

# 中国各省份碳足迹与碳承载力差异研究

黄雨生<sup>1</sup>, 曲建升<sup>1,2</sup>, 刘莉娜<sup>1</sup>

(1. 兰州大学 资源环境学院 西部环境教育部重点实验室, 甘肃 兰州 730000;

2. 中国科学院兰州情报文献中心 全球变化研究信息中心, 甘肃 兰州 730000)

**摘要:** 基于表观消费量法和碳足迹与碳承载力计算模型对中国大陆30个省份的能源碳足迹和碳承载力进行计算并针对区域差异进行分析。结果表明, 2012年, 中国的碳足迹、碳承载力、净碳足迹分别为8 987 302.28 kt、1 797 728.81 kt、7 189 573.47 kt, 人均碳足迹、人均碳承载力以及人均净碳足迹分别为6.70 t、1.36 t、5.34 t。对各省份分析发现, 2012年, 碳足迹最大的省份是山东, 占9.43%, 碳承载力最大的省份是云南, 占10.53%。此外, 人均碳足迹高于全国平均水平的省份有16个, 人均碳承载力高于全国平均水平的省份有13个, 人均净碳足迹高于全国平均水平的省份有12个。同时还发现中国北方地区的碳足迹和净碳足迹高于南方地区, 而南方地区的碳承载力高于北方地区。

**关键词:** 能源消费; 碳足迹; 碳承载力; 净碳足迹; 区域差异

中图分类号: F062.2 文献标识码: A 文章编号: 1671-4407(2016)06-038-06

## Research on the Differences of Carbon Footprint and Carbon Carrying Capacity Based on Provincial Level in China

HUANG Yusheng<sup>1</sup>, QU Jiansheng<sup>1,2</sup>, LIU Lina<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Western Environmental Systems (Ministry of Education), College of Earth Environment Sciences, Lanzhou University, Lanzhou Gansu 730000, China;

2. Information Center for Global Change Studies, Lanzhou Library of Chinese Academy of Sciences, Lanzhou Gansu 730000, China)

**Abstract:** With fossil fuels and forest resource data of each province of China in 2012, this work first estimates carbon footprint and carbon carrying capacity based on the method of apparent consumption and carbon footprint and carbon carrying capacity calculation model, and then analyzes its regional differences. The results shows that: the total amount of carbon footprint, carbon carrying capacity, and net carbon footprint are 8 987 302.28, 1 797 728.81, and 7 189 573.47 kt respectively, and per capita carbon footprint, carbon carrying capacity, and net carbon footprint are 6.70, 1.36, and 5.34 t per person, separately. Making a further analysis of carbon footprint and carbon carrying capacity on the provincial level, we find that Shandong province has the highest total carbon footprint in China, which accounts for 9.43%, while the province with the highest total carbon carrying capacity is Yunnan, which accounts for 10.53% of the total carbon capacity throughout the country. Moreover, compared to the national average level in 2012, we find that there are 16 provinces that per capita carbon footprint was higher than the national level, 13 provinces that per capita carbon carrying capacity was higher than the national level, and 12 provinces that per capita net carbon footprint was higher than the national level. We also find that both carbon footprint and net carbon footprint are higher in the North Region than those in the South Region, while carbon carrying capacity is lower in the North Region than that in the South Region.

**Key words:** energy consumption; carbon footprint; carbon carrying capacity; net carbon footprint; regional difference

## 1 引言

近年来, 全球气候变暖问题受到学者的广泛关注。CO<sub>2</sub>是最重要的人为温室气体, 1970 ~ 2004年, 排放量增加了大约80%<sup>[1]</sup>。其中, 化石能源的大量使用是目前最大的碳源。中国是世界上最大的发展中国家, 各省份发展不平衡, 这就导致中国各省份温室气体排放量也将存在着差异。基于能源消费数据, 对中国各省份温室气体排放量进行计算将有利于我们了解各省份的碳排放差异, 同时也

有利于我们更好地实施碳减排。

“碳足迹”和“碳承载力”的概念缘起于“生态足迹”, 分别指人类在生产或消费过程中所产生的温室气体的量和某一区域各种植被光合作用固定CO<sub>2</sub>的量<sup>[2-5]</sup>。近年来, 国内外学者对“碳足迹”和“碳承载力”的研究广泛关注。Hertwich等<sup>[6]</sup>对全球73个国家的碳足迹进行了分析。Wiedmann等<sup>[7]</sup>研究了英国1990 ~ 2008年的碳足迹。Zhao等<sup>[8]</sup>以南京市为例分析了南京市的碳足迹和碳循环压

基金项目: 中国科学院战略性先导科技专项“应对气候变化的碳收支认证及相关问题”(XDA05140100); 国家自然科学基金项目“基于排放基准线的我国居民家庭碳排放需求与增长路径研究”(41371537)

作者简介: 黄雨生(1993 ~ ), 男, 安徽六安人, 硕士生, 主要研究方向为全球气候变化及温室气体的减量减排。

力。祁悦等<sup>[9]</sup>基于表观消费量法对中国1992~2007年的碳足迹进行了估算。纪芙蓉等<sup>[10]</sup>基于碳足迹、碳足迹产值和碳足迹生态压力等指数,研究中国2000~2007年能源利用情况。赵先贵等<sup>[11]</sup>基于碳足迹和植被的固碳效应对陕西省碳足迹时空变化做了研究。马彩虹<sup>[12]</sup>采用碳足迹方法对2001~2009年中国的能源消费碳足迹、碳承载力和碳赤字做了定量分析。然而,这些研究忽略了对碳足迹,碳承载力以及净碳足迹的综合比较以及区域差异分析。

本文在已有研究的基础上,基于表观消费量法、碳足迹与碳承载力计算模型,对中国2012年各省份的碳足迹、碳承载力以及净碳足迹进行计算并对各省份的碳足迹和碳承载力差异进行分析。最后,本文对我国2003~2014年碳足迹变化趋势以及碳承载力的发展做了详细的分析,并对所研究的方法进行了不确定分析。

## 2 数据来源与计算方法

### 2.1 数据来源

2012年,中国各省份的能源消费数据来自于《中国能源统计年鉴2013》<sup>[13]</sup>,森林面积数据来自《中国林业统计年鉴2013》<sup>[14]</sup>。鉴于缺少西藏以及台湾、香港、澳门的相关数据,本文在具体计算和分析过程中,对这几个地区不予考虑。

### 2.2 碳足迹

化石能源的使用产生了大量的CO<sub>2</sub>,本文采用2012年能源数据,对全国以及各省份的碳足迹总量、碳承载力总量、净碳足迹总量、人均碳足迹、人均碳承载力以及人均净碳足迹进行计算,并对各省份的差异状况进行分析。

本文对碳足迹的计算主要依据《2006年IPCC国家温室气体清单指南》<sup>[15]</sup>中提供的表观消费量法,虽然此法所得计算结果不精确,但是由于此法采用的是宏观的能源数据,可大体上界定一个国家或地区的碳排放形势,因此可用此法作为碳排放的检测、比较和分析工作。其基本公式如下:

$$CF = N \times cf = \sum [(A_i e_i c_i) \times 10^{-3} - S_i] o_i \times \frac{44}{12}$$

式中:cf表示人均碳足迹,单位:吨/人;N表示人口数;A<sub>i</sub>表示某种化石燃料的表观消费量,单位:kt;e<sub>i</sub>表示某种能源热量转换系数,单位:TJ/kt;c<sub>i</sub>表示某种能源碳排放因子,单位:tC/TJ;o<sub>i</sub>表示某种能源的碳氧化率,其中液体燃料的氧化率为99%,固体燃料的氧化率为98%,气体燃料的氧化率为99.5%。

### 2.3 碳承载力

碳承载力是指绿色植被的固碳能力,赵先贵等<sup>[11]</sup>考虑森林的碳承载力,肖玲<sup>[3]</sup>、卢俊宇<sup>[16]</sup>等考虑森林和草地的碳承载力,马彩虹<sup>[12]</sup>考虑森林、草地和农田的碳承载力。本文基于赵先贵对碳承载力的研究方法对我国2012

年碳承载力进行计算,其计算公式如下<sup>[11]</sup>:

$$CC = N \times cc = S \times C_{NEP} \times \frac{44}{12}$$

其中,CC表示森林的碳承载力,单位:kt;cc表示人均碳承载力,单位:吨/人;S表示森林的面积,单位:hm<sup>2</sup>;C<sub>NEP</sub>表示1hm<sup>2</sup>的植被1年吸收的碳量,单位:t×hm<sup>-2</sup>×a<sup>-1</sup>。因为净生态系统生产力(NEP)的取值没有统一,根据吴庆标等<sup>[17]</sup>对我国各森林植被带(表1)的估算参数,我们将中国分为四个气候带,其中寒温带、温带的森林植被的NEP为1.78t×hm<sup>-2</sup>×a<sup>-1</sup>,暖温带的森林植被的NEP为1.43t×hm<sup>-2</sup>×a<sup>-1</sup>,亚热带的森林植被的NEP的取值为2.84t×hm<sup>-2</sup>×a<sup>-1</sup>,热带的森林植被的NEP的取值为2.51t×hm<sup>-2</sup>×a<sup>-1</sup>。

表1 中国森林植被分区

气候带	省份
寒温带温带	黑龙江、内蒙古、辽宁、吉林、新疆
暖温带	山西、陕西、天津、北京、甘肃、河北、青海、宁夏、山东、河南
亚热带	江西、福建、湖南、浙江、安徽、湖北、上海、江苏、西藏、四川、重庆、贵州、云南、广东、广西
热带	海南

### 2.4 净碳足迹

净碳足迹缘于“生态足迹”中的“生态赤字”。本文将其定义为碳足迹减去碳承载力的值。当该值等于零的时候表示碳平衡。当该值小于零表示的时候表示碳承载力盈余,遏制气候变暖,处于固碳状态。当该值大于零的时候表示碳足迹赤字,促进气候变暖,处于碳排放状态。其计算公式如下:

$$NCF = CF - CC$$

其中,NCF表示为净碳足迹,单位:kt。

## 3 结果与分析

通过对我国2012年的能源碳足迹进行计算,我们得知,2012年我国的碳足迹总量为8987302.28kt。其中,由煤炭消耗产生的碳足迹为7164252.1kt,占碳足迹总量的79.72%;石油消耗产生的碳足迹为1570750.55kt,占碳足迹总量的17.48%;天然气消耗产生的碳足迹为252299.63kt,占碳足迹总量的2.80%。通过对主要的能源消费类型进行比较,我们发现,温室气体排放源中煤炭消耗的贡献最大,其次是石油和天然气。此外,通过计算得知,2012年我国的碳承载力总量为1797728.81kt,净碳足迹总量为7189573.47kt。我国能源消耗产生的碳足迹远远大于碳承载力,因此,减少我国碳足迹以及增加碳承载力的任务任重道远。

### 3.1 各省份碳足迹总量与碳承载力总量分析

通过对我国各省份的能源碳足迹进行计算发现,2012年,我国各省份的碳足迹总量存在着显著差异。如表2所示,碳足迹总量最大的两个省份是山东和河北,其碳足迹

总量分别为 847 259.02 kt 和 641 670.36 kt, 分别占全国碳足迹总量的 9.43% 和 7.14%。其次是内蒙古、江苏、山西、辽宁、广东、河南、浙江和湖北。碳足迹最小的两个省份是青海和海南, 其碳足迹总量分别为 42 697.79 kt 和 36 090.06 kt, 占全国碳足迹总量的比例分别为 0.48% 和 0.40%。碳足迹较小的省份还有北京、宁夏、江西、甘肃、重庆、天津、广西和云南。通过对各省份的碳足迹总量进行比较发现, 碳足迹总量较大的省份大多处在东部经济发达地区和能源丰富地区。而碳足迹总量较小的省份主要分为两类: 一类是处在中西部欠发达地区, 如: 青海、甘肃和宁夏。另一类是处在能源消费量较低的沿海地区, 如: 北京、天津和海南等。这一研究结果与石敏俊等<sup>[18]</sup>对我国 2002 年以及 2007 年各省份碳足迹的研究结果基本一致。

2012 年, 我国各省份的碳承载力总量也存在着明显的差异。如表 2 所示, 碳承载力总量最大的两个省份是云南和四川, 分别为 189 330.99 kt 和 177 416.13 kt。其次是内蒙古、广西、黑龙江、湖南、江西、广东、福建和湖北。这些省份森林覆盖率一般都在 35% 以上, 其中福建的森林覆盖率达到 66%。碳承载力总量最小的两个省份是上海和天津, 其碳承载力总量分别为 709.15 kt 和 585.16 kt。碳承载力总量较小的省份还有北京、宁夏、山东、山西、江苏、海南、河南以及青海。碳承载力总量较小的省份主要分为三类: 第一类如北京、海南, 这些省份虽然植被丰富, 森林覆盖率也高达 35% 以上, 但是由于这些地区本身面积就很小, 所以导致它的植被覆盖面积也非常的少。第二类如宁夏、青海, 这些省份处在我国西北部, 气候恶劣, 降水量少, 不利于植被的生长。第三类如河南、江苏、山东、山西、上海、天津, 这些省份的森林覆盖率都比较低, 大多省份低于 20%, 有些省份甚至低于 10%。

从地理位置上看, 如图 1 所示, 2012 年我国的碳足迹总量和净碳足迹总量分布形式基本一致。我国北方地区的碳足迹总量和净碳足迹总量所占比重较大。一方面是因为北方地区资源丰富(尤其煤炭资源丰富), 从而有利于当地居民对化石能源的消耗, 另一方面是因为北方地区重工业化较重, 从而使得北方地区的化石能源消耗多于南方, 也就导致我国北方能源碳足迹要多于南方。2012 年, 我国的碳承载力总量较高的省份主要分布在我国南方地区和北方的内蒙

古和黑龙江, 而碳承载力总量较小的省份主要分布在我国的北方地区。

### 3.2 各省份人均碳足迹与人均碳承载力分析

2012 年, 中国的人均碳足迹、人均碳承载力以及人均净碳足迹(表 3)分别为 6.70 t、1.36 t 和 5.34 t。对各省份的人均碳足迹、人均碳承载力以及人均净碳足迹进行分析, 内蒙古的人均碳足迹最高为 25.22 t, 其次是宁夏, 为 21.43 t, 江西的人均碳足迹最低, 为 3.12 t。人均碳承载力以内蒙古自治区最高, 为 6.53 t, 其次是云南省, 为 4.07 t, 上海和天津的人均碳承载力最低, 为 0.04 t。人均净碳足迹以宁夏最高, 为 20.92 t, 其次是内蒙古, 为 18.69 t, 云南的人均净碳足迹最低, 为 0.01 t。表 2 所示, 我们可以发现, 高于全国人均碳足迹的省份有 16 个, 高于全国人均碳承载力的省份有 13 个, 高于全国人均净碳足迹的省份有 12 个。

2012 年中国各省份人均碳足迹、人均净碳足迹区域分布差异明显而人均碳承载力区域分布差异不明显(图 2)。从人均碳足迹来看(图 2(a)), 人均碳足迹较大的省份主要分布在我国北方地区, 这些省份一方面如北京、上海等经济发展水平高, 导致人均碳足迹趋高, 另一方面如新疆、吉林等北方地区人均碳足迹较高, 与当地能源资源丰富, 以及当地高耗能产业比重较高有关。与北方地区各省份的人均碳足迹相比较, 南方地区各省份的人均碳足迹相对较小, 这主要与南方地区的能源资源相对匮乏, 南方地区高耗能产业较少以及南方地区冬天不需要烧煤供暖有关。从人均碳承载力来看(图 2(b)), 东部沿

表3 中国各地区人均碳足迹、碳承载力以及净碳足迹的区域分析

省市	人均碳足迹(t)	人均碳承载力(t)	人均净碳足迹(t)	省市	人均碳足迹(t)	人均碳承载力(t)	人均净碳足迹(t)
北京	5.07	0.15	4.92	河南	4.42	0.18	4.24
天津	11.15	0.04	11.11	湖北	5.78	1.28	4.50
河北	8.80	0.33	8.47	湖南	3.87	1.58	2.29
山西	13.37	0.40	12.97	广东	4.36	0.88	3.48
内蒙古	25.22	6.53	18.69	广西	3.53	2.97	0.56
辽宁	10.60	0.84	9.76	海南	4.07	1.94	2.13
吉林	8.06	1.80	6.26	重庆	5.14	1.14	4.00
黑龙江	7.90	3.34	4.56	四川	3.64	2.20	1.44
上海	8.22	0.04	8.18	贵州	6.97	1.94	5.03
江苏	7.12	0.22	6.90	云南	4.08	4.07	0.01
浙江	6.37	1.14	5.23	陕西	7.15	1.21	5.94
安徽	4.79	0.66	4.13	甘肃	5.48	1.03	4.45
福建	5.64	2.24	3.40	青海	7.95	3.96	3.99
江西	3.12	2.31	0.81	宁夏	21.43	0.51	20.92
山东	8.75	0.15	8.60	新疆	11.22	2.02	9.2

表2 2012年中国各省份碳足迹、碳承载力以及净碳足迹总量

省市	碳足迹(kt)	碳承载力(kt)	净碳足迹(kt)	省市	碳足迹(kt)	碳承载力(kt)	净碳足迹(kt)
北京	104 937.14	3083.60	101 853.54	河南	415 872.22	18 827.24	397 044.98
天津	157 528.35	585.16	156 943.19	湖北	332 582.56	74 336.62	258 245.94
河北	641 670.36	23 035.54	618 634.82	湖南	256 794.42	105 376.69	151 417.73
山西	482 745.01	14 807.70	467 937.31	广东	461 796.97	94 358.34	367 438.63
内蒙古	628 032.62	162 376.94	465 655.68	广西	165 324.90	139 819.83	25 505.07
辽宁	465 295.24	36 373.77	428 921.47	海南	36 090.06	17 281.10	18 808.96
吉林	221 634.05	49 855.25	171 778.8	重庆	151 325.30	32 951.95	118 373.35
黑龙江	302 920.72	128 061.68	174 859.04	四川	293 894.64	177 416.13	116 478.51
上海	195 563.67	709.15	194 854.52	贵州	242 690.88	68 035.51	174 655.37
江苏	563 689.72	16 880.01	546 809.71	云南	190 252.03	189 330.99	921.04
浙江	348 820.39	62 621.62	286 198.77	陕西	268 435.98	44 738.22	223 697.76
安徽	286 914.73	39 614.40	247 300.33	甘肃	141 347.74	26 607.30	114 740.44
福建	211 498.52	83 438.92	128 059.6	青海	42 697.79	21 308.38	21 389.41
江西	140 470.66	104 321.81	36 148.85	宁夏	138 641.03	3240.38	135 400.65
山东	847 259.02	13 349.53	833 909.49	新疆	250 575.56	44 985.05	205 590.51

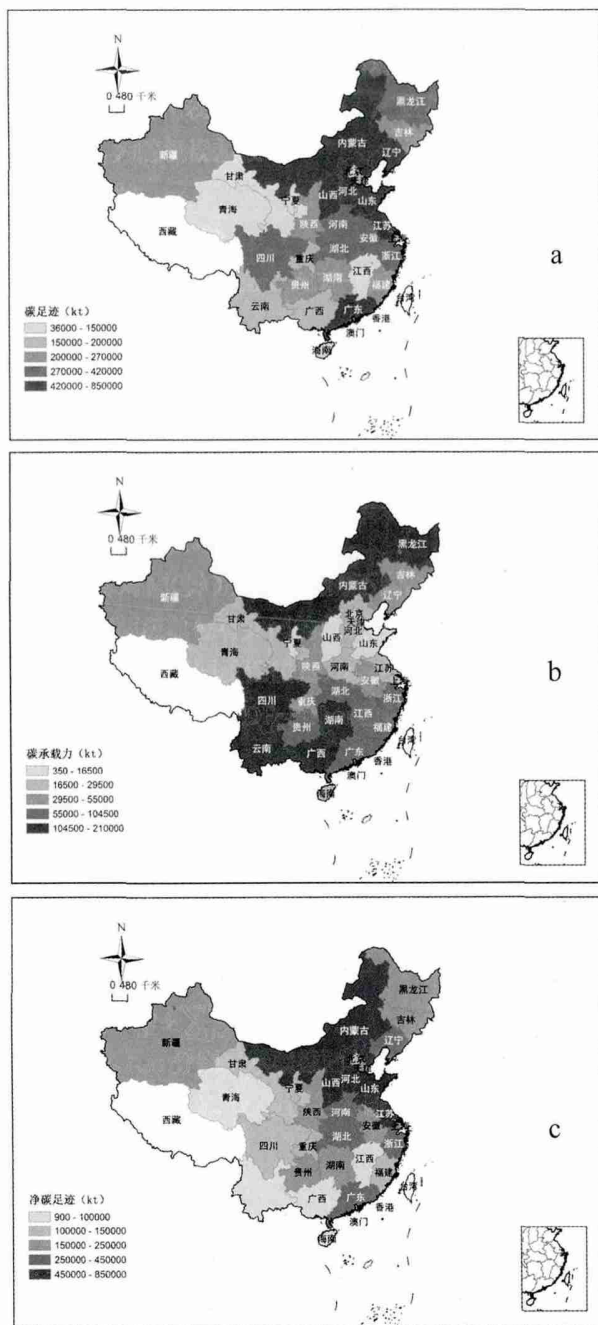


图1 2012年中国各省份碳足迹、碳承载力以及净碳足迹分布图

海地区各省份的人均碳承载力普遍低于内陆地区,这主要是由于东部地区森林覆盖率小以及人口众多双重结果导致的。

### 4 讨论

#### 4.1 2003 ~ 2012年我国碳足迹趋势

2003 ~ 2012年我国的碳足迹总量呈现逐渐上升的趋势(图3)。2008年以前,碳足迹的上升趋势较为缓慢,从2008年开始加快增长,直到2012年达到最高的8 987 302.28 kt,是2003年的2.43倍。2003 ~ 2012年各能源碳足迹中以煤炭消耗产生的碳足迹最大,其次为石油,而天然气消耗产生的碳足迹几乎可以忽略不计。

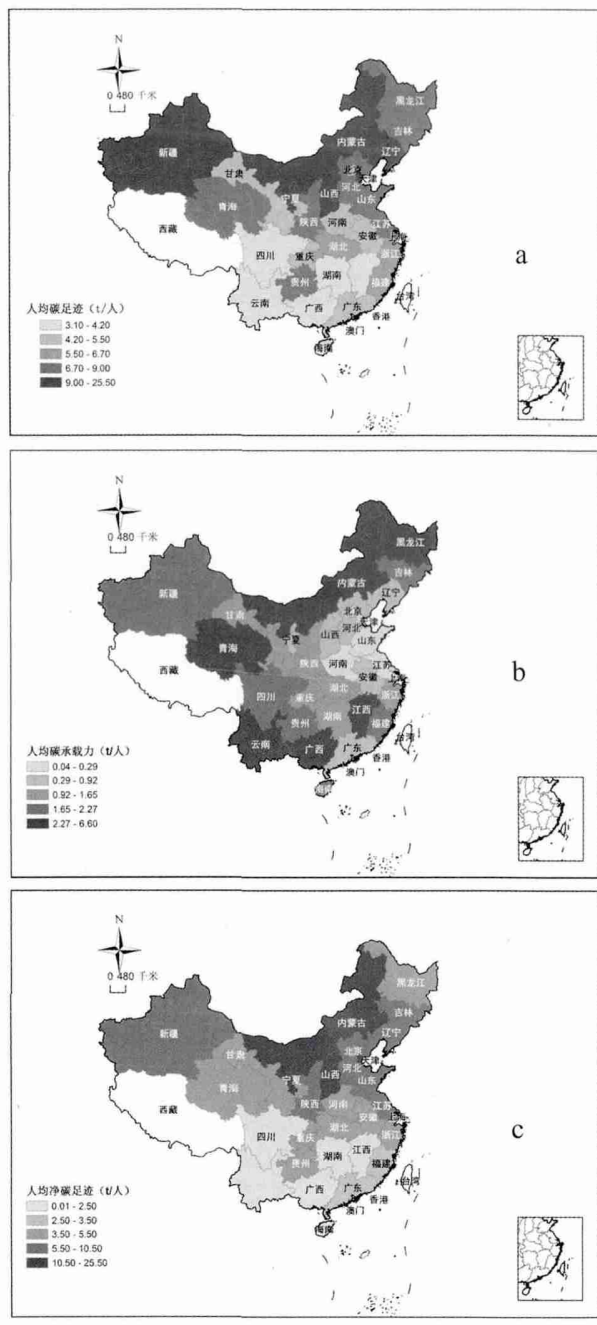


图2 中国各省份人均碳足迹、人均碳承载力以及人均净碳足迹分布图

2003 ~ 2012年煤炭消耗产生的碳足迹总体上是逐渐上升的,与总碳足迹的上升趋势类似,2008年前煤炭消耗产生的碳足迹增长相对缓慢,而从2008年开始加快增长,直到2012年碳足迹达到了最高的7 164 252.10 kt。与2003年相比,2012年煤炭消耗产生的碳足迹增加了4 308 053.04 kt。2003 ~ 2012年石油消耗产生的碳足迹总体趋势也是上升的,但是上升幅度比煤炭消耗产生的碳足迹要小得多,在这期间,石油消耗产生的碳足迹只增加了791 247.71kt。

#### 4.2 我国碳承载力的发展

林业发展是生态建设的主题,也是遏制气候变暖不



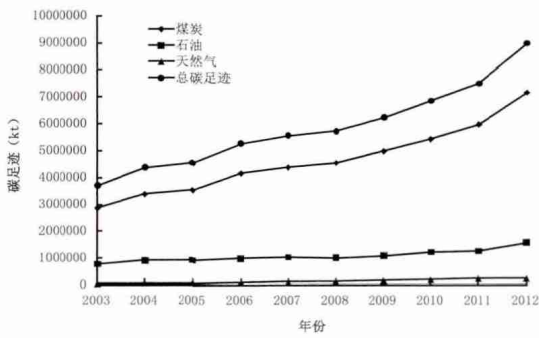


图3 2003~2012年中国煤、石油和天然气利用碳足迹以及总碳足迹图

可或缺的一部分。自新中国成立以来,党和国家先后出台了一系列林业政策,虽然这些政策出台的主要目的不是为了提高我国的碳承载力,但是却有力地推动了我国碳承载力的发展。1949年我国的森林覆盖率只有8.60%<sup>[19]</sup>,碳承载力仅有718 745.61 kt。1950~1962年的森林资源调查显示,我国森林覆盖率已达到11.81%<sup>[19]</sup>,碳承载力也已上升到987 021.60 kt。1973~1976年,我国开展第一次全国森林资源清查工作,结果显示,我国的森林覆盖率为12.70%<sup>[19]</sup>。之后,由于一些政策的失误,全国范围内出现了毁林种粮的现象,森林资源遭到了严重的破坏。在1977~1981年第二次全国森林资源清查中,我国森林覆盖率降至12%<sup>[19]</sup>,碳承载力也降至1 002 900.84 kt。1984~1988年我国进行第三次森林资源清查,结果显示,我国森林覆盖率为12.98%<sup>[20]</sup>,碳承载力达到1 084 804.42 kt。随着国家对林业发展的重视以及相关政策的实施,我国的森林面积在增加,森林覆盖率逐年提高,在2009~2013年第八次全国森林资源清查中,我国森林覆盖率已达到21.63%<sup>[14]</sup>,碳承载力为7 189 573.47 kt。2009年国家林业局发布了《应对气候变化林业行动计划》<sup>[21]</sup>,该计划指出到2020年,年均造林育林面积500万公顷以上。在《全国造林绿化规划纲要(2011~2020)》<sup>[22]</sup>中也明确指出,到2020年全国增加造5700万公顷。因此预计到2020年我国的碳承载力将达到2 263 836.45 kt。同时该计划还指出,到2050年,比2020年净增森林面积4700万公顷,此时我国的碳承载力将达到2 639 925.24 kt。

相关林业工程对我国碳承载力的贡献也较大。“三北”防护林是在中国北方三北地区(西北、华北和东北)兴建的大型人工林业生态工程,用以减缓日益加速的荒漠化和水土流失进程。截止2008年,累计造林2374万公顷,其碳承载力达到123 003.47 kt,是全国碳承载力的7.25%。“三北”防护林工程预计在2050年全面完成,其碳承载力达到181 774.63 kt,是全国碳承载力的10.06%。退耕还林工程,截至2010年,我国已完成人工造林3200万公顷,其碳承

载力为210 992.10 kt,占全国碳承载力的12.44%。目前退耕还林已启动新一轮计划,要在今年造林9000万亩,其碳承载力将要增加39 561.87 kt。

#### 4.3 研究结果不确定性分析

基于表观消费量法计算我国的碳足迹是一种“自上而下”的利用国家能源供给数据来估算化石燃料燃烧产生的CO<sub>2</sub>排放量的粗略算法,因此在计算过程中会出现误差。首先,在排放因子选择上,本文的碳排放因子来源于《2006年IPCC国家温室气体清单指南》。该清单中的排放因子是基于国家水平的基础,没有考虑各地区的技术差异,例如,我国东部沿海地区是我国的科学技术最发达的地区,化石燃料燃烧会更加充分,因此排放热值较高,其计算值就会偏低。其次,在碳氧化系数上,本文的碳氧化系数同样来自于《2006年IPCC国家温室气体清单指南》,然而中国实际的能源燃烧技术效率还远低于该清单给的数值。最后,碳足迹是一种能源利用产生碳排放的过程,而本文使用的表观消费量法只是在宏观的能源利用基础上对碳足迹的粗略计算,并没有考虑这一过程产生的碳排放,所以增加了核算的误差。

本文在计算2012年我国碳承载力时因为受森林清查资料的限制只计算了郁闭度0.2以上的乔木林地、竹林地以及国家特别规定的灌木林地的碳承载力而没有计算其他树木的碳承载力。在净生态系统生产力的取值上,本文是根据四个气候带而选取的平均值,并没有考虑到实际的树种差异以及地区差异。因此,在对我国碳承载力计算方法上还需进一步探讨。

## 5 结论

本文利用表观消费量法和碳足迹及碳承载力计算模型对我国2012年各省的碳足迹、碳承载力以及净碳足迹进行计算,针对各省份的区域差异进行分析,同时就我国2003~2012年碳足迹趋势和碳承载力的发展进行了详细的分析,从而得到以下结论。

(1) 2012年,我国各省份的碳足迹、人均碳足迹总量差异明显。北方碳足迹所占比重较大,占了全国碳足迹的55.42%。2012年,我国有16个省份的人均碳足迹高于全国人均碳足迹,这些省份主要分布在我国北方地区和东部沿海地区。

(2) 2012年,我国各省份的碳承载力总量差距明显但是人均碳承载力差距不大。南方地区碳承载力所占比重较大,占了全国碳承载力总量的65.10%。2012年,我国有13个省份的人均碳承载力高于全国人均碳承载力,这些省份主要分布在南方地区和北方地区的青海、内蒙古、黑龙江。

(3) 2012年,我国各省份的净碳足迹总量、人均净碳

足迹差距明显。北方地区的净碳足迹总量所占比重较大, 占了全国净碳足迹总量的 62.54%。2012 年, 我国有 12 个省份的人均净碳足迹高于全国人均净碳足迹, 这些省份主要分布在北方地区和东部沿海地区。

(4)通过对我国碳足迹和碳承载力的计算, 我国的碳减排形势依然非常严峻, 所以, 首先, 必须降低化石能源在能源结构中的比重, 尤其是煤炭在能源结构中的比重; 其次, 提高能源的利用效率, 增加我国的碳承载力, 只有这样才能很好的实施碳减排。□

#### 参考文献:

- [1] IPCC Fourth Assessment Report. Climate change 2007: Working group I: The physical science basis [EB/OL]. (2015-04-01). [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_ipcc\\_fourth\\_assessment\\_report\\_wg1\\_report\\_the\\_physical\\_science\\_basis.htm](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg1_report_the_physical_science_basis.htm).
- [2] 王微, 林剑艺, 崔胜辉, 等. 碳足迹分析方法研究综述[J]. 环境科学与技术, 2010(7): 71~78.
- [3] 肖玲, 赵先贵, 许华兴. 山东省碳足迹与碳承载力的动态研究[J]. 生态与农村环境学报, 2013(2): 152~157.
- [4] Rees E. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: What urban economics leaves out [J]. Environment and Urbanization, 1992(2): 121-130.
- [5] Wackernagel M, Rees E. Our ecological footprint: Reducing human impact on the earth [M]. Gabriola Island, B.C, Canada: New Society Publishers, 1996.
- [6] Hertwich G, Peters P. Carbon footprint of nations: A global, trade-linked analysis [J]. Environmental Science and Technology, 2009, 43(16): 6414-6420.
- [7] Wiedmann T, Barrett J. A greenhouse gas footprint analysis of UK Central Government, 1990-2008 [J]. Environmental Science & Policy, 2011, 14(8): 1041-1051.
- [8] Zhao R Q, Huang X J, Liu Y, et al. Urban carbon footprint and carbon cycle pressure: The case study of Nanjing [J]. Journal of Geographical Sciences, 2014, 24(1): 159-176.
- [9] 祁悦, 谢高地, 盖力强, 等. 基于表观消费量法的中国碳足迹估算[J]. 资源科学, 2010(11): 2053~2058.
- [10] 纪芙蓉, 赵先贵, 朱艳. 中国化石能源与电能利用碳排放足迹研究[J]. 陕西师范大学学报: 自然科学版, 2012(1): 77~81.
- [11] 赵先贵, 马彩虹, 肖玲. 陕西省碳足迹时空变化研究[J]. 地理科学, 2013(12): 1537~1542.
- [12] 马彩虹. 中国能源碳足迹与植被碳承载力的对比分析[J]. 生态经济, 2012(6): 53~55.
- [13] 中华人民共和国国家统计局. 2013年中国能源统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2013.
- [14] 中华人民共和国国家统计局. 2013年中国林业统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2013.
- [15] IPCC. 2006年IPCC国家温室气体清单指南[M]. Hayama (日本): 日本全球环境战略研究所, 2006.
- [16] 卢俊宇, 黄贤金, 陈逸, 等. 基于能源消费的中国省级区域碳足迹时空演变分析[J]. 地理研究, 2013(2): 326~335.
- [17] 吴庆标, 王效科, 段晓男, 等. 中国森林生态系统植被固碳现状和潜力[J]. 生态学报, 2008(2): 517~524.
- [18] 石敏俊, 王妍, 张卓颖, 等. 中国各省区碳足迹与碳排放空间转移[J]. 地理学报, 2012(10): 1327~1339.
- [19] 高明寿, 钱晓境. 中国林业年鉴(1949~1986) [M]. 北京: 中国林业出版社, 1987.
- [20] 高明寿, 钱晓境. 中国林业年鉴(1989) [M]. 北京: 中国林业出版社, 1990.
- [21] 国家林业局. 应对气候变化林业行动计划[EB/OL]. (2015-04-01). [http://www.china.com.cn/news/content\\_18839576.htm](http://www.china.com.cn/news/content_18839576.htm).
- [22] 解振华. 中国应对气候变化的政策与行动——2011年度报告[R]. 北京: 社会科学文献出版社, 2012: 109~110.

(责任编辑: 苏斌)

(上接18页)

- 质量的影响及未来变化趋势分析[J]. 资源科学, 2014(1): 191~199.
- [2] 李令军, 王英, 张强, 等. 麦秸焚烧对北京市空气质量影响探讨[J]. 中国科学(D辑: 地球科学), 2008(2): 232~242.
- [3] 张利文, 白志鹏, 郭光焕, 等. 开放源对环境空气质量影响的评估技术与实例[J]. 环境科学研究, 2006(3): 18~23.
- [4] 张艳, 余琦, 伏晴艳, 等. 长江三角洲区域输送对上海市空气质量影响的特征分析[J]. 中国环境科学, 2010(7): 914~923.
- [5] 李林, 郝吉明, 胡京南. 北京市能源利用对空气质量的影响分析和预测[J]. 中国环境科学, 2005(6): 746~750.
- [6] 郭宇宏, 王自发, 康宏, 等. 机动车尾气排放对城市空气质量的影响研究——以乌鲁木齐市春节前后对比分析[J]. 环境科学学报, 2014(5): 1109~1117.
- [7] 胡珊, 张远航, 魏永杰. 珠江三角洲大气细颗粒物的致癌风险

- 及源解析[J]. 中国环境科学, 2009(11): 1202~1208.
- [8] 刘春兰, 陈龙, 陈操操, 等. 北京平原地区造林工程生态环境效应评估[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2014.
- [9] 任春艳, 吴殿廷, 董锁成, 等. 西北地区城市化与空气质量变化关系研究[J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2005(2): 204~208.
- [10] 杜雯翠, 冯科. 城市化会恶化空气质量吗?——来自新兴经济体国家的经验证据[J]. 经济社会体制比较, 2013(5): 91~99.
- [11] 李茜, 宋金平, 张建辉, 等. 中国城市化对环境空气质量影响的演化规律研究[J]. 环境科学学报, 2013(9): 2402~2411.
- [12] 魏权龄. 评价相对有效性的数据包络分析模型[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2012.

(责任编辑: 朱莉丽)