

DOI: 10.5846/stxb202004050804

陈起伟,熊康宁,但文红,牛莲莲.典型喀斯特区生态与贫困耦合特征分析——以贵州省 9000 个省级贫困村为例.生态学报, 2021, 41(8): 2968-2982.

Chen Q W, Xiong K N, Dan W H, Niu L L. Coupling characteristics of ecological and poverty in typical karst area: case study of 9000 provincial level poor villages in Guizhou Province. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(8): 2968-2982.

典型喀斯特区生态与贫困耦合特征分析 ——以贵州省 9000 个省级贫困村为例

陈起伟^{1,3}, 熊康宁^{1,2,*}, 但文红¹, 牛莲莲³

1 贵州师范大学喀斯特研究院, 贵阳 550001

2 国家喀斯特石漠化防治工程技术研究中心, 贵阳 550001

3 贵州省流域地理国情监测重点实验室, 贵阳 550018

摘要:生态环境与贫困具有较强的空间耦合性,深入研究二者耦合互动机制对喀斯特地区生态修复和精准扶贫具有重要意义。以代表中国南方喀斯特中心的贵州高原为研究对象,构建多维贫困与生态脆弱性指标体系,利用综合耦合协调度模型与热点分析法,剖析贵州 9000 个省级贫困村生态环境与贫困的耦合关系,并进行贫困村类型划分。研究表明:在空间上,贵州南部、北部和西北部多维贫困指数高,而生态环境脆弱指数整体呈西高东低的态势,二者空间分布格局存在明显差异,只存在点状重叠。贵州贫困村生态环境与贫困耦合度介于 0.29—0.56 之间,以微度、轻度耦合为主。从村域尺度看,生态环境对贫困村致贫原因的贡献不高,只占 9.5% 左右,贵州省 69.3% 的贫困村属于生态良好—一般贫困型,贵州在扶贫开发中应根据贫困村生态与贫困的耦合关系,加强东部贫困村的经济开发,强化西部贫困村的生态修复。

关键词:贫困村;生态环境质量;多维贫困;耦合特征;贵州喀斯特高原

Coupling characteristics of ecological and poverty in typical karst area: case study of 9000 provincial level poor villages in Guizhou Province

CHEN Qiwei^{1,3}, XIONG Kangning^{1,2,*}, DAN Wenhong¹, NIU Lianlian³

1 Karst Research Institute, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China

2 Technology Research Center for Karst Rocky Desertification Rehabilitation, Ministry of Science and Technology, Guiyang 550001, China

3 Guizhou Provincial Key Laboratory of Geographic State Monitoring of Watershed, Guizhou Normal College, Guiyang 550018, China

Abstract: The ecological environment and poor areas have strongly spatial consistency, analyzing the coupling relationship and interaction mechanism between ecology and poverty is an important prerequisite for achieving ecological restoration and targeted poverty alleviation in poor areas. This article takes the Guizhou plateau, the center of south China karst, as the research object, and built an index system to measure the multi-dimensional poverty and ecological environment quality of poor villages. Using the coupling coordination degree model and the hot spot analysis method, the coupling relationship between the ecological environment and poverty of 9000 provincial poor villages in Guizhou Province is analyzed, and the types of poor villages are classified. The results show that the multi-dimensional poverty index is high in the south, north and northwest of Guizhou plateau and the ecological environment fragility index as a whole tends to be higher in the west and lower in the east. The spatial distribution patterns of them are significantly different and they only overlap in points. The coupling degree between the ecological environment and poverty is between 0.29—0.56, mainly with slight and light

基金项目:国家重点研发计划项目(2016YFC0502607);国家自然科学基金项目(41561066)

收稿日期:2020-04-05; **网络出版日期:**2021-02-24

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xiongkn@163.com

coupling degree. The ecological environment does not contribute much to the causes of poverty, accounting for only about 9.5%, and 69.3% of the poor villages in Guizhou are good ecological-general poverty type. In poverty alleviation and development, Guizhou should strengthen the economic development of poor villages in the east and strengthen the ecological restoration in the west according to the coupling relationship between the ecology and poverty.

Key Words: poor villages; eco-environment quality; multidimensional poverty; coupling relationship; Guizhou karst plateau

确保到 2020 年我国现行标准下农村贫困人口实现脱贫,贫困县全部摘帽,解决区域性整体贫困,是我国新时期脱贫攻坚的重要目标^[1]。我国贫困人口主要分布在 11 个集中连片特殊困难地区,这些地区多是民族地区、边疆地区、深山地区,基础设施和公共服务相对滞后,面临生态和贫困双重压力^[2]。政府与学者普遍认同精准扶贫和生态环境保护需协同发展^[3-4]。国务院颁布的《中国农村扶贫开发纲要(2011—2020 年)》中明确提出“坚持扶贫开发与生态建设、环境保护相结合,促进经济社会与人口环境相协调”,研究贫困地区贫困与生态之间耦合关系及作用机制,对实现贫困地区生态修复和精准扶贫具有重大意义。

国内外学者针对生态环境和贫困开展了大量研究,证实了生态环境与贫困之间具有关联性^[5-6], Sachs 等^[7]发表了环境决定论, Liu 等^[8]发现生态脆弱地区与贫困地区在地理空间上往往高度重叠,周毅等^[9]认为脆弱生态环境是西部青藏高原、黄土高原和西南喀斯特生态脆弱带贫困的首要原因, Lawson 等^[10]进一步提出了生态与贫困恶性循环模型, Bhattacharya^[11]也证实贫困与环境是相互强化的螺旋下降过程。生态环境和贫困耦合研究方面, Duraipappah^[12]认为贫困地区与恶劣生态环境在地理空间上存在非良性耦合关系,王海英等^[13]提出武陵山特困连片区扶贫开发 with 生态建设耦合协调程度较低,牛亚琼等^[14]分析了甘肃省 2000—2014 年生态环境和贫困耦合关系变化趋势,发现其耦合协调度整体上升。这些研究为贫困瞄准、扶贫与生态环境保护协调发展提供了参考,但大多数学者以省、片区和县为研究尺度^[15-18],对二者关系的定量研究仅限于个别地区,对生态脆弱、贫困程度最深的西南喀斯特山区研究很少^[19-21],以前的研究成果揭示了生态与贫困在空间上高度重叠,但贵州贫困程度深的黔东南地区生态并非脆弱,中国 11 个集中连片特困区也主要分布在山区,这些区域生态总体不差,贫困与生态之间耦合关系值得进一步深入研究。由于缺乏基于精细尺度的生态环境与贫困耦合关系的理论支撑,扶贫与生态环境协调发展的成功典型寥寥无几^[22]。西南喀斯特山区是我国四个生态脆弱区之一,其贫困人口在中国生态脆弱区中最多^[23],喀斯特地区地形破碎,以往的研究以县为尺度不能表示山区县域地域分异大的特点,难以满足当前精准扶贫聚焦深度贫困地区、贫困识别“到村到户”的战略需求^[24]。本研究以中国南方喀斯特中心的贵州高原为研究区,通过对贵州贫困村生态脆弱和贫困的区域瞄准,生态环境质量与贫困维度的分解与识别,剖析喀斯特脆弱生态环境与多维贫困的耦合关系及作用机制,对贵州及其他喀斯特生态脆弱区因地制宜地开展精准帮扶和生态修复具有重要意义。

1 研究区概况

贵州省位于我国西南内陆地区,地处珠江与长江两大水系上游地带,是全国唯一没有平原支撑的省份,国土面积 $17.61 \times 10^5 \text{ km}^2$,辖 9 个市(州)88 个县(市、区)。贵州是中国贫困面最广、贫困程度最深、生态环境较为脆弱的省份^[25],极易陷入“生态环境—贫困”的恶性循环贫困陷阱中。贵州兼具生态脆弱与贫困的双重典型性,中国 11 个集中连片特困区中,贵州横跨武陵山区、乌蒙山区和滇桂黔石漠化片区三大连片特困区(图 1),是涵盖集中连片区最多的省份之一,现有 66 个国家扶贫开发工作重点县,2015 年,常住人口为 3529.50 万人,其中,贫困人口 493.38 万人,占全国贫困人口的 8.77%,是我国建档立卡贫困人口最多的省份,大生态、大扶贫、大数据也上升为贵州的“三大战略”行动。喀斯特与黄土、沙漠、高寒是我国四大生态环境脆弱区,以贵州高原为中心的中国南方喀斯特区是世界上面积最大、最集中连片的喀斯特生态脆弱区,也是世界

三大喀斯特集中连片区中发育最典型、最复杂、景观类型最丰富的一个片区^[26]。贵州是中国南方喀斯特核心区,喀斯特分布面积 $10.91 \times 10^5 \text{ km}^2$, 占全省国土面积的 61.92%, 喀斯特山地、峰林、洼地、峡谷等喀斯特地貌类型应有尽有, 由于境内喀斯特地貌发育强烈, 加上不合理的人类活动, 贵州石漠化严重, 石漠化面积和严重程度全国第一, 根据 2016 年全国第三次石漠化监测数据, 贵州省石漠化土地面积 $2.47 \times 10^5 \text{ km}^2$, 占国土面积的 18.31%^[27]。

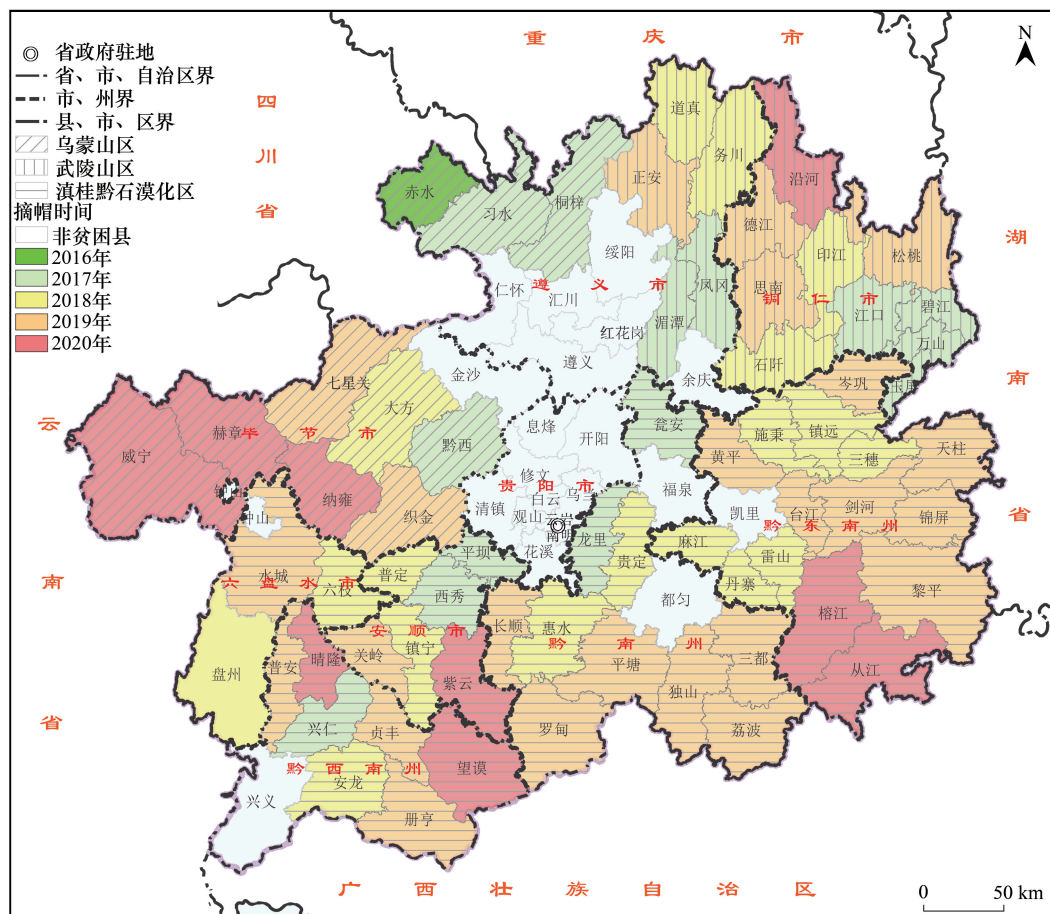


图1 贵州贫困县脱贫摘帽时间及三大集中连片特困区分布图

Fig.1 Poverty alleviation time of poverty-stricken counties in Guizhou and the distribution map of three concentrated destitute areas

2 数据源与研究方法

2.1 数据来源

研究采用的数据主要包括: (1) 遥感影像来源于中国资源卫星应用中心 (<http://www.cresda.com/CN/index.shtml>) 下载的 2015 年 8 m 空间分辨率的 ZY—3 高分辨率卫星遥感数据; (2) 研究区气象数据 (降水、气温等) 来源于国家气象科学数据共享服务平台 (<http://data.cma.cn>) 下载的贵州省及周边气象站点插值; (3) 海拔、坡度、地势起伏度数据来源于贵州省自然资源厅 30 m 数字高程模型转换而成; (3) 地质岩性资料来源于中国科学院地球化学研究所喀斯特科学数据中心 (<http://www.karstdata.cn/index.aspx>) 岩性图资料整理而成; (4) 石漠化和水土流失图来源于贵州师范大学贵州省 1:5 万石漠化、水土流失分布图并根据卫星影像结合地理国情成果进一步修正处理^[28]; (5) 基础地理信息、水系、交通网络数据来源于地理国情普查成果, 河网、交通密度通过计算各行政村河网、道路总长度和总面积, 再用总长度除以总面积得到; (6) 耕地、园地、湿地资料来源于地理国情普查成果, 时间为 2015 年; (7) 贫困村统计数据来源于扶贫办提供的 9000 个贫困村的

2015 年统计数据和部分调研资料,贫困村样本覆盖贵州 83 个区县,1276 个贫困乡镇,数据内容主要涵盖贫困村基本概况、经济发展水平、公共服务水平、基础设施条件、生产生活条件等信息。

2.2 指标体系构建

2.2.1 生态环境质量指标体系

影响生态环境的因素主要包括自然因素和人为因素两方面^[29],参考已有相关研究成果^[30],结合贵州喀斯特地区实际,遵循指标选取的科学性、系统性等原则,基于条件—状态—压力—恢复力四个方面 12 个指标构建贫困村生态环境质量评价指标体系(表 1),采用熵值法得出各维度评价指标权重值^[31]。因选取的指标涵盖各领域,单位不统一,采用自然断点法对不同纲量级因子进行数值标准化处理。

表 1 贫困村生态环境脆弱性指标及权重

Table 1 Indicators and its weight of ecological environment vulnerability index at village level

维度 Dimension	编号 Number	指标项 Variable	单位 Unit	计算方法 Computing method	指标类型 Index type	权重 Weight
环境条件 Environment condition	Y1	多年年均降水量	mm	数据共享平台	-	0.053
	Y2	多年年均温度	℃	数据共享平台	-	0.174
	Y3	海拔	m	DEM 计算	+	0.089
	Y4	石漠化率	%	遥感解译	+	0.302
生态状态 Ecological state	Y5	水土流失率	%	遥感解译	+	0.089
	Y6	植被覆盖度	%	NDVI 反演	-	0.047
	Y7	河网密度	km/km ²	地理国情提取	-	0.004
生态恢复力 Ecological resilience	Y8	湿地面积比例	%	地理国情提取	-	0.001
	Y9	植被第一生产力	g/m ²	Tornthwaite 经验模型	-	0.011
	Y10	人口密度	人/km ²	统计资料	+	0.197
生态压力 Ecological pressure	Y11	耕地面积比例	%	地理国情提取	+	0.025
	Y12	年人均纯收入	元	统计资料	-	0.007

2.2.2 多维贫困指标体系

参考相关多维贫困测度研究成果^[32-34],结合村研究尺度实际,从地理学空间贫困视角下的自然—社会—经济—区位—资源—生态方面综合评价贫困村的贫困程度,构建包括自然条件、经济基础、资源禀赋、生态环境、区位条件、基础设施条件等 6 个维度 30 个村级多维贫困度量指标体系度量贵州省 9000 个省级贫困村多维贫困状况(表 2),各维度评价指标的权重值根据熵值法确定。

2.3 生态环境脆弱性指数(EFI)与多维贫困指数(MPI)

2.3.1 数据标准化

因各指标数据的度量单位不同,为了使指标之间有可比性,采用极值法对各维度指标数据标准化处理。

$$\text{正向指标: } X'_{ij} = \frac{X_{ij} - \min(X_{ij})}{\max(X_{ij}) - \min(X_{ij})} \quad (1)$$

$$\text{负向指标: } X'_{ij} = \frac{\max(X_{ij}) - X_{ij}}{\max(X_{ij}) - \min(X_{ij})} \quad (2)$$

式中, X_{ij} 为第 i 个贫困村第 j 项评价指标的值, $\min(X_{ij})$ 为研究区贫困村第 j 项评价指标的最小值, $\max(X_{ij})$ 为贫困村中 j 项评价指标的最大值。

2.3.2 确定指标权重及综合指数

采用熵值法确定生态环境脆弱性和贫困指标的权重,具体计算过程如下:

首先,计算第 i 个贫困村第 j 个指标的比重:

$$Y_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^n X_{ij}} \quad (3)$$

表 2 村级多维贫困评价指标及权重

Table 2 Indicators and its weight of multidimensional poverty measurement at village level

维度 Dimension	编号 Number	指标 Variable	单位 Unit	指标释义 Index Interpretation	指标属性 Index attribute	权重 Weight
自然条件 Natural condition	X_1	高程	m	行政村平均高程	+	0.030
	X_2	坡度	°	行政村平均坡度	+	0.061
	X_3	降水量	mm	行政村平均降水量	-	0.040
	X_4	地势起伏度	m	单位面积内海拔最高与最低点之差	+	0.051
	X_5	岩溶覆盖率	%	岩溶面积占总面积的比率	+	0.046
资源禀赋 Resource endowment	X_6	人均国土面积	m ²	国土面积/农业户籍人口	-	0.065
	X_7	人均耕地面积	m ²	耕地面积/农业户籍人口	-	0.002
	X_8	耕地比例	%	耕地面积占国土面积比率	-	0.090
	X_9	人均园地面积	m ²	园地面积/农业户籍人口	-	0.005
	X_{10}	农业人口密度	人/km ²	行政村内农业人口密度	+	0.065
生态环境 Ecological environment	X_{11}	森林覆盖率	%	森林面积占国土面积的比率	-	0.047
	X_{12}	石漠化发生率	%	石漠化面积占国土面积的比率	+	0.029
	X_{13}	水土流失率	%	水土流失面积占国土面积的比率	+	0.016
	X_{14}	生态系统服务价值	万元	行政村生态系统服务价值量	-	0.001
	X_{15}	河网密度	km/km ²	单位面积河网长度	-	0.002
区位条件 Geographic conditions	X_{16}	到州政府距离	km	行政村到最近州政府驻地距离	+	0.032
	X_{17}	到县政府驻地距离	km	行政村到最近县政府驻地距离	+	0.008
	X_{18}	到乡政府驻地距离	km	行政村到最近乡政府驻地距离	+	0.011
	X_{19}	距离省国道距离	km	行政村到最近省国道距离	+	0.007
	X_{20}	高速路匝道距离	km	行政村到最近高速路匝道距离	+	0.013
经济基础 Economic basic	X_{21}	村人均纯收入	元	行政村年人均纯收入	-	0.045
	X_{22}	村集体经济收入	万元	行政村集体经济年收入	-	0.034
	X_{23}	县 GDP	亿元	县 GDP	-	0.118
	X_{24}	农户入社比例	%	参与专业合作社户数占总户数比例	-	0.011
	X_{25}	农户经营农家乐比例	%	经营农家乐户数占总户数比例	-	0.004
基础设施 Infrastructure	X_{26}	路网密度	km/km ²	单位面积公路里程	-	0.018
	X_{27}	村学校数量	个	行政村内学校总数	-	0.044
	X_{28}	村卫生室数量	个	行政村内卫生室总数	-	0.042
	X_{29}	通广播电视率	%	通广播电视户数占总户数比例	-	0.051
	X_{30}	通宽带率	%	通宽带户数占总户数比例	-	0.009

然后,计算第 j 个指标的熵值:

$$e_i = -k \sum_{i=1}^m Y_{ij} \ln y_{ij} \tag{4}$$

其次,计算各指标权重:

$$W_j = \frac{1 - e_j}{\sum_{i=1}^n 1 - e_j} \tag{5}$$

最后,计算第 i 个贫困村综合指数:

$$I_i = \sum_{j=1}^m W_j \times X_{ij} \tag{6}$$

式中, Y_{ij} 为第 i 个贫困村第 j 指标的比重, X_{ij} 为第 i 个贫困村第 j 项指标值, n 表示贫困村数, e_i 为熵值, \ln 为自

然对数, $k = \frac{1}{\ln m}$, m 表示指标数, W_j 为指标权重, I_i 为综合指数。根据上述计算指标权重步骤, 确定贵州省 9000 个贫困村生态环境脆弱性权重(表 1)与多维贫困指标的权重(表 2), 并计算贫困村生态脆弱指数和多维贫困指数, 指数取值范围 $[0, 1]$, 指数值越接近 1 表明生态越脆弱或者越贫困。

2.4 生态环境与多维贫困耦合关系

使用耦合度模型计算生态环境与贫困相互依赖相互制约程度, 耦合度模型公式为:

$$EPC = m \left[\frac{I_{ie} \times I_{ip}}{\prod (I_{ie} + I_{ip})} \right]^{\frac{1}{m}} \quad (7)$$

式中, EPC 表示生态与贫困耦合度, I_{ie} 、 I_{ip} 分别为第 i 个贫困村的脆弱生态环境指数和多维贫困指数, 因只有生态环境与贫困两个因子, m 取值 2。EPC 的取值范围为 0 到 1, 当 EPC=1 时二者耦合度最大, 此时双系统达到良性共振耦合; 当 EPC=0 时二者耦合度最小, 系统互相遏制对方, 不具有协调性, 两系统不存在关联性。

为更明确的表现脆弱生态环境与贫困的耦合协调关系, 进一步构建耦合协调度模型:

$$EPD = \sqrt{EPC \times (\alpha I_{ie} + \beta I_{ip})} \quad (8)$$

式中, EPD 为耦合协调度, EPC 为耦合度, I_{ie} 、 I_{ip} 分别为第 i 个贫困村的脆弱生态环境指数和多维贫困指数, α 、 β 为待定系数, 将环境系统与贫困系统视为同等重要, α 、 β 同取 0.5。借鉴相关研究^[35], 对耦合度、耦合协调度划分等级(表 3)。

表 3 耦合度及耦合协调度的分类标准

Table 3 Types and discrimination standard of coupling coordination degree

耦合度 Coupling degree	耦合等级 Coupling level	耦合协调度 Coupling coordination degree	耦合协调等级 Coupling degree level
$0 < EPC \leq 0.3$	微度耦合	$0 < EPD \leq 0.4$	低度协调耦合
$0.3 < EPC \leq 0.5$	轻度耦合	$0.4 < EPD \leq 0.5$	中度协调耦合
$0.5 < EPC \leq 0.7$	中度耦合	$0.5 < EPD \leq 0.8$	高度协调耦合
$0.7 < EPC \leq 1$	高度耦合	$0.8 < EPD \leq 1$	极度协调耦合

EPC: 生态与贫困耦合度 coupling degree of ecology and poverty; EPD: 生态与贫困耦合协调度 Coupling coordination degree of ecology and poverty

2.5 生态环境与多维贫困热点分析

空间统计方法主要有聚类分析、空间自相关和热点分析等, 热点分析法可以得出峰值密集区出现位置, 可以分析出贵州贫困和生态脆弱的高/低值空间聚类的位置, 热点分析将某个贫困村及其相邻贫困村的局部总和与所有贫困村的总和进行比较, 当局部总和与所预期的局部总和有很大差异时, 便产生一个统计意义的 z 值, z 越高, 贫困和生态脆弱的热点越紧密, 相反, 冷点聚类越紧密。

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n \omega_{i,j} x_j - \bar{x} \sum_{j=1}^n \omega_{i,j}}{s \sqrt{\frac{n \sum_{j=1}^n \omega_{i,j} - \left(\sum_{j=1}^n \omega_{i,j} \right)^2}{n-1}}} \quad (9)$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{n} \quad (10)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n x_j^2}{n} - (\bar{x})^2} \quad (11)$$

式中, x_j 为第 j 村的值, w_{ij} 为要素 i 与 j 的权重, n 为要素总数, G_i 为 z 值得分。

3 结果与分析

3.1 贫困村生态环境脆弱性及多维贫困指数

3.1.1 生态环境脆弱性指数 (EFI)

研究结果表明, 贵州省贫困村 EFI 介于 0.10—0.66 之间, 分布呈中间大两头小的“橄榄型”, 83.54% 的贫困村 EPI 介于 0.16—0.44 之间, 随 EFI 的增加, 村数量逐渐减少。从贵州贫困村 EFI 值可以看出, 虽然贵州喀斯特生态整体脆弱, 但大部分贫困村生态环境并不差, 有些贫困村甚至生态环境很好。按照 EFI 值将区域生态环境脆弱性划分为微脆弱、轻脆弱、中脆弱、强脆弱和极脆弱 5 个脆弱等级 (图 2), 贵州贫困村生态环境脆弱等级以轻脆弱和中脆弱为主, 二者占贫困村总数的 62.58%, 极脆弱性占比最小, 极脆弱和强脆弱型贫困村数量占比为 12.59%。

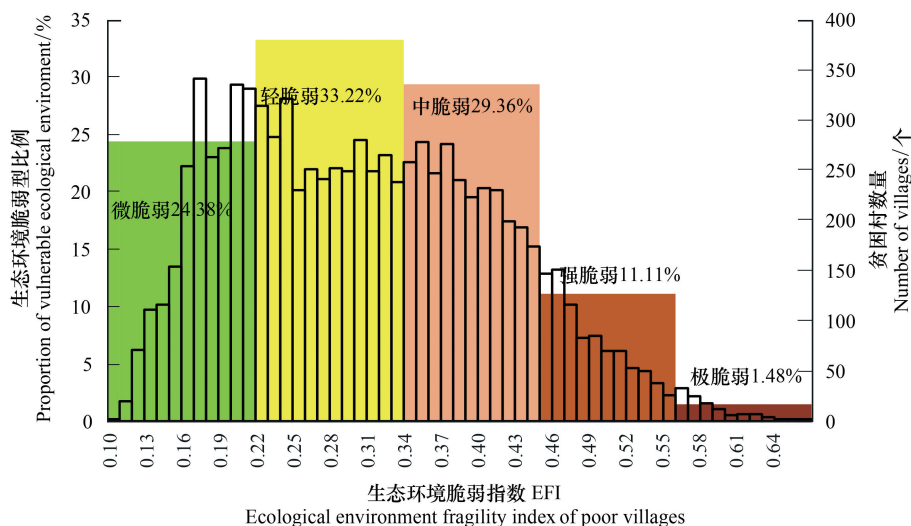


图 2 贵州贫困村生态环境脆弱性构成图

Fig.2 Composition map of ecological environment fragility index (EFI) of poor villages in Guizhou

从图 3 可以看出, 贵州省贫困村生态环境脆弱性分布空间格局差异明显, EFI 较低的村主要分布在贵州的东部、黔西南州东南部、遵义市西北部三个区域, EFI 较高的村主要分布在贵州西部地区, 毕节市、六盘水市和安顺市大部分村的生态环境比较脆弱, 贵州贫困村 EFI 整体变化趋势为由西部向东部递减。贵州生态环境脆弱性格局主要受石漠化、人口密度、平均气温的影响, 西部地区石漠化较为严重, 加上人口密度大, 森林覆盖率明显低于东部地区, 生态环境更为脆弱。

通过图 4 可以看出, 贵州省各市 (州) 贫困村生态环境脆弱性构成差异较大, 黔东南州贫困村生态环境脆弱性最低, 贫困村生态环境主要以微脆弱型为主, 黔东南州以非喀斯特为主, 无石漠化, 森林覆盖率高、水田面积大, 水土流失等级弱; 遵义市、黔南州和铜仁市贫困村生态环境主要以轻脆弱型为主; 毕节市、六盘水市和安顺市以中脆弱型为主, 同时强脆弱型比例也较大, 这些地区地势起伏大, 森林覆盖率较低, 石漠化与水土流失较严重, 加上人口密度较大, 生态较为脆弱, 尤其是六盘水市, 强脆弱型等级以上贫困村占总数的 40% 以上。从贵州三个集中连片区分析, 武陵山区贫困村生态环境脆弱等级较低; 滇黔桂石漠化区微脆弱、轻脆弱和中脆弱占比较大; 而乌蒙山区中脆弱和强脆弱贫困村占比较大, 是三个集中连片区中生态环境最脆弱的片区。

3.1.2 多维贫困指数 (MPI)

统计贵州省 9000 个省级贫困村的 MPI, MPI 在 0.41—0.71 之间, 指数整体较高, 说明贵州省选定的省级贫困村总体比较贫困, 从统计图可以看出, 贵州贫困村 MPI 分布呈“橄榄型”, 贫困村数量随着 MPI 升高先增

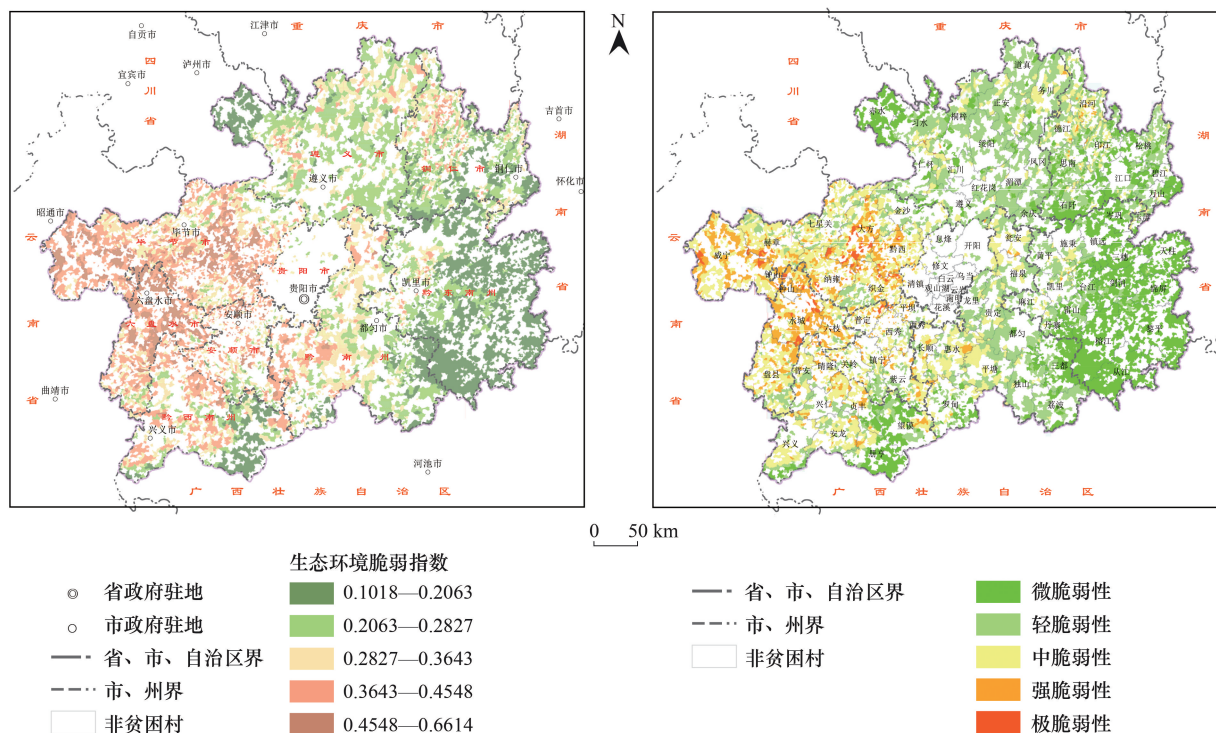


图3 贵州贫困村生态环境指数与生态脆弱性分级图

Fig.3 Ecological environment fragility index and ecological vulnerability grading map of poor villages in Guizhou

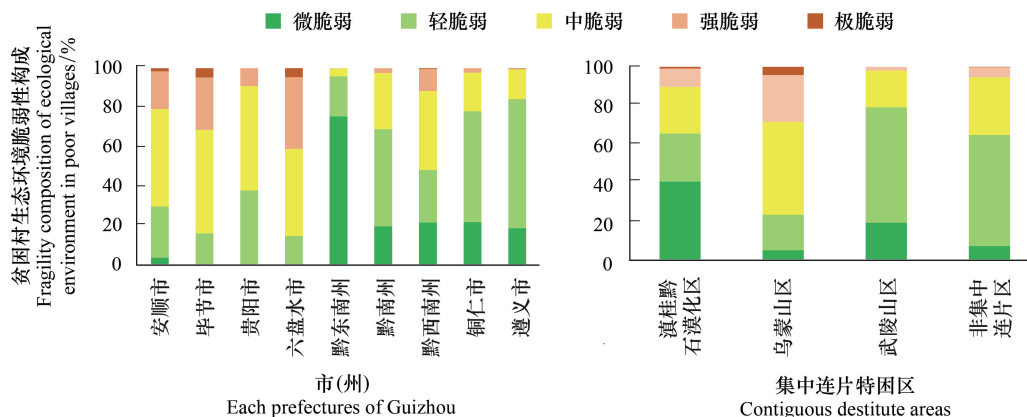


图4 贵州各市(州)与各集中连片区贫困村生态脆弱分级比例图

Fig.4 Hierarchical scale chart of the fragile ecological of each prefectures in Guizhou and contiguous destitute areas

大后逐渐减少, MPI 值为 0.56 的村数量最多(852 个), 贵州大部分贫困村比较贫困, 贫困程度极深的贫困村占比不大, 总体符合贵州贫困村整体相对贫困, 总体以中度贫困为主但极度贫困村总量不大的特征。将 MPI 按照自然断点分级法划分为轻微贫困、一般贫困、中度贫困等 5 个等级(图 5), 贵州贫困村 MPI 大部分位于 0.51—0.61 之间, 以一般贫困、中度贫困和深度贫困类型为主, 三种类型贫困村数量占贫困村总数的 79.53%, 极度贫困村占比不大。

由图 6 可以看出, 贵州省贫困村 MPI 存在较明显的空间差异, MPI 高的村主要分布在贵州南部、北部和西北部, 中部贫困村 MPI 相对较低, 贫困程度较轻。贵阳市、安顺市、遵义市贫困村分布较稀疏, 其余各市(州)政府驻地周围贫困村数量较少。从区域分布看, 南部的紫云、望谟和册亨县深度、极度贫困村集中分布,

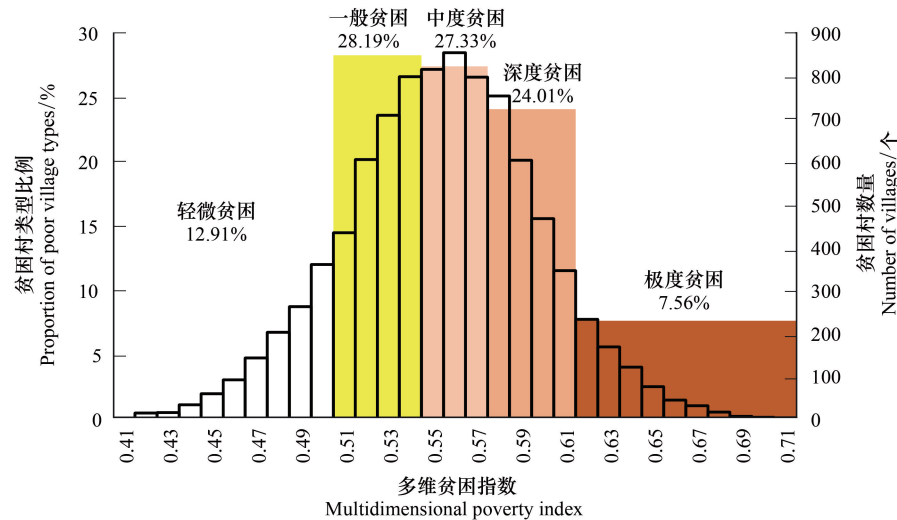


图5 贵州贫困村多维贫困指数构成图

Fig.5 The distribution graph of multidimensional poverty index(MPI) for poor villages in Guizhou

北部的道真、务川及沿河县深度、极度贫困村集中分布,其次是黔东南州的从江县、毕节市赫章县、威宁县深度、极度贫困村分布较多。遵义市南部,黔南州北部及兴义市、盘县贫困程度较轻,多为一般贫困和轻微贫困。贵州省贫困村 MPI 分布格局与贵州省贫困村建档立卡贫困发生率分布格局整体相近,贫困村空间分布主要受县 GDP 总量、耕地比例、农业人口密度、人均国土面积等因子影响权重较大,从维度分析,贵州贫困村致贫维度影响权重依次是自然条件>资源禀赋>经济基础>基础设施>生态环境>区位条件。生态环境、基础设施等并不是贵州贫困的主要致贫因素,贵州在扶贫开发中,需要针对其主要致贫维度,补齐短板,提升经济实力,有效开展精准扶贫。

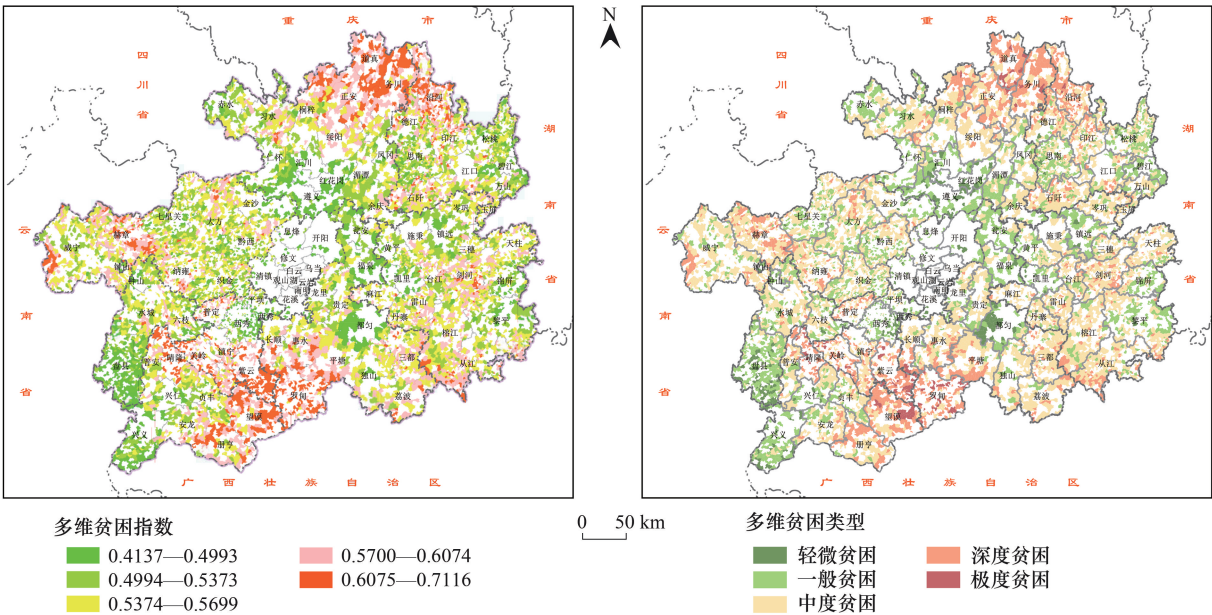


图6 贵州贫困村多维贫困指数与多维贫困分级

Fig.6 multidimensional poverty index and comprehensive poverty grading map of poor villages in Guizhou

从各市(州)贫困村数量看(表4),六盘水市轻微贫困村数量最多,贵阳市贫困村以轻微贫困为主,没有

深度和极度贫困村;毕节市、黔东南州的一般贫困村数量较多,六盘水市轻微贫困和一般贫困村数量占比较大;毕节市、黔东南州和铜仁市中度贫困村、深度贫困村数量较多,极度贫困村主要分布在铜仁、安顺和黔西南州。从各市(州)贫困村的等级数量和比例可以看出,贵州 9 个市(州)贫困村构成存在较大差异,毕节、黔东南贫困村数量最多,但是铜仁、安顺市贫困程度最深,各市(州)因根据辖区贫困村贫困程度及发生率,根据贫困村主要的致贫维度和影响因子采取不同的精准扶贫对策。贵州 3 个集中连片特困区各种类型贫困村的构成比例差异不大,乌蒙山区以一般贫困和中度贫困村为主,滇桂黔石漠化区以中度贫困、深度贫困和一般贫困村为主,武陵山区以深度贫困、一般贫困和中度贫困村为主。

表 4 贵州省各市(州)贫困村等级与 3 个集中连片区贫困村等级数量统计

Table 4 Statistics of multidimensional poverty levels in each prefectures and contiguous destitute areas in Guizhou

类型区 Type area	类型 Type	轻微贫困 Slight poverty	一般贫困 General poverty	中度贫困 Medium poverty	深度贫困 Deep poverty	极度贫困 Extreme poverty	合计 Total
各市(州) Each prefectures of Guizhou	安顺市	115	81	80	188	120	584
	毕节市	157	674	629	439	82	1981
	贵阳市	45	17	4	0	0	66
	六盘水市	261	219	101	33	1	615
	黔东南州	134	533	666	477	43	1853
	黔南州	85	166	245	250	90	836
	黔西南州	92	152	124	147	114	629
	铜仁市	120	463	421	432	129	1565
	遵义市	153	232	190	195	101	871
集中连片特困区 Contiguous destitute areas	滇桂黔石漠化区	480	1058	1195	1092	368	4193
	乌蒙山区	168	739	690	492	103	2192
	武陵山区	129	519	486	532	209	1875
	非集中连片特困区	385	221	89	45	0	740
	合计	1162	2537	2460	2161	680	9000

3.2 贫困村生态脆弱及多维贫困热点分析

从图 7 可以看出,生态脆弱热点在贵州西部乌蒙山区的六盘水市与毕节市呈现高值大范围聚集,在东部黔东南州、铜仁市呈现出低值聚集。而从贫困热点分布图可看出,贫困在贵州省八个市(州)均有小面积高值聚集,贵州南部、北部、西北角及东南角呈现高值聚集分布,贵州中部、西南部呈现出低值聚集区。对比贵州贫困村生态脆弱性热点分布图与贫困热点分布图可以看出,贵州贫困村生态环境脆弱性与贫困热点分布存在较大差异,热点分布整体格局不一致,贫困热点区域与生态环境脆弱热点区域小范围重叠,重叠区主要分布在毕节市、黔南州和黔西南州及安顺市部分区域。村级研究结果表明,贵州省贫困村生态脆弱性与多维贫困空间分布重叠度并不高,以往认为贫困主要分布在生态脆弱区的观念可能会影响精准扶贫决策,根据贵州贫困村热点分布图与生态脆弱热点分布图叠加分析结果,贵州精准扶贫的重点不能只局限于西北生态脆弱区,其他山区贫困分布更为集中,贫困面更广,仍需高度重视非生态脆弱贫困村的扶贫工作。

3.3 生态与贫困耦合关系

3.3.1 生态与贫困耦合度(EPC)

利用 2.4 耦合度模型分析,贵州贫困村 EPC 介于 0.29—0.56 之间,总体处于微度、轻度和中度耦合,属于低水平耦合阶段和拮抗时期,贵州贫困村贫困程度与生态脆弱性之间联系并不太紧密,耦合性不强。从图 8 可以看出,贵州省 EPC 在空间分布差异较大,EPC 指数在总体上呈现出西高东低格局,黔东南州大部、赤水市、册亨县 EPC 指数较低,这些地区生态脆弱性低,但是较为贫困,贫困程度与生态脆弱性耦合性弱。3 个低水平耦合村全部分布在黔东南州,轻度耦合主要分布在黔东南州,黔东南州是贵州省生态环境最好的市州之

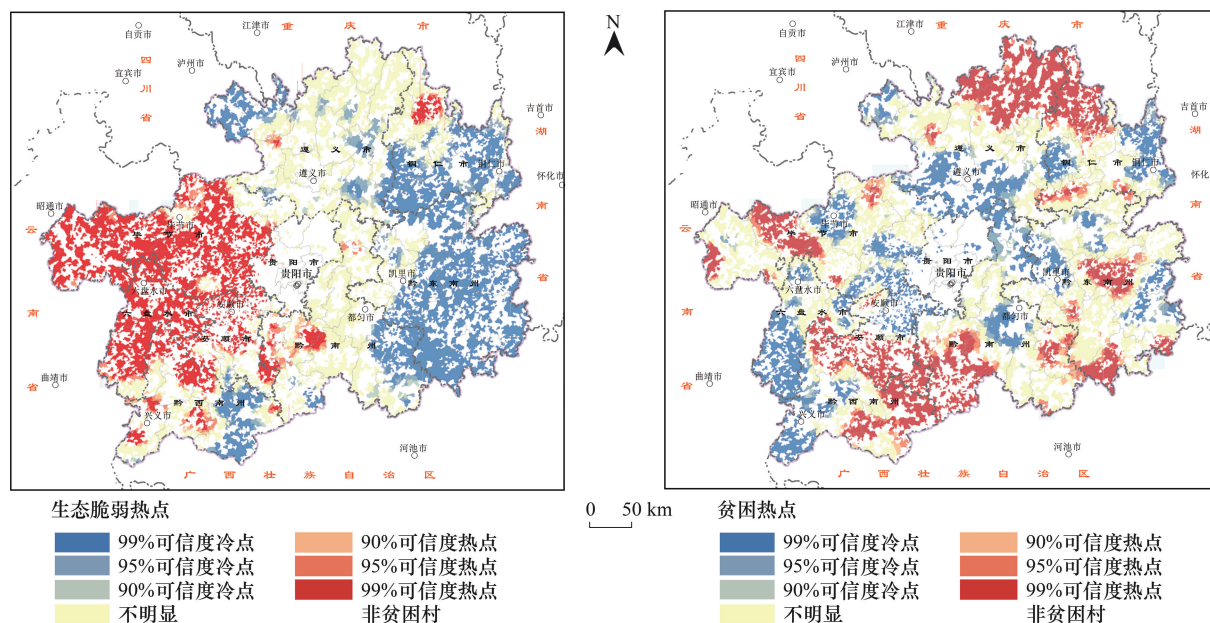


图7 贵州贫困村生态脆弱热点与贫困热点分布图

Fig.7 Map of ecological fragile hot spots and poverty hot spots of poor villages in Guizhou

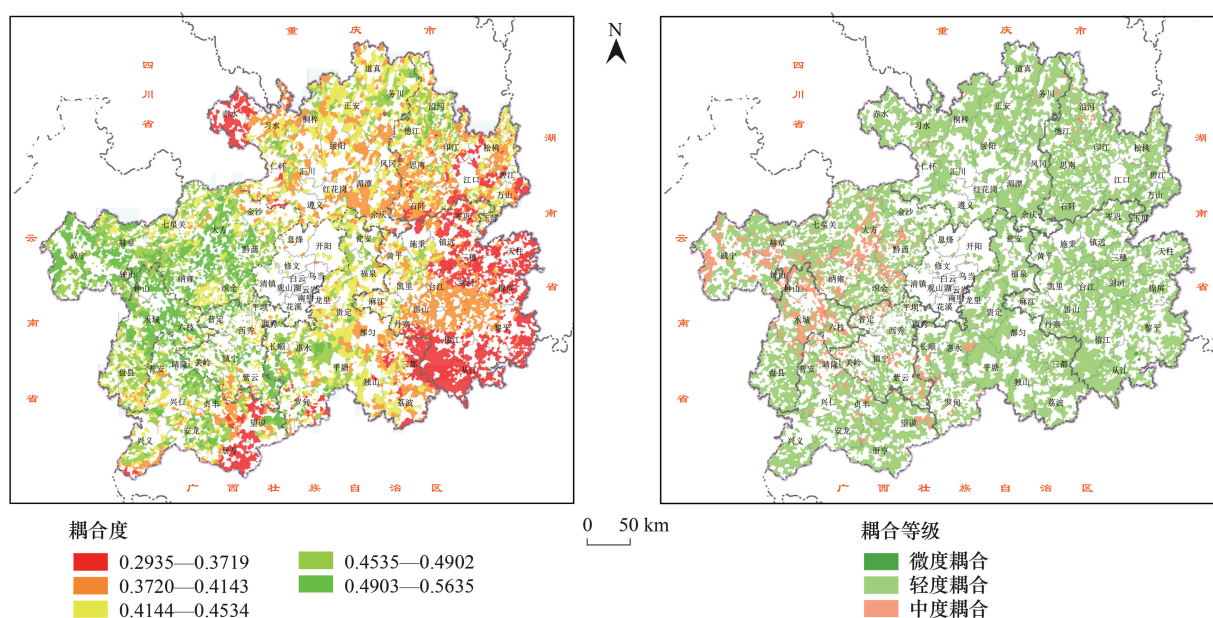


图8 贫困村耦合度与耦合等级空间分布图

Fig.8 Coupling degree of ecology and poverty and its coupling degree

一,区内降雨充沛,植被覆盖度高,生态良好,但存在贫困程度深,贫困面广的显著特征。中度耦合集中分布在贵州西部的毕节、六盘水市,而黔东南州、铜仁市、遵义市和黔南州分布较少,且分布较为离散。

从生态与贫困耦合方式分析,89.33%的贫困村处于拮抗时期阶段,此类型贫困村生态环境脆弱性与贫困程度存在较大不一致性,广泛分布于贵州省九州市(州),贫困程度主要以中度为主,生态环境脆弱类型从微脆弱型到强脆弱型,生态环境与贫困程度之间相关性不强。有10.67%的贫困村处于磨合时期阶段,磨合阶段的贫困村除贵阳市之外其他8个市(州)都有分布,其中毕节市最多,空间分布上呈现出“大聚集,小分散”的

特征,此类贫困村主要为中度贫困、深度贫困,生态环境为中脆弱和强脆弱型,表现为生态环境破坏,但经济基础薄弱,不能有效承载贫困村的发展,需同时促进生态环境修复和经济发展,促使二者协同改善,是实施易地扶贫搬迁较适宜的区域。

3.3.2 贫困与生态耦合协调度(EPD)

贵州贫困村耦合协调度介于 0.30—0.60 之间,总体差异不大,将耦合协调度按表 3 划分为四个等级(图 9),大部分贫困村为低度耦合协调和中度耦合协调,这些贫困村因较为贫困,过度开发利用资源,致使生态空间被严重挤压,产生了较多生态问题。贵州高度耦合协调的贫困村只有 1127 个,此类贫困村扶贫开发取得一定成效,生态环境得到了较大改善,二者处于良好耦合协调。空间分布上,低耦合协调型集中分布在黔东南州、铜仁市和遵义市南部;中度协调耦合分布较为离散,黔西南州、安顺市等中西部地区分布较为集中;高度协调耦合型主要分布在西部地区,集中在毕节市、六盘水市。总体上,贵州省贫困村耦合协调度呈现出从西北向东南递减的空间特征。

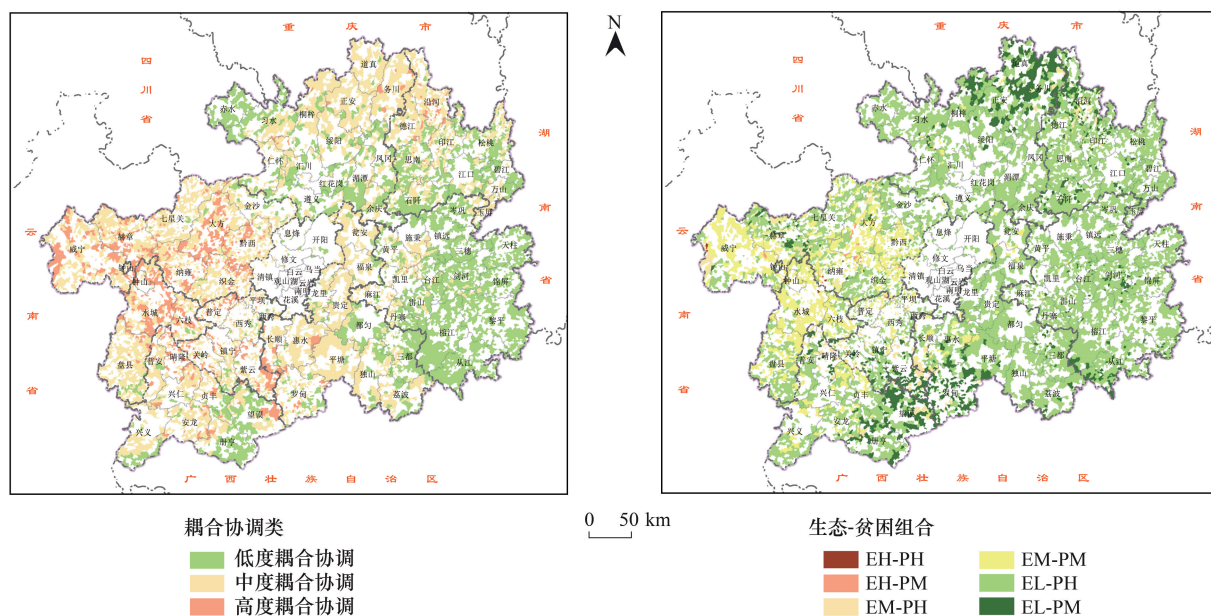


图 9 耦合协调度分布图和生态与贫困关系图

Fig.9 Map of coupling coordination level and relationship between ecology and poverty

EH-PH:生态脆弱-深度贫困 Ecological fragility-deep poverty; EH-PM:生态脆弱-一般贫困 Ecological vulnerability-general poverty; EL-PH:生态良好-深度贫困 Good ecology-deep poverty; EL-PM:生态良好-一般贫困 Good ecology-general poverty; EM-PH:生态一般-深度贫困 General ecology-deep poverty; EM-PM:生态一般-一般贫困 General ecological-general poverty

将生态脆弱指数(EFI)与贫困指数(MPI)进一步简称为E与P,根据其值大小分为低(0—0.4)、中(0.4—0.6)、高(0.6—1)三种等级,分别用L、M和H代表三种等级,分析生态脆弱性与贫困组合关系,各市(州)贫困村生态环境与贫困组合类型见表5和图9。

生态良好-一般贫困型(EL-PM)。该类型贫困村占贵州省贫困村总数的69.3%,分布较广,在各市(州)皆有分布,黔东南州、铜仁市、黔南州和遵义市分布最广,除安顺市、毕节市和六盘水市外,此类型贫困村占各市(州)贫困村比例均达50%以上。此类贫困村生态环境良好,环境脆弱性指数低,生态恢复力强,但当前经济发展程度不高,首位致贫维度为经济基础缺乏、资源禀赋较差。从致贫因子数量分析,以三维度制约型为主,多为资源禀赋、经济基础和基础设施缺乏型。这类贫困村需要在生态保护前提下,补齐基础设施短板,充分利用生态优势,大力发展特色山地高效产业,加快农村产业结构调整,因地制宜推动经济发展。

生态一般-一般贫困型(EM-PM)。该类型贫困村占贵州省贫困村总数的16.94%,以毕节市、六盘水市数

量最多。该类贫困村生态脆弱指数较高,石漠化和水土流失较严重,但水热条件好,生态恢复力强。主要致贫维度为自然条件和资源禀赋,因地处喀斯特山区,地势起伏大,耕地面积小,人口密度大,人均耕地面积小,家庭农业产值较低。从致贫因子数量看,以多种致贫因素为主,致贫因素复杂。此类贫困村致贫因子多,帮扶难度较大,需针对性补齐各类制约因素短板,同时需要加强石漠化治理,防止水土流失,注重脆弱生态的恢复,引导传统种植业向经果和畜牧业转换,加快特色优势产业培育。大力开展农村剩余劳动力转移就业,降低农业人口密度,促进收入结构调整。

表 5 贵州贫困村生态环境与贫困组合类型表

Table 5 Table of ecological environment and poverty combination types in poor villages in Guizhou

类型 Type	生态脆弱- 深度贫困 Ecological fragility- deep poverty (EH-PH)	生态脆弱- 一般贫困 Ecological vulnerability- general poverty (EH-PM)	生态良好- 深度贫困 Good ecology- deep poverty (EL-PH)	生态良好- 一般贫困 Good ecology- general poverty (EL-PM)	生态一般- 深度贫困 General ecology- deep poverty (EM-PH)	生态一般- 一般贫困 General ecological- general poverty (EM-PM)	合计 Total
安顺市	1	2	98	272	78	133	584
毕节市	5	18	56	953	123	826	1981
贵阳市	0	0	0	51	0	15	66
六盘水市	1	0	0	267	5	342	615
黔东南州	0	0	116	1727	1	9	1853
黔南州	0	0	124	645	25	42	836
黔西南州	0	0	113	351	56	109	629
铜仁市	0	0	194	1272	63	36	1565
遵义市	1	0	146	699	12	13	871
合计 Total	8	20	847	6237	363	1525	9000

生态良好-深度贫困型(EL-PH)。该类型贫困村占贵州省贫困村总数的 9.41%,除了六盘水和贵阳市外,其他市(州)都有分布,主要分布贵州省东部、南部和北部的市(州),如铜仁市、遵义市和黔南州。此类型贫困村生态良好,首位致贫维度为经济基础薄弱,以三因素缺乏型为主,多为经济基础、资源禀赋、自然条件缺乏型和经济基础、资源禀赋、基础设施缺乏型。此类贫困村县域经济基础薄弱,缺乏村集体经济,产业规模小,因山区资源禀赋基础差,耕地面积比例小,基础设施滞后,需在保护生态的前提下,加快基础设施建设,着力壮大县域经济,加快二三产业布局,充分利用生态优势发展山地特色林、药产业,培育山地旅游业发展。

生态良好-一般贫困型(EL-PM)、生态一般-一般贫困型(EM-PM)和生态良好-深度贫困型(EL-PH)三种类型占贵州省贫困村总数的 95.66%,其他组合类型相对较少。生态一般-深度贫困、生态脆弱-一般贫困和生态脆弱-深度贫困的村都主要集中在毕节市,主要致贫维度是自然条件、资源禀赋差,以多种致贫因素为主,扶贫开发难度大,此类贫困村基础设施薄弱,生态已经恶化,经济水平仍相当低,村内资源禀赋难以支撑经济的发展,需加强易地扶贫搬迁,减少人类活动干扰,减轻生态压力,促进生态自然修复。

4 讨论

中国连片特困区的生态环境现状并非脆弱。以前的研究成果表明中国 95%的贫困人口分布在生态脆弱区^[36],然而,国务院扶贫办统计的建档立卡贫困人口集中分布在大兴安岭南麓、燕山-太行山、吕梁山、六盘山、秦巴山、大别山、武陵山、乌蒙山、罗霄山、滇西边境区和滇桂黔石漠化 11 个连片特困区,这些区域贫困人口占据了全国贫困人口的 70%以上^[2]。近年来中国生态环境明显改善^[37],根据刘军会等^[38]划定的中国生态环境脆弱区范围,连片特困区与生态环境脆弱区空间重合度并不太高,生态环境脆弱已经不是中国 11 个连片特困区主要致贫因素,它们共同的特点是位于山区及少数民族地区,交通设施落后,经济结构以传统农业为

主,工业化水平非常低。山区导致的地势起伏、耕作条件差、资源单一、交通封闭、基础设施薄弱等是集中连片区贫困的重要原因。

Duraiappah^[12]认为生态环境退化很大程度是由于贫困,从致贫维度分析,本文分析的 6 个致贫维度中,生态环境并非贵州大部分贫困村的首要致贫维度。贫困村更多是因为自然条件、资源禀赋不能承载过多人口而导致人均资源不足,因贫困进一步过度开发利用资源导致生态恶化,在水热条件适宜的中国南方喀斯特地区,生态环境并非贫困的原始致贫因素,而是因为贫困导致过度开发利用资源导致的生态环境退化。

从小比例尺分析,贵州高原生态环境相对脆弱,贫困面较广,但从贫困村大比例尺尺度分析的贵州贫困村贫困指数与生态脆弱指数耦合度并不高,从省、县尺度分析贵州喀斯特山区贫困会靶向不准,这是值得关注的问题。本文分析的贵州贫困村致贫维度权重大小依次是自然条件、资源禀赋、经济基础、基础设施、生态环境、区位条件。从影响维度分析,生态环境在致贫维度的权重并不高,只占 9.5% 左右,自然条件和资源禀赋是贫困村难以改变的自然基础,消除贫困更多的需要从改善区域经济基础、提升基础设施等措施入手,在区域既定自然背景下,消除贫困的核心是提升经济,实现区域人、地、业的协调。

本文定量分析了贵州 9000 个省级贫困村生态和贫困耦合关系,在一定程度上增加喀斯特地区脱贫攻坚的针对性,但贵州喀斯特与非喀斯特交错分布,不同类型区贫困村多维贫困、生态脆弱评价指标模型构建及权重的重叠性尚需开展更深层次的研究探讨,贫困村人文指标还需加强,缺乏精准扶贫背景下村域多维贫困与生态的时空演变分析,还需在后续研究中进一步深化,以期精准扶贫和生态保护提供导向支持。

5 结论

基于地理区位视角,以耦合协调度理论为基础,构建了贵州喀斯特高原 9000 个省级贫困村生态脆弱性与贫困评价指标体系,研究贫困村生态环境及多维贫困状况,并分析了二者之间的耦合协调状况,提出不同生态-贫困组合类型村减贫措施,得到以下主要结论:

(1) 贵州省贫困村 EPI 位于 0.10—0.66 之间,分布上呈较为明显的正态分布,83.54% 的贫困村 EPI 介于 0.16—0.44 之间。生态环境脆弱性等级以轻脆弱和中脆弱为主,生态环境脆弱程度整体趋势为由西部向东部递减。贫困村 2015 年 MPI 在 0.41—0.71 之间,总体比较贫困,贫困程度以中度贫困和一般贫困为主,贫困指数高的村主要分布在贵州南部、北部和西北部,中部贫困村贫困指数相对较低。从贫困村 EPI 和 MPI 分析,贵州贫困村 MPI 比 EPI 更高,在保护生态的前提下,贵州贫困村应优先发展,促进产业结构调整和就业扶贫,抓住本轮精准扶贫政策有效时机,大力开展精准扶贫,提升区域经济发展水平。

(2) 贵州贫困村生态环境与贫困耦合度介于 0.35—0.56 之间,89.33% 的贫困村处于轻度耦合,属于低水平耦合阶段拮抗时期,贵州生态环境与贫困的耦合度大致为西高东低格局。耦合协调度位于 0.30—0.60 之间,总体差异不大,分布特征与耦合度差异不大。贵州大部分贫困村生态与贫困没有处于良性协调发展阶段,应基于贫困村生态脆弱性和多维贫困差异特征,设计差异化的贫困村生态建设与精准扶贫优化协调路径,引导贫困村生态与精准扶贫向更为有序、协调的方向发展,提升贫困村生态保护与精准扶贫的耦合协调。

(3) 贵州大部分贫困村属于生态良好—一般贫困型,占贫困村总数的 69.3%,贵州贫困村生态环境与贫困耦合度并不高,贵州 95.66% 的贫困村生态良好或者一般,贵州贫困村致贫维度权重依次为自然条件、资源禀赋、经济基础、基础设施、生态环境、区位条件,主要致贫维度为自然条件、资源禀赋、经济基础。在难以改变贫困村自然条件、资源禀赋背景下,贵州贫困村需提升区域经济水平,特别是县域经济综合实力,进一步补齐因地处山区导致的基础设施薄弱、交通落后的短板,在保护生态的前提下,大力发展经济。贵州在扶贫开发过程中,应充分重视生态环境与贫困的空间耦合关系,在东部地区加强经济开发,西部地区在发展经济时还需强化生态修复。

参考文献 (References):

[1] 习近平. 决胜全面建成小康社会 夺取新时代中国特色社会主义伟大胜利——在中国共产党第十九次全国代表大会上的报告. 北京: 人

- 民出版社, 2017: 3-6.
- [2] 丁建军, 冷志明. 区域贫困的地理学分析. 地理学报, 2018, 73(2): 232-247.
- [3] Osuntogun A. Applied Poverty-Environment Indicators; the Case of Nigeria. Report Submitted to the Environment Department. Washington, DC: World Bank, 2002.
- [4] Gray L C, Moseley W G. A geographical perspective on poverty-environment interactions. The Geographical Journal, 2005, 171(1): 9-23.
- [5] Jahan S, Umana A. The environment-poverty nexus. Development Policy Journal, 2003, 3: 53-70.
- [6] Zhou Y, Guo Y Z, Liu Y S, Wu W X, Li Y R. Targeted poverty alleviation and land policy innovation: some practice and policy implications from China. Land Use Policy, 2018, 74: 53-65.
- [7] Peet R. The end of poverty: economic possibilities for our time. Annals of the Association of American Geographers, 2006, 96(2): 450-453.
- [8] Liu Y S, Guo Y Z, Zhou Y. Poverty alleviation in rural China: policy changes, future challenges and policy implications. China Agricultural Economic Review, 2018, 10(2): 241-259.
- [9] 周毅, 李旋旗, 赵景柱. 中国典型生态脆弱带与贫困相关性分析. 北京理工大学学报, 2008, 28(3): 260-262.
- [10] Lawson E T, Gordon C, Schluchter W. The dynamics of poverty-environment linkages in the coastal zone of Ghana. Ocean & Coastal Management, 2012, 67(10): 30-38.
- [11] Bhattacharya H, Innes R. Income and the Environment in Rural India: is There a Poverty Trap?. American Journal of Agricultural Economics, 2013, 95(1): 42-69.
- [12] Duraipapp A K. Poverty and environmental degradation: a review and analysis of the nexus. World Development, 1998, 26(12): 2169-2179.
- [13] 王海英, 贾萍. 武陵山特困区脆弱生态环境与贫困耦合关系空间分布研究. 河南师范大学学报: 自然科学版, 2017, 45(6): 18-26.
- [14] 牛亚琼, 王生林. 甘肃省脆弱生态环境与贫困的耦合关系. 生态学报, 2017, 37(19): 6431-6439.
- [15] 曹诗颂, 赵文吉, 段福州. 秦巴特困连片区生态资产与经济贫困的耦合关系. 地理研究, 2015, 34(7): 1295-1309.
- [16] 夏四友, 赵媛, 文琦, 许昕, 崔盼盼, 唐文敏. 喀斯特生态脆弱区贫困化时空动态特征与影响因素——以贵州省为例. 生态学报, 2019, 39(18): 6869-6879.
- [17] 周李磊, 官冬杰, 袁兴中. 精准扶贫视角下生态系统服务与贫困人口生计耦合关联分析. 生态学报, 2018, 38(18): 6391-6401.
- [18] 程宝良, 高丽. 西部脆弱环境分布与贫困关系的研究. 环境科学与技术, 2009, 32(2): 198-202.
- [19] 蔡进, 禹洋春, 骆东奇, 李涛. 云南边疆少数民族地区村域多维贫困测度及空间分异研究. 农业工程学报, 2019, 35(22): 47-57.
- [20] 张博胜, 杨子生. 基于空间计量模型的云南农村贫困格局及其影响因素诊断. 农业工程学报, 2019, 35(7): 276-287.
- [21] 蔡进, 禹洋春, 骆东奇, 邱继勤. 重庆市农村多维贫困空间分异及影响因素分析. 农业工程学报, 2018, 34(22): 235-245.
- [22] Dasgupta S, Deichmann U, Meisner C, Wheeler D. Where is the poverty-environment nexus? Evidence from Cambodia, Lao PDR, and Vietnam. World Development, 2005, 33(4): 617-638.
- [23] Liu Y S, Liu J L, Zhou Y. Spatio-temporal patterns of rural poverty in China and targeted poverty alleviation strategies. Journal of Rural Studies, 2017, 52: 66-75.
- [24] 罗刚, 廖和平, 李涛, 张茜茜, 蒋璐遥. 地理资本视角下村级多维贫困测度及贫困类型划分——基于重庆市 1919 个市级贫困村调研数据. 中国农业资源与区划, 2018, 39(8): 244-254.
- [25] 夏龙. 贵州省建档立卡贫困人口脱贫路径调查研究——以黔南州为例[D]. 贵阳: 贵州师范大学, 2019.
- [26] Sweeting M M. Reflections on the development of Karst geomorphology in Europe and a comparison with its development in China. Zeitschrift für Geomorphologie, 1993, 37: 127-136.
- [27] 曾平, 田洪波. 贵州省岩溶地区第三次石漠化监测成果发布. [2019-02-22]. http://www.cfw.net.cn/2019-02/22/content_24744930.htm.
- [28] 熊康宁, 黎平, 周忠发, 安裕伦, 吕涛, 蓝安军. 喀斯特石漠化的遥感—GIS 典型研究. 北京: 地质出版社, 2002.
- [29] 周文英, 何彬彬. 四川省若尔盖县生态环境质量评价. 地球信息科学学报, 2014, 16(2): 314-319.
- [30] 梁变变, 石培基, 王伟, 唐笑, 周文霞, 敬烨. 基于 RS 和 GIS 的干旱区内陆河流域生态系统质量综合评价——以石羊河流域为例. 应用生态学报, 2017, 28(1): 199-209.
- [31] 倪九派, 李萍, 魏朝富, 谢德体. 基于 AHP 和熵权法赋权的区域土地开发整理潜力评价. 农业工程学报, 2009, 25(5): 202-209.
- [32] 孙林, 王艳慧, 柯文俊, 钱乐毅, 王强. 内蒙古自治区农村人口多维贫困特征测算与分析. 人文地理, 2016, 36(1): 108-115.
- [33] 陈烨烽, 王艳慧, 赵文吉, 胡卓玮, 段福州. 中国贫困村致贫因素分析及贫困类型划分. 地理学报, 2017, 72(10): 1827-1844.
- [34] 罗庆, 樊新生, 高更和, 杨慧敏. 秦巴山区贫困村的分布特征及其影响因素. 经济地理, 2016, 36(4): 126-132.
- [35] 刘春林. 耦合度计算的常见错误分析. 淮阴师范学院学报: 自然科学版, 2017, 16(1): 18-22.
- [36] 许吟隆, 居辉. 气候变化与贫困: 中国案例研究. 世界环境, 2009, (4): 50-53.
- [37] Chen C, Park T, Wang X H, Piao S L, Xu B D, Chaturvedi R K, Fuchs R, Brovkin V, Ciais P, Fensholt R, Tømmervik H, Bala G, Zhu Z C, Nemani R R, Myneni R B. China and India lead in greening of the world through land-use management. Nature Sustainability, 2019, 2(2): 122-129.
- [38] 刘军会, 邹长新, 高吉喜, 马苏, 王文杰, 吴坤, 刘洋. 中国生态环境脆弱区范围界定. 生物多样性, 2015, 23(6): 725-732.