

中国省级环境绩效评估动态研究

董战峰¹, 郝春旭¹, 袁增伟², 徐鹤³, 王婷²

1. 环境保护部环境规划院, 北京 100012

2. 南京大学环境学院, 南京 210023

3. 南开大学环境学院, 天津 300071

摘要 基于构建的中国省级环境绩效评估方法学, 定量评估了中国 30 个省级地区 2004—2013 年的环境绩效发展趋势, 分析了各省级地区的环境绩效变化规律、环境绩效与经济发展水平的规律关系、影响省级地区环境绩效表现的关键性指标及中国东、中、西部地区环境绩效的空间异质性特征。研究结果表明, 中国各省级地区环境绩效呈现一定波动性, 环境绩效总体呈现持续改进趋势; 环境绩效空间格局特征总体呈现东部好于中部、中部好于西部的梯度格局; 生态保护指标是东部地区的短板。提出中西部地区在推进城镇化时, 要加强对水源河流的管理、重视生态环境规划建设、提高资源利用效率、加大环境治理投入力度等建议。

关键词 省级; 环境绩效评估; 方法学; 动态评估; 空间格局

过去 10 年来, 中国经济快速发展, 经济总量已经跃居到世界第 2 位, 在推进城镇化、减贫、保护生态环境等方面做出了巨大的努力^[1-2], 也为全球可持续发展做出了重要贡献^[3]。这对于处于工业化进程中的发展中大国而言殊为不易。开展地区性环境绩效研究是分析环境发展规律、识别关键约束因子、促进可持续发展的重要途径^[4-5]。国际上, 许多机构与学者开展环境绩效评估研究^[6-9], 以耶鲁大学为首的研究组自 2006 年开始每 2 年发布 1 次全球 EPI 报告, 旨在跟踪评估世界不同国家环境绩效水平^[10]; 经济合作与发展组织 (Organization for Economic Co-operation and Development, OECD) 的环境绩效评估于 1991 年开始实施, 被认为是改善评估对象国环境管理水平的一项重要手段, 评估对象也从

成员国基于自愿原则逐步扩展到非成员国, 中国也是参评国之一^[11]。在中国环境问题频发的现实需求压力下, 对中国环境绩效的研究纷纷涌现, 众多学者对中国政府环境绩效评估的内涵、评估方法、指标体系等进行了探索。曹国志等^[12-15]探讨了政府环境绩效评估的内涵及其体系构建; 董战峰等^[16-18]开展了指标体系、评价方法和评估制度建设方面的研究。以往研究主要集中于静态某一时间节点的评估, 而开展动态环境绩效评估对于识别评估对象的特征和内在驱动要素更为重要。本研究基于自下而上的方法, 开展中国 30 个省级地区在 2004—2013 年的环境绩效评估 (不包括香港、澳门、台湾和西藏自治区), 分析国家和区域格局层面环境绩效动态演变规律和关键影响因子。

收稿日期: 2017-11-09; 修回日期: 2017-12-07

基金项目: 中央财政预算项目

作者简介: 董战峰, 副研究员, 研究方向为环境战略与规划、环境经济与环境政策, 电子信箱: dongzf@caep.org.cn; 郝春旭 (通信作者), 博士, 研究方向为环境绩效评估、环境经济政策, 电子信箱: haochx@caep.org.cn

引用格式: 董战峰, 郝春旭, 袁增伟, 等. 中国省级环境绩效评估动态研究[J]. 科技导报, 2018, 36(2): 67-80; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2018.02.008

1 研究方法 with 数据来源

1.1 研究方法

主要采取以下方法构建中国省级环境绩效评估指标体系,并定量开展指标数据的多维度深度挖掘,分析中国省级环境绩效变化的规律性趋势和主要特征。

1) 主题框架法。采用主题框架法,通过识别中国在2004—2013年来的关键环境问题,构建了反映中国发展阶段特征的环境绩效评估指标体系。

2) 目标渐进法。采用该方法对各指标进行数据标准化处理。指标分为正向和负向2类,正向指标的数值越大越好,负向指标反之。

正向指标标准化:正向指标值越大越好的指标,按照式(1)标准化。

负向指标标准化:负向指标值越小越好的指标,按照式(2)标准化。

$$X_s = \frac{X - V_{\min}}{t - V_{\min}} \quad (1)$$

$$X_s = \frac{X - V_{\max}}{t - V_{\max}} \quad (2)$$

其中 X_s 为标准化值, x 为指标值, V_{\min} 为最小值, V_{\max} 为最大值。

经上述处理后,47个指标的原始统计数值转换成0~100之间具有可比性的指标得分,标准化得分大于100时取100。

相关性分析。采用相关性分析衡量环境绩效与经济发展的关联程度,识别中国省级地区的环境绩效与经济发展水平的规律联系。其结果的评判标准为 r 值,即皮尔森相关系数(Pearson correlation)。其性质如下。

当 $r > 0$ 时,表示两变量正相关;当 $r < 0$ 时表示两变量负相关。

当 $|r| \geq 0.8$ 时,可以认为两变量间高度相关。

当 $0.5 \leq |r| \leq 0.8$ 时,可以认为两变量中度相关。

当 $0.3 \leq |r| \leq 0.5$ 时,可以认为两变量低度相关。

当 $0 \leq |r| \leq 0.3$ 时,说明相关程度弱,基本上不相关。

3) 均权法。确定指标权重,对47个四级指标进行相关性分析,然后采用区分度分析法,剔除变异系数较小的指标,避免指标信息重复。采用均权法对中国省级环境绩效评估指标分配权重系数。

4) 线性加权法。采用环境绩效指数(EPI)来表征减缓环境恶化和改善环境状态的环境管理能力水平状况,在对评估指标进行标准化处理后,依据权重分配来

进行EPI的综合评价,即

$$E = \sum_{i=1}^n (W_i X_i) \quad (3)$$

式中, E 为EPI, i 为指标序号; n 为指标总数; W_i 为第 i 个指标权重; X_i 为第 i 个指标的标准化值。

5) 聚类分析法。采用聚类分析法将30个省10年环境绩效得分总体趋势进行分类,将发展水平相近的省份归类分档,分析各省级地区的环境绩效规律。

6) 贡献率排序值法。运用贡献率排序值法衡量各四级指标在环境绩效得分中的重要程度,识别各影响EPI变化的指标情况。提出了基于各个指标在某个时间、某个区域内贡献率的排序作为其重要性衡量的方法,假定在1个时间1个区域上的所有指标值为 $X_i (i = 1, 2, \dots, n)$,其中 n 为指标个数, n 个指标按从大到小的顺序排序为 $R(X_i)$, $R(X_i)$ 的取值范围为1到 n ;如果 X_i 是随机变量,那么 $R(X_i)$ 也是一个随机变量,则有第 i 个指标 X_i 的排序为 j 的概率为

$$\rho_{ij} = P(R(X_i) = j) \quad i, j = 1, 2, \dots, n$$

根据 ρ_{ij} 的计算结果,得到第 i 个指标 X_i 的排序小于 j 的概率

$$P_{ij} = P(R(X_i) \leq j) = \sum_{k=1}^j \rho_{ik}$$

同时,也可以得到 $R(X_i)$ 的相关统计量

$$E(R(X_i)) = \sum_{j=1}^n R(X_i) \rho_{ij}$$

$$VAR(R(X_i)) = E(R(X_i)^2) - E(R(X_i))^2$$

$$= \sum_{j=1}^n R(X_i)^2 \rho_{ij} - \left(\sum_{j=1}^n R(X_i) \rho_{ij} \right)^2$$

1.2 指标体系与数据来源

采用主题框架模型,识别出与中国省级环境绩效相关的主要问题,以及各主题下的次级主题问题,建立4层次多维度评估指标体系,包括4项二级指标、14项三级指标及47项四级指标(表1)。所有数据均为公开数据源,来源主要为《中国统计年鉴》、《中国环境统计年鉴》和《中国能源统计年鉴》等。

2 结果与讨论

2.1 环境绩效综合指数动态评估

2.1.1 EPI得分

中国各省级地区境绩效呈现一定波动性(表2)。30个省级地区的综合环境绩效得分均值为63.08分,其

表1 省级环境绩效评估指标体系

Table 1 Index system of provincial environmental performance evaluation

二级指标	三级指标	四级指标
环境健康	空气质量	PM ₁₀ 年平均浓度
		SO ₂ 年平均浓度
		NO ₂ 年平均浓度
		空气质量达到二级以上天数占全年比重
	水质	城市用水普及率 农村改水收益率
噪声	道路交通噪声 区域环境噪声	
环境卫生	生活垃圾无害化处理率 城市居民粪便处理率 农村卫生厕所普及率	
废物管理	工业废水中有害物质排放当量数(汞、镉、六价铬、铅、砷、挥发酚、氰化物) 工业危险废物安全处置率 工业固体废物处置率	
生态保护	城镇绿化	人均公园绿地面积 建成区绿化覆盖率
	农业与土地管理	农药使用强度 化肥施用强度 水土流失治理面积占国土面积比例
	生物多样性	自然保护区占辖区面积比重 森林覆盖率 植被覆盖指数 生物丰度指数
资源可持续利用	气候变化	单位GDP CO ₂ 排放量 人均CO ₂ 排放量
	能源利用	非化石能源消费量占能源消费总量的比重 单位GDP能源消费总量
	资源利用	单位GDP新鲜水耗 水资源缺乏指数 单位工业增加值新鲜水耗 工业用水重复利用率 城市再生水利用率 工业固体废物综合利用率
环境治理	污染控制	工业SO ₂ 排放强度
		工业氮氧化物(NO _x)排放强度
		工业烟尘排放强度
废水化学需氧量(COD)排放强度		
废水氨氮排放强度		
污染治理	污染治理	工业SO ₂ 排放达标率
		工业烟尘排放达标率
工业废水排放达标率		
城市污水处理率		
环境管理	环境治理投资占GDP的比重 环境事故发生指数 环保机构人员占地区总人口的比重 环境信访比重	

表2 2004—2013年EPI得分
Table 2 EPI scores from 2004 to 2013

地区	EPI									
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
北京	74.13	81.75	72.76	70.40	71.68	76.66	74.34	79.46	79.74	83.97
天津	64.79	70.44	65.34	68.42	69.97	72.76	70.40	74.73	74.60	78.42
河北	58.01	68.84	57.72	63.32	64.92	66.15	70.29	77.66	71.52	75.76
山西	54.40	56.89	46.93	55.92	59.14	59.61	61.30	66.32	67.16	68.58
内蒙古	57.04	59.00	54.96	52.95	59.07	60.60	61.58	66.58	69.96	76.62
辽宁	59.50	66.16	57.71	58.42	61.44	63.63	62.70	68.10	70.04	71.68
吉林	54.74	63.70	50.74	54.27	55.97	60.15	61.09	71.94	66.80	73.23
黑龙江	57.84	60.06	53.93	54.11	55.38	56.78	53.99	60.45	57.11	66.25
上海	59.29	62.24	63.66	57.47	56.07	53.72	54.53	52.35	58.99	60.30
江苏	62.77	70.95	63.61	65.09	67.39	67.05	68.00	71.06	71.96	75.11
浙江	58.01	71.12	58.02	55.51	62.85	67.40	67.65	72.44	74.30	70.83
安徽	60.08	68.82	61.12	62.01	63.30	63.44	64.26	70.55	73.37	77.70
福建	61.91	74.57	59.19	66.88	69.53	68.95	70.72	76.45	75.56	77.06
江西	59.02	65.96	60.39	62.05	64.05	68.10	70.26	79.60	77.18	78.29
山东	61.93	68.88	68.76	67.40	69.29	65.22	70.11	72.47	72.31	72.89
河南	61.47	65.03	56.03	59.35	59.52	60.97	59.92	65.34	64.21	66.34
湖北	57.20	62.19	54.31	57.48	60.07	64.71	63.33	69.09	70.21	74.51
湖南	50.85	56.21	45.30	49.67	53.84	59.73	59.05	65.28	65.23	67.67
广东	52.03	67.20	58.16	58.62	65.97	65.07	70.45	68.81	69.24	71.57
广西	46.51	59.60	49.84	48.22	55.56	64.63	66.76	64.65	69.46	71.42
海南	61.19	69.96	58.48	60.58	59.57	61.19	58.06	60.97	68.27	68.64
重庆	48.87	57.26	56.73	62.88	60.74	59.71	66.34	74.71	73.72	78.46
四川	56.88	61.61	58.20	60.87	62.00	63.00	67.84	73.67	71.10	72.44
贵州	43.42	46.69	40.90	38.38	42.51	45.59	46.62	52.16	57.81	64.43
云南	62.54	60.25	50.76	59.34	60.02	67.48	69.43	72.85	68.59	75.45
陕西	56.09	60.94	52.51	54.61	62.95	66.26	67.96	70.11	72.81	70.04
甘肃	54.95	59.16	53.34	55.28	53.46	56.13	54.60	57.53	59.93	70.50
青海	67.91	64.76	59.05	61.74	62.69	64.23	59.10	62.98	58.91	61.26
宁夏	50.56	58.11	54.01	59.60	57.03	61.46	65.03	64.05	64.23	66.91
新疆	55.21	52.40	45.65	49.12	48.72	51.18	50.65	55.88	57.87	66.66
均值	57.64	63.69	56.27	58.33	60.49	62.72	63.55	67.94	68.41	71.77

中北京、天津、福建和山东4个地区10年环境绩效得分均在68分以上,表现优秀;贵州、新疆2个地区的环境绩效指数平均得分在57分之下;除青海以外,其余29个省份均有不同程度改善。

2.1.2 二级指标得分均值变化

所研究的中国30个省级地区环境绩效总体呈现出持续改进趋势,环境绩效平均得分保持不断上升的趋势,2013年平均环境绩效得分最高为71.77。其中,2004—2005年环境绩效得分保持上升趋势,但2006年相比于2005年环境绩效下降明显,主要由于环境健康和生态保护两个指标得分均下降了3~4分。另外,从二

级指标得分均值看,2006—2013年环境绩效平均得分保持不断上升的趋势,且各年间4项二级指标都有不同程度的增加,表明中国环境绩效水平总体在变好。2006—2013年资源可持续利用指数在4个二级指标中所占比重较大,表明中国的资源可持续利用绩效水平相对较高;从得分上升趋势来看,生态保护与环境治理指标上升较快。

2.1.3 各省EPI增长速率

2004—2013年中国地区综合环境绩效指数平均得分在波动中上升,并未表现出连续地逐年增高(图1)。29个省市2013年EPI均高于2004年EPI,重庆、广西、

贵州的EPI增长速率较快,增幅超过48%;河南及上海的增长速度较慢,均低于10%;只有青海的EPI增速出现负增长,这主要是由于农村改水受益率、区域环境噪

声、农村卫生厕所普及率、单位GDP能源消费总量等指标2013年低于2004年(表3)。

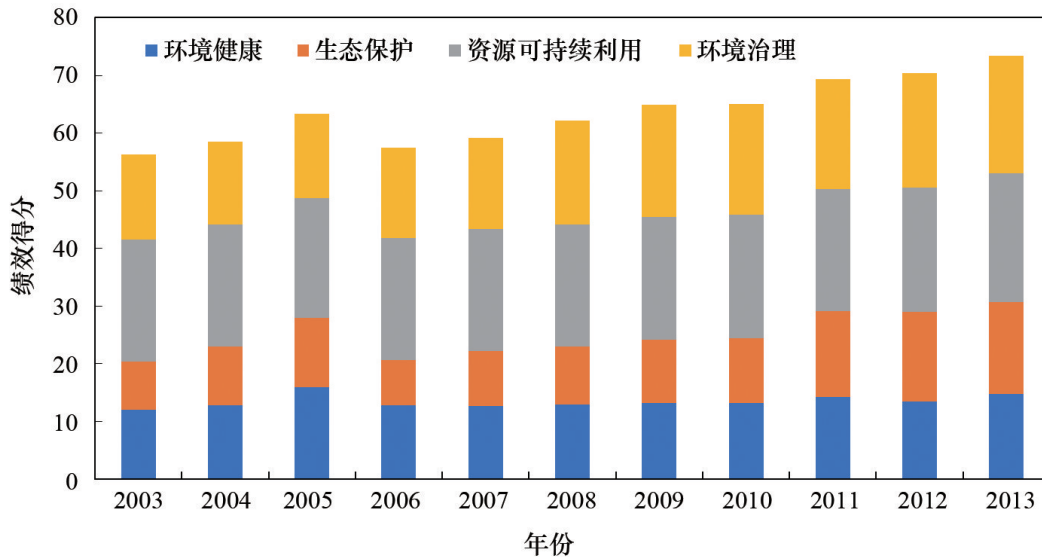


图1 中国30省区2003—2013年综合环境绩效指数平均得分

Fig. 1 Average score of the comprehensive environmental performance index in China's 30 provinces from 2003 to 2013

表3 2013相对于2004年的EPI增长速率

Table 3 EPI growth rate(EPI in 2013 than that in 2004)

地区	增长速率/%	地区	增长速率/%	地区	增长速率/%
北京	13.27	浙江	22.09	海南	12.17
天津	21.04	安徽	29.31	重庆	60.56
河北	30.59	福建	24.47	四川	27.36
山西	26.05	江西	32.65	贵州	48.40
内蒙古	34.33	山东	17.70	云南	20.65
辽宁	20.47	河南	7.92	陕西	24.88
吉林	33.78	湖北	30.26	甘肃	28.29
黑龙江	14.55	湖南	33.07	青海	-9.80
上海	1.70	广东	37.55	宁夏	32.33
江苏	19.65	广西	53.55	新疆	20.73

2.1.4 各省排名变化情况

中国各省市地区2004和2013年的绩效指数排名变化以对角线法表示(图2),处于对角线上方的点代表了2013年绩效指数排名低于2004年绩效指数排名,绩效排名呈现下降的趋势;处于对角线下方的点代表了2013年绩效指数排名高于2004年绩效指数排名,绩效排名呈现上升趋势。可以看出,在对角线附近的省市,如北京、云南、江西、湖北等地区在2004年和2013年的绩效排名变动情况不大。

2.1.5 经济发展与环境绩效相关性分析

经济水平发达地区的总体环境绩效表现较好。中

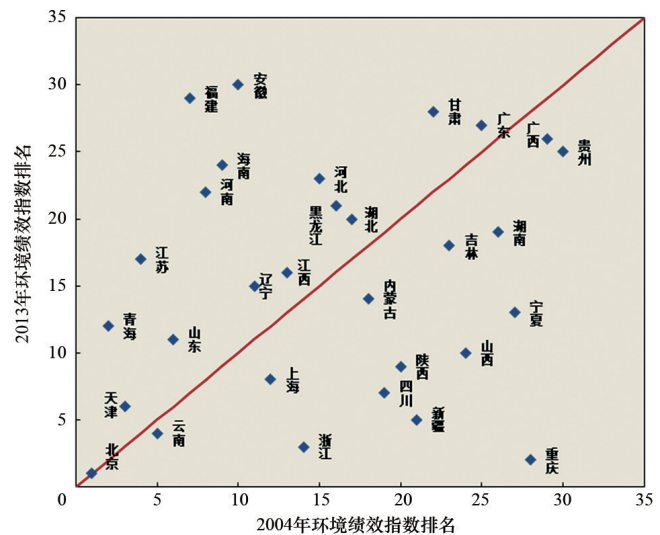


图2 全国各省市地区环境绩效指数排名变化

Fig. 2 Changes in environmental performance index in various provinces and municipalities

国30省级地区环境绩效与GDP及人均GDP显著正相关(图3),说明区域社会经济发展水平与环境绩效具有较好一致性,一定程度上说明地区社会经济发达,往往环境绩效水平较高。随着经济增长环境绩效不断改进,从各省份的EPI分值与人均GDP散点图可以看出,当人均GDP为3万~6万元人民币时,增长速度放慢;超过6万元人民币以后,绩效得分上升较快。中国目前人

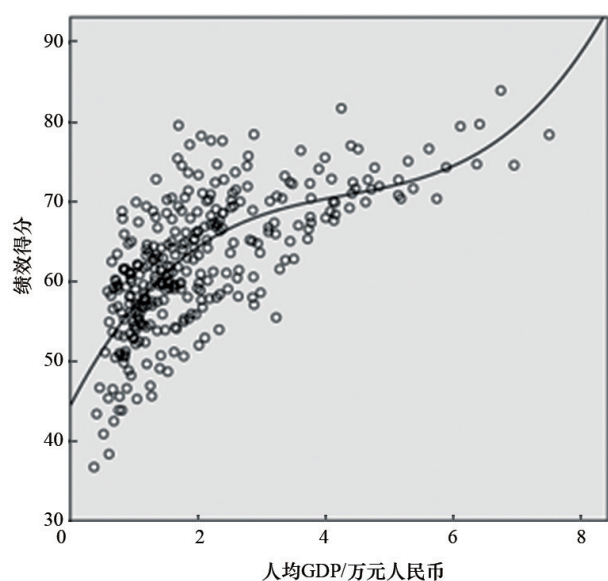


图3 环境绩效与人均GDP三次曲线模拟图

Fig. 3 Three curve simulation of environmental performance and per capita GDP parameter

均 GDP 平均水平(2013 年人均不变价 GDP 为 26431 元人民币),如保持历史情景,环境绩效得分升高速率将小于经济增长速度。

GDP 与环境健康、生态保护、资源可持续利用、环境治理、环境绩效呈现出显著正相关关系,即社会经济水平越高,环境健康、生态保护、资源可持续利用、环境治理、环境绩效越高,相应的绩效水平越好;人均 GDP 与环境健康、生态保护、环境治理、环境绩效呈现出显著正相关关系,即人均 GDP 越高,环境健康、生态保护及环境治理越高,相应的绩效水平越好。然而,人均 GDP 与资源可持续利用指数不相关,也就是说,人均 GDP 的高低对于资源可持续利用没有影响(表 4)。

2.1.6 区域 EPI 得分变化

中国 30 省区环境绩效空间格局特征呈东部优于中部、中部优于西部的梯度格局(图 4)。从中国东、中、西部地区的综合环境绩效看,2004—2013 年,东部 > 中部

表 4 相关性分析

Table 4 Correlation analysis

皮尔森相关	环境健康	生态保护	资源可持续利用	环境治理	EPI	GDP	人均 GDP
环境健康	1	0.209*	0.211*	0.281*	0.598*	0.274*	0.365*
生态保护	0.209*	1	0.055	0.291*	0.651*	0.233*	-0.323*
资源可持续利用	0.211*	0.055	1	0.391*	0.592*	0.337*	-0.030
环境治理	0.281*	0.291*	-0.391*	1	0.769*	0.459*	0.573*
EPI	0.598*	0.651*	0.592*	0.769*	1	0.496*	0.489*
GDP	0.274*	0.233*	0.337*	0.459*	0.496*	1	0.541*
人均 GDP	0.365*	0.323*	-0.030	0.573*	0.489*	0.541*	1

注*:相关性在 0.01 层上显著(双尾)。

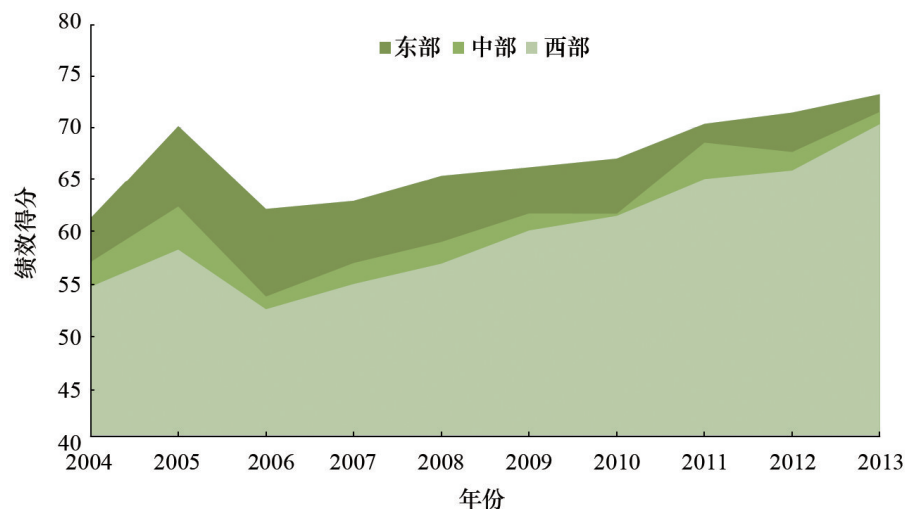


图 4 2004—2013 年中国东中西部地区环境绩效指数得分趋势

Fig. 4 Trend of environmental performance index in the eastern and western regions from 2004 to 2013

> 西部地区,且环境绩效变化的趋势也大致相似;中部地区、西部地区与东部地区EPI差距越来越小。呈现区域差异的主要原因在于,东部地区在中国最先实行改革开放,其经济发展水平远超过中部、西部,对环境治理投入较大。2004年东部地区环境绩效得分高于中部地区4.3分,高于西部地区6.7分;2013年东部地区环境绩效得分高于中部地区1.7分,高于西部地区2.9分,可见,区域差距也在缩小。

2.2 环境绩效二级指标动态评估

2.2.1 环境健康绩效指数

中国在2004—2013年环境健康绩效增长率波动较大,但总体上呈现增长的趋势(图5)。绝大多数省份环境健康增长率呈现正增长,重庆以135.81%居于首位,表现优异;新疆、甘肃两省亦表现良好,增长率均超过50%;而呈现负增长的包括辽宁、黑龙江、福建、山东、河南、青海6个省份,这几个地区的环境健康工作是环保工作的短板,需要进一步加强。

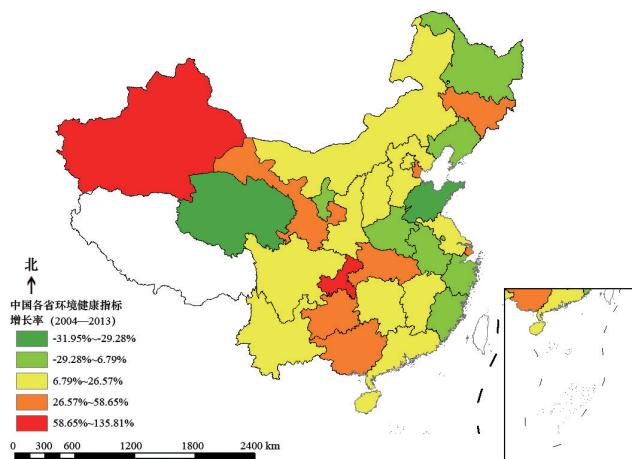


图5 2004—2013年中国地区环境健康绩效得分增长率分布

Fig. 5 Growth rate distribution of environmental health performance scores in China from 2004 to 2013

2.2.2 生态保护绩效指数

生态保护绩效属于良好和优秀水平状态的数量逐渐增多,2004年没有省份生态保护绩效表现为良好或优秀,2013年有9个省份表现为良好和优秀;中国各省份的生态保护绩效一般或者较差水平状态的数量略有减少。此外,北京、新疆两地生态保护绩效变化不大,增幅低于20%;安徽、贵州、陕西、重庆地区在2004—2013年生态保护绩效进步明显,增幅均超过100%(图6)。另外,上海生态保护绩效呈现负增长。

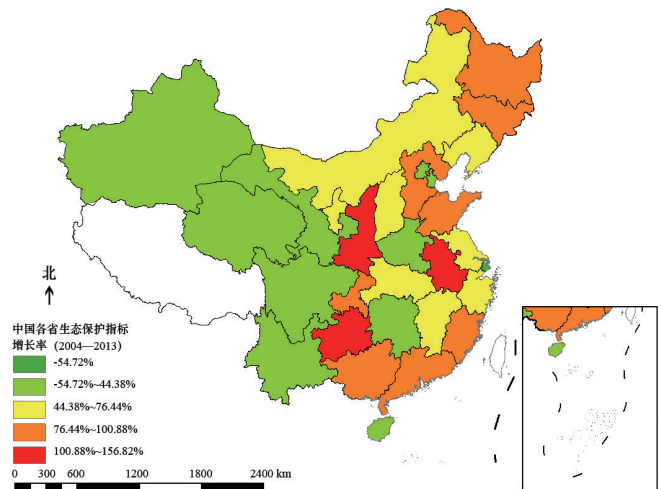


图6 2004—2013年中国地区生态保护绩效得分增长率分布

Fig. 6 Growth rate distribution of ecological protection performance scores in China from 2004 to 2013

2.2.3 资源可持续利用绩效指数

2013年中国30省级地区的资源可持续利用绩效指数绝大部分地区处在优秀或良好水平。从得分看,各省资源可持续利用得分均高于其他3个二级指标。从增长率来看,仅有少数地区属于一般水平之下,地区资源可持续利用绩效得分增长率呈现不同程度的分布,其中呈现负增长的是天津、黑龙江、江苏、浙江、山东、青海、新疆7个省市,负增长最大的是青海,说明其资源可持续利用绩效亟需提高;处于正增长地区的省市增长率均低于30%,且其中增长率最高的贵州也只有25.94%(图7)。

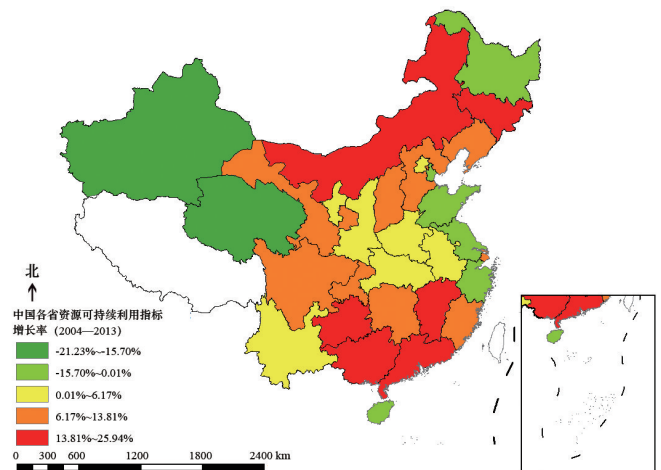


图7 2004—2013年中国30省级地区资源可持续利用绩效得分增长率分布

Fig. 7 Growth rate distribution of resources sustainable utilization performance scores in China from 2004 to 2013

2.2.4 环境治理绩效指数

2004—2013年中国各省市环境治理绩效增长率变化相差较大。北京、天津和江苏三地的环境治理绩效水平一直处于优秀水平状态,而上海(2009年)和海南(2010年)地区除某一年环境治理绩效水平为良好状态外,其余时间一直处于优秀水平状态。2013年中国地区环境治理绩效表现为最好,处在优秀或良好水平状态以上的地区有20个。中国各省市环境治理绩效得分增长率变化相差较大。其中,增长率位居前3位的分别是广西、贵州、重庆,这3个地区的增长率均超过100%;上海地区呈现负增长,其余各地区均呈现不同程度的正增长(图8)。

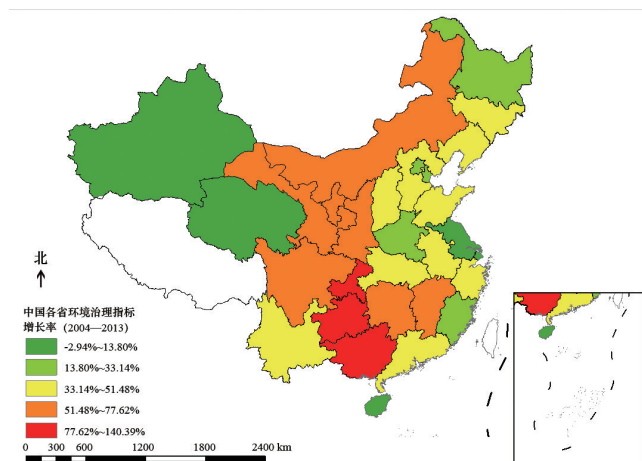


图8 2004—2013年中国地区环境治理绩效得分增长率分布

Fig. 8 Growth rate distribution of environmental governance performance scores in China from 2004 to 2013

2.3 环境绩效三级指标动态评估

空气质量:中国大部分省份该指标绩效指数普遍提高,改善较为显著的地区有北京、新疆、贵州、四川、重庆、广东及湖南等,这些地区的空气质量绩效得分提高较多(图9)。但是,也有几个省级地区空气质量下降明显,主要是山东、内蒙古、河北、宁夏、青海及吉林等省份。

水环境质量:中国30个省级地区水质在2004—2013年整体呈现变好趋势,多数地区水质均有不同程度改善,但也有部分地区水质绩效在下降。绩效得分显著提高的省份包括河北、天津、北京、新疆、重庆、广东及上海等地区,这些地区水质改善显著;表现较差的省份包括青海、宁夏、陕西、四川、海南、安徽、黑龙江、

吉林及内蒙古自治区等,这些地区水环境质量绩效需要进一步改善(图10)。

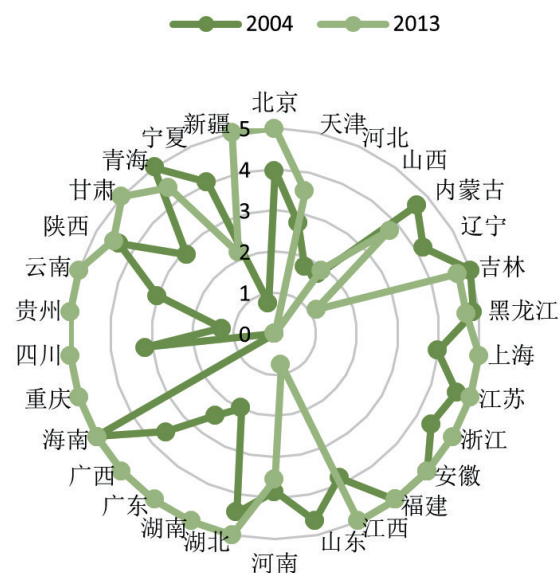


图9 空气质量绩效得分对比

Fig. 9 Comparison of air quality performance scores

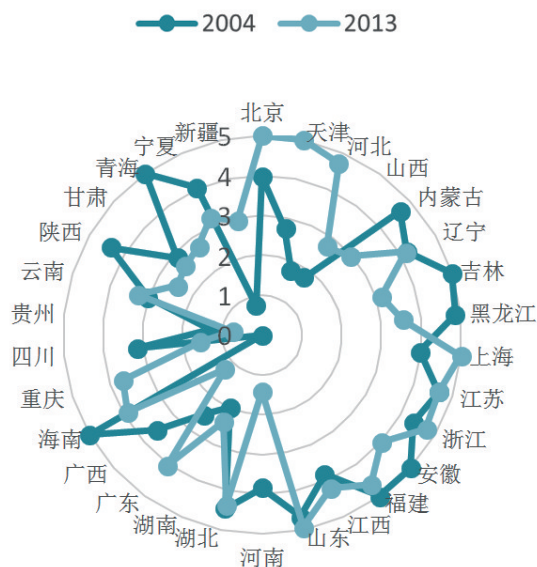


图10 水环境质量绩效得分对比

Fig. 10 Comparison of water environment quality performance scores

噪声环境质量:中国30个省级地区在噪声方面的绩效有较大差距,总体绩效改善程度也较大。改善程度较高的地区有河北、天津、陕西、重庆、广西及黑龙江等;而有些地区的噪声环境质量下降,这些地区包括青海、湖南、山东及安徽等(图11)。

环境卫生:中国大多数省级地区环境卫生方面都

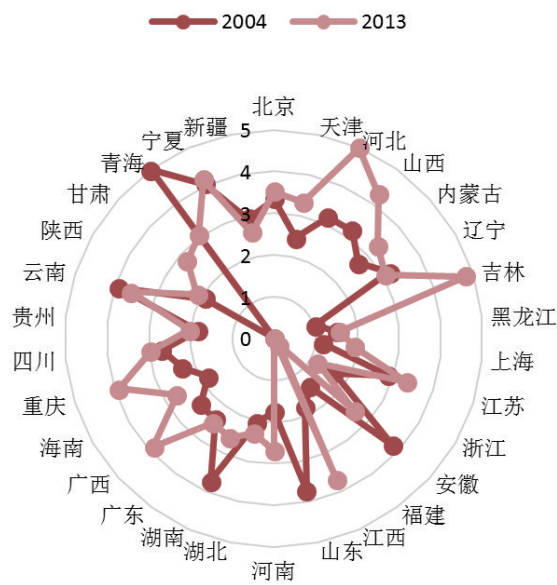


图 11 噪声环境质量绩效得分对比
Fig. 11 Comparison of noise environment quality performance scores

存在不同程度改善,整体呈现变好趋势。除了青海和甘肃外,其余省份在环境卫生方面的绩效得分有所提高,其中,表现较好的地区包括北京、天津、上海、江苏、浙江等省份;表现较差的地区为青海,该地区环境卫生绩效得分降低(图 12)。

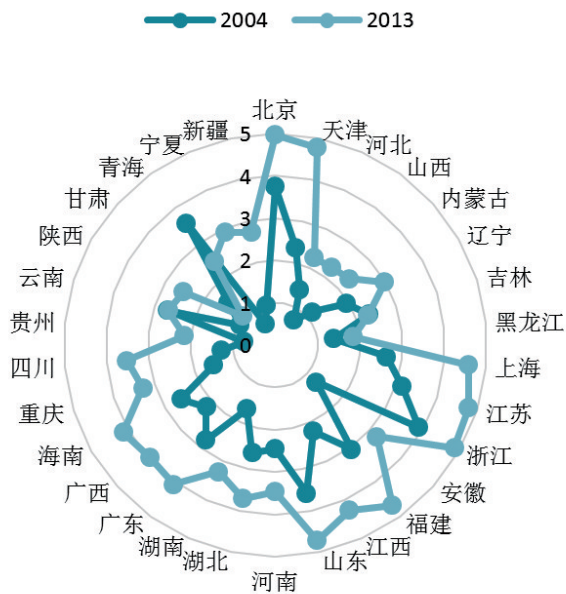


图 12 环境卫生绩效得分对比
Fig. 12 Comparison of environmental hygiene performance scores

废物管理:中国 30 个省级地区在废物管理方面表现普遍较差,绩效得分也普遍不高。2004—2013 年,大部分地区的废物管理改善有限,绩效得分提高不多(图

13)。同时,有不少地区 2013 年的绩效得分低于 2004 年绩效得分,如宁夏、内蒙古、福建和江西等,需要更多的改善工作。

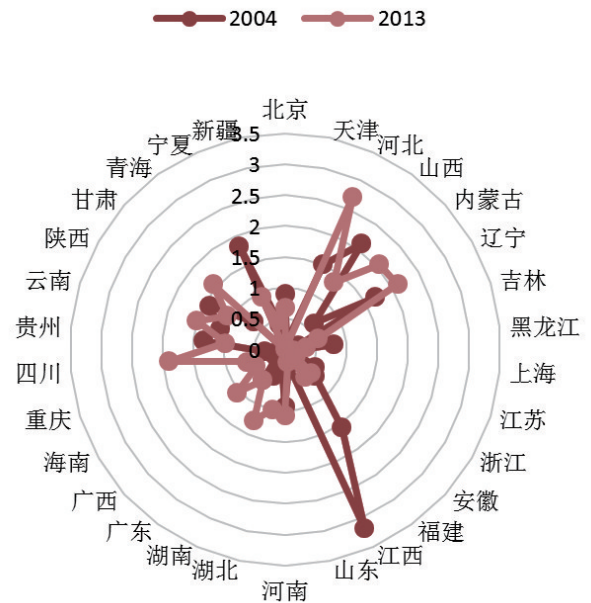


图 13 废物管理绩效得分对比
Fig. 13 Comparison of waste management performance scores

城镇绿化:中国 30 个省级地区中绝大多数地区城镇绿化指标均有大幅度提高,表明中国城镇绿化方面绩效改善显著(图 14)。仅有少数地区的绩效得分下降,这些地区为上海、江苏,表明这 2 个地区在城镇绿化方面需要加强努力。

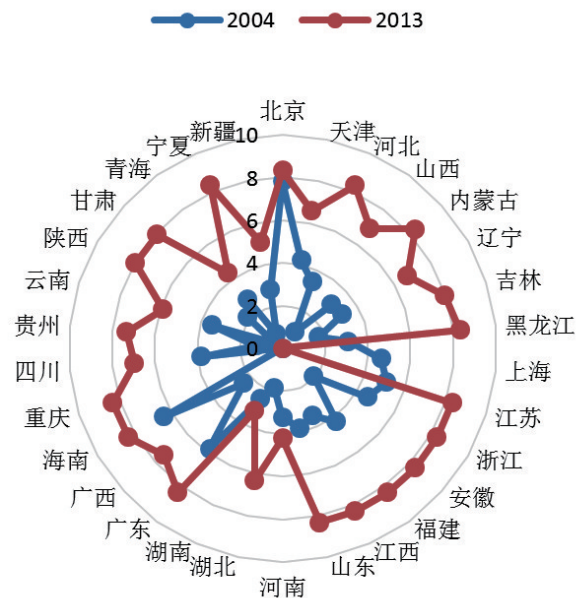


图 14 城镇绿化绩效得分对比
Fig. 14 Comparison of greening performance scores in cities and towns

农业与土地管理:中国大部分省市的生物多样性绩效得分普遍较低,表现欠佳。从得分情况看,青海、四川的生物多样性绩效得分较高(图 15)。

生物多样性:中国大部分地区的生物多样性表现都不佳,绩效得分普遍较低,仍有较大的改善空间(图 16)。

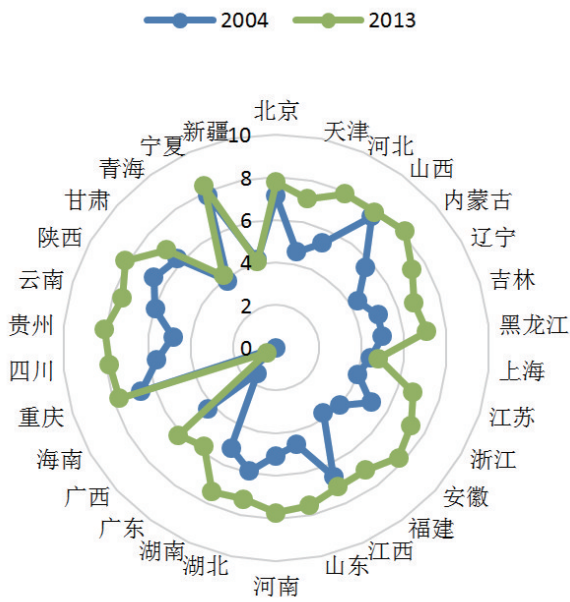


图 15 农业与土地管理绩效得分对比
Fig. 15 Comparison of agricultural and land management performance scores

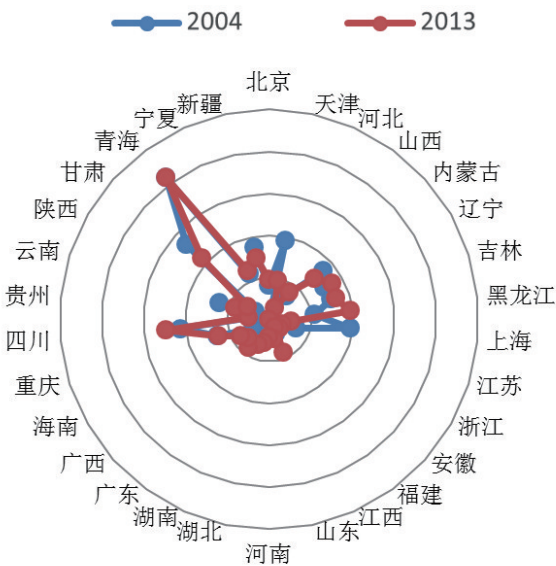


图 16 生物多样性绩效得分对比
Fig. 16 Comparison of biodiversity performance scores

气候变化:中国 30 个省级地区该指标得分仅有微小程度的变化(图 17)。2004—2013 年,中国 30 个省市

气候变化指标得分变化比较微弱,云南、贵州、四川等省份基本没有改变,天津、河北、江苏、山东、宁夏等省份有较小程度的恶化;而上海的气候变化指标一直得分短板,需要加以注意。

能源利用:中国 30 个省级地区在能源利用方面的绩效得分变化普遍都不大,大部分地区仅有较少幅度的改善,绩效水平改善有限(图 18)。其中,改善程度较大的地区包括河北、内蒙古、吉林、河南、贵州及甘肃等,这些地区在能源利用方面工作成效显著;新疆、宁夏等地区能源利用绩效水平有所下降。

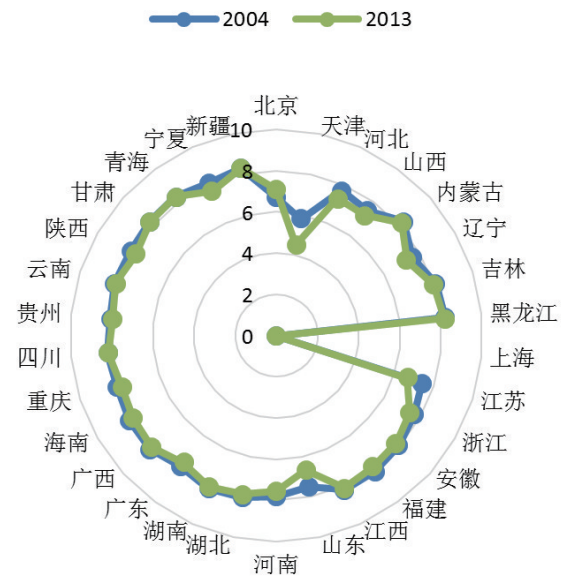


图 17 气候变化绩效得分对比
Fig. 17 Comparison of climate change performance scores

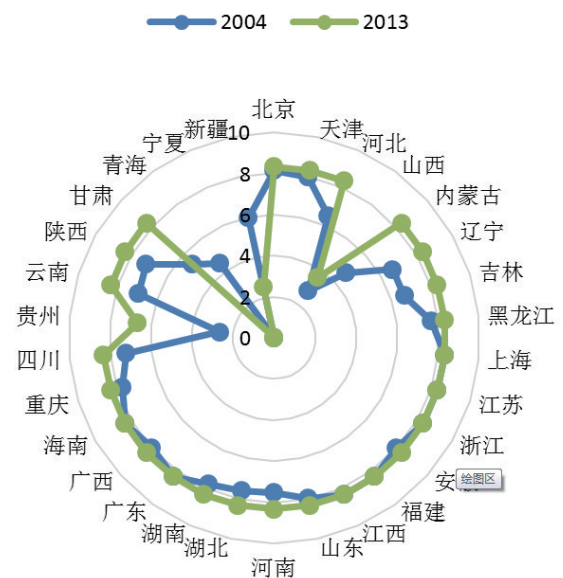


图 18 能源利用绩效得分对比
Fig. 18 Comparison of energy utilization performance scores

资源利用:中国大部分地区绩效水平均有不同幅度的改善,表现较好的地区包括吉林、福建、江西、广东及广西等,这些地区2年间资源利用指标绩效得分有较大幅度的提高(图19)。黑龙江的资源利用表现较差,有较大程度的退步。

污染控制:中国30个省级地区在污染控制方面的绩效得分普遍较少,整体上有变好的趋势,但是变化不显著,需要加强这方面的工作(图20)。新疆污染控制的绩效得分则是下降的,需要引起重视。

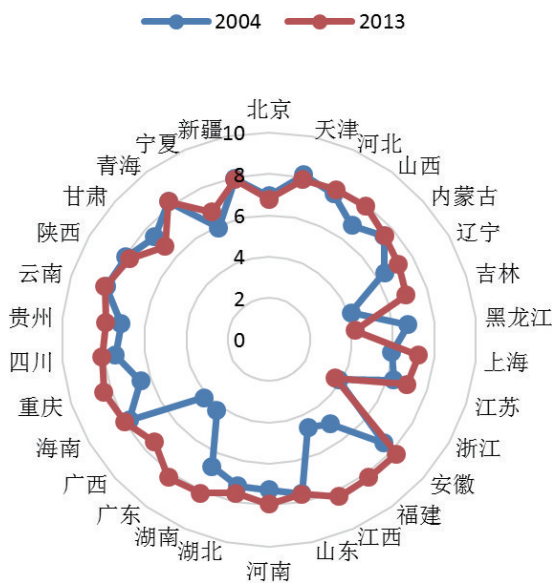


图19 资源利用绩效得分对比
Fig. 19 Comparison of resource utilization performance scores

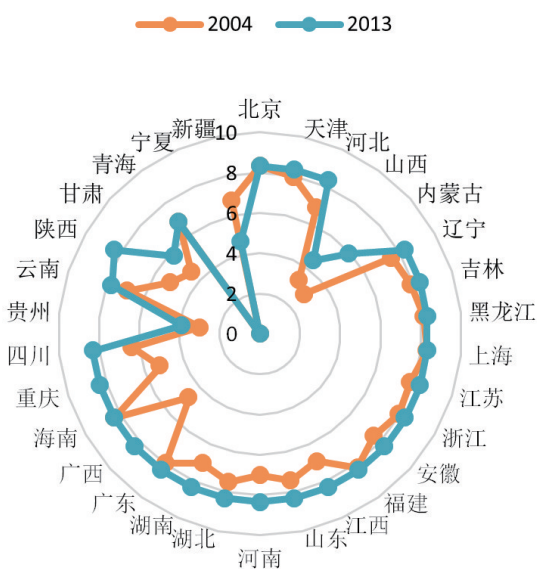


图20 污染控制绩效得分对比
Fig. 20 Comparison of pollution control performance scores

污染治理:中国绝大多数地区的污染治理绩效得分有较大幅度的提高(图21)。这说明,中国大部分地区在污染治理方面的投入和工作有了显著效果。但也有部分地区表现不佳,这些地区有青海、海南等,绩效得分有所下降。

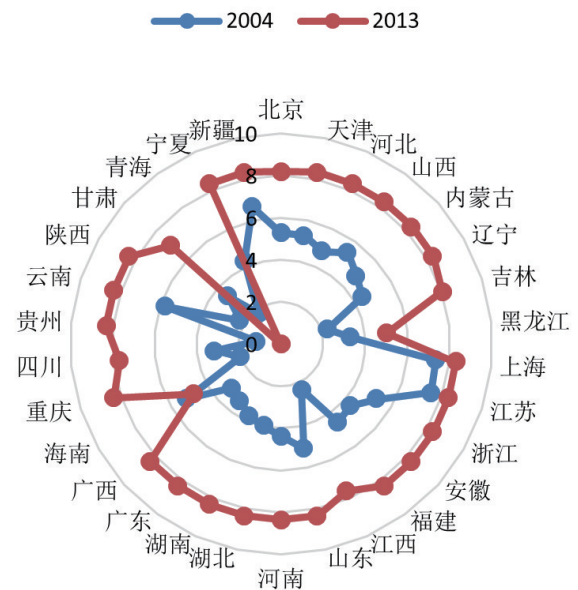


图21 污染治理绩效得分对比
Fig. 21 Comparison of pollution treatment performance scores

环境管理:整体来看中国大部分地区绩效得分增加,环境管理工作不断改善,但是改善程度不同。其中,改善较多的地区包括内蒙古、山西、河北、天津、北京、甘肃等;也有部分地区环境管理工作成效不显著,如云南和上海(图22)。

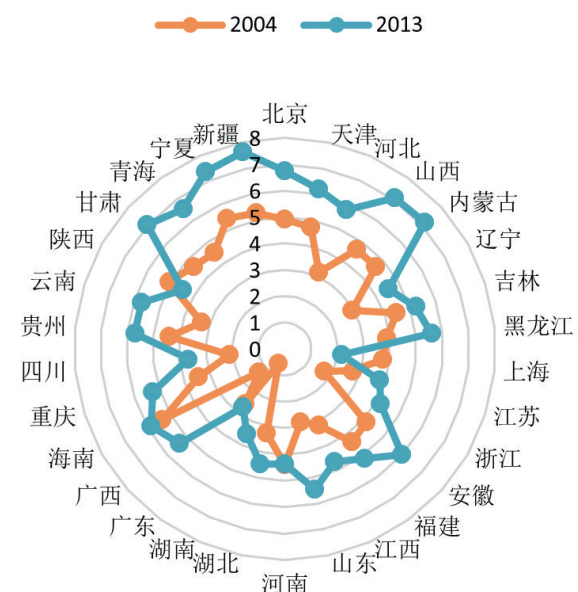


图22 环境管理绩效得分对比
Fig. 22 Comparison of environmental management performance scores

2.4 聚类分析结果

中国30个省市的环境绩效表现并非与经济发展水平完全一致,依据不同的变化趋势,聚类分析将30个省市分为3类(图23)。第1类为绩效得分和经济发展水平较高的地区,诸如北京、天津;第2类为环境绩效得分或经济发展水平有一个处于较低水平的地区,诸如河

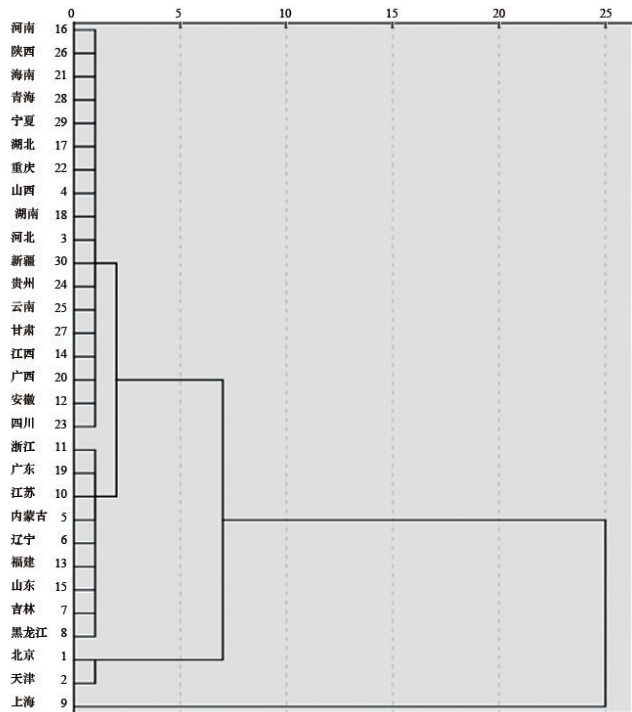


图23 环境绩效指数聚类分析

Fig. 23 Cluster analysis of the environmental performance index

北、山西、安徽、江西、河南、湖北、湖南、广西、海南、重庆、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏及新疆;第3类为环境绩效与经济发展均处于中等水平的地区,诸如内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、江苏、浙江、福建、山东和广东。

2.5 影响EPI的关键指标

上升较快的指标比上升较慢的指标对EPI的得分具有更高的贡献。排在前10位的变量为单位面积CO₂排放强度、单位GDP能源消费总量、工业SO₂排放强度、城市污水处理率、人均公园绿地面积、SO₂年平均浓度、工业用水重复利用率、农药使用强度、单位工业增加值新鲜水耗及环境事故发生指数(图24)。

2.6 不确定性分析

本研究工作仍存在不确定性,主要在于以下几点:
1) 数据的不确定性。尽管研究采用的均为公开发表的统计年鉴,限于阶段性生态环境监测能力水平,一些统计数据质量的精准性还难以控制;此外,一些指标的设计,如工业废水中有害物质排放当量数(汞、镉、六价铬、铅、砷、挥发酚、氰化物)、非化石能源消费量占能源消费总量的比重等指标,均通过计算处理得来,存在一定不确定性。
2) 权重的不确定性。为了消除主观因素对于研究结果的影响,本研究采用均权法进行权重分配,均权法难以反映环境保护重点的变化特征。这些不确定性因素需要在未来研究工作中完善。

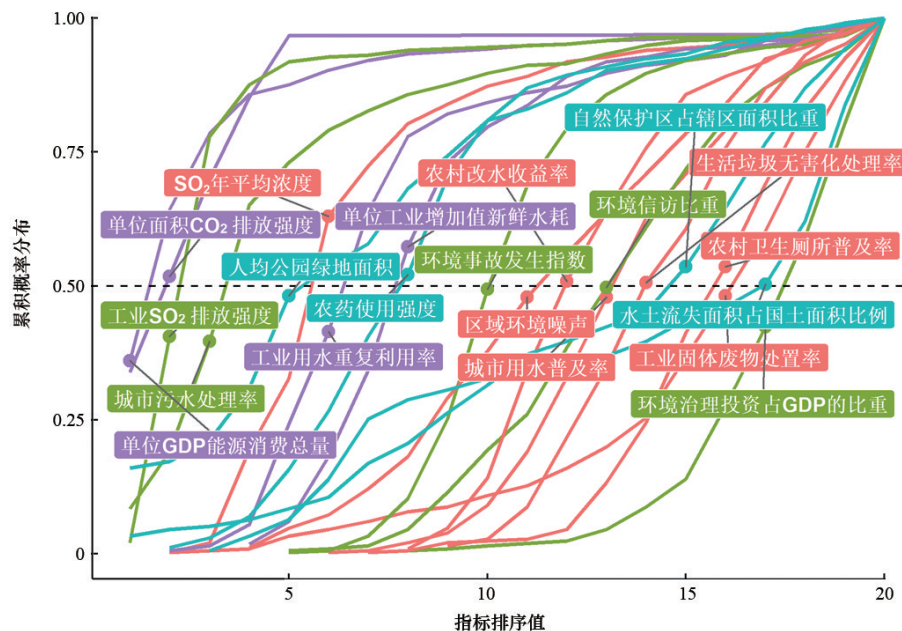


图24 指标排序值累积概率分布

Fig. 24 Cumulative probability distribution of index ranking values

3 结论与建议

由2004—2013年中国总体的环境绩效变化规律,表明中国此10年对环境保护的重视力度加大,在快速工业化、城镇化进程中,取得成绩不易,中国在环境保护方面做了很多努力。但是,在空气质量、水环境质量、环境卫生等方面存在较大问题,需要加强空气质量改善、水环境质量改善、环境卫生改善等方面的工作。建议如下。

1) 2004—2013年中国的省级地区的综合环境绩效与经济发展呈现较好的相关性,中国要进一步提高环境治理投资水平,加大生态保护力度,更好地维护环境健康与资源可持续利用,大力发展绿色经济,进而改善区域环境绩效水平。

2) 生态保护指标绩效得分不高是东部地区的短板,中西部地区在推进城镇化时,要加强对水源河流的管理、城市建设的规划、资源高效的利用,同时加大力度投入人力、物力与资金对环境的治理与管理,加强环境治理。

3) 山西、贵州、陕西和甘肃健康环境绩效均低于中国均值水平,建议加强空气质量、水质、噪声等环境健康有关指标的关注。上海、河南、湖北、湖南、海南和贵州6个地区的生态保护表现较差,建议加强城镇绿化、生物多样性保护等生态保护指标建设。山西、上海、青海和宁夏地区资源可持续利用绩效指数得分远低于中国均值水平,建议加强能源利用效率等资源可持续利用指标。

4) 中国各省份本底资源禀赋存在较大的差异性,因此环境绩效评估应考虑评估省市的差异性,与主体功能区相结合,更加合理地开展评估。

5) 加强国际交流与合作。在环境绩效评估的理论、方法、评估框架及指标体系等关键问题上加强国际交流与合作;采用多元化的评估主体,加快数据采集工作,严格控制数据质量,加强信息化手段运用,为环境管理工作提供支撑。

参考文献(References)

- [1] Zheng D, Minjun S. Multiple environmental policies and pollution haven hypothesis: Evidence from China's polluting industries[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2017, 141(10): 295-304.
- [2] Liu Y, Liu J, Zhou Y. Spatio-temporal patterns of rural poverty in China and targeted poverty alleviation strategies[J]. *Journal of Rural Studies*, 2017, 52: 66-75.
- [3] Sabrina O, Dabo G. China's toxic informal e-waste recycling: Local approaches to a global environmental problem[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2016, 114: 71-80.
- [4] Somchint P, Thammarat K. Environmental performance indicators as the key for eco-industrial parks in Thailand[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2017, 156: 614-623.
- [5] Wu W, Yan S, Feng R. Development of an environmental performance indicator framework to evaluate management effectiveness for Jiaozhou Bay Coastal Wetland Special Marine Protected Area, Qingdao, China[J]. *Ocean & Coastal Management*, 2017, 142: 71-89.
- [6] Cheshmehzangi A, Zhu Y, Li B. Application of environmental performance analysis for urban design with Computational Fluid Dynamics (CFD) and EcoTect tools: The case of Cao Fei Dian eco-city, China[J]. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 2017, 6(1): 102-112.
- [7] Moana S, Stefan P, Richard W, et al. Correlation between production and consumption-based environmental indicators: The link to affluence and the effect on ranking environmental performance of countries[J]. *Ecological Indicators*, 2017, 76: 317-323.
- [8] Jimeno A F, Laura E, Claudiu F, et al. Spatial heterogeneity for environmental performance and resilient behavior in energy and transportation systems[J]. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2017, 62: 136-145.
- [9] Zuo X, Hua H, Dong Z F, et al. Environmental performance index at provincial level for China 2006-2011[J]. *Ecological Indicators*, 2017, 75: 48-56.
- [10] Yale University. 2016 Environmental performance index[EB/OL]. [2017-09-10]. <http://epi.yale.edu>.
- [11] 曹颖, 张象枢. 云南省环境绩效评估指标体系构建[J]. *环境保护*, 2006(1): 61-63.
Cao Ying, Zhang Xiangshu. Study on index system of Yunnan environmental performance assessment[J]. *Environmental Protection*, 2006(1): 61-63.
- [12] 曹国志, 王金南, 曹东, 等. 关于政府环境绩效管理的思考[J]. *中国人口·资源与环境*, 2010(5): 215-218.
Cao Guozhi, Wang Jinnan, Cao Dong, et al. Thinking about the government's environmental performance management[J]. *China's Population, Resources and Environment*, 2010(5): 215-218.
- [13] 王金凤, 刘臣辉, 任晓明. 基于层次分析法的城市环境绩效评估研究[J]. *环境科学与管理*, 2011(6): 171-173.
Wang Jinfeng, Liu Chenhui, Ren Xiaoming. Research on urban environmental performance evaluation based on analytic hierarchy process (AHP)[J]. *Environmental Science and Management*, 2011(6): 171-173.

- [14] 彭靓宇, 徐鹤. 基于PSR模型的区域环境绩效评估研究——以天津市为例[J]. 生态经济, 2013(1): 358-362.
Peng Liangyu, Xu He. The study of regional environmental performance evaluation based on the PSR model: Take Tianjin as an example[J]. Ecological Economy, 2013(1): 358-362.
- [15] Dong Z F, Wu Q, et al. Environmental indicator development in China: Debates and challenges ahead[J]. Environmental Development, 2013, 7(1): 125-127.
- [16] 董战峰, 张欣, 郝春旭. 2014年全球环境绩效指数(EPI)分析与思考[J]. 环境保护, 2015, 43(2): 55-59.
Dong Zhanfeng, Zhang Xin, Hao Chunxu. 2014 global environmental performance index (EPI) analysis and consideration [J]. Environmental Protection. 2015, 43(2): 55-59.
- [17] 董战峰, 郝春旭, 王婷, 等. 中国省级区域环境绩效评价方法研究[J]. 环境污染与防治, 2016, 38(2): 154-157.
Dong Zhanfeng, Hao Chunxu, Wang Ting, et al. Study on the evaluation method of regional environmental performance in China[J]. Environmental Pollution & Control. 2016, 38(2): 154-157.

Dynamic assessment of provincial environmental performance in China

DONG Zhanfeng¹, HAO Chunxu¹, YUAN Zengwei², XU He³, WANG Ting²

1. Chinese Academy for Environmental Planning, Beijing 100012, China

2. School of Environment, Nanjing University, Nanjing 210023, China

3. School of Environment, Nankai University, Tianjin 300071, China

Abstract The paper focuses on the quantitative assessment of the environmental performance trends of 30 provincial regions in China in 2004—2013 based on an established methodology, including the changing trends of the provincial environmental performance, the relationship between the environmental performance and the economic development level of the provincial regions, the key factors that influence the provincial environmental performance, and the spatial heterogeneity distribution patterns of the provincial environmental performance index. It is shown that the China's provincial environmental performance sees a certain fluctuation, overall with a progress trend; the spatial distribution patterns of the environmental performance see a gradient trend with the eastern part better than that of the central part, and the central part better than the western part. The ecological protection performance index score is the weak part of the eastern region. And it is suggested that the central and western regions should promote the urbanization, strengthen the river management, emphasize the implementation of the eco-environmental planning, improve the resource utilization efficiency, and increase the environmental investment.

Keywords provincial level; environment performance evaluation; methodology; dynamic evaluation; spatial characteristics ●



(责任编辑 王志敏)