

# 云南重点生态功能区城市生态环境良性化评价指标体系构建与实证研究<sup>1</sup>

李俊梅<sup>1, 2, 3</sup>, 付健梅<sup>1, 2, 3</sup>, 张晨子<sup>4</sup>, 何志德<sup>1, 2, 3</sup>, 王筱春<sup>3</sup>, 段昌群<sup>1, 2, 3</sup>, 费宇<sup>4</sup>

(1. 云南大学生态学与环境学院暨云南省高原山地生态与退化环境修复重点实验室, 云南昆明 650091;

2. 云南省高原湖泊生态修复及流域管理国际联合研究中心, 云南昆明 650091;

3. 云南生态文明建设智库, 云南昆明 650091;

4. 云南财经大学统计与数学学院, 云南昆明 650221)

**【摘要】:** 正确评价城市生态环境良性健康状况是城市生态环境良性化管理和建设的基础。论文在研究云南重点生态功能区城市生态环境特点和生态环境问题及国内外相关研究的基础上, 从自然生态环境、环境资源保护和生态环境管理能力三个方面选取能够表征和反映云南重点生态功能区城市生态环境良性化程度的 18 个指标, 建立指标体系, 确立评价标准, 用层次分析法确定指标权重, 用模糊数学方法构建评价模型。以西双版纳州勐腊县为典型案例, 确定评价指标及标准, 评价其城市生态环境良性健康状况。结果表明: 2012 年勐腊县生态环境整体状况属于健康状态。根据评价结果, 明确了影响其城市生态环境健康的限制因素, 主要有区域环境噪声平均值、水土流失面积及生态文明宣传教育普及率。

**【关键词】:** 重点生态功能区; 城市生态环境; 评价指标体系; 勐腊县

**【中图分类号】:** F062.2 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1671-4407(2019)11-084-07

党的十八大指出建设生态文明的首要任务是优化国土空间格局, 这也是城市生态文明建设的首要方向和目标。优化国土空间格局的主要任务是实施主体功能区战略。主体功能区战略规定优化开发、重点开发、限制开发必须选取差异化的经济发展方式, 目前尚缺少紧扣国土空间优化目标的评价指标体系。

<sup>1</sup>**基金项目:** 云南省哲学社会科学研究基地课题“云南省州(市)县三级生态文明示范区建设协同推进研究”(JD2019YB05); 云南省哲学社会科学研究基地课题“云南省重点生态功能区城市生态文明建设评价指标体系研究”(JD2014YB04); 云南省高原山地生态与退化环境修复重点实验室开放基金资助(2018DG005)

**第一作者简介:** 李俊梅(1969—), 女, 云南弥勒人, 博士, 副教授, 研究方向为生态经济学、生态学、环境科学。

**通讯作者简介:** 费宇(1968—), 男, 云南曲靖人, 博士, 教授, 研究方向为数理统计、数据挖掘。Email: feiyukm@aliyun.com

实施主体功能区战略是国家和云南省生态文明建设工作的重要任务。云南省大部分区域为限制开发区域，其中，重点生态功能区占据了较大的比重。重点生态功能区，即生态系统脆弱或生态功能重要、资源环境承载能力较低、大规模集聚经济和人口条件不够好，在涵养水源、保持水土、调蓄洪水、防风固沙、维系生物多样性等方面具有重要作用，必须把增强生态产品生产能力作为首要任务，应该限制进行大规模高强度工业化城镇化的开发活动，需要统筹规划和保护。研究重点生态功能区城市生态环境评价指标体系，将为我省生态文明建设管理工作提供科学依据和有效方法。

健康的城市生态系统是城市可持续发展的重要标志，正确评价城市生态环境良性健康状况是城市生态环境良性化管理和建设的基础。为此，研究和建立云南重点生态功能区城市生态环境良性化评价指标体系，评价城市生态环境良性健康程度显得尤为重要。

国外对生态环境评价的研究以初步建立评估模型为主要研究方向，侧重方法模型的运用和探究，而定量分析较少或较为粗浅。国内侧重理论和模型的研究，但不够深入，浅尝辄止<sup>[1]</sup>。Trevisan等<sup>[2]</sup>以意大利的克雷莫纳省为例，运用非点源农业危险指数(NPSAHI)，利用GIS技术用分级的方法评价了农业行为对城市生态环境的影响；Mortberg等<sup>[3]</sup>运用GIS和EDSS(生态决策支持系统)，以瑞典斯德哥尔摩为案例，分析了城市化对生物多样性的影响，以减轻城市化对生物多样性影响为目标建立相应的指标体系和定量分析模型；赵玉红等<sup>[4]</sup>以江苏省为例，建立了我国城市河湖水生生态系统的评价指标体系与标准。

本文通过文献查阅、实地调研、经验总结、频度分析、专家咨询等方法，在研究云南重点生态功能区城市生态环境特点和生态环境问题，以及国内外相关研究的基础上，从自然生态环境、环境资源保护和生态环境管理能力三个方面选取能够表征和反映云南重点生态功能区城市生态环境良性化程度的18个指标，建立指标体系，确立评价标准，用层次分析法确定指标权重，应用模糊数学方法构建评价模型。以西双版纳州勐腊县为案例，确定评价指标及标准，评价其城市生态环境的良性健康状况，明确影响其健康的限制因素，为城市生态环境管理和制定发展规划提供科学依据。

## 1 云南重点生态功能区城市生态环境特点和生态环境问题

城市生态环境是在自然环境的基础上，按人的意志，经人类加工改造形成的适于人类生存和发展的人工环境。所以选取城市生态环境良性化评价指标时，既要考虑自然生态环境方面，也要考虑环境资源保护和生态环境管理能力方面。

重点生态功能区要以保护和修复生态环境、提供生态产品为首要任务，因地制宜地发展不影响主体功能定位的适宜产业，引导超载人口逐步有序转移。按主导生态服务功能进行归类，主要有生物多样性保护生态功能区、水源涵养生态功能区、土壤保持生态功能区等。在这些生态功能区内，有相应的生态环境特点和生态环境问题，分析和解决这些主要的生态环境问题，使其生态环境健康良性化发展。

(1) 生物多样性保护生态功能区。生物多样性保护生态功能区是生物多样性丰富、重要植被类型集中分布且生境极为敏感的区域。云南省生物多样性保护功能以野生动植物的物种量及优先保护的生态系统类型为指标，但保护区管护水平较低，基础设施和设备严重不足，自然保护区的建设也普遍存在批而不建、建而不管的现象。

南部边境森林及生物多样性生态功能区是云南省主要的生物多样性保护功能区之一，这里地处热带北缘地带，发育有我国特有的热带季节雨林、季雨林、山地雨林和湿润雨林，生态系统多样性和物种多样性极高，是亚洲象、绿孔雀、望天树等重要保护物种的分布地和亚洲象、亚洲野牛、印支虎与其国外栖息地的主要通道。目前，由于不合理开发，生境破碎化程度较高，野生动植物生存受到不同程度的威胁。目前，其主要发展方向为扩大保护区范围，加强对热带雨林和重要保护动物栖息地的保护，严禁砍伐森林和捕杀野生动物。

(2) 土壤保持生态功能区。土壤保持生态功能区是以生态公益林建设和土壤保持为主要生态功能的区域，该生态功能区分

为 3 类：一是对生态安全具有重要作用的河谷土壤保持生态功能区，该类生态功能区地形复杂，降雨丰富，土壤极易冲刷，土壤侵蚀的敏感性一般都在中度以上。二是土壤侵蚀修复生态功能区指土壤侵蚀严重，需要进行工程治理或生物治理的区域。这些区域地形破碎，紫色土广泛分布，人口密度大，是生态破坏较为严重的区域。三是生态脆弱地带土壤保护区，主要指喀斯特地区和干热河谷地带等需要重点进行水土保持的区域。

土壤保持生态功能区的主要生态问题是：不合理地利用土地，特别是陡坡开垦，以及交通、水电、矿产资源开发、城镇建设、森林破坏、过度放牧等人为活动导致的地表植被退化、土壤侵蚀和石漠化危害严重。而使此类生态功能区良性化的方向是：全面实施保护天然林、退耕还林还草，严禁陡坡垦殖和超载放牧，加大对现有灌木林的封山育林力度；改善耕作方式，发展生态产业和优势非农产业；严格资源开发和建设项目的生态监管，控制新的人为土壤侵蚀，保护自然植被；恢复和重建退化植被。

而滇东喀斯特石漠化防治生态区为云南主要的土壤保持生态功能区，其拥有以岩溶系统为主的特殊生态系统，生态脆弱性极高，土壤一旦流失，生态恢复重建难度极大。目前生态系统退化问题突出，植被覆盖率低，石漠化面积加大。其发展方向为退耕还林、封山育林育草、种草养畜，实行生态移民，改善耕作方式，发展生态产业和优势非农产业。

(3) 水源涵养生态功能区。水源涵养生态功能区包括重要分水岭地段的水源涵养和重要城镇饮用水源地的水源涵养。该区地势较平缓，降水量中等偏少，水资源不足及土壤保水能力较差。

该类型区的主要生态问题是：人类活动干扰强度大；生态系统结构单一，生态功能衰退；森林资源过度利用、森林质量差，土壤侵蚀和湿地萎缩现象严重。而使该类生态功能区良性化的方向是：建立生态功能保护区，加强保护与管理；严格保护自然植被，禁止不利于保护生态系统水源涵养功能的经济社会活动和生产方式，禁止会造成水污染的产业发展；开展生态产业示范，减轻居民生产对水源和生态系统的压力；控制水污染，禁止导致水体污染的产业发展。

目前，滇东北三峡库区上游生态功能区作为云南省主要的水源涵养生态功能区，金沙江区段为主的长江上游地区流域的生态屏障，受自然与人为活动的破坏，水土流失、泥石流灾害严重，砂石化不断推进，大量泥沙进入金沙江，生态环境问题严峻。其发展方向是禁止非保护性林木采伐、植树造林、退耕还林、涵养水源，防止水土流失。

## 2 指标体系的构建

建立合理的评价指标体系是对城市生态环境进行科学分析、正确评价的基础。在了解上述重点功能区类型各自的特点以及存在的问题与生态保护方向的基础上，结合城市生态环境的内涵特点与主要生态环境问题，遵循指标选取的原则（如整体性、可操作性、可量化性、相对独立性、可引导性等）<sup>[5]</sup>，筛选可以表征和反映云南重点生态功能区城市生态环境健康良性化程度的指标，建立合理的指标体系，并确定指标权重和评价标准，构建评价模型，以便客观、全面、科学地评价其生态环境健康良性化程度。

### 2.1 建立指标体系

根据上述指标确立的原则，从“自然生态环境、环境资源保护和生态环境管理能力” 3 个一级指标要素方面共选取 18 个二级指标要素(表 1)。

表 1 云南重点生态功能区城市生态环境良性化评价指标体系

一级指标	二级指标	序号
自然生态环境 (A)	人口密度	A <sub>1</sub>
	森林覆盖率	A <sub>2</sub>

	人均公共绿地面积	A <sub>3</sub>	
	珍稀濒危物种保护率	A <sub>4</sub>	
	环境空气质量优良率	A <sub>5</sub>	
	区域环境噪声平均值	A <sub>6</sub>	
	人均水资源量	A <sub>7</sub>	
	饮用水水源地水质达标率	A <sub>8</sub>	
	环境资源保护(B)	受保护地占国土面积比例	B <sub>1</sub>
		水土流失面积	B <sub>2</sub>
城市生活污水处理率		B <sub>3</sub>	
生活垃圾无害化处理率		B <sub>4</sub>	
工业固废综合利用率		B <sub>5</sub>	
主要农产品中有机、绿色及无公害产品种植面积比例		B <sub>6</sub>	
化肥施用强度		B <sub>7</sub>	
生态环境管理能力(C)	环保投资占 GDP 比重	C <sub>1</sub>	
	生态文明宣传教育普及率	C <sub>2</sub>	
	公众对生态环境满意度	C <sub>3</sub>	

## 2.2 指标表征含义

A<sub>1</sub>: 人口密度, 是表征人口的密集程度的指标, 人口密度越大, 人类经济活动对自然和生态环境的影响越大。

A<sub>2</sub>: 森林覆盖率, 表征有林地的面积占土地总面积的百分比, 森林对于重点生态功能区来说意义非凡, 森林覆盖率越高, 生态保护状况越好。

A<sub>3</sub>: 人均公共绿地面积, 表征城市人口每人拥有的公共绿地面积, 绿地环境效益高低与其面积数量的大小和分布均匀度成正比, 它具有显著的生态功能和社会功能, 可以有效改善和优化城市人居环境的质量。

A<sub>4</sub>: 珍稀濒危物种保护率, 表征生物多样性指标, 保护珍稀濒危物种可以更好地维持生物的多样性。

A<sub>5</sub>: 环境空气质量优良率, 是表征一个区域空气质量好坏, 进而反映其生态环境是否优良的一个指标。

A<sub>6</sub>: 区域环境噪声平均值, 表征城市建成区内经过认定的环境噪声网格监测的等效声级算术平均值, 区域环境噪声平均值下降可以改善人居环境, 提高生活质量, 从而使生态环境往良性化方向发展。

A<sub>7</sub>: 人均水资源量, 表征人均水资源拥有量, 云南作为淡水资源总量丰富但又相对缺水的特殊省份, 选取人均水资源量作为一个评价指标尤为重要, 云南省水资源总量居全国第三位, 但由于空间分布、水体污染或者是开发过度等原因, 水资源不足。

A<sub>8</sub>: 饮用水水源地水质达标率, 表征生态环境中水环境的健康程度以及城市环境质量健康良性化程度。

B<sub>1</sub>: 受保护地占国土面积比例, 表征自然保护区、风景名胜、森林公园等受保护地面积占全部陆地面积的百分比, 反映生态环境良性化的程度。云南省是我国生物多样性、自然及文化资源最为丰富的地区之一, 增大保护地面积是保护生物多样性、加强水土保持的有效措施。

B<sub>2</sub>: 水土流失面积, 表征山丘地区水土流失面积, 减少水土流失面积是重点生态功能区最为主要的生态保护方向。

B<sub>3</sub>: 城市生活污水处理率, 表征经城市污水处理厂处理且达到排放标准的生活污水量占城市生活污水排放总量的百分比。它是改善环境质量、体现环境保护水平的重要考察指标。

B<sub>4</sub>: 生活垃圾无害化处理率, 表征城市对生活垃圾二次污染的防治程度, 是衡量城市生态环境保护的重要指标之一。

B<sub>5</sub>: 工业固废综合利用率, 表征工业生产活动中产生的固体废物的综合利用率, 反映城市环境保护的指标。

B<sub>6</sub>: 主要农产品中有机、绿色及无公害产品种植面积比例。

B<sub>7</sub>: 化肥施用强度, 改善耕作方式, 发展生态产业和生态农业是重点生态功能区主要发展方向之一。两个指标从两个方面反映面源污染的强度, 表征城市生态环境保护程度和居民生活品质水平。

C<sub>1</sub>: 环保投资占 GDP 比重, 表征环保投资强度, 衡量生态环境良性化发展水平。

C<sub>2</sub>: 生态文明宣传教育普及率, 表征生态文明宣传教育力度。

C<sub>3</sub>: 公众对生态环境满意度, 表征公众对生态环境质量的满意程度。以问卷调查的形式了解社会公众对重点生态功能区城市的生态环境质量的评价, 从而掌握该地区生态环境建设的总体情况, 以此反映重点生态功能区城市的生态环境是否往良性化方向发展。

### 2.3 指标权重的确定

采用层次分析法(analytic hierarchy process, AHP)确定各级指标权重。它将一个复杂的多目标决策问题作为一个系统, 将目标分解为多个目标或准则(一级指标), 进而分解为多指标(二级指标)的若干层次, 对两两指标的相互比较, 通过定性指标模糊量化方法算出各指标权重, 作为目标、多方案优化决策的方法<sup>[6]</sup>。

两两指标对比分析步骤: 首先在各层次上根据评定尺度(运用 1~9 标度, 见表 2)确定各因素的重要程度, 并根据此来构建判断表, 然后通过和积法确定评价指标权重, 并且进行一致性检验。最后通过综合层次总排序的计算, 确定各评价指标对最高层总目标的权重, 并且据此可得评价指标的最终排序。

表 2 1~9 标度法含义

标度	赋义
1	两因素相比, 具有相同重要性
3	两因素相比, 前者比后者稍重要
5	两因素相比, 前者比后者明显重要
7	两因素相比, 前者比后者强烈重要
9	两因素相比, 前者比后者极端重要
2, 4, 6, 8	上述相邻判断的中间值

本文通过运用层次分析法, 按照典型意义上的统计评价方法, 邀请 5 位专家判断指标重要性, 对同一级指标中各个因素的

重要程度进行两两比较，综合分析后建立判断矩阵及其一致性检验。将专家打分所得的各指标和要素权重的判断矩阵输入 MCE 现代综合评价软件<sup>[7]</sup>，得各指标和要素权重(表 3)。

表 3 各层指标权重计算结果

一级指标	权重	二级指标	权重
自然生态环境 (A)	0.4	人口密度/(万人·km <sup>2</sup> )	0.143
		森林覆盖率/%	0.143
		人均公共绿地面积/m <sup>2</sup>	0.143
		珍稀濒危物种保护率/%	0.071
		环境空气质量优良率/%	0.143
		区域环境噪声平均值/dB	0.071
		人均水资源量/m <sup>3</sup>	0.143
		饮用水水源地水质达标率/%	0.143
环境资源保护 (B)	0.4	受保护地占国土面积比例/%	0.280
		水土流失面积/万公顷	0.158
		城市生活污水处理率/%	0.158
		生活垃圾无害化处理率/%	0.158
		工业固废综合利用率/%	0.082
		主要农产品中有机、绿色及无公害产品种植面积比例/%	0.082
		化肥施用强度/(kg/hm <sup>2</sup> )	0.082
生态环境管理能力 (C)	0.2	环保投资占 GDP 比重/%	0.540
		生态文明宣传教育普及率/%	0.163
		公众对生态环境满意度/%	0.297

#### 2.4 评价标准的确立

确定评价指标体系后，就需要确定各个指标的健康状态，以此对城市生态环境的良性化进行评价，在数据处理时将城市生态环境评价标准分为 3 个等级，即健康、临界和不健康。根据云南省重点生态功能区城市发展规划所提出的目标值确定标准值的范围，以发展目标值作为健康值的最低值，下调 20%为不健康状态的最高值，区间为临界状态<sup>[8]</sup>。

#### 2.5 评价模型的建立

城市生态环境状况如何是相对于一个标准值而言的，而良性与否只是一个相对的概念，因此适合采用模糊数学的方法来处理数据。应用模糊关系合成的原理，根据被评价对象本身存在的性态或隶属上的亦此亦彼性，从数量上对其所属成分给予刻画和描述。采用模糊数学的方法建模<sup>[9]</sup>如下：

$$Z=W \times U \quad (1)$$

式中：Z 为重点生态功能区城市生态环境良性化状况矩阵，W 为 3 个一级指标（自然生态环境、环境资源保护、生态环境管理能力）对总体健康程度的权重矩阵，W=（W<sub>1</sub>，W<sub>2</sub>，W<sub>3</sub>）；U 为一级指标对各级健康标准（本文把健康评价标准分为“健康、临界

状态、不健康” 3 个级别) 的隶属度矩阵。

$$U = \begin{bmatrix} U_{11} & U_{12} & U_{13} \\ U_{21} & U_{22} & U_{23} \\ U_{31} & U_{32} & U_{33} \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$U_{mn} = w \times r \quad (3)$$

式中:  $U_m$  为第  $m$  个一级指标对第  $n$  级健康标准的隶属度矩阵,  $m=1, 2, 3, n=1, 2, 3$ ;  $w$  为  $m$  中二级指标的权重矩阵, 例如, 若  $m=3$  时,  $w$  为  $C_1, C_2, C_3$  的权重矩阵;  $r$  为二级指标对各级健康标准的隶属度矩阵。

相对隶属度的计算主要分正向指标和负向指标两种计算方法, 临界状态取范围的平均值。

(1) 对正向指标, 例如人均公共绿地面积, 其计算公式为:

①当  $X_y > S_{y1}$  时,  $r_{y1}=1, r_{y2} = r_{y3} = 0$ ;

②当  $S_{yj} \geq X_y \geq S_{y,j+1}$  时,  $r_{y,j+1} = (S_{yj}-X_y)/(S_{yj}-S_{y,j+1}), r_{yj} = 1-r_{y,j+1}; (j = 1, 2)$ , 剩下一个健康标准的隶属度为 0;

③当  $X_y < S_{y3}$  时,  $r_{y3} = 1, r_{y1}=r_{y2}= 0$ 。

(2) 对负向指标, 例如水土流失面积, 其计算公式为:

①当  $X_y < S_{y1}$  时,  $r_{y1}= 1, r_{y2}= r_{y3} = 0$ ;

②当  $S_{yj} \leq X_y \leq S_{y,j+1}$  时,  $r_{y,j+1} = (X_y-S_{yj})/(S_{y,j+1}-S_{yj}), r_{yj} = 1-r_{y,j+1}; (j = 1, 2)$ , 剩下一个健康标准的隶属度为 0;

③当  $X_y > S_{y3}$  时,  $r_{y3} = 1, r_{y1}= r_{y2} = 0$ 。

### 3 实证研究—西双版纳州勐腊县城市生态环境健康评价

勐腊县位于云南省最南端, 西双版纳州东部。西北与景洪市相连, 北面与江城县毗邻, 东南部与老挝接壤, 西面与缅甸隔澜沧江相望, 国境线长达 740.8 千米。全县地处澜沧江—湄公河的接合部和我国通向中南半岛各国的陆路要冲, 是云南桥头堡建设的前沿和我国与大湄公河次区域东南亚各国合作的重点区域。

西双版纳州勐腊县是云南省最为典型的重点生态功能区城市之一, 同时作为生态县进行建设。勐腊县自然条件突出, 气候类型多样, 全县河流纵横, 水资源丰富, 森林覆盖率极高, 生物资源也极其丰富, 西双版纳州国家级自然保护区的 5 个子保护区中就有 3 个在勐腊县境内。因此, 文章选取勐腊县为例说明生态环境良性化指标体系评价的应用 (具体数据见表 4)。

表 4 勐腊县城市生态环境良性化评价指标现状值

一级指标	二级指标	现状值(2012年)
自然生态环境 (A)	人口密度/(万人·km <sup>-2</sup> )	0.004
	森林覆盖率/%	86.24
	人均公共绿地面积/m <sup>2</sup>	26.51
	珍稀濒危物种保护率/%	100
	环境空气质量优良率/%	100
	区域环境噪声平均值/dB	51.1
	人均水资源量/m <sup>3</sup>	7 349
	饮用水水源地水质达标率/%	100
环境资源保护 (B)	受保护地占国土面积比例/%	24.7
	水土流失面积/万公顷	45
	城市生活污水处理率/%	80.3
	生活垃圾无害化处理率/%	92
	工业固废综合利用率/%	97.4
	主要农产品中有机、绿色及无公害产品种植面积比例/%	64.71
	化肥施用强度/(kg/hm <sup>2</sup> )	158
生态环境管理能力 (C)	环保投资占 GDP 比重/%	4.71
	生态文明宣传教育普及率/%	75
	公众对生态环境满意度/%	96.8

注：数据来源于《2013—2014年勐腊生态县申报技术报告》以及《勐腊县国家主体功能区建设试点示范方案》。

### 3.1 评价指标和标准

根据勐腊县城市发展规划所提出的目标值确定标准值的范围。以发展目标值作为健康值的最低值，下调 20%为不健康状态的最高值，区间为临界状态<sup>[8]</sup>。具体各指标分级标准见表 5。

### 3.2 健康评价结果

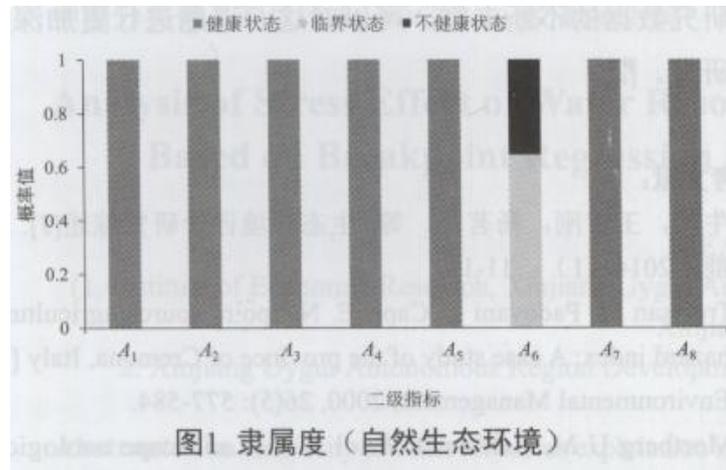
依据 2012 年监测数据、实地调查结果并结合上述评价模型与公式(1)~(3)，计算得出勐腊县 3 个一级指标以及 18 个二级指标对各健康级别的隶属度（图 1~图 4，表 6）。

### 3.3 分析与讨论

通过表 6 可以看出，勐腊县生态环境中自然生态环境、环境资源保护、生态环境管理能力三个方面属于健康的等级隶属度最大(远大于临界状态及不健康，分别为 0.929、0.808、0.837)，那么，按照最大隶属度原则，勐腊县生态环境在三个方面都处于健康状态。

表 5 勐腊县城市生态环境良性化评价指标及评价标准

一级指标	二级指标	健康状态	临界状态	不健康状态
自然生态环境 (A)	人口密度/(万人·km <sup>2</sup> )	≤0.12	0.12~0.14	≥0.14
	森林覆盖率/%	≥80	64~80	≤64
	人均公共绿地面积/m <sup>2</sup>	≥20	16~20	≤16
	珍稀濒危物种保护率/%	100	80~100	≤80
	环境空气质量优良率/%	100	80~100	≤80
	区域环境噪声平均值/dB	≤45	45~54	≥54
	人均水资源量/m <sup>3</sup>	≥2 000	1 600~2 000	≤1 600
	饮用水水源地水质达标率/%	100	80~100	≤80
环境资源保护 (B)	受保护地占国土面积比例/%	≥25	20~25	≤20
	水土流失面积/万公顷	≤40	40~48	≥48
	城市生活污水处理率/%	≥80	64~80	≤64
	生活垃圾无害化处理率/%	≥80	64~80	≤64
	工业固废综合利用率/%	≥80	64~80	≤64
	主要农产品中有机、绿色及无公害产品种植面积比例/%	≥60	48~60	≤48
	化肥施用强度/(kg/hm <sup>2</sup> )	≤280	280~340	≥340
生态环境管理能力 (C)	环保投资占 GDP 比重/%	≥4.0	3.2~4.0	≤3.2
	生态文明宣传教育普及率/%	≥95	76~95	≤76
	公众对生态环境满意度/%	≥95	76~95	≤76



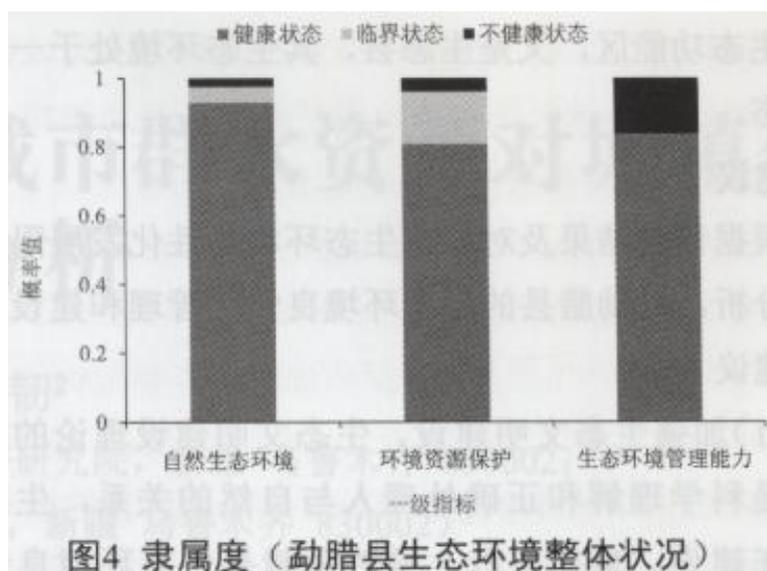
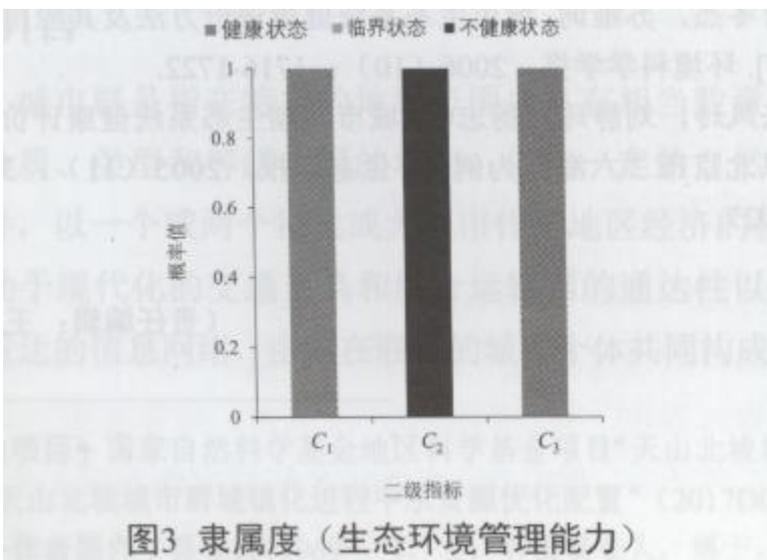
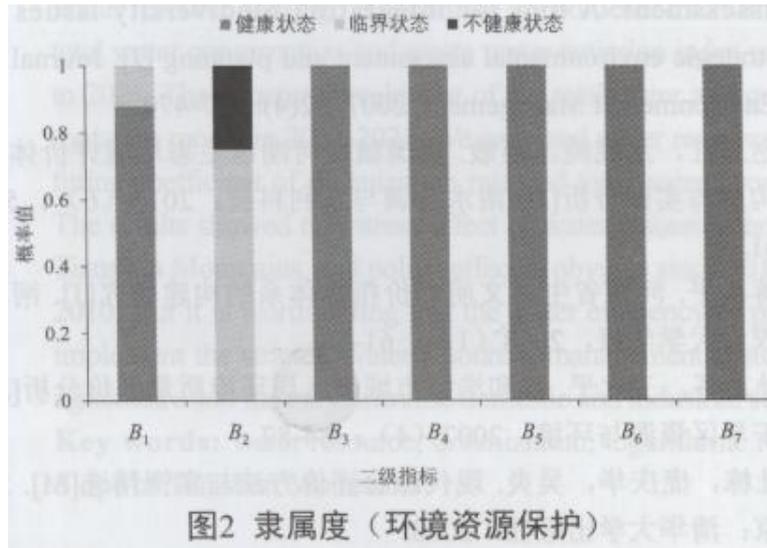


表 6 勐腊县城市生态环境良性化评价结果（隶属度）

指标		指标	健康状态	临界状态	不健康状态
二级指标	A	人口密度/(万人·km <sup>-2</sup> )	1	0	0
		森林覆盖率/%	1	0	0
		人均公共绿地面积/m <sup>2</sup>	1	0	0
		珍稀濒危物种保护率/%	1	0	0
		环境空气质量优良率/%	1	0	0
		区域环境噪声平均值/dB	0	0.644	0.356
		人均水资源量/m <sup>3</sup>	1	0	0
		饮用水水源地水质达标率/%	1	0	0
	B	受保护地占国土面积比例/%	0.88	0.12	0
		水土流失面积/万公顷	0	0.75	0.25
		城市生活污水处理率/%	1	0	0
		生活垃圾无害化处理率/%	1	0	0
		工业固废综合利用率/%	1	0	0
		主要农产品中有机、绿色及无公害产品种植面积比例/%	1	0	0
		化肥施用强度/(kg/hm <sup>2</sup> )	1	0	0
	C	环保投资占 GDP 比重/%	1	0	0
		生态文明宣传教育普及率/%	0	0	1
		公众对生态环境满意度/%	1	0	0
一级指标	自然生态环境 (A)	0.929	0.046	0.025	
	环境资源保护 (B)	0.808	0.152	0.040	
	生态环境管理能力 (C)	0.837	0	0.163	
结果	勐腊县城市生态环境	0.862	0.079	0.059	

$$U = \begin{bmatrix} 0.929 & 0.046 & 0.025 \\ 0.808 & 0.152 & 0.040 \\ 0.837 & 0 & 0.163 \end{bmatrix} \quad (4)$$

为了对勐腊县生态环境整体的状况进行评价,从表 6 得到一级指标隶属度矩阵以及前文所得一级指标权重  $W=(0.4, 0.4, 0.2)$ , 通过评价模型  $Z=W \times U$ , 得出勐腊县生态环境整体状况的概率值为健康 86.2%、临界状态 7.9%、不健康 5.9%, 按照最大健康状态概率值原则, 勐腊县的城市生态环境整体状况属于健康状态。因此可以得出结论: 2012 年勐腊县生态环境整体状况属于健康状态。

影响勐腊县生态环境良性化的限制因子主要是处于临界和不健康状态的要素, 而在表 6 中我们可以看到, 总共 18 个指标当中有 15 个处于健康状态, 2 个处于临界状态, 即区域环境噪声平均值、水土流失面积, 而亟待解决的处于不健康状态的只有 1 个指标, 即生态文明宣传教育普及率。总而言之, 勐腊县作为云南省典型的重点生态功能区, 又是生态县, 其生态环境处于一个健康状态。

### 3.4 建议

根据评价结果及对城市生态环境良性化发展限制因子的分析，对勐腊县的生态环境良性化管理和建设提出以下建议：

(1) 加强生态文明建设。生态文明建设理论的核心命题是科学理解和正确处理人与自然的关系，生态文明重在建设、重在实践。虽然勐腊县生态环境良性化的程度很高，但其生态文明宣传教育普及率却处于不健康的状态，若不加强生态文明建设，那么勐腊县的生态环境很有可能往不好的方向发展，如果加强这一方面的建设，还可以起到带头人的作用，在西双版纳州甚至是整个云南省起到一个表率的作用，有利于提高全社会对保护自然生态的重视及全人类共同保护和建设地球家园的认识。

(2) 降低勐腊县区域环境内的噪声平均值。由于噪声污染是一种物理污染，不像其他污染那样留下任何污染物，也不会积累，往往容易被忽视。我们可以从声源处、传播途径和接受者三方面来进行防护，但从声源处进行防治是最根本和最紧急的方法。在声源处防治首先要做到的就是降低机械设备运行噪声，在设计或改造设备时，充分考虑到可能产生的噪声影响，在经济和技术等条件允许的情况下，设计制造新颖的低噪声机械设备。或是采取有效的隔振、阻尼和消声技术，来限制固体声和空气声的辐射。

(3) 减少水土流失面积。水土流失作为整个云南省最主要的生态问题之一，其造成的危害相当大，比如：冲毁土地，破坏良田；土壤剥蚀，肥力减退；生态失调，旱涝灾害频繁；淤积水库，堵塞河道。那么要减少水土流失的面积，就要减少坡面径流量，减缓径流速度，提高土壤吸水能力和坡面抗冲能力，并尽可能抬高侵蚀基准面，强化造林治理，加强预防监督职能的发挥，依法防治水土流失，处理好生态效益与社会经济效益的关系，加强水土保持的科技投入，提高科学治理水平。

## 4 小结

(1) 本文在研究云南重点生态功能区城市生态环境特点和生态环境问题以及国内外相关文献的基础上，建立了重点生态功能区城市生态环境良性化评价的指标体系，包括自然生态环境、环境资源保护、生态环境管理能力 3 个一级指标，共 18 个二级指标，确立评价标准，用层次分析法确定指标权重，应用模糊数学方法构建评价模型。以勐腊县为例，对其生态环境质量进行综合评价，2012 年勐腊县生态环境整体状况属于健康状态，其限制因子有区域环境噪声平均值、水土流失面积和生态文明宣传教育普及率。

(2) 不同重点生态功能区城市的生态环境特点不同，不同区域城市发展规划目标有所不同，针对不同的评价对象，评价标准应有所区别。

(3) 重点生态功能区城市生态环境是一个动态复杂的系统，评价指标体系需要不断优化和完善。由于受数据收集的限制，所选数据的年份只有 2012 年，而研究重点生态功能区城市生态环境良性化应该是一个长期的持续过程，因此，随着时间的推移以及研究数据的不断丰富，可以对这一课题进行更加深入的研究。

### 参考文献：

[1] 牛佳，王吉刚，杨茗坤，等. 生态环境评价研究综述[J]. 节能，2014 (1) : 11-15.

[2] Trevisan M, Padovani L, Capri E. Nonpoint source agricultural hazard index: A case study of the province of Cremona, Italy [J]. Environmental Management, 2000, 26(5): 577-584.

[3] Mortberg U M, Balfors B, Knol W C. Landscape ecological assessment: A tool for integrating biodiversity issues

---

in strategic environmental assessment and planning [J]. Journal of Environmental Management, 2007, 82(4): 457-470.

[4]赵玉红, 丛纯纯, 赵敏. 我国城市河湖水生态环境评价体系构建与实证分析[J]. 南水北调与水利科技, 2013 (6) : 58-61.

[5]蒋小平. 河南省生态文明评价指标体系的构建研究[J]. 河南农业大学学报, 2008 (1) : 61-64.

[6]孙志芬, 王永平. 呼和浩特市城市人居环境质量评价分析[J]. 干旱区资源与环境, 2007 (4) : 84-87.

[7]杜栋, 庞庆华, 吴炎. 现代综合评价方法与案例精选[M]. 北京: 清华大学出版社, 2008.

[8]官冬杰, 苏维词. 城市生态系统健康评价方法及其应用研究[J]. 环境科学学报, 2006 (10) : 1716-1722.

[9]张凤玲, 刘静玲, 杨志峰. 城市河湖生态系统健康评价——以北京市“六海”为例[J]. 生态学报, 2005 (11) : 3019-3027.