

Construction of Evaluation Index System of Rural Ecological Environment from the Perspective of Ecological Civilization

Lei Ge^{1,2,3,4}

¹Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

²Institute of Land Engineering and Technology, Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

³Key Laboratory of Degraded and Unused Land Consolidation Engineering, The Ministry of Natural Resources, Xi'an Shaanxi

⁴Shaanxi Provincial Land Consolidation Engineering Technology Research Center, Xi'an Shaanxi

Email: 328690263@qq.com

Received: Jul. 24th, 2020; accepted: Aug. 10th, 2020; published: Aug. 17th, 2020

Abstract

Ecological civilization is proposed based on the construction of a new socialist countryside with Chinese characteristics. At present, it has achieved gratifying results, but at the same time there are many problems that hinder the development and construction of rural ecological civilization in China. From the perspective of ecological civilization, this paper studies the coordinated development of rural construction and ecological civilization construction. Based on the summary of the mature index system at home and abroad, a "target-system-index" rural ecological environment index system is constructed, and then conducted an empirical study on the evaluation index system of rural ecological environment using Chinese panel data, and the research results show that: 1) Evaluation index system with four systems including ecological environment, ecological economy, ecological culture, and ecological management, and 29 individual indicators can analyze the differences in the ecological environment of various rural areas in China; 2) The construction of rural ecological environment in China has obvious differences under the threshold of ecological civilization. Through ward cluster analysis, it can be divided into high-level construction areas, medium level construction area and low level construction area. China should pay attention to the economic construction of low-level construction areas, coordinate development, and explore the path of rural ecological development according to local conditions.

Keywords

Rural Ecological Environment, Ecological Civilization, Evaluation Index System

生态文明视域下农村生态环境评价指标体系构建

葛磊^{1,2,3,4}

¹陕西省土地工程建设集团有限责任公司, 陕西 西安

²陕西地建土地工程技术研究院有限责任公司, 陕西 西安

³自然资源部退化及未利用土地整治工程重点实验室, 陕西 西安

⁴陕西省土地整治工程技术研究中心, 陕西 西安

Email: 328690263@qq.com

收稿日期: 2020年7月24日; 录用日期: 2020年8月10日; 发布日期: 2020年8月17日

摘要

生态文明是基于我国特色社会主义新农村建设提出的, 目前已取得了可喜的成绩, 但同时存在着很多问题, 这些问题阻碍着我国农村生态文明的发展建设。本文从生态文明的视域出发, 对农村建设与生态文明建设协同发展进行研究, 在总结国内外成熟指标体系的基础上, 构建了“目标层-系统层-指标层”的农村生态环境指标体系, 进而利用中国面板数据分别对农村生态环境评价指标体系进行了实证研究, 研究表明: 1) 构建了包括生态环境、生态经济、生态文化、生态管理四个系统, 29个单项指标的评价指标体系, 且该体系能够对我国农村各地区生态环境差异进行分析; 2) 我国生态文明视阈下农村生态环境建设具有明显的差异性, 通过ward聚类分析, 可划分为高水平建设区、中等水平建设区以及低水平建设区。我国应重视低水平建设区经济建设, 统筹发展, 因地制宜探索农村生态发展的道路。

关键词

农村生态环境, 生态文明, 评价指标体系

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

生态文明建设是当代中国实现人与自然的和谐发展的必要途径[1]。随着中国农村的快速发展, 农业现代化、农业产业化进程的不断加快, 农村污染物排放量逐渐增大, 环境形势日趋严峻[2]。根据环境容量分析报告显示, 中国农村污染负荷在部分地区总体污染负荷中所占比例已达到 30%~40%, 化肥施用量达每公顷 490 公斤, 远超发达国家环境标准的每公顷 225 公斤, 造成部分农村污染加剧。

近年来, 中国在生态环境方面投入了大量的研究, 高志强等[3]通过生态环境背景指数和土地资源利用程度指数, 分析了土地资源生态环境背景与土地资源利用程度的关系; 孙东琪等[4]对中国及其 31 个省市、三大经济带的生态环境质量进行综合评价, 分析了其生态环境的变化态势; 赵少华等[5]从土壤污染, 水体水质, 生态资源和空气质量等四个方面, 分析了目前中国城镇生态环境遥感监测的总体现状。

目前,中国对于生态环境的研究大多偏重于城市或工程项目,对于农村生态环境的评价指标研究较少。

农村生态环境是乡镇、村庄等组成的社会-经济-自然复合系统,指标体系应以静态指标与动态指标相结合,反映乡村生态环境发展趋势[6]。关琰珠等[7]建立了包括资源节约系统、环境友好系统、生态安全系统和社会保障系统在内的指标体系,对厦门市生态文明进行评估;严耕等[8]构建了生态活力、环境质量、社会发展和协调程度的生态文明建设指标体系,对各省(直辖市、自治区)生态文明水平进行了评价;梁文森等[9]设计了包括大气环境质量、生态环境质量等八个方面的生态文明指标体系。

本文在前人对生态文明指标体系研究的基础上,借鉴和参考我国生态环境指标体系的构建思路。利用目标层-系统层-指标层的层次分析法,从生态文明的视域出发,构建包含实现可持续发展的农村生态环境目标、乡村生态环境功能及乡村生态环境空间结构系统,并选取反映乡村生态环境及可持续性的指标,构建生态文明视域下农村生态环境评价指标体系;利用主成分分析法确定生态文明视域下农村生态环境不同指标权重,以期为生态文明视域下中国农村生态环境的定量评价奠定基础。

2. 指标体系的构建

2.1. 框架设计

本文结合生态文明建设的内涵,采用复合指标综合评价方法,依托国家与地方农村生态环境建设指导思想,遵循科学性、可行性原则,借鉴国内外研究成果,总结和回顾农村生态环境评价指标,尝试构建适合我国生态文明建设的新型农村生态环境评价指标体系。该评价指标体系需要综合考虑生态文明视域下各方面因素,设计合理的评价指标层次,科学选取指标个数,在避免指标过多而重复的同时,避免因指标遗漏。因此本文提出从目标层-系统层-指标层三个等级对生态文明视域下的农村生态环境进行评价的指标体系。

2.2. 指标的选取

农村生态环境是一个包含多重属性、多个层次的系统,优美和谐的生态环境是农村生态文明的最直观的表现形式,环境自我修复能力和人工防护措施是农村生态环境的必要保障。因此,在指标选取的过程中,应该优先考虑大气、水等环境要素,结合《生态环境状况评价技术规范》,选取生态环境状况指数、植被覆盖率、污染负荷指数等指标进行评价,结合农村生态防护措施,选取稻秆综合利用率、畜禽粪便综合利用率、农业面源污染治理率等指标进行评价。

根据指标体系构建框架,首先确定生态文明建设新农村生态环境目标,然后根据目标层需求,将系统层分解为能体现实现新农村生态文明建设目标的多种系统,按照系统的区别,再次进行划分,获得指标层的多种单项指标。目标层的最高级综合指标为农村生态文明建设综合指数,用以评价我国农村地区生态文明建设过程中生态环境的程度。由于农村生态文明建设需要农民、教育以及当地政府的行政措施进行配合,同时,借鉴环保部公布的《生态县、生态市、生态省建设指标》(环发[2003] 91号)、《国务院关于加快发展循环经济的若干意见》(国发[2005] 22号)等成熟指标体系,根据我国农村生态文明建设的主要任务,指标体系的系统层设计初步设定为4个系统,包括:1)反映农村生态环境保护执行情况的生态环境指标系统;2)反应农村经济可持续发展的生态经济指标系统;3)反映农村生态文明宣传、环境保护教育的生态文化指标系统;以及4)反映生态文明保障制度建设的生态管理指标系统。指标如表1所示。

2.3. 指标标准化处理

由于体系中指标量纲不同,且数值差异较大,需要对各类指标进行标准化处理,消除量纲,使指标

间能够直接进行比较,目前常用的数据无量纲化处理方法,主要包括如下几种:(1)总和标准化。分别求出各抄聚类要素所对应的数据的总和,以各要素的数据除以该要素的数据的总和;(2)标准差标准化,经过标准差标准化处理后所得到的新数据,各要素(指标)的平均值为0,标准差为1;(3)极大值标准化,经过极大值标准化处理后所得到的新数据,各要素(指标)的极大值为1,其余各数值小于1。本文采用极大值标准化的方法,对所有指标进行无量纲化,计算公式如下所示:

$$x'_{ij} = x_{ij} / x_{\max} \quad (1)$$

式中 x'_{ij} 为无量纲指标; x_{ij} 为第 i 年第 j 个指标; x_{\max} 为该要素指标的极大值。

Table 1. Rural ecological environment evaluation indicators

表 1. 农村生态环境评价指标

目标层	系统层	指标层	单位	
生态文明视域下农村生态环境评价指标体系	生态环境指标系统	绿化率	%	
		一级土壤面积占耕地比重	%	
		地表水水质达标率	%	
		地下水饮用水源达标率	%	
		空气质量达到二级和好于二级标准的天数	天	
		农村居住区环境噪声达标率	%	
		生活垃圾无害化处理率	%	
		畜禽粪便综合处理率	%	
		农药使用量递减率	%	
		生活污水集中处理率	%	
		化肥使用量递减率	%	
		人均收入增长率	%	
		农村自来水普及率	%	
	农村天然气普及率	%		
	生态经济指标系统	新能源与环保产业产值占工业总产值比重	%	
		绿色有机农业产值占农业产值比重	%	
		企业清洁生产认证率	%	
		新能源汽车数	辆	
		生态文明知识了解率	%	
		环保组织志愿者数量	人	
		生态文化指标系统	生态文明创建普及率	%
			中小学生态文明教育课时比例	天
			生态文化产业增加值占比重	%
			生态环境投资	元
	生态建设经费占财政支出比重		%	
	生态管理指标系统	政府绿色采购率	%	
		污染环境破坏生态事件发生次数	次	
环境影响评价编制执行率		%		
公众对环境满意率		%		

2.4. 指标权重确定

体系指标权重的确定是多指标综合评价的关键,目前存在多种综合评价方法,根据确定权重的不同,将评价方法分为主观赋权法和客观赋权法。由于主观赋权法缺乏客观性,因此本文采用客观赋权法,计算结果只依赖于各评价指标原始数据,相较于主观赋权法,可减少人为主观因素带来的偏差,能够客观准确地评价研究对象。熵权法是客观赋权法的重要组成,其基本思路为:根据指标变异性的确定客观权重,某个指标的信息熵越小,表明指标值的变异程度越大,提供的信息量越多,在综合评价中所能起到的作用也越大,其权重也就越大。

有 a 个评价指标, b 个被评价对象,第 i 个指标的权重 M_i 计算如公式 1 所示:

$$M_i = \frac{1 - H_i}{a - \sum_{i=1}^b H_i} \quad (2)$$

式中 H_i 为第 i 个指标的信息熵,计算公式如下所示:

$$H_i = -(\ln b)^{-1} \sum_{i=1}^b P_{ij} \ln P_{ij} \quad (3)$$

本文研究内容选取较常用的 Cronbach's alpha 系数法测定体系内部的一致性,计算公式如下所示:

$$\alpha = \frac{c\bar{r}}{1 + (c-1)\bar{r}} \quad (4)$$

式中:其中, c 为评估项目数, r 为 k 个项目相关系数的均值。

2.5. 综合评价指标计算

本文采用的是多指标综合评价法,鉴于指标数据单位和量纲不统一,首先采用极值法对指标数据进行标准化处理,然后基于熵权法确定评价指标权重,最后运用加权法计算农村生态环境质量综合评价及各子系统得分值,综合得分计算公式为:

$$S = \sum_{i=1}^b (M_i \times x_{ij}) \quad (5)$$

得分值 S 介于 0~1 之间,其值越小,表明农村生态环境质量越差,其值越大,表明农村生态环境质量越好。

3. 案例分析

3.1. 数据来源

本文通过 2005~2015 年的《中国统计年鉴》、《中国农村统计年鉴》及《中国环境年鉴》,其中,耕地面积数据来源于第二次土地调查,节水灌溉面积来源于《中国水资源公报》。对于某些统计年鉴没有直接数据的指标,本文进行了重新估算,1) 养殖业污染。通过将所有的禽畜粪便排污量按照以猪粪便排污量为标准进行折合;2) 种植业、畜禽污染物排放系数来自《第一次全国污染普查》。

3.2. 数据分析

本文采用熵权法对 2005~2015 年我国农村生态环境综合评价指数进行计算,计算结果如表 2 所示:

Table 2. Analysis of evaluation indexes of rural ecological environment quality in different provinces
表 2. 不同省份农村生态环境质量评价指标分析

年份	2005	2007	2009	2011	2013	2015
全国	0.414	0.438	0.477	0.528	0.589	0.641
北京	0.634	0.665	0.715	0.756	0.817	0.878
上海	0.617	0.647	0.698	0.738	0.798	0.859
天津	0.564	0.595	0.646	0.686	0.747	0.808
浙江	0.637	0.667	0.718	0.758	0.819	0.879
辽宁	0.408	0.438	0.489	0.530	0.591	0.652
广东	0.599	0.629	0.679	0.719	0.780	0.840
江苏	0.588	0.618	0.669	0.709	0.770	0.830
福建	0.353	0.383	0.434	0.474	0.534	0.594
吉林	0.337	0.368	0.419	0.459	0.519	0.580
黑龙江	0.331	0.361	0.412	0.453	0.513	0.573
山东	0.326	0.356	0.407	0.448	0.509	0.570
河北	0.317	0.347	0.398	0.438	0.498	0.559
山西	0.293	0.323	0.374	0.415	0.475	0.536
内蒙古	0.313	0.367	0.420	0.489	0.502	0.577
宁夏	0.272	0.307	0.356	0.391	0.514	0.486
河南	0.436	0.466	0.517	0.557	0.618	0.679
陕西	0.401	0.431	0.485	0.542	0.639	0.696
湖北	0.459	0.490	0.540	0.580	0.641	0.701
海南	0.473	0.504	0.555	0.595	0.656	0.716
湖南	0.506	0.536	0.586	0.627	0.687	0.747
安徽	0.506	0.537	0.587	0.627	0.688	0.749
江西	0.507	0.537	0.588	0.628	0.689	0.750
新疆	0.421	0.444	0.440	0.539	0.595	0.610
青海	0.305	0.335	0.331	0.437	0.486	0.505
甘肃	0.283	0.303	0.312	0.408	0.432	0.499
重庆	0.320	0.352	0.392	0.486	0.582	0.617
四川	0.289	0.329	0.346	0.374	0.433	0.479
广西	0.271	0.302	0.320	0.354	0.415	0.460
云南	0.291	0.344	0.347	0.391	0.519	0.543
贵州	0.224	0.246	0.266	0.358	0.374	0.412
西藏	0.328	0.341	0.351	0.390	0.405	0.482

3.3. 信度检验

采用 Cronbach's alpha 系数法对于测定结果的信度进行检验, 利用 SPSS 软件进行统计, 得到结果如表 3、表 4 所示。

Table 3. Reliability statistical analysis

表 3. 可靠性统计资料

Cronbach 的 Alpha	基于标准化项目的 Cronbach 的 Alpha	项目个数
0.994	0.995	6

Table 4. Coefficient of variation analysis using Friedman's test

表 4. 使用 Friedman 的测试进行变异系数分析

	平方和	df	平均值平方	Friedman 的卡方	显著性
人员之间	2.983	30	0.099		
项目之间	1.351 ^a	5	0.270	145.374	0.000
人员中					
残差	0.089	150	0.001		
总计	1.440	155	0.009		
总计	4.423	185	0.024		
总平均值 = 0.51582					

^aKendall 的和谐系数 $W = 0.305$ 。

表 3 为信度检验的 Cronbach's alpha 系数分析结果, 信度系数为 0.994, 基于标准化项目的信度系数为 0.995, 均大于 0.9, 因此总体上该评价体系内在信度极为理想, 测评结果具有极高的可靠性。由于本文数据并不独立, 不能满足普通方差分析的条件, 因此采用非参数检验的方法, 即 Friedman 检验的方法, 表 4 为 Friedman 检验结果, 表中卡方观测值为 145.374, 显著性水平小于显著性水平(0.05), 各指标的均值总体上存在显著差异。同时, 协同系数 W 为 0.305, 由于显著小于 1, 因此认为评估者个体之间分数的相关性较弱, 该评价体系能够对评估者加以区分, 可以对我国农村各地区生态环境差异进行分析。

3.4. 测评结果分析

通过对测评结果进行综合分析。生态文明视阈下我国农村生态环境总体发展水平明显提升, 年均值由 2005 年的 0.414 上升到了 2015 年的 0.641, 年均增长率达到 5.48%, 其中福建、吉林等 16 个省份的年均增长率超过全国平均水平。地区间的农村生态环境建设进程存在差异, 生态环境建设水平进展最快的重庆年增长率为 9.28%, 比建设最慢的浙江高出 6 个百分点。为了进一步观察地区之间的差异, 了解地区发展特征。本文采用 Ward 系统聚类方法, 对 2015 年我国农村生态环境建设情况进行分类分析, 将我国不同省份根据生态环境评价体系分为 3 类, 结果如图 1 所示。

第一类: 高水平建设地区。包括江西、新疆、安徽、海南、湖南、陕西、湖北、北京、广东、青海、上海、辽宁、天津、江苏、福建、浙江等 16 个地区。以浙江省为例, 作为全国经济强省, 在 2005~2015 年间, 浙江省统筹政府、市场、社会的作用, 将农村建设成为一二三产业协调发展的以农业核心区, 响应习近平总书记“绿水青山就是金山银山”的号召, 发展农村经济与生态环境和谐共生的农家乐产业, 农村居民收入连续 10 年位居全国各省区位首位, 国家级试点美丽宜居示范村和全国美丽宜居示范村庄总量居全国首位。同时, 浙江省也是东部地区教育水平比较发达的地区, 对于生态文明建设的科普能力在全国名列前茅。

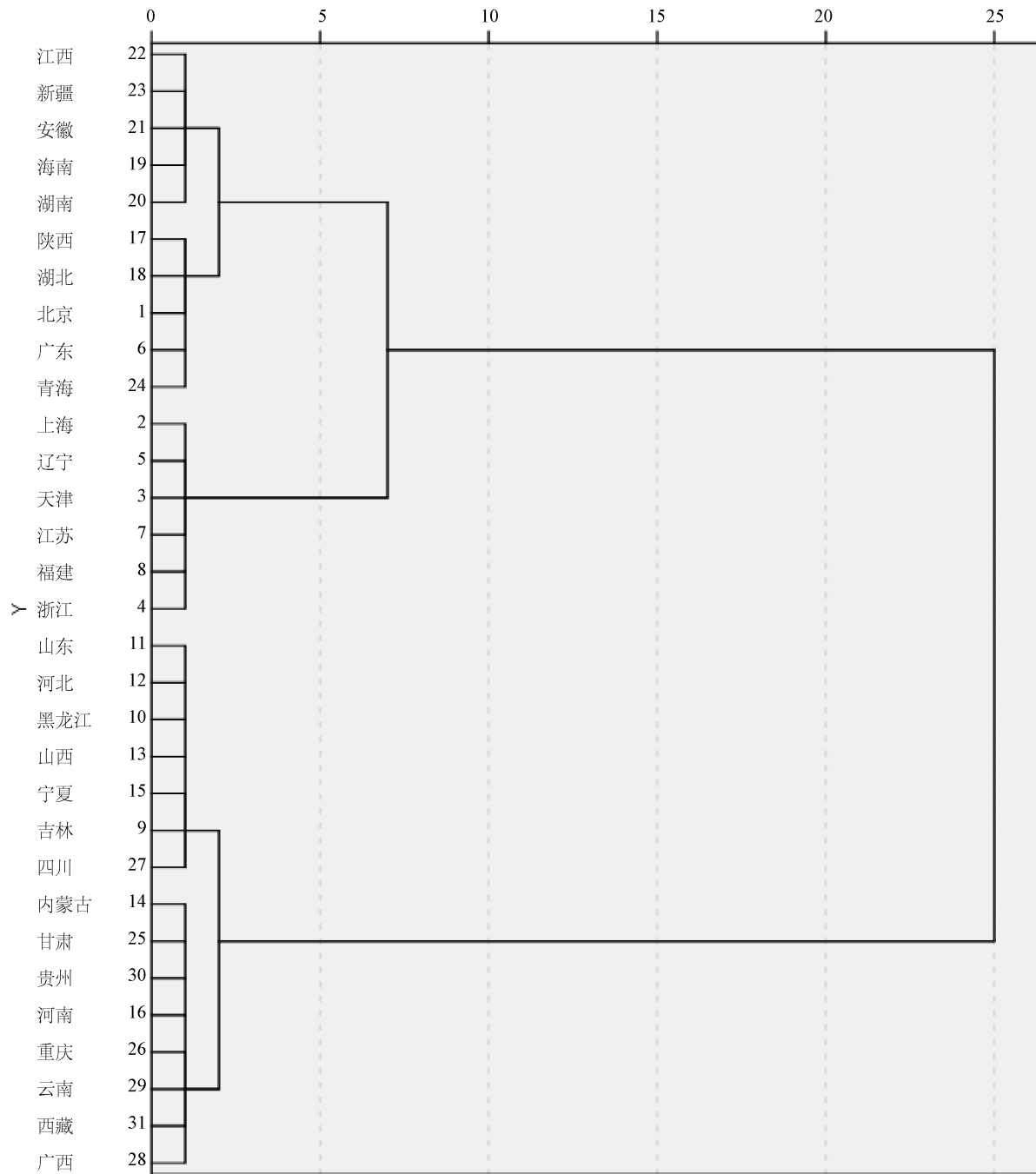


Figure 1. Classification of rural ecological environment construction levels in different regions
图 1. 不同地区农村生态环境建设水平分类情况

第二类：中等水平建设地区。这一类包括山东、河北、黑龙江、山西、宁夏、吉林和四川。从农村生态环境质量评价体系构成指标的变化来看，中等水平建设地区均存在部分指标得分过低，其中，宁夏作为西北地区重要省份之一，自然环境恶劣，人口稀少且分布不均匀。虽然宁夏省推进能源消费总量和强度“双控”“农业节水领跑、工业节水增效、城市节水普及、全民节水文明”四大节水行动等措施，同时加大力度进行生态建设和环境治理开展大规模植树造林、防沙治沙和湿地保护等，但单位产值电耗

指标得分仍然不高。

黑龙江省和吉林省又称“北大仓”，是我国重要的粮食产区。粮食种植过程中，化肥、农药等产品的过量使用，造成了黑土退化、水体富营养化等生态威胁。2005年，该地区农村化肥施用强度为323.25 kg/hm²，到2015年增加到446.12 kg/hm²，化肥流失率高达67%，引起土壤结构板结、破坏、养分失调，酸化加剧，最终导致地力下降；同期，该地区农药施用总量从127.97万吨增加到2015年的178.30 t，年均增速2.10%，农药流失率高达65%，大量农药、化肥还会产生面源污染，破坏农村水环境，因此在地表水水质达标率、农药使用量递减率、化肥使用量递减率等指标上得分较低。山东省是我国的设施农业大省，在种植花生、大蒜、马铃薯等设施农作物的同时，需要采用地膜，2005~2015期间，山东省地膜施用强度从10.35 kg/hm²增加到19.29 kg/hm²。地膜残留积累导致作物根系对水肥的吸收难度加大，最终导致作物产量下降。

第三类：低水平地区。这一类有内蒙古、甘肃、贵州、河南、重庆、云南、西藏和广西。该地区存在问题并不来源于单一方面，可能存在系统性的指标水平低下，贵州、内蒙古、云南、甘肃及西藏地区是我国经济欠发达地区，人均GDP低于全国平均水平，第二、三产业发展不足，农业产业聚集力低，缺乏特色，难以带动当地就业，人口流失严重。由于信息闭塞，受当地社会、区位、观念等方面的制约，农村生态文明建设水平一直不高。

4. 结论与政策启示

4.1. 结论

本文基于生态文明建设的内涵，采用复合指标综合评价方法，依托国家与地方农村生态环境建设指导思想，从目标层-系统层-指标层三个等级对生态文明视域下的农村生态环境进行评价，构建了我国农村生态环境质量多指标评价体系，在集成多种数据源基础上，分析了2005~2015年我国农村生态环境质量综合指数的动态变化过程，得到以下结论：

(1) 农村生态环境评价体系的影响因素主要包括：自然因素、经济因素和管理因素，利用客观熵权法，构建了一个三级分级系统，其目标层为农村生态环境综合指数，系统层设计了反映农村生态环境保护执行情况的生态环境指标系统、反应农村经济可持续发展的生态经济指标系统、反映农村生态文明宣传、环境保护教育的生态文化指标系统，以及反映生态文明保障制度建设的生态管理指标系统，指标层包括29个单项指标，通过信度检验，证明该指标体系能够对评估者加以区分，可以对我国农村各地区生态环境差异进行分析。

(2) 以我国2005~2015年为例，采用客观赋权法确定指标的权重，并计算各地区的生态环境综合指标等级，将各省按照生态文明视阈下，农村生态环境的发展水平，划分为高水平建设区、中等水平建设区及低水平建设区。

4.2. 政策启示

(1) 提高农村生态产业的支撑能力

经济发展是推进农村生态文明建设的长久动力，是优化农村生态环境的物质保障。同时，发展以农业为核心的第一、二、三产业融合，也是推进农村生态文明建设的必由之路。通过分析发现，高水平地区在乡村建设、经济发展及文化教育方面具有比较优势。因此，在生态文明视阈下的农村生态环境建设，更需要从根本出发，加强经济发展，与生态环境相协调。

(2) 因地制宜探索农村生态环境发展道路

我国是一个幅员辽阔的多民族国家，各地区地理和社会环境复杂，社会风俗差异较大，因此农村的生态文明建设不应拘泥于同样的标准，农村的生态环境建设应因地制宜，进而实现健康快速的发展。因此，我国农村既要走城镇化、现代化发展道路，也要发展特色乡村，通过政府部门引导规范，走具有特色资源和区位优势的专业特色村。

(3) 加强农村生态可持续发展

生态文明建设要求“以人为本”，实现人的全面发展和社会公平正义。但我国农村发展过程中仍然存在一系列不和谐的因素。由于追求更高的收益，大量使用化肥农药，造成农业面源污染；农村地区收入较城市地区收入水平进一步拉大等，这些不和谐因素是农村生态文明建设过程的绊脚石，也是阻碍农村生态环境保护的潜在障碍。因此，我国应统筹城乡发展，增强农村发展活力，用可持续发展的理念建设生态友好型农村，促使农业从高度依赖农药化肥转向依靠科技进步和劳动者素质转变，进而有效改善农村生态环境。

参考文献

- [1] 李翠竹. 论生态文明村与社会主义新农村建设[J]. 沈阳农业大学学报: 社会科学版, 2007(1): 10-13.
- [2] 陈国锋, 张祝平. 论农村生态环境污染治理与可持续发展——对国家级生态示范区浙江丽水市农村环境污染治理的调查与思考[J]. 自然辩证法研究, 2006(6): 86-90.
- [3] 高志强, 刘纪远, 庄大方. 中国土地资源生态环境背景与利用程度的关系[J]. 地理学报, 1998(B12): 36-43.
- [4] 孙东琪, 张京祥, 朱传耿, 等. 中国生态环境质量变化态势及其空间分异分析[J]. 地理学报, 2012(12): 14-25.
- [5] 赵少华, 刘思含, 刘芹芹, 等. 中国城镇生态环境遥感监测现状及发展趋势[J]. 生态环境学报, 2019(6): 1261-1271.
- [6] 曹连海, 郝仕龙, 陈南祥. 农村生态环境指标体系的构建与评价[J]. 水土保持研究, 2010(5): 242-244.
- [7] 关琰珠, 郑建华, 庄世坚. 生态文明指标体系研究[J]. 中国发展, 2007(2): 21-27.
- [8] 严耕. 生态文明评价的现状与发展方向探析[J]. 中国党政干部论坛, 2013(1): 14-17.
- [9] 梁文森. 生态文明指标体系问题[J]. 经济学家, 2009(3): 102-104.