

基于隐含碳排放的碳减排目标研究

张增凯¹ 郭菊娥¹ 安尼瓦尔·阿木提²

(1. 西安交通大学管理学院, 陕西 西安 710049; 2. 新疆大学经济与管理学院, 新疆 乌鲁木齐 830046)

摘要 中国政府以2005年为基年提出了碳减排指标, 确定各省碳减排基数对于明确各省碳减排责任具有重要意义。本文结合“十一五”期间节能指标分解过程中存在的问题, 分析了省际贸易中隐含的碳排放对于确定各省碳减排基数的影响, 并分别基于生产者负责原则和消费者负责原则计算了“十二五”期间各省碳减排基数。计算结果表明: ①将工业部门拆分为23个部门能够更加充分反映省际贸易结构差异对于隐含碳排放计算的影响; ②省际贸易中隐含碳排放不仅在各省间有较大差异而且呈现出从中西部地区调往东部地区的整体转移方向; ③不同原则下各省碳减排基数计算结果存在较大差异, 消费者负责原则更加真实地反映了各地区实际减排责任, 避免了部分省份通过省际调进代替本省生产的方式实现碳减排目标。

关键词 隐含碳排放; 碳减排基数; 消费者负责原则; 生产者负责原则

中图分类号 F720 **文献标识码** A **文章编号** 1002-2104(2011)12-0015-07 **doi**: 10.3969/j.issn.1002-2104.2011.12.003

中国政府以约束性指标提出到2020年我国单位GDP碳排放比2005年下降40%—45%的减排目标。目前减排目标责任在各省间分解实现已成为人们关注的焦点, 但关键是如何科学测算2005年各省碳减排基数。省际贸易隐含碳排放是确定各省碳减排基数过程中不可忽略的因素, 然而我国目前研究主要关注国际贸易中隐含的碳排放^[1-11], 由于数据的限制国内外对中国省际贸易中隐含碳排放研究较少。本文基于2002年多区域投入产出表, 计算了2002年省际贸易中的隐含碳排放, 进而基于不同的原则计算了“十二五”期间各省碳减排基数。

1 我国“十一五”节能指标分解的依据和完成情况分析

“十一五”国家对节能减排提出了限制性指标, 计划到2010年全国单位GDP能耗下降20%左右, 同时全国化学需氧量和二氧化硫排放总量下降10%。化石燃料燃烧是二氧化碳的主要来源, 节能与碳减排间有很强的相关性。“十一五”节能指标在省际间分解的依据及其完成情况将对“十二五”碳减排指标的省际间分解提供事实依据。

“十一五”单位GDP能耗降低指标的省间分解是根据各地区已经提出的节能指标, 综合考虑各地区经济发展水

平、产业结构、单位GDP能耗现实、人均能源消费量、能源自给水平等因素。单位GDP能耗降幅最高的省份是吉林省, 需要下降30%, 海南和西藏只需要下降12%, 其他大部分省份下降幅度为20%左右。

“十一五”各省面临节能压力较大, 尤其在金融危机影响下, 各省为了拉动经济增长, 节能任务的完成受到了不同程度影响。截至2009年全国单位GDP能耗累积只下降了15.61%, 2010年上半年全国单位GDP能耗更是不降反升。从地区完成情况来看, 北京、天津、吉林等提前完成了节能指标, 其中北京是完成减排指标最快的省份; 截至2010年新疆节能完成仍未过半, 各省节能完成情况差异较大。为了完成“十一五”期间节能指标, 各省市采取了不同措施, 部分省份甚至采取了过激行为, 例如不仅对高能耗企业限电, 而且对居民限电, 严重影响了经济运行和居民生活。虽然“十一五”整体节能指标仍然有望实现, 但是部分省份为了完成节能指标付出了极大的代价, 或者根本没有能力完成节能指标。

节能指标完成情况的省间差异反映了节能指标设定过程中存在的问题。首先, “十一五”以服务业为主的沿海地区与以重工业占比较高的中西部地区相比单位GDP能耗下降幅度目标设定没有太大差异。中国32个省市自

收稿日期: 2011-06-18

作者简介: 张增凯, 博士生, 主要研究方向为投融资决策与风险管理。

通讯作者: 郭菊娥, 博士, 教授, 博导, 主要研究方向为投融资决策与风险管理。

基金项目: 国家自然科学基金项目(编号: 70773091); 新疆科技厅重点项目“新疆能源发展战略研究——基于投入产出分析方法”。

治区间的能源消耗情况和经济发展状况存在巨大差异,体现在省市节能潜力和能力的差异。我国主要能源基地集中在中西部地区,以煤炭为主的资源禀赋以及能源消费结构和利用效率低下在短期内受资金和技术限制难以改变,加上目前正在建设和规划中的高能耗项目具有节能锁定效应,使中西部地区节能能力有限。东部地区经济起步较早、基础好、发展较快,节能能力优于中西部地区。所以不同省份的节能指标采取相似下降幅度不合适。其次,各省市节能基数的确定没有能够反映出各省市应该承担的实际责任。“十一五”节能基数的确定是基于生产者负责原则,导致部分省份通过增加省际调进降低本省污染排放^[12]。一些学者针对生产者负责原则的弊端,提出了消费者负责原则^[13-15]。该原则关键是考虑贸易对应的能源消耗和污染物排放,突出了作为主要省际净调入省份的东部沿海省份在节能减排责任中的重要作用,避免了中西部地区为东部沿海地区买单的现象,体现了节能减排指标省间分解的公平性。

为了避免“十二五”碳减排指标省间分解过程中出现类似问题,同时考虑到碳减排整体目标是以2005年为基年,本文选取2005年作为“十二五”各省碳减排指标的基年,对各省碳减排基数进行了计算和分析。

2 省际贸易中隐含碳排放的测算与分析

隐含碳排放是指某种产品在整个生产过程中排放的二氧化碳^[16],省际贸易中隐含污染物排放是减排指标分解过程中不可忽略的影响因素。本节基于投入产出模型,按照部门的不同聚合与拆分方案计算了省际贸易中隐含的碳排放。

随着国际合作促进节能减排作用的日益凸显,学术界围绕各国减排责任的确定,对贸易中商品隐含的碳排放问题进行了深入研究^[17-18]。以中国为研究对象针对隐含碳排放的研究可以大致分为两类。一类研究从时间的维度上分析了中国隐含碳排放的变化趋势。魏本勇^[2]和Lin^[3]分别分析了2002年和2005年中国进出口贸易隐含的碳排放;Yan^[4]、张晓平^[5]和齐晔^[6]分别研究了1992-2007年不同时间段内中国国际贸易中隐含的碳排放变化趋势。另一类研究从空间的维度上分析了中国与某具体国家贸易中隐含的碳排放。Dong^[7]和Liu^[8]分别从不同的角度分析了中日两国贸易中隐含的碳排放;Li^[9]和Guo^[10]分别分析了中英贸易、中美贸易中隐含的碳排放。周新^[11]分析了包括中国在内的十个国家或地区的国际贸易中隐含的碳排放,指出中国为最大的净出口国。以中国为研究对象针对隐含碳排放的研究主要关注国际贸易中隐含的碳排放,对于省际贸易中隐含的碳排放由于数据限制研究较

少。本文以2002年中国区域间投入产出表的数据基础,测算2002年省际贸易中隐含的碳排放,并从省间差异和区域间转移两个角度分析省际贸易中隐含碳排放的特点。

2.1 省际贸易中隐含的碳排放计算

2.1.1 隐含碳排放计算方法选择与数据来源

投入产出模型是计算贸易中隐含碳排放最适宜的方法,尤其多区域投入产出模型的使用可以更好实现对国际贸易中真正能源流或污染流的评估^[17,19]。本文中隐含碳排放的计算方法参照李善同等计算2010年省际贸易中隐含能源的计算方法^[12]。该方法的核心计算公式为:

$$E_{a,b} = e_a \cdot [(1 - A_a)^{-1} Ex_{a,b}] \quad (1)$$

$E_{a,b}$ 代表从地区a到地区b省际贸易对应的碳转移, e_a 代表地区a各部门单位产出对应的碳排放, A_a 代表地区a对应的直接消耗系数, $Ex_{a,b}$ 代表从地区a调往地区b的各部门产品量。

2002年省际贸易中隐含碳排放计算的主要数据基础,2002年中国区域间投入产出表^[12]和2002年各省能源平衡表(不包括港澳台地区和西藏)。2002年中国区域间投入产出表来自于《2002年中国区域间投入产出表:编制和应用》,李善同等已经应用该数据进行了中国省际间贸易隐含的能源分析,而且取得了很好的计算结果。2002年各省能源平衡表来自于《中国能源统计年鉴》以及各省统计年鉴。

2.1.2 测算方案设计及其结果

2002年中国区域间投入产出表分为8部门和42部门,而各省能源平衡表只包括6部门,所以部门聚合与拆分问题是计算过程中的关键。Bin Su等^[21]提出聚合投入产出表中部门和拆分各部门碳排放的二方案。方案一部门聚合过程中会损失投入产出表中所包含的信息;方案二碳排放部分细分过程中伴随着假设的增加也会增加计算误差。本文分别采用两种方案对数据进行处理,比较两种方案计算结果的差异。

方案一以能源平衡表为基准,将投入产出表聚合为6部门。各部门对应的碳排放根据能源平衡表中各部门终端能源消耗量计算,同时能源加工转换过程中火力发电、供热产生的碳排放计到工业部门。利用方案一计算的2002年中国二氧化碳排放总量为:367 847.994万t,略大于《2050中国能源和碳排放报告》中的数据358 487.73万t。这可能是因为计算中的误差以及计算口径的不同造成的。

方案二根据2002年各省份各部门各种能源品种的消耗情况对能源平衡表中的6部门进行拆分。本文将能源平衡表6部门分解为28部门,主要将工业部门具体细分为23部门。工业部门碳排放细分的方法有四种:①根据2002年该省工业分行业主要能源品种消费量计算各部门碳排放,采取此种分解方法的省份包括:北京、天津、山西、

内蒙古、辽宁、吉林、安徽、福建、江西、河南、湖南、重庆、贵州、陕西、甘肃、青海、宁夏和新疆; ②依据其他年度该省份工业分行业主要能源品种消费量计算各部门碳排放, 然后根据该年度各部门碳排放比例进行拆分, 采取此种分解方法的省份包括: 黑龙江、浙江、山东和云南; ③根据 2002 年或相近年度工业各行业能源消费比例进行拆分, 采取此种分解方法的省份包括: 河北和广东; ④根据与该省份实际情况相似省份各部门的碳排放比例进行拆分, 采取此种分解方法的省份包括: 上海、江苏、湖北、广西、海南和四川。方案二中农业、建筑业、交通运输仓储及邮电业、批发零售业贸易餐饮业和其他行业的碳排放数据根据 2002 年各地区能源平衡表计算。方案二计算的 2002 年中国二氧化碳碳排放总量为: 371 976.52 万 t, 与方案一有所不同。这是因为部分省份统计年鉴公布的各省分行业主要能源品种消费量与各省能源平衡表的数值不一致, 所以两方案的各省碳排放计算结果存在偏差。

基于省际贸易隐含碳排放的计算公式, 利用 2002 年数据分别按照两种测算方案计算 2002 年省际贸易中隐含的碳排放, 结果见表 1 所示。

表 1 分别给出了不同测算方案各省 2002 省际贸易对应的碳排放。从省际调出对应的碳排放来看, 黑龙江、山东、云南、广东、青海、新疆等省份的省际掉出量有较大下降。黑龙江、新疆、青海调出的主要是原材料, 山东、云南省际调出的主要部门是食品制造及烟草加工业, 广东省际调出的主要部门是通信设备、计算机及其他设备制造业。从省际调入对应的碳排放来看, 主要集中在食品制造及烟草加工业的山西、内蒙、湖北、甘肃等变化较大。这些部门对应的是低碳产业, 省际贸易对应的隐含碳排放相对较少, 所以方案二的计算结果相对于方案一会有较大幅度下降。

2.2 省际贸易中隐含碳排放分析

两种方案结果的差异反映了各省省际贸易结构的差异对于隐含碳排放量的影响, 方案二更好地反映各省贸易结构差异对于隐含碳排放计算的影响。这里以方案二的结果为依据分别从以下视角分析省际间贸易中的隐含碳排放。

2.2.1 隐含碳排放的省际间比较分析

省际调入调出的总量、来源以及构成比例决定省际调入调出对应的碳排放存在较大的差异(见图 1)。

表 1 2002 年各省省际贸易对应的碳排放

Tab. 1 Each province's carbon dioxide emissions embodied in the inter-provincial trade of 2002

10⁴ t

省份 Provinces	方案一 Scheme 1		方案二 Scheme 2		省份 Provinces	方案一 Scheme 1		方案二 Scheme 2	
	省际调入 Moving in from other provinces	省际调出 Sending out to other provinces	省际调入 Moving in from other provinces	省际调出 Sending out to other provinces		省际调入 Moving in from other provinces	省际调出 Sending out to other provinces	省际调入 Moving in from other provinces	省际调出 Sending out to other provinces
北京	14 381	7 118	15 594	7 919	河南	7 632	7 204	6 532	8 091
天津	7 106	7 705	6 825	6 447	湖北	5 431	5 469	4 360	5 664
河北	17 225	28 093	14 835	28 690	湖南	5 269	4 573	5 063	4 821
山西	2 781	8 874	2 152	9 248	广东	20 391	12 310	19 129	8 884
内蒙古	3 293	9 466	2 675	10 086	广西	5 158	4 620	5 458	5 347
辽宁	8 755	11 588	7 204	13 047	海南	1 799	1 173	1 769	1 095
吉林	9 966	14 256	9 723	14 622	重庆	8 490	7 354	8 536	7 370
黑龙江	5 681	6 739	6 277	3 973	四川	4 856	3 246	4 016	2 736
上海	9 402	9 186	8 620	9 868	贵州	2 460	4 928	2 054	5 232
江苏	13 761	10 173	13 230	8 910	云南	3 846	3 275	3 335	2 463
浙江	22 186	12 503	22 513	12 708	陕西	5 820	5 412	5 983	5 244
安徽	10 434	17 123	9 614	13 781	甘肃	3 274	3 653	2 590	3 057
福建	5 520	1 725	4 504	1 705	青海	1 269	1 070	1 111	739
江西	4 517	3 084	3 818	3 213	宁夏	1 436	3 869	1 496	3 701
山东	13 524	9 186	16 026	6 594	新疆	3 264	3 951	3 106	2 894

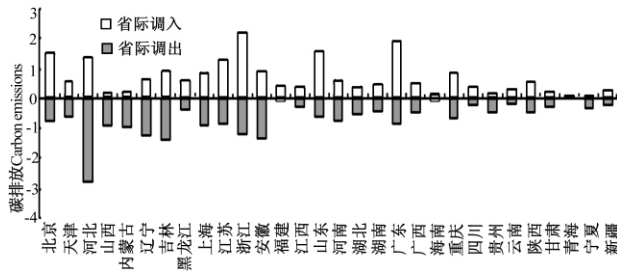


图1 2002年各省市省际调入、调出对应的碳排放(亿t)

Fig.1 Each province's carbon dioxide emissions embodied in the inter-provincial trade of 2002 (hundred million tons)

从单个省份的角度来看,同一省份省际调入、调出对应的碳排放也有较大差异。例如河北省际调出对应的碳排放达到了2.8亿t,省际调入对应的碳排放仅为1.3亿t。造成省际调入、调出对应的碳排放差异原因有:①各省省际调入与省际调出价值总量间存在较大差异;②各省省际调入与省际调出构成结构不同;③各省部门单位产出对应的碳排放之间存在差异。从省间区别的角度来看,省际贸易中的隐含碳排放在不同省份之间有较大差异。北京、河北、浙江、广东等省级贸易比较频繁的省市,省际贸易对应的碳排放较高,而青海、宁夏、新疆等西部省份,因为地理因素以及自身经济发展状况决定了这些省份较小的贸易额,导致省际贸易对应的碳排放也相应较小。

2.2.2 隐含碳排放区域间转移

照“十一五”八大经济区划分方法分析碳排放放在八经济区间间的转移。八大经济区分别为:东北经济区:吉林、辽宁和黑龙江;北部沿海经济区:北京、天津、河北和山东;东部沿海经济区:上海、江苏和浙江;南部沿海经济区:福建、广东和海南;黄河中游经济区:陕西、山西、河南和内蒙古;

长江中游经济区:湖北、湖南、江西和安徽;大西南经济区:云南、贵州、四川、重庆和广西;大西北经济区:甘肃、青海、宁夏和新疆。八个经济区间贸易对应的碳转移见表2所示。

从表2可以看出,省际间隐含碳排放转移最大值出现在北部沿海与东部沿海之间。从贸易额上来看,两地区之间的贸易往来十分频繁。从调进调出总量来看,北部沿海经济区是最高的,说明该地区应该是我国地区间碳转移的一个枢纽。

八个地区的二氧化碳调入调出净值表明北部沿海综合经济区、东部沿海综合经济区、南部沿海经济区和西南综合经济区对应的碳净调入,即省际调入对应的碳排放大于省际调出对应的碳排放,而其他四个综合经济区对应碳净调出,即省际调出对应的碳排放大于省际调入对应的碳排放。碳净调入地区主要集中在沿海地区,而碳净调出地区主要集中在中西部地区。沿海地区在2002年经济发展较快,对于各种产品的需求量大。同时,沿海地区是中国的主要出口地,本文中并没有考虑国际贸易对应的隐含碳排放,出口部分对应的隐含碳排放记到了相应的出口省份。

3 “十二五”各省碳排放基数的确定及其效益分析

按照是否考虑省际贸易中隐含的碳排放,碳排放基数的计算原则分为生产者负责原则和消费者负责原则。这里基于两种原则计算“十二五”期间各省碳减排基数,为碳减排指标的合理分解提供参考。

3.1 生产者负责原则下各省碳排放基数的确定

生产者负责原则认为,生产者应为产品生产过程中碳排放负责,在本文中各省碳排放的计算以终端能源消费量为基础,包括煤炭、焦炭、汽油、柴油、煤油、燃料油、液化石

表2 2002年8个经济区间的碳转移情况

Tab.2 Transfer of embodied carbon dioxide emissions among different regions

	东北 NE	北部沿海 NC	东部沿海 EC	南部沿海 SC	黄河中游 YER	长江中游 YAR	大西南 SW	大西北 NW
东北	0	8 497.64	5 588.36	3 862.40	1 845.48	2 638.22	2 385.02	824.12
北部沿海	4 754.51	0	9 164.04	5 097.39	4 763.99	4 760.50	4 583.17	1 579.50
东部沿海	2 562.63	6 309.34	0	5 857.15	2 112.24	4 062.76	3 332.15	1 105.24
南部沿海	1 010.29	2 702.24	3 338.13	0	812.59	1 505.18	1 864.68	402.71
黄河中游	3 718.76	8 679.00	6 826.58	3 112.47	0	3 148.61	3 408.31	1 406.76
长江中游	2 365.81	5 405.28	7 500.17	3 136.45	2 417.23	0	2 800.45	860.34
大西南	1 876.42	5 000.28	4 121.16	3 082.74	1 843.77	2 565.41	0	1 019.31
大西北	949.13	1 851.26	1 737.64	806.74	1 200.39	1 233.85	1 483.70	0

Notes NE: the northeastern region; NC: the northern coastal region; EC: the eastern coastal region; SC: the southern coastal region; YER: the region of the middle reaches of Yellow River; YAR: the region of the middle reaches of the Yangtze River; SW: the southwestern region; NW: the northwestern region

油气、天然气和火电等中国主要的能源品种,主要数据来源 2005 年各省能源平衡表。

各省碳排放具体计算步骤为:首先,将各类能源的消费量乘以其 CO₂ 排放因子(假定燃料中的碳燃烧后均转化为 CO₂,且碳氧化因子为 1)得到相应的二氧化碳排放量;其次,将各类能源对应的二氧化碳排放加总求和,得到该地区的 CO₂ 排放总量,其中火电的 CO₂ 排放是以火电生产时消耗煤炭的排放量计算,按火电生产属地原则计入火电生产地的省份。各种能源品种的 CO₂ 排放因子采用 IPCC2006 年国家温室气体清单指南中的缺省值。2005 年中国各省碳排放测算结果见表 3 所示。

2005 年中国碳排放空间分布呈现出北部地区大于南部地区,沿海地区大于内陆地区的整体格局。碳排放总量较高的省份主要集中在华北地区,包括河北、山东、江苏、河南等。其中山东省的碳排放最高,达到了 5.3 亿 t。然而同属华北的北京、天津两个直辖市 2005 年碳排放仅为

0.79 和 0.82 亿 t,反映了省市间碳排放总量存在巨大差异。从单位 GDP 碳排放来看,省间差异也非常明显,而且呈现出资源大省、中西部落后省份山西、内蒙古、贵州、宁夏等单位 GDP 碳排放更高的整体趋势。

3.2 消费者负责原则下各省碳排放基数的确定

按照消费者负责的原则,各省省际调出对应的碳排放不应记入本省,因为此部分不是本省消费,同理省际调入对应的碳排放则应该计入本省,消费者负责原则对应的各省碳排放数学表达式如下:

$$C_i^c = C_i^p - \sum_b E_{i,b} + \sum_a E_{a,i} \quad (2)$$

C_i^c 表示省份 i 基于消费者负责原则对应的碳排放, C_i^p 表示省份 i 基于生产者负责原则对应的碳排放, $\sum_b E_{i,b}$ 表示省份 i 省际调出对应的碳排放总量, $\sum_a E_{a,i}$ 表示省份 i 省际调入对应的碳排放总量。

基于生产者负责原则计算的各省碳排放矩阵 C^p ,与基于消费者负责原则计算的各省碳排放矩阵 C^c 满足以下公式:

$$C^c = C^p - AC^p + A^T C^p \quad (3)$$

A 代表碳转移矩阵,矩阵中元素 a_{ij} 表示由省份 i 调往省份 j 的省际贸易对应的隐含碳排放占省份 j 按生产原则计算的碳排放的比例; A^T 表示碳转移矩阵的转置; AC^p 表示省际调出矩阵; $A^T C^p$ 表示省际调入矩阵。

2002 年与 2005 年相距时间较短,而且省际贸易结构以及各省产业结构、生产工艺在短时间内具有一定的稳定性,假设 2005 年与 2002 年碳转移矩阵保持不变。本文根据 2002 年省际贸易中隐含的碳排放与基于生产负责原则计算的各省碳排放间的关系,间接推算 2005 年贸易中隐含的碳排放。具体估算步骤:①根据 2002 年基于生产者负责原则各省碳排放和省际贸易中的隐含碳排放计算碳转移矩阵 A ;②计算 2005 年基于生产者负责原则各省碳排放基数;③根据公式(3)计算基于消费者负责原则的各省碳排放量,具体测算结果见表 4 所示。

从碳排放总量来看,碳净调出大省对应的碳排放有明显下降,例如河北、山西、内蒙古等,而碳净调入大省对应的碳排放明显的上升,例如北京、山东、广东等省份。两种原则对应的各省碳排放有较大差异,说明省际贸易中隐含的碳排放是影响各省碳排放量计算的一个关键因素。消费者负责原则减轻了碳净调出省份的减排责任,同时增加了碳净调出省份的减排责任。

从单位 GDP 碳排放来看,消费者负责原则下各省市之间的差异明显变小。GDP 总量在一定程度上反映碳减排能力,GDP 总量越高的省份,经济基础相对较好,拥有充足的资金和先进的技术,碳减排能力较强。各省单位 GDP 碳排放基数之间的差异,在一定程度上反映了碳减排责任

表 3 2005 年基于生产者负责原则的各省碳减排基数
Tab.3 Each province's carbon emissions of 2005 based on producer responsibility principle

省份 Provinces	碳排放 (万 t) Carbon emissions	单位 GDP 碳排放 (t/万元) Carbon emissions per unit of GDP	省份 Provinces	碳排放 (万 t) Carbon emissions	单位 GDP 碳排放 (t/万元) Carbon emissions per unit of GDP
北京	7 887	1.15	湖北	20 501	3.14
天津	8 229	2.23	湖南	18 639	2.86
河北	43 842	4.34	广东	31 137	1.39
山西	28 164	6.74	广西	9 249	2.27
内蒙古	25 036	6.43	海南	1 496	1.67
辽宁	21 839	2.73	重庆	7 944	2.59
吉林	13 051	3.61	四川	18 358	2.49
黑龙江	12 783	2.32	贵州	17 011	8.60
上海	14 814	1.62	云南	14 024	4.04
江苏	38 225	2.09	西藏	-	-
浙江	22 249	1.66	陕西	12 518	3.41
安徽	14 639	2.72	甘肃	8 339	4.31
福建	12 924	1.97	青海	2 035	3.75
江西	8 520	2.10	宁夏	5 607	9.25
山东	53 110	2.87	新疆	8 649	3.32
河南	35 718	3.37	全国	536 537	2.92

表4 2005年基于消费者负责原则各省碳减排基数
Tab.4 Each province's carbon emissions of
2005 based on consumer responsibility principle

省份 Provinces	碳排放 (万吨) Carbon emissions	单位GDP 碳排放 (t/万元) Carbon emissions per unit of GDP	省份 Provinces	碳排放 (万吨) Carbon emissions	单位GDP 碳排放 (t/万元) Carbon emissions per unit of GDP
北京	18 563	2.70	湖北	18 692	2.87
天津	8 894	2.41	湖南	19 064	2.93
河北	21 216	2.10	广东	45 854	2.05
山西	18 804	4.50	广西	9 245	2.27
内蒙古	15 316	3.93	海南	2 495	2.79
辽宁	13 003	1.62	重庆	9 874	3.22
吉林	6 322	1.75	四川	20 316	2.75
黑龙江	15 886	2.88	贵州	12 437	6.28
上海	13 173	1.44	云南	15 520	4.47
江苏	44 409	2.43	西藏	-	-
浙江	36 072	2.68	陕西	13 778	3.75
安徽	8 787	1.63	甘肃	7 617	3.94
福建	17 026	2.59	青海	2 577	4.74
江西	9 313	2.30	宁夏	2 529	4.17
山东	67 398	3.64	新疆	8 884	3.41
河南	33 471	3.16	全国	536 535	2.92

分解的公平性。与生产者负责原则相比消费者负责原则下各省之间单位GDP碳排放基数的差异较小,说明消费者负责原则更加体现了碳减排责任省间分解的公平原则。

4 结论

“十二五”是中国碳减排目标实现的关键时期,为了促进“十二五”碳减排目标顺利实施,本文首先分析了“十一五”节能指标分解存在的问题,并针对碳减排基数对于确定各省碳减排责任的重要性,重点分析了省际贸易中的隐含碳排放,最后分别基于生产者负责原则与消费者负责原则测算“十二五”期间各省碳减排基数。

基于生产者负责原则计算的各省碳减排反映了各省的碳减排潜力,是各省碳排放下降幅度的重要依据之一,但是生产者负责原则不适合作为各省碳减排基数确定的依据。因为生产者负责原则会导致部分省份通过省际调进替代本省生产的方式实现碳减排,造成高能耗、高污染的企业向中西部转移。基于消费者负责原则计算的各省

碳排放更加真实地反映了各省的碳减排责任,作为各省碳减排基数的确定依据更加合理。基于消费者负责原则确定各省碳减排基数的关键是省际贸易统计数据,虽然本文给出了在缺乏省际贸易数据的情况下,基于消费者负责原则各省碳减排基数的计算方法,但是为了更准确度量省际贸易中的隐含碳排放,政府统计部门应该加强对于省际调入调出数据的统计工作,尤其是针对重点高能耗、高污染产品的省间贸易典型统计。

(编辑:刘照胜)

参考文献(References)

- [1] Munksgaard J, Pedersen K A. CO₂ Accounts for Open Economies: Producer or Consumer Responsibility? [J]. Energy Policy, 2000, 29(4): 327-334.
- [2] 魏本勇,方修琦,王媛,等. 基于投入产出分析的中国国际贸易碳排放研究[J]. 北京师范大学学报:自然科学版, 2009, 45(4): 413-419. [Wei Benyong, Fang Xiuqi, Wang Yuan, et al. Estimation of Carbon Emissions Embodied in International Trade for China: an Input-output Analysis [J]. Journal of Beijing Normal University: Natural Science Edition, 2009, 45(4): 413-419.]
- [3] Lin B Q, Sun C W. Evaluating Carbon Dioxide Emissions in International Trade of China [J]. Energy Policy, 2010, 38(1): 613-621.
- [4] Yan Y F, Yang L K. China's Foreign Trade and Climate Change: A Case Study of CO₂ Emissions [J]. Energy Policy, 2010, 38(1): 350-356.
- [5] 张晓平. 中国外贸产生的CO₂排放区位转移分析[J]. 地理学报, 2009, 64(2): 234-242. [Zhang Xiaoping. Carbon Dioxide Emissions Embodied in China's Foreign Trade [J]. Acta Geographica Sinica, 2009, 64(2): 234-242.]
- [6] 齐晔,李惠民,徐明. 中国进出口贸易中的隐含碳估算[J]. 中国人口·资源与环境, 2008, 18(3): 8-13. [Qi Ye, Li Huimin, Xu Ming. Accounting Embodied Carbon in Import and Export in China [J]. China Population, Resources and Environment, 2008, 18(3): 8-13.]
- [7] Dong Y L, Ishikawa M, Liu X B, et al. An Analysis of the Driving Forces of CO₂ Emissions Embodied in Japan-China Trade [J]. Energy Policy, 2010, 38(11): 6784-6792.
- [8] Liu X B, Ishikawa M, Wang C, et al. Analyses of CO₂ Emissions Embodied in Japan-China Trade [J]. Energy Policy, 2010, 38(3): 1510-1518.
- [9] Li Y, Hewitt C N. The Effect of Trade between China and the UK on National and Global Carbon Dioxide Emissions [J]. Energy Policy, 2008, 36(6): 1907-1914.
- [10] Guo J, Zou L L, Wei Y M. Impact of Inter-sectoral Trade on National and Global CO₂ Emissions: An Empirical Analysis of China and US [J]. Energy Policy, 2010, 38(3): 1389-1397.
- [11] 周新. 国际贸易中的隐含碳排放核算及贸易调整后的国际温室气体排放[J]. 管理评论, 2010, 22(6): 17-24. [Zhou Xin.

- Emissions Embodied in International Trade and Trade Adjustment to National GHG Inventory [J]. *Management Review*, 2010, 22(6): 17-24.]
- [12] 李善同, 齐舒畅, 许召元. 2002年中国地区扩展投入产出表: 编制与应用[M]. 北京: 经济科学出版社, 2010. [Li Shantong, Qi Shuchang, Xu Zhaoyuan. Chinese Regional Input-output Table of 2002: Preparation and Application [M]. Beijing: The Science Publishing Company 2010.]
- [13] Hertwich E G, Peters G P. Carbon Footprint of Nations: A Global, Trade-linked Analysis [J]. *Environmental Science & Technology*, 2009, 43: 6414-6420.
- [14] Peters G P, Hertwich E G. CO₂ Embodied in International Trade with Implications for Global Climate Policy [J]. *Environmental Science & Technology*, 2008, 42: 1401-1407.
- [15] Richard W, Christopher J D. Australia's Carbon Footprint [J]. *Economic Systems Research*, 2009, 21: 243-266.
- [16] Peters G P. Carbon Footprints and Embodied Carbon at Multiple Scales [J]. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2010, 2(4): 245-250.
- [17] Peters G P, Hertwich E G. Pollution Embodied in Trade: the Norwegian Case [J]. *Global Environmental Change* 2006, 16(4): 379-387.
- [18] Muñoz P, Steiner K W. Austria's CO₂ Responsibility and the Carbon Content of Its International Trade [J]. *Ecological Economics*, 2010, 69(10): 2003-2019.
- [19] Lenzen M, Pade L L, Munksgaard J. CO₂ Multipliers in Multi-region Input-output Models [J]. *Economic Systems Research*, 2004, 16(4): 391-412.
- [20] Su Bin, Huang H C, Ang B W, Zhou P. Input-output Analysis of CO₂ Emissions Embodied in Trade: The Effects of Sector Aggregation [J]. *Ecological Economics*, 2010, 70(15): 10-18.
- [21] 邢芳芳, 欧阳志云, 王效科, 等. 北京终端能源碳消费清单与结构分析 [J]. *环境科学*, 2007, 28(9): 1918-1923. [Xing Fangfang, Oyang Zhiyun, Wang Xiaoke, et al. Inventory of Final Energy-carbon Consumption and Its Structure in Beijing [J]. *Environmental Science*, 2007, 28(9): 1918-1923.]
- [22] U. S. Energy Information Administration. Carbon Intensity Using Purchasing Power Parities (Metric Tons of Carbon Dioxide per Thousand Year 2005 U. S. Dollars) [EB/OL]. [2010-3-5]. <http://tonto.eia.doe.gov/cfapps/ipdbproject/iedindex3.cfm?tid=91&pid=47&aid=31&cid=&syid=2004&eyid=2008&unit=MTCDPUSD>.

Determination of Each Province's Carbon Dioxide Reduction Target Based on Embodied Carbon Dioxide Emissions

ZHANG Zeng-kai¹ GUO Ju'e¹ ANNIWAER Amuti²

(1. School of Management, Xi'an Jiaotong University, Xi'an Shaanxi 710049, China;

2. School of Economics & Management, Xinjiang University, Urumqi Xinjiang 830046, China)

Abstract Measuring each province's carbon dioxide emissions is of great significance for the carbon reduction target, announced by Chinese Central Government, with 2005 as the base year. This paper firstly analyzes the existing problems of the energy conservation during the Eleventh Five Year Plan period and then studies the influence of embodied carbon dioxide emissions on the calculation of each province's carbon emissions basis. Finally, each province's carbon dioxide emissions of the base year are calculated based on two principles: the producer responsibility principle and the consumer responsibility principle. Several crucial conclusions are drawn as follows. First, dividing the industrial sector into 23 sectors adequately reflects the influence of the structural difference in inter-provincial trade on the calculation of the embodied carbon dioxide emissions. Second, the provincial differences of embodied carbon dioxide emissions are obvious. The transfer direction of embodied carbon dioxide emissions is from the central and western regions to the eastern region. Third, there are obvious differences on each province's carbon dioxide emissions based on different principles, and the consumer responsibility principle accurately reflects the carbon reduction duty of each province and avoids the phenomenon that some provinces reduce carbon dioxide emissions through inter-provincial trade.

Key words embodied CO₂ emissions; CO₂ emissions basis; producer responsibility principle; consumer responsibility principle