

科技投入与碳排放的灰色关联度分析

——以株洲市工业企业为例

张陶新

(中国社会科学院城市发展与环境研究所&湖南工业大学 全球低碳城市联合研究中心, 湖南 株洲 412007)

摘要: 根据2005—2009年株洲市八大行业的科技投入、产出、能耗、碳排放量等数据,运用灰色系统理论分析了各因素与碳排放的相关关系。分析结果表明:随着时间的变化,科技投入、产出、能耗与碳排放的变化趋势有较大的趋同性,但不同行业的趋同性不相同。基于分析结果提出了提高企业科技投入与碳排放灰色关联度的路径。

关键词: 科技投入; 碳排放; 灰色关联度; 株洲市

中图分类号: F423.3

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2011)05-0042-05

Analysis on the Degree of Grey Incidence between Science & Technology Input and Carbon Emissions — A Case Study of Industrial Enterprises in Zhuzhou City

Zhang Taoxin

(The World Low-Carbon Urban Joint Research Centre, The Urban Development and Environment Research Institute of Chinese Academy of Social Sciences & Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: According to the science & technology input, output value, energy consumption, carbon emission of eight industries in Zhuzhou city in 2005—2009, analyzes the relevant relationship between the factors and carbon emission through the degree of grey incidence. The results indicate: with the time change, science & technology input, output value, energy consumption and carbon emissions have a greater convergence trend, but the convergence of different industries is not the same. Based on the analysis, proposes several ways to improve the degree of grey incidence(DGI) for science & technology input of enterprises and carbon emissions.

Keywords: science & technology investment; carbon emissions; degree of grey incidence; Zhuzhou city

0 引言

近年来,学者们对碳排放的影响因素进行了多方位的研究^[1-2]。郑有飞等人的研究表明,技术进步能推动碳排放强度下降,且技术进步速度越快碳排放强度下降幅度越大^[3]。我国拟在2005年的基础上实现碳排放强度降低40%~45%的减排目标,其中

64%~81%可通过发展低碳技术、调整能源结构、提高能源利用率来实现^[4]。郑有飞等人用一个内涵为CO₂排放量与GDP之比的参数来反映技术进步的变化情况,分析评价了技术进步对中国CO₂排放量和全球气候变化的影响^[3]。孙建卫等人认为技术进步是碳排放量降低的主导因素^[5]。1987—2007年经济发展方式变化使中国GDP碳排放强度下降了66.02%,

收稿日期: 2011-05-18

作者简介: 张陶新(1964-),男,湖南华容人,湖南工业大学研究员,主要从事低碳经济和可持续发展方面的研究,

E-mail: taoxinzhang108@sina.com

技术变化是碳排放强度变化的主要原因^[6]。受 Kaya 恒等式的影响, 迄今为止的研究大都是用单位 GDP 生产过程中的能源消费量或碳排放量来表征技术进步, 但人们更关心的是, 更多的科技投入能否带来更好的碳减排效果, 因此, 有必要研究科技投入和碳排放之间的关联关系。本文运用灰色系统理论中的灰色关联度方法, 对株洲市工业系统中八大主要行业的科技投入与碳排放之间的关系进行定量研究, 并提出了提高株洲市企业科技投入与碳排放灰色关联度的路径。

1 研究用基本数据

本文研究所采用的原始数据来源于历年的《株洲市统计年鉴》和《株洲市国民经济和社会发展统计手册》。

1.1 区域概况

株洲市是长株潭国家两型社会建设改革实验区的组成部分, 土地总面积 11 262 km², 其中城区面积为 535.4 km², 人口总数 382.8 万人。株洲市八大主要工业行业为农副食品加工业、化学原料及化学制品制造业、医药业、橡胶塑料制品业、金属冶炼及压延加工业、交通运输设备制造业、工艺品及其他制造业、电力生产与供应业。这些行业中有 2 家企业进入全国工业企业 500 强, 硬质合金、电力机车等 10 多种产品产出居全国同行业首位; 有世界第三、亚洲最大的硬质合金生产基地, 中国最大的铅锌冶炼和电力机车科研制造基地, 江南最大的铁路货车制造基地等。总的来说, 株洲市正处于工业化中期水平, 化学原料及化学制品制造业比所占例较大, 且在加速发展, 能源消费和碳排放量上升趋势明显, 低碳技术不足, 但企业的节能潜力较大^[7]。

1.2 数据选择

从株洲市八大行业中各选取 2~4 个典型企业作为样本, 通过调研得到各样本企业的科技投入(含政府对该企业的科技投入)、产出和能耗的原始数据。碳排放量的估算是根据能源(煤炭、石油和天然气)消耗折算的, 折算系数参照 IPCC 的测算值^[8]。

1.3 数据处理

数据均采用 Matlab2009 处理, 结果见表 1。

由表 1 可知, 2005—2009 年, 电力生产与供应业、橡胶塑料制品业与化学原料及化学制品业的能耗总体上是下降的, 而其他各行业总体上是增加的。碳排放量最大的行业是电力生产与供应业, 其次是金属冶炼

及压延加工业, 橡胶塑料制品业的碳排放量最少。

表 1 工业行业基础数据

Table 1 Base data of the eight industrial sectors

行业	年份	科技投入/ 万元	产出/ 亿元	能耗/ 万 t	碳排放/ 万 t	碳排放强度/ (t·万元 ⁻¹)
金属 冶炼及 压延业	2005	41 918	74.52	25.24	44.25	0.600
	2006	30 178	128.72	26.59	47.29	0.380
	2007	7 453	168.19	27.99	49.86	0.300
	2008	107 982	109.06	25.51	45.95	0.420
	2009	45 143	83.86	27.54	49.57	0.590
医药业	2005	1 397	2.57	0.55	0.51	0.200
	2006	1 548	3.24	0.57	0.53	0.160
	2007	2 625	4.23	0.86	0.77	0.180
	2008	2 745	5.18	0.93	0.84	0.160
	2009	11 049	5.54	1.00	0.90	0.160
橡胶 塑料 制品业	2005	145	0.90	0.24	0.18	0.200
	2006	289	1.13	0.30	0.27	0.240
	2007	403	1.35	0.25	0.23	0.170
	2008	361	1.08	0.14	0.15	0.130
	2009	164	0.88	0.02	0.03	0.004
工艺品 及其他 制造业	2005	5 528	2.56	1.21	1.06	0.410
	2006	2 731	2.35	1.51	1.13	0.480
	2007	2 885	2.61	2.66	1.65	0.630
	2008	3 278	2.79	2.86	1.55	0.560
	2009	3 176	2.07	2.42	1.31	0.630
农副 食品 加工业	2005	800	21.25	0.36	0.49	0.024
	2006	600	21.44	0.42	0.57	0.030
	2007	1 500	24.85	0.48	0.67	0.030
	2008	3 300	34.00	0.60	0.80	0.020
	2009	5 000	37.00	0.62	0.87	0.020
交通 运输 设备 制造业	2005	17 994	6.54	2.61	3.66	0.560
	2006	18 052	8.68	2.76	4.49	0.520
	2007	58 277	12.63	2.13	4.07	0.320
	2008	60 898	20.15	2.89	5.27	0.260
	2009	90 157	22.62	2.66	4.73	0.210
化学 原料及 化学 制品业	2005	11 763	17.33	23.99	26.55	1.500
	2006	42 242	18.80	19.07	14.88	0.790
	2007	12 797	25.02	24.54	18.43	0.740
	2008	28 903	25.29	20.36	16.11	0.640
	2009	24 747	21.59	20.29	15.82	0.730
电力 生产与 供应业	2005	19 048	14.80	81.08	218.54	14.760
	2006	5 259	13.68	239.81	186.66	13.650
	2007	12 885	14.35	248.36	193.46	13.490
	2008	8 774	11.15	186.07	144.48	12.960
	2009	6 858	11.34	150.97	116.46	10.270

从碳排放强度来看, 农副食品加工业最小, 基本上稳定在 0.024 附近, 其次是橡胶塑料制品业, 电力生产与供应业最大。碳排放强度最大与最小的行业相差 435~514 倍。

总的来说, 株洲市工业重化程度增强的同时, 产业结构也正在调整。一方面通过压缩高能耗企业的生产规模来减少碳排放量; 另一方面通过采取节能

减排措施, 来降低高能耗企业碳排放强度。

2 灰色关联度分析

灰色关联度是2个系统或2个因素间关联性大小的量度。灰色关联分析法对样本数据没有特殊要求, 适合分析小样本或已知信息量较少的现象的关联程度。与全国其他城市一样, 株洲市碳排放的基础数据缺乏, 样本数据不足, 而且所要研究的一些关系并不突出, 采取常用的相关分析法难以区分。因此, 本文采用灰色关联分析法来研究企业科技投入、能源消耗、产出与碳排放量之间的关系。

灰色关联度包括灰色绝对关联度、灰色相对关联度和灰色综合关联度。文献[9]详细介绍了灰色关联度的计算方法, 本文中直接运用。为考察工业生产活动中的因素对企业碳排放的影响, 以2005—2009年株洲市工业系统中八大主要行业的碳排放作为基准序列, 计算各行业科技投入、产出、能耗等对比序列与基准序列的灰色关联度。

2.1 灰色绝对关联度分析

碳排放与科技投入、产出和能耗的灰色绝对关联度如表2所示。由表可知, 电力生产与供应业碳排放序列的几何形状与其科技投入序列的几何形状非常相似, 对应元素在绝对数值上超过了75%的近似程度。其他7个行业的碳排放序列的几何形状与其科技投入序列的几何形状, 以及各行业碳排放序列的几何形状与其产出序列的几何形状相似程度在50%到57%之间。

表2 碳排放与各因素的灰色绝对关联度

Table 2 Absolute degree of grey incidence for carbon emissions with the factors

行 业	关 联 度		
	科技投入	产出	能耗
金属冶炼及压延加工业	0.507 4	0.534 8	0.712 6
医药业	0.505 4	0.563 3	0.931 6
橡胶塑料制品业	0.502 2	0.515 8	0.513 4
工艺品及其他制造业	0.500 0	0.501 7	0.659 1
农副食品加工业	0.507 6	0.515 8	0.852 3
交通运输设备制造业	0.501 4	0.557 1	0.500 7
化学原料及化学制品业	0.500 0	0.500 1	0.638 7
电力生产与供应业	0.750 6	0.519 1	0.888 9

2.2 灰色相对关联度分析

碳排放与科技投入、产出和能耗的灰色相对关联度如表3所示。由表可知, 八大行业的碳排放序列与科技投入、产出序列的变化速度有较大的趋同性, 相对关联度都超过0.53; 而与能源消耗序列的变化速度更接近, 相对关联度都超过0.67。因此企业科技投入、产出和能耗的变化对企业碳排放

放量的变化有较大影响。

表3 碳排放与各因素的灰色相对关联度

Table 3 Relative degree of grey incidence for carbon emissions with the factors

行 业	关 联 度		
	科技投入	产出	能耗
金属冶炼及压延加工业	0.652 0	0.631 9	0.952 8
医药业	0.677 3	0.848 1	0.974 4
橡胶塑料制品业	0.564 3	0.715 4	0.695 4
工艺品及其他制造业	0.575 8	0.641 9	0.723 0
农副食品加工业	0.650 7	0.897 9	0.978 0
交通运输设备制造业	0.600 4	0.641 3	0.673 3
化学原料及化学制品业	0.538 3	0.584 7	0.747 6
电力生产与供应业	0.776 9	0.864 0	0.999 9

2.3 灰色综合关联度分析

碳排放与科技投入、产出和能耗的灰色综合关联度如表4所示。由表可知, 只有电力生产与供应业科技投入对碳排放的综合关联度略高于其产出对碳排放的综合关联度, 其他行业的科技投入对碳排放的综合关联度均低于产出、能耗对碳排放的综合关联度。电力生产与供应业科技投入对碳排放的关联度最大为0.763 8, 其次是医药行业, 化学原料及化学制品业最小。科技投入与碳排放高度相关(关联度大于0.7)的行业是电力生产与供应业, 其余行业的科技投入与碳排放为一般相关(关联度0.5~0.6)。

表4 碳排放与各因素的灰色综合关联度

Table 4 Synthetic degree of grey incidence for carbon emissions with the factors

行 业	关 联 度		
	科技投入	产出	能耗
金属冶炼及压延加工业	0.579 7	0.583 3	0.832 7
医药业	0.591 4	0.705 7	0.953 0
橡胶塑料制品业	0.533 2	0.615 6	0.604 4
工艺品及其他制造业	0.537 9	0.571 8	0.691 0
农副食品加工业	0.579 1	0.706 9	0.915 3
交通运输设备制造业	0.550 9	0.599 2	0.587 0
化学原料及化学制品业	0.519 2	0.542 4	0.693 2
电力生产与供应业	0.763 8	0.691 6	0.944 4

从产出对碳排放的灰色综合关联度来看, 农副食品加工业最大, 其次是医药行业, 化学原料及化学制品业最小。产出对于碳排放的影响因行业不同而呈现出一定的差异性。产出与碳排放高度相关(关联度大于0.7)的行业有农副食品加工业和医药行业; 比较相关(关联度0.5~0.7)的行业是电力和橡胶塑料制品业; 一般相关(关联度0.5~0.6)的是交通设备制造业、金属冶炼及压延加工业、工艺品及其他制造业和化学原料及化学制品业。

八大行业中, 能耗对碳排放的综合关联度大都

高于其它因素对碳排放的综合关联度,其中医药行业最大达0.953 0,交通运输设备制造业最小。

以上分析说明随着时间的变化,科技投入、产出、能耗与碳排放的变化趋势有较大的趋同性,但不同行业的趋同性各不相同。影响碳排放的各因素中,能耗是影响株洲市工业碳排放的最重要因素,节能减排可以减少碳排放总量。总体来说,医药与农副食品加工业的产出对其碳排放有较大的影响,电力、塑料橡胶的产出对其碳排的影响也较大。电力生产与供应业是株洲市煤炭消费第一大户,无论是科技投入、产出还是能耗都与碳排放高度相关。

3 提高科技投入与碳排放灰色关联度的对策

2009年,株洲市人均GDP才突破4 000美元大关,离发达国家人均5 000美元的后工业化水平还有较大的差距。2009年,株洲市工业化率还不到49%,与工业化国家的60%也相差较远,株洲市工业处于产业链条的中低端^[7]。基于株洲市当前的人文发展水平,无法通过降低能源的使用量来减少碳排放,只能充分发挥科技是第一生产力的作用,通过低碳技术的创新与应用,采用各种节能减排的措施,促进传统产业的升级换代,并大力发展低能耗、低污染、高效益的战略性新兴产业来减少碳排放。因此,株洲市应改变科技投入对碳排放影响有限的现状,提高科技投入与碳排放的关联度。

3.1 加大低碳科技投入份额

株洲市八大工业行业科技投入占产出的比例如表5所示。

表5 科技投入占产出的比例

Table 5 The proportion of science-technology inputs in outputs %

行 业	年 份				
	2005	2006	2007	2008	2009
金属冶炼及压延加工业	5.63	2.34	4.43	9.90	5.38
医药业	5.44	4.77	6.20	5.30	19.93
橡胶塑料制品业	1.61	2.55	2.99	3.34	1.86
工艺品及其他制造业	21.56	11.60	11.05	11.73	15.35
农副食品加工业	0.38	0.28	0.60	0.97	1.35
交通运输设备制造业	27.51	20.80	46.13	30.23	39.85
化学原料及化学制品业	6.79	22.47	5.11	11.43	11.46
电力生产与供应业	12.87	3.84	8.98	7.87	6.05

由表可知,2005—2009年,碳排放量位居八大行业前三位的电力生产与供应业、金属冶炼及压延加工业和化学原料及化学制品制造业,其科技投入占产出的比例只是大于农副食品加工业、医药业、橡

胶塑料制品业,而科技投入最大的交通设备制造业其碳排放量位于八大行业第四。由此可知,株洲市低碳技术方面的投入不足,低碳技术创新与应用能力欠缺。与传统领域相比,低碳技术被认为是中国在经济的发展过程中实现“弯道超车”的机遇,因此各行业在加大科技投入总量的同时,必须加大低碳科技方面的投入份额。

3.2 提高低碳技术水平

低碳技术是指为实现低碳经济而采取的技术,主要包括清洁能源技术、节能技术和碳排放降低技术^[10]。株洲市重化工业的现状为工业低碳化发展留下了较大空间,同时也为低碳技术的选择提供了方向。株洲市八大行业碳排放强度与科技投入的关联度如表6所示。

表6 碳排放强度与科技投入的灰色关联度

Table 6 Degree of grey incidence between science-technology inputs and carbon intensity

行 业	关 联 度	
	相 对	综 合
金属冶炼及压延加工业	0.566 0	0.533 0
医药业	0.538 9	0.519 5
橡胶塑料制品业	0.545 0	0.522 7
工艺品及其他制造业	0.573 8	0.536 9
农副食品加工业	0.562 0	0.531 0
交通运输设备制造业	0.529 5	0.514 8
化学原料及化学制品业	0.535 5	0.517 8
电力生产与供应业	0.694 6	0.597 4

由表可知,科技投入与碳排放强度的关联度有较大提高空间。因此减少碳排放,首先必须提高能源使用效率的技术水平,把提高煤炭等化石能源利用效率放在优先位置,这样可以提高科技投入对碳排放的关联度,降低企业生产过程中的碳排放强度。例如,为充分利用株洲市的煤炭资源优势满足用电需要,可采用以煤炭气化为龙头的煤炭多联产技术,同时生产电力、热力蒸汽、液体燃料、化学原料和化学制品等,多联产技术发电效率可达45%,预计到2015年,发电效率可达55%~60%,是目前可预知的发电效率最高的燃煤发电技术^[11],有利于实现CO₂减排;还有超超临界发电技术也可提高煤炭发电效率减少碳排放。如果能同时开展碳回收、捕获和储存技术的研发与应用,还能够减少10%~55%的CO₂排放量^[12];另外,工业热电联产工艺,重点生产工艺节能技术以及工业余热、余压、余能利用等也是适合株洲市碳减排的技术。

3.3 政策创新推动低碳技术发展

由于株洲市工业能耗总量的过快增长,低碳技术进步难以改变CO₂排放量不断增大的趋势,但可

通过推动低碳技术的发展,来降低碳排放强度。

1) 培养企业低碳技术创新意识。通过政策引导,完善创新平台,推动产学研合作等方式,引导企业在低碳技术创新与传统业务、短期利润和长期发展之间作出合理的战略选择,提升企业的低碳技术创新能力。

2) 建立企业低碳科技投入的激励机制。目前,株洲市应尽快建立低碳科技扶助机制,加大对企业低碳科技特别是建设节能项目的扶持力度。对进行低碳技术研发和使用的企业,应进行相应的财政和税收等方面的政策支持。同时,还应效仿德国、英国、日本等国的做法,开展低碳产品认证,使低碳技术迅速市场化,消化技术研发成本,从而鼓励企业开发低碳产品技术,向低碳生产模式转变。

3) 推进低碳共性技术的研发与应用。株洲市是重化工业城市,突破流程工业的低碳共性技术瓶颈意义重大,市场前景广阔。目前,株洲市应积极引进、消化与吸收国外低碳技术,积极承接发达地区的技术转移,培育共性技术产业,对具有市场前景的共性技术产品加大产业化推广力度。

4) 设立低碳技术专项基金。政府应设立专门的风险性投资基金,为低碳技术的研发与应用提供资金支持。

参考文献:

- [1] 王 锋, 吴丽华, 杨 超. 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): 123-136.
Wang Feng, Wu Lihua, Yang Chao. Driving Factors for Growth of Carbon Dioxide Emissions During Economic Development in China[J]. Economic Research Journal, 2010(2): 123-136.
- [2] 葛全胜, 方修琦. 科学应对气候变化的若干因素及减排对策分析[J]. 中国科学院院刊, 2010, 25(1): 32-40.
Ge Quansheng, Fang Xiuqi. Analysis of the Factors and Countermeasures for Scientifically Coping with of Climate Change[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2010, 25(1): 32-40.
- [3] 郑有飞, 李海涛, 吴荣军, 等. 技术进步对中国 CO₂ 减排的影响[J]. 科学通报, 2010, 55(16): 1555-1564.
Zheng Youfei, Li Haitao, Wu Rongjun, et al. Impact of Technology Advances on China's CO₂ Emission Reduction [J]. Chinese Science Bulletin, 2010, 55(16): 1555-1564.
- [4] 石敏俊, 周晟吕. 低碳技术发展对中国实现减排目标的作用[J]. 管理评论, 2010, 22(6): 48-53.
Shi Minjun, Zhou Shengli. The Impact of Low Carbon Technology Development on China's CO₂ Emission Reduction[J]. Management Review, 2010, 22(6): 48-53.
- [5] 孙建卫, 赵荣钦, 黄贤金, 等. 1995—2005年中国碳排放核算及其因素分解研究[J]. 自然资源学报, 2010, 25(8): 1284-1295.
Sun Jianwei, Zhao Rongqin, Huang Xianjin, et al. Research on Carbon Emission Estimation and Factor Decomposition of China from 1995 to 2005[J]. Journal of Natural Resources, 2010, 25(8): 1284-1295.
- [6] 张友国. 经济发展方式变化对中国碳排放强度的影响[J]. 经济研究, 2010(4): 120-133.
Zhang Youguo. Economic Development Pattern Change Impact on China's Carbon Intensity[J]. Economic Research Journal, 2010(4): 120-133.
- [7] 张陶新, 周跃云, 张 旺, 等. 株洲市低碳发展的基础评价[J]. 湖南工业大学学报, 2010, 24(6): 67-71.
Zhang Taixin, Zhou Yueyun, Zhang Wang, et al. Evaluation on the Status of Zhuzhou City Low-Carbon Development[J]. Journal of Hunan University of Technology, 2010, 24(6): 67-71.
- [8] IPCC. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories[DB/OL]. [2010-08-12]. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs5a.html>.
- [9] 刘思峰, 谢乃明. 灰色系统理论及其应用[M]. 4版. 北京: 科学出版社, 2008: 44-64.
Liu Sifeng, Xie Naiming. The Grey Systems Theory and Applications[M]. 4th ed. Beijing: Science Press, 2008: 44-64.
- [10] 徐大丰. 低碳技术选择的国际经验对我国低碳技术路线的启示[J]. 科技与经济, 2010, 23(2): 73-75.
Xu Dafeng. Enlightenment International Low-Carbon Technology Experience for China's Low-Carbon Technology Development[J]. Science & Technology and Economy, 2010, 23(2): 73-75.
- [11] 徐 彤, 王新雷. 促进IGCC发电技术在我国发展的建议[J]. 中国能源, 2010, 32(9): 25-27.
Xu Tong, Wang Xinlei. Advice of Developing IGCC Technology in China[J]. Energy of China, 2010, 32(9): 25-27.
- [12] 于 强. CO₂ 捕集与封存(CCS)技术现状与发展展望[J]. 能源与环境, 2010(1): 64-65.
Yu Qiang. Current Status and Development Prospect of CO₂ Capture And Storage (CCS)[J]. Energy and Environment, 2010(1): 64-65.

(责任编辑: 邓光辉)