

内蒙古能源消费碳排放变化的分解分析

钱贵霞^{1,2}, 张一品¹, 邬建国^{2,3}

(1 内蒙古大学 经济管理学院, 呼和浩特 010021; 2 中美生态、能源及可持续性科学内蒙古研究中心, 呼和浩特 010021; 3 美国亚利桑那州立大学 生命科学学院和全球可持续性科学研究所, 坦佩 85287, 美国)

摘要: 本文基于扩展的 Kaya 恒等式, 应用对数平均 Divisia 指数法, 建立了碳排放因素分解模型, 定量分析了 1999—2008 年内蒙古的经济产出规模、人口规模、产业结构、能源结构及能源强度等因素对碳排放的影响。研究结果显示, 经济产出规模对内蒙古该阶段的能源消费碳排放的贡献率最大, 达到 89.22%, 其他影响因素按贡献率绝对值的大小排序依次是产业结构(17.01%)、能源强度(-6.71%)、人口规模(2.78%)、能源结构(-2.30%)。因此, 目前内蒙古节能减排的重点在于提高能源效率、调整产业结构、优化能源结构及实施绿色 GDP 核算。

关键词: 能源消费; 碳排放; 内蒙古

中图分类号: F426 文献标识码: A 文章编号: 1002-980X(2010)12-0077-08

在当前全球经济发展的大环境中, 控制和减少二氧化碳等温室气体的排放, 已经成为了各国环境政策制定的重要导向。随着改革开放, 中国作为全球最大的发展中国家, 对能源尤其是化石能源的依赖程度日渐加深。目前, 中国的二氧化碳排放量仅次于美国位居世界第二^[1], 面临着巨大的减排压力。2009 年哥本哈根全球气候大会前夕, 中国政府宣布到 2020 年要实现单位 GDP 碳排放强度比 2005 年下降 40%~45% 的目标, 这使得中国推进低碳发展的任务变得更加紧迫。

内蒙古是中国的能源大省之一, 研究其能源消费碳排放状况以及减排重点对于实现中国低碳发展具有重要意义。21 世纪初, 内蒙古经济高速增长, 特别是在 2002—2009 年期间, 其增长速度连续 8 年在全国位居第一, 年均增长速度高达 18.45%。如此高的增长率及其发展模式可持续吗? 若不可持续, 那么改进这一发展模式的政策应该着重于哪些方面? 能源消费产生的二氧化碳的总量是衡量经济活动对环境负面影响的一个关键指标, 要实现可持续发展, 就必须在经济增长的同时不断改善环境质量。因此, 深入分析影响二氧化碳排放的相关因素尤为重要。本文综合考虑内蒙古经济产出规模、人口规模、产业结构、能源结构及能源效率等因素, 建立能源消费碳排放的因素分解模型, 对 1999—2008

年间影响内蒙古能源消费的碳排放的相关因素进行了分析, 力求比较全面地反映各影响因素的作用机理并量化其贡献率, 在此基础上提出相应的节能减排的政策建议。

1 内蒙古的能源消费现状

内蒙古自治区地域辽阔, 煤炭、石油、天然气等一次能源十分丰富, 是中国最重要的能源基地之一, 其丰富的能源资源, 尤其是煤炭资源, 成为内蒙古经济高速发展的重要引擎。随着内蒙古经济持续十几年的快速发展以及人民生活水平的不断提高, 能源需求不断增加, 能源消费迅速增长。1999—2008 年内蒙古生产总值从 1379.31 亿元增加到 6173.01 亿元, 能源消费总量从 3634.88 万吨标准煤增长到 16268.22 万吨标准煤, 均提高了 3.48 倍。内蒙古经济从 2002 年开始高速增长, 而能源消费总量随 GDP 总量也一起高速增长, 两者的增长至今尚未表现出减缓的趋势(见图 1)。显然, 内蒙古的经济增长属于粗放型增长模式。

内蒙古自治区煤炭产量在 2008 年达到 4.57 亿吨, 居全国第 2 位, 2009 年已超过山西成为全国煤炭产量最多的省份。在能源消费总量中煤炭所占的比重最大。1986—1992 年, 内蒙古煤炭消费量占能源消费总量的 50% 左右; 自 1993 年以来, 煤炭消费

收稿日期: 2010-09-03

作者简介: 钱贵霞(1971—), 女, 内蒙古扎兰屯人, 内蒙古大学经济管理学院教授, 管理学博士, 研究方向: 农业经济、产业经济; 张一品(1986—), 男, 浙江温州人, 内蒙古大学经济管理学院硕士研究生, 研究方向: 农业经济; 邬建国(1957—), 男, 内蒙古乌拉特前旗人, 美国亚利桑那州立大学生命科学学院和全球可持续性科学研究所教授, 博士生导师, 研究方向: 生态学、可持续性科学。

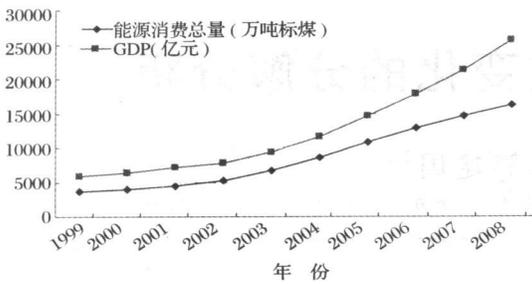


图 1 1999—2008 年内蒙古经济增长与能源消费总量走势图

量大幅提升, 一直保持在 90% 左右。1999—2008 年煤炭消费量占能源消费总量的比重平均值高达 93.02%, 而同期全国煤炭消费量占能源消费总量比重的平均值为 68.15%, 内蒙古比全国平均水平高出 24.98%。近几年, 虽然天然气、水能、风能、太阳能等清洁能源在能源消费中所占比重呈逐步上升趋势, 但仍然很低。

内蒙古各产业中能源消费结构也不尽相同(见表 2)。1999—2008 年, 第一产业中, 石油消费占其能源消费总量的 47.40%, 与煤炭比例相当; 第二产业中, 煤炭消费量最大, 达 91.63%, 远远高于石油等其他能源的消费量; 第三产业中, 煤炭的消费量也是最多的, 占其能源消费总量的 55.99%, 其次为石

表 1 1999—2008 年内蒙古的能源消费结构 %

年份	煤炭	石油	水电	天然气
1999	94.97	4.78	0.06	0.00
2000	93.14	4.96	0.14	0.00
2001	93.34	4.58	0.16	0.04
2002	93.47	4.27	0.16	0.05
2003	95.58	3.47	0.15	0.41
2004	96.71	2.78	0.16	0.05
2005	92.30	1.14	0.17	0.78
2006	89.97	1.75	0.13	1.49
2007	90.50	1.55	0.33	2.41
2008	90.21	1.39	0.01	2.50
平均	93.02	3.07	0.15	0.77

数据来源: 根据《内蒙古统计年鉴(2009)》数据计算得来。

油, 占比为 38.62%。从时间趋势来看, 第一产业中煤炭的消费量自 1999 年以来逐年下降, 期间有些波动, 但波幅不大; 而石油的消费量呈波浪式增长。第二产业中, 煤炭的消费量在 1999—2004 年间呈上升趋势, 且增幅较大, 自 2005 年以来, 因转变经济增长方式, 煤炭的消费量开始下降, 但降幅不大, 因此碳排放量也不会有明显减少。第三产业中, 煤炭的消费量逐年降低, 降低了近 22 个百分点, 对于节能减排做出了突出的贡献; 石油的消费量增加明显, 增长了近 20 个百分点。三次产业中, 天然气消费量都很少, 水电等清洁能源的消费量所占比重也很低。

表 2 1999—2008 年内蒙古各产业能源消费结构 %

三次产业	能源类型	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	平均
第一产业	煤炭	59.58	58.12	43.45	42.99	44.23	48.26	46.63	42.77	42.61	44.60	47.32
	石油	35.01	35.61	51.64	51.68	50.61	45.32	48.53	51.80	52.28	51.55	47.40
	水电	5.41	6.28	4.91	5.33	5.16	6.42	4.84	5.43	5.11	3.84	5.27
	天然气	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
第二产业	煤炭	85.96	85.66	86.22	91.94	92.59	95.71	95.43	94.44	94.19	94.13	91.63
	石油	8.34	8.59	7.74	6.31	5.52	2.28	1.66	1.51	1.32	1.73	4.50
	水电	5.70	5.75	5.94	1.74	1.88	1.94	2.09	2.35	2.75	2.41	3.25
	天然气	0.00	0.00	0.09	0.01	0.01	0.07	0.82	1.70	1.74	1.72	0.62
第三产业	煤炭	77.48	67.59	63.99	60.18	53.51	34.33	58.12	49.29	48.65	46.72	55.99
	石油	19.37	28.36	31.52	34.66	34.96	55.89	39.91	47.28	46.28	48.01	38.62
	水电	3.15	4.01	4.29	4.58	4.51	2.79	1.47	1.58	1.50	1.56	2.94
	天然气	0.00	0.04	0.20	0.58	7.02	6.99	0.51	1.86	3.58	3.71	2.45

数据来源: 根据《内蒙古统计年鉴(2009)》数据计算得来。

2 能源消费的碳排放分解模型

在能源研究领域常用的方法有结构分解分析(structural decomposition analysis, SDA)与指数分解分析(index decomposition analysis, IDA)^[2], 而指数分解法的应用更为广泛, 20 世纪 70 年代末该方法已开始能源研究领域被使用。Ang 和 Zhang^[3]对近年来能源分解的方法进行了总结, 但早期的分解方法不能解决残差问题。Ang^[4]、Sun^[5]为解决这一问题分别提出了完整分解模型, Ang^[4]

的模型基于 Divisia 指数, 而 Sun^[5]的模型基于 Lasperyres 指数, 这两种模型都可以很好地解决残差问题。基于完整分解模型方法对不同国家的能源使用强度和排放问题的研究成果有很多, 其中有对印度、韩国、日本、美国以及 OECD、APEC 国家等的研究, 在对我国能源消费的碳排放问题的研究上, 也取得了不少进展。Zhang^[6]、Wang 和 Chen 等^[7]、Liu 和 Fan 等^[8]、Guan 和 Hubacek^[9]、Zhang 和 Mu 等^[10]、徐国泉等^[11]、胡初枝等^[12]、朱勤等^[13]、宋德勇等^[14]以及王俊松等^[15]分别利用指数分解法对中

国碳排放的影响因素进行了分析, 研究结论对于中国制定相应的节能减排政策具有一定的借鉴作用。赵敏等^[16]、温景光^[17] 和刘燕娜等^[18] 在地区层面进行了碳排放分解研究, 分别研究了上海市、江苏省和福建省的碳排放变化及影响因素。本文在此基础上, 应用扩展的 Kaya 恒等式 (Kaya Identity) 和 Ang^[4] 提出的对数平均 Divisia 指数分解法 (Log-mean Divisia index, LMDI) 分析内蒙古能源消费的碳排放因素。

Kaya 恒等式是由 Yoichi Kaya^[19] 于 1990 年 IPCC 研讨会上首次提出, 该恒等式建立起经济、政策和人口等因素与人类活动产生的二氧化碳之间的定量关系, 即:

$$CO_2 = \frac{CO_2}{PE} \times \frac{PE}{GDP} \times \frac{GDP}{POP} \times POP。 \quad (1)$$

式(1)中: CO_2 、 PE 、 GDP 和 POP 分别代表 CO_2 排放量、一次能源消费总量、国内生产总值以及国内人口总量。

近年来的研究表明, 能源消费碳排放除了与能源消费规模及经济产出有直接联系, 而且与能源结构、能源效率及主导产业类型等有较为密切的关系^[20]。鉴于此, 一些学者^[13] 对 Kaya 恒等式进行了扩展, 引入了能够表征产业结构、能源结构及能源效率的变量, 扩展后的 Kaya 恒等式表达为:

$$C = \sum_i \sum_j \left(\frac{C_{ij}}{E_{ij}} \times \frac{E_{ij}}{TE_i} \times \frac{TE_i}{Y_i} \times \frac{Y_i}{TY} \times \frac{TY}{P} \times P \right)。 \quad (2)$$

式(2)中, C 表示碳排放总量, 指燃烧化石能源 (主要包括煤炭、石油及天然气等) 释放出的热量所对应的碳量, 用 i 区分不同的产业类型, 用 j 区分不同的能源类型, 则 C_{ij} 表示第 i 种产业中第 j 种能源产生的碳排放; E_{ij} 表示第 i 种产业中第 j 种能源的消费量; TE_i 表示第 i 种产业的能源消费量; Y 表示第 i 种产业的国内生产总值; TY 表示总的国内生产总值; P 表示人口数量。

为了形式上的简便, 令: $F_{ij} = C_{ij}/E_{ij}$ 表示不同类型的单位能源所排放的碳量(碳排放因子); $ES_{ij} = E_{ij}/TE_i$ 表示第种能源在第种产业总能源消耗的比重(能源结构); $EI_i = TE_i/Y_i$ 表示第种产业单位 GDP 的能源消耗量(能源强度); $S_i = Y_i/TY$ 表示种产业 GDP 在总 GDP 中所占的比重(产业结构); $YS = TY/P$ 表示人均 GDP(产出规模); P 表示人口。

方程(2)则变为:

$$C = \sum_i \sum_j (F_{ij} \times ES_{ij} \times EI_i \times S_i \times YS \times P)。 \quad (3)$$

因此, 式(3)表示, 碳排放量可以分解为 6 个部分: 碳排放因子、能源结构效应、能源强度效应、产业结构效应、产出规模效应和人口规模效应。

第 t 期相对于基期的碳排放量的变化可以表示为:

$$\Delta C = C^t - C^0 = \sum_i \sum_j (F_{ij}^t \times ES_{ij}^t \times EI_i^t \times S_i^t \times YS^t \times P^t) - \sum_i \sum_j (F_{ij}^0 \times ES_{ij}^0 \times EI_i^0 \times S_i^0 \times YS^0 \times P^0) = \Delta C_F + \Delta C_{ES} + \Delta C_{EI} + \Delta C_S + \Delta C_{YS} + \Delta C_P + \Delta C_{rsd}。$$

其中: 为排放因子因素; 为能源结构因素; 为能源强度因素; 为产业结构因素; 为产出规模因素; 为人口因素; 为分解余量。

采用 Ang 等^[4] 提出的对数平均 Divisia 指数分解法(LMDI)进行分解。按照此方法, 各因素贡献值的表达式分别为:

排放因子效应:

$$\Delta C_F = \sum_i \sum_j \left(\frac{C_{ij}^t - C_{ij}^0}{\ln C_{ij}^t - \ln C_{ij}^0} \cdot \ln \frac{F_{ij}^t}{F_{ij}^0} \right)。$$

能源结构效应:

$$\Delta C_{ES} = \sum_i \sum_j \left(\frac{C_{ij}^t - C_{ij}^0}{\ln C_{ij}^t - \ln C_{ij}^0} \cdot \ln \frac{ES_{ij}^t}{ES_{ij}^0} \right)。$$

能源强度效应:

$$\Delta C_{EI} = \sum_i \sum_j \left(\frac{C_{ij}^t - C_{ij}^0}{\ln C_{ij}^t - \ln C_{ij}^0} \cdot \ln \frac{EI_i^t}{EI_i^0} \right)。$$

产业结构效应:

$$\Delta C_S = \sum_i \sum_j \left(\frac{C_{ij}^t - C_{ij}^0}{\ln C_{ij}^t - \ln C_{ij}^0} \cdot \ln \frac{S_i^t}{S_i^0} \right)。$$

产出规模效应:

$$\Delta C_{YS} = \sum_i \sum_j \left(\frac{C_{ij}^t - C_{ij}^0}{\ln C_{ij}^t - \ln C_{ij}^0} \cdot \ln \frac{YS^t}{YS^0} \right)。$$

人口规模效应:

$$\Delta C_P = \sum_i \sum_j \left(\frac{C_{ij}^t - C_{ij}^0}{\ln C_{ij}^t - \ln C_{ij}^0} \cdot \ln \frac{P^t}{P^0} \right)。$$

在实际运用过程中, 排放系数一般取常量, 因此排放因子效应始终为 0, 即 ΔC_F 。并且, 可以证明对数平均权重 Divisia 分解法的残值 $\Delta C_{rsd} = 0$ 。

3 内蒙古能源消费碳排放变化的实证分析

3.1 数据来源

能源消费的碳排放量包括化石能源终端消费碳排放与二次能源消费碳排放两部分。由于电力、热力等二次能源消费的碳排放均来自于其生产过程中化石能源的能量转换与能量损失, 因此, 能源消费碳排放总量即为各类化石能源的终端消费(不包括用作原料的化石能源)、二次能源转换化石能源及其能源损失所产生的相应碳排放量。

计算所用的化石能源消费数据来自历年《中国能源统计年鉴》和《内蒙古统计年鉴》。碳排放计算中各类能源的碳排放系数采用国家发改委能源研究所采纳的碳排放系数(煤炭为 0.7476; 石油为 0.5825; 天然气为 0.443; 水电、核电为 0.0)。能源

实物量数据的标准量折算采用《中国能源统计年鉴 2008》所附的“各种能源折标准煤参考系数”。其中, 电力能源标准量折算中采用发电能耗算法。碳排放测算与分析中用到的经济、人口等相关数据均来自于历年《内蒙古统计年鉴》, 其中 GDP 数据是以 1999 年不变价格折算的实际 GDP。

3.2 结果分析

为分析内蒙古碳排放变化背后的机制, 对 1999—2008 年间各年的碳排放分别进行了解。将上述数据代入推导出的碳排放分解模型进行计算, 结果显示: 1999 年至 2008 年十年间内蒙古能源消费碳排放总量持续上升(见表 3)。1999—2001 年期间内蒙古能源消费碳排放基本保持稳定, 且数值较小, 表明这一阶段碳排放总量很小。产出规模效应引起的能源消费碳排放增长基本上被强度效应所抵消了, 而能源结构的调整也在一定程度上起到遏制能源消费增长的作用。因此, 在这三年内, 内蒙古能源消费总量仅增长了 51.89 万吨标准煤。但自 2002 年后碳排放持续快速增长, 2008 年达到峰值, 为 12034.28 万吨, 是 2002 年的 2.23 倍, 这一阶段是内蒙古能源消费碳排放增长最快的时期。产出规模由 2002 年的 631.39 万吨标准煤增长到 2008 年的 6987.07 万吨标准煤, 产出规模效应扩大了 10 倍; 能源强度效应和结构效应由降低能源消费碳排放增长转变为促使能源消费碳排放增长, 尤其是能源强度效应在 2002—2004 年甚至超过了产出规模效应, 成为内蒙古能源消费碳排放增长的最关键因素; 2005 年后产出规模又居于主导地位。产业结构对于碳排放的正效应也是逐年上升的, 且增幅巨大, 从 2002 年的 24.02 万吨标准煤增长到 2008 年的 1376.00 万吨标准煤, 产业结构效应扩大了 56.29 倍。以上三个方面的因素最后导致内蒙古能源消费碳排放的总效应从 2002 年的 2845.41 万吨标准煤增长到 2008 年的 12034.28 万吨标准煤, 增长了 3 倍多。

通过计算各分解因素效应占碳排放总效应的比重, 可以得出各分解因素对碳排放的贡献率, 见表 4。计算结果显示, 经济产出效应对内蒙古该阶段能源消费碳排放的贡献率最大, 达到 89.22%, 其他各影响因素按贡献率绝对值大小依次是: 产业结构效应为 17.01%, 能源强度效应为 -6.71%, 人口规模效应为 2.78%, 能源结构效应为 -2.30%。1999—2008 年内蒙古能源消费碳排放的产出规模效应均为正值, 表明经济规模的扩大导致了碳排放的增加, 但随着经济增长规模效应呈下降的趋势。能源强度和能源结构效应在 1999—2001 年间为负, 表明能源

强度和结构的变动对降低碳排放具有重要作用, 2002 年以后都转为正, 说明其变动增加了碳排放。产业结构效应各年均均为正值, 其变化对于碳排放的贡献率由 2000 年的高度促进(64.06%) 变成 2002 年的 3.38%, 对于碳排放的作用基本不大, 但自此以后又逐年增加。人口规模效应比较平稳, 这说明人口规模效应对碳排放量的贡献不是很大。

表 3 2000—2008 年各分解因素对内蒙古能源消费碳排放的影响效果 万吨标准煤

年份	能源强度效应	产业结构效应	产出规模效应	人口规模效应	能源结构效应	总效应
2000	-80.36	24.02	97.62	4.70	-8.48	37.50
2001	-153.63	32.24	217.63	7.39	-14.24	89.39
2002	2032.58	96.26	631.39	15.08	70.10	2845.41
2003	2226.30	186.07	1152.34	17.92	76.37	3659.00
2004	2808.45	255.47	1979.73	27.16	132.77	5203.58
2005	3092.68	544.23	3125.95	35.29	190.21	6988.37
2006	3139.06	825.48	4254.09	48.99	233.57	8501.20
2007	3112.83	1055.96	5429.80	76.09	265.03	9939.70
2008	3255.53	1376.00	6987.07	102.63	313.04	12034.28

注: 各种效应的计算均以 1999 年为基年。

表 4 2000—2008 年内蒙古能源消费碳排放分解因素的贡献率 %

年份	能源强度	产业结构	产出规模	人口规模	能源结构
2000	-214.29	64.06	260.32	12.53	-22.61
2001	-171.86	36.07	243.45	8.27	-15.93
2002	71.43	3.38	22.19	0.53	2.46
2003	60.84	5.09	31.49	0.49	2.09
2004	53.97	4.91	38.05	0.52	2.55
2005	44.25	7.79	44.73	0.50	2.72
2006	36.92	9.71	50.04	0.58	2.75
2007	31.32	10.62	54.63	0.77	2.67
2008	27.05	11.43	58.06	0.85	2.60
平均	-6.71	17.01	89.22	2.78	-2.30

经济产出持续增长是内蒙古该阶段碳排放增长的主导因素。1999 年至 2008 年内蒙古 GDP 总量增长了 3.48 倍, 人均 GDP 增长了 3.38 倍, 而同期能源消费碳排放总量增长了 10.76 倍。能源消费是维持经济系统运行的一项基本投入, 而碳排放是能源消费的直接产物, 因此在经济发展初期, 碳排放与经济产出无疑会保持较高的相关度。从图 2 中可以看出, 1999—2001 年能源消费碳排放量低于经济产出的增长, 2002 年以后各年, 随着经济总量的增加, 二氧化碳排放量也大幅增加。从人均 GDP 角度看, 1999 年至今能源消费与人均 GDP 一直是同步增长, 随着人均 GDP 的增加, 其能源消费的碳排放量呈增长趋势, 且增长幅度高于人均 GDP 的增长。根

据环境库兹涅茨曲线(EKC)^[21]基本原理, 长期来看, 环境压力与经济增长之间呈倒U型曲线关系。作为发展中国家, 中国目前仍处于倒U型曲线的左端, 内蒙古作为中国一个相对落后的少数民族自治地区, 其环境库兹涅茨曲线也处在U型曲线的左端, 因而在目前乃至将来一段时间内, 内蒙古经济增长的同时其二氧化碳排放量也将随之有很大的增长。

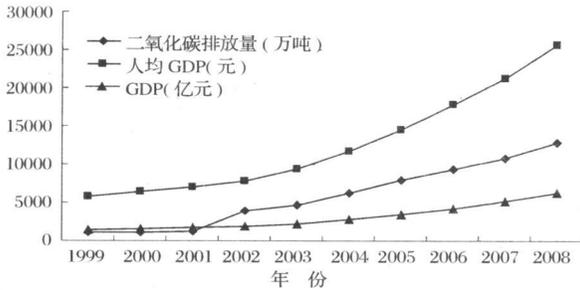


图2 1999—2008年内蒙古二氧化碳排放量、GDP及人均GDP走势图

产业结构的变化对内蒙古该阶段碳排放的增长表现为17.01%的正效应。从1999年至2008年内蒙古各产业的碳排放结构来看(见表5), 第二产业始终占据碳排放的主导地位, 其排放比重从1999年的69.92%升至86.95%, 达11076.36万吨; 而同期第一产业碳排放比重从5.41%降至1.32%, 为168.64万吨; 第三产业碳排放比重从24.68%降至11.73%, 为1493.79万吨。从各产业的产出结构来看, 第二产业占GDP比重从37.01%升至55.03%, 同期第一产业所占GDP比重从24.86%降至11.69%, 第三产业比重从38.13%降至33.29%。产业结构整体变化对碳排放增长未能表现出负效应, 其主要原因是产业规模占GDP一半以上的第二产业的碳排放呈现长期增长态势, 其贡献率抵消了

第一、三产业对碳排放减少的作用。尤其值得重视的是, 2002年以来, 第二产业的碳排放增幅有明显的回升趋势, 这表明, 内蒙古产业结构仍处于较低层次, 产业结构优化调整仍然任重而道远。

表5 1999—2008年内蒙古三次产业碳排放结构

年份	第一产业		第二产业		第三产业	
	总量(万吨)	占比(%)	占比(%)	总量(万吨)	总量(万吨)	占比(%)
1999	5856	5.41	757.07	69.92	267.20	24.68
2000	5934	5.30	835.03	74.53	226.02	20.17
2001	7428	6.34	876.52	74.78	221.38	18.89
2002	7673	1.95	3625.00	92.29	226.25	5.76
2003	9077	1.91	4409.05	92.98	241.86	5.10
2004	10173	1.62	5694.93	90.89	468.91	7.48
2005	12355	1.55	6762.15	84.59	1107.90	13.86
2006	12510	1.34	8118.93	86.69	1121.36	11.97
2007	13265	1.24	9298.57	86.71	1293.13	12.06
2008	16864	1.32	11076.36	86.95	1493.79	11.73

数据来源: 根据历年《内蒙古统计年鉴》和《中国能源统计年鉴》数据计算得来。

从第二产业内部结构来看(见表6), 2002年以前, 内蒙古的采矿业, 制造业和建筑业这三个行业的能源消耗占据了第二产业的全部能耗, 其中又以制造业能耗居首, 占了80%, 说明当时工业化处于较低层面, 第二产业结构相对比较单一, 导致了能耗较为集中; 2002—2004年, 这三者的能耗比重由59%逐步下降到51%, 制造业的能耗比重也从47%下降到41%, 表明这期间第二产业结构调整效果显著; 2005—2008年, 这三者的能耗比重开始回升, 由2005年的70%逐步上升到2008年的90%, 制造业的能耗比重由原来的57%上升到78%, 说明内蒙古的第二产业结构经历了从原来的由简到繁, 和后来的由繁到精的过程。

表6 2000—2008年内蒙古第二产业能耗

年份	采矿业		制造业		建筑业	
	能耗(万吨标准煤)	所占比重(%)	能耗(万吨标准煤)	所占比重(%)	能耗(万吨标准煤)	所占比重(%)
2000	431	20.9	1652	80.2	57	2.8
2001	437	20.1	1820	83.7	53	2.4
2002	485	11.1	2048	46.7	59	1.4
2003	487	9.5	2390	46.5	70	1.4
2004	472	8.4	2331	41.4	75	1.3
2005	794	11.4	3995	57.6	105	1.5
2006	1037	12.8	5895	72.3	120	1.5
2007	1180	12.6	7164	76.6	131	1.4
2008	1060		8018		151	

数据来源: 根据历年《内蒙古统计年鉴》数据计算。

能源强度指标以单位 GDP 的能源消费量来表征能源系统的投入产出特性,反映了能源经济活动的整体效率。1999—2008 年,内蒙古全行业以及第二产业能源强度在 2002—2005 年间达到峰值后,均有一定程度的下降(图 3),而朱勤等^[13]对中国 1980 年至 2007 年能源强度的研究结论是该期间我国各产业能源强度均有较大幅度的下降,全行业的能源强度从 3.78 吨标煤/万元降至 1.31 吨标煤/万元(以 2000 年不变价计算),降幅达 65.35%。尽管能源强度绝对值与先进国家相比还存在一定差距,应该承认,近 30 年来我国的能源利用水平取得了长足的进步。与全国的能源强度相比,内蒙古在提高能源整体利用效率方面还处于较低水平。因能源强度与产业结构、能源结构及技术进步水平等多种因素密切相关,因此内蒙古应大力鼓励技术创新与进步,从而提高能源的利用效率。

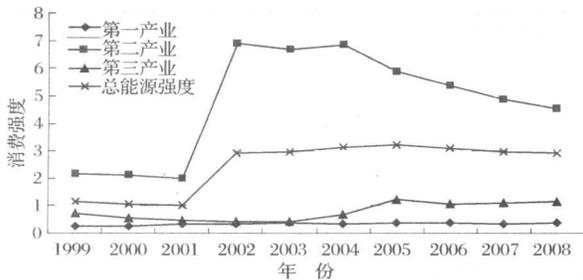


图 3 1999—2008 年内蒙古三次产业的能源消费强度走势图

人口规模对内蒙古该阶段碳排放的增长虽具有正效应,但贡献率只有 2.78%,也就是说 1999—2008 年期间内蒙古人口规模的变化对增加二氧化碳排放的作用不明显(见图 4)。1999 年到 2008 年,内蒙古总人口增加了 2.19%,年均增长 0.24%,而同期内蒙古能源消费的碳排放量增加了 10 倍,年均增

长 119.60%。也就是说人口变化对能源消费碳排放

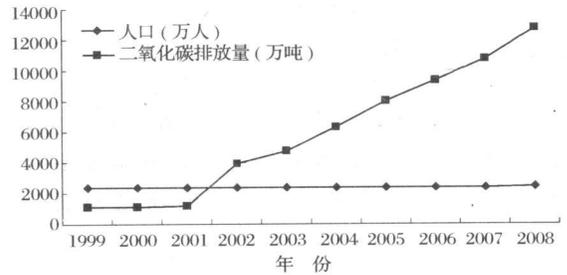


图 4 1999—2008 年内蒙古人口规模与二氧化碳排放量的走势图

放的变化影响作用不大。能源结构的变化对碳排放增长表现为微弱负效应,可以认为是内蒙古能源结构优化初步成效的显现。对于给定化石能源比重的能源系统,由于不同种类的能源具有不同的碳排放系数,因此能源构成类型的不同也将导致碳排放的不同^[13]。从该阶段内蒙古各类能源的碳排放规模来看,煤炭消费的碳排放占据了其能源消费碳排放总量的绝对优势,其规模呈长期增长态势。根据对碳排放能源结构的产业分解结果(见表 7、表 8),在碳排放规模最大的第二产业中,该阶段煤炭累计碳排放占产业内排放总量的 95.9%,并且在该阶段其比重增长了 4.57%,而石油碳排放比重下降了 5.63%。同期能源结构变化较大的是第三产业,其煤炭碳排放比重下降了 29.58%,而石油碳排放的比重则上升了 27.03%。第一产业碳排放比重下降了 15.98%,而石油碳排放比重上升了 15.98%,也就是说第一产业能源结构的变化对碳排放的影响互相抵消了。因此,对内蒙古该阶段碳排放增长呈现微弱负效应的驱动力应该主要来自第三产业能源结构的调整,进而使得全行业能源结构的变化对碳排放增长的整体贡献率为负数。

表 7 1999—2008 年内蒙古三次产业中各类能源的碳排放量

万吨

产业	能源类型	年份									
		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
第一产业	煤碳	40.17	40.17	38.57	39.62	47.99	58.75	68.23	64.36	67.82	88.73
	石油	18.39	19.18	35.72	37.11	42.78	42.98	55.33	60.74	64.83	79.91
	天然气	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
第二产业	煤碳	703.85	774.52	818.70	3440.64	4213.11	5588.67	6638.40	7935.40	9099.55	10803.77
	石油	53.23	60.51	57.29	184.13	195.77	103.91	90.01	98.71	99.22	155.15
	天然气	0.00	0.00	0.53	0.24	0.18	2.36	33.74	84.82	99.80	117.44
第三产业	煤碳	223.65	170.29	159.77	155.56	152.41	196.25	719.31	633.64	724.50	808.47
	石油	43.56	55.67	61.32	69.81	77.60	248.95	384.88	473.56	537.01	647.21
	天然气	0.00	0.06	0.29	0.88	11.86	23.71	3.72	14.16	31.62	38.10

数据来源:根据历年《内蒙古统计年鉴》和《中国能源统计年鉴》数据计算。

表 8 1999—2008 年内蒙古累计碳排放比重及变化比例 %

能源	项目	第一产业	第二产业	第三产业
煤炭	累计排放比重	56.09	95.9	63.64
	变化率	-15.98	+4.57	-29.58
石油	累计排放比重	43.91	3.72	34.65
	变化率	+15.98	-5.63	-27.03
天然气	累计排放比重	0.00	0.38	1.71
	变化率	0.00	-1.06	-2.55

数据来源: 根据历年《内蒙古统计年鉴》和《中国能源统计年鉴》数据计算。

4 结论与政策建议

4.1 结论

本文基于扩展的 Kaya 恒等式及 LMDI 方法所建立的能源消费碳排放因素分解模型, 定量分析了产出规模、人口规模、产业结构、能源结构及能源效率等因素对内蒙古能源消费碳排放的影响。通过分析, 我们可以得到以下结论:

(1) 随着内蒙古经济的持续、快速发展以及人民生活水平的不断提高, 能源需求不断增加, 能源消费迅速增长。能源消费以煤炭为主, 1999—2008 年, 煤炭消费量占能源消费总量比重的平均值高达 93.02%。

(2) 1999—2008 年内蒙古能源消费碳排放总体呈增长趋势, 且 2002 年以来增长幅度巨大。1999—2001 年期间内蒙古能源消费碳排放基本保持稳定, 且数值较小, 表明这一阶段碳排放总量很小。自 2002 年后碳排放持续快速增长, 2008 年达到峰值, 这一阶段是内蒙古能源消费碳排放增长最快的时期。

(3) 1999—2008 年, 经济产出持续增长是内蒙古该阶段碳排放增长的主导因素, 产业结构也是导致碳排放增加的重要因素, 人口规模的变化对增加二氧化碳排放的作用不明显, 能源利用强度和能源结构对于减少碳排放的作用刚刚有所体现。

4.2 政策建议

实证分析显示, 经济产出的持续增长是内蒙古碳排放增长的主导因素。对于内蒙古这一相对落后的地区, 经济产出的增长是其满足人民生存与发展基本需求的必要条件。因此, 目前内蒙古节能减排政策的制定不能寄希望于控制经济产出规模, 而应着眼于优化结构与提高效率以及实施绿色 GDP 核算。

(1) 提高能源效率。目前, 内蒙古沿用的传统粗放式发展模式还未根本改变, 普遍存在着能源效率低, 浪费大的问题。在节约能源、提高能效方面, 有

着巨大的潜力。提高能源效率应从微观主体入手, 充分利用市场机制, 适度提高能源价格, 加之使用补贴、税收等手段, 达到中央政府、地方政府、企业和个人的激励相容, 形成节能减排的利益认同和一致行动。

(2) 调整产业结构。一是推动内蒙古工业结构优化升级。在钢铁、有色金属、化工、装备制造、轻工、电子等领域实施一批产业延伸和产业升级项目, 引导和鼓励优势企业向非资源型产业投资。二是大力发展第三产业, 研究制定促进物流业、文化、旅游产业快速发展的政策措施。一方面, 政府应当利用经济手段和行政手段, 限制高碳产业的发展; 另一方面, 运用适当的财政政策引导、鼓励和扶持低碳产业的发展 and 绿色产品的开发, 促进产业竞争力的提高, 减轻传统产业的锁定效应。

(3) 优化能源结构。目前内蒙古的能源消费是以煤炭为主, 严重依赖煤炭, 而煤炭的二氧化碳排放系数较高, 这致使内蒙古在经济发展过程中“高碳”特征非常明显。因此应以电力为中心, 煤炭为基础, 积极开发利用石油和天然气, 大力发展风能、太阳能等清洁能源, 在增加能源总量的同时, 更注重能源的品质。

(4) 实施绿色 GDP 核算。现行的国民经济核算体系, 对环境资源并没有进行核算, 应实施绿色 GDP 核算, 将经济增长导致的环境污染损失和资源耗减价值从 GDP 中扣除, 有利于真实衡量和评价经济增长活动的现实效果, 克服片面追求经济增长速度的倾向和促进经济增长方式的转变。目前绿色 GDP 核算方法还不成熟, 因此应积极探索和实践绿色 GDP 核算方法, 将绿色 GDP 纳入经济可持续发展的考核体系之中。

参考文献

- [1] Zhang Ming, Mu Hailin, Ning Yadong. Accounting for energy related CO₂ emission in China, 1991-2006[J]. Energy Policy, 2009, 37: 767-773.
- [2] HOEKSTRA R, VAN DEN BERGH J C J M. Comparing structural and index decomposition analysis[J]. Energy Economics, 2003, 25: 39-64.
- [3] ANG B W, ZHANG F Q. A survey of index decomposition analysis in energy and environmental studies[J]. Energy, 2000, 25: 1149-1176.
- [4] ANG B W, CHOI K H. Decomposition of aggregate energy and gas emission intensities for industry: a refined Divisia index method[J]. The Energy Journal, 1997, 18(3): 59-73.
- [5] Sun Ji Wu. Changes in energy consumption and energy intensity: a complete decomposition model[J]. Energy Econ

- nomics, 1998, 20: 85-100.
- [6] ZHANG Z X. Decoupling China's carbon emissions increase from economic growth: An economic analysis and policy implications[J]. World Development, 2000, 28(4): 739-752.
- [7] Wang Can, Chen Jining, ZOU Ji. Decomposition of energy related CO₂ emission in China: 1957-2000 [J]. Energy, 2005, 30: 73-83.
- [8] Liu Lancui, Fan Ying, Wu Gang, et al. Using LMDI method to analyze the change of China's industrial CO₂ emissions from final fuel use: an empirical analysis[J]. Energy Policy, 2007, 35: 5892-5900.
- [9] GUAN D, HU BACEK K, WEBER C L, et al. The drivers of Chinese CO₂ emissions from 1980 to 2030[J]. Global Environmental Change, 2008, 18: 626-634.
- [10] Zhang Ming, Mu Hailin, Ning Yadong, et al. Decomposition of energy-related CO₂ emission over 1991-2006 in China[J]. Ecological Economics, 2009, 68: 2122-2128.
- [11] 徐国泉, 刘则渊, 姜照华. 中国碳排放的因素分解模型及实证分析: 1995-2004[J]. 中国人口·资源与环境, 2006, 16(6): 158-161.
- [12] 胡初枝, 黄贤金, 钟太洋, 等. 中国碳排放特征及其动态演进分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2008, 18(3): 38-42.
- [13] 朱勤, 彭希哲, 陆志明, 等. 中国能源消费碳排放变化的因素分解及实证分析[J]. 资源科学, 2009, 31(12): 2072-2079.
- [14] 宋德勇, 卢忠宝. 中国碳排放影响因素分解及其周期性波动研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2009, 19(3): 18-24.
- [15] 王俊松, 贺灿飞. 能源消费、经济增长与中国 CO₂ 排放量变化——基于 LMDI 方法的分解分析[J]. 长江流域资源与环境, 2010, 19(1): 18-23.
- [16] 赵敏, 张卫国, 俞立中. 上海市能源消费碳排放分析[J]. 环境科学研究, 2009, 22(8): 984-989.
- [17] 温景光. 江苏省碳排放的因素分解模型及实证分析[J]. 华东经济管理, 2010, 24(2): 29-32.
- [18] 刘燕娜, 洪燕真, 余建辉. 福建省碳排放的因素分解实证研究[J]. 技术经济, 2010, 29(8): 58-61.
- [19] KAYA Y. Impact of carbon dioxide emission control on GNP growth: interpretation of proposed scenarios[C]. Paper presented at the IPCC Energy and Industry Subgroup, Response Strategies Working Group, Paris, France, 1990.
- [20] 高振宇, 王益. 我国生产用能源消费变动的分解分析[J]. 统计研究, 2007, 24(3): 52-57.
- [21] Sun Ji Wu. The nature of CO₂ emission Kuznets curve [J]. Energy Policy, 1999, 27: 691-694.

Decomposition Analysis on Changes of Energy-related CO₂ Emission in Inner Mongolia

Qian Guixia^{1,2}, Zhang Yipin¹, Wu Jianguo^{2,3}

(1. School of Economics & Management, Inner Mongolia University, Hohhot 010021, China;

2. Sinor US Center for Conservation, Energy and Sustainability Science in Inner Mongolia, Hohhot 010021, China;

3. School of Life Sciences and Global Institute of Sustainability, Arizona State University, Tempe AZ 85287 USA)

Abstract: Based on the extended Kaya identity, this paper uses the Log-mean Divisia index method to construct a complete decomposition model, and identifies the factors that influence the changes of energy-related CO₂ emission in Inner Mongolia during the period of 1999-2008, which are energy structure, energy intensity, economic structure, economic activity and population change. The results show that economic activity has the largest positive effects on CO₂ emission changes in all the factors, and its contribution rate is up to 89.22%, and other factors sorted by the absolute value of contribution rate from large to small are economic structure (17.01%), energy intensity (-6.71%), population change (2.78%) and energy structure (-2.30%). These results may shed light on possible development trajectories and energy transition in Inner Mongolia with a high potential for growth, which mainly includes improving energy efficiency, adjusting industrial structure, optimizing energy structure and implementing green GDP accounting.

Key words: energy consumption; CO₂ emission; Inner Mongolia

(上接第 31 页)

Analysis on Key Influential Factors of Performance of University Spin off Companies

Xia Qinghua, Xu Dan, Li Wen

(Research Center for Entrepreneurship and Enterprise Growth, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: Based on the analysis on the mechanism of formation and development of university spin off companies (USOs), this paper identifies influential factors of the performance of USOs. Then it use the data from the questionnaire for USOs in Wuhan, and makes the logistic regression. The results indicate that the decisive influential factors of performance of USOs are the following three aspects: whether to introduce agency entrepreneurs; the support of external environment; the support from parent university. However, technology leadership and industry experience of inventor and his(or her) role in the USOs are not as significant as expected.

Key words: university spin off company; enterprises performance; university entrepreneurship