
多指标综合评判在生态功能区

自然资源综合评价中的应用

——以重庆市两翼地区为例

赖传芳 胡莉 谭淼¹

（重庆市规划和自然资源调查监测院，重庆 400020）

【摘要】以重庆市两翼地区为例，从自然资源的资源状况、高效利用、绿色保护及品质生活 4 个方面，选取 45 个指标构建综合评价指标体系，运用综合评价的方法计算两翼地区自然资源的综合评价分值。重庆两翼地区自然资源综合状况处于中等水平，空间上呈现“渝东南好于渝东北、外围好于中心”的空间格局。应提升自然资源集约利用水平，优化自然资源生态环境功能，多措并举地提升自然资源质量。

【关键词】生态功能区 自然资源 综合评价

我国自然资源种类繁多，长期以来，国土、住建、农业、林业和水利部门对土地、森林、水资源等分头管理，各类自然资源调查监测工作多盘交叉，形成了调查监测数据统计口径不一、工作重叠、评价体系繁杂的现状。为适应新时代对自然资源管理的要求，2018 年国务院组建了自然资源部，并设立专门的自然资源调查监测管理部门。《中共中央关于坚持和完善中国特色社会主义制度推进国家治理体系和治理能力现代化若干重大问题的决定》要求：“加快建立自然资源统一调查、评价、监测制度，健全自然资源监管体制……”

自然资源综合评价是在单项自然资源调查监测数据评价基础上，针对一定区域内资源的种类、数量、质量、结构和时序变化进行综合整体评价^[1]，其目的主要是构建基于研究区域的自然资源保护利用、协同发展、社会经济等方面的综合评价指标体系，摸清区域内资源组合及数量结构上的配置问题，明确整体优势和劣势，以便对资源进行全面地合理地和有效地开发。

生态系统服务功能及其价值评估的研究始于 20 世纪 90 年代，并且发展较快。最开始的研究更多地集中在生态系统服务功能的概念、内涵以及分类等的研究上。进入 21 世纪后，针对典型自然资源生态系统类型的生态系统服务功能及其价值评估的研究逐渐增多，并在不同尺度的生态系统服务及价值评估上进行研究。

对于生态功能区自然资源的评价，现有研究从单项资源评价到综合评价，从关注经济社会发展到生态文明建设均有涉及。目前，对于生态功能区自然资源综合评价，学者多关注数量、质量、结构^[2,3,4]等方面的指标。由于不同区域社会、经济、资源环境和生态系统差别相当大，指标体系的构建需要根据区域自然资源状况、社会经济发展、生态文明建设要求的具体要求，构建具有地域性的自然资源综合评价指标体系。

作者简介：赖传芳(1967—)，女，重庆人，高级工程师，大学本科，研究方向：自然资源调查监测。

基金项目：“生态功能区自然资源调查监测数据综合评价(20211511175)”项目支持

本研究以重庆市两翼地区为例，从自然资源的资源状况、高效利用、绿色保护及品质生活 4 个方面 45 个指标分别进行评价，全面考虑各要素评价结果，采用多指标综合评判法对两翼地区自然资源进行评价，研究成果对完善两翼地区自然资源调查监测体系，推进“山水林田湖草”生命共同体综合治理，指导自然资源合理布局具有重要意义。

1 研究区域概况

重庆市两翼地区是国家主体功能区规划中生态功能区的范围，其生态功能主要是水土保持、生物多样性维护等，分别为渝东北生态涵养发展区与渝东南生态保护发展区。其中，渝东北生态涵养发展区侧重三峡库区水源涵养，以保护好三峡库区的青山绿水为重点，肩负起长江上游重要生态屏障的责任。渝东南生态保护发展区侧重生物多样性的保护，建设成为武陵山绿色经济发展高地和重要生态屏障。

两翼地区国土空间总面积共计 537 万 hm^2 ，耕地和林地资源较为丰富。其中林地面积为 361 万 hm^2 ，占比 67.23%；耕地面积为 122 万 hm^2 ，占比 22.78%；草地面积为 1 万 hm^2 ，占比 0.32%；湿地面积为 1 万 hm^2 ，占比 0.17%；水资源总量 575.84 亿 m^3 。

2 生态功能区自然资源综合评价方法

2.1 指标选取

根据两翼地区自然资源调查监测数据和社会经济数据的获取情况，在对重庆生态功能区的自然资源进行综合评价分析时，构建多指标模型。

本模型目标层为自然资源综合评价指标体系，控制层分为资源状况、自然资源高效利用、绿色保护、品质生活 4 个方面；准则层包含资源数量、资源质量、开发利用强度、节约集约利用、生态数量保护、生态服务功能保障、生态修复、低碳发展、公共服务能力、绿色集约、城乡统筹 11 个方面；指标层为耕地面积、土地开发强度、空闲地占比等 45 个指标，构建生态功能区自然资源综合评价的指标体系(表 1)。

2.2 数据来源

生态功能区自然资源综合评价数据主要来源于调查监测数据和社会经济统计数据，包括第三次国土调查数据、第三次国土调查耕地资源质量分类数据、森林资源“一张图”数据、第三次水资源调查评价成果数据、生态保护红线数据、自然保护区划定成果数据、湿地专项调查数据、土壤侵蚀数据库数据、农用地整治红线数据、退耕还林范围红线数据、土地复垦红线数据、常规遥感监测数据反演、常规监测影像数据等调查监测数据以及统计年鉴等社会经济统计数据。

2.3 评价方法

在对单项指标数据进行分析的基础上，运用综合评价^[6]的方法计算两翼地区自然资源的综合评价分值。综合评价分值的计算首先采用极差法对指标数据进行标准化处理，在此基础上运用变异系数法^[6,7]计算出各评价指标的权重，以保证指标权重的客观性。最后采用加权求和的方法计算出两翼地区 13 个区县的自然资源综合评价分值。具体计算过程如下。

2.3.1 指标标准化

由于自然资源综合评价指标类型多且单位不统一，无法进行有效比较，所以在对各指标数值加权之前，需要对各指标的数值进行无量纲化处理，将各指标转换成标准化指标。主要采用极差法对指标进行标准化处理，对于不适用极差法处理的指标采用适

度值法进行标准化处理。极差标准法公式如下：

表 1 生态功能区自然资源调查监测数据综合评价指标体系

控制层	准则层		序号	指标名称	指标内涵
资源状况	资源数量	土地资源	1	耕地面积	指区域的耕地总面积
			2	人均耕地面积	指区域人均拥有的耕地面积
			3	建设用地面积	指区域的建设用地总面积
		森林资源	4	林地面积	指区域的林地总面积。
			5	森林覆盖率	指区域森林总面积占区域总面积的比例
			6	森林蓄积量	指区域的森林蓄积量
		草地资源	7	草地面积	指区域的草地总面积
			8	天然草地数量	指区域的天然草地面积
			9	草地综合植被覆盖度	指区域的草地综合植被覆盖度
		湿地资源	10	湿地面积	指区域的湿地总面积
		水资源	11	水资源总量	指区域的水资源总量
			12	人均水资源量	指区域人均拥有的水资源量
			13	地表水资源数量	指区域的地表水资源量
			14	地下水资源数量	指区域的地下水资源量
资源质量	资源质量	土地资源	15	优、高等耕地占耕地总面积的比例	指区域优高等耕地面积占耕地总面积的比例
			16	永久基本农田面积	指区域的永久基本农田保护面积。反映区域对永久基本农田的保护
		森林资源	17	单位面积林地森林蓄积量	指区域单位面积林地上的森林蓄积总量
		水资源	18	水功能区水质达标率	指地表水评价周期内达标次数占监测次数的比重
高效利用	开发利用强度	土地资源开发利用强度	19	土地开发强度	指区域建设用地总面积占土地总面积的比例。反映建设用地的开发强度
		水资源利用强度	20	用水总量	指区域的水资源消耗总量
			21	人均综合用水量	指人均消耗的水资源量

			22	农业用水量	区域的农业用水总量
			23	工业用水量	区域的工业用水总量
			24	生态用水量	区域的生态用水总量
高效利用	节约集约利用	建设用地节约集约利用	25	单位人口增长消耗新增建设用地量	指新增建设用地量与新增常住人口的比值。反映建设用地的利用效率
			26	万元 GDP 占地面积	指建设用地总面积与 GDP 的比值。反映建设用地的利用效率
		存量土地利用	27	空闲地占比	指城乡空闲地面积占城乡建设用地面积的比例
		水资源节约集约利用	28	万元国民生产总值 (GDP) 用水量	指水资源利用量与 GDP 的比值。反映水资源的利用效率
			29	农田灌溉亩均用水量	指单位农田的灌溉面积用水量
			30	农田灌溉水有效利用系数	指灌溉期内，灌溉面积上实际有效利用水量与渠道头进水总量之比
绿色保护	生态数量保护	生态保护红线	31	生态保护红线面积比例	指生态保护红线内的土地面积占土地总面积的比例。反映国土空间保护情况
		自然保护地	32	自然保护地面积比例	指自然保护地面积占土地总面积的比例。反映自然保护地的保护情况
		湿地资源	33	湿地保护率	指列入湿地保护区范围内的湿地面积占湿地总面积的比例。反映湿地保护情况
	生态服务保障	水源涵养功能	34	水源涵养指数	反映区域的水源涵养功能
	生态修复	土地资源	35	退耕还林还草面积	指区域实施退耕还林还草的土地面积。反映退耕护还林的整治修复情况
	低碳发展	增加碳汇	36	森林碳汇	指区域林地能够吸收的二氧化碳量。反映区域林地的碳汇能力
			37	农田碳汇	指区域耕地能够吸收的二氧化碳量。反映区域耕地的碳汇能力
			38	湿地碳汇	指区域湿地能够吸收的二氧化碳量。反映区域湿地的碳汇能力
品质生活	公共服务能力	居住条件	39	城镇人均住宅面积	指城镇常住人口拥有的人均住宅面积
			40	农村人均住宅面积	指农村常住人口拥有的人均住宅面积
		用水条件	41	城镇人均生活用水量	指城镇生活用水量与城镇常住人口的比值

			42	农村人均生活用水量	指农村生活用水量与农村常住人口的比值
		生活便利	43	人均公共设施用地	指人均拥有的公共设施用地
	绿色集约	生态优美	44	人均公园绿地面积	指公园绿地面积与常住人口的比值。是考核城市发展规模与公园绿地建设是否配套的重要指标
	城乡统筹	城乡统筹	45	人均建设用地面积	指建设用地总面积与常住人口的比值。反映建设用地的利用效率

正向指标，其标准化公式为：

$$Q_i = (1 - 0.9) + 0.9 \times (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$$

负向指标，其标准化公式为：

$$Q_i = (1 - 0.9) + 0.9 \times (X_{\max} - X_i) / (X_{\max} - X_{\min})$$

式中， Q_i 为 i 指标的标准化值， X_i 为 i 指标的原始值， $X_{\max}$ 和 $X_{\min}$ 为 i 指标的最大值和最小值，标准化之后的指标值全部在 0~1。

2.3.2 指标权重确定

确定指标权重的方法较多，主要有层次分析法、德尔菲法和变异系数法和熵值法等。为保证权重的客观性，本项目采用变异系数法来确定各指标的权重。变异系数法的计算过程如下：

设有 n 个参评样本，每个样本用 m 指标 $X_1, X_2, \dots, X_m$ 来描述。

计算出各指标的均值 $\bar{X}_i$ 和标准差 S_i ：

$$\bar{X}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_{ji} \quad (i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n)$$

$$S_i = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (X_{ji} - \bar{X}_i)^2}$$

式中， X_{ji} 为第 j 个样本在第 i 个指标上的统计值。

$$V_i = \frac{S_i}{\bar{X}_i}$$

计算出各指标的变异系数，公式为：

计算权重，对 V_i 作归一化处理，得到各指标的权重为：

$$w_i = \frac{V_i}{\sum_{i=1}^m V_i}$$

2.3.3 综合评价分值计算

在对指标进行标准化处理和确定各指标权重的基础上，运用加权求和方法，对自然资源综合状况进行评价，其计算模型如下：

$$Y = \sum_i \hat{w}_i X_i$$

式中， Y 为自然资源综合评分； X_i ， $\hat{w}_i$ 为第 i 个指标评价值和指标因子的权重， m 为指标个数。

3 生态功能区自然资源综合评价结果与分析

重庆市两翼地区自然资源综合状况处于中等水平，自然资源综合评价得分为 0.4533(表 2)。空间上呈现渝东南好于渝东北、外围好于中心的空间格局。

其中重庆市生态功能区自然资源整体状况较好，自然资源状况评分均值为 0.1765，各区县存在较大差异，最高的垫江县评分为 0.2775；最低的巫山县评分为 0.1138，评分大于 0.2 的有 4 个区县；自然资源利用水平整体较低，自然资源高效利用评分均值为 0.1248，云阳县评分最高，为 0.2100，最低的垫江县评分为 0.0881；自然资源绿色保护评价平均分为 0.0822，渝东北评价分数相比比渝东南要高；自然资源品质生活评价平均分为 0.0697，分数相较于其他方面略低。

综上，重庆市生态功能区两翼地区自然资源利用存在的问题主要表现在：开发利用保护整体水平较低，自然资源管理主要集中在对自然资源数量的保护，质量状况相对较差，优高等耕地占比较少，水功能区水质达标率低。自然资源的高效利用水平不足，没有体现自然资源在支撑经济发展、实现经济效益方面的作用，也未充分挖掘重庆的自然资源优势在提升生活品质和优化生态环境方面的潜力。

表 2 重庆市生态功能区两翼地区自然资源综合评价结果(评分)

区域		资源状况	高效利用	绿色保护	品质生活	总计
渝东北	云阳县	0.1581	0.2100	0.0689	0.0709	0.5080
	城口县	0.1780	0.1678	0.0953	0.0456	0.4867
	巫溪县	0.1515	0.1305	0.1111	0.0407	0.3578
	巫山县	0.1138	0.1231	0.0406	0.0804	0.5226
	丰都县	0.1159	0.1210	0.0350	0.0525	0.4654

	开州区	0.1773	0.1150	0.0945	0.0786	0.3244
	奉节县	0.2336	0.1140	0.1068	0.0682	0.3939
	万州区	0.1555	0.1041	0.0969	0.0512	0.4338
	忠县	0.1505	0.0966	0.0938	0.0531	0.4077
	梁平区	0.1485	0.0937	0.1029	0.0700	0.4152
	垫江县	0.2775	0.0881	0.0857	0.0559	0.5072
	总计	0.1691	0.1240	0.0847	0.0606	0.4384
渝东南	彭水县	0.1558	0.1056	0.0663	0.0901	0.4178
	酉阳	0.1905	0.1571	0.0720	0.0961	0.5157
	石柱县	0.1565	0.1812	0.0592	0.1093	0.4682
	黔江区	0.2439	0.1252	0.0921	0.0604	0.5063
	武隆区	0.1877	0.1002	0.0689	0.1114	0.5217
	秀山县	0.2058	0.0887	0.1074	0.0515	0.4534
	总计	0.1900	0.1264	0.0777	0.0865	0.4805
总计		0.1765	0.1248	0.0822	0.0697	0.4533

4 对策建议

4.1 提升自然资源集约利用水平

为建设资源节约型社会，推动经济高质量发展和生态文明建设，一是优化建设用地结构，提高土地的利用效率。两翼地区要强化低效闲置用地的整治利用，保障重点生态旅游项目和现代农业产业用地需求；二是挖潜低效利用土地和闲置土地资源，完善低效闲置用地的认定和处置办法，提高用地质量和效益。

4.2 优化自然资源生态环境功能

两翼地区要坚持生态优先、绿色发展，降低资源消耗和污染物排放强度，进一步做好生态环境、基本农田等保护规划，减少工业化和城镇化对生态环境的影响，避免出现土地过多占用、水资源过度开发和生态环境压力过大等问题，努力提高环境质量。

4.3 多措并举提升自然资源质量

推进机械化深耕细作，深耕细作，减少养分挥发和流失，保持土壤的质量。挖掘林地生产潜力，调整和优化树种结构，充分发挥森林供给、调节、服务、支持等多种效益。依托“河长制”，按流域推进生态修复工作。加强河湖水系及周边环境综合整治。

参考文献:

- [1]杨宇, 李小云, 董雯, 等. 中国人地关系综合评价的理论模型与实证[J]. 地理学报, 2019, 74(6): 1063-1078.
- [2]鲁学孟, 刘学录, 张晶, 等. 甘肃省庆阳市土地集约利用与土地利用结构的耦合协调关系[J]. 水土保持通报, 2019, 39(6): 240-245.
- [3]冯旺. 区域水资源承载力综合评价体系研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2014.
- [4]王大本, 冯石岗. 基于 WSR 方法论和熵值-耦合协调度的水资源承载力综合评价—以河北省水资源承载力研究为例[J]. 节水灌溉, 2018(3): 49-54.
- [5]梁入予, 梁观海. 贺街古镇旅游资源综合评价体系研究[J]. 住宅科技, 2020(1): 48-55.
- [6]宋德勇, 苗澍森, 杨睿. 土地集约利用指标评价研究——以武汉市为例[J]. 中国人口. 资源与环境, 2015(A1): 62-65.
- [7]李娟. 多指标综合评判在自然资源承载力评价中的应用——以临泽县水资源为例[J]. 测绘与空间地理信息, 2021(5): 61-64.