

山东省节能减排水平综合评测研究

殷克东, 王冰, 王冰

(中国海洋大学 经济学院, 山东 青岛 266061)

摘要: 设计构建了区域节能减排水平评价指标体系, 通过熵值法、灰色关联分析法、主成分分析法、AHP方法和 Kendall 一致性检验方法, 对山东省 17 地市节能减排水平做综合评测; 通过模糊聚类分析、动态分析和结构分析, 对山东省节能减排水平进行了梯度划分及动态评价, 反映了节能减排水平的发展变化规律, 为山东省转变经济发展方式、促进产业结构优化升级提供了参考依据。

DOI: 10.3969/j.issn.1001-7348.2010.22.041

关键词: 节能减排水平; 熵值法; 灰色关联; 聚类分析; Kendall 一致性检验

中图分类号: F127.52

文献标识码: A

文章编号: 1001-7348(2010)22-0172-05

0 引言

国家“十一五”规划纲要明确提出了“十一五”期间要实现单位国内生产总值能耗降低 20% 的约束性指标。同时, 国家相继出台了《节能中长期专项规划》等一些法律法规、政策文件。山东省“十一五”期间的目标任务为万元 GDP 能耗降低 22%, 并先后修订施行了《山东省节约能源条例》, 颁布实施了《山东省再生资源回收利用管理办法》, 制(修)订节能地方标准 35 项。节能减排不仅能推动各地区转变增长方式, 实现发展模式调整与结构优化, 打造资源节约型及环境友好型社会, 还能降低企业的经营成本, 提高市场竞争力, 优化服务与经营模式, 共同为我们赖以生存的地球创造良好的生活环境。

目前, 我国对节能减排的研究尚处起步阶段, 多侧重于节能减排的对策与措施。徐梦洁、吴韦丽等^[1]对江苏省 2000—2006 年经济总量、产业结构与能源消耗、“三废”排放的耦合关系进行了全面分析, 总结了江苏省的能耗特点和节能减排工作中存在的问题; 并根据江苏省千家企业和百家企业的分布以及不同行业“三废”排放量等指标, 明确了节能减排工作的区域与行业重点, 提出了江苏省的节能减排战略。

少数学者的研究涉及节能减排指标体系, 但主要集中在微观尺度。陈秀波^[2]在分析不同国家道路运输业节能减排的先进经验的基础上, 结合浙江省道路运输业节能减排的现状, 从政府和客运企业两个层面构建了道路运输客运业节能减排评价指标体系, 并运用特征值法、G1 法对各指

标的权重作了探索。吕安涛、张存保等^[3]针对山东省港航系统的客观实际, 构建了包括 8 个二级指标、19 个三级指标的山东省港航系统节能减排评价指标体系。

国内统一的区域节能减排评价指标体系尚未发展成熟。作为社会发展重要单元的各地区, 在节能减排工作中是重要的组织者和实施者, 需要相对完善的评估指标体系进行评价。宋马林、杨杰等^[4]从可持续发展理念出发, 寻找可持续发展与节能减排的结合方式。从宏观角度将我国各地区作为开展节能减排成效评价的基本单位, 分别从输入和产出的角度对节能减排各项指标进行了分类, 并结合国内外节能减排的实践, 拟订了评价指标体系。在此基础上运用超效率数据包络模型探讨了社会协同地区的节能减排评价模式。

综上所述, 国内对于区域节能减排评价的研究起步较晚、力量相对薄弱。本文试图在前人研究的基础上, 构建节能减排水平评价指标体系, 选取适当的综合评测模型, 对山东省 17 地市节能减排水平作综合测度研究, 并对各地区节能减排水平进行梯度类型划分和动态评价, 希望以此来探明山东省节能减排水平的动态变迁特征, 为各地区转变经济发展方式、促进产业结构优化升级提供科学依据。

1 节能减排水平评价指标体系

1.1 节能减排水平

节能减排是指减少能源消耗和降低污染物排放。《中华人民共和国节约能源法》中的节约能源(简称节能), 是指指

收稿日期: 2010-06-30

基金项目: 国家公益项目: 海洋主要产业循环经济发展模式与滨海电厂示范区研究——海洋产业循环经济理论模式与综合评价研究阶段性成果(200705030)

作者简介: 殷克东(1965-), 男, 山东临沂人, 博士, 中国海洋大学经济学院金融系主任、教授, 研究方向为宏观经济数量分析、管理科学与工程; 王冰(1985-), 男, 山东淄博人, 中国海洋大学经济学院硕士研究生, 研究方向为金融市场与金融工程; 王冰(1983-), 女, 山东青岛人, 中国海洋大学硕士研究生, 研究方向为数理金融学方法与应用。

强用能管理, 采取技术上可行、经济上合理以及环境和社会可以承受的措施, 从能源生产到消费的各个环节, 降低消耗、减少损失和污染物排放、制止浪费, 有效、合理地利用能源。节能和减排关系到能源发展与环境保护, 世界上多数国家都将环境保护作为能源战略的重要目标或重要因素。

结合节能减排的内涵, 本文认为, 节能减排水平是一个国家或地区节能减排工作的政府管理水平、资金投入力度和目标实施强度的综合反映, 是该国家或地区能源利用效率和污染降低程度的集中体现。明确节能减排水平关系到一个国家或地区推进经济结构调整, 转变增长方式工作的进展, 是建设资源节约型、环境友好型社会的必然选择。

1.2 节能减排水平评价指标体系设计

节能减排水平不仅取决于一个国家或者地区对待节能减排的态度, 即政策制定水平与资金投入力度, 还取决于节能减排工作的落实程度。与此同时, 节能减排水平与国家或者地区的经济发展水平也密切相关。虽然节能减排逐渐成为学术界的研究热点, 但目前尚没有形成统一的评价指标体系。因此, 文章在遵循逻辑相关设计、数据相关设计和趋势相关设计等原则的基础上, 基于节能减排水平测评理论体系、实证体系和统计体系的完整性、准确性和科学性, 从节能减排水平的概念和内涵出发, 对综合反映节能减排水平的要素进行属性归类和时空聚类, 构建了节能减排水平评价指标体系(见表 1), 既保证了上下层指标的关联性和信息的覆盖性, 也避免了同层指标间的重叠性和交叉性。

表 1 节能减排水平评价指标体系

目标层	控制层	变量层
区域节能减排水平	节能减排组织机构建设水平 X_1	节能减排机构设置合理度 X_{11}
		节能减排机构人员职责明确度 X_{12}
		节能减排机构人员职能履行度 X_{13}
	节能减排政策的贯彻执行水平 X_2	节能减排政策制定水平 X_{21}
		节能减排政策宣传水平 X_{22}
		节能减排政策执行力度 X_{23}
		单位 GDP 烟尘排放量(吨/亿元) X_{31}
	污染物排放水平 X_3	单位 GDP 二氧化硫排放量(吨/亿元) X_{32}
		单位 GDP 废水排放量(万吨/亿元) X_{33}
		单位 GDP 固体废物排放量(万吨/亿元) X_{34}
	能源消耗水平 X_4	单位 GDP 能耗(吨标准煤/万元) X_{41}
		单位 GDP 耗电(千瓦时/万元) X_{42}
		单位 GDP 取水量(立方米/万元) X_{43}
	节能减排项目建设水平 X_5	施工项目当年完成投资额(万元) X_{51}
当年施工项目总数(个) X_{52}		
当年竣工项目总数(个) X_{53}		
污染物治理水平 X_6	主要污染物治理设施的配备率(%) X_{61}	
	废水排放的达标率(%) X_{62}	
	固体废物的综合利用率(%) X_{63}	
经济发展水平 X_7	人均 GDP(元) X_{71}	
	人均工业 GDP(元) X_{72}	

2 节能减排水平综合评测模型

多指标综合评价法主要有主成分分析法、AHP 方法、熵值法、灰色关联评价法、ANP 方法、模糊综合评价方法、神经网络评价方法、小波网络多属性综合评价等主客观方法。由于节能减排水平评价涉及众多指标, 同时考虑到统

计数据的可得性、完整性和可靠性, 本文采用主客观评价相结合的方法, 构建了节能减排水平评价的综合测度模型, 充分利用了主客观评价方法的优势互补特点, 弥补了原有各自方法的不足, 保留了主客观评价的真实性。

2.1 综合测评模型选择

2.1.1 熵值法

熵值法是借鉴信息论中“熵是对不确定性的一种度量”的概念, 所形成的一种综合评价方法。考虑到指标权重的重要性, 文章根据熵的特点, 用熵值来判断影响节能减排水平评价指标的离散程度, 并用以反映各指标对综合评价结果的影响大小。由于采用熵值法的测算结果作为综合评价指标的权重, 因此, 熵值法加权综合评价结果的客观性很强。

2.1.2 灰色关联度法

灰色关联度分析方法主要是针对样本空间小, 指标关系模糊的系统进行灰色关联综合评价。节能减排水平是一个发展变化的复杂系统, 具有明显的层次复杂性、结构关系的模糊性、动态变化的随机性、指标数据的不完全性和不确定性。因此, 运用灰色关联度分析方法对节能减排水平进行综合评价是比较合适的。

2.1.3 主成分分析法

主成分分析法是将多个指标化为较少的、新的、不相关的主成分指标, 利用方差贡献率作为主成分的权重, 通过一般加权的思想测度研究对象的评价方法。主成分评价给出了指标包含的信息量权重, 具有合理、可比、客观性等优点。

2.1.4 层次分析法

层次分析法是对存在不确定情况及多种评价准则问题进行决策的一种方法。这种方法基于定性与定量相结合, 将决策的经验量化, 是比较实用的决策方法之一。AHP 方法首先对涉及的因素进行分类, 找出相互关系, 构造递阶层次结构。通过专家对不同因素的两两比较结果, 计算不同指标对目标的重要程度(权重)。

2.2 一致性检验方法

Kendall 协同系数^[5]是表示多列等级变量相关程度的一种方法, 利用 Kendall 协同系数可以对多种评价方法的排序结果进行一致性检验。

Kendall 协同系数检验的原假设是 H_0 : m 种评价结果不具有有一致性, 备择假设 H_1 : m 种评价结果具有有一致性。假设用 m 种方法对 n 个个体进行评价, R_i 为第 i 个个体的 m 个秩的和。Kendall 协同系数为:

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)}, \text{ 其中 } S = \sum_{i=1}^n [R_i - \frac{m(n+1)}{2}]^2$$

检验统计量为: $c^2 = m(n-1)W$ (c^2 服从自由度为 $n-1$ 的 c^2 分布)。

2.3 综合评测模型设计

熵值法、层次分析法以及灰色关联度分析, 甚至主成分分析法都利用到了加权的思想。其中, 层次分析法属于主观评价方法, 其它 3 种都是客观方法。每种评价方法各有优劣, 很难单纯根据一种评价方法给出最终的评价结

果。而神经网络评价方法、小波网络多属性综合评价等方法，由于对数据质量要求较高，对有限数据的节能减排水平的评价结果会受到质疑。因此，本文根据熵值法、灰色关联分析法、主成分分析法和层次分析法各自的特点，结合 Kendall 一致性检验，设计了综合评测模型。通过主客观的综合评价，可以充分利用各种方法的优点并有效弥补各自方法的不足，借用 Kendall 协同系数对测评结果进行一致性检验，保证了评价结果的科学性、一致性和准确性。

3 山东省节能减排水平综合评测

3.1 数据的收集与处理

限于节能减排组织机构建设水平和节能减排政策的贯彻执行水平所包含的 6 个变量层指标，以及主要污染物治理设施的配备率不易量化，故文章使用以下 14 个变量作为山东省节能减排水平评价指标，即单位 GDP 烟尘排放量(吨/亿元) X_{31} 、单位 GDP 二氧化硫排放量(吨/亿元) X_{32} 、单位 GDP 废水排放量(万吨/亿元) X_{33} 、单位 GDP 固体废物排放量(万吨/亿元) X_{34} 、单位 GDP 能耗(吨标准煤/万元) X_{41} 、单位 GDP 电耗(千瓦时/万元) X_{42} 、单位 GDP 取水量(立方米/万元) X_{43} 、施工项目当年完成投资额(万元) X_{51} 、当年施工项目总数(个) X_{52} 、当年竣工项目总数(个) X_{53} 、废水排放的达标率($\%$) X_{62} 、固体废物的综合利用率($\%$) X_{63} 、人均 GDP(元) X_{71} 、人均工业 GDP(元) X_{72} 。本文的数据均引自 2008—2009 年《山东统计年鉴》公开的统计数据 and 资料，通过整理计算得出。

为了消除指标量纲的影响，解决各指标不同量纲无法进行综合汇总的问题，本文对数据进行了无量纲化处理，这里选择的无量纲化方法是归一化，将数据变为 0 到 1 之间的数据。

由于 X_{31} 、 X_{32} 、 X_{33} 、 X_{34} 、 X_{41} 、 X_{42} 、 X_{43} 、 X_{51} 、 X_{52} 、 X_{53} 、 X_{71} 、 X_{72} 是成本型指标，应用的归一化变换公式为：

$$x'_{ij} = \frac{\max_i(x_{ij}) - x_{ij}}{\max_i(x_{ij}) - \min_i(x_{ij})}$$

由于 X_{62} 、 X_{63} 是效益型指标，应用的归一化变换公式为：

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_i(x_{ij})}{\max_i(x_{ij}) - \min_i(x_{ij})}$$

采用上述变换进行数据规范化后，所得的效益型数据最佳为 1，最差为 0；成本型数据最佳为 1，最差为 0。

3.2 指标权重的确定

权重是对指标重要性的度量，表示评价指标在整个评价指标体系中的重要程度，反映了指标对评价对象的重要程度、指标属性值的差异程度和指标属性值的可靠程度。文章根据综合评测模型的特点，分别采用主观赋权法(层次分析法)和客观赋权法(熵值法)对指标权重进行测算。

3.2.1 客观赋权法—熵值赋权法的权重

根据熵值的计算公式，得到节能减排水平各指标权重(2008 年)(见表 2)。

3.2.2 主观赋权法—层次分析法的权重

通过专家打分得到的各个判断矩阵的一致性检验指标

CR 值均小于 0.05，一致性误差在可接受范围内。根据矩阵特征值理论得到 4 个一级指标对总体以及各二级指标对相应一级指标的权重，并利用加权积得到各个指标对节能减排水平的总体权重(2008 年)(见表 3)。

表 2 熵值赋权法求得的各指标权重

X_{31}	X_{32}	X_{33}	X_{34}	X_{41}	X_{42}	X_{43}
0.117 6	0.071 2	0.112 9	0.048 9	0.049 9	0.094 7	0.068 7
X_{51}	X_{52}	X_{53}	X_{62}	X_{63}	X_{71}	X_{72}
0.081 6	0.057 6	0.059 0	0.073 4	0.058 2	0.055 7	0.050 7

表 3 层次分析法求得的各指标权重

X_{31}	X_{32}	X_{33}	X_{34}	X_{41}	X_{42}	X_{43}
0.077 7	0.063 6	0.077 7	0.052 1	0.055 3	0.072 2	0.077 2
X_{51}	X_{52}	X_{53}	X_{62}	X_{63}	X_{71}	X_{72}
0.052	0.052	0.063 6	0.103 9	0.085 1	0.083 8	0.083 8

3.3 综合模型评测结果

根据熵值法、灰色关联度法、主成分分析法和层次分析法 4 种评价方法，分别对山东省 17 地市节能减排水平进行评测，得到的评测结果(2008 年)如表 4 所示。

表 4 2008 年山东省节能减排水平评测结果及排名情况

	熵值法	排名	灰色关联度法	排名	主成分分析法	排名	层次分析法	排名
济南市	1.80	2	0.87	6	0.82	5	0.79	3
青岛市	1.77	6	0.91	3	0.87	4	0.79	4
淄博市	1.49	17	0.66	17	1.04	15	0.54	17
枣庄市	1.64	12	0.78	13	0.49	12	0.68	12
东营市	1.79	4	0.91	2	1.41	2	0.73	8
烟台市	1.80	3	0.89	5	0.96	3	0.78	5
潍坊市	1.68	10	0.79	11	0.12	8	0.71	9
济宁市	1.69	9	0.79	12	0.01	9	0.69	10
泰安市	1.75	7	0.86	7	0.26	7	0.76	6
威海市	1.86	1	1.01	1	1.85	1	0.81	1
日照市	1.71	8	0.85	8	0.13	10	0.76	7
莱芜市	1.51	15	0.72	15	2.16	17	0.55	16
临沂市	1.78	5	0.90	4	0.50	6	0.80	2
德州市	1.51	14	0.73	14	0.86	14	0.55	15
聊城市	1.50	16	0.71	16	1.11	16	0.56	14
滨州市	1.67	11	0.80	10	0.21	11	0.68	11
菏泽市	1.60	13	0.83	9	0.81	13	0.67	13

3.4 Kendall 协同系数检验

表 4 的测度数据表明，虽然每个地区的 4 种测度结果存在一定的差异，但是，4 种方法的测度结果顺序具有较高的一致性。威海、济南、青岛等地区的节能减排水平位于前列，聊城、淄博、莱芜等则比较落后。

Kendall 协同系数检验结果如表 5 所示($m=4, n=17$)。

表 5 2006 年测度数据的 Kendall 一致性检验

N	Kendall's W ^a	Chi-Square	Df	Exact Sig.
4	0.944	60.431	16	0.000

表 5 中，Kendall's W 为 0.944，表明秩的组间差异越大，被评价对象的测度数据间有差异越显著，说明 4 种评价方法的测度数据具有较高的一致。同时，一致性检验统计量为 60.431， $p=0.000$ ，远远小于 0.01，所以拒绝 H_1 ，接受 H_0 。因此，在 99% 的概率保证度下，4 种测度数据结果非常一致性，可以用 4 种测度方法进行 2007 的综合测度。

3.5 节能减排水平综合评价结果

Kendall 协同系数检验证明 4 种评测结果具有较高的一

致性, 因此, 可以将 4 种评测数据进行综合测算。为了保证评价结果的可比性, 将 4 种评测数据分别进行标准化处理, 利用公式(1)将得分范围变为 50 到 100 之间。

$$Y_i = \frac{Y_i - \min(Y_i)}{\max(Y_i) - \min(Y_i)} \cdot 50 + 50 \quad (1)$$

将 4 种测算结果的算术平均值作为综合得分, 综合测评结果如表 6 所示。

表 6 2008 年山东省节能减排水平评测结果及排名情况

	熵值法	灰色关联度法	主成分分析法	层次分析法	综合得分
济南市	91.38	80.18	87.13	95.69	88.60
青岛市	87.02	84.78	87.81	95.29	88.72
淄博市	50.00	50.00	63.88	50.00	53.47
枣庄市	69.10	66.24	70.76	76.43	70.63
东营市	90.06	85.25	94.45	85.73	88.87
烟台市	91.09	81.66	88.92	93.90	88.89
潍坊市	74.69	67.98	78.39	82.40	75.87
济宁市	76.68	67.75	76.99	78.54	74.99
泰安市	84.85	78.60	80.16	91.52	83.78
威海市	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
日照市	79.45	76.14	75.30	89.82	80.18
莱芜市	51.46	57.99	50.00	52.74	53.05
临沂市	88.64	83.32	83.16	97.15	88.07
德州市	51.61	59.47	66.21	52.85	57.54
聊城市	50.59	56.17	63.11	54.24	56.03
滨州市	73.14	69.40	74.27	77.00	73.45
菏泽市	64.43	73.54	66.77	74.98	69.93

威海市节能减排水平的综合得分最高, 济南、青岛、东营、烟台、临沂的得分均在 85 以上, 属于节能减排水平最强的地区; 泰安、日照、潍坊节能减排水平一般, 得分在 80 左右; 济宁、滨州、枣庄、菏泽较差; 莱芜、德州、聊城、淄博的得分都在 60 以下, 其节能减排水平最差。各方法的评测结果具有较高的一致性, 仅仅存在个别差异, 说明该测算结果是可靠的。

3.6 基于聚类分析的测评结果验证

本文运用聚类方法, 对各变量的原始数据作标准化变换, 采用欧氏距离计算样本之间的距离, 选用离差平方和法(Word 法)进行聚类。2008 年山东省 17 地市节能减排水平聚类结果如图 1 所示。

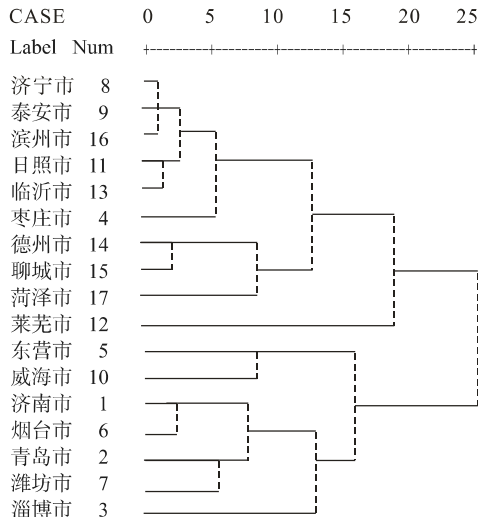


图 1 聚类分析结果

聚类结果表明, 若将 17 地市归为 6 类, 则第一类为济南、青岛、烟台、潍坊, 第二类为威海与东营, 第三类为枣庄、济宁、泰安、日照、临沂、滨州, 第四类为德州、聊城、菏泽, 淄博、莱芜为第五及第六类。该结果与节能减排水平评价结果比较可见, 聚为一类的地区得分较为靠近, 排名相邻, 聚类分析结果有效地验证了节能减排水平的综合评价结果。

4 山东省节能减排水平的动态变迁

4.1 山东省节能减排水平的动态评价

为了更好地反映山东省节能减排水平的动态变化情况, 本文对 2007—2008 年的 17 地市节能减排水平综合测评结果进行比较, 如图 2 所示, 以此来分析山东省节能减排水平的发展态势。

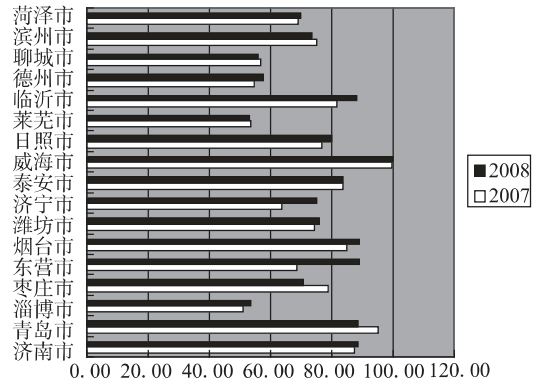


图 2 2007—2008 年山东省节能减排水平综合评价条形图

总的来看, 2008 年山东省大多数地区的节能减排水平较 2007 年均有所提高。其中, 临沂、东营和烟台地区的节能减排水平提高明显, 2008 年跨入第一梯队。对比两年数据发现, 这 3 个城市的污染物排放量、单位 GDP 耗能均有明显减少。特别是东营市, 2008 年工业增加值占地区生产总值的比例为 73.08%, 在维持工业发展速度的同时促进节能减排水平, 这与各地方政府与人民节能意识增强、调度有条不紊、工作效率提高密切相关。

威海、青岛、济南的节能减排水平一直处于高位。这 3 个城市经济发展迅速, 服务业增加值占地区生产总值的比例较高; 科研力量雄厚, 均具有较强的节能减排技术改造与技术研发能力, 新产品、新技术、新设备取得了显著的经济效益和社会效益。

枣庄市则出现了较大幅度的退步, 综合得分由 2007 年的 78.95 下降到 2008 年的 70.63, 潍坊也有小幅下降, 二者均由第二梯队跌入第三梯队。2008 年, 枣庄与潍坊的污染物排放量与耗能均有减少, 但降低的幅度低于其它各地区。由于对原始数据的归一化处理方式有局限性, 当年的节能减排水平评价是对比各地区的评测结果, 于是便出现了节能减排水平下降的情况。

泰安、日照、滨州、菏泽、济宁得分变化不大, 排名相对固定; 聊城、德州、莱芜、淄博地区是山东省节能减排水平最低的地区, 两年均稳定在第四梯队。这些城市各指标也都有所改善, 但提高的步伐较为平均, 工业增加值

占地方生产总值的平均比例为 53.21%，聊城、德州、莱芜、淄博四地的平均比例高达 57.52%；服务业增加值占地方生产总值的平均比例为 30.19%，依靠工业促进经济发展为地方政府调整经济结构、转变经济发展方式提出了新的要求。

4.2 山东省节能减排水平梯度划分

参考综合评测结果以及聚类分析结果，对山东省各地市节能减排水平进行梯度划分，结果如表 7 所示。

表 7 2007—2008 年山东省各地市节能减排水平梯队划分

年份	第一梯队	第二梯队	第三梯队	第四梯队
2007 年	威海、青岛、 济南	烟台、泰安、 临沂、枣庄、 日照	滨州、潍坊、荷 泽、东营、济宁	聊城、德州、 莱芜、淄博
2008 年	威海、烟台、 青岛、济南、 东营、临沂	泰安、日照、 潍坊	滨州、枣庄、荷 泽、济宁	聊城、德州、 莱芜、淄博

第一梯队：威海、青岛、济南、烟台。此梯度内各地区的单位 GDP 污染物排放量低、单位 GDP 耗能少，这使得城市环境污染程度低。另外，它们的节能减排施工项目投资额虽不是所有地区中最多的，但也具备一定规模，污染治理水平也相对较高。

第二梯队：泰安、日照、临沂、东营。某一项污染物排放指标和能耗指标高、项目投资额和项目总数不多、固体废物利用率低是该梯度各地区的特点。除东营外，其它 3 个地区的经济发展相对缓慢，人均 GDP 和人均工业 GDP 在所有城市中处于下游水平。

第三梯队：滨州、菏泽、济宁、枣庄、潍坊。这些地区污染物排放量和耗能量较高，污染治理水平差，项目投资额度少，经济发展较为落后。如何促进节能减排与经济共同发展是一个困难的问题。

第四梯队：聊城、德州、莱芜、淄博。高污染物排放量、高耗能的特点增加了此类地区节能减排工作的难度。在施工项目投资额和施工项目总数均为最高的情况下，污染治理水平包括废水排放的达标率、固体废物的利用率

等指标仍低于其它地区。此梯度包含的城市均为重工业较为发达的地区，经济增长与环境保护如何协调发展将成为该类地区亟待解决的问题。

5 结束语

文章构建了节能减排水平评价指标体系。运用熵值法、灰色关联法、主成分分析法、层次分析法 4 种评价方法，在 Kendall 协同系数检验的基础上构建了综合评测模型，在主观方法相结合，保证了评价结果的准确性与客观性。同时，基于节能减排水平的聚类结果对评价结果进行验证，提高了评测结果的可信度与全面性。

通过对山东省节能减排水平评测研究，本文探明了山东省 17 地市节能减排水平的梯度类型及动态发展过程，对各地区因地制宜，促进各自节能减排工作的开展，做到“领导重视、机构明确、职责清晰、制度完善、财力支持、措施有力、效果显著”，促进节能减排与经济共同发展，实现人与自然和谐统一具有积极的指导意义。

参考文献：

[1] 徐梦洁, 吴韦丽, 等. 江苏省节能减排战略研究[J]. 环境科技, 2009, 22(1).

[2] 陈秀波. 浙江省道路运输客运业节能减排评价指标体系研究[D]. 西安: 长安大学, 2008.

[3] 吕安涛, 张存保, 等. 山东省港航系统节能减排评价指标体系研究[J]. 交通信息与安全, 2009, 27(6).

[4] 宋马林, 杨杰, 等. 国内各地区节能减排评价研究[J]. 资源开发与市场, 2008, 24(1).

[5] 宁自军. 多种综合评价方法的综合应用[J]. 数理统计与管理, 2000(5).

[6] 宋马林. 基于经济外部性的节能减排评价研究[J]. 广东轻工职业技术学院学报, 2007, 6(3).

(责任编辑：查晶晶)

Comprehensive Evaluation of Energy-Saving and Emission-Reducing Level in Shandong Province

Yin Kedong, Wang Bing

(Ocean University of China, Qingdao 266061, China)

Abstract: The paper established an index system for the evaluation of regional energy-saving and emission-reducing level. Through the Entropy Method, Gray Relational Analysis, Principal Component Analysis and Analytic Hierarchy Process respectively combined with Kendall consistency test, this paper evaluated the energy-saving and emission-reducing level of 17 cities in Shandong province. Cluster analysis, dynamic analysis and structural analysis was done on Shandong's energy-saving and emission-reducing level to reveal the dynamic changes and divide the grad. The results objectively and truly reflected the developmental characteristics of the energy-saving and emission-reducing level and provided a scientific evidence for Shandong province to change the mode of economic growth and formulate the development planning industry.

Key Words: Energy-saving and Emission-reducing Level; Entropy Method; Gray Relational Analysis; Cluster Analysis ; Kendall Consistency Test