5个(基于全球排放空间下五大原则各自对应的中国总额),在这5个总量约束下,各省配额汇总约为60亿t。本文侧重于讨论排放权的分配方法,对中国总额的设定只是以碳浓度变化为基础从全球排放空间应用各项指标的估算分配,但在实际排放权分配过程中,一个科学合理的全国总额是所有工作基础性的一环。中国尚处于工业化的中后期,碳排放总量在一定时期内仍将持续增长直至达峰,总量目标的设定至少需要考虑四大因素:大气环境的承载能力、经济增长的现实需要、国际碳博弈的规则要求以及地区减排的实际潜力。综合上述因素,在经济社会发展的5~10年中长期发展规划中,编制排放权分配的全国总量目标,使地区和企业在生产中形成一个较为稳定的配额预期。

(2)公平有效地设计排放权地区分配方案。在确定的总量目标下一套公平有效的地区分配方案是关键,对于碳排放权这种公共产品分配,由于其协商与合作的脆弱性,有效的分配方案要力求最大程度的寻求共识,根据文中对以参与个体感受公平为基础的加权分配方案构造的讨论,分配方案的设计首先要充分考虑地区差异,更多的纳入符合各方利益诉求的分配原则,地区可基于自身发展提出有利于自己的分配原则,国家在宏观层面也可以基于环境承载、国际减排压力等提出限制性原则;其次,在多原则的权重设置上,不搞一刀切的全国“标准”,根据本地区在各种分配原则下的相对剥夺感来设置权重,权重的调节机制将单一原则下或“0”或“1”的原则取舍(不被选用的原则即为0)变为从0到1的权重分配,综合加权的結果能使每个地区剥夺感低,公平感程度高,整体操作性强。

## 参考文献(References):

[1] 陈刚. 京都议定书与国际气候合作[M]. 北京: 新华出版社, 2008. [Chen G. Kyoto Protocol and International Climate Coopera-

tion [M]. Beijing: Xinhua Press, 2008.]

- [2] 哥本哈根协议文件[J]. 中国海洋法学评论: 中英文版, 2009, (2): 151-153. [Copenhagen accord document[J]. China Ocean Law Review: Chinese and English, 2009, (2): 151-153.]
- [3] 王文军, 贵庄阳. 碳排放权分配与国际气候谈判中的气候公平诉求[J]. 外交评论, 2012, 29(1): 72-84. [Wang W J, Gui Z Y. Carbon rights allocation and climate fair appeal in international climate negotiations[J]. Diplomatic Review, 2012, 29(1): 72-84.]
- [4] UNFCCC. Paris Agreement[EB/OL]. (2015-12-12) [2018-05-28]. [http://unfccc.int/paris\\_agreement/items/9485.php](http://unfccc.int/paris_agreement/items/9485.php).
- [5] 新华社. 中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要[EB/OL]. (2016-03-17) [2018-05-28]. [com/politics/2016lh/2016-03/17/c\\_1118366322.htm](http://www.xinhuanet.com/politics/2016lh/2016-03/17/c_1118366322.htm). [Xinhua News Agency. Outline of the 13th Five-Year Plan for National Economic and Social Development of the People's Republic of China[EB/OL]. (2016-03-17) [2018-05-28]. [http://www.xinhuanet.com/politics/2016lh/2016-03/17/c\\_1118366322.htm](http://www.xinhuanet.com/politics/2016lh/2016-03/17/c_1118366322.htm).]
- [6] BASIC Experts Group. Equitable Access to Sustainable Development: Contribution to the Body of Scientific Knowledge [EB/OL]. (2011-01-12) [2018-05-28]. [http://www.indiaenvironmentportal.org.in/files/file/EASD\\_PrintV\\_DEC\\_2011.pdf](http://www.indiaenvironmentportal.org.in/files/file/EASD_PrintV_DEC_2011.pdf).
- [7] Brazil. Proposed Elements of a Protocol to the UNFCCC, Presented by Brazil in Response to the Berlin Mandate(FCCC/AGBM/1997/MISC.1/Add.3)[R]. Bonn: UNFCCC, 1997.
- [8] Global Commons Institute. GCI Briefing: Contraction-Convergence [R]. London: GCI, 2006.
- [9] 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 J H, Chen Y. The carbon budget scheme: An institutional framework for a fair and sustainable world climate regime[J]. China Social Sciences, 2009, (5): 83-98.]
- [10] Baer P, Athanasiou T, Kartha S, et al. The Greenhouse Development Rights Framework: The Right to Development in a Climate Constrained World[EB/OL]. (2009-07-02) [2018-05-28]. <http://www.ecoequity.org/docs/TheGDRsFramework.pdf>.
- [11] 周伟, 米红. 中国碳排放: 国际比较与减排战略[J]. 资源科学, 2010, 32(8): 1570-1577. [Zhou W, Mi H. China's carbon emissions: International comparison and mitigation strategies[J]. Resources Science, 2010, 32(8): 1570-1577.]
- [12] Shue H. Global Environment and International Inequality[J]. International Affairs, 1999, 75(3): 531-545.
- [13] Neumayer E. In defense of historical accountability for greenhouse gas emissions[J]. Ecological Economics, 2000, 33(2): 185-192.
- [14] 丁仲礼, 段晓男, 葛全胜, 等. 2050年大气CO<sub>2</sub>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 Z L, Duan X N, Ge Q S, et al. Control of atmospheric CO<sub>2</sub> concentration by 2050: An allocation on the emission



- rights of different countries[J]. *Science in China (Series D: Earth Sciences)*, 2009, 39(8): 1009–1027.]
- [15] 王慧慧, 刘恒辰, 何霄嘉, 等. 基于代际公平的碳排放权分配研究[J]. *中国环境科学*, 2016, 36(6): 1895–1904. [Wang H H, Liu H C, He X J, et al. Allocation of carbon emissions right based on the intergenerational equity[J]. *China Environmental Science*, 2016, 36(6): 1895–1904.]
- [16] 赵永斌, 丛建辉, 杨军, 等. 中国碳市场配额分配方法探索[J]. *资源科学*, 2019, 41(5): 872–883. [Zhao Y B, Cong J H, Yang J, et al. An innovative allowance allocation method in China's unified national emissions trading scheme[J]. *Resources Science*, 2019, 41(5): 872–883.]
- [17] Caney S. Cosmopolitan justice, responsibility, and global climate change[J]. *Leiden Journal of International Law*, 2005, 18(4): 747–775.
- [18] Dwyer J. One world: The ethics of globalization[J]. *Bulletin of the World Health Organization*, 2003, 81(2): 585–586.
- [19] Kyrndokk S. Tradeable CO<sub>2</sub> emission permits: Initial distribution as a justice problem[J]. *Environmental Values*, 1995, 4(2): 129–148.
- [20] Bohm P, Larsen B. Fairness in a trade able-permit treaty for carbon emissions reductions in Europe and the former Soviet Union [J]. *Environmental and Resource Economics*, 1994, 4(3): 219–239.
- [21] 钱浩祺, 吴力波, 任飞州. 从“鞭打快牛”到效率驱动: 中国区域间碳排放权分配机制研究[J]. *经济研究*, 2019, (3): 86–102. [Qian H Q, Wu L B, Ren F Z. From “whipping fast cattle” to efficiency drive: A study on the allocation mechanism of carbon emission rights between regions in China[J]. *Economic Research*, 2019, (3): 86–102.]
- [22] 郑立群. 中国各省区碳减排责任分摊: 基于零和收益 DEA 模型的研究[J]. *资源科学*, 2012, 34(11): 2087–2096. [Zheng L Q. Sharing the carbon emission reduction responsibility across Chinese provinces: A zero sum gains DEA model[J]. *Resources Science*, 2012, 34(11): 2087–2096.]
- [23] 余晓泓, 詹夏颜. 基于收益原则的碳排放转移及中国碳排放责任研究[J]. *资源科学*, 2018, 40(1): 185–194. [Yu X H, Zhan X Y. Analysis of carbon emissions transferred and China's carbon emissions responsibility based on the income principle[J]. *Resources Science*, 2018, 40(1): 185–194.]
- [24] Shue H. Global environment and international inequality[J]. *International Affairs*, 1999, 75(3): 531–545.
- [25] Davis S J, Caldeira K. Consumption-based accounting of CO<sub>2</sub> emissions[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2010, 107(12): 5687–5692.
- [26] Weber C L, Peters G P, Guan D, et al. The contribution of Chinese exports to climate change[J]. *Energy Policy*, 2008, 36(9): 3572–3577.
- [27] 樊纲, 苏铭, 曹静. 最终消费与碳减排责任的经济学分析[J]. *中国经济学*, 2010, (1): 50–55. [Fan G, Su M, Cao J. Economic analysis of final consumption and carbon emission reduction responsibility[J]. *Economics of China*, 2010, (1): 50–55.]
- [28] Pan J, Phillips J, Chen Y. China's balance of emissions embodied in trade: Approaches to measurement and allocating international responsibility[J]. *Oxford Review of Economic Policy*, 2008, 24(2): 354–376.
- [29] 张红丽, 沈镭, 李艳梅. 京津冀经济活动隐含的碳排放转移: 基于多区域投入产出模型的分析[J]. *资源科学*, 2017, 39(12): 2287–2298. [Zhang H L, Shen L, Li Y M. Carbon dioxide emission transfers embodied in inter regional economic activities in Beijing-Tianjin-Hebei according to multi regional input-output model[J]. *Resources Science*, 2017, 39(12): 2287–2298.]
- [30] 王倩, 高翠云. 公平和效率维度下中国省际碳权分配原则分析[J]. *中国人口·资源与环境*, 2016, 26(7): 53–61. [Wang Q, Gao C Y. Analysis of allocation principles for China's provincial carbon emission allowance under the equity and efficiency dimension[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2016, 26(7): 53–61.]
- [31] 潘勋章, 滕飞, 王革华. 不同碳排放权分配方案下各国减排成本的比较[J]. *中国人口·资源与环境*, 2013, 23(12): 16–21. [Pan X Z, Teng F, Wang G H. Comparative study of countries' abatement costs under different carbon emission rights allocation schemes[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2013, 23(12): 16–21.]
- [32] Hey J D, Lambert P J. Relative deprivation and the Gini coefficient: Comment[J]. *The Quarterly Journal of Economics*, 1980, 95(3): 567–573.
- [33] Trenberth K E. Seasonal variations in global sea level pressure and the total mass of the atmosphere[J]. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 1981, 86: 5238–5246.
- [34] Canadell J G, Le Quéré C, Raupach M R, et al. Contributions to accelerating atmospheric CO<sub>2</sub> growth from economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sinks[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2007, 104(47): 18866–18870.
- [35] Houghton R A. Carbon Flux to the Atmosphere from Land-Use Changes 1850–2005: A Compendium of Data on Global Change [EB/OL]. (2012–09–26) [2018–05–28]. <http://cdiac.ornl.gov/trends/landuse/houghton/houghton.html>.
- [36] 潘勋章, 王海林. 巴黎协定下主要国家自主减排力度评估和比较[J]. *中国人口·资源与环境*, 2018, 28(9): 8–15. [Pan X Z, Wang H L. Assessment and comparison of voluntary emission reduction efforts of major countries under the Paris agreement[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2018, 28(9): 8–15.]

## Distribution of carbon emission rights in China based on equity perspective

YANG Chao<sup>1</sup>, WU Lijun<sup>2</sup>, LI Jiangfeng<sup>1</sup>, HUANG Tianneng<sup>1</sup>

(1.School of Public Administration, China University of Geosciences (Wuhan), Wuhan 430074, China;

2. School of Economics and Trade, Guangdong University of Finance, Guangzhou 510520, China)

**Abstract:** In the international carbon game, there are more than 10 kinds of main distribution principles of carbon emission rights. Different distribution principles lead to different results, and the preference or aversion of different principles vary greatly from region to region. In order to seek consensus on emission reduction and allocation, it is necessary to establish a fair allocation scheme. This study first calculated the global emission space and China's total quotas based on the global carbon concentration changes in 2017, and then allocated the quotas for different regions in the country under five individual allocation principles, namely per capital principle, equal output principle, equal space principle, historical emission principle, and regional carbon sequestration principle. Relative deprivation coefficient was calculated using the allocation data of each region under these five individual principles, and weights were derived based on relative deprivation coefficients. Finally, the allocation of multi-principle comprehensive weighted scheme was performed. From the analysis of emission quotas in 2017, the main conclusions are as follows: (1) The historical emission principle is the most beneficial to China in acquisition of emission quotas, while the per capital principle can demonstrate fairness of equitable regional allocation. (2) Results obtained from the multi-principle comprehensive weighted allocation scheme show that the three areas with highest quota are Shandong, Jiangsu, and Guangdong provinces, whereas the three areas with lowest quota are Hainan Province, Ningxia Autonomous Region, and Gansu Province. The total amount of national carbon emission rights collected by the provincial quotas is 6.034 billion ton, which is billions of difference from the actual emission at present and is in line with China's international responsibility for emission reduction. (3) the weighted allocation scheme based on the individual feeling fairness principle has good operability, robustness and compatibility. The main suggestions are as follows: carbon emission right quota allocation requires a scientific and reasonable formulation of the total amount of national allocation, so that regions and enterprises form a stable quota expectation. To effectively design the scheme of carbon emission allocation principles, we need to take into account fairness and operability, and regional responsibility sharing for emission reduction should not be "one-size-fits-all".

**Key words:** carbon emission rights; allocation; equity perspective; relative deprivation coefficient; comprehensive weight; China