

城市绿色创新发展协调度的时空差异研究

——以湖北省 12 个地级市为例^{*1}

杨树旺 吴婷

(中国地质大学(武汉) 经济管理学院, 湖北武汉 430074)

【摘要】：绿色是发展的主色调，创新是驱动发展的重要手段，绿色、创新和经济发展在相互作用、相互影响中实现社会可持续发展。利用耦合协调发展函数模型，构建包含绿色、创新和经济发展的指标评价体系，以湖北省 12 个地级市 2006 年-2015 年的数据为研究样本，探究湖北省绿色创新发展协调性、绿色发展协调性和创新发展协调性的时空演进特征。结果表明：①10 年来，湖北省绿色创新发展指数、绿色发展指数、创新发展指数均不断增长，创新发展指数相对较小；②湖北省绿色创新发展耦合度、绿色发展耦合度、创新发展耦合度一直处于拮抗阶段，距离良性共振耦合且有序发展状态存在较大提升空间；③绿色创新发展协调度、绿色发展协调度、创新发展协调度持续上升，绿色创新发展逐步实现初步协调，创新发展协调度较低，创新驱动发展能力有待提高。湖北省应基于地区发展特征及发展阶段，发挥优势地区的辐射带动作用，制定合理政策促进区域绿色创新发展。

【关键词】：湖北省；绿色发展；创新；耦合协调度

【中图分类号】：F061.5 **【文献标识码】**：A **【文章编号】**：1003-8477(2017)09-0060-06

一、引言

随着中国经济迈入“新常态”，传统依靠要素投入拉动经济增长的粗放型发展方式难以为继，资源短缺、环境污染成为当前经济可持续发展必须克服的难题，绿色发展已然成为题中之义。党的十八届五中全会强调要坚持绿色发展，着力改善生态环境。绿色和发展是辩证统一的，创新是驱动绿色转型发展的重要手段，推动节能减排、发展低碳循环产业离不开以创新为内核的科技研究。厘清绿色、创新和发展的协调关系对于研究区域经济发展现状、转型升级方向具有重要的指导意义。

绿色、创新和发展是经济转型升级、跨越发展不可分离的三个方面，“发展”是目的；“绿色”是底色；“创新”是动力。绿色发展和创新发展都是为了实现更高质量、更高效益、更可持续地发展，绿色创新是以环境保护和资源节约展开的创新活动，服务于绿色发展。绿色、创新、发展的协调统一是实现“绿水青山”和“金山银山”双赢的发展方式，对于解决资源短缺、环境污染难题，转变经济发展方式具有重要的现实意义。

二、研究综述

¹ **基金项目**：中国地质大学(武汉)区域创新能力监测与分析软科学研究基地开放基金项目“湖北省绿色创新效率及其提升路径研究”(HBQY2016Y07)。

作者简介：杨树旺(1964—)，男，博士，中国地质大学(武汉)经济管理学院资源环境研究中心、国土资源部国土资源战略研究重点实验室教授，博士生导师；吴婷(1992—)，女，中国地质大学(武汉)经济管理学院资源环境研究中心硕士研究生。

绿色发展的内涵是实现经济增长与环境保护的全面协调可持续，^{[1] (p120-125)}“环境库兹涅茨曲线”（EKC）认为经济增长与环境之间存在“倒U”型关系，只有跨过EKC拐点，经济与环境才能实现协调发展，大量学者通过对中国不同地区不同阶段经济与环境关系的研究表明经济与环境的线性关系不是绝对的，^{[2] (p371-384)}也可能出现“倒U”型、同步、“U”型和“N”型关系；^{[3] (p157-164)}同时，中国经济与环境的协调发展仍处于较低水平，良性互动有待进一步提升。^{[4] (p25-30)}

创新发展是通过技术创新促进经济增长，自熊彼特的创新发展理论以来，学术界围绕创新发展展开了大量的研究，都肯定创新驱动发展的重要性；^{[5] (p776-782)}但创新与经济发展之间更应该是一种相互作用关系，创新能力转化为现实生产力，经济发展引领创新能力进一步提高，^{[6] (p90-96)}就此学者们对创新发展的协调性展开研究，结果表明中国绝大部分省域创新发展仅达到初步协调状态，且东部创新发展协调性更高，创新能力综合水平上落后于发展水平。^{[7] (p104-110)}

绿色创新是为保护环境和实现可持续发展开展的创新活动，^{[8] (p319-332)}创新是提高资源效率、保持经济增长活力、促进绿色发展的重要手段。^{[9] (p270-292)}

综上所述，绿色、创新和经济发展三者之间表现为相互影响、相互作用，而现有研究大多侧重于两两之间的关系，对三者之间协调关系的研究相对较少。彭朝霞，吴玉锋（2017）^{[10] (p250-255)}测算了2014年我国省域生态-科技-经济的耦合协调度，本文在其研究之上，将绿色、创新、经济发展三者放入统一体系中并加入两两之间相互作用关系用以全面反映绿色创新发展现状。

湖北省是我国经济大省，经济实力雄厚，处于长江经济带战略的重要地位，其生态优先、绿色发展对中国经济转型升级具有重要意义，当前大多研究表明湖北省的生态效率、绿色创新效率相对较低，^{[11] (p113-125)}生态-经济-科技系统的耦合度处于抗拒阶段，耦合协调度严重失调。^{[10] (p250-255)}本文以湖北省12个地级市为研究对象，探求区域内绿色、创新、经济发展系统的协调性，协调发展状态在时间和空间上呈现怎样的趋势，力求找出湖北省可持续发展的“短板”，为实现湖北省绿色创新发展提出相应政策建议。

三、研究方法及指标体系

1. 指标体系构建。

基于数据可获得性，选取湖北省12个地级市（武汉市、黄石市、十堰市、荆州市、宜昌市、襄阳市（2010年前为襄樊市）、鄂州市、荆门市、孝感市、黄冈市、咸宁市、随州市）作为研究对象，研究时间为2006年—2015年，基于科学性、全面性、客观性等原则，同时借鉴现有评价指标体系，构建湖北省绿色创新发展系统评价指标体系（表1），包含经济、绿色、创新三个层级。采用Max-Min值法对效益（正向）成本（负向）属性不同的指标进行无量纲化处理，然后运用熵权法确定指标权重，熵权法基于数据变化特点确定权重，既具有客观性，又符合经济发展现实，由于数据标准化和熵权法已形成较为成熟的体系且广泛使用，此处不进行具体赘述。

表1 绿色创新发展 系统评价指标体系

准则层	指标层	单位	权重
经济层级	人均地区生产总值	元	0.121
	第一产业生产总值占比	%	0.130
	第二产业生产总值占比	%	0.131
	第三产业生产总值占比	%	0.124
	社会消费品零售总额	万元	0.119

	全社会固定资产投资总额	万元	0.106
	地方财政一般预算内收入	万元	0.080
	居民人均储蓄存款	万元/人	0.119
	进出口总额	亿美元	0.070
	园林绿地面积占比	%	0.091
	建成区绿化覆盖率	%	0.114
	环境空气质量优良率	%	0.114
	生态环境状况指数	%	0.109
绿色层级	单位工业增加值工业废水排放量	吨/元	0.115
	单位工业增加值 SO ₂ 排放量	吨/万元	0.116
	单位工业增加值工业烟尘排放量	吨/万元	0.115
	工业固废综合利用率	%	0.114
	单位 GDP 能耗	标准煤/万元	0.112
	财政科学支出占比	%	0.119
	财政教育支出占比	%	0.125
	技术改造投资占固定资产投资比重	%	0.121
	从事科技活动人员数占从业人员比重	%	0.108
创新层级	高新技术产业产值占工业总产值比重	%	0.120
	高新技术产业增加值占地区生产总值比重	%	0.120
	万人专利申请受理数	件	0.103
	万人发明专利申请受理数	件	0.088
	万人专利申请授权数	件	0.094

统计数据来源于《湖北省统计年鉴 2007—2016》《湖北省环境质量公报 2006—2015》缺失数据直接或间接来源于湖北省各地级市《统计年鉴 2007—2016》《政府工作报告 2006—2015》《国民经济与社会发展统计公报 2006—2015》，数据来源具有较强的可靠性和准确性。

2. 研究方法：耦合协调度模型。

绿色、创新和发展是相互影响、相互作用、相互制约的统一系统，故借用物理学上的耦合概念来描述三者之间的相互关系，耦合度描述系统由无序走向有序过程中子系统相互作用和相互影响的程度，而协调度将各系统实际水平和实际状态考虑进来，进一步研究这种影响作用的性质，能够更全面地反映系统“功能”效应和与协调效应。

$$D = (C \times T)^{1/2}$$

其中， $C = \{ (U_1 \times U_2 \times U_n) [U_i + U_j]^{1/n} \}$ ， $T = \alpha U_1 + \beta U_2 + \dots + \gamma U_n$ ， $i, j = 1, 2, \dots, n; i \neq j$ 。

D 表示耦合协调度，C 表示耦合度，T 为协调效应指数，U₁ 和 U₂ 表示采用综合评价法计算出的各子系统的综合评价指数， α 、 β 、 γ 为权重，本文定义各子系统具有相同的重要性，故 $\alpha = \beta = \dots = \gamma = 1/n$ 。借鉴现有研究，^{[12] (p8-16)} 将协调度划分为 9 个阶

段，[0, 0.199]为严重失调；[0.20, 0.299]为中度失调；[0.30, 0.399]为轻度失调；[0.40, 0.499]为濒临失调；[0.50, 0.599]为勉强协调；[0.60, 0.699]为初级协调；[0.70, 0.799]为中级协调；[0.80, 0.899]为良好协调；[0.90, 1]为优质协调。

基于绿色、创新、经济发展三个子系统的相互关系，经济发展是绿色、创新的最终目的，创新驱动经济发展，更驱动经济绿色发展，故本文研究对象有3个，绿色、创新、经济发展三者关系，定义为绿色创新发展，绿色、发展两者关系，定义为绿色发展，创新、发展两者关系，定义为创新发展。

四、实证结果与分析

1. 湖北省绿色创新发展综合测度。

通过综合评价法计算出湖北省12个地级市绿色创新发展三者之间，绿色发展、创新发展、绿色创新两两之间的综合发展指数（图1），从时间和空间两个维度上分析湖北省绿色创新发展现状。

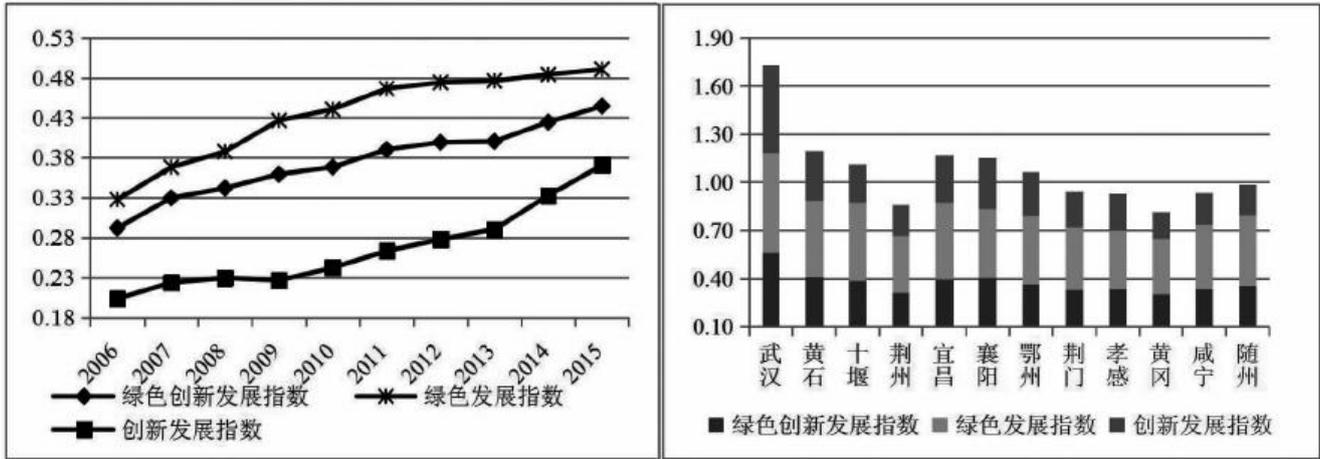


图1 湖北省绿色创新发展综合指数

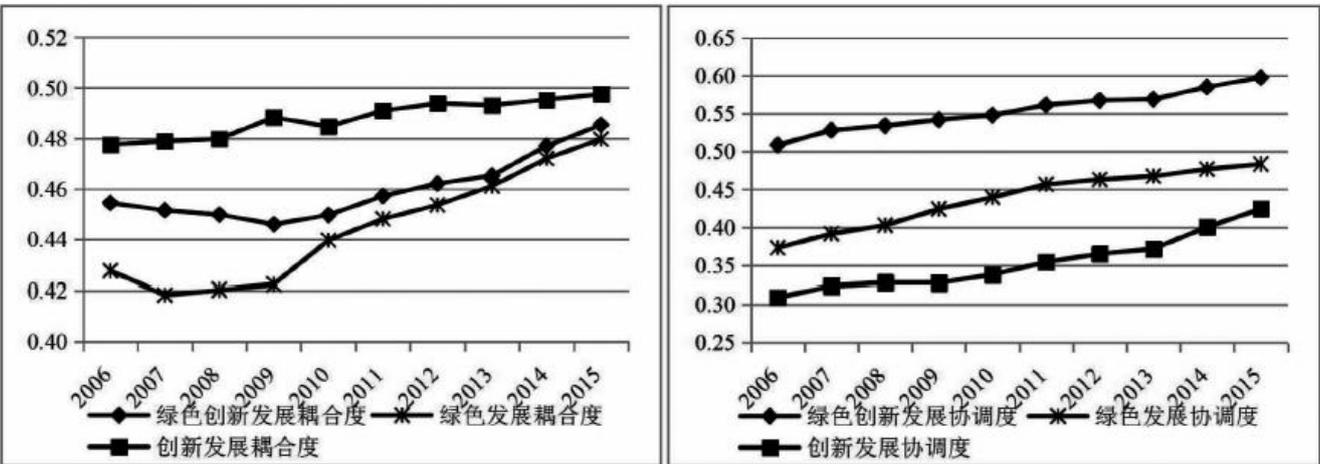


图2 湖北省绿色创新发展耦合协调度

从时间上来看：（1）2006 年到 2015 年 10 年间，湖北省绿色创新发展指数、绿色发展指数、创新发展指数都表现为不断增长的趋势；（2）2006 年至 2007 年四个指数均出现较大幅度提升，2006 年是“十一五”开局之年，《中华人民共和国国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》提出“建设资源节约型、环境友好型社会”、“实施科教兴国战略和人才强国战略”，湖北省推动绿色创新发展步伐加快；（3）湖北省创新发展指数与绿色创新发展指数、绿色发展指数存在较大差距，湖北省创新发展能力相对较差，2013 年创新发展指数增长加速，使差距迅速缩小，说明 2013 年来国家出台一系列推动自主创新、创业政策效果明显。从空间上看：（1）湖北省 12 个地级市除武汉市外，其他地区三个发展指数都表现为极不均衡发展状态，绿色、创新、发展难以实现理想上的等同和协调；（2）各地区绿色发展指数差异不大，而武汉市创新发展水平“一马当先”，远远高于其他地区。初步来看，创新可能是制约湖北省绿色创新发展协调的“短板”。

借鉴祝影、王飞（2016）^{[7] (p104-110)}的研究，将综合发展指数比值与 1 进行比较，当两者比值大于 1 时，为超前性；两者比值介于 0.5 到 1 之间为同步型；当两者比值小于 0.5 时，为滞后型；早期中国经济发展方式相对粗放，不可避免地以环境、资源的消耗来实现经济增长，结合湖北省各地级市实际发展情况，将发展比绿色、创新比发展、创新比绿色发展来探索湖北省各地级市绿色创新发展系统综合指数的相对发展趋势，可以得出以下几条结论：（1）总体而言，湖北省绿色与发展、创新与发展、创新与绿色发展在超前和滞后波动中最终大体上实现同步，武汉市和黄石市的同步性较好；（2）发展同步于绿色的地区不断增加，由黄石和鄂州 2 个地区增加到 7 个，经济发展不可避免加强了对资源环境的利用，而武汉市 2010 年开始发展超前绿色；（3）创新与发展由超前逐步实现同步，创新资源逐渐得到有效利用。2006 年 4 个地区（武汉市、黄石市、十堰市、鄂州市）创新同步于发展，2015 年 8 个地区实现创新与发展同步，十堰市 2010 与 2011 年创新滞后于经济发展；（4）创新与绿色发展的相对趋势表现为“U”型，同步型地区数量先减少后增加，2006 年仅十堰市、宜昌市创新滞后于绿色发展，2013 年创新滞后于绿色发展的地区最多为 6 个，到 2015 年所有地区创新与绿色发现同步，说明湖北省创新驱动绿色发展在曲折中探索。

2. 湖北省绿色创新发展的耦合协调性综合分析。

总体而言，2006 年至 2015 年，湖北省绿色创新发展耦合度、绿色发展耦合度、创新发展耦合度和绿色创新耦合度虽然处于增长态势，但增长速度十分缓慢，十年来一直处于拮据阶段，说明湖北省绿色创新发展的质量不高，距离良性共振耦合且有序发展状态存在差距，具有较大提升空间。绿色创新发展协调度高于绿色发展协调度、创新发展协调度和绿色创新协调度，说明绿色、创新、发展三个子系统相互作用的协调效应高于两两之间，三者共同作用更有利于实现湖北省可持续发展。

具体到每一个系统的耦合度和协调度，绿色创新发展的耦合度由 2006 年的 0.451 下降 2009 年的 0.439，之后持续上升到 2015 年的 0.480，说明湖北省绿色创新发展的相互磨合由不稳定逐步实现稳定，绿色创新发展的协调度持续上升，由 0.520 增加到 0.607，从勉强协调阶段上升到初级协调阶段，绿色创新发展的协调度一直高于耦合度，说明子系统间相互促进作用明显，使得实现了较好的协调发展。绿色发展耦合度在 2007 下降到 0.407 后持续增长到 2015 年的 0.472，年均增速 1.87%，绿色发展协调度由 0.390 增长到 0.500，实现了由轻度失调阶段跨越到勉强协调阶段，2008 年开始绿色发展协调度高于耦合度，说明绿色和发展由相互抑制走向促进。创新发展耦合度高于其他三个层级的耦合度，且变化幅度较小，由 0.478 增长到 0.500，但创新发展协调度一直低于其他三个层级的协调度，也远低于自身的耦合度，说明创新对湖北省发展的促进作用不明显，创新驱动发展能力有待提高。绿色创新耦合度表现为“U”型结构，在 2010 年达到最低值 0.419，2013 年增长加速，到 2015 年三年间年均增速 4.48%，绿色创新协调度波折上升，但一直处于濒临失调阶段，2013 年开始增长显著，说明 2013 年开始绿色与创新开始实现较稳定的协调发展态势。

绿色发展、创新发展和绿色创新的耦合度在 2009 年到 2010 年前都表现为较明显的下降态势，2013 年开始增速加快，究其原因，2006 年湖北省开始实现循环经济政策，将保护环境、节约资源落实到生产过程，绿色、创新、发展处于磨合阶段，而 2008 年经济危机致使经济下滑，严重影响了湖北省的绿色、创新和发展，2010 年之后，经济开始不断复苏、“十二五”规划提出建设“资源节约型、环境友好型”社会，2012 年依次印发了《节能减排“十二五”规划》和《“十二五”国家自主创新能力建设规划》，将节能环保产业作为国家战略性新兴产业的重点方向。

3. 分地区湖北省绿色创新发展协调度分析。

为了更直观地对湖北省绿色创新发展的空间特性进行分析, 选取 2006 年、2011 年、2015 年 3 年作为代表年份, 对湖北省 12 个地级市绿色创新发展协调度、绿色发展协调度、创新发展协调度的时空变化进行研究, 由 ArcGIS10.20 得到各地级市协调度空间分布图 (图 3)。湖北省绿色创新发展协调度、绿色发展协调度、创新发展协调度具体表现为以下几个方面的特点。

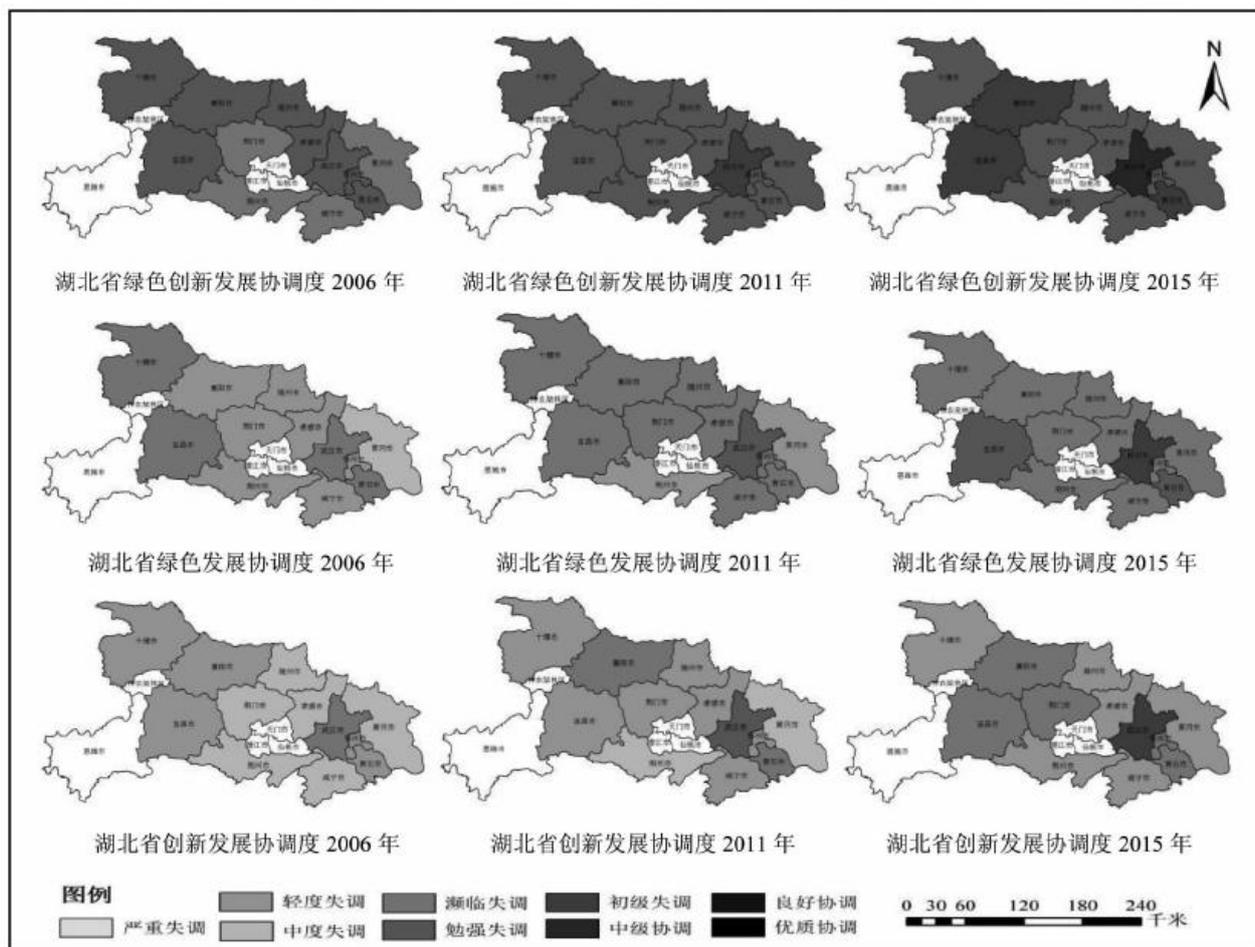


图 3 湖北省绿色创新发展协调度空间分布图

注: 图中空白区域为未纳入研究范围的地区。

第一, 各地区的协调度呈现出不断上升的趋势, 绿色创新发展协调度增长最快, 绿色发展协调度次之, 创新发展协调度增长相对缓慢。2006 年有 4 个地区绿色创新发展濒临失调, 没有地区达到初、中级协调发展, 2015 年濒临失调的地区减少为 0, 3 个地区实现了初级协调, 武汉市进入中级协调阶段; 2006 年绿色发展有 1 个地区绿色发展中度失调, 7 个地区轻度失调, 其余 4 个地区仅达到濒临失调阶段, 2015 年 9 个地区进入濒临失调, 且协调度大于 0.45 的占 2/3, 2 个地区实现勉强协调, 1 个地区达到初级协调; 创新发展协调达到最高阶段在 2005 年为濒临失调, 且达到的地区仅为 1 个, 2015 年的 5 个地区进入濒临失调, 1 个地区 (武汉) 实现了初级协调, 没有中度失调地区。

第二, 协调度发展排前的主要地区由武汉市、黄石市、十堰市逐渐转变为武汉市、宜昌市、襄阳市, 且武汉市协调度一直最高、发展最快。武汉市绿色创新发展协调度在 2006 年为勉强协调, 2007 年进入初级协调且不断增长, 2015 年实现中级协调, 黄石市、宜昌市、襄阳市均由勉强协调阶段进入初级协调阶段、十堰市 10 年间一直为勉强协调, 增长速度缓慢; 武汉市绿色发展协调度由濒临失调实现初级协调, 黄石市在 2013 年进入勉强协调后增速极其缓慢, 年均增速不到 1%, 十堰市一直为濒临失

调，宜昌市和襄阳市分别由濒临失调进入勉强协调、由轻度失调进入濒临失调；创新发展协调度武汉市遥遥领先，且与其他地区差距不断拉大，宜昌市创新发展协调度增速最快，由轻度失调进入濒临失调。究其原因，宜昌市、襄阳市高新技术产业发达，襄阳较早拥有国家级高新区，宜昌市 2010 年也获批国家级高新技术产业开发区，创新驱动作用明显。

五、结论与讨论

本文运用物理学中的耦合协调模型，构建包含绿色、创新和经济发展三个层级的绿色创新发展指标，对湖北省 12 个地级市 2006 年至 2015 年绿色创新发展的耦合协调性进行研究，得出以下结论：①湖北省绿色创新发展指数、绿色发展指数、创新发展指数都表现为不断增长的趋势，创新发展指数相对较小，创新发展能力相对较弱；②湖北省绿色与经济发展、创新与经济发展、创新与绿色发展在波动变化中同步趋势不断增强，经济发展不可避免的加强了对资源环境的消耗，创新资源匹配经济发展作用有待提升；③湖北省绿色创新发展耦合度、绿色发展耦合度、创新发展耦合度十年来一直处于拮抗阶段，距离良性共振耦合且有序发展状态存在较大提升空间；④绿色创新发展协调度、绿色发展协调度、创新发展协调度持续上升，绿色创新发展由勉强协调实现初步协调，绿色发展、创新发展由轻度失调跨越到勉强协调，创新发展协调度较低，创新对湖北省发展的促进作用不明显，创新驱动发展能力有待提高。⑤武汉市绿色创新发展协调度、绿色发展协调度、创新发展协调度一直最高、且发展最快，黄石市和十堰市的协调度增速逐渐低于宜昌市和襄阳市。

基于本文研究结论，首先，要统筹考虑地区发展特征及发展阶段，先发展地区应当提高资源环境利用效率，从改善生态环境，提升环境质量角度促进经济发展；后发展地区应当合理利用资源（自然资源、社会资源），实现绿色高端发展、经济与环境协调可持续。其次，重视地区创新与环境、经济相对发展水平上的差距，合理制定差异化政策促进创新驱动绿色发展的能力，如武汉市应当积极引导创新资源在绿色技术创新上的利用，创新能力相对落后地区（咸宁、随州等）应当加强政府政策扶持力度，激发区域创新活力，加大学习引进力度。最后，加强区域合作，提高城市圈优势地区的辐射带动能力，发挥武汉市对全省及武汉城市圈的辐射带动作用，襄十随城市圈中襄阳市的创新引领作用，荆荆宜城市圈宜昌市的带动优势。

参考文献：

- [1]唐啸，胡鞍钢. 绿色发展与“十三五”规划[J]. 学习与探索, 2016, (11).
- [2]Du L, Wei C, Cai S. Economic development and carbon dioxide emissions in China: Provincial panel data analysis [J]. China Economic Review, 2012, 23, (2).
- [3]王谦，高军. 我国不同地区“环境库兹涅茨曲线”假说的检验[J]. 科研管理, 2011, 32, (7).
- [4]吴玉鸣，张燕. 中国区域经济增长与环境的耦合协调发展研究[J]. 资源科学, 2008, 30, (1).
- [5]Adak M. Technological Progress, Innovation and Economic Growth; the Case of Turkey ☆[J]. Procedia Social and Behavioral Sciences, 2015.
- [6]谢彦龙，李同昇，李梦雪，等. 区域创新与经济发展时空耦合协调分析——以陕西省为例 [J]. 科技管理研究, 2017, (2).
- [7]祝影，王飞. 基于耦合理论的中国省域创新驱动发展评价研究[J]. 管理学报, 2016, 13, (10).
- [8]Rennings K. Redefining innovation — ecoinnovation research and the contribution from ecological economics

[J]. Ecological Economics, 2000, 32, (2) .

[9]Ashford N A, Hall R P. The Importance of Regulation-Induced Innovation for Sustainable Development[J]. Sustainability, 2011, 3, (12) .

[10]彭朝霞, 吴玉锋. 我国生态-经济-科技系统耦合协调发展评价及其差异性分析[J]. 科技管理研究, 2017, (4) .

[11]张江雪, 朱磊. 基于绿色增长的我国各地区工业企业技术创新效率研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2012, (2) .

[12]张明斗, 莫冬燕. 城市土地利用效益与城市化的耦合协调性分析——以东北三省 34 个地级市为例[J]. 资源科学, 2014, 36, (1)