

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2016.02.011

# 基于灰色模型的湖南省能源碳排放预测分析

舒 懿, 周跃云

(湖南工业大学 建筑与城乡规划学院, 湖南 株洲 412007)

**摘 要:** 通过模型计算 2008—2013 年湖南省因能源消耗而导致的碳排放、地均碳排放、人均碳排放、碳排放强度等碳排放量指标; 基于灰色模型对湖南省未来 5 年能源碳排放量进行预测。研究表明, 湖南省能源消耗仍以工业方面的能源消耗为主, 且所占比重较大; 对于清洁能源使用率还有较大的上升空间; 经济发展水平对湖南省能源碳排放量影响较大。预测结果表明, 从能源消耗结构上来看, 工业能源消耗正在逐渐下降; 从能源消耗的种类上来看, 对清洁能源的使用率正在增加, 但其速率相对于经济增长仍然较缓慢。因此, 要促进湖南省低碳发展还需要进一步调整产业结构, 增加清洁能源的使用。

**关键词:** 灰色模型; 湖南省; 能源碳排放; 地均碳排放; 人均碳排放

中图分类号: X-01

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2016)02-0058-05

## Prediction and Analysis of Energy Carbon Emission in Hunan Province Based on Grey Model

SHU Yi, ZHOU Yueyun

(School of Architecture and Urban Planning, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

**Abstract :** By model calculation of the carbon emission, carbon emission per square kilometer, per capita carbon emission and carbon emission intensity in Hunan Province from energy consumption in 2008—2013, predicts the energy carbon emission in Hunan Province in the next five years based on grey theory. The research results indicate that the energy consumption in Hunan province is still mainly in terms of industrial energy consumption, and the proportion is larger. For clean energy usage, there is a large increase space, and the level of economic development has a great impact on the energy carbon emission of Hunan Province. The predicted results show that from the energy consumption structure, the industrial energy consumption is gradually declining; from the energy consumption types, the use of clean energy is increasing, but its rate is still slow relative to the economic growth. Therefore in order to promote the development of low carbon in Hunan Province, it needs to further adjust the industrial structure and increase the use of clean energy.

**Keywords :** grey model; Hunan Province; energy carbon emission; carbon emission per square kilometer; per capita carbon emission

## 0 引言

2007 年 12 月国务院批准长株潭城市群和武汉城市群为全国资源节约型、环境友好型社会建设综合配套改革试验区, 要求改革试验区深入贯彻落实科学发展观<sup>[1]</sup>。2011 年, 湖南省政府发布了《湖南省国

民经济与社会发展“十二五”规划纲要》, 该纲要指出要坚持把建设资源节约型、环境友好型社会作为加快转变经济发展方式的重要着力点, 加快建设“绿色湖南”<sup>[2]</sup>。无论是两型社会的建设还是绿色湖南的建设都离不开低碳发展, 由此可见低碳发展的

收稿日期: 2016-01-19

作者简介: 舒 懿 (1991-), 女, 湖南株洲人, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为低碳城乡规划与管理,

E-mail: [shuyi20140811@163.com](mailto:shuyi20140811@163.com)

重要性以及必须性。

张陶新等<sup>[3]</sup>的研究表明,2005—2009年湖南省株洲市单位GDP能耗有所下降,但其下降速度仍然低于GDP的增长速度,以煤炭为主的能源消耗形式仍未得到根本转变。本文将通过碳排放量计算模型对湖南省能源消耗所产生的碳排放量进行计算,同时基于灰色理论构建灰色模型,利用MATLAB软件对湖南省2014—2018年能源消耗碳排放量进行预测,并对预测数据进行分析,以期能为湖南省低碳的发

展和产业结构的调整提供借鉴。

## 1 湖南省能源消耗情况及分析

两型社会指的是环境友好型社会和资源节约型社会,与低碳发展的概念虽然存在差异,但其根本目的是一致的,因此,可以将其视为湖南省低碳发展的实践目标。湖南省2008—2013年能源消耗总量以及各种能源消耗所占比重见表1(数据来源:湖南省统计年鉴)。

表1 湖南省2008—2013年能源消耗总量以及各种能源消耗比重

Table 1 The total energy consumption and the proportion of various energy consumption in Hunan Province in 2008—2013

年份	能源消耗总量 / 万 t 标准煤	各种能源消耗比重 / %				
		煤品燃料	油品燃料	天然气	水电风电核电等	其他能源
2008	12 355.31	66.04	10.91	0.89	17.76	4.40
2009	13 331.04	65.82	11.23	1.02	16.42	5.51
2010	14 852.24	62.88	11.11	1.06	15.18	9.77
2011	16 160.86	65.19	11.01	1.26	14.47	8.07
2012	16 744.08	60.81	11.22	1.49	17.88	8.60
2013	17 561.46	62.23	11.66	1.56	14.04	10.52

由表1可知,湖南省的能源消耗主要以煤品燃料为主,煤品燃料的消耗比重达到了湖南省能源消耗总量的60%以上。2008—2013年湖南省煤品燃料的消耗比重呈整体降低趋势,但降低的速度较缓慢,煤品燃料仍然是能源消耗的主要组成部分。2008—2013年,湖南省煤品燃料的消耗在这5年期间下降了3.81%,但2013年比2012年增长了1.42%,2013年煤品燃料消耗所占比重高达62.23%。2008—2013年,湖南省油品燃料消耗比重基本持平,仅11%左右,与煤品燃料消耗有较大的差距,但其对碳排放量的影响不容忽视。2008—2013年,湖南省对天然气的使用所占比重呈逐年增长趋势,但增长速率较慢,5年期间内仅增长了0.67%,年均增长率为12%。2008—2013年湖南省对水电、风电、核电以及天然气等清洁能源使用率整体呈下降趋势,5年来下降了3.05%。2008—2013年湖南省对其他能源的使用率所占比重逐渐增长,5年增长了6.12%。

综上所述,2008—2013年,湖南省的能源消耗年均增长率为7.29%。煤品燃料的使用所占比重虽有所下降,但仍然是湖南省能源消耗的主要组成部分;对于天然气以及水电、风电、核电等清洁能源的使用比重也有所下降,但不是能源消耗的主要部分。

## 2 湖南省碳排放数据核算

### 2.1 能源碳排放计算模型选择

能源消耗碳排放是个复杂的动态化过程,特别

是由于能源消耗碳排放具有驱动因子多、涉及领域广、影响范围较大等特征。通过比较多种碳排放的计算模型,参考联合国政府间气候变化专门委员会(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)的碳排放计算指南,并考虑湖南省能源使用现状,在计算湖南省因能源消耗引起的碳排放量(简称能源碳排放)时,选择式(1)的模型进行估算<sup>[4]</sup>。

$$C = \sum C_i = \sum E_i F_i, \quad (1)$$

式中:  $C$  为能源消耗引起的总碳排放量;

$C_i$  为第  $i$  类能源消耗引起的碳排放量;

$E_i$  为第  $i$  类能源的消耗量;

$F_i$  为第  $i$  类能源消耗的碳排放强度,即能源的碳排放系数。

湖南省能源消耗量逐年递增,主要消耗的能源有煤品燃料、油品燃料、天然气、电能4种,其中电能是指水电、风电、核电等新能源。因此,在应用式(1)的模型估算碳排放量时, $i$ 类能源是指煤品燃料、油品燃料、天然气、电能4种。根据《中国可持续发展能源暨碳排放情景分析》(2003),国家发改委能源研究所采纳的4种能源的碳排放系数如表2<sup>[5]</sup>所示。

表2 4种能源的碳排放系数

Table 2 Carbon emission coefficient of four kinds of energy

能源种类	煤品燃料	油品燃料	天然气	水电风电核电等
碳排放系数	0.747 6	0.582 5	0.443 5	0

### 2.2 能源碳排放的计算与分析

根据湖南省2008—2013年各种能源消耗量,利用

公式(1)碳排放估算模型,计算得到2008—2013年湖南省能源消耗引起的碳排放量结果如表3和图1所示。

表3 2008—2013年湖南省各种能源消耗引起的碳排放量及总能源碳排放量

Table 3 The carbon emissions from kinds of energy consumption and total energy carbon emission of Hunan Province in 2008—2013

年份	能源消耗引起的碳排放量 / 万 t				总能源碳排放量 / 万 t
	煤品燃料	油品燃料	天然气	水电风电核电等	
2008	8 159.45	1 347.96	109.96	0	9 617.37
2009	8 774.49	1 497.08	135.98	0	10 407.55
2010	9 339.09	1 650.08	157.43	0	11 146.60
2011	10 535.26	1 779.31	203.63	0	12 518.20
2012	10 182.61	1 878.52	249.40	0	12 310.53
2013	10 928.50	2 047.67	273.96	0	13 250.13

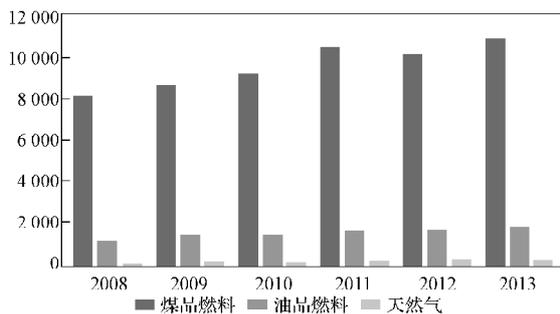


图1 2008—2013年湖南省各种能源消耗引起的碳排放量

Fig.1 The carbon emissions from kinds of energy consumption of Hunan Province in 2008—2013

从表3以及图1中可以看出,2008—2013年湖南省不仅各类能源消耗整体呈增长趋势,由能源消耗引起的碳排放量也呈增长趋势。通过计算得出由能源消耗引起的碳排放量5年来年均增长率为5.84%。

表4 2008—2013年湖南省碳排放量指标

Table 4 The carbon emission index of Hunan Province in 2008—2013

年份	能源引起的碳排放量 / 万 t	GDP / 亿元	人口 / 万人	土地面积 / (万 km <sup>2</sup> )	碳排放强度 / (t / 万元)	人均碳排放量 / (t / 人)	地均碳排放量 / (t / km <sup>2</sup> )
2008	9 617.37	11 555.00	6 845.20	21.18	0.83	1.40	454.08
2009	10 407.55	13 059.69	6 900.20	21.18	0.80	1.51	491.39
2010	11 146.60	16 037.96	7 089.53	21.18	0.70	1.57	526.28
2011	12 518.20	19 669.56	7 135.60	21.18	0.64	1.75	591.04
2012	12 310.53	22 154.23	7 179.87	21.18	0.56	1.71	581.23
2013	13 250.13	24 501.67	7 147.28	21.18	0.54	1.85	625.60

根据表4可以得出,2008—2013年,湖南省能源消耗产生的碳排放量年均增长率为5.84%,GDP年均增长率为16.22%;湖南省地均碳排放量以及人均碳排放量整体呈上升趋势,只有碳排放强度指标在下降。2008—2013年,碳排放强度5年来下降了0.29。从表4的数据可以看出,能源消耗与经济发展存在正向影响关系,能源消耗情况将直接影响碳排放结果。周跃云等人<sup>[7]</sup>的研究表明,经济增长的变动将引起能源消耗的同向变动,经济增长也促进了能源消耗的增长,即GDP的增加或减少,将会引起能源消耗量同向的增加或减少。2008—2013年湖南省能源消耗结构如

能源消耗结构正在进行转变,由大量消耗高碳能源逐渐向利用清洁能源转变,但整体上转变力度不大。

### 2.3 湖南省能源碳排放量指标计算与分析

根据2008—2013年湖南省各种能源碳排放量的估算结果,计算湖南省能源消耗碳排放强度、人均碳排放量、地均碳排放量这3项指标。这3项指标是从经济发展、人口数量以及土地面积来反映能源消耗碳排放量的程度。能源碳排放强度表示单位GDP的能源碳排放量,是经济增长对高能耗产业依赖程度的反应,并按公式(2)计算<sup>[6]</sup>。2008—2013年,湖南省能源消耗碳排放强度、人均碳排放量、地均碳排放量3项指标的计算结果见表4。

$$\text{能源消耗碳排放强度} = \frac{\text{能源消耗引起的碳排放量}}{\text{地区生产总值}} \quad (2)$$

表5所示(数据来源:湖南省统计年鉴)。

表5 2008—2013年湖南省能源消耗结构

Table 5 The energy consumption structure of Hunan Province in 2008—2013 %

年份	农林牧渔业	工业	建筑	交通运输和仓储和邮政	批发零售和住宿餐饮	生活消费	其他
2008	5.07	69.94	1.37	6.25	3.98	10.61	2.77
2009	5.09	69.56	1.39	6.25	4.01	11.00	2.71
2010	5.69	67.47	1.77	6.43	3.91	12.13	2.60
2011	5.34	65.97	2.09	6.52	4.37	12.98	2.73
2012	5.57	63.34	2.22	6.85	4.72	14.27	3.03
2013	5.50	61.82	2.35	7.17	5.10	14.68	3.37

从表5中的数据可以看出,2008—2013年,湖南省能源消耗主要产生在工业方面,其次是生活消费。湖南省能源消耗结构也正在发生转变。转变体现在工业方面的能源消耗逐年减少,生活消费等其他6个方面整体呈增长趋势。

### 3 湖南省碳排放数据预测与分析

灰色理论是一门研究信息部分清楚、部分模糊并且数据带有不确定性现象的应用数学学科。灰色模型则是通过少量的、不完全的信息,建立灰色微分预测模型,对事物发展规律作出模糊性的长期描述。根据2008—2013年湖南省的现有数据情况,还不足以构建一个完整的大数据库。要对湖南省未来几年的低碳发展情况进行预测,需要利用灰色模型。通过MATLAB软件建立灰色模型,基于灰色系统理论对2014—2018年湖南省5年的能源消耗、GDP、能

源碳排放强度、地均碳排放、湖南省人口以及人均碳排放进行预测。预测结果分别如表6和表7所示。

表6 2014—2018年湖南省各种能源消耗量预测结果

Table 6 Forecast of various energy consumption of Hunan Province 2014—2018 万t标准煤

年份	煤品燃料	油品燃料	天然气	水电核电风电等
2014	11 569.08	2 203.53	337.20	2 848.77
2015	12 175.75	2 375.08	403.10	2 998.99
2016	12 814.23	2 559.98	481.87	3 157.14
2017	13 486.19	2 759.29	576.04	3 323.63
2018	14 193.39	2 974.10	688.61	3 498.89

由表6可知,2014—2018年,湖南省对天然气的使用量将持续增长,但年均增长率相对于2008—2013年略有下降,为19.54%;对水电、核电、风电等能源的使用量持续增长,且年均增长率为5.27%;对油品燃料的使用年均增长率有所下降,为7.79%。

表7 2014—2018年湖南省能源碳排放相关数据预测结果

Table 7 Forecast of the related data of energy carbon emission of Hunan Province in 2014—2018

年份	能源引起的碳排放量/万t	GDP/亿元	人口/万人	碳排放强度/(t/万元)	地均碳排放/(t/km <sup>2</sup> )	人均碳排放/(t/人)
2014	14 093.59	29 148.67	7 266.40	0.48	665.42	1.94
2015	14 917.28	33 825.30	7 326.17	0.44	704.31	2.04
2016	15 789.10	39 252.26	7 386.43	0.40	745.47	2.14
2017	16 711.88	45 549.93	7 447.19	0.37	789.04	2.24
2018	17 688.59	52 858.00	7 508.45	0.33	835.16	2.36

根据表7中的预测数据计算得出,2014—2018年湖南省能源碳排放指标增长量及年均增长率,结果见表8。

由表7和表8中的预测结果可知,2014—2018年,湖南省GDP将增长23 709.33亿元,年均增长率将达到16.04%。人口将增长242.05万人,年均增长率为0.82%。能源消耗引起的碳排放量将增加3 595.00万t,年均增长率将达到6.62%。地均碳排放量将增加169.74 t/km<sup>2</sup>,年均增长率为5.84%。

根据表5中的数据,通过MATLAB软件建立灰色模型,基于灰色理论对2014—2018年湖南省能源

消耗构成进行预测,预测结果如表9所示。

表8 2014—2018年湖南省能源碳排放相关指标增长量及年均增长率

Table 8 The energy carbon emission index growth and annual growth rate of Hunan Province in 2014—2018

指 标	增长量	年均增长率/%
能源引起的碳排放量/万t	3 595.00	6.62
GDP/亿元	23 709.33	16.04
湖南省人口/万人	242.05	0.82
地均碳排放/(t/km <sup>2</sup> )	169.74	5.84
人均碳排放/(t/人)	0.42	5.02

表9 2014—2018年湖南省预测能源消耗构成

Table 9 The forecast of energy consumption structure of Hunan Province in 2014—2018 %

年份	农林牧渔业	工业	建筑	交通运输 仓储和邮政	批发零售和 住宿餐饮	生活消费	其他
2014	5.59	59.78	2.68	7.30	5.37	15.82	3.47
2015	5.61	57.70	2.96	7.50	5.72	16.83	3.68
2016	5.62	55.57	3.27	7.69	6.07	17.87	3.90
2017	5.62	53.41	3.60	7.87	6.44	18.94	4.12
2018	5.61	51.23	3.95	8.03	6.81	20.02	4.35

从表9中的预测结果可知,2014—2018年,湖南省能源消耗仍然以工业消耗为主,但比例有所下降;交通运输、仓储和邮政业,批发零售业和住宿餐饮业,以及生活消费的能源消耗所占比例均有提升。

## 4 结语

近年来,湖南省经济发展迅速,随着经济的发展,能源消耗日益增长,能源需求进一步加大,对湖南省的能源安全构成了巨大挑战,节能减排变得尤为重要。

2008—2013年,湖南省能源消耗的构成中,虽然工业能源消耗占一半以上的比例,但整体呈下降趋势,表明湖南省正在对产业结构进行调整,能源消耗结构也开始改变。根据2014—2018年的预测结果,湖南省对清洁能源的使用有所增加,同时对煤品燃料和油品燃料的使用有所降低。

加快低碳发展和低碳转型,是湖南省建设“两型社会”的重要内容。低碳产业在工业、交通和建筑等众多行业都存在许多发展机会,同时我国相对较低的减碳成本有利于低碳产业的发展。不同低碳产业间的发展战略也不尽相同,有必要进一步对低碳产业及其发展战略进行优化、升级。

从低碳发展的角度来看,湖南省产业转型势在必行。湖南省产业转型不能仅依靠于抑制第二产业的发展,还可以通过加强第一产业以及第三产业的建设来实现。

从低碳转型的角度出发,可以采取的措施有:改变工业的使用能源,如加强对清洁能源的使用,采用低碳能源;提高工业技术,如,引进先进的低碳技术。

### 参考文献:

- [1] 欧阳澍. 基于低碳发展的我国环境制度架构研究[D]. 长沙: 中南大学, 2011.  
OUYANG Shu. A Study on the Construction Environmental Legislation in the Prespective of Low-Carbon Development [D]. Changsha: Central South University, 2011.
- [2] [佚名]. 国民经济和社会发展十二五规划纲要[EB/OL]. [2013-10-29]. <http://hn.rednet.cn/c/2013/10/29/3182829.html>.
- [3] [Anon]. Twelfth “Five-Year” Plan for National Economy and Social Development[EB/OL]. [2013-10-29]. <http://hn.rednet.cn/c/2013/10/29/3182829.html>.
- [3] 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.
- [4] Pew Center on Global Climate Chang. A Look at Emission Targets[EB/OL]. [2010-10-12]. [http://www.pewclimate.org/what\\_s\\_being\\_done/targets](http://www.pewclimate.org/what_s_being_done/targets).
- [5] 国家发改委能源所, 中国可持续发展能源暨碳排放情景分析课题组. 中国可持续发展能源暨碳排放情景分析综合报告[R/OL]. [2015-12-01]. <http://down.pinggu.org/html/20100613/14757.html>.  
China Sustainable Energy and Carbon Emission Scenario Analysis Task Group, Energy Institute of National Development and Reform Commission. Comprehensive Report on China's Sustainable Energy and Carbon Emission Scenario Analysis[R/OL]. [2015-12-01]. <http://down.pinggu.org/html/20100613/14757.html>.
- [6] 岳超, 胡雪洋, 贺灿飞, 等. 1995—2007年我国省区碳排放及碳强度的分析: 碳排放与社会发展Ⅲ[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2010, 46(4): 510-516.  
YUE Chao, HU Xueyang, HE Canfei, et al. Provincial Carbon Emissions and Carbon Intensity in China from 1995 to 2007: Carbon Emissions and Social Development, Ⅲ [J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2010, 46(4): 510-516.
- [7] 周跃云, 赵先超, 李昊. 湖南省能源消费与经济增长均衡关系实证分析[J]. 湖南工业大学学报, 2011, 25(6): 75-80.  
ZHOU Yueyun, ZHAO Xianchao, LI Hao. Empirical Analysis on Equilibrium Relationship Between Energy Consumption and Economic Growth of Hunan[J]. Journal of Hunan University of Technology, 2011, 25(6): 75-80.

(责任编辑: 邓光辉)