

孙冰洁,王 润,刘 甜,等. 长江经济带碳排放空间差异性及其公平性分析[J]. 江苏农业科学,2017,45(6):235-239.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.06.061

长江经济带碳排放空间差异性及其公平性分析

孙冰洁,王 润,刘 甜,胡道华,蔡爱玲

(湖北大学资源环境学院重点实验室,湖北武汉 430062)

摘要:为积极应对气候变化,中国制定了清晰量化的碳减排方案。但宏观的碳减排目标最终需要在区域层次上落实,公平合理地评价和分配区域碳排放权份额成为当下碳排放研究的重点。通过构建碳排放公平性 3E 评价模型(Ecology-Equity-Efficiency),对长江经济带各省 2000—2013 年碳排放公平性进行具体的量化计算,并借助 ArcGIS 平台分析代表年份各省碳排放公平值的空间差异及可能原因,同时,将公平值结果与国家“十二五”减排指标进行对比,结果表明,长江经济带碳排放公平值基本呈现从东部沿海向中上游递增的规律,这与“十二五”省级碳减排分配原理基本吻合,但国家在中部地区的碳减排分配上存在模糊化和一刀切的问题,因此,最后针对区域碳减排一体化和协调化提出了相关建议。

关键词:气候变化;碳排放;公平性;长江经济带

中图分类号:F323.22 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2017)06-0235-05

全球气候变化导致地球生态系统发生一系列深刻变化,进而影响到政治、经济、社会各个方面。为应对全球气候变化,各国积极制定了温室气体控制目标及减排预案。2015 年巴黎气候大会各方一致通过《巴黎协定》,要求各方努力将全球升温幅度控制在 2℃ 之内,并为 1.5℃ 而努力。中国作为世界第一碳排放大国,依照“共同但有区别”原则,中国也承担相同、定额且具有约束力的减排任务,并且一直坚持努力减排。2009 年,中国宣布到 2020 年碳排放强度比 2005 年下降 40%~45%;2014 年,中国承诺到 2030 年左右 CO₂ 排放达到

峰值,并且努力早日达峰;2015 年,中国提出到 2030 年碳排放强度比 2005 年下降 60%~65% 的目标。国家宏观层面明确的碳减排目标最终需要在区域层次上具体落实^[1]。但由于各省经济发展和能源利用差异很大,减排目标很难公平、公正、合理地分解下去^[2]。因此,在碳排放总量控制的情况下,如何准确测度和评价现实存在的排放不公平性,并据此科学配置各区域的约束性份额成为了一个重大难题^[3-4]。本研究通过构建碳排放公平性 3E 评价模型(Ecology-Equity-Efficiency),从生态承载、公平分配、经济效率 3 个方面对长江经济带各省 2000—2013 年碳排放的公平性进行具体的量化计算,最后通过 Delphi 法确定 3 个指标的权重,计算得出最终的 3E 公平值。并通过 ArcGIS 平台分析代表年份各省 3E 公平值的空间差异及可能原因,同时将公平值结果与国家“十二五”减排指标进行对比,希望提出一种相对公平的碳排放公平性评价方式,为科学核定各地区排放权和减排责任,更好地了解国内碳排放不公平现状,促进国家碳减排目标以及可持续发展公平性原则在各个尺度上的有效落实^[4-6]。

收稿日期:2016-07-29

基金项目:湖北省环保厅项目(编号:2015HB13);湖北省“楚天学者”计划资助项目。

作者简介:孙冰洁(1990—),男,湖北荆门人,硕士研究生,主要从事健康流域管理以及水-能源-粮食(WEF)协同关系研究。
E-mail:574618697@qq.com。

通信作者:王 润,教授,博士生导师,主要从事区域可持续发展、健康流域管理研究。E-mail:rwang@hubu.edu.cn。

[4]李 静,俞天明,周 洁,等. 铅锌矿区及周边土壤铅、锌、镉、铜的污染健康风险评价[J]. 环境科学,2008,29(8):2327-2330.

[5]黄 凯,张杏峰,李 丹. 改良修复剂重金属污染土壤的研究进展[J]. 江苏农业科学,2014,42(1):292-296.

[6]刘小二. 某油田采油区土壤污染及土壤环境质量评价[J]. 环境工程,2015,33(2):126-129,139.

[7]Wang Z,Chai L,Yang Z,et al. Identifying sources and assessing potential risk of heavy metals in soils from direct exposure to children in a mine-impacted city,Changsha,China[J]. Journal of Environmental Quality,2010,39(5):1616-1623.

[8]Ashraf M A,Maah M J,Yusoff I. Chemical speciation and potential mobility of heavy metals in the soil of formere tin minging catchment[J]. Scientific World Journal,2012(3/4):357-369.

[9]项 萌,张国平,李 玲,等. 广西铅锌矿冶炼区表层土壤重金属污染的分布规律[J]. 矿物学报,2011,31(2):250-255.

[10]广西环境保护研究所. 广西壮族自治区土壤环境背景值图集[M]. 成都:成都地图出版社,1992.

[11]王 斐,黄益宗,王小玲,等. 江西某铜矿冶炼厂周边土壤重金属生态风险评价[J]. 环境化学,2014,33(7):1066-1074.

[12]王春光,张思冲,辛 蕊,等. 哈尔滨市东郊菜地土壤重金属环境质量评价[J]. 中国农学通报,2010,26(2):262-266.

[13]王天阳,王国祥. 昆承湖水水质参数空间分布特征研究[J]. 环境科学学报,2007,27(8):1384-1390.

[14]李敬伟,湛方栋,何永美,等. 云南会泽铅锌矿区土壤理化与生物学性质[J]. 应用与环境生物学报,2014(5):906-912.

[15]刘国华,舒洪岚,张金池. 南京幕府山矿区废弃地植被恢复对土壤侵蚀与肥力的影响研究[J]. 水土保持研究,2006,13(6):234-235,238.

[16]易霁琴,石文峰,李 贵,等. 冷水江锑矿区重金属污染林地土壤理化特性研究[J]. 中国农学通报,2009,25(10):246-250.

1 国内外研究进展

国外,Heil 最先探讨了国际碳排放不公平性与各国 GDP 的关系,并得出国际间碳排放不公平主要是各国收入的不公平^[7-8];Druckman 通过对英国家庭能源消费的研究,发现碳排放和家庭收入密切相关,最贫穷 10% 人口排放的 CO₂ 仅为最富有 10% 人口的 45%^[9];Brand 研究发现英国国内个人及家庭非商务出行的碳排放存在不公平性,并体现所谓的“60-20 定律”,即 20% 的高排放者占据了 60% 的排放总量^[10]。

国内,卢俊宇通过基尼系数构建碳排放公平性评价模型,评价全国各个区域能源消费碳排放的公平性和差异性,发现各地区能源消费碳排放量与碳的生态容量处于不协调状态^[11];陈华以生态经济学为依据,对主要国家 1990—2050 年的碳排放空间进行了分析,发现国际间碳排放存在不公平,发达国家应大力提高碳排放效率并支持发展中国家减排以换取碳排放空间^[12];王秋贤运用 2010 年中国各省份碳排放数据,构建了碳排放区域差异的 3E(Ecology-Equity-Efficiency)模型,第一次以生态、社会、经济三者综合的角度分析碳排放的公平性问题^[13]。

不难发现,当前对碳排放公平性研究,多结合生态环境、GDP、个人收入等单个指标数据考量,未对碳排放的生态、经济、社会影响等因素进行综合分析,在碳排放驱动因素方面存在片面性。另外,在研究尺度上,研究多集中于国家层面碳排放差异及特征分析,对当前我国新战略下的长江经济带碳排放问题缺乏区域统筹分析。

2 研究区域及研究问题

长江经济带覆盖我国 11 个省(市),以万里长江为纽带,横贯东中西三大经济发展带,面积约 205 万 km²,约占国土面积的 21.4%,人口和 GDP 均超过全国的 40%,经济、文化、战略地位显著,是我国经济发展最具活力和潜力的区域之一,也是我国生态文明建设的先行示范带。2016 年 1 月,习近平主席提出长江生态环境保护方针“共抓大保护,不搞大开发”。当前,在生态环境保护从严从紧的前提下,依托长江水道,统筹上、中、下游生态环境保护工作,正确处理环境、经济、社会关系尤为必要。然而,长江的保护与发展正面临复杂、严峻的形势。受人口集聚、产业发展、资源消耗等因素的影响,长江经济带环境污染负荷一直很大,环境污染累积效应显著,以水环境和大气环境质量下降为标志的环境问题突出^[14]。碳排放就是当下长江经济带各省(市)面临的严峻大气环境质量问題。

3 数据基础及模型构建

3.1 数据准备

采用的 2000—2013 年碳排放数据来自中国碳排放数据库(china emission accounts and datasets,CEADs),CEADs 是由英国研究理事会、牛顿基金会、中国科学院等多家研究机构专家学者共同编纂的以分析中国多尺度碳排放清单及碳排放特征为目标的数据库。该数据库为中国实现绿色、低碳发展提供了坚实的理论依据和技术支持,对中国控制温室气体排放的政策设计与实施作出了贡献。另外,本研究各省 GDP、人口数据来自《2015 年中国统计年鉴》及各省 2015 年统计年鉴。土地利用方式面积来自各省农业统计年鉴。

3.2 模型构建

本研究在兼顾长江经济带各省(市)经济发展水平、生态承载力及碳排放权分配公平等因素下,参照王秋贤等关于碳排放公平的研究成果^[13],构建碳排放公平评价模型——3E(Ecology-Equity-Efficiency),即

$$Y_{3E} = \sum_{i=1}^3 r_i \times I_i \quad (1)$$

式中:Y_{3E}表示运用德尔非法综合考虑的表征生态、公平、效率 3 个指标转化而来的可度量指标;I_i表示生态承载指数(ecological support index,ESI)、公平分配指数(equitable distribution index,EDI)、经济效率指数(economy efficient index,E EI);r_i表示每个指标的权重,权重主要通过德尔非法确定。

3.2.1 生态承载指数(ESI) 生态承载力是指区域生态系统可承受各种自然与人为活动的能 力,它可以评价一个区域可持续发展的能力^[15]。碳排放量的增加会提高大气中温室气体的含量,从而导致气候变暖,进而严重威胁到地区生态系统的承载力。但是分析一个地区的生态承载力,仅考虑碳排放是不够的,还应该综合考虑碳汇。当一个地区拥有大量的碳汇,如森林、草地以及其他可通过光合作用吸收大气中 CO₂ 的绿色植物及农作物,那么该区域的碳汇就能大大减少空气中的 CO₂,进而维护该区域生态系统的平衡。长江经济带拥有丰富的森林资源和广阔的耕地资源,区域内成都平原、江汉平原、洞庭湖平原、鄱阳湖平原、江淮地区为我国主要的粮食产区,区域碳汇能力不容小觑。

生态承载指数(ESI)为区域主要碳汇量比率与区域碳排放比率的比值,若 ESI < 1,说明区域碳排放的比率大于其碳汇贡献率,其碳排放量将很难自我消化,需要其他区域为其承担过量碳排放带来的生态环境影响,这就侵害了其他区域的利益;若 ESI > 1,则该地区属于有相对较高的生态容量,该地区对减轻碳排放对生态环境的压力有重要贡献。ESI 值越大说明该区域碳排放公平性越高。生态承载指数 ESI 表示公式为:

$$ESI = (A_i/A)/(E_i/E) \quad (2)$$

式中:A_i和 A 分别表示各区域和长江经济带的碳汇对碳的吸收量;E_i和 E 分别为各区域和长江经济带的碳排放量。对于碳汇量,本研究用土地利用方式的面积与单位土地利用方式碳汇系数的乘积来表示,计算公式及碳汇系数如下:

$$A = \sum_{i=1}^n T_i \times S_i \quad (3)$$

式中:A 表示不同土地利用方式的碳汇量;T_i表示第 i 种土地利用方式的面积;S_i表示第 i 种土地利用方式的碳汇系数。碳汇系数见表 1。

表 1 我国主要土地利用方式碳吸收率^[15-17]

土地利用类型	碳汇系数[kg/(m ² ·年)]
林地	5.770 0
水稻	0.414 4
小麦	0.483 5
玉米	0.470 9
棉花	0.450 0

3.2.2 公平分配指数(EDI) 衡量一个地区的碳排放公平,不仅要考虑以生态规模为代表的环境接纳能力,还要考虑人民平等的碳排放权利和福利的合理配置。其中,人口规模和

区域面积就是不可忽视的碳排放公平考虑因素。巴黎气候大会上,全球一致达成 2℃ 阈值控温协议,并为 1.5℃ 控温目标努力,这与区域的面积、人口规模、产业规模和结构等因素密切相关。因此,本研究采用人均碳排放量和碳排放密度作为构建公平分配指数的模型指标,通过德尔菲法确定这 2 个指标在衡量公平性时的比重 60%、40%,取两者加权的倒数为公平分配指数。EDI 指数越大说明地区人均碳排放占比和碳排放密度占比较小,未来碳排放空间相对较大,更能体现公平性原则。计算公式如下:

$$EDI = \frac{1}{A \times \overline{Y_p} / \overline{Y_p} + B \times \overline{Y_s} / \overline{Y_s}} \quad (4)$$

式中: $\overline{Y_p}$ 、 $\overline{Y_p}$ 分别表示具体年份区域和各省的人均碳排放量; $\overline{Y_s}$ 、 $\overline{Y_s}$ 分别表示具体年份区域及各省的碳排放密度; A 、 B 分别表示人均碳排放和碳排放密度权重。

3.2.3 经济效率指数 (EEI) 一个国家或区域的碳排放量与其社会经济发展密切相关。当前,我国经济发展进入新常态,经济增速放缓,2015 年我国 GDP 同比增长 6.9%,25 年来首度低于 7%,这为我国优化经济结构、提高资源利用效率和能效提供了历史机遇。碳排放的主要来源是能源的消耗,能源的消耗是支撑经济发展的源动力。所以衡量一个地方碳排放效率,必须将碳排放量与其产生的经济效益综合考虑。本研究采用地区 GDP 占比与碳排放占比的比值来表示 EEI,若 $EEI < 1$,则区域的碳排放比例大于其 GDP 贡献比例,说明该地区经济效率低下,以高碳排放模式创造了与之不匹配的经

济效益,这种粗放的经济增长路径会严重损害其他区域的碳排放权益。反之 $EEI > 1$,说明该区域经济效率较好,可以分担其他区域过量的碳排放。 EEI 越大表明地区碳排放公平性越好。具体计算公式如下:

$$EEI = (G_i / G) / (Y_i / Y) \quad (5)$$

式中: G_i 、 G 分别为各省(市)和区域的 GDP 总量; Y_i 、 Y 分别表示各省(市)和区域的碳排放量。

4 结果与分析

4.1 生态承载指数 (ESI) 差异分析

依照长江经济带 2000—2013 年的碳排放数据和根据土地利用方式和碳吸收系数计算出来的碳汇量数据,根据公式 2 计算得出长江经济带 2000—2013 年生态承载指数,并对数据作归一化处理,选取 2000、2005、2010 年 ESI 指数为代表,结果见图 1。从整体上看,2000—2013 年长江经济带 ESI 呈现由东部沿海向中西部内陆递增趋势,这也说明自东向西长江经济带各省的碳汇贡献率要逐渐大于碳排的贡献率,中上游省份碳的生态容量要大于下游省份。特别是上游的云南省、四川省、以及中游的江西省,ESI 指数都在 2.0 以上,说明这些省份的碳排放总体上处于其生态承载范围内,经济发展带来的碳排放可以同区域生态环境相协调,还有较大的碳排放空间。而下游的安徽省、浙江省、江苏省、上海市,ESI 指数都小于 0.6,说明这些省(市)很难“消化”本地造成的碳排放,需要其他省份共同承担,这会严重侵害其他省份的碳排放权益。

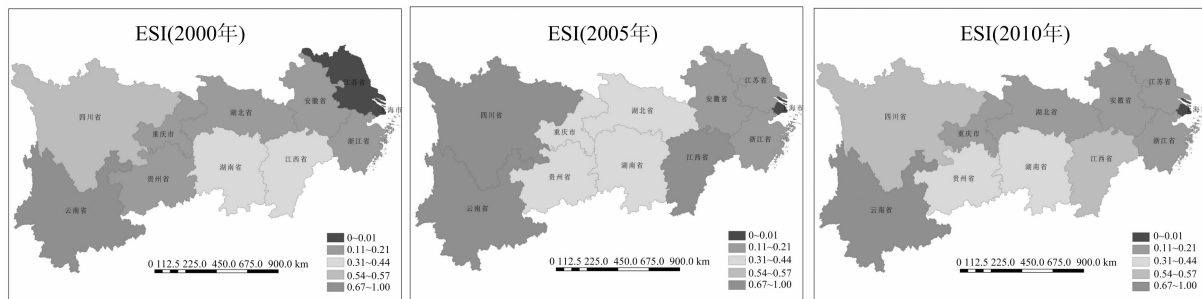


图1 长江经济带 2000、2005、2010 年生态承载指数(ESI)分布

4.2 公平分配指数 (EDI) 差异分析

公平分配指数是利用区域人均碳排放量和碳排放密度作为衡量指标。依据公式(4)计算得出长江经济带公平分配指数情况,归一化处理后,选取 2000、2005、2010 年作为代表年份(图 2)。整体来看,2000—2013 年,长江经济带 EDI 呈现自东向西递增趋势,说明由东向西,长江经济带各省份人均碳排放量和碳排放密度逐渐减小。就碳排放公平而言,东部省份江苏省、上海市、浙江省的人均碳排放量和碳排放密度较大,严重占用其他省份的碳排放空间,同时也为沿海省份产业向中西部转移提供了条件。西部的云南、四川和中部的湖南、江西等省 ESI 指数较高,说明这几个省还存在较大的碳排放空间,未来承担国家碳减排份额以及承接东部沿海省份产业转移时应予以重点关注。

4.3 经济效率指数 (EEI) 差异分析

经济效率指数是反映一个地区碳排放量与其经济发展协调程度的重要指标。本研究采用区域碳排放比率与 GDP 比

率数据,通过公式(5)计算得出 EEI 指数,归一化处理后,选取 2000、2005、2010 年作为代表,计算结果见图 3。由图 3 可知,与 ESI、EDI 指数相比,长江经济带 EEI 分布比较零散,没有明显的地域分布或几何分布特点,这也反映各省资源禀赋、经济结构以及发展水平的差异。2000—2013 年,东部的江苏省、浙江省、上海市一直处于 EEI 高值区域,表明这些区域的经济贡献率大于其碳排放的贡献率,说明其具有较高的经济效率。原因是东部沿海省(市)得益于沿海及长江入海口区位优势,靠近世界市场,改革开放经济首先高速发展,高附加值产业多,经济产值中技术含量高,单位碳排放效率高。而中西部省份区域的省(市),经济发展相对迟缓,基础设施落后,经济上主要以能源和低附加值产业为主,单位碳排放效率低,导致其 EEI 值普遍较小,说明这些省(市)的碳排放具有相对较低的经济效率,从碳排放公平角度来讲,此区域经济发展过程中的碳排放侵害了其他区域碳排放的权益。特别是煤炭资源相对丰富的贵州省和安徽省,经济效率地下,未来能源结构

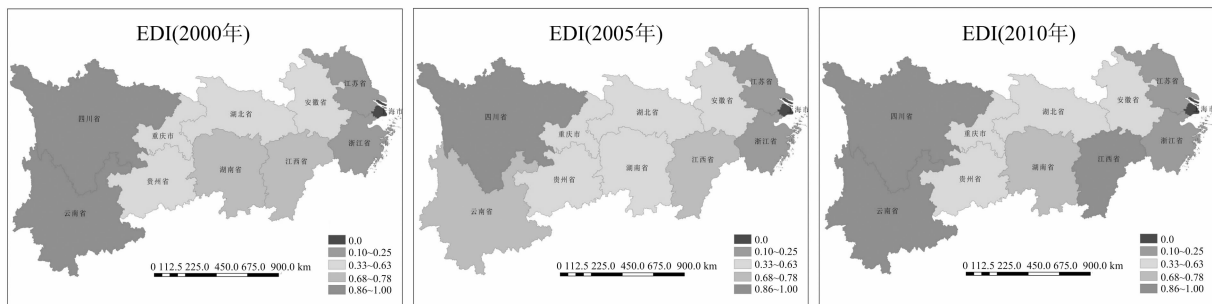


图2 长江经济带 2000、2005、2010 年公平分配指数(EDI)分布

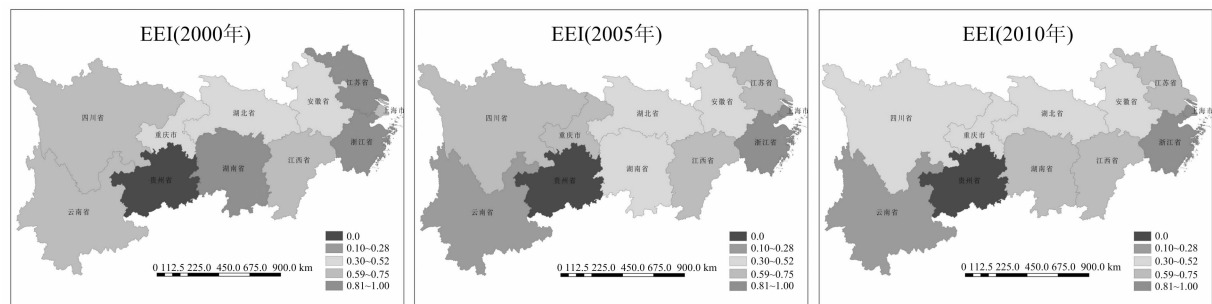


图3 长江经济带 2000、2005、2010 年经济效率指数(EEI)分布

转型以及节能减排压力很大。

4.4 3E 模型公平值差异分析

本研究根据德尔菲法,选择来自于高等院校、科研机构、发展与改革委员会等多个机构的 13 名碳排放研究领域专家,

对 ESI、EDI、EEI 等 3 个指数依次赋予指标权重,最后得出算数平均权重 34.0%、27.9%、38.1%。根据公式(1)及上述 3 个指数计算结果,得出 2000、2005、2010 年长江经济带 3E 公平值,并对数据进行归一化处理,结果见图 4。

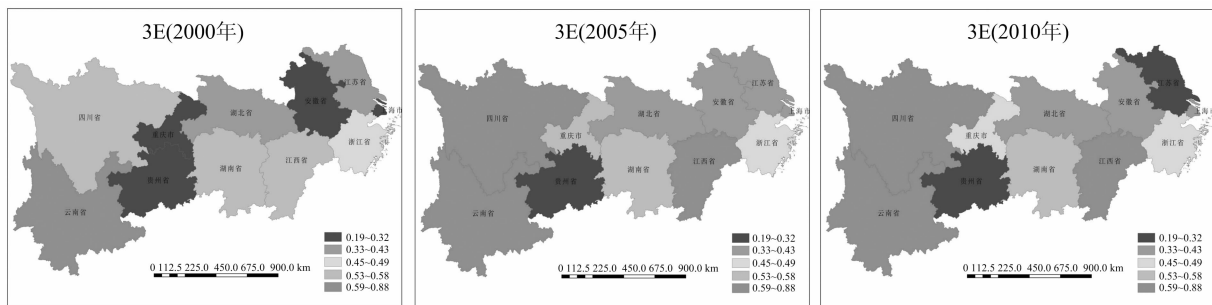


图4 长江经济带2000、2005、2010年3E公平值分布

由图 4 可知,2000—2013 年长江经济带东西部 3E 公平值一直存在较大差异,但是差异在逐渐缩小;中部地区分化严重。西部的云南省、四川省以及中部的湖南省、江西省 3E 公平值相对较高,说明这些省在生态系统良好、碳排放公平和经济效益较好的模式下发展,经济的发展能很好地与资源、生态、社会相协调。东部的浙江省、江苏省、上海市以及中部地区的湖北省、安徽省 3E 公平值一直处于低位状态,说明这些省(市)经济发展很大程度上依赖于高排放,单位碳排放效率低,就公平性而言,这些省(市)的碳排放超出了其生态承载范围,侵害了其他省份的碳排放权益。

另外,根据计算得出 2000、2005、2010 年 9 省 2 市的公平值方差变小,这也证明地区间公平值差距在逐渐缩小,经济带内部各省(市)碳排放与经济、社会、生态的协调程度提高。同时,公平值波动的变化也体现了我国在产业转移以及节能减排工作上取得了不错的成绩。未来在长江经济带产业分工

及产业转移的大背景下,中西部碳排放公平值相对较低省份,应积极采取优化区域能源消费结构,提高经济效率和能源利用效率等措施提高碳排放公平性,以实现能源消耗与经济、生态、社会的良性协调;公平值相对高的省份则应在承接东部沿海产业转移中扮演更重要的角色,通过对碳排放空间的合理配置,达到整个长江经济带碳排放效益的相对平衡。

5 讨论与展望

5.1 国家减排目标与 3E 公平值的对比分析

2006 年,国务院发布《国务院关于加强节能工作的决定》,制定了促进节能减排的一系列政策措施,以及节能降耗和污染减排的目标,同时,各地区、各部门相继作出了节能减排部署。

根据以上 3E 模型研究结果,在“十一五”(2006—2010)期间,总体上看,长江经济带东、中、西部碳排放公平值呈现从

东部沿海向中上游递增的规律,中部地区碳排放公平值差异明显。依据此结果,理论上说国家“十二五”碳排放权省级指标分配应该优先照顾中上游碳排放相对公平的省份,下游沿海是碳排放大省和碳排放不公平省份,碳减排指标分配要高要求。事实也是如此,根据国家“十二五”碳排强度下降指标(表 2),东部沿海碳排放不公平省(市),如上海市、浙江省、江苏省,承担的碳强度下降指标高达 19%,高于全国平均水平 2 百分点;中上游碳排放相对公平,碳排强度下降要求相对较低,基本与全国同步或略低。区别是 3E 模型计算成果显示中部地区碳排放公平存在明显差异性,在碳减排上理应区别对待,特别是中部的湖南省、江西省公平值较高,理应获得更多的碳排放权。事实上国家在《“十二五”碳减排指标综合实施方案》对中部各省采取了统一的碳排放强度下降指标 17%。所以,就碳排放公平性而言,国家的碳强度省级下降指标在中部地区存在不合理性,“十三五”及未来在分配节能降耗和污染减排目标时,针对不同省份或区域应全面综合考虑地区经济、社会、生态影响,同时采取区别对待,有所侧重的方针,特别是对中部地区碳排放公平性差异明显的省份。

表 2 “十二五”长江经济带各省(市)碳排强度下降指标

地区	碳排放强度下降(%)
全国	17.0
上海市	19.0
江苏省	19.0
浙江省	19.0
安徽省	17.0
江西省	17.0
湖北省	17.0
湖南省	17.0
重庆市	17.0
四川省	17.5
贵州省	16.0
云南省	16.5

注:数据来源于《国家“十二五”碳减排指标综合实施方案》。

5.2 长江经济带碳减排和碳考核一体化分析

长江经济带作为中国经济最发达的区域之一,在全国经济发展和环境保护全局中起着重要的支撑作用。长江及其流域生态环境保护是长江经济带建设的基础和重要的支撑保障^[14]。在“大保护”背景下,长江经济带必须要有统一的、全面的规划与顶层设计,以实现长江经济带中下游协同发展、东中西部互动合作^[18]。就长江经济带碳排放而言,国家节能减排指标的分配,理应弱化甚至可以突破省级行政边界的限制,将碳减排问题放在整个长江经济带内考虑,通过设定全局性的碳减排指标与综合监督考核机制来完善并丰富区域碳减排的区域顶层设计。同时,基于区域内东中西部经济发展水平、产业规模与结构、技术水平、环境容量等方面的差异,应积极开发和创新区域合作及协调机制,如产业、技术及能源资源等要素的区域内部转移以及区域内贸易和政策壁垒的消除,充

分发挥长江经济带现有的三大碳交易试点的优势及经验借鉴,通过优化区域内部能源消费结构、提高区域内技术水平、完善能源基础设施来完成国家对长江经济带的整体考核要求。

参考文献:

- [1] 张晓梅,庄贵阳. 中国省际区域碳减排差异问题的研究进展[J]. 中国人口·资源与环境,2015,25(2):135-143.
- [2] 王金南,蔡博峰,曹东,等. 中国 CO₂ 排放总量控制区域分解方案研究[J]. 环境科学学报,2011,31(4):680-685.
- [3] 杨振. 基于环境容量的能源消费碳排放空间公平性研究[J]. 中国能源,2010,32(7):25-28.
- [4] 陆森菁,陈红敏. 碳排放不公平性研究综述[J]. 资源科学,2013,35(8):1617-1624.
- [5] 杨成湘. 可持续发展中的公平性原则研究[D]. 北京:中共中央党校,2007.
- [6] 郑艳,梁帆. 气候公平原则与国际气候制度构建[J]. 世界经济与政治,2011(6):69-90,158-159.
- [7] Heil M T, Wodon Q T. Future inequality in CO₂ emissions and the impact of abatement proposals[J]. Environmental and Resource Economics,2000,17(2):163-181.
- [8] Heil M T, Wodon Q T. Inequality in CO₂ emissions between poor and rich countries[J]. Journal of Environment and Development,1997,6(4):426-452.
- [9] Druckman A, Jackson T. Household energy consumption in the UK: a highly geographically and socio-economically disaggregated model[J]. Energy Policy,2008,36(8):3167-3182.
- [10] Brand C, Preston J M. '60-20 Emission'—The unequal distribution of greenhouse gas emissions from personal, non-business travel in the UK[J]. Transport Policy,2010,17(1):9-19.
- [11] 卢俊宇,黄贤金,戴靓,等. 基于时空尺度的中国省级区域能源消费碳排放公平性分析[J]. 自然资源学报,2012,27(12):2006-2017.
- [12] 陈华,诸大建,邹丽. 全球主要国家的二氧化碳排放空间研究——基于生态-公平-效率模型[J]. 东北大学学报(社会科学版),2012,14(2):119-124.
- [13] 王秋贤,高志强,宁吉才. 基于公平的中国省域碳排放差异模型构建探讨——以中国 2010 年碳排放为例[J]. 资源科学,2014,36(5):998-1004.
- [14] 杨桂山,徐昔保,李平星. 长江经济带绿色生态廊道建设研究[J]. 地理科学进展,2015,34(11):1356-1367.
- [15] 方精云,郭兆迪,朴世龙,等. 1981—2000 年中国陆地植被碳汇的估算[J]. 中国科学,2007,37(6):804-812.
- [16] 段华平,张悦,赵建波,等. 中国农田生态系统的碳足迹分析[J]. 水土保持学报,2011,25(5):203-208.
- [17] 赖力. 中国土地利用的碳排放效应研究[M]. 南京:南京大学出版社,2011.
- [18] 王润,方晓,蔡爱玲. 构建长江经济带环保区域协调机制的思考[J]. 中国国情国力,2016(5):13-15.