

基于灰色关联分析的唐山市碳排放驱动因素研究

杨艳慧

(唐山学院 经济管理系, 河北 唐山 063000)

摘要:将煤炭、焦炭、汽油、煤油、柴油、燃料油、液化石油气、天然气8类能源作为主要的指标,对唐山市1995—2014年能源消费和碳排放状况进行了研究,并在此基础上,采用灰色关联分析法测算了唐山市碳排放量与人口总数、城镇化率、经济增长、产业结构、能源强度、能源结构6个影响因素间的关联度,然后根据实证分析结果,从倡导低碳生活、推进新型城镇化、优化产业结构、发展低碳技术、调整能源结构方面提出了唐山市降低碳排放的对策建议。

关键词:唐山市;能源消费;碳排放量;灰色关联度;低碳经济

中图分类号:X24 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-349X(2017)04-0066-06

DOI:10.16160/j.cnki.tsxyxb.2017.04.010

A Study on the Driving Factors Behind Carbon Emissions in Tangshan City Based on Grey Relational Analysis

YANG Yan-hui

(Department of Economic Management, Tangshan University, Tangshan 063000, China)

Abstract: The author of this paper has studied the energy consumption and carbon emissions in Tangshan City between 1995 and 2014, with coal, coke, gasoline, kerosene, diesel oil, fuel oil, liquefied petroleum gas, and natural gas being the main indexes and with grey relational analysis method, evaluated the relational grade between carbon emissions and 6 influence factors, which are total population, urbanization rate, economic growth, industrial structure, energy intensity, and energy structure. Based on the results of the empirical analysis, the author will put forward suggestions for reducing carbon emissions in Tangshan City, such as advocacy of low carbon life, promotion of the new kind of urbanization, optimization of the industrial structure, development of low carbon technology, and adjustment to energy structure.

Key Words: Tangshan City; energy consumption; carbon emission; grey relational grade; low carbon economy

一、引言

唐山市是一个因煤而建、因钢而兴的资源型城市,在经济规模不断增长的同时,碳排放量也在迅速增加,对生态环境造成了严重的负面影响,也严重制约着唐山市经济的可持续发展。唐山市如何在保持经济快速增长的同时,协调

好发展与资源、环境之间的多边关系,走出一条低碳发展之路是一个需要紧迫解决的问题。因此,识别唐山市碳排放驱动因素,探索节能减排的最优路径成为了研究热点。

灰色关联分析法是根据各个时间序列发展趋势的相似或相异程度,亦即“灰色关联度”,作

基金项目:河北省教育厅科学研究计划项目(SQ172030);唐山学院科研项目(15008A)

作者简介:杨艳慧(1980—),女,河北唐山人,讲师,硕士,主要从事产业经济和国际贸易研究。

为衡量变量间关联程度的一种方法。碳排放量与各驱动因素的关联程度,直接影响对低碳经济发展方向的正确判断和把握。因此,本文根据联合国政府间气候变化专门委员会(Intergovernmental Panel on Climate Change,简称IPCC)提出的《2006年国家温室气体清单指南》对唐山市1995—2014年间的8类能源消耗所产生的碳排放量进行测算,实证研究唐山市碳排放量与驱动因素间的灰色关联度大小,识别影响唐山市碳排放的主要因素,拟为唐山市政府规划低碳经济发展路径、制定优化节能减排政策提供科学依据。

二、唐山市碳排放状况分析

(一)碳排放量的估算方法

碳排放是关于温室气体排放的一个总称或简称,而其中最主要的气体是二氧化碳,所以通常将“碳排放”理解为“二氧化碳排放”。碳排放主要来源是人类活动所消费的化石能源,因此,本文将煤炭、焦炭、汽油、煤油、柴油、燃料油、液化石油气、天然气8类能源作为主要指标,计算其二氧化碳排放量。

根据IPCC《2006年国家温室气体清单指南》提出的能源表观消费量的参考方法,碳排放量可以根据某能源消费量及其二氧化碳排放系数来确定^[1]。本文关于8类能源二氧化碳排放系数的计算方法参考了王常凯《中国碳排放影响因素研究》^[2]一文:二氧化碳排放系数计算公式为:某能源CO₂排放系数=该能源低位热值×碳排放系数×碳氧化率×44/12。碳排放系数采用的是“IPCC2006指南”中的数据;由于我国与“IPCC2006指南”中煤的分类不同,所以各类能源的低位热值来源于我国《综合能耗计算通则》(GB/T2589—2008);碳氧化率来源于中国能源网。由此得到的8类能源二氧化碳排放系数的计算结果如表1所示。

(二)唐山市能源消费与碳排放量变化趋势分析

根据我国《综合能耗计算通则》(GB/T2589—2008)将1995—2014年《唐山统计年

鉴》给出的8类能源消费实物量分别换算成标准量——万吨标准煤,并加总求和,由此得到唐山市能源消费总量,其变化趋势如图1所示。总体来说,唐山市能源消费总量处于不断增长的趋势,尤其是2003年和2005年,能源消费总量年增长率高达30%以上,只有2014年能源消费总量下降幅度较大,年增长率下降了21%。

表1 8类能源二氧化碳排放系数

能源种类	CO ₂ 排放系数
煤炭	1.837 86
焦炭	2.823 47
汽油	2.925 08
煤油	3.053 42
柴油	3.103 65
燃料油	3.188 01
液化石油气	3.101 34
天然气	2.162 17

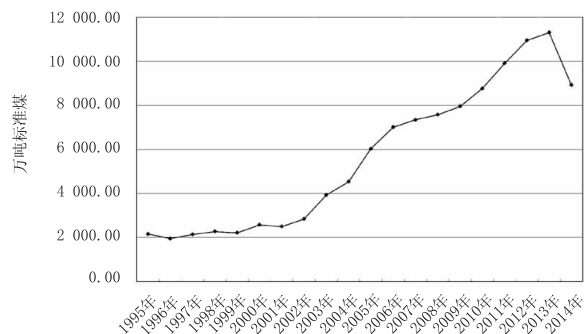


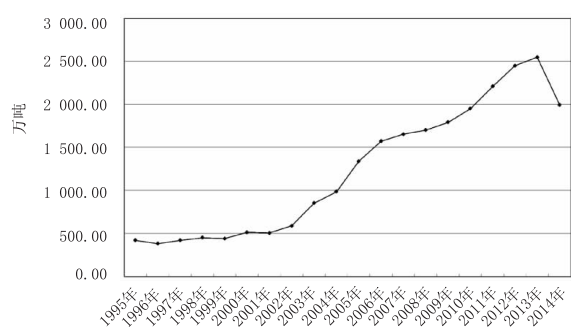
图1 1995—2014年唐山市8类能源消费总量变化趋势图

根据8类能源消费标准量和上文提出的碳排放估算方法计算得出1995—2014年唐山市8类能源碳排放量以及碳排放总量,其结果分别见表2和图2。由表2可以看出,除燃料油以外,其余7类能源消费所产生的碳排放量均呈上升趋势。煤炭和焦炭所产生的碳排放量最多,二者共占据了总量的93%以上,但相对总量来说煤炭所占比重不断减小,而焦炭所占比重不断增加。图2显示出,碳排放总量不断增长的趋势很明显,各年年增长率大多数在10%左右,2003年高达45%,2005年高达36%,只有2014年碳排放总量是大幅度下降的,其年增长率下降了22%,这与上述能源消费的变化趋势相吻合。

表 2 1995—2014 年唐山市 8 类能源所产生的碳排放量

万吨

年份	煤炭	焦炭	汽油	煤油	柴油	燃料油	液化石油气	天然气
1995	3 551.14	522.79	28.66	0.36	28.04	67.18	0.90	6.61
1996	3149.96	537.76	20.62	0.36	23.79	77.33	0.74	9.78
1997	3 416.61	653.75	20.62	0.27	26.23	76.56	1.12	7.48
1998	3 576.81	797.94	11.49	2.61	28.85	70.91	2.13	10.64
1999	3 424.71	847.36	9.90	0.22	26.55	84.85	2.50	15.24
2000	3 972.67	996.18	35.42	0.13	47.08	62.62	1.70	16.39
2001	3 730.18	1 156.71	30.99	0.36	47.17	56.57	2.23	25.02
2002	3 984.69	1 704.27	34.17	0.99	58.70	82.98	3.46	20.42
2003	4 800.40	3 521.38	42.09	0.27	69.60	75.01	3.77	17.25
2004	5 474.86	4 194.11	30.17	1.30	69.19	47.55	7.12	18.12
2005	6 817.24	5 902.19	154.90	1.12	393.89	45.09	28.02	52.63
2006	7 637.67	7 320.76	236.59	0.85	435.50	15.76	35.41	37.96
2007	7 878.00	7 885.73	272.01	1.03	407.91	12.75	31.58	44.29
2008	8 229.10	7 957.75	211.50	11.68	459.29	7.20	37.43	92.02
2009	8 471.00	8 521.79	230.99	6.47	485.88	6.60	46.84	147.24
2010	9 758.43	8 764.60	265.47	7.01	531.83	6.01	53.96	131.42
2011	10 993.71	10 068.00	272.27	6.83	540.96	15.99	55.29	141.77
2012	12 051.00	10 986.34	359.04	37.83	775.22	27.78	62.90	190.95
2013	12 055.68	11 838.59	379.01	38.19	810.13	28.06	67.57	269.74
2014	9 808.25	8 772.92	374.44	15.28	682.96	30.61	22.33	220.85

图 2 1995—2014 年唐山市
碳排放总量变化趋势图

(三)唐山市碳排放强度与脱钩指数分析

依据 1995—2014 年唐山市碳排放的结果,采用碳排放强度和脱钩指数来分析唐山市经济增长与碳排放之间的关系(见表 3),以及它们之间的相对变化程度。

碳排放强度是指单位国内生产总值所产生的二氧化碳排放量^[3],其数值越低越表明经济处于低碳发展模式。由表 3 可以看出,1995 年

唐山市的碳排放强度最高,为 14.39 吨 CO₂/万元,之后呈跳跃式下降趋势,1996 年同比下降了 24%,2003 年开始增长,同比增长了 28%,2006 年又开始下降,2014 年达到历史最低水平,只有 7.27 吨 CO₂/万元,同比下降了 26%。

脱钩指数是碳排放量的变化率与同期国内生产总值变化率之比^[2]。脱钩指数的实质是度量经济增长是否以能源消费和环境破坏为代价。如果当经济实现增长时,碳排放量的增速为负或者小于经济增长率,即脱钩指数小于 1 可视为脱钩,且该值越小表明能源利用效率越高,经济增长对能源消费的依赖程度越低,对环境的破坏程度越低。表 3 显示,2000 年、2002—2006 年、2011 和 2012 年脱钩指数均是大于 1 的,尤其是 2003 年为 3.40。其余年份脱钩指数小于 1,尤其是 1996 年、1999 年、2001 年、2014 年的脱钩指数为负,碳排放为负增长,且 2014 年脱钩显著。

表3 1995—2014年唐山市碳排放强度与脱钩指数

年份	碳排放强度 (/吨 CO ₂ · 万元 ⁻¹)	脱钩 指数
1995	14.39	
1996	10.88	-0.45
1997	10.20	0.58
1998	9.61	0.52
1999	8.51	-0.19
2000	8.96	1.55
2001	8.01	-0.16
2002	8.47	1.62
2003	10.83	3.40
2004	10.88	1.03
2005	12.86	2.39
2006	13.17	1.19
2007	12.05	0.34
2008	10.95	0.22
2009	10.37	0.47
2010	9.99	0.68
2011	10.12	1.13
2012	10.16	1.04
2013	9.77	0.49
2014	7.27	-4.28

三、唐山市碳排放驱动因素的灰色关联分析

(一)灰色关联模型的构建

我国学者邓聚龙教授提出了以“小样本”“贫信息”的不确定性系统为研究对象的灰色系统理论,本文运用其中的灰色关联分析法深入剖析唐山市碳排放的驱动因素。通过对各时间序列曲线几何形状的相似程度进行量化分析,即考察动态系统中各驱动因素与碳排放量之间的关联程度大小,并进行排序,以此判断各驱动因素对碳排放的影响程度。

灰色关联分析需将上文估算出的唐山市1995—2014年的碳排放量作为母序列,再根据先验理论,重点选取人口总数、城镇化率、经济增长、产业结构、能源强度、能源结构6个影响碳排放的因素作为子序列,其具体含义如下:(1)人口总数为包括城镇居民和农村居民在内的年末人口总数,单位为万人;(2)城镇化率用城镇居民人口数在人口总数中所占的比重表

示;(3)经济增长用地区生产总值增长率表示;(4)产业结构用第二产业增加值在国内生产总值中的比重表示;(5)能源强度为能源消费总量与国内生产总值之比,单位为吨标煤/万元;(6)能源结构用煤炭消费量占能源消费总量的比重表示。

以上指标均根据1995—2014年《唐山统计年鉴》整理计算得出。

(二)结果及分析

为解决各时间序列量纲(或单位)不一致和数值数量级相差悬殊的问题,需要对各时间序列原始数据进行标准化变换,先分别求出各序列的平均值和标准差,然后将各原始数据减去平均值后再除以标准差,得到的新数据序列即为标准化序列(见表4)。运用我国学者唐启义教授研发的DPS统计软件计算得出唐山市碳排放量与各驱动因素间的灰色关联度及排序,其结果如表5所示。各驱动因素对碳排放的影响由强到弱依次是:人口总数、产业结构、城镇化率、能源强度、经济增长、能源结构。

(1)人口总数和城镇化率对唐山市碳排放量的驱动作用均较大。根据《唐山统计年鉴》可知,近些年来,唐山市年均增长4万人,人均可支配收入年均增长8%以上,推动了唐山市消费水平和能源消费的增长。城镇化是经济发展的必然趋势,世界银行统计的西方发达国家城镇化率都在95%左右^[2],唐山市2015年公布的常住人口城镇化率仅有58%,城镇化建设仍需进一步推进。张少伟在《居民消费结构变动对能源消耗的影响》一文中提出,城镇居民消费的直接能源是农村居民的3.4倍左右^[4],城镇人口的增加和人均收入的增加都会促进能源消费的增长。同时,城镇化进程中的住房和基础设施建设也会促使钢铁和水泥的需求量迅速增加^[2],这也必然导致能源需求激增、碳排放量激增。

(2)产业结构是驱动唐山市碳排放增长的一个重要因素,而经济增长对其影响则弱一些。唐山是我国近代工业的发祥地,是一个因煤而建、因钢而兴的重工业城市,第二产业增加值对全市生产总值的贡献占六成以上,其中第二产

业又以钢铁、装备、化工、水泥、焦化、能源、建材等传统工业为主,因此,唐山市属于高碳结构产

业体系,大规模的工业化活动和能源需求,在实现经济增长的同时,必须使碳排放量增长。

表 4 标准化变换后的各时间序列

年份	人口总数	城镇化率	经济增长	产业结构	能源强度	能源结构	碳排放量
1995	-1.572 2	-1.692 8	1.233	-1.608 3	2.901 3	1.522	-1.072 6
1996	-1.363	-1.382 2	2.103 3	-1.608 3	0.783 7	1.441 5	-1.123 2
1997	-1.174 4	-1.382 2	1.233	-1.246 9	0.357 9	1.361	-1.073
1998	-1.094 2	-1.071 6	0.362 6	-1.246 9	-0.021 9	1.280 4	-1.033 9
1999	-0.916 8	-1.071 6	-0.507 7	-0.885 5	-0.700 9	1.119 4	-1.045 7
2000	-0.6615	-1.071 6	-0.507 7	-0.885 5	-0.436 2	1.119 4	-0.951 1
2001	-0.645 3	-0.761	-0.797 8	-0.704 8	-1.046 1	0.877 8	-0.962
2002	-0.532 4	-0.761	-0.797 8	-0.524 1	-0.90 8	0.475 1	-0.851 8
2003	-0.370 7	0.481 4	0.072 5	-0.162 6	0.139 3	-0.330 2	-0.505 5
2004	-0.201	0.481 4	0.652 7	0.198 8	0.150 8	-0.330 2	-0.333 3
2005	-0.002 1	0.481 4	0.652 7	0.379 5	1.06	-0.652 3	0.132 6
2006	0.204 4	0.481 4	0.652 7	0.560 2	1.152	-0.893 9	0.437 6
2007	0.452 6	0.792	0.652 7	0.740 9	0.553 6	-0.974 4	0.544 3
2008	0.665 4	1.102 6	0.072 5	0.740 9	0.012 7	-0.893 9	0.606 2
2009	0.866 5	0.792	-0.507 7	0.740 9	-0.309 6	-0.974 4	0.725 7
2010	0.915 8	1.102 6	0.072 5	0.921 6	-0.447 7	-0.732 8	0.935 8
2011	1.008 5	1.102 6	-0.217 6	0.921 6	-0.378 6	-0.813 4	1.273 7
2012	1.219 5	0.792	-0.797 8	1.102 4	-0.378 6	-0.813 4	1.588
2013	1.471 3	0.792	-1.378	1.283 1	-0.620 3	-0.974 4	1.718 6
2014	1.729 3	0.792	-2.248 4	1.283 1	-1.863 3	-0.813 4	0.989 5

表 5 唐山市碳排放量与各驱动因素间的灰色关联度及排序

	人口总数	城镇化率	经济增长	产业结构	能源强度	能源结构
关联度	0.675 4	0.616 3	0.361 7	0.633 6	0.371 6	0.247
排序	1	3	5	2	4	6

(3)能源强度是衡量能源利用效率和节能降耗的主要指标,能源强度的降低依赖于产业结构的优化,同样也依赖于低碳技术的发展^[3]。近些年来,唐山市的能源强度虽然一直呈下降趋势,相应能源利用效率在提升,但仍有许多企业由于资金问题,无力承担节能减排技术的研发和应用,仍然采用粗放式的经济增长方式,这也是驱动唐山市碳排放量增长的一个原因。

(4)由前文分析可知,唐山市的能源消费结构以煤炭和焦炭为主,平均来说,煤炭消费量占能源消费总量的 70%,而焦炭占 27%,近几年来,煤炭和焦炭二者所产生的碳排放量均占总量的 45%左右,因此二者的消费量对碳排放总量影响明显。由于本文采用煤炭消费量占能源消费总量的比重来表示能源结构,由该时间序

列原始数据可知其变化不大,而碳排放量增加较快,致使灰色关联度测算结果显示能源结构与碳排放量的依存度并不高,但是通过上述分析可知能源结构也是驱动碳排放量的重要因素。

四、唐山市降低碳排放量的对策建议

由前文分析可知,驱动唐山市碳排放量增长的因素与生产、生活密切相关,盲目减排势必会阻碍经济发展,因此,为协调好需求、资源、环境之间的关系,实现保增长和减排放的双赢,本文提出了以下对策建议。

(一)倡导低碳生活

唐山市在坚持计划生育这一基本国策的情况下,要控制人口数量,还要注重提高人口素质。从政府角度来讲,要利用各种媒体广泛进行应对气候变化的科普教育,提升居民低碳意

识^[5];鼓励具备节能、减排作用的产品研发和使用,并加大基础设施的投入,完善公共交通运输体系,设立便民环保自行车站点,以引导居民低碳生活。从个人角度来讲,不管是工作,还是生活,都要从细节中注重节约和废物的回收利用,积极践行低碳理念,倡导低碳办公、低碳消费、低碳居住、低碳出行。

(二)推进新型城镇化建设

党的十八大报告指出,坚持走中国特色新型城镇化道路,而绿色低碳和节能环保是新型城镇化的重要主题。河北省出台了建设特色小镇的指导意见,目前唐山市10个村镇榜上有名,其建设符合“创新、协调、绿色、开放、共享”五大发展理念。唐山市应抓住这一机遇,全面打造集约、智能、绿色、低碳的新型城镇。基础设施和住房建设是城镇化的基础,也是产生碳排放的主要来源,因此要做好基础设施和住房低碳化建设规划,对新建项目严格把关,防止大拆大建,提高基础设施和住房建设的质量,并鼓励使用节能门窗、地源热泵、可再生能源等符合低碳理念的建筑材料和技术。

(三)优化产业结构

我国已步入工业化后期,必须实现从工业大国转变为工业强国和服务业大国的产业结构升级,因此,唐山市产业结构的优化应主要从以下三个方面着手:第一,促进传统工业低碳转型。要控制唐山市高能耗、高污染的传统工业产能的增加,淘汰落后产能,对现有产能推行节能减排技术,实施节能示范工程,特别是在钢铁、水泥等行业要使用低碳环保的生产工艺和设备。第二,发展战略性新兴产业。唐山市应加强培育新一代信息技术、新能源、新材料、节能环保、高端装备、生物医药等能耗低、污染少的战略性新兴产业。第三,立足自身优势,大力发展服务业。唐山市可利用自身资源优势、交通优势、地理优势发展煤炭、钢铁等原材料、工业品专业物流;也可依托良好的自然资源优势、历史文化优势,加快发展与旅游业相关的生活性服务业。

(四)发展低碳技术

低碳发展要依靠低碳技术,政府相关部门

应鼓励企业自主研发清洁能源技术、能耗降低技术、二氧化碳捕捉及储存技术、可再生能源技术等能够有效控制碳排放的新技术。为提高企业低碳技术研发应用的动力,依据唐山市产业结构特征,政府相关部门应给予企业在节能减排关键技术攻关、重点项目推广和应用等方面以资金支持,如煤炭清洁高效利用技术、煤炭污染控制与煤渣处理技术、煤炭气化及液化技术、煤气化联合循环发电技术、油气和煤层气勘探开发技术等。

(五)调整能源结构

唐山市煤炭等传统化石能源的过度消费所引起的碳排放导致消耗了过高的环境成本,需要尽快调整能源结构,逐步增加清洁能源和可再生能源的比重。由于煤炭的碳密度要比天然气高82%,若发出同样电力,以天然气取代煤炭可以减少相当的碳排放量。鉴于此,唐山市一直注重天然气项目的建设,以代替煤炭燃烧和煤制气。但天然气仍然具有污染性,其二氧化碳排放系数也较高,因此,唐山市还应逐渐以可再生能源取代天然气。唐山市地理环境优越,是建设大型风电场、光伏电站的理想场所,因此有利于发展风能、太阳能,以及潮汐能、波浪能、潮流能等可再生能源。同时要加快建设迁西县中核冀东核电项目,发展清洁能源。

参考文献:

- [1] 刘竹,耿涌,薛冰,等.城市能源消费碳排放核算方法[J].资源科学,2011(7):1325-1330.
- [2] 王常凯.中国碳排放影响因素研究——基于灰色关联的动态分析[J].中国矿业大学学报:社会科学版,2013(4):68-74.
- [3] 陈凯,佟昕.中国碳排放强度与影响因素的关联分析[J].技术经济与管理研究,2014(11):9-12.
- [4] 张少伟.居民消费结构变动对能源消耗的影响[D].杭州:浙江工商大学,2015.
- [5] 王卉彤,王妙平.中国30省区碳排放时空格局及其影响因素的灰色关联分析[J].中国人口·资源与环境,2011(7):140-145.

(责任编辑:李秀荣)