

中国绿色低碳循环发展经济体系 建设水平测度^①

张友国^{1,2} 窦若愚³ 白羽洁³

- (1. 中国社会科学院数量经济与技术经济研究所;
2. 中国社会科学院环境与发展研究中心;
3. 中国社会科学院大学 (研究生院))

研究目标: 测度中国绿色低碳循环发展经济体系建设水平。**研究方法:** 建立指标体系和指数,应用时空极差熵权法、基尼系数、泰尔指数、 σ 收敛模型和2012~2017年全国及省级层面的数据。**研究发现:** 研究时期内全国及几乎所有省级绿色低碳循环发展经济体系建设水平都有所提升;只有发展动力指数改善显著,生产系统指数和发展效益指数改善幅度不大,生活系统指数则逐年下降;全国区域间绿色低碳循环发展经济体系建设水平总体平衡但有扩大趋势,不过区域间发展效益指数有收敛趋势。**研究创新:** 在辨析绿色、低碳、循环发展异同的基础上,将发展动力与发展效益、生产系统与生活系统纳入统一的逻辑框架,全面立体地测度绿色低碳循环发展经济体系建设水平。**研究价值:** 界定绿色低碳循环发展经济体系的科学内涵,揭示绿色低碳循环发展经济体系建设水平的变化趋势和区域差异性,为绿色低碳循环发展经济体系建设提供清晰可靠的决策依据。

关键词 绿色低碳循环发展 指标体系 时空极差熵权法 基尼系数 泰尔指数

中图分类号 F062.4 **文献标识码** A

引言

党的十九大提出的“绿色低碳循环发展的经济体系”是一个十分重要的概念,它融合了习近平新时代中国特色社会主义经济思想和习近平生态文明思想,与全球广泛认可的可持续发展理念也具有内在一致性。一方面它是建立现代经济体系的重要内容,强调了现代经济体系的绿色低碳循环发展特征和要求,并从人与自然的关系维度为现代经济体系建设指明了方向。另一方面,它也是生态文明建设的重要内容,承载了绿色发展理念,是通向生态文明的根本途径。当然,绿色低碳循环发展的经济体系也从中国的实际出发,深刻回应了已经深入人心可持续发展理念,并将可持续发展进一步具体化。但绿色低碳循环发展经济体系仍然是一个比较抽象的概念,日前还亟待为其建立一个相应的评价指标体系,使绿色低碳循环发展经济体系建设可操作、可观测、可考核,并为其不断完善提供决策依据。

^① 本文为国家自然科学基金项目(71873143)、中国社会科学院登峰计划环境技术经济学重点学科建设项目阶段性研究成果。

为了科学评估和促进特定国家或地区的可持续发展,为政府部门制定相关决策提供有价值的参考依据,许多研究机构或学者针对绿色发展(或经济)、低碳发展(或经济)、循环发展(或经济)建立了相应的评价指标体系。这些工作主要是在环境经济核算体系(System of Environmental-Economic Accounting, SEEA)的基础上发展起来的。其中,国外机构和学者关注较多的是绿色增长或发展的评价指标体系,国内则对绿色发展、低碳发展、循环发展三方面的指标体系都进行了比较深入的探讨,并取得了较为丰硕的成果。

在绿色发展或增长指标体系研究方面,一些研究(如 OECD, 2011; World Bank, 2009)产生了较大的学术和社会影响,但由于不同研究者对绿色发展或增长的理解视角差异颇大,加之各地区发展绿色经济的路径也很可能不同(OECD, 2015),因而相应的指标体系也大不相同。一些研究从绿色增长或发展现状、潜力和政策响应等综合角度建立指标体系(如欧阳志云等, 2009; 北京师范大学科学发展观与经济可持续发展研究基地等, 2010; 成金华等, 2013)。一些研究侧重从绿色增长或发展现状或结果出发构建指标体系(如李晓西等, 2014; 周小亮和吴武林, 2018)。最近一些关于经济或产业高质量发展的测度研究(如魏敏和李书吴, 2018; 付晨玉和杨艳琳, 2020)也多涉及绿色增长维度。此外,其中一些机构或研究者还进一步在指标体系的基础上构造相关指数并发布研究结果(如李晓西等, 2014; 季铸等, 2012)。

类似地,由于社会各界对低碳发展的理解和认识也不统一,因而这一领域的不同机构或学者建立的指标体系也具有较大差异性。一是选取经济、社会、生态环境等各领域与碳减排相关的指标来建立指标体系(如 Dowling, 2010)。二是基于驱动力—状态—响应模式,将碳排放相关指标(如碳生产力、人均碳排放、非化石能源比重等)与相应政策指标结合起来建立低碳发展指标体系(付加锋等, 2010; 庄贵阳等, 2011)。三是主要从低碳发展的经济、社会、生态环境和科技等方面的支撑条件出发构建指标体系,并将相关碳排放绩效指标融入其中(如马军等, 2010; Tan 等, 2017)。

相对于绿色发展和低碳发展来说,循环发展具有较为明晰的定义,相关研究也主要从循环经济的基本原则出发建立其指标体系,但不同研究对循环发展的范畴理解也不相同。例如,国家统计局“循环经济评价指标体系”课题组(2006)紧扣循环经济的“减量化、再利用、资源化”原则构建相应的指标体系;更多的研究(杨华峰和张华玲, 2005; 于丽英和冯之浚, 2005; 章波和黄贤金, 2005)则将循环发展从资源利用拓展至经济社会发展、生态环境治理及质量等更加宽泛的范畴。

总的来看,绿色发展、低碳发展、循环发展是具有差异性的三个概念,但以往有关这三者的指标体系研究,一般都没有强调它们在含义和侧重点上的差异性,或者说将三者大体视为等同关系。在构建其中某一方面(如低碳发展)的评价指标体系时,往往将其他两方面的评价指标也不加区分地纳入其中。同时,在构建指标体系时,指标体系各部分(子指标体系)之间的逻辑关系也往往不密切,或缺乏必要的解释。为克服现有研究的局限性,本文拟在辨析绿色发展、低碳发展、循环发展概念异同的基础上,从绿色低碳循环发展经济体系的科学内涵分析入手,将其发展动力、实体构成、绩效特征纳入统一的逻辑框架,从而构建其评价指标体系,并采用时空极差熵权法确定指标权重,继而展开实证研究。

一、绿色低碳循环发展经济体系的科学内涵与范畴辨析

概括而言,绿色低碳循环发展的经济体系是指符合绿色低碳循环发展的内在规律,满足

绿色低碳循环发展的要求,呈现绿色低碳循环发展特征的经济体系。尽管绿色发展、低碳发展和循环发展之间本来就有着千丝万缕的内在联系和很高的一致性,三者在具体含义上也有着较大程度的重合性,但它们在内涵、侧重的目标和政策指向上还是有着显著的区别,甚至在某些情况下三者间还存在所谓“绿色冲突”(何佩佩和庄国敏,2014)。简而言之,在推进经济社会发展的过程中,绿色发展侧重解决生态环境保护及其质量改善问题,强调经济发展与生态环境质量改善必须从对立走向统一;低碳发展侧重解决节能减碳问题,强调经济发展与碳排放及化石能源消耗逐步脱钩;循环发展以资源消耗的减量化、废旧产品的再利用、废弃物的再循环为基本原则,侧重解决资源保护与高效利用问题。绿色低碳循环发展应视为绿色发展、低碳发展和循环发展的交集,即应同时满足这三者的要求和特征,同时它也意味着绿色发展、低碳发展和循环发展三者必须彼此协同,而不是顾此失彼。

作为一种特殊的经济体系,绿色低碳循环发展经济体系可以理解为与经济活动相关的各种要素按特定规则相互联系构成的一个有机整体,并可以从其构成要素及要素构成方式来定义。党的十九大报告即从生产系统、生活系统及两大系统之间的联系对绿色低碳循环发展经济体系作了简明扼要的描述,具体内容涉及技术创新体系、金融体系、生产体系和生活体系的绿色低碳循环化。不妨将它们称为(市场导向型)绿色低碳循环技术创新体系、绿色金融体系、绿色低碳循环发展的生产体系和生活体系。这些具体内容从不同的侧面和层面立体勾画了绿色低碳循环发展经济体系要素构成的轮廓、特征和要求,也揭示了建立健全绿色低碳循环经济体系的基本途径。

绿色低碳循环技术创新体系和完善的绿色金融体系主要体现了经济体系的发展动力特征。习近平总书记指出,绿色发展代表了当今科技和产业变革方向,是最有前途的发展领域,要依靠科技创新破解绿色发展难题。绿色低碳循环技术就是绿色发展代表的科技变革方向,破解绿色发展难题必须依靠绿色低碳循环技术创新。国家发展和改革委员会与科技部在《关于构建市场导向的绿色技术创新体系的指导意见》(发改环资〔2019〕689号)中指出,绿色技术即本文所指的绿色低碳循环技术包括“降低消耗、减少污染、改善生态,促进生态文明建设、实现人与自然和谐共生的新兴技术,包括节能环保、清洁生产、清洁能源、生态保护与修复、城乡绿色基础设施、生态农业等领域,涵盖产品设计、生产、消费、回收利用等环节的技术”。中国人民银行等7部门发布的《关于构建绿色金融体系的指导意见》(银发〔2016〕228号)指出,绿色金融是指“为支持环境改善、应对气候变化和资源节约高效利用的经济活动,即对环保、节能、清洁能源、绿色交通、绿色建筑等领域的项目投融资、项目运营、风险管理等所提供的金融服务”。发达的绿色低碳循环生产体系要求实体经济中有实力强大的节能环保产业、清洁生产产业、清洁能源产业,这些产业也就是绿色发展代表的产业变革方向。同时,绿色低碳循环生产体系还要求能源体系具有清洁低碳、安全高效的特征,要求生产系统具备高度的资源循环利用特征且与生活系统实现循环链接。绿色低碳循环生活体系是从源头上引领绿色低碳循环发展经济体系的形成。它要求生活方式具有简约适度、绿色低碳的特征,同时生活系统也具有高度的资源循环利用特征且与生产系统实现循环链接。

绿色低碳循环发展经济体系的要素构成之间具有彼此强化、高度一致的关系。绿色低碳循环技术创新体系的建立为实体经济和生活方式的绿色低碳循环化奠定技术基础,进而为绿色金融创造良好的发展环境。完善的绿色金融则能够源源不断地为绿色低碳循环技术创新体系、绿色低碳循环产业体系的建立以及良好生活方式的形成提供必要的资金支持。绿色低碳循环产业体系的不断发展壮大,将为绿色低碳循环技术创新体系和绿色金融提供巨大的市场

和载体,对它们产生巨大的需求拉动效应,从而促进其发展和完善。特别是作为绿色低碳循环技术创新体系不可分割部分的绿色低碳循环技术产业化,本身也是绿色低碳循环产业体系的一部分,因而绿色低碳循环技术创新体系的发展壮大离不开绿色低碳循环产业体系的强力支撑。同时,绿色低碳循环产业能为良好生活方式的形成提供坚实的物质基础,从供给侧促进良好生活方式的形成。反过来,良好的生活方式则从需求侧为绿色低碳循环产业体系、绿色低碳循环技术创新体系和绿色金融的发展提供强大的激励。

绿色低碳循环发展经济体系除了满足上述要素构成的要求外,还应在发展效益上体现绿色低碳循环发展的特征。发展效益反映了各要素构成的功能发挥状况,也综合反映了各要素构成之间的协同水平。具体地,绿色低碳循环发展经济体系的发展效益可分解成四个方面,即绿色发展效益、低碳发展效益、循环发展效益和经济社会效益。绿色发展效益主要反映的是经济发展与污染排放脱钩的状况,同时也反映生态环境质量改善的情况。低碳发展效益主要反映经济发展与能源消费和碳排放脱钩的程度,同时也反映了能源消费结构的优化状况。循环发展效益主要体现经济发展与资源消耗的脱钩状况,同时也反映废弃资源的再利用水平。经济社会效益也是衡量经济体系绿色低碳循环发展不可或缺的一个方面,它体现了绿色低碳循环发展经济体系作为一个经济体系在改善人民福祉方面所应具备的发展特征和经济特征,也反映了绿色低碳循环发展与经济建设和社会建设的融合性。

二、测度绿色低碳循环发展经济体系建设水平的指标体系

1. 绿色低碳循环发展经济体系评价指标体系建立原则

本文所建立的指标体系是为了对绿色低碳循环发展经济体系所处水平和演进趋势进行科学合理的评判,继而为相关决策提供有价值的参考信息。因此,在建立指标体系的过程中,本文力图使指标体系符合如下系列原则:

①独立性与协同性相结合的原则,即具有自身独特的功能或存在价值,但又要与现行的政策指标体系相衔接、相呼应。②科学性原则,即能客观反映经济体系朝绿色低碳循环发展方向演进的内在规律和演化趋势。③系统性原则,即能反映体系各构成部分之间的因果关系。④全面性与重点突出相结合原则,即必须相对平衡地刻画各组成部分,同时又要较好地把握住主要矛盾。⑤完整性与简洁性相结合原则,即尽可能以较少的代表性指标勾勒出体系各部分及整体的特征。⑥目标引领与问题导向相结合原则,即具有明显的政策制定和实践指导功能。⑦可操作性和动态性相结合原则,即易于应用又能根据主要矛盾的变化进行调整。

2. 指标的选取

本文所建立的指标体系,从绿色低碳循环发展经济体系的科学内涵出发,其本质是对经济体系的衡量,核心内容是反映经济体系在发展动力、构成和效益上的绿色低碳循环发展水平。依照前述一系列原则,并充分吸收相关专家 and 实际部门工作者的建议,本文构建的绿色低碳循环发展经济体系评价指标体系(如表1所示)具有如下层次和逻辑关系:

一级指标将绿色低碳循环发展经济体系的衡量指标划分为发展动力、生产体系、生活体系和发展效益四个大的方面。二级指标将上述四大方面进一步细分,并与绿色低碳循环发展经济体系的基本内涵结合起来。发展动力划分成绿色低碳循环技术创新体系和绿色金融两大类。绿色低碳循环技术创新体系为经济体系的绿色低碳循环发展提供技术动力,绿色金融为经济体系注入绿色资本。生产系统又从产业结构和生产行为两个维度来刻画,生活系统则从生活方式和宜居环境建设两部分来描述。发展效益细分为绿色效益、低碳效益、循环效益和经济社会效益

四部分。三级指标则是表征二级指标的代表性指标，它们从各维度和各方面将经济体系绿色低碳循环发展的特征具体化和细化，形成评价经济体系绿色低碳循环发展水平的实质性内容。

完善的绿色低碳循环技术创新体系和绿色金融是经济体系绿色低碳循环发展的强大动力。如前所述，绿色技术创新体系是党的十九大提出的新概念、新任务，是国家创新体系的重要组成部分，是创新发展与绿色发展的有机结合。根据《关于构建市场导向的绿色技术创新体系的指导意见》提出的绿色技术创新体系发展要求，本文为绿色低碳循环技术创新体系设置4个三级指标：①研发与试验发展经费支出强度，即研发与试验发展经费支出与国内生产总值（GDP）比值，该指标从宽泛的绿色低碳循环技术概念出发，表征绿色低碳循环技术创新的资本投入保障力度；②绿色低碳循环技术工程研究中心数量；③技术市场成熟度（技术市场成交额与GDP比值）；④环保支出占一般公共预算支出比重。这些指标分别表征一个地区不同层面的绿色低碳循环技术创新能力，它们既是发展成果或水平类指标，更是驱动因素型指标。

表 1 绿色低碳循环发展经济体系建设水平评价指标

一级指标	二级指标	三级指标	编号	指标方向	权重	2012~2017 年全国层面三级指标得分					
						2012	2013	2014	2015	2016	2017
发展动力	绿色低碳循环技术创新体系	研究与试验发展经费投入强度	X ₁	正	0.038	0.296	0.309	0.314	0.321	0.330	0.333
		绿色低碳循环技术工程研究中心数量	X ₂	正	0.062	0.162	0.164	0.170	0.170	0.171	0.189
		技术市场成熟度	X ₃	正	0.134	0.068	0.075	0.079	0.085	0.092	0.098
		环保支出占一般公共预算支出比重	X ₄	正	0.018	0.212	0.230	0.241	0.280	0.242	0.287
	绿色金融	绿色信贷占信贷总量比重	X ₅	正	0.018	0.096	0.183	0.198	0.237	0.276	0.310
		上市环保企业密度	X ₆	正	0.166	0.038	0.037	0.039	0.044	0.044	0.059
生产系统	产业结构	高新技术服务业占第三产业比重	X ₇	正	0.023	0.428	0.364	0.378	0.392	0.390	0.410
		高新技术制造业占比	X ₈	正	0.033	0.349	0.355	0.365	0.401	0.423	0.450
		高污染行业占比	X ₉	正	0.018	0.638	0.656	0.676	0.710	0.729	0.715
	生产行为	生态建设投资比重	X ₁₀	正	0.010	0.467	0.483	0.435	0.456	0.454	0.402
		节水灌溉面积比重	X ₁₁	正	0.020	0.451	0.373	0.396	0.418	0.438	0.455
		单位耕地面积农药使用量	X ₁₂	负	0.007	0.777	0.803	0.803	0.806	0.809	0.822
		单位耕地面积化肥使用量	X ₁₃	负	0.013	0.592	0.640	0.632	0.630	0.633	0.643
		工业污染治理投资比重	X ₁₄	正	0.060	0.044	0.089	0.109	0.079	0.085	0.067
生活系统	生活方式	人均生活能耗	X ₁₅	负	0.001	0.917	0.904	0.898	0.887	0.871	0.858
		人均生活水耗	X ₁₆	负	0.013	0.636	0.630	0.619	0.598	0.577	0.567
		绿色出行	X ₁₇	正	0.048	0.167	0.172	0.173	0.164	0.156	0.150
		人均私人汽车拥有量	X ₁₈	负	0.010	0.825	0.761	0.690	0.622	0.538	0.456
	宜居环境建设	城镇环境基础设施建设投资占 GDP 比重	X ₁₉	正	0.029	0.337	0.313	0.302	0.249	0.253	0.258
		农村无害化卫生厕所普及率	X ₂₀	正	0.014	0.497	0.540	0.575	0.618	0.651	0.677

(续)

一级 指标	二级 指标	三级指标	编号	指标 方向	权重	2012~2017年全国层面三级指标得分					
						2012	2013	2014	2015	2016	2017
发展 效益	绿色 效益	空气质量优良天数比率	X ₂₁	正	0.008	0.826	0.654	0.651	0.650	0.690	0.686
		地表水达到或好于Ⅲ类水体比例	X ₂₂	正	0.010	0.673	0.661	0.663	0.638	0.675	0.717
		国土生态治理水平	X ₂₃	正	0.027	0.260	0.269	0.278	0.292	0.301	0.315
		城市建成区绿地率	X ₂₄	正	0.003	0.694	0.697	0.713	0.710	0.716	0.735
		生活垃圾无害化处理率	X ₂₅	正	0.005	0.739	0.817	0.859	0.899	0.942	0.961
		每百万人突发性环境事件数量	X ₂₆	负	0.001	0.961	0.950	0.967	0.977	0.979	0.979
	低碳 效益	单位GDP能耗	X ₂₇	负	0.013	0.713	0.684	0.708	0.778	0.796	0.814
		单位GDP碳排放	X ₂₈	负	0.006	0.724	0.754	0.771	0.782	0.800	0.817
		非化石能源发电量总占发电量比重	X ₂₉	正	0.072	0.183	0.177	0.194	0.274	0.289	0.294
	循环 效益	工业固体废物综合利用率	X ₃₀	正	0.010	0.668	0.680	0.676	0.656	0.632	0.580
		规模以上工业企业重复用水率	X ₃₁	正	0.011	0.913	0.902	0.911	0.920	0.922	0.919
		城市再生水利用率	X ₃₂	正	0.013	0.674	0.663	0.679	0.684	0.700	0.679
		水资源产出率	X ₃₃	正	0.014	0.395	0.423	0.452	0.461	0.518	0.547
	经济 社会 效益	人口平均预期寿命	X ₃₄	正	0.014	0.495	0.517	0.539	0.562	0.576	0.590
		居民人均可支配收入	X ₃₅	正	0.031	0.250	0.330	0.286	0.248	0.212	0.174
		城乡居民可支配收入比	X ₃₆	负	0.009	0.399	0.433	0.567	0.577	0.582	0.587
		失业率	X ₃₇	负	0.019	0.121	0.121	0.121	0.121	0.152	0.182

绿色金融体系是否发达、是否完善,决定着绿色低碳循环发展经济体系的建设能否得到充分的资金支持。当前,绿色金融在中国还处于起步阶段,只有浙江、江西、广东、贵州、新疆5个地区在开展相关试点工作。总体来看,目前的绿色金融服务主要还是以银行或相关金融机构的绿色信贷以及环保企业上市融资为主,其他方面的工作开展还不太充分或处于探索阶段。因此,本文选取如下2个指标衡量一个地区的绿色金融发展水平:①绿色信贷占信贷总量的比重;②上市环保企业密度(每千个规模以上工业企业中的上市环保企业数量),该指标反映了地方企业在绿色发展上能够从证券市场获得的资金保障,且在某种意义上也能刻画地方绿色低碳循环技术创新龙头骨干企业的密集程度。

生产体系的绿色低碳循环发展可以从产业结构和生产行为两个方面来强化。产业结构在很大程度上体现和决定了一个地区生产体系的绿色低碳循环发展水平。本文从绿色低碳循环发展的视角出发,结合党的十九大提出的相关要求,在产业结构方面设置了3个三级指标。①高新技术服务业占第三产业比重、②高新技术制造业占比(规模以上工业企业营业收入中高新技术制造业企业比重)、③高污染产业占比(规模以上工业企业营业收入中高污染行业企业比重)。前两个指标衡量了一个地区为本地和其他地区实现绿色低碳循环发展提供相关产品和服务的能力,也体现了该地区绿色低碳循环技术创新的产业化水平。第三个指标则是

一个逆向指标,它反映了一个地区生产体系向绿色低碳循环发展方向转变的困难程度。生产行为反映了一个地区的生产者在绿色低碳循环发展方面所作出的努力,也反映了这方面取得的成效。本文选取5个三级指标来衡量一个地区的生产行为:①生态建设投资比重(林业投资中生态建设与保护投资比重)、②节水灌溉面积占比(节水灌溉面积占耕地灌溉面积比重)、③单位耕地面积农药使用量、④单位耕地面积化肥使用量、⑤工业污染治理投资比重(工业污染治理完成投资占工业增加值比重)。鉴于当前农业农村领域是中国生态环境保护的薄弱环节,因而上五个指标中前四个都是反映农业农村领域生产者的绿色低碳循环发展意愿和采取的行动措施的指标;后一个指标则体现了工业领域生产者的绿色低碳循环生产行动^①。

生活方式与宜居环境建设联系密切,共同决定着生活系统的绿色低碳循环发展水平。生活方式主要衡量一个地区居民的行为与绿色低碳循环发展相适应的程度。本文刻画生活方式所用的三级指标包括①人均生活能耗、②人均生活水耗、③绿色出行(城镇每万人公共交通运输客运量)、④人均私人汽车拥有量,这4个指标综合体现了一个地区居民的生态文明意识和行动表现。宜居环境建设不仅是决定生活系统绿色低碳循环发展水平的重要因素,也展现了绿色低碳循环发展在生活系统的成果。本文对宜居环境建设的衡量主要通过如下2个指标:①城镇环境基础设施建设投资占GDP比重,该指标主要反映了与当地经济发展相适应的城市地区居民生活环境改善力度,代表了城市的绿色低碳循环发展水平;②农村卫生厕所普及率则在很大程度上决定了农村居民的日常起居生活行为及其对周边生态环境的影响。对多数地区来说,当前农村生活污水处理和卫生厕所建设仍是其绿色低碳循环发展水平的短板。

发展效益是对经济体系绿色低碳循环发展水平的综合刻画。其中,绿色效益刻画了经济体系对生态环境质量的影响,主要选用了6个综合性较高且具有代表性的指标来衡量,包括①空气质量优良天数比例、②地表水达到或好于Ⅲ类水体比例、③国土生态治理水平(造林、除涝和水土流失治理面积与国土面积比)、④城市建成区绿地率、⑤生活垃圾无害化处理率、⑥每百万人突发性环境事件数量。低碳效益刻画了经济体系与能源消耗和碳排放的脱钩程度及其对气候变化的适应性,主要采用①单位GDP能耗、②单位GDP碳排放和③非化石能源发电量占总发电量比重这两个指标来表征。这3个指标在很大程度上决定了一个地区的单位GDP二氧化碳排放量,也充分体现了一个地区的能源利用水平和能源清洁化程度。循环效益主要刻画经济体系利用资源的效率,本文选取①工业固体废物综合利用率、②规模以上工业企业重复用水率、③城市再生水利用率和④水资源产出率这4个资源利用效率指标来衡量循环效益,它们充分反映了一个地区经济发展对物资投入的依赖性,也能在很大程度上代表其他资源利用效率。如前所述,经济社会效益反映绿色低碳循环发展经济体系作为一个经济体系所具备的发展特征和经济特征。本文主要用①人口平均预期寿命、②居民人均可支配收入、③城乡居民人均可支配收入比和④失业率这4个代表性指标来表征经济社会效益。

3. 基于时空极差熵权法的指标权重赋值

确定指标权重的方法可分为两大类,一是定性赋权法,二是定量赋权法。定性赋权法又称主观赋权法,主要借助相关专家对各指标重要性的主观评估来确定指标权重,常用的如层次分析法、二项系数法、环比评分法等。定量赋权法也称客观赋权法,如变异系数法、熵权法、多元统计方法(主成分分析、因子分析法)、灰色关联法、神经网络法等,主要通过分

^① 服务业暂时缺乏合适的指标衡量生产行为。

析指标自身的数据特征来确定其权重。

本文将杨丽和孙之淳(2015)提出的改进熵值法进一步拓展为时空极差熵权法,用于为绿色低碳循环发展经济体系三级评价指标赋权。这种方法的主要优势在于利用了指标在时空双重维度上的信息量,克服了传统熵权法只能利用各指标在某特定时点上信息的局限性,从而能更充分反映指标从时空双重维度上对评价对象的区分度。而且随着时间的推移,各指标的相对重要性会发生改变,时空极差熵权法还能据此动态地更新指标的权重。

假定指标体系包含 k 个指标,涉及的评价对象有 n 个,时间跨度为 m 个时期,则指标体系可表示为 X_i ($i=1, 2, \dots, k$), 其中指标 X_i 在第 t 期的取值可表示为 x_{ijt} ($j=1, 2, \dots, n$), 令 x_{ijt} 经标准化处理后的取值为 y_{ijt} , 各指标的信息熵为 E_i , 各指标 X_i 的权重为 W_i 。则,

$$y_{ijt} = [x_{ijt} - \min(x_{ijt})] / [\max(x_{ijt}) - \min(x_{ijt})] \text{ (如果 } X_i \text{ 为正向指标)} \quad (1)$$

$$y_{ijt} = [\max(x_{ijt}) - x_{ijt}] / [\max(x_{ijt}) - \min(x_{ijt})] \text{ (如果 } X_i \text{ 为逆向指标)} \quad (2)$$

$$E_i = -\ln(mn)^{-1} \sum_j \sum_t p_{ijt} \ln(p_{ijt}) \quad (3)$$

$$W_i = (1 - E_i) / (k - \sum_i E_i) \quad (4)$$

其中, $p_{ijt} = y_{ijt} / \sum_j \sum_t y_{ijt}$ 。如果 $p_{ijt} = 0$ 则定义 $p_{ijt} \ln(p_{ijt}) = 0$ 。

4. 绿色低碳循环发展经济体系指数及其区域差异性分析方法

(1) 绿色低碳循环发展经济体系指数。为便于叙述,以 j 地区为例,其在时点 t 的绿色低碳循环发展经济体系指数定义为 $Z_{jt} = D_{jt} + P_{jt} + H_{jt} + E_{jt}$, 其中, D_{jt} 、 P_{jt} 、 H_{jt} 和 E_{jt} 分别表示发展动力指数、生产系统指数、生活系统指数和发展效益指数。进一步,发展动力指数为 $D_{jt} = I_{jt} + F_{jt}$, 其中 I_{jt} 是绿色低碳循环技术创新指数, F_{jt} 是绿色金融指数, 且 $I_{jt} = \sum_{i=1}^4 y_{ijt} W_i$, $F_{jt} = \sum_{i=5}^6 y_{ijt} W_i$, 又其中 W 表示相应指数或指标的权重。生产系统指数为 $P_{jt} = S_{jt} + B_{jt}$, 其中 S_{jt} 是产业结构指数, B_{jt} 是生产行为指数, 且 $S_{jt} = \sum_{i=7}^9 y_{ijt} W_i$, $B_{jt} = \sum_{i=10}^{14} y_{ijt} W_i$ 。生活系统指数为 $H_{jt} = L_{jt} + M_{jt}$, 其中 L_{jt} 是生活方式指数, M_{jt} 是宜居环境建设指数, 且 $L_{jt} = \sum_{i=15}^{18} y_{ijt} W_i$, $M_{jt} = \sum_{i=19}^{20} y_{ijt} W_i$ 。发展效益指数为 $E_{jt} = G_{jt} + C_{jt} + R_{jt} + N_{jt}$, 其中, G_{jt} 、 C_{jt} 、 R_{jt} 和 N_{jt} 分别表示绿色效益指数、低碳效益指数、循环效益指数和经济社会效益指数, 且 $G_{jt} = \sum_{i=21}^{26} y_{ijt} W_i$, $C_{jt} = \sum_{i=27}^{29} y_{ijt} W_i$, $R_{jt} = \sum_{i=30}^{34} y_{ijt} W_i$, $N_{jt} = \sum_{i=35}^{37} y_{ijt} W_i$ 。

(2) 指数区域差异性分析方法。本文拟采用基尼系数方法、泰尔指数方法和 σ 收敛模型考察地区间绿色低碳循环发展经济体系指数及其分系统指数的区域差异性,并按国家统计局区划标准,进一步将 31 个省市划分为四大区域即东部地区、西部地区、中部地区和东北地区。同时选取这三种方法,有助于对区域差异性动态变化趋势作出更稳健的判断。下面以绿色低碳循环发展经济体系指数为例阐述这三种方法。

基尼系数最初被用于衡量收入差距,现已应用到其他各领域的相应研究,本文用到的绿色低碳循环发展经济体系建设水平基尼系数计算公式如下:

$$G = \frac{1}{2n^2 Z} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n |Z_i - Z_j| \quad (5)$$

$$G_r = \frac{1}{2n_r^2 Z_r} \sum_{i=1}^{n_r} \sum_{j=1}^{n_r} |Z_{ri} - Z_{rj}| \quad (6)$$

其中, G 表示全国绿色低碳循环发展经济体系建设水平基尼系数, G_r 为衡量地区 r 中各省

份间绿色低碳循环发展经济体系建设水平差异的基尼指数； Z_i 表示第 i 个省份的绿色低碳循环发展经济体系指数， Z_{ri} 表示地区 r 中第 i 个省份的绿色低碳循环发展经济体系指数； $\bar{Z}_r$ 表示地区 r 中各省绿色低碳循环发展经济体系指数均值， $\bar{Z}$ 表示全国范围内各省绿色低碳循环发展经济体系指数的均值； n_r 地区 r 中省份的数量， n 为省份总数量。

泰尔指数能够将总体差异区分为组内差异和组间差异，其取值在 $0 \sim 1$ 之间，取值越大表明差异越大。衡量中国绿色低碳循环发展经济体系建设水平总体差异的泰尔指数 T 可定义如下：

$$T = T_a + T_b = \sum_{r=1}^4 \left(\frac{n_r}{n} \times \frac{Z_r}{\bar{Z}} \times T_r \right) + \sum_{r=1}^4 \left(\frac{n_r}{n} \times \frac{Z_r}{\bar{Z}} \times \ln \frac{Z_r}{\bar{Z}} \right) \quad (7)$$

$$T_r = \frac{1}{n_r} \sum_{i=1}^{n_r} \left(\frac{Z_{ri}}{\bar{Z}_r} \times \ln \frac{Z_{ri}}{\bar{Z}_r} \right) \quad (8)$$

其中， T_a 和 T_b 分别表示地区内差异和地区间差异， T_r 为衡量地区 r 中各省份间绿色低碳循环发展经济体系建设水平差异的泰尔指数。

σ 收敛模型可用于衡量一定范围内各省绿色低碳循环发展经济体系指数的分散程度， σ 定义如下：

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\ln Z_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln Z_i \right)^2} \quad (9)$$

如果随着时间推移， σ 变小则意味着各省绿色低碳循环发展经济体系建设水平朝收敛方向变化，差异性缩小；反之则表示各省绿色低碳循环发展经济体系建设水平差异性加剧。

5. 数据来源及处理

用于省级层面绿色低碳循环发展经济体系建设水平评价的三级指标取值主要来源于国家统计局、科技部、中国人民银行等权威机构网站及各种权威统计年鉴，包括全国及各省市统计年鉴、环境状况公报及一些专业统计年鉴，如《中国科技统计年鉴》《中国能源统计年鉴》《中国金融年鉴》《中国农业统计年鉴》《中国工业统计年鉴》《中国第三产业统计年鉴》以及 eps 数据库、wind 数据库等；指标取值选取的年份是 2012 年至 2017 年。

一些指标没有直接的统计值或缺失某些年份统计值，本文采用三种方法处理。一是采用合理的替代指标，这主要是针对那些既没有直接的统计值也不能估算得到指标。例如，绿色低碳循环技术工程研究中心正在筹建过程中，其数量可用国家工程技术研究中心数代替，因为所有工程技术的改善通常都有利于绿色低碳循环发展，因而可以将它们视为广义的绿色低碳循环工程技术。

二是采取估算的方法。例如，绿色信贷占信贷总量比重根据各银行绿色信贷总量及其在各地区的分支机构数估算；各地区的碳排放根据其分品种的能源消费量估算。又如，各地区人均预期寿命目前只有 2010 年的统计，而全国有 2010 年、2015 年、2018 年的统计，因而本文假定各地区人均预期寿命的变化速度与全国相同，从而估计出各地 2012 年至 2017 年的这一指标值。

三是根据相关统计标准构造。例如高新技术服务业占第三产业比重这个指标，本文根据国家统计局发布的《高技术产业（服务业）分类（2018）》，将其定义为信息传输、软件和信息技术服务业，科学研究与技术服务业以及水利、环境和公共设施管理业这三个产业的营业收入合计与第三产业营业收入的比值。高技术制造业占比、高污染行业占比的构造也类似。

对各指标取值进行标准化时,选取2012年至2017年所有省份该指标的最大值和最小值作为参照,然后应用前述标准化方法。此外,某一指标在全国范围内取值采用三种方法:一是直接采用前述数据来源中的全国指标;二是根据全国的相关指标估算;三是对绝对值型指标(如国家技术工程研究中心数量)采用31个省份的算术平均值。

三、绿色低碳循环发展经济体系的建设水平

采用时空极差熵权法计算得到的各指标权重结果(如表1所示)表明,上市环保企业密度、技术市场成熟度、非化石能源发电量总占发电量比重、绿色低碳循环技术工程研究中心数量、工业污染治理完成投资占工业增加值比重、绿色出行等三级指标具有较高的权重,累计达到0.54(总权重为1),这表明上述指标具有较大的时空差异性,是导致绿色低碳循环发展经济体系建设水平呈现时空差异性的重要指标。一些指标(如生活垃圾无害化处理率、城市建成区绿地率、人均生活能耗、每百万人突发性环境事件数量)权重很小,意味着它们在时间和空间上的差异性不大,但这并不意味着它们对绿色低碳循环发展经济体系建设不重要。表2显示了2012年至2017年全国及省级层面绿色低碳循环发展经济体系指数,表3呈现了2017年全国及省级层面绿色低碳循环发展经济体系一级和二级构成指数。

1. 全国绿色低碳循环发展经济体系建设水平变化态势

2012年以来,全国绿色低碳循环发展经济体系建设水平得到稳步提升。2017年全国绿色低碳循环发展经济体系建设水平综合指数在2012年的水平上提升了13%,年均上升2.43%。党的十八大对生态文明建设给予了高度重视,在习近平新时代中国特色社会主义思想的指引下,全国上下积极将生态文明建设融入经济、政治、社会和文化建设中。显然,这样的全国总动员为中国绿色低碳循环发展经济体系建设水平的不断提升提供了强大政治动力。

然而值得注意的是,尽管全国的绿色低碳循环发展经济体系建设水平整体在不断改善,但改善的速度还不够快,明显低于经济总量的增速。究其原因,这是因为在整个研究时期内绿色低碳循环发展经济体系各一级子系统中,只有发展动力指数的改善幅度非常显著,达到38%,年均改善幅度为6.61%。生产系统和发展效益的改善幅度相对较小,分别只有10%和15%。生活系统的绿色低碳循环发展水平则不仅没有改善,反而呈现逐年下降的变化趋势,在整个研究时期内降低了12%。

整个研究时期内发展动力指数之所以明显改善,是因为绿色低碳循环技术创新体系和绿色金融都有明显改善,幅度分别高达25%和92%。生产系统指数改善缓慢是因为产业结构和生产方式改善速度都不高,特别是生产方式的改善幅度只有6%。发展效益指数改善缓慢则是因为其中只有低碳效益改善幅度较大(37%),而绿色效益、循环效益和经济社会效益改善幅度都不大。生活系统指数逐年下降则主要是因为生活方式逐年背离绿色低碳循环发展特征,同时宜居环境建设只改善了1%。

表2 全国及各省(市、区)绿色低碳循环发展经济体系指数

	2012	2013	2014	2015	2016	2017
北京	0.589	0.607	0.652	0.642	0.672	0.761
天津	0.307	0.295	0.316	0.318	0.316	0.347
河北	0.232	0.221	0.234	0.243	0.247	0.250
山西	0.231	0.232	0.223	0.228	0.233	0.242

(续)						
	2012	2013	2014	2015	2016	2017
内蒙古	0.242	0.243	0.252	0.260	0.260	0.279
辽宁	0.247	0.243	0.242	0.257	0.266	0.275
吉林	0.251	0.259	0.258	0.266	0.275	0.279
黑龙江	0.231	0.231	0.223	0.241	0.243	0.239
上海	0.318	0.307	0.319	0.333	0.351	0.391
江苏	0.297	0.298	0.303	0.315	0.320	0.327
浙江	0.273	0.270	0.283	0.307	0.320	0.328
安徽	0.227	0.239	0.246	0.252	0.258	0.268
福建	0.252	0.244	0.249	0.267	0.274	0.271
江西	0.241	0.219	0.223	0.234	0.237	0.246
山东	0.274	0.276	0.281	0.281	0.286	0.293
河南	0.224	0.223	0.227	0.232	0.242	0.256
湖北	0.297	0.293	0.312	0.316	0.330	0.331
湖南	0.250	0.242	0.252	0.263	0.260	0.269
广东	0.272	0.276	0.277	0.297	0.304	0.316
广西	0.224	0.227	0.243	0.276	0.275	0.276
海南	0.207	0.193	0.195	0.187	0.212	0.213
重庆	0.303	0.283	0.294	0.293	0.300	0.303
四川	0.285	0.292	0.300	0.306	0.312	0.327
贵州	0.237	0.231	0.244	0.251	0.254	0.249
云南	0.227	0.225	0.251	0.263	0.272	0.280
西藏	0.242	0.257	0.270	0.262	0.248	0.258
陕西	0.299	0.306	0.313	0.319	0.322	0.318
甘肃	0.269	0.252	0.254	0.261	0.277	0.277
青海	0.239	0.243	0.243	0.264	0.276	0.257
宁夏	0.219	0.230	0.261	0.241	0.268	0.251
新疆	0.197	0.196	0.194	0.193	0.194	0.204
全国	0.252	0.258	0.264	0.273	0.278	0.284

表3 2017年全国及省级层面绿色低碳循环发展经济体系一级和二级构成指数

地区	发展动力			生产系统			生活系统			发展效益				
	GTIS	GF	合计	IS	PB	合计	LS	HC	合计	GE	LCE	RE	ESE	合计
北京	0.249	0.167	0.416	0.057	0.050	0.107	0.045	0.039	0.084	0.044	0.022	0.020	0.067	0.154
天津	0.058	0.029	0.087	0.039	0.042	0.080	0.026	0.014	0.040	0.034	0.018	0.043	0.045	0.140
河北	0.028	0.015	0.043	0.017	0.010	0.057	0.015	0.017	0.032	0.037	0.021	0.034	0.027	0.119
山西	0.018	0.010	0.028	0.014	0.054	0.068	0.018	0.014	0.033	0.039	0.014	0.034	0.027	0.114
内蒙古	0.013	0.045	0.058	0.011	0.058	0.070	0.016	0.028	0.044	0.025	0.019	0.035	0.028	0.107

(续)

地区	发展动力			生产系统			生活系统			发展效益				
	GTIS	GF	合计	IS	PB	合计	LS	HC	合计	GE	LCE	RE	ESE	合计
辽宁	0.039	0.007	0.047	0.021	0.036	0.060	0.025	0.014	0.039	0.037	0.029	0.031	0.031	0.129
吉林	0.028	0.027	0.055	0.037	0.032	0.069	0.023	0.013	0.036	0.028	0.030	0.030	0.030	0.118
黑龙江	0.029	0.010	0.040	0.022	0.038	0.061	0.026	0.012	0.038	0.029	0.022	0.023	0.026	0.100
上海	0.076	0.041	0.118	0.046	0.044	0.090	0.035	0.017	0.051	0.020	0.019	0.037	0.056	0.132
江苏	0.058	0.013	0.071	0.047	0.028	0.075	0.016	0.018	0.034	0.044	0.023	0.038	0.042	0.117
浙江	0.039	0.017	0.056	0.040	0.036	0.076	0.012	0.019	0.031	0.044	0.034	0.037	0.050	0.165
安徽	0.035	0.017	0.052	0.025	0.025	0.050	0.017	0.022	0.039	0.036	0.020	0.039	0.032	0.127
福建	0.023	0.008	0.030	0.031	0.017	0.048	0.014	0.017	0.031	0.043	0.054	0.033	0.032	0.162
江西	0.025	0.007	0.032	0.023	0.022	0.045	0.015	0.026	0.041	0.044	0.029	0.026	0.029	0.128
山东	0.061	0.006	0.067	0.026	0.032	0.059	0.017	0.018	0.036	0.039	0.019	0.039	0.034	0.131
河南	0.023	0.007	0.030	0.032	0.026	0.058	0.018	0.019	0.037	0.038	0.020	0.041	0.031	0.131
湖北	0.057	0.014	0.071	0.033	0.017	0.050	0.019	0.019	0.038	0.044	0.062	0.032	0.035	0.173
湖南	0.034	0.021	0.055	0.032	0.015	0.046	0.017	0.014	0.032	0.035	0.051	0.025	0.025	0.136
广东	0.056	0.015	0.070	0.061	0.011	0.073	0.019	0.014	0.033	0.030	0.037	0.031	0.042	0.141
广西	0.010	0.026	0.036	0.028	0.026	0.055	0.012	0.020	0.032	0.030	0.058	0.031	0.033	0.153
海南	0.009	0.005	0.014	0.020	0.030	0.050	0.011	0.020	0.031	0.027	0.043	0.011	0.037	0.118
重庆	0.030	0.020	0.050	0.044	0.027	0.072	0.028	0.013	0.041	0.045	0.043	0.021	0.031	0.140
四川	0.039	0.007	0.046	0.045	0.032	0.077	0.021	0.016	0.037	0.032	0.083	0.029	0.024	0.168
贵州	0.018	0.004	0.021	0.027	0.030	0.057	0.021	0.012	0.032	0.047	0.044	0.028	0.019	0.138
云南	0.021	0.005	0.026	0.015	0.033	0.047	0.019	0.014	0.033	0.036	0.084	0.035	0.019	0.174
西藏	0.005	0.009	0.014	0.030	0.022	0.053	0.016	0.032	0.048	0.025	0.080	0.019	0.019	0.143
陕西	0.061	0.025	0.086	0.037	0.036	0.073	0.026	0.011	0.037	0.039	0.025	0.032	0.026	0.122
甘肃	0.036	0.007	0.043	0.009	0.046	0.055	0.026	0.017	0.043	0.034	0.047	0.034	0.022	0.137
青海	0.035	0.006	0.040	0.014	0.037	0.051	0.023	0.013	0.036	0.023	0.063	0.023	0.021	0.129
宁夏	0.020	0.006	0.026	0.022	0.053	0.075	0.022	0.022	0.044	0.039	0.014	0.030	0.022	0.106
新疆	0.008	0.007	0.015	0.010	0.041	0.051	0.022	0.031	0.054	0.021	0.021	0.015	0.028	0.085
全国	0.043	0.015	0.058	0.037	0.032	0.069	0.020	0.017	0.037	0.029	0.037	0.032	0.022	0.120

进一步,大多数三级指标的取值变化(参见表1)都推动了全国绿色低碳循环发展经济体系指数变化的上升,但它们对该指数变化的贡献(即各三级指标取值变动与其权重的乘积除以上述指数的变动)差异很大(如图1所示)。其中,贡献最大的是非化石能源发电量总占发电量比重(25.15%),技术市场成熟度、绿色信贷占信贷总量比重、上市环保企业密度、高新技术制造业占比、农村无害化卫生厕所普及率的贡献也较大(介于12.71%至7.95%之间)。但是,每百万人突发性环境事件数量、规模以上工业企业重复用水率、城市再生水利用率、节水灌溉面积占耕地灌溉面积比重、城市建成区绿地率等指标的贡献则很小(均未达到1%)。

特别要引起注意的是,有 10 个三级指标的变化不利于提升全国绿色低碳循环发展经济体系指数。其中,人均私人汽车拥有量的负面影响最大(−11.14%),因为这是一个负向指标,而近年来随着中国经济的发展,人民富裕程度不断提升,私人汽车也越来越普及且普及速度较快。居民人均可支配收入是一个正向指标但其负面影响居第二位(−7.39%),因为尽管全国人均可支配收入绝对值呈现不断上升的态势,但由于地区间人均可支配收入差异加剧,导致全国这一指标与地区最好水平差距增大,其标准化后的相对分值反而下降。城镇环境基础设施建设投资占 GDP 比重的负面影响也较大(−7.20%),因为该指标在研究时期内有比较明显的下降。此外,空气质量优良天数比率、人均生活水耗、工业固体废物综合利用率、绿色出行、生态建设投资比重、高新技术服务业占第三产业比重、人均生活能耗等指标也程度不同地对全国绿色低碳循环发展经济体系指数产生了负面影响。

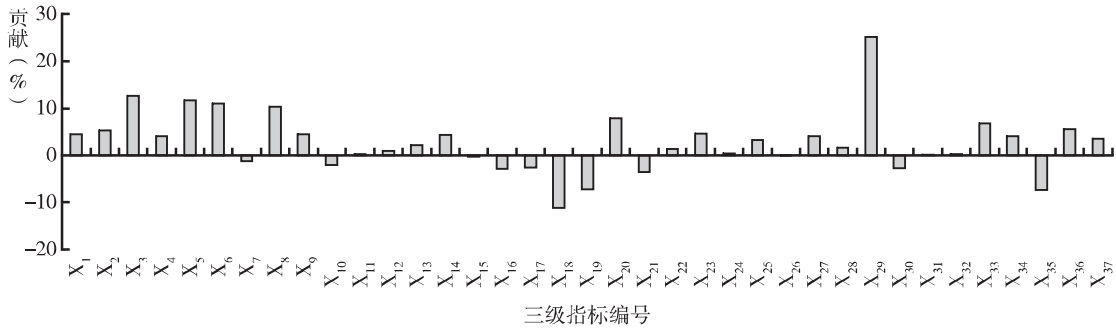


图 1 2012 年至 2017 年各三级指标对全国绿色低碳循环发展经济体系指数增长的贡献
注：指标编号及其含义如表 2 所示。

2. 省级绿色低碳循环发展经济体系建设水平动态变化趋势

2012 年至 2017 年,全国的绿色低碳循环发展经济体系建设水平呈现缓慢但持续改善的变化态势,但不同地区绿色低碳循环发展经济体系建设水平的变化趋势却呈现不同态势。具体地,省级层面绿色低碳循环发展经济体系建设水平变化的态势大致可区分为如下七种形态(如表 4 所示):①持续上升的有江苏、安徽、山东、广东、四川等 5 个省份;②呈 W 型变化即“先降、后升、再降、又升”的省份有天津、海南、湖南、重庆 4 个省份;③呈 M 型变化即“先升、后降、再升、又降”的省份有黑龙江、宁夏、青海 3 个省份;④呈现 N 型变化趋势即“先升、后降、又升”的省份有北京、内蒙古、山西、吉林、广西、西藏 6 个省份;⑤呈现倒 N 型变化趋势即“先升、后降、又升”的省份有福建、贵州 2 个省份;⑥呈 V 型变化即“先降、后升”的省份有河北、辽宁、上海、浙江、江西、河南、湖北、云南、甘肃、新疆 10 个省份;⑦呈倒 V 型变化即“先升、后降”的省份是陕西。

表 4 2012~2017 年省级层面绿色低碳循环发展经济体系建设水平变化态势

变化形态	持续上升	W 型	M 型	N 型	倒 N 型	V 型	倒 V 型
包含省份	江苏、安徽、 山东、广东、 四川	天津、海南、 湖南、重庆	黑龙江、宁 夏、青海	北京、内蒙古、 山西、吉林、 广西、西藏	福建、 贵州	河北、辽宁、 上海、浙江、 江西、河南、 湖北、云南、 甘肃、新疆	陕西

在整个研究时期内几乎所有省份的绿色低碳循环发展经济体系建设水平都有所上升,但增速却都偏低。绿色低碳循环发展经济体系指数绝对增幅最大的五个省份是北京、上海、浙江、云南和广西。这五个省份绿色低碳循环发展经济体系建设水平大幅提升的主导因素则有所差异:北京和上海主要归因于发展动力指数的大幅上升,生产系统指数也有较大贡献;云南主要受益于发展效益指数的上升;浙江和广西主要受发展效益指数影响,发展动力指数的贡献也很大。不过,除上海和云南外,这几个地区的生活系统指数则都有所下降。此外,除北京和上海外,上述几个省份的绿色低碳循环发展经济体系指数排名也有所上升,特别是云南和广西的该指数排名分别上升了13位和12位。

反之,也有一些省份的绿色低碳循环发展经济体系建设水平在研究时期内上升幅度偏小,如江西、海南、新疆、黑龙江和甘肃。其中,江西的发展动力指数、生产系统指数和发展效益指数增幅都很小,且生活系统指数有所下降;海南、黑龙江的发展动力指数和发展效益指数有所上升,但生产系统指数和生活系统指数却有所下降;新疆的发展效益指数有大幅度上升,但发展动力指数、生产系统指数、生活系统指数都下降;甘肃的发展效益指数增幅居全国第二,发展动力指数也有所上升,但生产系统指数的降幅却居全国第一,生活系统指数也有所下降。由此可见,这些省份在建设自身绿色低碳循环发展经济体系的过程中,或者因为各方面都成效欠佳,或者因为某方面严重不足,从而导致整体提升幅度不大。此外,重庆的绿色低碳循环发展经济体系建设水平在整个研究时期内不仅没有上升,反而略有下降,因为除发展效益指数有所上升外,其余一级指标得分均下滑。

3. 省际间绿色低碳循环发展经济体系建设水平比较

省级绿色低碳循环发展经济体系建设水平在地域分布上不平衡。以2017年为例,本文将绿色低碳循环发展经济体系指数分值高于全国水平10%的省份定义为绿色低碳循环发展经济体系建设高水平省份,低于全国水平10%的省份定义为绿色低碳循环发展经济体系建设低水平省份,其余为中水平省份,分类结果如表5所示。容易看出,绿色低碳循环发展经济体系建设高水平省份主要分布在东部地区,但并非所有东部地区省份都属于高水平省份,其中还有两个省属于中等水平省份,甚至还有两个省属于低水平省份。中部地区只有湖北进入高水平省份梯队,湖南、安徽、河南属于中等水平省份,江西和山西则属于低水平省份。西部地区只有四川和陕西属于高水平省份,其余大部分属于中等水平省份,仅新疆、宁夏、贵州属于低水平省份。东北地区则没有高水平省份,而且其中黑龙江属于低水平省份。

表5 2017年按绿色低碳循环发展经济体系建设水平和所属地区的省份分类情况

水平	东部	中部	西部	东北
高	北京、上海、天津、浙江、江苏、广东	湖北	四川、陕西	
中	山东、福建	湖南、安徽、河南	重庆、云南、内蒙古、甘肃、广西、西藏、青海	吉林、辽宁
低	海南、河北	江西、山西	新疆、宁夏、贵州	黑龙江

绿色低碳循环发展经济体系建设水平排名靠前的省份各具优势,但也都有短板。北京在评价中获得高分,首先得益于其发展动力指数遥遥领先其他地区,而这又主要归因于其在绿色低碳循环技术创新体系方面所拥有的绝对优势,该体系下的各三级指标分值均居全国首位(限于篇幅,各省份的三级指标取值暂未列出)。北京的生产系统优于其他省市,主要是其产

业结构较好。在生活系统方面,北京的得分也明显高于其他地区,这主要是因为北京的绿色出行明显优于其他省份。不过,北京在低碳效益、循环效益等二级指标上的得分偏低,同时其某些三级指标(如绿色信贷占信贷总量比重)得分也不理想。上海的发展动力指数、生产系统指数和生活系统指数较高,但发展效益指数仅处于中等水平。同时,上海在宜居环境建设、绿色效益、低碳效益等二级指标上得分较低。这主要因为其城镇环境基础设施建设投资占GDP比重、除生活垃圾无害化处理率之外的所有绿色效益类三级指标、非化石能源发电量总占发电量比重等三级指标得分较低。天津位居第三,主要是其一级指标中发展动力指数和生产系统指数位居前列,同时生活系统指数和发展效益指数较高。不过,天津的二级指标中,宜居环境建设、绿色效益得分不高,低碳效益更是排名靠后。湖北在绿色低碳循环发展经济体系建设方面的主要优势是发展动力和发展效益,其生活系统指数并不突出,生产系统指数则落后大多省份。浙江之所以也能排名靠前,主要是因为其生产系统指数和发展效益指数排名靠前,同时发展动力指数也较高,但其生活系统指数却垫底。

绿色低碳循环发展经济体系建设水平排名靠后的省份短板明显,但也有各自的优势。西部地区中,新疆的发展动力指数、生产系统指数、发展效益指数都排名靠后,特别是发展效益指数排末尾,但新疆的生活系统指数却位居全国第二;宁夏的发展动力指数和发展效益指数排名较低,但生产系统指数和生活系统指数却位居前列;贵州的发展动力指数和生活系统指数较低,其余两个一级指标得分居中,但其二级指标中的绿色效益得分则居全国第一。东部地区中,海南所有一级指标得分都落后于大多数省份,特别是发展动力指数居末尾,但海南的二级指标中经济社会效益则有较好表现;河北的四个一级指标得分都不高,特别是生活系统指数排名靠后,但其二级指标中产业结构得分位居前列。东北地区的黑龙江,其四个一级指标得分都靠后,特别是发展效益指数居全国倒数第二,但是黑龙江二级指标中的生产行为、生活方式的得分都相对较高。中部地区中,山西的四个一级指标中只有生产系统指数处于中等水平,其他三个指数则都排名靠后,但山西二级指标中的生产行为得分却位居前列;江西除生活系统指数外,其余三个一级指标得分都不高,但其宜居环境建设、绿色效益这两个二级指标得分则排名较靠前。

4. 绿色低碳循环发展经济体系建设水平区域差异的演化趋势

表6显示了衡量中国绿色低碳循环发展经济体系建设水平区域差异的基尼系数、泰尔指数及 σ 值。在全国范围内,绿色低碳循环发展经济体系建设水平基尼系数、泰尔指数及 σ 值都不超过0.2,这意味着各地区绿色低碳循环发展经济体系建设水平总体比较平衡。不过,绿色低碳循环发展经济体系建设最高水平与最低水平的差距还是较大。仍以2017年为例,排名前五位省份的平均得分是排名后五位省份平均得分的2.4倍,差异非常明显。北京的分值更是远远超过其他省份,相当于新疆分值的3.7倍;即便与排名第二的上海相比,北京的得分也远远领先,相当于上海得分的2倍。

同时,上述基尼系数、泰尔指数及 σ 值在整个研究时期内都有所上升,这意味着绿色低碳循环发展经济体系建设水平的区域差异总体上有所扩大,没有出现收敛趋势。不过,上述基尼系数、泰尔指数及 σ 值在2014~2016年保持平稳或略有下降,说明这一时期绿色低碳循环发展经济体系建设水平的区域差异保持稳定或呈现阶段性收敛趋势。

在四大地区中,东部、中部和东北地区的绿色低碳循环发展经济体系建设水平基尼系数、泰尔指数及 σ 值在整个研究时期内也都有所上升,表明三大地区中省际间绿色低碳循环发展经济体系建设水平差异也有所扩大。不过,同时期西部地区的绿色低碳循环发展经济体

系建设水平基尼系数、泰尔指数及 σ 值却有所下降,由此可见西部地区省际间绿色低碳循环发展经济体系建设水平差异在此期间有收敛趋势。当然,四大地区内部的绿色低碳循环发展经济体系建设水平差异性在整个研究时期内也都出现波动,并非一直扩大或缩小。

表6 中国绿色低碳循环发展经济体系建设水平基尼系数、泰尔指数及 σ 值

指标	地区	2012	2013	2014	2015	2016	2017
基尼系数	全国	0.095	0.099	0.106	0.106	0.106	0.121
	东部	0.145	0.156	0.165	0.159	0.158	0.183
	中部	0.050	0.050	0.062	0.060	0.061	0.055
	西部	0.071	0.067	0.063	0.062	0.062	0.064
	东北	0.018	0.025	0.032	0.022	0.027	0.034
泰尔指数	全国	0.026	0.028	0.031	0.029	0.030	0.038
	东部	0.047	0.055	0.061	0.055	0.055	0.071
	中部	0.005	0.005	0.007	0.007	0.008	0.006
	西部	0.008	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007
	东北	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002
σ 值	全国	0.193	0.198	0.209	0.206	0.206	0.226
	东部	0.266	0.287	0.300	0.297	0.289	0.321
	中部	0.095	0.096	0.117	0.111	0.117	0.104
	西部	0.127	0.121	0.120	0.122	0.124	0.121
	东北	0.035	0.047	0.060	0.040	0.052	0.071

表7 全国绿色低碳循环发展经济体系及其子系统建设水平的泰尔指数分解与 σ 值

	指标	项目	2012	2013	2014	2015	2016	2017
泰尔指数及其分解	总体	组内差异	0.021	0.024	0.026	0.024	0.025	0.031
		组间差异	0.005	0.004	0.005	0.005	0.005	0.008
		合计	0.026	0.028	0.031	0.029	0.030	0.038
	发展动力	组内差异	0.246	0.249	0.273	0.248	0.246	0.268
		组间差异	0.060	0.064	0.072	0.066	0.069	0.091
		合计	0.306	0.312	0.345	0.313	0.315	0.359
	生产系统	组内差异	0.012	0.014	0.015	0.014	0.021	0.019
		组间差异	0.007	0.005	0.008	0.005	0.004	0.006
		合计	0.019	0.020	0.023	0.019	0.025	0.024
	生活系统	组内差异	0.024	0.027	0.029	0.022	0.027	0.027
		组间差异	0.001	0.000	0.002	0.001	0.001	0.001
		合计	0.025	0.028	0.031	0.023	0.028	0.028
	发展效益	组内差异	0.011	0.011	0.013	0.012	0.011	0.011
		组间差异	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001
		合计	0.014	0.013	0.015	0.013	0.012	0.012
σ 值	发展动力		0.616	0.631	0.646	0.609	0.620	0.659
	生产系统		0.198	0.199	0.210	0.196	0.217	0.214
	生活系统		0.202	0.210	0.212	0.193	0.200	0.205
	发展效益		0.177	0.171	0.188	0.173	0.163	0.161

比较而言,东部地区的绿色低碳循环发展经济体系建设水平基尼系数、泰尔指数及 σ 值都明显大于其他三个地区,这说明东部地区省际间绿色低碳循环发展经济体系建设水平差异性更大。四大地区中,东北地区的绿色低碳循环发展经济体系建设水平基尼系数、泰尔指数及 σ 值始终最小,可见东北地区内部的绿色低碳循环发展经济体系建设水平差异性最小。

表7显示了全国绿色低碳循环发展经济体系及其子系统建设水平泰尔指数分解与 σ 值结果。比较可知,发展动力的泰尔指数一致远大于其他子系统的泰尔指数,而发展效益的泰尔指数则始终最小,这在一定程度上说明全国绿色低碳循环发展经济体系建设水平的差异主要来自发展动力的差异。而且发展动力、生产系统、生活系统的泰尔指数与 σ 值在整个研究时期内都有所上升,但发展效益的泰尔指数与 σ 值却有所下降,这意味着前三个子系统的区域间差异扩大,而发展效益的区域间差异却缩小。由此可见,全国范围内绿色低碳循环发展经济体系建设水平的差异越来越取决于发展动力的差异。进一步,在整个研究时期内,无论是全国绿色低碳循环发展经济体系还是其各一级子系统的泰尔指数,组内差异都要远远高于组间差异。由此可见,全国绿色低碳循环发展经济体系及其子系统建设水平的差异主要源自四大地区内部省际间的差异,而四大地区间差异相对较小。

四、结论与政策建议

绿色低碳循环发展经济体系的提出,反映了党中央对社会发展规律认识的不断深入,特别是对经济建设与生态文明建设规律认识的不断深化。本文在探究绿色低碳循环发展经济体系科学内涵的基础上,提出了绿色低碳循环发展经济体系建设水平的三层级评价指标体系,结合时空极差熵权法为各指标确定权重,并建立了绿色低碳循环发展经济体系指数及其分系统指数,继而定量分析了2012年至2017年全国和各省市区绿色低碳循环发展经济体系建设水平。主要发现如下:

一是全国和几乎所有省市区的绿色低碳循环发展经济体系建设水平近年来都有所改善,但幅度有限。对全国及绝大多数省市而言,上述改善主要得益于绿色低碳循环创新体系和绿色金融的快速发展使经济体系的发展动力大幅提升,但生产系统包括其中的产业结构和生产方式改善不大,生活系统则因生活方式变化(消费升级)而呈现与绿色低碳循环发展反向的演化态势,因而发展效益的改善也很有限。

二是各省市区绿色低碳循环发展经济体系建设水平总体比较平衡,但高、中、低水平省份的地区分布不平衡,且其变化态势呈现较大差异性。东部地区经济发达省份特别是北京的绿色低碳循环发展经济体系建设水平总体较高,但也有个别省份水平偏低。中西部地区省份绿色低碳循环发展经济体系建设水平总体偏低,但湖北、四川、陕西等省市的建设水平却位居前列。几乎所有省市区的绿色低碳循环发展经济体系指数在整个研究时期内都有所上升,但指数变化轨迹却呈现出多样性特征(可分为七类),指数持续改善的只有江苏、安徽、山东、广东、四川等5个省份。

三是绿色低碳循环发展经济体系建设水平的区域差异性在研究时期内有所扩大。从系统构成差异来看,绿色低碳循环发展经济体系建设水平的区域差异性主要来自发展动力的区域差异性,而区域间发展效益有收敛趋势。从组间差异和组内差异来看,绿色低碳循环发展经济体系建设水平的区域差异性主要由四大地区内的省际间差异决定,四大地区间的差异相对较小。东部地区省际间差异明显高于其他地区。

四是各省市区在绿色低碳循环发展经济体系建设方面既有自己的优势,也有各自的短

板。有些省份的绿色低碳循环发展经济体系建设水平整体较高,但在某些子系统的建设方面却较落后;有些省份的绿色低碳循环发展经济体系建设水平整体较低,但在某个方面却领先其他省市。同时,虽然几乎所有省市区的绿色低碳循环发展经济体系建设水平整体有所改善,但并不一定是各个方面都有显著改善,甚至有些方面还有所下滑,特别是绝大多数省份的生活系统指数都逐年下降。

总的来看,中国绿色低碳循环发展经济体系建设还任重道远,各级地方政府要继续在绿色低碳循环发展理念的贯彻落实上下功夫,以建立健全绿色低碳循环发展经济体系为契机,积极推进国家生态环境治理体系和治理能力现代化。

一要在改善发展动力上持续发力,使发展动力的改善继续对全国绿色低碳循环经济体系建设发挥巨大促进作用。进一步贯彻落实《关于构建市场导向的绿色技术创新体系的指导意见》提出的相关要求,一方面通过强化国家工程技术中心建设等措施加大绿色低碳循环创新技术的供给,另一方面通过合理的制度设计加大创新技术的市场转化率。加快绿色金融从理念转换为实践的发展步伐,着力破解绿色资产认定难、变现难等难题,加强绿色信贷的财政支持力度,鼓励环保企业上市融资。

二要加快推进生产体系向绿色低碳循环发展方向转型。坚持以供给侧结构性改革为主线,通过财政、税收、金融等政策鼓励各地大力发展高新技术服务业、高新技术制造业,而限制高污染、高耗能产业的盲目扩张。通过科学制定国土空间规划,严格落实“以水定产”方针、生态环保红线制度,提升绿色低碳循环型产业的竞争力。在优化产业结构的同时,通过实施严格的环境规制、绿色产品扶持政策,推进绿色工厂和绿色园区创建工作,逐步转变生产方式。

三要坚决扭转生活体系向不可持续方向演化的趋势。近年来生活体系指数的持续下滑意味着生活体系向绿色低碳循环化转型可能比生产体系更困难,随着居民可支配收入的不断增长,这一问题将日趋尖锐。解决此问题的关键是从规范生活行为入手,通过严格执行垃圾分类制度、资源阶梯价格制度,加大生活领域资源节约技术的推广,加强宣传教育,力促消费模式的绿色低碳循环化转型。同时,进一步加强公共交通等相关基础设施和公共服务体系建设,支撑消费模式的转型。

四要着力提升绿色低碳循环发展效益。使环境成本充分内部化为生产者的生产成本,从而保护节能环保做得好、产品质量好的生产者,通过市场机制淘汰落后产能,避免同类产品“劣币驱逐良币”的市场失灵行为。

五要实施因地制宜的绿色低碳循环发展经济体系建设策略。鉴于绿色低碳循环发展经济体系建设水平的区域间差异日趋扩大且主要源自四大区域内省际间差异,因此国家要制定更精确的区域扶持政策,即要根据各省的实际情况而不是根据其所处的大区域特征来采取扶持措施。同时,各省市应继续发挥各自优势,同时努力补齐各自短板;由于资源禀赋限制而实在难以补齐的短板,则应通过进一步挖掘强项的潜力来弥补不足。

最后要指出的是,本文从省级层面展开绿色低碳循环经济体系建设水平的测度研究,很有可能抹煞各省内部不同地区的特征,因此未来有必要进一步开展地级市或县级市的绿色低碳循环发展经济体系指数测算,从而为各地建设绿色低碳循环发展经济体系提供更精准的决策依据。同时,任何指标体系都会因具体指标和赋权法的选取带来评价的不确定性,本文的指标体系也不例外,随着经济社会的不断发展和统计数据的完善,本文的指标体系可以进一步丰富和优化。

参 考 文 献

- [1] Dowling D., 2010, *Low Carbon Development Indicators-DFID. Evaluating Development Outcomes from Renewable Energy* [R], Sustainable Transport and Energy Efficiency Aid Projects, TI-UP Resource Centre, London, UK.
- [2] OECD, 2011, *Towards Green Growth: Monitoring Progress-OECD Indicator* [R], OECD Working Papers.
- [3] OECD, 2015, *Monitoring the Transition to a Low-Carbon Economy: A Strategic Approach to Local Development* [R], OECD Working Papers.
- [4] Tan S., Yang J., Yan J., Lee C., Hashim H., Chen B., 2017, A Holistic Low Carbon City Indicator Framework for Sustainable Development [J], *Applied Energy*, 185, 1919~1930.
- [5] World Bank, 2009, *World Development Report 2010: Development and Climate Change* [M], Washington, D. C.: World Bank Publications.
- [6] 北京师范大学科学发展观与经济可持续发展研究基地、西南财经大学绿色经济与经济可持续发展研究基地、国家统计局中国经济景气监测中心:《2010 中国绿色发展指数年度报告——省际比较》[M], 北京师范大学出版社, 2010。
- [7] 成金华、陈军、李悦:《中国生态文明发展水平测度与分析》[J],《数量经济技术经济研究》2013 年第 7 期。
- [8] 付晨玉、杨艳琳:《中国工业化进程中的产业发展质量测度与评价》[J],《数量经济技术经济研究》2020 年第 3 期。
- [9] 付加锋、庄贵阳、高庆先:《低碳经济的概念辨识及评价指标体系构建》[J],《中国人口·资源与环境》2010 年第 8 期。
- [10] 国家统计局“循环经济评价指标体系”课题组:《“循环经济评价指标体系”研究》[J],《统计研究》2006 年第 9 期。
- [11] 何佩佩、庄国敏:《关注绿色冲突——发展可再生能源路径思考》[J],《环境保护》2014 年第 2 期。
- [12] 季铸、白洁、孙瑾、周环环:《中国 300 个省市绿色经济与绿色 GDP 指数 (CCGEI2011) ——绿色发展是中国未来的唯一选择》[J],《中国对外贸易》2012 年第 2 期。
- [13] 李晓西、刘一萌、宋涛:《人类绿色发展指数的测算》[J],《中国社会科学》2014 年第 6 期。
- [14] 马军、周琳、李薇:《城市低碳经济评价指标体系构建——以东部沿海 6 省市低碳发展现状为例》[J],《科技进步与对策》2010 年第 22 期。
- [15] 欧阳志云、赵娟娟、桂振华、倪永明、韩冰、庄长伟:《中国城市的绿色发展评价》[J],《中国人口·资源与环境》2009 年第 5 期。
- [16] 魏敏、李书吴:《新时代中国经济高质量发展水平的测度研究》[J],《数量经济技术经济研究》2018 年第 11 期。
- [17] 习近平:《为建设世界科技强国而奋斗——在全国科技创新大会、两院院士大会、中国科协第九次全国代表大会上的讲话》[M], 人民出版社, 2016。
- [18] 杨华峰、张华玲:《论循环经济评价指标体系的构建》[J],《科学学与科学技术管理》2005 年第 9 期。
- [19] 杨丽、孙之淳:《基于熵值法的西部新型城镇化发展水平测评》[J],《经济问题》2015 年第 3 期。
- [20] 于丽英、冯之浚:《城市循环经济评价指标体系的设计》[J],《中国软科学》2005 年第 12 期。
- [21] 章波、黄贤金:《循环经济发展指标体系研究及实证评价》[J],《中国人口·资源与环境》2005 年第 3 期。

[22] 周小亮、吴武林:《中国包容性绿色增长的测度及分析》[J],《数量经济技术经济研究》2018年第8期。

[23] 庄贵阳、潘家华、朱守先:《低碳经济的内涵及综合评价指标体系构建》[J],《经济学动态》2011年第1期。

Measurement on China's Green Low-carbon Circular Developing Economic System Construction

Zhang Youguo^{1,2} Dou Ruoyu³ Bai Yujie³

(1, Institute of Quantitative & Technical Economics,
Chinese Academy of Social Sciences (CASS);

2, Center for Environment and Development, CASS;

3, University (Graduate School) of CASS)

Research Objectives: To measure China's Green Low-carbon Circular Developing Economic System Construction. **Research Methods:** Construct indicator system and index, use Time Space Range Entropy Weight, Gini Coefficient, Theil Index, σ convergence model and national and provincial data in 2012~2017. **Research Findings:** In the whole studied period, national and almost all the provincial Green Low-carbon Circular Developing Economic System Construction (GLCDESC) showed some improvement; development forces index was the only one index showing large increase, whereas production system index and development benefits index increased by a bit and household living system index decreased as time passed; provincial GLCDESCs were balanced but their gaps were enlarged in general, however, the regional development benefits index showed convergence. **Research Innovations:** Integrate development forces and development benefits, production system and household living system into a unified logistical framework to measure the GLCDESC in an all-around way, based on indentifying the differences and consistencies among green development, low-carbon development and circular development. **Research Values:** Reasonably define the scientific features of GLCDESC, reveal the trend and regional differences of China's GLCDESC, provide clear and reliable decision making basis related to GLCDESC.

Key Words: Green Low-carbon Circular Development; Indicator System; Time-Space Range Entropy Weight; Gini Coefficient; Theil Index

JEL Classification: C43; O13; O38

(责任编辑: 彭 战)