

胡剑波, 桂姗姗. 西南民族地区碳安全等级评估[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(6): 269-272.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.06.069

西南民族地区碳安全等级评估

胡剑波, 桂姗姗

(贵州财经大学经济学院, 贵州贵阳 550025)

摘要:我国西南民族地区属于生态脆弱区,对气候变化颇为敏感,如何坚守发展与生态2条底线是一项重要的研究课题。基于此,依据西南民族地区1990—2015年相关数据,在利用IPCC分析法测算西南民族地区能源消费CO₂排放基础上,构建出西南民族地区碳排放指数模型,对其碳排放安全等级进行综合评价,实证研究结果显示:(1)西南民族地区化石能源消费产生的CO₂排放量处于逐年递增态势,从13 245.79万t上升到73 862.55万t,年均增长率高达7.12%;(2)西南民族地区碳排放指数从0.03飙升到0.16,年均增幅高达6.93%,虽然目前处于低排放安全等级阶段,但随着CO₂排放增加,若不加以控制,预计未来几年将跨入中等排放等级。

关键词:西南民族地区;碳排放;碳安全;等级评估

中图分类号: F327 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)06-0269-04

2016年11月14日,全球碳项目发布了《2016年全球碳预算报告》,报告显示:2015年,全球化石燃料及工业CO₂排放量总量约363亿t,与2014年持平,比1990年[即《京都议定书》(Kyoto Protocol)规定的排放量计算基准年]增加了63%,碳排放量排在前4位的经济体分别是中国、美国、欧盟和印度,其排放量总和占全球60%左右的份额,各国占比依次为29%、15%、10%和6%。其中:中国年排放量(105.27亿t)比美国与欧盟排放量之和还要大,目前只有我国年排放量超过100亿t。2015年,大气中的CO₂浓度已经超过784.54 mg/m³,远远高于工业革命刚刚兴起之时的550 mg/m³,碳安全成为当今刻不容缓、亟待解决的重大问题。所谓碳安全主要包括2个层面的含义:一是狭义上的碳安全,它属于气候安全和生态安全的研究范畴,主要是指人类

生产、生活、健康等方面不受CO₂排放引发气候变暖而产生负面影响的保障程度;二是广义上的碳安全,既包括狭义上的碳安全,又包括CO₂排放引起气候变化造成生态、环境等的恶化,进而影响经济运行、社会安定、军事部署等方面的安全^[1]。碳安全作为国家安全的一个组成部分,无论是在广度上还是在深度上都要远远高于其他传统的国家安全,作为国家安全体系的重要载体,必须要把碳安全提升到国家战略层面进行考量^[2]。碳安全等级评价主要依据该国或地区碳排放与碳固定之间的平衡关系,碳排放压力越大,碳安全程度越低;反之,则碳安全等级越高^[3]。目前,碳排放指数是用来评价一个国家或地区碳安全程度的主流方法。为此,本研究利用碳排放指数分析法,以处于生态脆弱区的贵州、云南和广西3个多民族省份为例,在分析西南民族地区化石能源消耗产生的CO₂排放现状基础上,重点探讨西南民族地区碳排放所处的安全等级,以期西南民族地区节能减排、优化产业结构等方面提供实证数据。

收稿日期:2017-01-16

基金项目:国家社会科学基金青年项目(编号:14CJL032);商务部国际贸易经济合作研究院与贵州财经大学联合研究基金(编号:2016SWBZD05)。

作者简介:胡剑波(1982—),男,四川泸州人,博士,教授,硕士生导师,研究方向为贸易与气候变化、低碳经济。E-mail: hjbbo@126.com。

1 研究方法与数据来源

1.1 研究区域概况

我国西部民族地区一方面生态环境十分恶劣,另一方面自然资源又极其丰富,其中,包括贵州、云南和广西在内的西

fractionation of Cu, Cr and Ni in contaminated soil[J]. Environmental Geology, 2007, 52(8): 1601-1606.

[10] 孙磊, 郝秀珍, 范晓晖, 等. 不同氮肥处理对污染红壤中铜有效性的影响[J]. 土壤学报, 2009, 46(6): 1033-1039.

[11] 赵晶. 不同氮磷钾肥对土壤镉有效性和小麦吸收镉的影响[D]. 雅安: 四川农业大学, 2009.

[12] 林大仪. 土壤学实验指导[M]. 北京: 中国林业出版社, 2004: 4-91.

[13] 齐文启, 刘京. 土壤质量铅、镉的测定石墨炉原子吸收分光光度法: GB/T 17141—1997[S]. 北京: 中国环境监测总站, 1997.

[14] 朱嫵婉, 沈壬水, 钱钦文. 土壤中金属元素的五个组分的连续提取法[J]. 土壤, 1989, 21(3): 163-166.

[15] Tu C, Zheng C, Chen H. Effect of applying chemical fertilizers on forms of Lead and cadmium in red soil[J]. Chemosphere, 2000, 41(1/2): 133-138.

[16] Tessier A, Campbell P, Bisson M. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals[J]. Analytical Chemistry, 1979, 51(7): 844-851.

[17] 丁疆华, 温琰茂, 舒强. 土壤环境中镉、锌形态转化的探讨[J]. 城市环境与城市生态, 2001, 14(2): 47-49.

[18] 王洋, 刘景双, 王金达, 等. 土壤pH值对冻融黑土重金属Cd赋存形态的影响[J]. 农业环境科学学报, 2008, 27(2): 574-578.

[19] 贾建业, 兰斌明, 谢先德, 等. 硫化物矿物溶解度与溶液pH值的关系[J]. 长春科技大学学报, 2001, 31(3): 241-246.

南民族地区是我国生物多样性资源最为丰富的地区。贵州位于 $103^{\circ}36' \sim 109^{\circ}35'E, 24^{\circ}37' \sim 29^{\circ}13'N$ 之间,总面积为17.6万 km^2 ^[4];云南总面积约39万 km^2 ,占全国土地总面积的4.11%;广西总面积23.76万 km^2 ,占全国土地总面积的2.5%。这3个省份矿产资源类型多样、产品丰富。根据2015年《贵州统计年鉴》数据显示:该省锰矿保有资源储量为36 553.14万t,位居全国第一;冶金用砂岩为8 631.59万t,位居全国第二;磷矿为33.58亿t,位居全国第三;锑矿为34.26万t,位居全国第四;煤炭为573.54亿t,位居全国第五。云南历来被称为“有色金属王国”,全国162种自然矿产中云南就有148种,其中铜矿、锡矿等有色金属矿产产量更在全国名列前茅。在全国45种重要矿藏中,广西探明资源储量的有35种,其中,有色金属矿尤为丰富,是全国十大有色金属矿产区之一。从经济发展来看,贵州2015年全省生产总值(GDP)突破1万亿元,为10 502.56亿元,比2014年增长10.7%;云南2015年全省生产总值(GDP)达13 717.88亿元,比2014年增长8.7%,高于全国1.8个百分点;广西2015年生产总值(GDP)为16 803.12亿元,比2014年增长8.1%。

1.2 模型构建

1.2.1 能源消费碳排放测算方法 一般而言,能源部门通常是温室气体排放清单中最重要的组成部分^[5]。因能源消耗产生的 CO_2 等温室气体,通常占 CO_2 排放总量的90%以及温室气体排放总量的75%, CO_2 排放量一般占能源部门排放量的95%,其余的为 CH_4 和 N_2O ^[6-8]。基于此,本研究借鉴世界上多数学者测算 CO_2 排放量时主要通过化石能源消费量来进行估算的方法,并根据2006年IPCC为UNFCCC以及《京都议定书》所制定的国家温室气体排放清单指南中第2卷(能源)第6章提供的参考方法,也称之为排放系数法(碳排放量=活动数据×排放因子)来构建能源消费的碳排放模型^[9]。

$$C_E = E \times EF. \quad (1)$$

式中: C_E 是指能源消费的 CO_2 排放量, E 是指各种直接能源、热力和电力等消耗转化成标准煤的消费量(t标准煤), EF 是指标准煤的 CO_2 排放系数(t/t 标准煤)。

1.2.2 能源消费人均碳排放指数测算方法

$$W_P = P_E / F_P = \frac{C_E / P_t}{F_P}. \quad (2)$$

式中: W_P 为区域人均碳排放指数, P_E 为区域人口平均能源消费碳排放,即区域人均碳排放量($t/人$), P_t 是指区域年末人口总数(人), F_P 为缓解和适应气候变化目标的人均碳排放($t/人$)。

1.2.3 能源消费单位土地面积碳排放指数测算方法

$$W_A = A_E / F_A = \frac{C_E / A_t}{F_A}. \quad (3)$$

式中: W_A 为区域单位土地面积碳排放指数, A_E 是指区域内单位土地面积的能源消费碳排放,即区域单位土地面积能源消费的碳排放量(t/km^2), A_t 是指区域内年末总面积(km^2), F_A 为缓解和适应气候变化目标的单位面积碳排放(t/km^2)。

1.2.4 能源消费碳排放安全等级评价测算方法

$$W = 0.7 \times \frac{W_P}{W_{P,max}} + 0.3 \times \frac{W_A}{W_{A,max}}. \quad (4)$$

式中: W 为区域能源消费碳排放指数, $W_{P,max}$ 为全球人均碳排放指数最大值, $W_{A,max}$ 为全球单位土地面积碳排放指数最大值,0.7和0.3分别为 W_P 和 W_A 的权重。利用公式(4)对全球主要碳排放大国进行评估,在评估结果聚类分析基础上,综合考量全球主要国家的碳排放总量、人口、国土面积、生态环境和社会经济发展状况,参考赵先贵等^[10]、王晓宇等^[11]的研究成果,制定碳排放安全等级划分标准(表1)。

表1 碳排放安全等级划分标准

一级指标			二级指标		
等级	碳排放指数	状态	等级	碳排放指数	状态
第Ⅰ级	<0.20	低排放	第Ⅰ _A 级		碳汇
			第Ⅰ _B 级	0~0.06	很低
			第Ⅰ _C 级	0.07~0.19	较低
第Ⅱ级	0.20~0.49	中等排放	第Ⅱ _A 级	0.20~0.29	中下
			第Ⅱ _B 级	0.30~0.39	中等
			第Ⅱ _C 级	0.40~0.49	中上
第Ⅲ级	≥0.50	高排放	第Ⅲ _A 级	0.50~0.59	较高
			第Ⅲ _B 级	0.60~0.69	很高
			第Ⅲ _C 级	≥0.70	极高

1.3 数据来源及处理

本研究所采用的能源消费数据、年末总人口数量、国土面积等基础数据主要来源于1991—2016年的《贵州统计年鉴》《云南统计年鉴》以及《广西统计年鉴》,并对其进行相关处理和测算。根据《中国能源统计年鉴》提供的能源折算标准煤参考系数,并结合国家发改委能源研究所推荐的参考系数,本研究取 $EF=2.4567$,即1t标准煤消耗过程中排放2.4567t CO_2 。同时,根据Stern^[12]、赵先贵等^[13]、马彩虹等^[14]的研究成果,缓解和适应全球气候变化目标的人均碳排放量 $F_P=2t/人$ 、单位面积碳排放量 $F_A=233t/km^2$ 、全球人均碳排放指数 $W_{P,max}=15$ 、全球单位土地面积碳排放指数 $W_{A,max}=35$ 。

2 实证结果与讨论分析

根据公式(1)~(4)以及西南民族地区相应的能源消费、年末总人口、国土面积等基础数据和确定的相关参数,可以得到西南民族地区1990—2015年能源消耗产生的 CO_2 排放量和能源消费的碳排放指数,具体结果及分析如下:

2.1 西南民族地区能源消费碳排放分析

西南民族地区作为典型的生态脆弱地区,不仅能源储量大,而且 CO_2 排放量较高。具体来看,西南民族地区化石能源消耗从1990年的5 391.70万t标准煤上升到2015年的30 065.76万t标准煤,增长了4.5倍左右。同时,因化石能源消费产生的 CO_2 排放量也从1990年的13 245.79万t攀升到2015年的73 862.55万t,年均增长率高达7.12%(表2)。其中:第二产业消费化石能源产生的 CO_2 排放量从1990年的8 867.34万t飙升到2015年的48 092.58万t,年均增长率高达7.00%,占能源消耗 CO_2 排放总量的比重在整个研究期间内均在70%左右,2008年达到区间内最大值,为72.18%。居民生活消费化石能源产生的 CO_2 排放量在1990—2003年间稳居第二的位置,从1990年的2 501.63万t增加到2003年的4 368.55万t,增幅为74.63%;第三产业消费化石能源产生的 CO_2 排放量位于第三位,从1990年的1 208.03万t增加到2003年的4 111.21万t,增量为2 903.18万t。从2004

年开始,在接下来的研究期间,即2004—2015年,第三产业消费化石能源产生的CO₂排放量大于居民消费化石能源产生的CO₂排放量。其中,第三产业在2004—2015年的年均增长率为11.52%,2015年占比高达20.93%,从整体上来看处于

一个递增的态势;居民消费在2004—2015年的年均增长率为6.11%,增量为4 204.47万t。最后是第一产业,CO₂排放量占比大体上呈现出递减趋势,尤其是在2008—2015年这8年间,其占比均在2%左右。

表2 1990—2015年西南民族地区能源消耗CO₂排放量及占比

年份	能源消耗 CO ₂ 排放量 (万t)	第一产业		第二产业		第三产业		居民生活消费	
		CO ₂ 排放量 (万t)	占比 (%)						
1990	13 245.79	668.79	5.05	8 867.34	66.94	1 208.03	9.12	2 501.63	18.89
1991	13 803.93	704.90	5.11	9 238.67	66.93	1 211.74	8.78	2 648.62	19.19
1992	14 239.48	602.33	4.23	9 667.88	67.89	1 189.24	8.35	2 780.03	19.52
1993	14 283.72	579.27	4.06	9 804.57	68.64	1 188.08	8.32	2 711.80	18.99
1994	15 989.38	679.42	4.25	10 840.14	67.80	1 495.81	9.36	2 974.01	18.60
1995	19 784.86	886.11	4.48	13 857.26	70.04	1 682.52	8.50	3 358.97	16.98
1996	20 997.07	937.26	4.46	14 664.95	69.84	1 777.25	8.46	3 617.61	17.23
1997	23 222.69	1 084.66	4.67	16 073.38	69.21	1 984.89	8.55	4 079.77	17.57
1998	24 091.60	1 308.37	5.43	16 543.46	68.67	2 172.29	9.02	4 067.49	16.88
1999	23 500.92	1 333.22	5.67	16 171.93	68.81	2 274.48	9.68	3 721.28	15.83
2000	24 358.35	1 370.18	5.63	16 733.96	68.70	2 488.98	10.22	3 765.24	15.46
2001	27 425.96	1 417.93	5.17	18 558.62	67.67	3 267.88	11.92	4 181.52	15.25
2002	27 855.73	1 407.93	5.05	18 504.76	66.43	3 549.64	12.74	4 393.39	15.77
2003	30 873.29	1 405.33	4.55	20 988.19	67.98	4 111.21	13.32	4 368.55	14.15
2004	34 085.19	1 453.53	4.26	23 406.82	68.67	4 659.33	13.67	4 565.51	13.39
2005	40 893.88	1 146.30	2.80	28 996.16	70.91	5 844.39	14.29	4 907.04	12.00
2006	44 976.51	1 167.08	2.59	32 181.27	71.55	6 503.08	14.46	5 125.08	11.40
2007	49 303.59	1 232.71	2.50	35 507.94	72.02	7 312.79	14.83	5 250.15	10.65
2008	51 816.37	1 111.62	2.15	37 401.89	72.18	8 005.59	15.45	5 297.28	10.22
2009	55 705.77	1 173.06	2.11	39 893.83	71.62	8 747.85	15.70	5 891.04	10.58
2010	60 848.95	1 178.43	1.94	43 314.32	71.18	9 995.55	16.43	6 360.64	10.45
2011	65 382.39	1 114.75	1.70	46 544.62	71.19	10 889.67	16.66	6 833.36	10.45
2012	70 857.65	1 096.08	1.55	50 292.20	70.98	11 856.92	16.73	7 612.44	10.74
2013	69 944.73	1 247.22	1.78	48 636.76	69.54	12 501.58	17.87	7 559.17	10.81
2014	72 912.33	1 383.91	1.90	49 228.52	67.52	14 046.97	19.27	8 252.93	11.32
2015	73 862.55	1 537.08	2.08	48 092.58	65.11	15 462.91	20.93	8 769.98	11.87

2.2 西南民族地区碳排放安全等级评价分析

碳排放指数作为碳排放安全等级评估的主要方法,在测度碳排放是否安全方面具有十分重要的作用。具体来看,1990—2015年,西南民族地区年末总人口从11 240.13万人上升到13 789.3万人,增加了2 549.17万人,增长幅度高达22.68%;人均CO₂排放量从1.18 t/人攀升到2015年的5.36 t/人,年均增长率达到6.24%;人均碳排放指数从0.59增加到2.68,增长了3.5倍。同时,单位国土面积CO₂排放量从1990年的164.97 t/km²攀升到2015年的919.95 t/km²,年均增长率为7.12%;单位国土面积碳排放指数从1990年的0.71上升到2015年的3.95,增长了近4.5倍。实证结果显示,西南民族地区碳排放指数从1990年的0.03一路攀升到2015年的0.16,年均增幅为6.93%,增长4倍多(表3)。其中:1990—2002年为低排放等级中的第I_B级,2003—2015年上升到低排放等级中的第I_C级。总体上看,1990—2015年这26年间,西南民族地区碳排放指数还处于第I级中的低排放状态,但却呈现出递增态势,预计未来几年中将跨入第II级中的中等排放状态。

3 结论与政策建议

本研究利用IPCC方法和碳排放指数分析法对西南民族

地区1990—2015年的能源消费CO₂排放量进行了动态分析和碳排放安全等级综合评估,得出结论如下:(1)西南民族地区化石能源消费产生的CO₂排放量处于逐年增加态势,即从1990年的13 245.79万t一路攀升到2015年的73 862.55万t,年均增长率高达7.12%。其中,第二产业是造成CO₂排放量居高不下的主要原因,在整个研究期间内占能源消耗CO₂排放总量的比重均在70%左右。(2)1990—2015年,西南民族地区人均碳排放指数从0.59增加到2.68,年均增幅达到6.24%;单位国土面积碳排放指数从0.71上升到3.95,年均增长率为7.11%。(3)西南民族地区碳排放指数从1990年的0.03飙升到2015年的0.16,年均增幅高达6.93%,虽然目前仍旧处于低排放等级,但随着CO₂排放量的不断增加,若不加以控制,预计未来几年将跨入中等排放等级。

根据实证分析结果,并结合西南民族地区实际,提出如下建议:(1)调整优化能源消费结构。逐渐降低对煤炭使用的依赖性,不断加强技术研发,向煤炭清洁利用的方向发展;加强智能电网建设,积极发展风能、太阳能、地热能和生物质能;优化产业结构,大力发展低碳农业和战略性新兴产业,推进服务业低碳发展。(2)努力增加森林碳汇。大力开展造林绿化,深入开展全民义务植树,严禁破坏山体植被,加大天然林保护、石漠化综合治理等生态工程建设;加大森林灾害防控,

表3 1990—2015年西南民族地区碳排放等级评估结果

年份	人均 CO ₂ 排放量 (t/人)	W_p	单位面积 CO ₂ 排放量 (t/km ²)	W_A	W	碳排放 等级	状态
1990	1.18	0.59	164.97	0.71	0.03	I _B	很低
1991	1.21	0.60	171.93	0.74	0.03	I _B	很低
1992	1.23	0.62	177.35	0.76	0.04	I _B	很低
1993	1.22	0.61	177.90	0.76	0.03	I _B	很低
1994	1.34	0.67	199.15	0.85	0.04	I _B	很低
1995	1.64	0.82	246.42	1.06	0.05	I _B	很低
1996	1.72	0.86	261.52	1.12	0.05	I _B	很低
1997	1.88	0.94	289.24	1.24	0.05	I _B	很低
1998	1.93	0.97	300.06	1.29	0.06	I _B	很低
1999	1.86	0.93	292.70	1.26	0.05	I _B	很低
2000	1.91	0.96	303.38	1.30	0.06	I _B	很低
2001	2.13	1.07	341.59	1.47	0.06	I _B	很低
2002	2.14	1.07	346.94	1.49	0.06	I _B	很低
2003	2.36	1.18	384.52	1.65	0.07	I _C	较低
2004	2.58	1.29	424.53	1.82	0.08	I _C	较低
2005	3.12	1.56	509.33	2.19	0.09	I _C	较低
2006	3.49	1.74	560.18	2.40	0.10	I _C	较低
2007	3.75	1.87	614.07	2.64	0.11	I _C	较低
2008	3.93	1.96	645.37	2.77	0.12	I _C	较低
2009	4.22	2.11	693.81	2.98	0.12	I _C	较低
2010	4.60	2.30	757.86	3.25	0.14	I _C	较低
2011	4.92	2.46	814.33	3.49	0.14	I _C	较低
2012	5.29	2.65	882.52	3.79	0.16	I _C	较低
2013	5.19	2.60	871.15	3.74	0.15	I _C	较低
2014	5.32	2.66	908.11	3.90	0.16	I _C	较低
2015	5.36	2.68	919.95	3.95	0.16	I _C	较低

强化森林资源保护,减少毁林排放,提高森林覆盖率,增加森林碳汇。(3)推进低碳生活与低碳消费。低碳行动的顺利推行与社会上每一位成员的努力分不开,这就需要在社会上营造一个低碳消费和低碳生活的理念,而这种低碳理念要达到深入人心的效果,需要不断加强宣传,比如,利用现代传播媒介,在各个城市中心、医院、公交车以及学校等人流密集的地方投放广告,不断鼓励居民使用低碳产品并进行低碳消费。(4)积极构建低碳交通。由于私家车数量的急剧增加,导致交通方面对能源的需求不断递增,引起的碳排放量也占据着重要地位,为了节能减排行动的有效实施,需要积极构建低碳交通体系。大力推行公交出行,外出活动的地方离家比较近时,更加提倡自行车出行;加大财政支出大力发展城市 BRT 系统、轨道交通等;提高科研经费,不断研究并推广使用新能源和清洁车辆等。

参考文献:

- [1] 万斯琴. 国家经济的碳安全[N]. 中国企业报,2011-05-06.
- [2] 邱高会. 区域碳安全评价及预测研究[J]. 生态经济,2014,30(8):14-17,41.
- [3] 汪振双,赵宁. 区域碳足迹动态分析及碳排放等级评估——以四川省为例[J]. 科技促进发展,2015,11(5):682-687.
- [4] 杨芳,李开鹏,卫海燕. 贵州省城镇体系空间分布特征研究[J]. 科技进步与对策,2013,30(23):108-111.
- [5] 王峰. 中国经济发展中碳排放增长的驱动因素研究[J]. 经济研究,2010(2):23-29.
- [6] IPCC. Guidelines for National greenhouse gas inventories [R]. Intergovernmental Panel on Climate Change,2006.
- [7] IPCC. Climate change 2007: the physical science basis; Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change [M]. Cambridge: Cambridge University Press,2007.
- [8] 吴献金,邓杰. 贸易自由化、经济增长对碳排放的影响[J]. 中国人口·资源与环境,2011,21(1):43-48.
- [9] Houghton J T, Jenkins G J, Ephraums J J. Climate change: the IPCC scientific assessment [R]. Cambridge: Cambridge University Press,1990.
- [10] 赵先贵,马彩虹,肖玲,等. 西安市温室气体排放的动态分析及等级评估[J]. 生态学报,2015,35(6):1982-1990.
- [11] 王晓宇,赵先贵. 咸阳市温室气体排放的动态分析及等级评估[J]. 环境科学学报,2015,35(9):2732-2738.
- [12] Stern N. Stern review: the economics of climate change [M]. Cambridge: Cambridge University Press,2007.
- [13] 赵先贵,肖玲,马彩虹,等. 山西省碳足迹动态分析及碳排放等级评估[J]. 干旱区资源与环境,2014,28(9):21-26.
- [14] 马彩虹,赵晶,赵先贵. 基于足迹家族的宁夏资源环境压力评估及时空差异分析[J]. 环境科学学报,2016,36(8):3049-3058.