

基于 MMIA 的河北省碳排放强度结构分解分析

石岩璞, 闫风格

(燕山大学 经济管理学院, 河北 秦皇岛 066004)

摘要:基于 2007 年和 2012 年投入产出表,利用投入产出技术和多因素多阶影响分析(MMIA)法对河北省碳排放强度结构进行了数量论证和分析。分析结果表明:在河北省碳排放强度的最终使用结构中,投入技术减排在总的碳排变化中起重要作用,通过改进生产技术来提高生产效率或改变投入结构对碳排总强度的减小非常关键。在总产出结构中,单位总产出能耗的下降是碳排下降的主因,而投入结构和产业结构变化对减排是不利的,尤其是结构变化的负作用非常明显。

关键词:碳排放量;碳排放强度结构;多因素多阶影响分析

中图分类号:F205 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2016)07-0121-08

国际能源署(IEA)发布了《世界能源展望 2014》报告,对 2040 年的全球能源图景进行了展望:全球一次能源需求将增长 37%,全球对煤炭和石油的需求将达到峰值;全球天然气的需求将增长 50%以上,是化石燃料中增长最快的;全球煤炭需求量将增加 15%,其中几乎 2/3 的增长将出现在下一个 10 年中。中国煤炭需求占全球煤炭消费比重将停滞在 50%左右的水平上,2030 年中国与能源相关的二氧化碳排放量将上升到 116.15 亿吨,比 2007 年增长 91.3%,其增量占全球碳排放新增量的 48.6%。其中,根据“煤炭消费总量控制”研究课题组的模型模拟情景,可以推算出“十三五”末 2020 年的碳排放总量控制目标在 105 亿吨左右。中国在减排方面的道路任重而道远。

京津冀地区碳排放量约占全国的 1/5,是我国乃至世界上碳排放量最大的都市圈,肩负着低碳转型的重任。河北省地处环渤海经济带和京津冀经济圈,是全国的经济大省,同时河北省化石能源和油田资源丰富,也是全国的能源消耗大省。河北省是全国经济结构最重的地区,是全国污染最严重的地区,也是产业结构需要重大调整的地区。

面对京津冀地区严重的环境和温室气体排放问题,治理河北省的碳排放问题迫在眉睫。本文以 2007 和 2012 年河北省投入产出表为基础,以投入产出技术和多因素多阶分析(MMIA)为基本工具,分析了影响河北省碳排放的主要因素,有力解释了近年来

日益严重的雾霾来源结构,为实施节能减排政策和十三五规划中的产业结构转型制战略提出了政策建议。

1 研究方法

一个地区的产业结构可以有多种方法和指标进行衡量。例如总产出、中间投入和增加值,通过计算各部门的比例份额来分析产业结构。对于结构变化的分析,有很多方法,其中最著名的是结构分解分析法(SDA 法),这种方法在对经济指标的多因素分析中应用广泛。但是,不论哪种方法都没有把对经济的多种影响因素完全分解开来,感觉对结果的分析不尽满意。以 SDA 为例,我们认为其主要缺陷是:

首先,对一个主指标基于 SDA 的分解会因不同的影响因素排列顺序而有不同的分解结果,而选择哪种排序进行最优分析却不能给出合理的解释。更何况在一个有机系统中,一般情况下我们不能区分不同部分的作用大小。也许一个小零件的脱落就会毁掉整架飞机!因此,在许多时候,用不同权重估计各种因素对因变量的贡献大小存在很大的主观武断判断,是没有具体意义的,更不用说对不同因素使用不同权重体系。

最后,在使用这种方法进行具体的分析过程中,人们忘记了分析的真正目的,变成了纯粹的数量分析。实际上,SDA 的确切目的是为了获得每个因素影响因变量的数量性信息,为经济决策提供参考,但是由于其结果的不确定性,其并没有实现其对经济分析的意义。

收稿日期:2016-03-08

基金项目:河北省统计局河北省 2012 年度投入产出表开发应用课题(2015002)。

作者简介:石岩璞(1990—),男,山西运城人,燕山大学经济管理学院,硕士研究生,研究方向:数量经济学,投入产出技术。

实际上,对不同影响因素的分析,其实质上是在主指标与各因素存在连续函数关系的情况下,就相当于对不同的指标求偏导数。对此,我国学者杨启梓曾进行了系统讨论,他叫做“多元函数全增量的统计分析”。因此,我们认为把投入产出技术和多因素多阶影响分析结合起来,就可以系统准确的分析出不同因素变化以及各因素的联动变化对某一主因素的作用效果。^[1-9]

多因素多阶影响因素分析(MMIA)。作为对SDA的替代方法,MMIA分析的是自变量变化对因变量的影响作用。设:

$$y=f(x_1,x_2,\cdots,x_n) \tag{1}$$

其中, y 和 $x_i(i=1,2,\cdots,n)$ 可以是一个单变量,也可以是一个矩阵或者任意一个向量组,于是有:

$$\Delta y=f(x_1+\Delta x_1,x_2+\Delta x_2,\cdots,x_n+\Delta x_n)-f(x_1,x_2,\cdots,x_n)=\sum_{i=1}^n\Delta y^{x_i}+\sum_n\Delta y^{x_ix_j}+\cdots+\sum_n\Delta y^{x_{i_1}x_{i_2}\cdots x_{i_k}}+\cdots+\Delta y^{x_1x_2\cdots x_n}=\Delta y^{(1)}+\Delta y^{(2)}+\cdots+\Delta y^{(k)}+\cdots+\Delta y^{(n)} \tag{2}$$

其中, $\Delta y^{x_{i_1}x_{i_2}\cdots x_{i_k}}$ 为 k 个因素同时变化的纯联动作用,也就是说只有 $\{x_{i_1},x_{i_2}\cdots x_{i_k}\}$ 变化而其它保持不变; $\Delta y^{(k)}$ 叫做 k 阶纯作用,它是所有取自集合 $\{x_i,i=1,2,\cdots n\}$ 的 k 阶组合的纯作用的总和。对集合 $\{x_i,i=1,2,\cdots n\}$ 的任何一个子集 $\{x_{i_1},x_{i_2}\cdots x_{i_k}\}$,其变化

的影响叫做一个影响域,都能够通过方程式(2) 计算出来,只需要把 y 看做为 $(x_{i_1},x_{i_2}\cdots x_{i_k})$ 的函数,其它变量保持原值不变。 $(x_{i_1},x_{i_2}\cdots x_{i_k})$ 的纯影响域记为 $\Delta y^{(x_{i_1},x_{i_2}\cdots x_{i_k})_{(k)}}$ 。如果令:

$$\Delta y^{(m)}=\Delta y^{(1)}+\Delta y^{(2)}+\cdots+\Delta y^{(m)}=\sum_{k=1}^m\Delta y^{(k)} \tag{3}$$

则有:

$$\Delta y^{(m)}=\Delta y_{(m)}-\Delta y_{(m-1)} \tag{4}$$

$\Delta y_{(m)}$ 和 $\Delta y^{(m)}$ 分别是 $(x_1,x_2,\cdots x_n)$ 的 m 阶总联动作用和纯联动作用^[9]。

2 基于 MMIA 模型的碳排放强度结构分解分析

要全面实施低碳经济战略,从经济活动结果上看,包括总产出结构、投入结构和最终使用结构三大方面。本节以多因素多阶影响分析(MMIA)方法为工具,基于 41 部门投入产出表,对河北省 2007 年到 2012 年的碳排强度变化影响因素进行深入分析。

为了应用分部门的能源消费统计数据,首先将 2007、2012 年的河北省投入产出表中的部门与河北省统计年鉴中的部门分别合并、调整为口径统一的部门划分。经合并后,2007、2012 年河北省投入产出表分为 41 个部门(部门名称见表 1),其中能源部门为 4 个:煤炭开采和洗选业,石油和天然气开采业,石油加

表 1 部门分类

代码	部门名称	代码	部门名称
1	农、林、牧、渔业	22	橡胶和塑料制品业
2	煤炭开采和洗选业	23	非金属矿物制品业
3	石油和天然气开采业	24	黑色金属冶炼及压延加工业
4	黑色金属矿采选业	25	有色金属冶炼及压延加工业
5	有色金属矿采选业	26	金属制品业
6	非金属矿采选业	27	通用设备制造业
7	食品制造业	28	专用设备制造业
8	农副食品加工业	29	交通运输设备制造业
9	饮料制造业	30	电气机械及器材制造业
10	烟草制品业	31	通信设备计算机及其他电子设备制造业
11	纺织业	32	仪器仪表及其他制造业
12	纺织服装、皮革、毛皮羽毛、制鞋业	33	废弃资源综合利用业及其他
13	木材加工及木、竹、藤棕草制品业	34	电力、热力的生产和供应业
14	家具制造业	35	燃气生产和供应业
15	造纸及纸制品业	36	水的生产和供应业
16	印刷业和记录媒介的复制	37	建筑业
17	文教体育用品制造业	38	批发和零售业
18	石油加工、炼焦及核燃料加工业	39	交通运输、仓储及邮政业
19	化学原料及化学制品制造业	40	住宿和餐饮业
20	医药制造业	41	其他服务业
21	化学纤维制造业		

工、炼焦及核燃料加工业,燃气生产和供应业。其次,应用投入产出分析价格模型,将 2012 年投入产出表转换成以 2007 年为基年的不变价格表。再次,从河北统计年鉴中得到以标准煤计量的分产业能源消费量,并合并整理成 41 部门,运用碳排放折算系数公式将标准煤计量的能源消费转换成碳排放量。其中,碳排放折算系数=碳排放量(万吨)/能源消费标准煤总量(万吨),2007 年和 2012 年碳排放折算系数分别为 0.757 9 和 0.765 7。

2.1 基本模型

设 G 表示河北省地区生产总值(GDP), Y 表示投入产出表中的最终使用合计列向量, Q 表示总产出列向量, A 是直接消耗系数矩阵, W 是总产出结构列向量, P 是总产出合计, e 是所有元素都为 1 的行向量,则:

$$G = eY = e(I - A)Q \quad Q = WP = (I - A)^{-1}Y$$

又设 f 表示单位 GDP 碳排放量, kE 表示单位总产出碳排放列向量, YE 表示生活总碳排放量, 则:

$$f = \frac{k'_E Q + Y_E}{G} = \frac{k'_E (I - A)^{-1} Y}{G} + \frac{Y_E / N}{G / N} = k'_E (I - A)^{-1} C + \frac{y_E}{g} \tag{5}$$

$$\text{或 } f = \frac{k'_E Q + Y_E}{G} = \frac{k'_E W}{e(I - A)W} + \frac{y_E}{g} \tag{6}$$

其中, y_E 表示人均生活碳排放量, g 表示人均生产总值。式(5)中的结构因素用的是最终使用结构,式(6)中的结构因素用的是总产出结构。在这个模型中,单位国内生产总值碳排放量首先被分成了两个部分:生产碳排和生活碳排。基于这两因素又分别列出了基于最终使用结构的能源消耗强度五因素分解模型和基于总产出结构的能源消耗强度五因素分解模型(见表 2 和表 3)^[10-11]。

表 2 基于最终使用结构的碳排强度五因素分解模型

名称	影响因素	总作用	纯作用
P 指数	产出碳排强度	$\Delta e_{p(1)}^{kE} = k'_E (I - A^0) - 1C^0 - k'_E (I - A^0) - 1C^0$	$\Delta e_{kE}^{p(1)} = \Delta e_{p(1)}^{kE}$
A 指数	直接消耗系数	$\Delta e_{p(1)}^A = k'_E (I - A^t) - 1C^0 - k'_E (I - A^0) - 1C^0$	$\Delta e_A^{p(1)} = \Delta e_{p(1)}^A$
F 指数	最终使用结构	$\Delta e_{p(1)}^C = k'_E (I - A^0) - 1C^t - k'_E (I - A^0) - 1C^0$	$\Delta e_C^{p(1)} = \Delta e_{p(1)}^C$
一阶作用		$\Delta e_{p(1)} = \Delta e_{p(1)}^{kE} + \Delta e_{p(1)}^A + \Delta e_{p(1)}^C$	$\Delta e^{p(1)} = \Delta e_{p(1)}$
PA 指数	产出碳排强度,直接消耗系数	$\Delta e_{p(2)}^{kEA} = k'_E (I - A^t) - 1C^0 - k'_E (I - A^0) - 1C^0$	$\Delta e_{kEA}^{p(2)} = \Delta e_{p(2)}^{kEA} - \Delta e_{p(1)}^{kE} - \Delta e_{p(1)}^A$
AF 指数	直接消耗系数,最终使用结构	$\Delta e_{p(1)}^{AC} = k'_E (I - A^t) - 1C^t - k'_E (I - A^0) - 1C^0$	$\Delta e_{AC}^{p(2)} = \Delta e_{p(2)}^{AC} - \Delta e_{p(1)}^C - \Delta e_{p(1)}^A$
FP 指数	最终使用结构,生产碳排强度	$\Delta e_{p(1)}^{CE} = k'_E (I - A^0) - 1C^t - k'_E (I - A^0) - 1C^0$	$\Delta e_{CE}^{p(2)} = \Delta e_{p(2)}^{CE} - \Delta e_{p(1)}^{kE} - \Delta e_{p(1)}^C$
二阶作用		$\Delta e_{p(2)} = \Delta e_{kEA}^{p(2)} + \Delta e_{AC}^{p(2)} + \Delta e_{CE}^{p(2)} + \Delta e_{p(1)}$	$\Delta e^{p(2)} = \Delta e_{p(2)} - \Delta e_{p(1)}$
PP 总指数	生产碳排强度,直接消耗系数,最终使用结构	$\Delta e_{p(1)} = k'_E (I - A^t) - 1C^t - k'_E (I - A^0) - 1C^0$	$\Delta e^{p(3)} = \Delta e_{p(3)} - \Delta e_{p(2)}$
L 指数	人均生活碳排	$\Delta e_{L(1)}^{yE} = \frac{y'_E}{g^0} - \frac{y_E^0}{g^0}$	$\Delta e_{yE}^{L(1)} = \Delta e_{L(1)}^{yE}$
G 指数	人均地区生产总值	$\Delta e_{L(1)}^g = \frac{y_E^0}{g^t} - \frac{y_E^0}{g^0}$	$\Delta e_g^{L(1)} = \Delta e_{L(1)}^g$
L 总指数	人均生活碳排,人均地区生产总值	$\Delta e_{L(1)} = \frac{y'_E}{g^t} - \frac{y_E^0}{g^0}$	$\Delta e^{L(2)} = \Delta e_{L(2)} - \Delta e_{L(1)}$
碳排强度总指数	总变化	$\Delta f = \Delta e_p + \Delta e_L$	

2.2 河北省碳排放强度结构分解分析

为了抓住节能减排的主要矛盾,本文以 2007 年和 2012 年不变价格投入产出表和分行业能源统计数据为基础,从单位国内生产总值碳排放量的构成因子

出发,应用 MMIA 模型对河北省碳排放强度变化的影响因素进行系统分析。在分析 2007—2012 阶段的过程中,首先分析生产碳排和生活碳排二因素划分下的影响贡献,然后分析五因素分解情况下的各类影响

贡献。另外,由于部门单位产出碳排与各部门对能源生产部门的直接消耗系数具有相当强的依存关系,所以,最后把分部门碳排放强度和直接消耗系数捆绑一起分析整体技术节能和结构节能的影响贡献。

表 3 基于总产出结构的碳排放强度五因素分解模型

符号	影响因素	总作用	纯作用
P 指数	产出碳排强度	$\Delta e_{p(1)}^{kE} = \frac{k_E' \omega^0}{e(I-A^0)\omega^0} - \frac{k_E^0 \omega^0}{e(I-A^0)\omega^0}$	$\Delta e_{kE}^{p(1)} = \Delta e_{p(1)}^{kE}$
A 指数	直接消耗系数	$\Delta e_{p(1)}^A = \frac{k_E^0 \omega^0}{e(I-A')\omega^0} - \frac{k_E^0 \omega^0}{e(I-A^0)\omega^0}$	$\Delta e_A^{p(1)} = \Delta e_{p(1)}^A$
O 指数	总产出结构	$\Delta e_{p(1)}^w = \frac{k_E^0 \omega^t}{e(I-A^0)\omega^t} - \frac{k_E^0 \omega^0}{e(I-A^0)\omega^0}$	$\Delta e_w^{p(1)} = \Delta e_{p(1)}^w$
一阶作用	$\Delta e_{p(1)} = \Delta e_{p(1)}^{kE} + \Delta e_{p(1)}^A + \Delta e_{p(1)}^w$	$\Delta e^{p(1)} = \Delta e_{p(1)}$	
PA 指数	产出碳排强度,直接消耗系数	$\Delta e_{p(1)}^{kEA} = \frac{k_E' \omega^0}{e(I-A')\omega^0} - \frac{k_E^0 \omega^0}{e(I-A^0)\omega^0}$	$\Delta e_{kEA}^{p(2)} = \Delta e_{p(1)}^{kEA} - \Delta e_{p(1)}^{kE} - \Delta e_{p(1)}^A$
AO 指数	直接消耗系数,总产出结构	$\Delta e_{p(1)}^{Aw} = \frac{k_E^0 \omega^t}{e(I-A')\omega^t} - \frac{k_E^0 \omega^0}{e(I-A^0)\omega^0}$	$\Delta e_{Aw}^{p(2)} = \Delta e_{p(1)}^{Aw} - \Delta e_{p(1)}^w - \Delta e_{p(1)}^A$
OP 指数	总产出结构,产出碳排强度	$\Delta e_{p(1)}^{wE} = \frac{k_E' \omega^t}{e(I-A^0)\omega^t} - \frac{k_E^0 \omega^0}{e(I-A^0)\omega^0}$	$\Delta e_{kEw}^{p(2)} = \Delta e_{p(1)}^{wE} - \Delta e_{p(1)}^{kE} - \Delta e_{p(1)}^w$
二阶作用	$\Delta e_{p(2)} = \Delta e_{p(1)}^{kEA} + \Delta e_{p(1)}^{Aw} + \Delta e_{p(1)}^{wE} + \Delta e_{p(1)}$	$\Delta e^{p(2)} = \Delta e_{p(2)} - \Delta e_{p(1)}$	
PP 总指数	产出碳排强度,直接消耗系数,总产出结构	$\Delta e_p = \frac{k_E' \omega^t}{e(I-A')\omega^t} - \frac{k_E^0 \omega^0}{e(I-A^0)\omega^0}$	$\Delta e^{p(3)} = \Delta e_{p(3)} - \Delta e_{p(2)}$
L 指数	人均生活碳排	$\Delta e_{L(1)}^y = \frac{y_E'}{g^0} - \frac{y_E^0}{g^0}$	$\Delta e_{yE}^{L(1)} = \Delta e_{L(1)}^y$
G 指数	人均地区生产总值	$\Delta e_{L(1)}^g = \frac{y_E^0}{g^t} - \frac{y_E^0}{g^0}$	$\Delta e_g^{L(1)} = \Delta e_{L(1)}^g$
一阶作用	$\Delta e_{L(1)} = \Delta e_{L(1)}^y + \Delta e_{L(1)}^g$	$\Delta e^{L(1)} = \Delta e_{L(1)}^g + \Delta e_{L(1)}^y$	
L 总指数	人均生活碳排,人均地区生产总值	$\Delta e_{L(2)} = \frac{y_E'}{g^t} - \frac{y_E^0}{g^0}$	$\Delta e^{L(2)} = \Delta e_{L(2)} - \Delta e_{L(1)}$
碳排放强度总指数	总变化	$\Delta f = \Delta e_p + \Delta e_L$	

在计算结果中,如果贡献率符号为正,则说明该影响因素是支持总变化的,即总碳排强度下降时,该因素的作用支持下降,总碳排强度上升时,该因素支持上升,否则是起抑制作用的。由于同时存在支持和抑制作用,所以各因素的贡献率可能超过 100%。

表 4 2007—2012 年二因素模型

因素分解	2007 年		2012 年		变化分析		
	数量	总量贡献率	数量	总量贡献率	变化量	变化率	变化贡献率
生产碳排强度	1.102 9	0.909 6	0.885 4	0.910 1	-0.217 4	-0.197 2	0.907 4
生活碳排强度	0.109 6	0.090 4	0.087 5	0.089 9	-0.022 2	-0.202 3	0.092 6
总碳排强度(合计)	1.212 5	1.000 0	0.972 9	1.000 0	-0.239 6	-0.197 6	1.000 0

考察表 4 可以发现,虽然河北省的总碳排放量一直在增加,但五年间的总碳排强度是下降的,其中生产减排的贡献是 90.74%,生活减排的贡献是 9.26%。虽然这些年人均收入和消费大幅度增长,人均生活碳

排随着经济的发展在中国还处于上升阶段,但生活碳排对单位 GDP 碳减排贡献是正的,这其中的原因主要是人口的增长速度大大低于地区生产总值的增长

速度。但是,毫无疑问,生产碳排是碳排构成和碳排变化的决定性因素。

表 5 2007—2012 年五因素分解模型(基于最终使用结构和直接消耗系数联合影响)

名称	影响因素	影响绝对数		影响贡献率	
		总作用	纯作用	总作用	纯作用
P 指数	产出碳排强度	−0.187 5	−0.187 5	0.782 7	0.782 7
A 指数	直接消耗系数	−0.040 7	−0.040 7	0.170 1	0.170 1
F 指数	最终使用结构	0.066 1	0.066 1	−0.276 1	−0.276 1
一阶作用		−0.162 1	−0.162 1	0.676 7	0.676 7
PA 指数	产出碳排强度,直接消耗系数	−0.212 6	0.015 6	0.887 7	−0.065 1
AF 指数	直接消耗系数,最终使用结构	0.025 7	0.000 4	−0.107 5	−0.001 5
FP 指数	最终使用结构,生产碳排强度	−0.193 1	−0.071 7	0.806 1	0.299 5
二阶作用		−0.217 9	−0.055 8	0.909 7	0.233 0
PP 总指数	生产碳排强度,直接消耗系数,最终使用结构	−0.217 3	0.000 5	0.907 4	−0.002 3
L 指数	人均生活碳排	0.032 0	0.032 0	−0.133 4	−0.133 4
G 指数	人均地区生产总值	−0.041 9	−0.041 9	0.175 0	0.175 0
一阶作用		−0.010 0	−0.010 0	0.041 6	0.041 6
L 总指数	人均生活碳排,人均地区生产总值	−0.022 2	−0.012 2	0.092 6	0.051 0
碳排强度总指数	总变化	−0.239 5	−0.239 5	1.000 0	1.000 0

在表 5 中,结构因素是最终使用结构,首先分别看生产碳排和生活碳排。由表中数据可知,生产因素中的一阶、二阶和三阶纯作用的贡献率分别是 67.7%、23.3%和 0.23%。一阶作用占绝对主导地位,三阶作用非常小。在一阶作用中,产出碳排强度的贡献率是 78.3%,直接消耗系数的贡献率是 17.0%,最终使用结构的贡献率是−27.6%。这个结果一是说明投入技术减排在总的碳排变化中起重要作用,二则也揭示部门单位产出的能耗是碳排强度变化的最重要因素,通过改进生产技术来提高生产效率或改变投入结构对碳排总强度的减小非常关键,第三,最终使用结构不利于减排。另外发现,虽然产出碳排强度和直接消耗系数对减排的单独贡献都是正的,但是他们的联合作用不利于减排,贡献是−6.5%,而产出碳排强度和最终使用结构的联合作用贡献是正的 29.95%。人均生活碳排对总减排的贡献是−13.3%,人均 GRP 变化的贡献是 17.5%,二者联合的纯作用贡献是 51%,总作用贡献是 9.26%。

基于最终使用结构的 2007 年和 2012 年完全综合碳排放量最高的 10 个部门分别如表 6 和表 7 所示。

表 6 2007 年完全综合碳排放量最高的 10 个部门

部门	完全综合碳排放量(万吨)	比例
黑色金属冶炼及压延加工业	23 165.610 7	0.401 7
其它服务业	19 510.910 7	0.338 3
建筑业	5 104.675 7	0.088 5
非金属矿物制品业	5 092.334 5	0.088 3
交通运输、仓储及邮政业	2 609.853 4	0.045 3
纺织业	1 604.741 7	0.027 8
农林牧渔业	1 550.750 8	0.026 9
通用设备制造业	1 332.471 7	0.023 1
橡胶和塑料制品业	773.086 3	0.013 4
电气机械及器材制造业	722.892 8	0.012 5

表 7 2012 年完全综合碳排放量最高的 10 个部门

部门	完全综合碳排放量(万吨)	比例
其它服务业	16 809.140 5	0.313 4
黑色金属冶炼及压延加工业	13 727.200 4	0.255 9
建筑业	12 690.657 5	0.236 6
交通运输、仓储、邮政业	5 765.143 9	0.107 5
交通运输设备制造业	1 083.198 1	0.020 2
非金属矿物制品业	992.184 3	0.018 5
农林牧渔业	890.158 7	0.016 6
纺织业	852.542 7	0.015 9
电气机械及器材制造业	620.504 6	0.011 6
纺织服装、皮革、毛皮羽毛、制鞋业	473.121 9	0.008 8

表 8 2007—2012 年五因素分解模型(基于总产出结构和直接消耗系数联合影响)

符号	影响因素	影响绝对数		影响贡献率	
		总作用	纯作用	总作用	纯作用
P 指数	产出碳排强度	−0.187 5	−0.187 5	0.785 1	0.785 1
A 指数	直接消耗系数	0.007 2	0.007 2	−0.030 0	−0.030 0
O 指数	总产出结构	0.039 6	0.039 6	−0.165 9	−0.165 9
一阶作用		−0.140 7	−0.140 7	0.589 2	0.589 2
PA 指数	产出碳排强度,直接消耗系数	−0.181 5	−0.001 2	0.760 2	0.005 1
AO 指数	直接消耗系数,总产出结构	0.025 5	−0.021 3	−0.106 7	0.089 2
OP 指数	总产出结构,产出碳排强度	−0.206 4	−0.058 5	0.864 4	0.245 2
二阶作用		−0.221 7	−0.081 1	0.928 7	0.339 5
PP 总指数	产出碳排强度,直接消耗系数,总产出结构	−0.216 6	0.005 2	0.907 1	−0.021 6
L 指数	人均生活碳排	0.032 0	0.032 0	−0.133 8	−0.133 8
G 指数	人均地区生产总值	−0.041 9	−0.041 9	0.175 6	0.175 6
一阶作用		−0.010 0	−0.010 0	0.041 7	0.041 7
L 总指数	人均生活碳排,人均地区生产总值	−0.022 2	−0.012 2	0.092 9	0.051 2
碳排强度总指数	总变化	−0.238 8	−0.238 8	1.000 0	1.000 0

在表 8 中,结构因素是总产出结构。表中数据显示,生产因素中的一阶、二阶和三阶纯作用的贡献率分别是 58.9%,33.95%和−2.2%。从中可以看出二阶作用的地位凸显出来,一阶作用仍然最大,三阶作用的贡献率虽然显著,但相比之下显得很小。在一阶作用中,产出碳排强度的贡献率是 78.5%,直接消耗系数的贡献率是−3%,总产出结构的贡献是−16.6%。这个结构说明:单位总产出能源消耗的下降仍然是碳排下降的主因,而投入结构和产业结构变化对减排是不利的,尤其是结构变化的负作用非常明显,也说明这些年产业结构转型升级的无效。虽然直接消耗系数和总产出结构变化各自对减排的贡献是负的,但是,二者的联合作用贡献是正的,纯作用贡献率达 8.9%。产出碳排强度和总产出结构的联合贡献也是正的,达 24.5%。

基于总产出结构的 2007 年和 2012 年直接综合碳排放量最高的 10 个部门分别如表 9 和表 10 所示。

表 9 2007 年直接综合碳排放量最高的 10 个部门

部门	碳排放量 (万吨)	比例
黑色金属冶炼及压延加工业	6 062.646 1	0.399 0
电力、热力的生产和供应业	2 733.663 5	0.179 9
化学原料及化学制品制造业	1 000.336 8	0.065 8
非金属矿物制品业	952.291 2	0.062 7
交通运输、仓储及邮政业	613.008 3	0.040 3
煤炭开采和洗选业	567.800 7	0.037 4
石油加工、炼焦及核燃料加工业	562.392 6	0.037 0
其它服务业	469.304 3	0.030 9
农林牧渔业	441.503 3	0.029 1
建筑业	175.984 4	0.011 6

表 10 2012 年直接综合碳排放量最高的 10 个部门

部门	碳排放量 (万吨)	比例
黑色金属冶炼及压延加工业	9 203.157 9	0.443 9
电力、热力的生产和供应业	3 601.465 8	0.173 7
非金属矿物制品业	1 050.975 8	0.050 7
化学原料及化学制品制造业	988.666 0	0.047 7
交通运输、仓储及邮政业	856.523 9	0.041 3
煤炭开采和洗选业	833.386 6	0.040 2
石油加工、炼焦及核燃料加工业	716.089 2	0.034 5
其它服务业	647.940 7	0.031 3
农林牧渔业	541.685 3	0.026 1
住宿和餐饮业	304.260 0	0.014 7

3 结论及政策建议

3.1 结论

通过深入分析,揭示了形成 2007 年以来碳排急剧增大的产业部门和影响碳排强度的经济结构因素,为制定“十三五”规划指明了低碳经济结构调整方向。主要结论有以下三个方面:

1)从碳排放总量、能源消费结构、碳排放结构、碳排放强度四个方面观察,发现:能源消费总量持续上升,能耗强度逐渐下降,表明河北省能源利用效率在不断提高,政府的节能减排工作取得了一定成效。从能源消费种类结构看,生产碳排的比重远大于生活碳排,生产部门对化石能源的消耗较大,很大程度上决定了河北省的经济增长呈现出高碳特征。

2)从总产出角度看,十大碳排部门是黑色金属冶炼及压延加工业,电力热力的生产和供应业,非金属矿物制品业,化学原料及化学制品制造业,交通运输仓储及邮政业,煤炭开采和洗选业,石油加工炼焦及

核燃料加工业,其它服务业,农林牧渔业,住宿和餐饮业。从最终使用角度看,十大类碳排产品部门是其它服务业,黑色金属冶炼及压延加工业,建筑业,交通运输仓储及邮政业,交通运输设备制造业,非金属矿物制品业,农林牧渔业,纺织业,电气机械及器材制造业,其他服装业。传统的观点认为,服务业是绿色产业,但是从上述分析结果发现,如果这些服务产品生产的投入品都是在本国生产,其造成的完全碳排量也是很大的。同样,旅游业也是这样的一个行业,而且更隐蔽,让人们以为这是最绿色环保的产业。实际上,旅游业的兴旺带动了住宿和餐饮业的发展,这两者对能源的消耗又比较大,这在以煤为主的能源结构下势必成为碳排的主要来源之一。对于河北来说,黑色金属冶炼及压延加工业的快速增长无疑是近几年环境恶化和雾霾频发的元凶,同时,社会对交通运输工具使用的激增也是重要原因。汽车尾气排放和车辆制造产业通过生产消耗的碳排放激增也是京津冀近几年雾霾突显的重大成因。建筑业高速发展也是从 2007 年到 2012 年五年间碳排增加的前三位原因之一。建筑业相应地同时提高了对非金属矿物制品和黑色金属的需求,进一步增强了其作为碳排主因的角色。

3)能源利用技术的进步是减排的主要贡献者。正是由于节能技术(包括生产工艺节能和产业内部结构节能)的巨大进步,才使得在产业结构变化和最终消费结构变化不利的情况下,使总碳排强度出现下降趋势。

产业结构的重型化是减排迟缓的最重要原因。从总产出结构看,五年中,主要重工业部门如电气机械及器材制造业,黑色金属矿采选业,黑色金属冶炼及压延加工业,交通运输设备制造业,金属制品业,煤炭开采和洗选业,石油加工、炼焦及核燃料加工业,有色金属矿采选业,有色金属冶炼及压延加工业,专用设备制造业在总产出中的占比都是增加的,尤其是黑色金属矿采选业增加了 3.54%。另外,交通运输业的总产出占比增加了 8%多,成为减排的一个非常重大的不利因素。

最终消费结构也是迟滞减排的重要因素。随着国民收入的增长,人民生活水平的提高,耐用消费品的比例提高会增加对高耗能产品的需求。另外,生产部门的固定资本投入增大也会提高能源消费水平,从而增加碳排。进出口及流入流出结构变化也是重要因素。从 2007 年到 2012 年,最终使用结构中占比增加最大的六个产品部门依次是交通运输仓储及邮政

业,金属制品业,煤炭开采和洗选业,黑色金属矿采选业,建筑业和交通运输设备制造业,其占比增大都在 3.5%以上,尤其是交通运输、仓储及邮政业占比增大达 9.3%。石油加工、炼焦及核燃料加工业和住宿餐饮业占比增加也在 2%以上。

3.2 政策建议

1)切实控制煤炭开采和洗选业、黑色金属冶炼及压延加工业等高碳排重工业的规模,同时继续加大技术改造的力度,提高节能减排效果,对相关企业进行严格的技术经济审计考核。

2)深入挖掘电力热力生产和供应业的节能减排潜力,加大对该行业的监管力度。首先,努力进行技术革新,提高发电效率;其次,积极探索对煤炭的替代,减少燃煤发电;再次提高电力热力的利用效率,提高全民的节能意识。

3)在建筑业增长总体可控的条件下,加强建筑物使用节能技术的推广应用。

4)重新认识服务业的低碳特征,特别是旅游物流产业的绿色性。这些产业首先增加了对交通运输的最终需求,而交通运输产业的完全综合碳排系数比较高。为了降低综合碳排,应加强对住宿餐饮业的能源利用消耗监管,进行专项考核。

5)对交通运输设备业产品的最终使用规模需要合理控制。在满足人民生活和生产使用的前提下,积极提倡绿色出行和绿色物流。

6)为了矫正“十二五”期间高碳产业和高碳需求的过快增长,“十三”规划应提高节能减排的力度要求,高于“十二五”规划。

7)在控制本省高碳产业规模的同时,为了满足经济生产生活的需要,对这些行业的产品可以增加进口和输入或减少出口和输出,如对黑色金属冶炼及加工业。

参考文献

[1] SKOLKA J. Input-output structural decomposition analysis for Austria[J]. Journal of Policy Modeling, 1989(11): 45—66.

[2] KIYOSHI FUJIKAWA, CARLO MILANA. input-output decomposition analysis of sectoral price gaps between Japan and China[J]. Economic Systems Research, 2002, 14(1): 59—79.

[3] ANG B W, LIU F L A. New energy decomposition method: perfect in decomposition and consistent in aggregation[J]. Energy, 2001(26): 537—548.

[4] B W ANG, F L LIU, E P CHEW. Perfect decomposition techniques in energy and environment analysis[J]. Energy Poli-

cy,2001(31):1561—1566.

[5] BW ANG. Decomposition analysis for policy making in energy: which is the preferred method[J]. Energy Policy,2004,32(9):1131—1139.

[6] 李景华. SDA 模型的加权平均分解法及在中国第三产业经济发展分析中的应用[J]. 系统工程,2004,22(9):69—73。

[7] ERIK DIETZENBACHER, BART LOS. Structural decomposition techniques: sense and sensitivity[J]. Economic Systems Research,1998,10(3):307—323.

[8] PETER ROMOSE. Structural decomposition analysis: sense and sensitivity[G]. Statistics Denmark,2010:18—32.

[9] 杨启梓. 论多元函数全增量的统计分析[J]. 统计研究,1995(3):38—45.

[10] 刘新建. 多因素多阶影响分析模式及其应用[J]. 统计与决策,2013(3):76—78.

[11] 宋辉,刘新建. 中国能源利用投入产出分析[M]. 北京:中国出版社,2013:34—39.

Structural Decomposition Analysis of Carbon Emission Intensity in Hebei Province Based on MMIA

SHI Yan-pu, YAN Feng-ge

(School of Economics and Management, Yanshan University, Qinhuangdao Hebei 066004, China)

Abstract: Based on 2007 and 2012 input-output tables, the paper analyzes and demonstrates the structure of carbon emissions intensity in He Bei province by using input-output technique and MMIA method. Analysis results shows that: In He Bei Province carbon emission intensity of end using structure, input technology reduction in total carbon discharge plays an important role in the change, through the improvement of production technology to improve production efficiency or change the input structure of carbon row total strength reduction is important. In the structure of total output, a total output energy consumption decline still is the main cause of carbon emission decreased, and the input structure and industrial structure change is disadvantageous for emission reduction, especially the negative effect of structural change is very obvious.

Key words: carbon emission amount; carbon emission intensity structure; MMIA

(上接第 120 页)

[16] 王晓欢,王晓峰,秦慧杰. 西安市生态文明建设评价及预测[J]. 城市环境与城市生态,2010,23(2):5—8.

[17] 王纪红. 基于 ArcGIS 西安市生态文明建设评价及对策研究[D]. 西安:陕西师范大学,2010.

[18] 梁文森. 生态文明指标体系问题[J]. 经济学家,2009(3):102—104.

[19] 廖福林. 生态文明建设与构建和谐社会[J]. 福建师范大学学报:哲学社会科学版,2016(2):1—9.

[20] 陈胜东,孔凡斌. 江西省生态文明建设评价体系研究指标体系和评价方法[J]. 鄱阳湖学刊,2015(4):39—52.

[21] 曹受金,李建奇,向春阶. 绿色经济发展模式下湖南产业结构优化对策研究[J]. 中南林业科技大学学报:社会科学版,2014,8(4):5—8.

[22] 吴明红,林霞,樊阳程. 中国省域生态文明建设评价报告 (ECI2014)[M]. 北京:社会科学文献出版社,2014:214—217.

An Empirical Study of Evaluation of Eco-civilization Construction in Chang-Zhu-Tan Area

——A case study of Zhuzhou city

SONG Li-mei, ZHAO Xian-chao

(Department of Architecture and Urban Planning, College of Hunan Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: Under the background of two-types of society construction of Chang-Zhu-Tan Area, this paper tried to set up an evaluation system of eco-civilization construction from the aspects of eco-economy, eco-environment, eco-residence, eco-institution and eco-culture with the approaches of documentary, statistics and multi-index test. Taking a case study of Zhuzhou City, this paper made an empirical study of evaluation of eco-civilization construction about its past six years from 2008 to 2014. The evaluation results showed that: ①From 2008 to 2014, the comprehensive evaluation index of eco-civilization construction was in a tendency of steady growth, with the index from 23.25 in 2008 increased to 75.34 in 2014, an average annual increase of 21.64%. ②And from 2008 to 2014 in Zhuzhou City, the growth of the eco-residence evaluation index was the highest (30.58%), with the growth of the eco-institution evaluation index in a second place (30.36%). The growth which lower than 20% were the index of eco-culture (19.6%), eco-economy (18.29%) and eco-environment (15.17%).

Key words: eco-civilization; evaluation system; Chang-Zhu-Tan area; Zhuzhou city