

文章编号 :1003- 7853(2013)01- 0050- 03

基金项目 :黑龙江省财政科研业务费专项

黑龙江省产业能源碳排放因素分解及减排分析

谢立红,倪红伟*,王继丰

(黑龙江省科学院自然与生态研究所 湿地与生态保育国家地方联合工程实验室,黑龙江 哈尔滨 150040)

摘要 :能源消费是碳排放的主要来源。随着黑龙江省经济的快速发展,能源消费的急剧增长以及以煤为主的能源结构在一定时间内很难改变,因此,碳排放量在短时间内很难下降。本文分析了 1980~2010 年黑龙江省三大产业碳排放变化情况,并对黑龙江省 1980 和 2010 两年不同行业能源利用碳排放总量进行对比。采用 LMDI 分解法,定量分析了 1980~2010 年间,经济规模、产业结构、技术进步与能耗结构四个因素对黑龙江省产业碳排放增量的影响。研究发现,经济规模效应是正向决定性因素,能耗结构调整的影响效果不显著,技术进步与产业结构效应是负向决定性因素。最后提出了相应的减排政策建议。

关键词 :碳排放; LMDI; 经济发展; 产业结构; 技术进步; 能耗结构

中图分类号 :F206 文献标识码 :A

Analysis on industrial energy carbon emission factors decomposition and emission reduction in Heilongjiang Province

XIE Li-hong et al

(Institute of Natural Resources And Ecology, HAS., National and Provincial Joint Engineering Laboratory of Wetlands and Ecological Conservation, Harbin 150040, China)

Abstract : Energy consumption is the main source of carbon emissions. With the economic expanding in Heilongjiang province, the sharp increase of energy consumption and coal-dominated energy structure is difficult to change in short-term, therefore, the carbon emissions is difficult to decline in short-term. This paper analyzes the changes in carbon emissions of the three major industries in Heilongjiang Province from 1980 to 2010, and compares the total amount of carbon emissions of the different industries in Heilongjiang Province about 1980 and 2010. The LMDI decomposition method is adopted to analyze the influence of industrial carbon emission increment on the economic scale, industrial structure, technology progress and the energy consumption structure in Heilongjiang Province from 1980 to 2010 year. The study found that economic scale effect is positive decisive factor, the influence of the energy consumption structure adjustment effect is not significant, the technical progress and industrial structure effect is negative to the decisive factor. Finally, the emission reduction policy recommendations.

Key words : carbon emissions; LMDI; economic development; industrial structure; technological progress; energy consumption structure

在中国经济加速向低碳化深入发展的背景下,各省份已

经开始制定中长期战略规划、促进低碳技术和产业发展、积极推进低碳经济转型。一直以来,我省都是依靠高投入、高消耗、高污染模式发展经济,伴随着经济快速增长的是能源需求的迅速增加,能源资源对经济发展的制约作用正逐渐显现,形势不容乐观。因此,我省节能减排、推行低碳经济发展模式,必须先清楚历史上影响产业能源碳排放的因素,以期为我省能源消费结构优化、产业结构升级和发展低碳经济提供决策依据。

1 研究方法与数据来源

1.1 碳排放 LMDI 分解法

黑龙江省产业能源消费相关的各部门碳排放量分解成经济增长、产业结构变动、技术进步、能源消耗结构变动四个影响因素,以此来分析各因素对黑龙江省产业的碳排放增量的影响。

本文将碳排放总量分解为^[1] :

$$C_t = \sum_i i \sum_j j \frac{E_{it}^j}{E_{it}} \times \frac{C_{it}^j}{E_{it}^j} \times E_{it} = \sum_i i \sum_j j S_{it}^j \times e_{it}^j \times E_{it} \quad (1)$$

$$= \sum_{i=1}^m P_t \frac{P_{it}}{P_t} \frac{E_{it}}{P_{it}} \left(\sum_{j=1}^F \alpha_{it}^j \times e_{it}^j \times \frac{E_{it}^j}{E_{it}} \right) \quad (2)$$

$$= \sum_{i=1}^m P_t \alpha_{it} e_{it} \left(\sum_{j=1}^F \alpha_{it}^j S_{it}^j \right) \quad (3)$$

其中, C_t 表示经济系统在第 t 期碳排放总量; E_{it} 表示 t 时期 i 部门能源消费总量; E_{it}^j 表示 t 时期 i 部门 j 种能源消费量; C_{it}^j 表示 t 时期 i 部门 j 种能源消费引起的碳排放量; S_{it}^j 表示在 t 时期 i 部门 j 种能源的能源消费结构比重; e_{it}^j 表示 j 种能源碳排放系数; P_t 表示 t 时期黑龙江省地区总产值; P_{it} 为 t 时期 i 部门经济总产值; α_{it} 为 i 部门对经济系统的部门贡献率,即 t 时期 i 部门产值与地区总产值比; e_{it} 为 t 时期 i 部门能耗强度,即能耗与产值的比; m 为经济系统部门分类数; F 为能源品种数。

参照 Ang 的不带残差项的 LMDI 的分解方式以及公式 (3), 从 t 年到 $t+1$ 年碳排放变化可以表示为^[2] :

$$\Delta C = \Delta C_{size} + \Delta C_{str} + \Delta C_{int} + \Delta C_{E, str} \quad (4)$$

其中, ΔC_{size} 表示经济规模效应引起的碳排放变化; ΔC_{str} 表示产业结构效应引起的碳排放变化; ΔC_{int} 表示技术进步效应引起的碳排放变化; $\Delta C_{E, str}$ 表示能源消费结构效应引起的碳排放变化。借鉴 SunilMalla 对各效应公式的定义,令 t 年到 $t+1$ 年的各分解因子的 LMDI 的效应公式为 :

$$\Delta C_{str} = \sum_i L(C_i^{t+1}, C_i^t) \ln \left(\frac{\alpha_i^{t+1}}{\alpha_i^t} \right) \quad (5)$$

$$\Delta C_{int} = \sum_i L(C_i^{t+1}, C_i^t) \ln \left(\frac{e_i^{t+1}}{e_i^t} \right) \quad (6)$$

$$\Delta C_{E, str} = \sum_i L(C_i^{t+1}, C_i^t) \ln \left(\frac{\sum_{j=1}^F e_{it}^j S_{it+1}^j}{\sum_{j=1}^F e_{it}^j S_{it}^j} \right) \quad (7)$$

$$L(C_i^{t+1}, C_i^t) = (C_i^{t+1} - C_i^t) / (\ln C_i^{t+1} - \ln C_i^t) \quad (8)$$

1.2 数据搜集与估算

本文对黑龙江省产业能源的碳排放量采用以下公式进行估算^[3] ;

$$C = \sum_i E_i \times \frac{C_i}{E} \times E = \sum_i S_i \times F_i \times E \quad (9)$$

其中 E 为能源的消费总量, F_i 为 i 类能源的碳排放强度, S_i 为 i 类能源在总能源所占的比重。这里 F_i 的取值见表 1^[4]。

通过计算整理得到黑龙江省不同行业能源利用碳排放的基础数据(资料来源:黑龙江省经济统计年鉴(1993)黑龙江省统计年鉴(2011)中国能源统计年鉴(1996~2004),第一产业包括农林牧渔业;第二产业包括工业、建筑业;第三产业包括交通运输、仓储和邮政业、批发零售、住宿餐饮业),由此生成图 1 和图 2。

图 1 所示 1980~2010 年黑龙江省各行业能源利用的碳排放中,第一产业从 113.23 万吨增长到 203.81 万吨,增长了 80.00%,第一产业约占总排放量的 2.75%;第二产业从 2089.06 万吨增长到 5483.88 万吨,增长了 162.50%,约占总排放量的 74.09%;第三产业从 161.26 万吨增长到 558.77 万吨,增长了 246.50%,第三产业约占总排放量的 7.55%。第三产业增长率最快,但第二产业的排放量远大于第一产业和第三产业。说明黑龙江省能源利用的碳排放主要在于第二产业,而第二产业中工业部门碳排放占绝对性的比例 99.80%(见图 3、4)。

同时,由于技术进步、能源效率的提高等因素导致各产业能源的碳排放强度呈下降趋势(见图 2),第一产业、第二产业、第三产业分别从 2.048、15.935、4.647 吨/万元下降到 0.156、1.054、0.145 吨/万元,分别下降了 92.38%、93.39%、96.88%。第二产业的碳排放强度明显高于第一产业和第三产业,由此说明黑龙江省能源利用碳排放强度的降低主要存在于第二产业。

2 不同行业能源利用碳排放增量效应因素分解分析

根据公式(1)至(8)计算出经济规模效应、产业结构效应、技术进步效应与能耗结构效应对黑龙江省产业碳排放的影响,包括碳排放年变化量以及基于 1980 年的碳排放累积变化量,结果如表 2 所示。

表 2 列出了 1980~2010 年影响黑龙江省碳排放增量效应的经济规模、产业结构、能耗结构、技术进步因素的基础数据,由此生成图 5。

黑龙江省产业能源消耗碳排放总量自 1980 年的 2809.77 万 t 碳增长到 2010 年的 7402.02 万 t 碳,年均增长 5.45%。由图 5 可知,1980~2010 年经济规模效应导致能源利用碳排放增加了 13899.61 万 t 碳,产业结构变化导致碳排放减少了 666.12 万 t 碳,技术进步带来能源利用效率提高引起碳排放减少了 9592.51 万 t 碳,以煤炭为主的能耗利用结构引起碳排放增加了 951.26 万 t 碳,所以黑龙江省 1980~2010 年能源消费的碳排放净增加 4592.25 万 t 碳。

经济规模持续扩大是黑龙江省该阶段碳排放增长的决定性因素。图 5 显示,经济规模效应引起的碳排放比重最大,这与黑龙江省经济的快速发展密不可分。1980~2010 年,黑龙江省 GDP 增长了 45.92 倍,同期能源碳排放增长了 1.63 倍。经济的快速发展刺激能源消费,导致碳排放量逐年递增。值得关注的是,1997~1999 年,黑龙江省碳排放总量呈现短期的下降波动,可能的原因是受东南亚金融危机的影响,同时,国务院于 1996 年出台的关于关闭或停产高能耗、高污染、低效率的“十五小”及“新五小”工业项目的法规也发挥了积极作用。

产业结构效应对减排的影响力始终较小,但值得关注的是 2006 年以来产业结构效应对减排的效应加大,说明黑龙江省产业结构的调整开始对降低碳排放起到较大的作用,这与黑龙江

表 1 各类能源的碳排放系数

项目	标煤	煤炭	石油	天然气	水电、核电
F_i (t 碳/t 标准煤)	0.67	0.7476	0.5825	0.4435	0.0

图 1 1980-2010 年黑龙江省三大产业能源碳排放总量与 GDP 情况

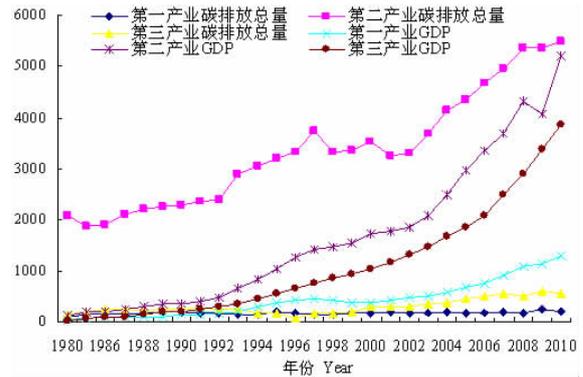


图 2 1980-2010 年黑龙江省三大产业能源碳排放强度变化情况

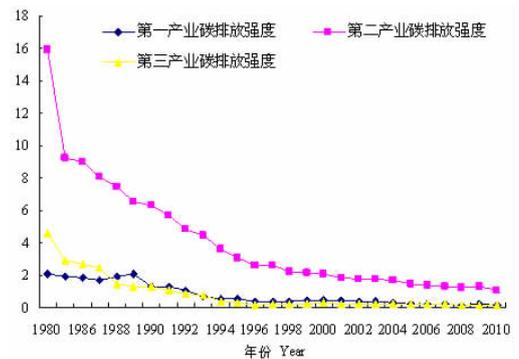


图 3 1980 年黑龙江省能源分行业碳排放量

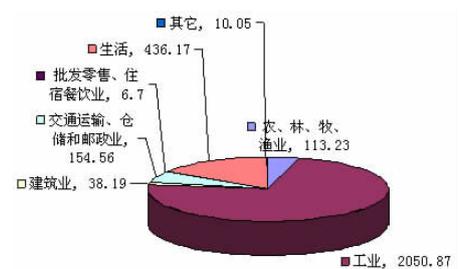


图 4 2010 年黑龙江省能源分行业碳排放量

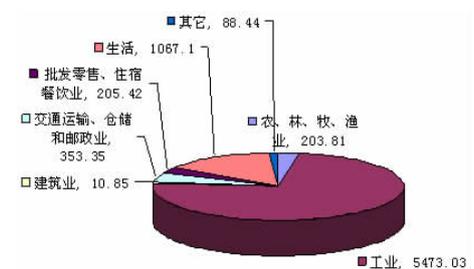


图 5 1985-2010 年黑龙江省产业碳排放的贡献值趋势图

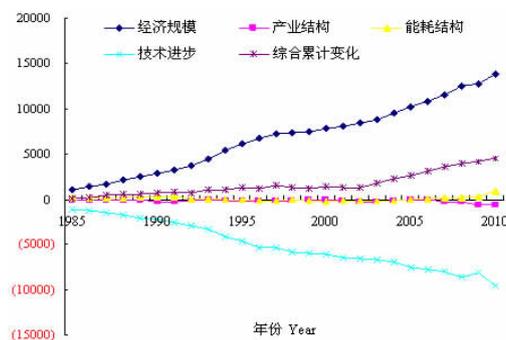


表2 黑龙江省碳排放增量效应因素分解(万吨)

年份	经济规模		产业结构		能耗结构		技术进步		碳排放量	
	年度变化	累积变化	年度变化	累积变化	年度变化	累积变化	年度变化	累积变化	年度变化	累积变化
80-85	1092.26	1092.26	-19.53	-19.53	179.84	179.84	-1166.54	-1166.54	86.03	86.03
85-86	278.25	1370.51	-119.46	-138.99	33.35	213.19	-79.46	-1246.00	112.68	198.72
86-87	305.00	1675.51	125.73	-13.26	44.50	257.69	-243.48	-1489.48	231.74	430.46
87-88	498.81	2174.31	-111.88	-125.14	-2.30	255.39	-260.44	-1749.92	124.19	554.65
88-89	353.93	2528.24	31.29	-93.85	21.78	277.17	-333.90	-2083.82	73.10	627.75
89-90	341.95	2870.20	-124.63	-218.48	42.56	319.74	-149.52	-2233.34	110.37	738.12
90-91	388.59	3258.79	-17.97	-236.45	-37.95	281.78	-282.59	-2515.94	50.07	788.19
91-92	432.51	3691.30	40.82	-195.62	-135.47	146.31	-454.36	-2970.29	-116.49	671.70
92-93	688.29	4379.60	115.25	-80.38	-105.52	40.80	-371.07	-3341.36	326.96	998.66
93-94	979.55	5359.15	-56.00	-136.38	-76.11	-35.31	-801.69	-4143.06	45.74	1044.40
94-95	753.00	6112.14	-17.18	-153.56	18.56	-16.76	-528.70	-4671.76	225.67	1270.07
95-96	623.55	6735.69	52.13	-101.43	-106.36	-123.12	-649.61	-5321.37	-80.29	1189.78
96-97	450.81	7186.50	-1.53	-102.96	-58.86	-181.98	-19.50	-5340.87	370.92	1560.69
97-98	151.85	7338.35	-25.02	-127.98	118.95	-63.03	-542.58	-5883.45	-296.81	1263.88
98-99	120.82	7459.16	37.29	-90.69	-121.40	-184.43	-79.36	-5962.81	-42.66	1221.23
99-00	367.72	7826.88	32.97	-57.73	-82.36	-266.79	-89.60	-6052.41	228.73	1449.95
00-01	283.68	8110.56	-144.29	-202.02	63.31	-203.48	-399.67	-6452.08	-196.97	1252.98
01-02	265.93	8376.50	-85.86	-287.87	10.48	-193.01	-134.33	-6586.42	56.22	1309.2
02-03	439.25	8815.75	38.56	-249.32	40.18	-152.82	-62.75	-6649.17	455.24	1764.44
03-04	705.11	9520.86	66.56	-182.76	9.21	-143.61	-295.62	-6944.79	485.26	2249.70
04-05	721.79	10242.65	99.74	-83.02	162.38	18.77	-555.95	-7500.74	427.96	2677.66
05-06	617.73	10860.38	20.49	-62.53	74.52	93.29	-249.92	-7750.66	462.82	3140.47
06-07	744.10	11604.47	-165.86	-228.39	119.19	212.48	-250.88	-8001.55	446.54	3587.02
07-08	923.45	12527.92	-0.23	-228.63	46.68	259.16	-592.68	-8594.23	377.21	3964.23
08-09	197.40	12725.32	-437.49	-666.12	15.18	274.34	474.37	-8119.86	249.46	4213.69
09-10	1174.29	13899.61	0.00	-666.12	676.92	951.26	-1472.65	-9592.51	378.56	4592.25

省产业结构调整出现较大成效有关。1980~2008年,黑龙江省第二产业比重始终在50%以上,但2009年第二产业比重下降到47.3%;第三产业比重整体上呈上升趋势,2009年第三产业比重上升最快达39.3%,说明黑龙江省产业结构调整对减低碳排放起到积极作用。但对快速增长的碳排放总量来说,未来调整产业结构任重道远。并且不同部门的碳排放强度还有较大的差距,1980~2010年,黑龙江省工业部门平均碳排放强度是农业部门的6.74倍,第三产业的7.28倍。而工业部门恰是高碳排放部门,所以降低工业部门的碳排放强度对降低黑龙江省碳排放量至关重要。

能耗结构效应对黑龙江省碳排放的累积增量呈现波动影响,但负面影响并未呈现逐步放大的趋势。说明黑龙江省虽然优化能源结构初见成效,但未取得突破性变化。这与黑龙江省是典型的能源结构中以高碳能源为主,煤炭仍占主导地位不无关系。2006~2010年,煤炭消费比例均高达65%以上,煤炭、焦炭和原油的消费比例超过90%。可见,黑龙江省加快发展新能源是十分紧迫的,特别是应积极开发风能、核能等清洁能源。

技术进步效应对黑龙江省碳排放的累积增量始终为负影响,2008~2009年呈现较小的波动。说明黑龙江省提高了能源利用效率,主要体现在第二产业碳排放强度的降低。

3 结论和建议

3.1 主要结论

3.1.1 30年来,黑龙江省产业能源消耗碳排放总量自1980年的2809.77万t碳增长到2010年的7402.02万t碳,年均增长5.45%。第二产业的排放量远大于第一产业和第三产业。而第二产业中工业部门碳排放占绝对性的比例99.80%。

3.1.2 第一产业、第二产业以及第三产业的碳排放强度分别从2.048、15.935、4.647吨/万元下降到了0.156、1.054、0.145吨/万元,分别下降了92.38%、93.39%、96.88%。第二产业的碳排放强度明显高于第一产业和第三产业,由此说明黑龙江省能源利用碳排放强度的降低主要决定于第二产业。

3.1.3 经济规模效应是正向决定性因素,能耗结构调整的影响效果不显著,技术进步与产业结构效应是负向决定性因素。

3.2 政策建议

3.2.1 加大产业结构调整力度,发展“绿色GDP”。我省重化工业、高耗能行业为主的产业结构与前面分析的经济发展的拉动碳排放的主要原因相符合,不符合新型工业化道路,不适应绿色经济的发展要求,应大力发展第三产业,提高其在国民经济中的比重,尤其是发展资源消耗低、增加值较高的金融、商务、信息服务等现代服务业和战略性新兴产业,用低碳经济的新理念、新模式优化产业结构。

3.2.2 用高新技术和先进适用技术改造提升传统产业,突出抓好冶金、机械制造、电力、石油化工、建材、纺织、造纸等行业的工业节能工作,加快节能锅炉、节能电机等产品推广以及余热余压利用。加强低碳技术研发和应用,积极开发轻质材料、节能家电等低碳产品。

3.2.3 优化能源供给和消费结构,大力开发可再生能源,如风能、水能、太阳能、生物质能、地热能等,特别要突出生物质能。

参考文献:

- [1] 徐国泉.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,2006,8(16):158-161.
 - [2] 邓晓.基于LMDI方法的碳排放的因素分解模型及实证研究[D].武汉:华中科技大学,2009.
 - [3] Ang B W,Zhang F Q,Choi K H. Factorizing Changes in Energy and Environmental Indicators through Decomposition [J].Energy,1998,23(6):489-495.
 - [4] 赵欣,龙如银.江苏省碳排放现状及因素分解实证分析[J].中国人口·资源与环境,2010,7(20):25-30.
- 作者简介:谢立红,助理研究员,主要研究方向为生物多样性研究。
通讯作者:倪红伟,研究员,博士生导师,主要研究方向为生物多样性研究。

(2012-11-18收稿 刘晓佳编辑)