

Evaluation and Improvement of Carbon Trading Policy Implementation Strategy

Guan Wu, Han Yang, Yijie Liao, Ruoxi Mei, Lili Xiang, Qisong Xiong

College of Mathematics and Statistics, Central China Normal University, Wuhan Hubei
Email: wuguan@mails.ccnu.edu.cn

Received: Mar. 6th, 2019; accepted: Mar. 21st, 2019; published: Mar. 29th, 2019

Abstract

China signed the Kyoto Protocol in 1998, which stipulates that developing countries should undertake emission reduction obligations from 2012. At the same time, from the views of domestic situation, environmental and resource issues still restrict the development of our country. Based on this background, since June 2013, seven provinces and cities in China have established carbon trading centers as experimental places. China's carbon emissions trading system was officially launched in December 2017. This paper evaluates the carbon emission trading system of seven experimental provinces and cities by analytic hierarchy process, entropy weight method and grey correlation analysis. The results of the three evaluation methods show a high degree of consistency. The results show that the overall situation of the carbon emission trading system in Beijing, Shanghai, Shenzhen and Guangdong is better. This paper refines the characteristics of these four excellent provinces and cities' carbon emission trading system, and puts forward suggestions for the national carbon emission trading market based on this.

Keywords

Carbon Emission, Mathematical Modeling, Analytic Hierarchy Process, Entropy Weight Method, Grey Relational Analysis

碳交易政策实施策略的评估与改进

吴 关, 杨 涵, 廖艺捷, 梅若兮, 向莉莉, 熊崎淞

华中师范大学数学与统计学学院, 湖北 武汉
Email: wuguan@mails.ccnu.edu.cn

收稿日期: 2019年3月6日; 录用日期: 2019年3月21日; 发布日期: 2019年3月29日

摘 要

中国于1998年签署《京都议定书》, 该议定书规定发展中国家从2012年开始承担减排义务; 同时, 从

文章引用: 吴关, 杨涵, 廖艺捷, 梅若兮, 向莉莉, 熊崎淞. 碳交易政策实施策略的评估与改进[J]. 统计学与应用, 2019, 8(2): 227-233. DOI: 10.12677/sa.2019.82025

国内情况来看, 环境资源问题仍制约着我国的发展。在此背景之下, 从2013年6月起, 我国七个试点省市陆续建立碳交易中心。2017年12月我国碳排放交易体系正式启动。本文运用层次分析法、熵权法、灰色关联法分别对七个试点省市的碳排放权交易体系进行了评估, 三种评估方法的结果显示出高度一致性, 结果显示北京、上海、深圳、广东四个试点的碳排放权交易系统总体情况较好。本文对这四个优秀省市的碳排放权交易体系特点加以提炼, 基于此对全国碳排放权交易市场提出建议。

关键词

碳排放, 数学建模, 层次分析法, 熵权法, 灰色关联分析

Copyright © 2019 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

从国际背景来看, 为响应国际应对气候变化的举措, 中国 1998 年签署《京都议定书》, 该议定书规定发展中国家从 2012 年开始承担减排义务; 另一方面, 《国务院关于印发“十三五”节能减排综合工作方案的通知》中明确提出“资源环境问题仍是制约我国经济社会发展的瓶颈之一”。为实现碳减排, 我国于 2011 年开始碳交易权试点工作, 虽然各试点暴露出履约不均, 交易市场不活跃[1]; 缺乏明确的奖惩机制, 市场公平性的可能缺失[2]等问题, 未使政策完全达到预期的促使企业改进生产技术, 节能减排的效果; 但是各个试点也取得了不小的成就, 企业减排意识也显著提高。

2017 年 12 月, 我国碳排放交易体系完成了总体设计, 并正式启动。2016~2020 年为运行完善阶段, 2017 年前为试运行阶段。碳交易试点市场作为排头兵, 其实施状况可以为国家市场提供有力的参考。本文使用数学建模科学地建立碳排放权交易评价体系, 定量分析出七个试点中实施情况较好的试点, 并对其实施特点较好的方面进行分析, 希望能为国家市场的良好发展提供借鉴。

2. 指标选取

2.1. 指标体系

根据对碳交易市场现状的分析, 在总结归纳碳交易市场特征的基础上, 在综合考虑指标的全面性、重要性、关联性及指标体系可行性的基础上, 建立如表 1 所示的二级综合评价指标体系[3]。

2.2. 指标解释

2.2.1. 市场建设

自 2013 年起, 深圳、上海、北京、广东、天津、湖北、重庆七大碳排放交易试点先后正式挂牌交易。碳交易市场建设程度主要反映在企业参与交易程度、参与交易的品种以及监管情况。因此, 本文将企业主体数量、交易标的和 MRV 制度实施情况纳入评价指标。

企业主体数量即为参与碳交易市场的主体数量; 交易标的即交易产品的种类; MRV 制度(即监测、报告和核查体系)所包含的项目合计数量是反映对地方试点报告中排放主体的基本信息、排放情况的数据统计、不确定性分析以及温室气体应对措施的包含情况。七个试点报告制度的内容在保证基础数据统计相同的情况下, 对“影响的不确定性分析”与“控制措施”展开的报告, 应逐渐成为报告制度的发展方向[4]。

Table 1. Evaluation indicators of carbon trading pilots' construction in China**表 1.** 我国碳交易试点建设效果评价指标体

一级指标	二级指标
市场建设	参与企业主体数量
	交易标的
	MRV 制度实施状况
市场表现	市场活跃度
	累计成交量
	累计成交额
政策效果	履约率
	行业覆盖数

2.2.2. 市场表现

碳排放权交易市场的市场表现主要表现在成交量与成交额上, 本文从累计成交量、累计成交额和市场活跃度来评价市场表现, 其中通过市场成交量与碳配额总量的比值来反映市场活跃度。统计结果如表 2 所示。

Table 2. Statistics on the performance of China's carbon emission trading market**表 2.** 我国碳排放权交易市场表现状况统计

试点地区	深圳	上海	北京	广东	天津	湖北	重庆
配额总量/亿吨	0.3	1.6	0.5	4.2	1.6	2.5	1.3
累计成交总量/万吨	2427	2694	2013	4316	350	5152	816
市场活跃度(比值/%)	80.9	16.8	40.1	10.3	2.2	20.6	6.3
累计成交额/亿元	7.3	4.3	7.1	7	0.5	10	0.3

数据来源: 中国碳交易网 <http://www.tanjiaoyi.com/>。

2.2.3. 政策效果

2014 年 12 月, 国家发改委公布《碳排放权交易管理暂行办法》, 指导推动全国碳市场的建设和发展, 为衡量七大试点的政策实施效果, 本文从履约率和行业覆盖数两个方面来衡量, 其中, 履约率是实际交易额与合同规定货额之比, 在这个方面, 上海市近三年的履约率均达到了 100%, 领先于其余 6 个省市; 行业覆盖数是指本省(市)纳入碳交易行业的数量, 各个省市对各个行业的要求程度不同, 各个行业的碳排放情况也大不相同, 所以行业覆盖面能够很好的反映各省(市)的政策效果。

3. 数据处理

为消除数据量纲的不同, 我们将数据进行归一化处理。由于我们所选取的指标均为效益型属性即属性值越大越好的属性。因此我们选择归一化的公式为:

$$r_{ij} = \frac{a_{ij} - \min_i a_{ij}}{\max_i a_{ij} - \min_i a_{ij}}$$

其中, a_{ij} 表示原始数据矩阵中第 i 行第 j 列的数据, r_{ij} 表示 a_{ij} 归一化后所得数据。

4. 模型建立

4.1. 模型一：层次分析法确定指标权重模型

我们首先使用层次分析法确定指标权重模型。运用层次分析法对指标体系进行评价时，首先应问题层次结构化。根据所要解决的问题的特性和要达到的目标，将问题分解为不同的指标。按照各指标间的相互影响关系和隶属关系，将各指标划分成不同的层次，任意层次的指标作为准则对下一层次的指标起支配作用，同时又受上一层次指标的支配[5]。层次分析法作为一种较成熟的方法其详细原理在此不再赘述。

本文层次分析法确定指标权重的具体步骤如下所述：

1) 建立层次结构模型

本文所建立的层次结构模型如图 1 所示。

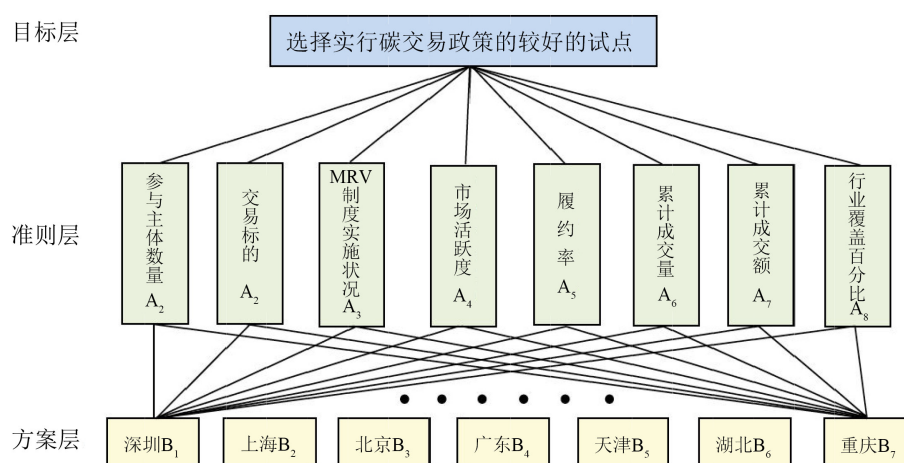


Figure 1. Hierarchical structure model

图 1. 层次结构模型

2) 构造出各层次中的所有判断矩阵

我们邀请了 9 位碳交易从业人员和 4 位碳交易研究人员构造出准则层判断矩阵，取平均值并取整后，得出准则层判断矩阵。

同时，本文根据同一指标下不同省份数据的比值来确定方案层的判断矩阵，从而减小了层次分析法主观性带来的结果的偏差。限于篇幅，本文不列出判断矩阵

3) 计算权重

由于方案层的判断矩阵是由客观真实数据得出，不具有主观性，因此没有必要进行一致性检验。对于每一个矩阵，其最大特征值对应的特征向量即为权重，本文使用 MATLAB 软件编程得到对应权重，结果如表 3 所示。

试点所对应方案层总权重越大说明综合参与企业主题数量、交易标的等八大指标，此试点碳交易政策的实施情况越好。我们将七大试点总权重大小按从小到大的顺序排列得到表 4。

可以看到，利用层次分析确定权重的方法，我们得到北京市碳交易政策实施情况最好，其次是深圳。

4.2. 模型二：熵权法确定指标权重模型

考虑到运用层次分析法时，人的主观判断对结果的影响极大，如果判断失误就可能造成结果的偏差。

我们进一步改进模型,使用更为客观的赋权方法——熵权法来确定指标的权重。熵权法是从客观数据出发,根据随机变量的不确定性量度,不确定性越大,熵值越大,提供的信息量越少,对应的权重也应该越小,进而得出指标权重。熵权法作为一种较成熟的方法,其详细原理在此不再赘述。本文用熵权法确定碳交易指标权重的具体步骤如下所述:

Table 3. Corresponding weights and total weight at each level

表 3. 各层次对应权重及总权重表

准则	参与企业 主体数量	交易标的	MRV 制度 实施状况	市场活跃度	累计成交量	累计成交额	履约率	行业覆盖数	方案层总权重
准则层权重	0.1027	0.2072	0.3799	0.1510	0.0597	0.0460	0.0250	0.0285	/
深圳	0.2498	0.1166	0.1315	0.4402	0.1474	0.201	0.1715	0.2062	0.1944
上海	0.1848	0.1823	0.2058	0.102	0.1546	0.1196	0.1596	0.1798	0.1742
北京	0.3081	0.2022	0.2281	0.2328	0.1321	0.1966	0.1823	0.1585	0.2213
广东	0.0759	0.1647	0.1430	0.0597	0.2270	0.1896	0.1395	0.0722	0.1331
天津	0.0340	0.1579	0.0923	0.0141	0.0209	0.0142	0.1304	0.0788	0.0808
湖北	0.0728	0.0880	0.0995	0.1124	0.2690	0.2700	0.1152	0.2031	0.1176
重庆	0.0745	0.0883	0.0997	0.0389	0.0489	0.0094	0.1016	0.1013	0.0785

Table 4. Seven cities total weight ranking

表 4. 七大试点总权重排序

北京	深圳	上海	广东	湖北	天津	重庆
0.2213	0.1944	0.1742	0.1331	0.1176	0.0808	0.0785

1) 计算第 j 个指标 ($j=1,2,3,4,5,6,7,8$) 下第 i 个碳交易试点 ($i=1,2,3,4,5,6,7$) 的指标值的比重 P_{ij}

$$P_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^7 r_{ij}}$$

2) 计算第 j 个指标的熵值 E_j

$$E_j = -\frac{\sum_{i=1}^7 P_{ij} \ln P_{ij}}{\ln 7}$$

3) 计算第 j 个指标的熵权 W_j

$$W_j = \frac{1 - E_j}{\sum_{j=1}^8 (1 - E_j)}$$

运用如上步骤计算所得权重 W_j , 计算第 i 个试点的综合得分 Q_i

$$Q_i = 100 \times \sum_{j=1}^8 W_j \times r_{ij}$$

最终计算结果各个城市的综合得分如表 5 所示(分值从大到小排列):

由于在对数据进行归一化过程中,我们将指标数值标准化为[0, 1]内,同一指标内最小数值定义为 0,最大数值定义为 1,因而放大了指标间的差异,所以这样得出的评分结果只有相对意义,没有绝对意义。在这一前提下,我们比较发现北京碳交易政策实行情况最好,其次为上海。

Table 5. Comprehensive score of carbon trading policy implementation in seven carbon trading pilots
表 5. 七大试点碳交易政策实施情况综合得分表

北京	上海	广东	深圳	湖北	天津	重庆
76.20	68.47	50.85	50.37	27.55	22.80	5.78

4.3. 模型三：灰色关联确定指标权重模型

由于我们收集到的数据量少、信息不完全，难以确定不同指标之间的关联性，故考虑结合灰色关联法来确定指标权重，它主要是根据因素之间的发展态势或相似相异的程度来衡量因子间的关联程度[5]。此处即选择适当的参考系放大同一因素不同地区之间的差异性。其确定权重的步骤如下：

- 1) 统一量纲：方法同上文数据处理所述；
- 2) 计算相对差异：选取第一个指标即参与企业主体数量的各城市数值为参考列 x_0 ，计算第 i 个碳交易试点 ($i=1,2,3,4,5,6,7$) 的第 j 个指标 ($j=2,3,4,5,6,7,8$) 与第一个指标的绝对差

$$\Delta_{0j}(i) = |x_0(i) - x_j(i)|$$

为了计算不同指标的关联参数，我们需要找到上下环境参数，它们分别是

$$\Delta_{0j}(i)_{\max} = \max_i \max_j \Delta_{0j}(i), \Delta_{0j}(i)_{\min} = \min_i \min_j \Delta_{0j}(i)$$

下简记为 $\Delta \max, \Delta \min$ 。

- 3) 求关联系数及关联度：

$$\text{关联系数 } \gamma_{0j} = \frac{\Delta \min + \rho \Delta \max}{\Delta_{0j} + \rho \Delta \max}$$

(其中 ρ 为比较参数，其范围为 0 到 1，此处取 0.5)。

限于篇幅，本文略去计算关联度的过程，具体见参考文献[5]。我们求得关联度矩阵如下所示

$$\begin{pmatrix} 0.39 & 0.39 & 0.70 & 0.58 & 0.88 & 0.71 & 0.98 \\ 0.53 & 0.53 & 0.58 & 0.89 & 0.78 & 0.53 & 0.81 \\ 1.00 & 1.00 & 0.49 & 0.43 & 0.63 & 1.00 & 0.43 \\ 0.37 & 0.59 & 0.91 & 0.43 & 0.48 & 0.37 & 0.77 \\ 0.33 & 1.00 & 1.00 & 1.00 & 0.96 & 0.34 & 0.82 \\ 0.78 & 0.78 & 0.84 & 0.37 & 0.37 & 0.68 & 0.37 \\ 0.77 & 0.77 & 0.84 & 0.91 & 0.77 & 0.77 & 0.87 \\ 0.60 & 0.72 & 0.77 & 0.66 & 0.70 & 0.63 & 0.72 \end{pmatrix}$$

计算每一列的平均值反映指标之间的关联度，即其相对第一个指标的重要程度。

- 4) 通过归一化求得权重如表 6 所示。

Table 6. Corresponding weights of indicators
表 6. 各指标对应权重

参与企业主体数量	交易标的	MRV 制度实施状况	市场活跃度	累计成交量	累计成交额	履约率	行业覆盖数
0.17	0.10	0.12	0.13	0.11	0.12	0.11	0.17

进行加权最终计算结果各个城市的综合得分如表 7 所示(分值从大到小排列)。

该方法与熵权法的结果存在着一定的差异，主要是源于该法放大了不同省市之间每个指标的差异性，

但经评价的碳交易政策实施的最好的省份仍然是北京，最差的仍然是重庆。

Table 7. Comprehensive score of carbon trading policy implementation in seven carbon trading pilots

表 7. 七大试点碳交易政策实施情况综合得分表

北京	深圳	上海	广东	湖北	天津	重庆
78.86	62.18	60.61	58.19	44.44	22.84	4.36

5. 国家碳交易市场发展的若干建议

前文给出了碳排放权交易评价体系的模型。下面本文针对模型所得结果分析实施状况较好的试点的施行特点并据此对全国碳交易市场的构建提出了若干建议。

北京、上海、广东、深圳在前文三种数学模型所建立的评价体系中均位列前四。因此，本文着重分析这四个试点在碳交易市场建设方面的特点[6]。

北京制定出台了开展碳交易的地方人大文件，如明确了参与碳交易主体的权利和义务等，为北京管理碳交易市场提供了有力的法律依据。同时，北京参与交易的重点排放单位不仅有电力、石化、水泥等传统工业企业，还包括大量服务型企业如机关事业单位、医院等，这一举措和北京市产业结构和用能单位中第三产业比重较高有关。上海的特点之一是其科学的构建测量、报告和核查(MRV)体系，统一排放MRV标准为上海市监测不同行业的排放提供有效的依据，为产业结构的调整提供相关的数据支持。深圳成立专门负责碳市场的碳交易办公室，大大提高了工作效率。其次，深圳各部门统筹合作、分工明确保证了试点工作的顺利展开。广东形成了程序化配额分配调整机制，由专门的机制负责配额调整工作，避免其他因素的干扰。

基于此实施情况较好的四个试点的施行特点，我国碳交易市场的顺利发展首先依赖于此方面立法的完善。法律应该明确配额分配机制；构建完善的测量、报告和核查(MRV)体制；确定不同分管部门的职责所在；建立完善的奖惩机制等。其次，应加强碳交易的宣传工作，从各大试点的情况来看，各大试点都出现了不少参与碳交易企业由于对碳交易的目的和概念模糊而产生抵触的情况，为此，应加强媒体对此方面的宣传力度。最后，还应该处理好交易试点和全国交易体系的矛盾问题。

相信，我国的碳交易市场会在实践中不断地得到完善。

参考文献

- [1] 曾雯. 全国碳排放权交易市场启动前的现状及建议[J]. 老区建设, 2017(10): 65-67.
- [2] 汪明月, 张琪琦, 史文强. 低碳循环经济的内涵及发展策略研究[J]. 东北农业大学学报(社会科学版), 2017, 15(5): 46-52.
- [3] 刘铠诚, 刘敦楠, 刘明光, 孟雅儒, 何桂雄, 郭炳庆. 我国碳排放交易市场建设效果综合评价研究[J]. 智慧电力, 2017, 45(7): 71-75.
- [4] 彭峰, 闫立东. 地方碳交易试点之“可测量、可报告、可核实制度”比较研究[J]. 中国地质大学学报(社会科学版), 2015, 15(4): 26-35.
- [5] 费智聪. 熵权-层次分析法与灰色-层次分析法研究[D]: [硕士学位论文]. 天津: 天津大学, 2009.
- [6] 郑爽, 等. 全国七省市碳交易试点调查与研究[M]. 北京: 中国经济出版社, 2014.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2325-2251, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: sa@hanspub.org