

基于 DEA-Malmquist 模型和 ESDA 的湖北省 绿色创新能力时空特征分析

刘欢 邓宏兵

(1.中国地质大学(武汉)经济管理学院,湖北 武汉 430074;

2.湖北省区域创新能力监测与分析软科学研究基地,湖北 武汉,430074)

摘要:运用因子分析方法测算 2013 年湖北省绿色创新绩效能力。并利用面板数据,采用 DEA 的 Malmquist 生产率指数方法,定量测度了湖北省 2008~2013 年的绿色创新绩效。利用 ESDA 探索性空间数据分析方法分析湖北省绿色创新绩效的空间依赖与空间关联。结果表明,湖北省的绿色创新能力主要受科技创新因子和能耗环保因子影响,各市州的绿色创新绩效整体呈现出较大的差异性;全要素增长率的增长主要得益于技术增长效应,效率值的贡献并不显著;绿色创新在空间上显著正相关,具有空间聚集趋势,存在创新溢出效应。

关键词:绿色创新;因子分析;DEA-Malmquist;ESDA

分类号:F061 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-1395(2017)01-0049-06

一、绿色创新能力

2014 年,处在发展新周期的中国经济首次用“新常态”来描述,为适应经济发展新常态,从发展动力上要求由要素驱动、投资驱动转向创新驱动,创新能力越来越成为衡量区域综合竞争力的重要标准。在环境容量和资源承载力有限的条件下,区域创新除了在发展水平、规模、效率等问题上备受关注,创新发展的“绿色”问题,即生态性、可持续性也越来越不容忽视。

现在国内学者对绿色创新的研究主要有两个特点:一是在研究对象上,较少研究全国或者全行业的绿色创新能力,而在对企业的微观分析方面有较多的研究;二是在对绿色创新研究的方法选择上,多数是规范分析或者案例分析,选择实证分析方法的较少。而对绿色创新的研究视角又主要集中在内涵解释和影响因素两个方面。

在对绿色创新的内涵解释上,Brawn 和 Wield (1994)提出,绿色技术主要内容包括清洁能源技术、

工业技术和产出技术,目的是在生产过程中减少原材料消耗,提高资源利用效率,降低环境污染,其过程包括末端技术、无废工艺、废物最小化、清洁技术和污染防治技术 5 个阶段^[1];李平(2002)认为,绿色创新技术应该坚持可持续发展的思想观念,坚持人与自然和谐发展,进而实现社会效益、经济效益和生态效益三者的和谐统一,实现社会、经济和自然界的可持续发展,同时将传统的技术创新与新的技术创新作了比较^[2];童昕(2007)认为绿色技术是指环境友好型、资源节约型技术,是为了降低企业在生产和服务过程中对环境产生的负面影响而采取的一系列促进资源循环利用、防治污染和实现产品绿色化的措施^[3];李海萍等(2005)提出在一段时间内企业为了降低能耗、提高资源利用效率、降低污染而推出的一系列绿色创新项目称之为绿色持续创新,其目的是为了创造更高的经济效益,实现企业利益的最大化^[4]。

对于绿色创新能力的影响因素,Vicki Norberg-Bohm(1999)指出,为了在工业化社会保持健康和良

好的生态系统,建立公共政策机制,并根据其影响因素设置了 6 项政策的设计标准来推动绿色技术创新^[5];周力(2010)认为,依据内生增长理论,与传统创新的不同之处在于,绿色创新除了受到 R&D 投资、人力资本、贸易开放等因素影响之外,还往往与地区资源禀赋呈现紧密关联^[6]。

笔者认为“绿色创新”是以面向资源能源节约与节约化利用,保护环境和减少环境污染为基本的出发点,以产品创新、技术创新、观念创新、制度创新为实现途径,以实现经济效益、社会效益和生态效益相统一为最终目的,能够推进社会、经济、环境系统协调发展的创造性活动,其结果表现为有益于节能减排的技术进步。基于此,使用截面数据,采用因子分析方法,对 2013 年湖北省的绿色创新能力进行了评价。

二、数据来源与研究方法

(一)数据来源

表 1 湖北省绿色创新水平评价指标体系

目标层	因素评价层	指标层	单位
绿色 创新 水平	创新投入	R&D 经费内部支出	千元
		单位 GDP 能耗	吨标准煤/亿元
	创新产出	高新技术产业总产值	亿元
		专利授权数	件
		工业固体废物综合利用率	%
		污水集中处理率	%
		生活垃圾无害化处理率	%
	创新环境	研究与开发机构	个
		研究与开发机构从业人员	人

(三)DEA-Malmquist 全要素生产率

Malmquist 生产率指数模型方法,既能体现现阶段的竞争力也能反映对未来的预测,是测度经济增长质量或判定产业发展过程是否可持续的重要标准^[8,9]。

因此利用 Malmquist 生产率指数分析法,将 R&D 经费强度、环境保护投资和贸易开放程度作为绿色创新水平的影响因子,测度了 2008~2013 年湖北省的绿色创新能力绩效,用来分析湖北省全要素生产率的动态变化。

基于产出的 Malmquist 全要素生产率可以表示为:

$$M_t(x_{t+1},y_{t+1};x_t,y_t)=\frac{D_t(x_{t+1},y_{t+1})}{D_t(x_t,y_t)}\tag{1}$$

式中, x 和 y 分别表示投入向量和产出向量,

主要采取因子分析方法、DEA 和 ESDA 空间分析方法来测评湖北省 12 个地级市 2013 年绿色创新能力水平。主要数据来源于《湖北省科技统计年鉴》和《湖北省统计年鉴》,部分缺失数据来源于《湖北省国民经济和社会发展统计公报》。

(二)评价体系建立与说明

为研究绿色创新水平,在投入变量中加入了能源消耗变量,以观测能源对绿色创新水平的影响,选取 R&D(研究与开发)经费内部支出、新产品单位能耗作为创新投入变量;在创新产出中,多数学者倾向于用专利授权量来衡量创新产出对绿色创新的影响,由于单一的专利授权量难以完整刻画绿色创新产出,因此考虑绿色创新的内涵,加入高新技术产值,并用工业固体废物综合利用率、污水集中处理率来衡量绿色创新中对提高居民健康和生活质量的社会效益;在创新环境中,用研究与开发机构、研究与开发机构从业人员来衡量^[7],评价指标体系,见表 1。

D_t 为距离函数。式(1)测度了在时期 t 的技术 T 参照下,从时期 t 到时期 $t+1$ 的生产点距离函数,即全要素生产率的变化。

$Tfpch(M_t)$ 即为全要素生产率指数,是新的知识、新的技能、发明创造和新的组织结构在经济活动中的应用而产生的经济水平的提高,当时期 t 到 $t+1$ 的 TFP 处于增长(下降)状态时,改指数大于(小于)1。

为降低时期选择的随机性对结果产生的差异,从时期 t 到时期 $t+1$ 用采用了几何平均来衡量全要素生产率的变化,即:

$$M_t(x_{t+1},y_{t+1};x_t,y_t)=\frac{D_{t+1}(x_{t+1},y_{t+1})}{D_t(x_t,y_t)}\times\left[\frac{D_t(x_{t+1},y_{t+1})}{D_{t+1}(x_t,y_t)}\times\frac{D_t(x_t,y_t)}{D_{t+1}(x_t,y_t)}\right]^{\frac{1}{2}}\tag{2}$$

在式(2)中,有:

$$effch = \frac{D_t(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_{t+1}(x_t, y_t)}; tech = \left[\frac{D_t(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_{t+1}(x_t, y_t)} \times \frac{D_t(x_t, y_t)}{D_{t+1}(x_t, y_t)} \right]^{\frac{1}{2}}.$$

其中, $effch$ 表示“追赶效应”,当技术效率提高时, $effch$ 值大于 1,且表示 DMU 的生产更接近生产前沿面; $tech$ 表示“增长效应”,测度了从时期 t 到 $t+1$ 技术边界的移动情况,衡量技术进步指数,代表的是技术的变化。当技术出现了创新或进步时, $tech$ 值大于 1,生产前沿面向上移动。

通过在计算距离函数时增加约束 $\sum_{k=1}^K Z^{k,t} = 1$, 允许规模收益可变(VRS),根据实际内涵可将 $effch$ 表示为纯技术效率变化($pech$)和规模效率变化($sech$)的乘积。 $pech$ 代表纯技术效率变化,代表的是被评价对象技术水平变化所带来的效果,若其值大于 1,说明技术水平有所提高,反之则为下降; $sech$ 指的是规模效率的变化,反映在规模报酬可变(VRS)条件下,被评价对象是否在最适合的规模进行生产经营,若该值大于 1,说明生产经营结构得到了优化,更加靠近最佳生产规模,反之即为规模的恶化。即:

$$effch = pech \times sech \quad (3)$$

$$\text{式中, } pech = \frac{D_{t+1}^{VRS}(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_t^{VRS}(x_t, y_t)};$$

$$sech = \frac{D_{t+1}^{CRS}(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_{t+1}^{CRS}(x_{t+1}, y_{t+1})} \times \frac{D_t^{CRS}(x_t, y_t)}{D_t^{CRS}(x_t, y_t)}.$$

$$\text{因此 } tfpch = effch \times tech = pech \times sech \times tech \quad (4)$$

(四)探索性空间数据分析方法(ESDA)

在利用截面数据和面板数据对湖北省绿色创新能力和绩效进行评价的基础上,进一步评价湖北省绿色创新绩效在空间上的分布特征,采用探索性空间数据分析方法((Exploratory Spatial Data Analysis,缩写为 ESDA)对湖北省绿色创新绩效的区域地理特征,包括空间依赖性与空间关联进行分析。

1. 全局空间自相关度量

地理上具有相邻性的经济现象或者属相,受经济地理的空间依赖或者空间关联影响而存在相关性。由于知识所具有的溢出效应和隐形知识所具有的区位粘性等因素影响,绿色创新在空间上具有依赖性^[10]。Moran'I 主要用来探索某一属性值在整个区域内的空间分布状况,其计算公式为:

$$I = \frac{n \sum_i \sum_j w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{(\sum_i \sum_j w_{ij}) \sum_i (x_i - \bar{x})^2} \quad (5)$$

式中, n 为地理单元数; x_i 和 x_j 表示某现象在地理单元 i 和 j 的观测值; \bar{x} 表示样本平均值; w_{ij} 表示 i 和 j 地理单元之间关系的权重矩阵,当地区 i 和地区 j 不相邻时, w_{ij} 取值为 0,反之当地区 i 和地区 j 相邻时, w_{ij} 取值为 1。

2. 局部空间自相关度量

由于全局统计 Moran'I 很难发现存在于不同位置的空间关联,因此需要采取局部空间统计量(Local Indicators of Space Association,简称 LISA)来进行局域空间自相关分析。LISA 对于某个空间单元 i 的计算公式为:

$$I_i = \frac{x_i - \bar{x}}{S} \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_j - \bar{x}) \quad (6)$$

式中, n , x_i , x_j , \bar{x} , w_{ij} 含义同公式(1); $S = (\sum_{j=1}^n x_j^2)/(n-1) - \bar{x}^2$,表示样本的标准化值; LISA 的 Z 检验: $Z(I_i) = \frac{I_i - E(I_i)}{S(I_i)}$ 其中, $S(I_i) = \sqrt{\text{var}(I_i)}$ 。

采用 Bonferroni 标准可以对 I_i 进行显著性检验,在 I_i 显著的情况下, $I_i > 0$,且 $Z_i > 0$,则空间相关属于第一象限(HH); $I_i > 0$,且 $Z_i < 0$,则空间相关属于第三象限(LL); $I_i < 0$,且 $Z_i > 0$,则空间相关属于第二象限(HL); $I_i < 0$,且 $Z_i < 0$,则空间相关属于第四象限(LH)。

三、湖北省绿色创新能力时空特征分析

(一)湖北省绿色创新水平测度

利用 2013 年湖北省 12 个市的 9 个指标数据进行因子分析。首先,进行 KMO 检验和 Bartlett's 球形检验。KMO 值为 0.717, Bartlett's 球形检验的概率 P 值为 0.000,根据检验标准,原变量适合进行因子分析;其次,求出相关系数矩阵的特征值、方差贡献率和累计献率,按照旋转后的载荷矩阵提炼出 2 个主因子,每个主因子所解释的成分如下。

第一主因子,主要衡量的是地区的创新投入水平和创新环境。主要由专利授权数、高新技术产业总值、研究与开发机构从业人员、R&D 经费内部支出和研究与开发机构 5 项指标构成,称为科技创新因子。

第二主因子,主要反映的是湖北省工业能源消

耗和废弃物排放对环境所造成的污染程度。由生活垃圾无害化处理率、污水集中处理率、单位 GDP 能耗和工业固体废弃物综合利用率 4 项指标构成,称为能耗环保因子。

最后,各因子 F_{ij} (代表湖北省第 i 个市第 j 个

因子)的得分函数可以由因子得分系数计算而得,最后计算得出各市州绿色创新水平的综合得分,将各主因子的贡献率为权重计算出综合因子得分,结果见表 2。

表 2 湖北省绿色创新水平的主因子得分、综合得分及排名

市州	科技创新因子	排名	能耗环保因子	排名	绿色创新水平	排名
武汉市	100.00	1	75.02	9	100.00	1
襄阳市	36.58	2	85.26	4	44.77	2
宜昌市	29.23	3	84.81	5	38.00	3
黄石市	22.41	10	100.00	1	35.22	4
孝感市	24.83	7	86.76	3	34.45	5
荆门市	23.39	9	81.12	7	31.88	6
随州市	25.95	4	70.13	10	31.75	7
十堰市	23.47	8	79.49	8	31.59	8
鄂州市	20.25	11	91.84	2	31.43	9
咸宁市	20.00	12	81.60	6	28.91	10
黄冈市	25.74	5	29.61	11	22.50	11
荆州市	25.36	6	20.00	12	20.00	12

从整体角度来看,通过因子分析得到的湖北省绿色创新水平排名前 3 的市分别是武汉、襄阳和宜昌,且这 3 个市的科技创新因子也分别处在第一、第二和第三的水平。由此可见,在影响绿色创新水平的 2 个主因子中,科技创新因子的方差贡献率远远高于能耗环保因子。从影响绿色创新的因素来看,只有实现科技创新因子和能耗环保因子综合发展,才能实现整体绿色创新水平快速发展,且科技创新因子对绿色创新水平的贡献度大于能耗环保因子。能耗环保因子排名前三的分别是黄石、鄂州、孝感,湖北省的咸宁、黄冈、荆州在绿色创新水平中由于科技创新因子和能耗环保因子得分较低而处于劣势。

(二)湖北省绿色创新效率测度结果分析

DEA-Malmquist 全要素生产率方法主要是建立在投入产出比值变化上,这种比值的变化通过相互间的作用机制来影响生产率的变化^[9]。在投入上,一般分为技术进步、资本投入和劳动投入。由于本报告主要研究的是绿色创新绩效,即投入所带来的绿色产出的效率,因而在投入上选取的指标是 R&D 研发经费内部支出来代表资本的变化对绿色创新产生的影响。同时选取对外直接投资(FDI)作为投入,因为 FDI 不仅为我国制造业开展绿色创新活动带来了雄厚的资金支出,还成为我国制造业获取先进绿色创新资源的主要来源之一,为了进一步

体现绿色效应,选取单位 GDP 能耗作为创新投入指标。在产出上,选取专利授权量和工业废水排放达标量两个指标;同时产出必须考虑环境效益,因而将工业废水排放总量纳入产出指标。

运用 DEAP2.1 软件,利用 2008~2013 年湖北省选取的投入产出指标的数据,计算得到湖北省 12 个市州的绿色创新能力绩效指数,其结果见表 3。同时得出 2009~2013 年绿色创新的技术效率和技术进步走势和相互作用,为了更直观的表现之间的关系,将其绘于图 1。

表 3 2008~2013 年湖北省绿色创新绩效

市州	<i>effch</i>	<i>techch</i>	<i>pech</i>	<i>sech</i>	<i>tfpch</i>
武汉	1	1.276	1	1	1.276
黄石	0.933	1.171	0.929	1.005	1.092
十堰	0.913	1.106	0.924	0.988	1.011
宜昌	1	1.187	1	1	1.187
襄阳	0.982	1.166	0.998	0.984	1.145
鄂州	1.072	1.106	1.062	1.009	1.185
荆门	0.901	1.074	0.915	0.985	0.968
孝感	0.883	1.122	0.902	0.978	0.99
荆州	1	1.278	1	1	1.278
黄冈	1	1.036	1	1	1.036
咸宁	1.053	0.989	1.07	0.984	1.041
随州	0.927	1.064	1	0.927	0.987
平均值	0.97	1.128	0.982	0.988	1.094

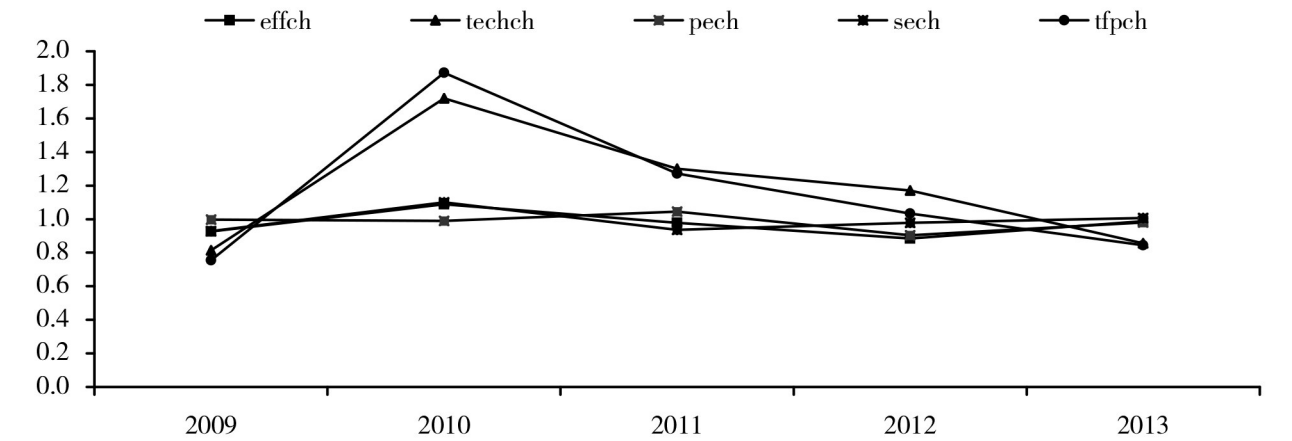


图 1 2009~2013 年湖北省技术效率和技术进步指数

从 2008~2013 年湖北省 12 个州市的绿色创新绩效看,湖北省整体的绿色创新能力较好,有 9 个市州在该阶段全要素生产率大于 1,即新的知识技术等促进了经济发展。其中武汉、荆州、宜昌的绿色创新能力位于前三,武汉、荆州、宜昌的绿色创新绩效主要是由技术的“增长效应”带来的,使得其综合水平名列前茅。荆门、孝感、随州的全要素生产率低于 1,说明科技进步转为经济生产力的能力较差,没有带来对经济发展的促进作用,反而可能由于大量的科技投入却没有很好地转换为生产力,因此对经济发展起了约束作用。

从 2008~2013 年综合 Malmquist 全要素指数及其分解来看,推动湖北省绿色创新能力的主要动力是技术变化,而效率值的变化处于落后水平。全要素生产率 $tfpch$ 是处于增长状态的,其新的知识、新的技能、发明创造和新的组织结构在经济活动中的应用而产生的经济水平的提高达到了 9.4%。但是这主要得益于技术的变化,即技术进步的增长效应达到了 12.8%,而湖北省的效率值的变化即最佳生产可能性边界的追赶效应处于降低状态,总体来说低于经济增长 3%,其中纯技术效率变化低于 1.8%,规模效率低于经济增长 1.2%。说明湖北省对于绿色创新的投资规模还没有达到最佳水平,存在科研经费投入没有完全得到产出的情况和纯技术的进步和提升没有转化成生产力的状况,因此需要进一步优化创新投资规模,使得创新投资和创新产出协调发展,最终促进湖北省绿色创新绩效的提高。

(三)湖北省绿色创新效率的空间特征分析

1.全局自相关分析结果

利用在全局自相关 Moran'I 来解释空间自相关和空间集聚现象中,湖北省的 Moran'I 指标值为

0.1285,其服从标准正态分布 Z 的统计量在 1% 的显著性水平上显著,表明湖北省绿色创新效率呈现显著空间正相关的特点,绿色创新在空间上呈现聚集趋势,在各市州经济发展水平综合得分较高的地区周边综合得分也较高,相反经济发展总体得分较低的周边地区也较低。

2.局部自相关度量

基于 GeoDa 软件创建邻接的权重矩阵,输出 LISA 集聚图,从图中可以看出:落在第一象限,表现为正的空间相关关系的市州有:武汉、咸宁、黄石、黄冈、随州、鄂州、荆门;而宜昌、荆州、孝感、襄阳和十堰落在第四象限,变现为负的空间相关关系;整体上正相关关系起主导作用。

高高类型的区域主要是由武汉、咸宁、黄石、黄冈、随州、鄂州、荆门构成的高值聚集区,这些地区基本都资源丰富且交通相对便利,具有良好的区位优势,其第二、三产业所占 GDP 比重较高,经济结构层次相对较高,具有相对较高的集聚经济能力,对地区

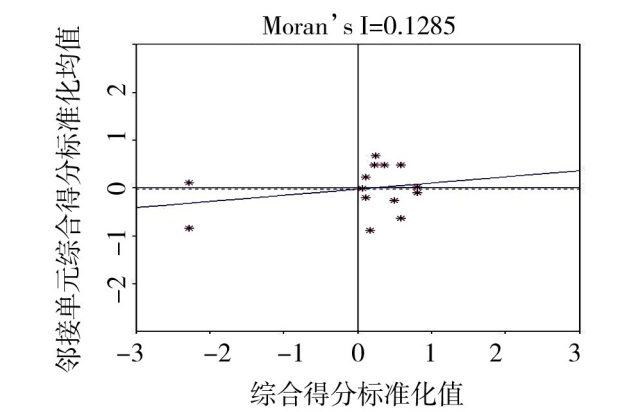


图 2 2009~2013 年湖北省绿色创新绩效综合得分

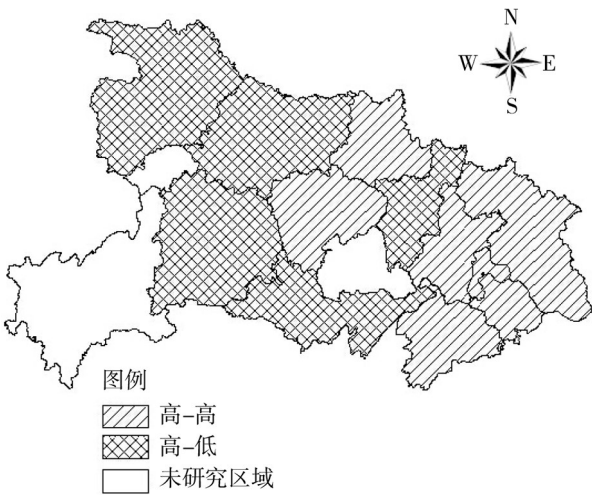


图 3 湖北省绿色创新绩效综合得分 LISA 聚集图

经济发展水平影响力较大,同时也能够带动周边地区共同发展。

从 ESDA 分析结果可以看出:首先,湖北省的整体绿色创新绩效处于正向状态,即存在创新上和技术上的溢出效应,但是这种创新和技术的溢出效应由于湖北省个别市州的经济发展水平的影响而受到了抑制,因此还有部分市州的创新和技术的溢出效应没有充分发挥出来;其次,经济发展水平的高低影响了绿色创新效率的空间分布。经济发展水平较高的市州,其绿色创新绩效所具有的溢出效应也较高,反之经济发展水平较低的市州,其绿色创新绩效也受到了影响。因此,经济的发展是提高绿色创新绩效的基础;最后,湖北省各市州特别是经济发展较快、绿色绩效较高的市州,对周边地区经济的拉动辐射作用较小。

四、结论和建议

第一,湖北省的绿色创新水平主要受科技创新因子和能耗环保因子的影响,且科技创新因子的影响占主导地位。在湖北省经济发展水平较高的市州

绿色创新水平也相对较高,总体来说湖北省的绿色创新水平较高,但呈现出较大的差异性。

第二,从 2008~2013 年湖北省的绿色创新绩效来看,整体绩效水平较高,技术的进步促进了经济的发展,但全要素生产率的提高主要由技术的“增长效应”带来的,效率值的“追赶效应”包括纯技术效率进步和规模效率的作用还需要进一步发挥。提高技术进步转化为生产力的能力,形成最佳生产规模。

第三,湖北省的绿色创新绩效在空间上存在显著正相关特点,落入高高象限的市州较多,即呈现聚集趋势,存在技术、创新和生态上的溢出效应。但存在明显的空间二元结构和局部极化现象,空间结构有待优化,经济发展水平较高地区对周边地区经济发展的扩散效应亟待加强。

参考文献:

[1]Brawn E,Wield D.Regulation as a means for the social control of technology[J].Technology Analysis & Strategic Management, 1994 (3).

[2]李平.技术创新从传统迈向绿色[J].贵州社会科学,2002(1).

[3]童昕.集群中的绿色技术创新——扩散研究——以电子制造的无铅化为例[J].中国人口·资源与环境,2007(6).

[4]李海萍,向刚,高忠仕,等.中国制造业绿色创新的环境效益向企业经济效益转换的制度条件初探[J].科研管理,2005(2).

[5] Vicki Noberg-Bohm. Stimulating “green” technological innovation: An analysis of alternative policy mechanisms[J].Policy Sciences,1999 (1).

[6]周力.中国绿色创新的空间计量分析[J].资源科学,2010(5).

[7]华振.中国绿色创新绩效研究[J].技术经济,2011(7).

[8]刘秉镰,李清彬.中国城市全要素生产率的动态实证分析[J].南开经济研究,2009(3).

[9]华振.我国绿色创新能力评价及其影响因素的实证分析[J].技术经济,2011(9).

[10]韩晶.中国区域绿色创新绩效研究[J].财经问题研究,2012(13).

[11]王志平.我国区域绿色技术创新效率的时空分异与仿真模拟[D].江西财经大学,2013.

责任编辑 吴爱军 E-mail:Wajun800@126.com