

# 水利工程建设对自然保护区生态系统的影响

温敏霞, 刘世梁\*, 崔保山, 杨 敏

(北京师范大学环境学院 水环境模拟国家重点实验室, 北京 100875)

**摘要:**以糯扎渡水利工程及受影响的自然保护区为研究案例,在 GIS 支持下,应用缓冲区分析法,分析了水利工程建设前后自然保护区景观结构的梯度变化以及水利工程对景观结构的影响;选取分维数、斑块密度、优势度、聚集度等代表性指标揭示了区域景观格局的变化;在此基础上,选取自然性、多样性、稳定性和人为干扰性 4 项指标建立生态评价指标体系,应用层次分析法确定评价指标的权重,并对评价因子进行等级化处理,评价水利工程对影响区生态质量的影响。结果表明:不同缓冲距离内植被类型呈梯度变化,工程建设对季风常绿阔叶林、竹林、落叶季雨林有较大影响;水利工程建设使区域景观异质性增强,在缓冲距离 800m 范围内景观格局变化明显;建设前后受影响区生态质量评价表明,水利工程建设导致区域生态质量降低,但降幅不大。

**关键词:**糯扎渡自然保护区;水利工程;缓冲区分析;层次分析法;生态评价

文章编号:1000-0933(2008)04-1663-09 中图分类号:S158.2 文献标识码:A

## Impacts of hydroelectric project construction on nature reserve and assessment

WEN Min-Xia, LIU Shi-Liang\*, CUI Bao-Shan, YANG Min

*School of Environment, State Key Laboratory of Water Environment Simulation, Beijing Normal University, Beijing 100875*

*Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(4): 1663 ~ 1671.

**Abstract:** Taking Nuozhadu hydropower station and its effected Nature Reserve for example, we study the change and its gradient changes in landscape structure caused from hydroelectric project based on GIS and buffer analysis. We choose fractal dimension, patch density, dominance index, etc to quantify the landscape pattern change and link them to naturalness, diversity, stability and anthropogenic interference of ecosystem to establish an evaluation system, which is used to estimate the ecological condition of the Nature Reserve. The value of each index is determined by the evaluation system, the weight percentage was decided through Analytical Hierarchy Process (AHP). The result show that vegetation type in different buffer zone appeared gradient changes. Hydroelectric project might have significant impacts on some type of forest such as monsoon evergreen broadleaved forest, bamboo grove and deciduous seasonal rain forest. And the hydroelectric project might enhance landscape heterogeneity intensified. Landscape pattern changed significantly especially within 800-meter buffer zone. The ecological evaluation show, that hydroelectric project may slightly deteriorate ecological condition.

**Key Words:** Nuozhadu Nature Reserve; hydroelectric project; buffer analysis; analytical hierarchy process; ecological evaluation

**基金项目:**国家重点基础研究发展计划(973)资助项目(2003CB415104);国家自然科学基金资助项目(40501067)

**收稿日期:**2007-01-16; **修订日期:**2007-09-17

**作者简介:**温敏霞(1982~),女,河南濮阳人,硕士,从事景观生态学研究. E-mail: ellen451@163.com

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

**Foundation item:** The project was financially supported by National Basic Research Program of China (No. 2003CB415104); the National Natural Science Foundation of China (No. 40501067)

**Received date:** 2007-01-16; **Accepted date:** 2007-09-17

**Biography:** WEN Min-Xia, Master, mainly engaged in landscape ecology.

自然保护区是保护生物多样性和珍稀物种的有效手段之一<sup>[1]</sup>,由于保护区中环境因素是一种大尺度的影响因子,人为活动由于严格的自然管理和地形影响被限制在局部地区<sup>[2]</sup>。

糯扎渡自然保护区是属自然生态系统类别的森林生态系统类型的自然保护区,以热带北缘雨林、季风常绿阔叶林和热性竹林为主要保护对象。澜沧江从保护区中间流过,澜沧江水电建设梯级开发的糯扎渡水电站,将建设在保护区中部的实验区,是对保护区影响的最大因素。目前,有关水利工程建设对区域生态环境影响研究的方法主要有景观生态学方法<sup>[3]</sup>、景观格局评价法<sup>[4]</sup>和缓冲区分析法<sup>[2]</sup>,这些方法定量或定性地描述了水利工程的影响,多应用于水利工程环境影响评价中,而单独针对水利工程生态效应进行的研究尚处在起步阶段<sup>[5]</sup>。

生态评价是保护区综合评价的主体<sup>[6]</sup>,通过对水利工程建设影响下的保护区进行生态评价,可以正确认识保护区现状,明确面临的问题,对实现保护区可持续发展有重要的意义。

本文以糯扎渡自然保护区为案例区,研究了糯扎渡水电站建设对保护区生态系统的影响,并分析了水利工程建设前后,区域的生态质量状况,探讨了区域存在的生态问题以及生态保护措施,为保护区的科学管理提供理论依据。

## 1 研究区概况

糯扎渡自然保护区是 1997 年由云南省政府正式批准建立的省级自然保护区,位于云南省思茅市翠云区和澜沧拉祜族自治县的结合部,介于东经 100°22′~100°30′,北纬 22°35′~22°47′之间,总面积 21679hm<sup>2</sup>,澜沧江从西北到东南贯穿保护区。

澜沧江水电建设梯级开发“两库八级”方案中“第二库第五级”的糯扎渡水电站,将建在保护区中部,其上游与大朝山电站尾水衔接,下游与景洪电站衔接。水电站工程 2005 年开始动工,总工期 11 年 6 个月,正常蓄水位 812m,未来水库淹没区 1652.35hm<sup>2</sup>,电站主体及附属建设永久占地 946.63hm<sup>2</sup>。

糯扎渡自然保护区处于云南南部的高原、山地大地貌形态的转折处。因澜沧江从保护区中部穿过,形成以峡谷为中轴,东、西各有一片山地的地貌格局,同时也形成其区内的地貌类型间的差异<sup>[7]</sup>。区内主要的两大地貌形态为山地与河谷。

保护区处于北回归线以南的北热带与南亚热带的过渡地带,北热带和亚热带气候兼备。由于受西南季风的影响强烈,干湿季明显,年较差小,日较差大,垂直变化明显。降水较丰富,季节分配极不均匀。植被具有从热带北缘向亚热带过渡的显著特征。主要有季风常绿阔叶林、思茅松林、山地雨林、季节雨林、落叶季雨林、落叶阔叶林,局部有半湿润常绿阔叶林。

## 2 数据来源与研究方法

### 2.1 数据来源

本文采用的自然保护区有关原始图件资料有:(1)2003 年 1:50000 中国云南糯扎渡自然保护区植被现状分布图(云南省林业调查规划院编绘);(2)糯扎渡自然保护区功能区划图;(3)糯扎渡自然保护区水文图。利用地理信息系统(GIS)软件 ArcInfo 完成图件空间数据库的建立,并在 Arcmap 中成图。包括糯扎渡自然保护区功能区划图,植被类型图等。

水电站相关资料来源于《糯扎渡水电站可行性研究报告(综合说明)》(国家电力公司昆明勘测设计研究院,2003)与《云南糯扎渡自然保护区总体规划》(云南省林业调查规划院,2004)。

### 2.2 保护区功能区的划分及景观类型划分

根据专家的建议和保护区的地理位置,将保护区划出两个核心区,一块为澜沧江东岸(思茅片)南爬河至白马山;另一为西岸(澜沧片)龙潭村至仙顶营。核心区以外的均为实验区。保护区功能区划与植被类型见图 1。

根据 1:50000 糯扎渡自然保护区植被现状图中的景观类型划分,结合研究目的,把糯扎渡自然保护区景观类型划分为 13 种:季风常绿阔叶林(1)、经济林(2)、落叶季雨林(3)、农地(4)、灌木林(5)、思茅松林(6)、

接彩图 1

竹林(7)、山地雨林(8)、裸岩(9)、季节雨林(10)、草丛(11)、干热河谷稀树草丛(12)、云南松林(13)。

## 2.3 研究方法

### 2.3.1 缓冲区分析

以澜沧江河道为基础生成 200、400、600、800、1000、2000m 和 5000m 的缓冲带(buffer),与植被图进行叠加,生成缓冲带植被类型图。应用 ArcInfo 的转换工具将矢量图转换为景观分类栅格图(格网分辨率为 5m),利用 Fragstats3.3 计算选取的景观指数。文中选取斑块密度(PD)、Shannon 多样性指数(SHDI)、优势度指数(LDI)、聚集度指数(CONT)、分离度指数(SPLI)、分维数(FD)<sup>[8]</sup>等反映工程建设影响的景观格局指数。

### 2.3.2 保护区生态质量评价

#### (1) 生态评价的指标体系建立

参照目前国内自然保护区生态评价的有关指标体系<sup>[9~12]</sup>,选取多样性、自然性、稳定性、人为干扰性作为评价指标建立指标体系(表 1)。

表 1 糯扎渡自然保护区生态评价指标体系  
Table 1 System of assessing index used in evaluating Nuozhadu Nature Reserve

| 准则层 Guide line layer                  | 指标层 Target layer                                                                         | 指标含义 Concept of index                                                                                                   |
|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 自然性<br>Naturality                     | 植被所占比例(季风常绿阔叶林)<br>Percentage of vegetation type (monsoon evergreen broad-leaved forest) | 植被类型面积占总面积的比例<br>Percentage of vegetation type area and total area                                                      |
| 多样性<br>Diversity                      | Shannon 多样性指数<br>Shannon diversity index (SHDI)                                          | 多样性指数反映景观类型的数量及其所占比例<br>Diversity index reflects the number of landscape type and its percentage                        |
| 稳定性<br>Stability                      | 优势度指数<br>Landscape dominance index (LDI)                                                 | 反映了一个或几个斑块类型在景观中占主导地位的程度<br>LDI reflects the degree of little patch dominant in landscape                               |
|                                       | 聚集度指数<br>Contagion index (CONTAG)                                                        | 反映景观类型的空间配置特征<br>CONTAG reflects spatial distribution of landscape type                                                 |
|                                       | 分离度指数<br>Landscape splitting index (SPLIT)                                               | 分离度越大,表明景观类型在地域上越分散,稳定性越差<br>Bigger splitting index reflects dispersed landscape type and worse stability               |
| 人为干扰性<br>Threat of human interference | 干扰度指数<br>Human disturbance (HD)                                                          | 人为干扰景观组分与自然景观组分的比例<br>Percentage of human interferential and natural landscape                                          |
|                                       | 分维数 Perimeter-area fractal dimension (PAFRAC)                                            | 反映了景观形状的复杂程度,一般处于 1~2 之间 <sup>[13]</sup><br>PAFRAC reflects complexity of landscape shape, the value is between 1 and 2 |
|                                       | 斑块密度 Patch density (PD)                                                                  |                                                                                                                         |

#### (2) 指标权重的确定

文中采用层次分析法确定评价指标的权重<sup>[6, 14~16]</sup>。具体操作为:①建立层次结构模型。保护区生态评价的实质是从生态角度对其保护价值高低进行评定,评价的目标层(A)为保护价值的高低,准则层(B)为表 1 确定的 4 个评价指标,指标层(C)含有 8 个指标(见表 1)。②构造判断矩阵。针对层次结构中各层次,分别建立反映其影响因素之间关系的判断矩阵。通常是邀请专家或问卷调查以填表方式,按同等重要、稍重要、重要、明显重要、极端重要,各自以 1、3、5、7、9,或其倒数作为标度,对同一层次中的各因素间相对于上一层次的某项因子的相对的重要性给予判断,而 2、4、6、8 表示相邻判断的中值,当 5 个等级不够用时,可以使用这几个数。经过专家确定分值后,构建了判断矩阵,计算矩阵的最大特征值与特征向量,求得各指标的权重值。

#### (3) 综合评价指数

区域综合结果由综合评价指数(Composite evaluation index, CEI)反映出来,其计算公式为<sup>[6, 17]</sup>:

$$CEI = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^n C_i w_i$$

式中,  $C_i$  为单项指标评价分值;  $w_i$  为评价指标 C 的权重;  $n$  为评价指标数。

### 3 水利工程对保护区景观格局的影响分析

糯扎渡自然保护区 13 种植被类型中,季风常绿阔叶林面积最大,占总面积的 50.66%,其次为思茅松林,占 22.12%,面积最小的是季节雨林和草丛,分别为 0.19%、0.13%;人为干扰景观-农地,占保护区总面积的 10.0%。

#### 3.1 水利工程建设对景观结构的影响

利用 ArcMap 建立水利工程建设前后保护区的景观类型数据库,应用缓冲区分析,研究工程建设前后,不同缓冲距离内景观结构的变化。

对比分析不同距离缓冲区的景观结构组成情况,可以了解各景观类型在水利工程影响下的梯度变化特征。从表 2 可以看出,灌木林(5)、思茅松林(6)、山地雨林(8)、季节雨林(10)等景观类型分别在缓冲区 200~400m、400~600m、800~1000m 和 1000~2000m 时出现分布,草丛(11)与云南松林(13)在缓冲距离 2000~5000m 间出现分布。

表 2 工程建设前后不同缓冲距离内的景观组成(%)

Table 2 Landscape structure of the buffer zone before and after construction

| 缓冲区(m)<br>Buffer zone | 建设前 Before construction |         |         |         |          |           |           |
|-----------------------|-------------------------|---------|---------|---------|----------|-----------|-----------|
|                       | 0~200                   | 200~400 | 400~600 | 600~800 | 800~1000 | 1000~2000 | 2000~5000 |
| 1                     | 7.60                    | 20.51   | 37.71   | 54.03   | 61.88    | 73.01     | 53.74     |
| 2                     | 3.46                    | 1.20    | 0.65    | 0.93    | 0        | 0         | 0         |
| 3                     | 13.12                   | 34.27   | 34.61   | 26.35   | 20.12    | 3.71      | 0         |
| 4                     | 18.77                   | 14.81   | 11.93   | 10.18   | 10.87    | 11.84     | 6.87      |
| 5                     | 0                       | 0.42    | 0.98    | 2.06    | 2.49     | 2.24      | 0.77      |
| 6                     | 0                       | 0       | 0.40    | 0.73    | 0.85     | 6.56      | 32.76     |
| 7                     | 51.88                   | 24.78   | 10.97   | 4.55    | 3.30     | 2.28      | 0.54      |
| 8                     | 0                       | 0       | 0       | 0       | 0.10     | 0.31      | 2.33      |
| 9                     | 0.61                    | 0       | 0       | 0       | 0        | 0         | 0.57      |
| 10                    | 0                       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0.05      | 0.27      |
| 11                    | 0                       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0         | 0.02      |
| 12                    | 4.56                    | 4.01    | 2.75    | 1.15    | 0.38     | 0         | 0         |
| 13                    | 0                       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0         | 2.12      |
| 14                    | 0                       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0         | 0         |
| 15                    | 0                       | 0       | 0       | 0       | 0        | 0         | 0         |

| 缓冲区(m)<br>Buffer zone | 建设后 After construction |         |         |         |          |           |           |
|-----------------------|------------------------|---------|---------|---------|----------|-----------|-----------|
|                       | 0~200                  | 200~400 | 400~600 | 600~800 | 800~1000 | 1000~2000 | 2000~5000 |
| 1                     | 7.52                   | 14.76   | 25.30   | 43.35   | 55.48    | 68.84     | 52.69     |
| 2                     | 3.08                   | 1.20    | 0.65    | 0.93    | 0        | 0         | 0         |
| 3                     | 2.23                   | 9.56    | 17.76   | 17.37   | 15.69    | 3.00      | 0         |
| 4                     | 7.29                   | 7.27    | 8.14    | 8.07    | 9.50     | 10.84     | 6.72      |
| 5                     | 0                      | 0       | 0.43    | 1.57    | 2.20     | 2.23      | 0.77      |
| 6                     | 0                      | 0       | 0.40    | 0.73    | 0.85     | 6.56      | 32.59     |
| 7                     | 7.02                   | 3.44    | 5.16    | 2.07    | 1.04     | 0.66      | 0.49      |
| 8                     | 0                      | 0       | 0       | 0       | 0.10     | 0.31      | 2.33      |
| 9                     | 0.61                   | 0       | 0       | 0       | 0        | 0         | 0.57      |
| 10                    | 0                      | 0       | 0       | 0       | 0        | 0.01      | 0.27      |
| 11                    | 0                      | 0       | 0       | 0       | 0        | 0         | 0.02      |
| 12                    | 0.31                   | 0.02    | 1.14    | 0.87    | 0.38     | 0         | 0         |
| 13                    | 0                      | 0       | 0       | 0       | 0        | 0         | 2.12      |
| 14                    | 25.50                  | 21.56   | 13.73   | 9.61    | 7.12     | 3.80      | 0.44      |
| 15                    | 46.45                  | 42.17   | 27.28   | 15.43   | 7.64     | 3.75      | 0.99      |

表中 1~13 分别代表 13 中景观类型 1~13 in the table stands for landscape type inferred front; 14:施工用地 Construction land; 15:淹没后形成的水域 Submerged region

水利工程建设前后,季风常绿阔叶林(1)、灌木林、思茅松林、山地雨林、季节雨林等植被类型以及整体覆盖率均呈现出随着缓冲距离增加而增大的规律性变化,其中季节常绿阔叶林、灌木林在最后一个缓冲区内面积比例减小,是由于此缓冲区总面积最大;竹林(7)、干热河谷稀树草丛(12)的分布特征与此相反;落叶季雨

林(3)随着缓冲距离的增加先增大后减小;与落叶季雨林相反,经济林(2)、裸岩(9)先减小而后增大。水利工程建设后新增水域与施工用地两种景观类型,呈现随缓冲距离增大而减小的规律。

区域不同缓冲区内,各种景观类型在水利工程修建之后,裸岩、山地雨林、云南松林、草丛等4种景观类型面积没有变化,水域面积与施工占地面积增大,其余景观类型面积均有所减小。在最后一个缓冲区内,水域与施工用地面积均达到最大值。经调查发现,保护区被淹没的景观类型包括季风常绿阔叶林、落叶季雨林、思茅松林、竹林、干热河谷稀树草丛、灌木林、农地等,其中以落叶季雨林面积最大,竹林面积次之<sup>[18]</sup>;施工用地占用的植被类型以竹林、季风常绿阔叶林、农地、落叶季雨林为主,少部分经济林。与此相对应,在各缓冲区内,竹林、农地、落叶季雨林、季风常绿阔叶林等面积减少量最多。

从不同景观类型的变化幅度看,缓冲区800~5000m范围内,各景观组分的变化幅度趋于和缓。

计算各缓冲区内人为干扰指数,得到图2。水利工程建设后,干扰度指数均增大。区域干扰度指数在800m时出现第一个突变,即建设前干扰度指数降至最低,且在前3个缓冲区内,建设后干扰度指数均增大1倍。

### 3.2 水利工程建设对区域景观格局的影响

应用软件Fragstst3.3,计算水利工程建设前后景观指数的变化,评价工程建设对区域景观格局的影响。

由图3,斑块密度随缓冲距离的增加呈先增大后减小的规律,600m处斑块密度值最大,表明在600m范围内水利工程对区域生态系统的扰动最大。缓冲距离1000m以外,斑块密度急剧下降。

在1000m范围内,分维数随缓冲距离增加大体呈下降的趋势,表明区域受到较强的人为干扰;但在各缓冲区内,水利工程建设后分维数表现出时增时减的不规律的变化,表明区域受到的人为干扰存在差异。缓冲距离1000m以外分维数逐渐增大,表明区域的人为干扰逐渐减弱,逐步开始向自然因素影响过渡<sup>[2]</sup>。

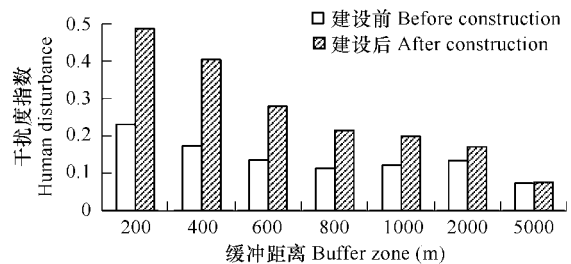


图2 不同缓冲距离的干扰度指数

Fig. 2 Human disturbance in different buffer zone

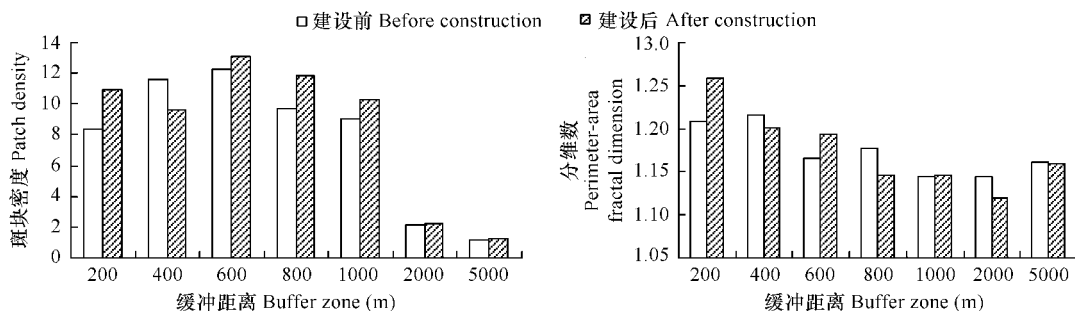


图3 水利工程建设前后,不同缓冲距离斑块密度与分维数的变化

Fig. 3 Changes of patch density and PAFRAC in different buffer zone before and after construction

随着缓冲距离的增大,水利工程对区域景观优势度、聚集度、分离度以及多样性指数的影响呈现以下3种情况:

(1) 优势度指数与聚集度指数呈现相似的变化规律,水利工程建设后,优势度、聚集度指数随缓冲距离增加先增大;在400~2000m缓冲范围内,优势度指数减小,2000m以外增大,而聚集度指数在此范围内减小。主要是由于400m缓冲距离以内,水利工程建设前,区域各景观类型中落叶季雨林、竹林、季风常绿阔叶林等占有较大比例;而在工程建设后,水域面积所占的比例突出,其次为施工用地,因而景观优势度与聚集度比建设前大。

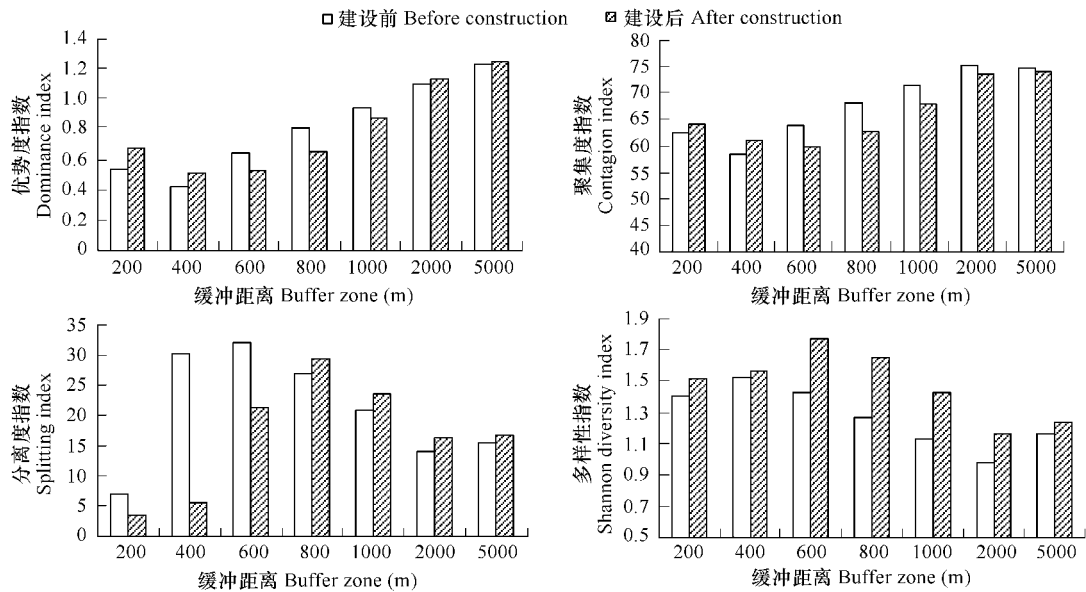


图 4 不同缓冲距离优势度、聚集度、分离度以及多样性指数的变化  
Fig. 4 Changes of LDI, CONTAG, SPLIT and SHDI in different buffer zone

(2)水利工程建设后分离度指数减小,缓冲距离 800m 以外增大。由表 2,在前 3 个缓冲区内,工程建设后景观类型由水域与施工用地主导,各景观类型邻接分布,区域内景观类型的分散程度降低,分离度减小。缓冲距离 800m 范围内,分离度的变化量较大,表明工程建设对区域生态系统有较大的扰动。

(3)多样性指数增大。水利工程建设使区域景观类型增加了水域、施工用地,且各景观类型所占比例相差较大。由图 4 可以看出,缓冲距离 600 ~ 800m 范围内,多样性指数变化较大。

综合分析水利工程建设影响下,各景观指数的变化情况。可以看出,800m 缓冲范围内,各景观指数变化较为明显。

#### 4 水利工程建设对区域生态质量的影响

##### 4.1 指标权重的确定

针对指标层逐项就任意两个评价指标进行比较,根据专家意见确定它们的相对重要性并赋以相应的分值,得到判断矩阵(见表 3)<sup>[6, 14]</sup>。

检验判断矩阵的随机一致性指标  $CR < 0.1$ ,矩阵具有满意一致性, $w$  中的权重可以应用。对于糯扎渡自然保护区而言,各指标的权重分别为:自然性 0.2079,多样性 0.1481,稳定性 0.2374,人为干扰性 0.4065。

对于指标层 C,稳定性指标下的优势度指数、聚集度指数、分离度指数的贡献率一致,其权重均为 0.33;人为干扰性指标下的干扰度指数、分维数、斑块密度权重均为 0.33。

##### 4.2 糯扎渡自然保护区综合生态评价指数

水利工程建设对保护区的主要影响集中在 5000m 的缓冲区内,面积占保护区总面积的 86.29%。借鉴相关研究<sup>[2]</sup>,综合分析水利工程对景观结构与景观格局的影响,确定 800m 为水利工程的有效影响范围,并以此作为评价区域范围,研究水利工程建设对区域生态质量的影响。

指标体系中各单项指标的标准化<sup>[19]</sup>:指标标准化定量均在 0 ~ 5 之间,标准化的量化公式为  $P_i = \left( \frac{E_i - E_{\min}}{E_{\max} - E_{\min}} \right) \times 5$ ,其中  $P_i$  为第  $i$  级的分级标准化值,

表 3 糯扎渡自然保护区评价指标权重的确定  
Table 3 Determination of evaluation index weight of Nuozhadu Nature Reserve

|    | A | B1  | B2 | B3 | B4  | $W_i$  |
|----|---|-----|----|----|-----|--------|
| B1 |   | 1   | 2  | 1  | 1/3 | 0.2079 |
| B2 |   | 1/2 | 1  | 1  | 1/3 | 0.1481 |
| B3 |   | 1   | 1  | 1  | 1   | 0.2374 |
| B4 |   | 3   | 3  | 1  | 1   | 0.4065 |

$E_{\min}$ ,  $E_{\max}$  分别为参评指标的最小值、最大值。

综合区域各指标权重与各指标取值  $P_i$ , 计算区域生态综合质量: 水利工程建设前, 区域生态质量为 0.6906; 水利工程建设后, 生态质量为 0.6168, 生态质量降低了 0.0739。

根据郑允文等<sup>[9]</sup>划分的评判各自然保护区的生态质量等级:  $0.86 \leq CEI \leq 1.00$ , 生态质量很好;  $0.71 \leq CEI \leq 0.85$ , 生态质量较好;  $0.51 \leq CEI \leq 0.70$ , 生态质量一般;  $0.35 \leq CEI \leq 0.50$ , 生态质量较差;  $CEI \leq 0.35$ , 生态质量很差。水利工程建设前后, 区域生态质量均处于 0.51 ~ 0.70 之间。

## 5 结论与讨论

本文通过研究水利工程建设对保护区生态环境的影响, 得到以下结论: 糯扎渡水电站建设引起区域景观结构的变化, 不同缓冲区对比分析结果显示, 水利工程建设对落叶季雨林、竹林、季风常绿阔叶林等景观类型影响较大; 水利工程使得区域景观格局异质性增强, 缓冲距离 800m 范围内, 斑块密度、多样性增大, 优势度、聚集度、分离度减小; 水利工程建设前后, 区域生态质量评价表明, 糯扎渡水电站的建设小幅降低了区域生态质量, 但区域生态质量等级没有降低。

目前, 保护区存在的主要问题是: 人为干扰强烈, 糯扎渡水电站在保护区内开始施工, 对保护区内环境和生物资源造成干扰与影响; 未来水库正常蓄水后, 将淹没澜沧江东岸部分核心区面积, 对核心区的生境有一定的威胁。鉴于以上问题, 有关部门应从保护区的实际出发, 加强区域自然资源和自然环境的有效管理, 减少人为干扰和破坏; 通过功能区划, 使保护区在区域上有完整的保护体系, 发挥巨大的生态功能; 加强基础设施建设, 完善管护、监测和环保措施, 提高管理能力。

本文应用缓冲区分析研究了水利工程对保护区景观格局的影响, 并据此确定了生态评价的有效范围, 以此确定的范围能够突出大型水利工程的影响及其生态效应。研究将保护区的生态评价与景观生态学相结合, 建立了基于景观水平的指标评价体系, 评价了水利工程建设对保护区的生态影响。但由于评价研究中所确定的有关生态方面的评价标准缺乏充分的科学依据, 也不具有统一性, 评价结果的可比性和科学性尚需进一步研究。

## References:

- [1] Wu J S, Liu H Q, Liu X M. Stress of surrounding areas landscape fragmentation on Tongguling Nature Reserve. *Chinese Journal of Ecology*, 2006, 25(4): 405—409.
- [2] Zeng H, Kong N N, Li S J. Human impacts on landscape structure in Wolong Natural Reserve. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(12): 1994—2001.
- [3] Guo Q Y, Li C H, Cui B S, *et al.* The impacts of the Laxiwa Dam on regional eco-environment. *Journal of Natural Resources*, 2003, 18(1): 50—57.
- [4] Zhang W J, Wang X W, Wang B, *et al.* Impacts of Heishanxia Hydroelectric Development along Yellow River to Regional Landscape Pattern. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2006, 20(5): 162—165.
- [5] Sun Z F, Dong Z C. Ecological effect analysis for a water conservancy project. *Water Resources and Hydropower Engineering*, 2004, 35(4): 5—8.
- [6] Guo Q X, Wang T M. Landscape ecological evaluation of Fenglin Nature Reserve: Quantification and interpretation. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2005, 16(5): 825—832.
- [7] Cao S S, Yu Q G, Qian D R, *et al.* Nuozhadu Nature Reserve. Kunming: Yunnan Science & Technology Press, 2003.
- [8] Wu J G. *Landscape Ecology — pattern, process, scale and grade*. Beijing: Higher Education Press, 2000.
- [9] Zheng Y W, Xue D Y, Zhang G S. Study on ecological evaluation criteria and standards for nature reserve in China. *Rural Eco-Environment*, 1994, 10(3): 22—25.
- [10] Guo Q X, Chen H W, Xu X T, *et al.* Assessment of the regional landscape ecological impact with project of controlling desertification in the southern suburb of Datong City. *Transactions of the CSAE*, 2007, 23(3): 69—74.
- [11] Xia J H, Yan Z M, Jiang C F. Comprehensive assessment index system of ecosystem riparian zone. *Advances in Water Science*, 2005, 16(3): 345—348.

- [12] O'Neil R V, Krumme J R, Gardner R H, *et al.* Indices of landscape pattern. *Landscape Ecology*, 1988, 1(3): 153—162.
- [13] Qiu P H, Xu S J, Xie G Z, *et al.* Analysis on the ecological vulnerability of the western Hainan Island based on its landscape pattern and ecosystem sensitivity. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(4): 1257—1264.
- [14] Xu H, Qian Y, Peng B Z, *et al.* Ecological Evaluation on Yaoluoping Nature Reserve in Anhui Province. *Agro-environmental Protection*, 2002, 21(4): 360—364.
- [15] Yang R Q, Xiao Y. The Ecological Evaluation of Taibaishan National Nature Reserve. *Journal of Anhui Agricultural University*, 2007, 34(1): 97—102.
- [16] Wan N F, Jiang J X, Xu J X, *et al.* Application of the analytic hierarchy process to pest management in the rice fields of Shanghai City. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(11): 2997—3002.
- [17] He C Q, Cui B S, Zhao Z C. Ecological evaluation on typical wetlands in Jilin Province. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2001, 12(5): 754—756.
- [18] Yu Q G, Cao S W, Hua C L. Inventory of Vegetation at the Flooded Area After the construction of Hydroelectric Station in Nuozhadu Nature Reserve of Yunnan. *Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences Edition)*, 2004, 28(2): 80—82.
- [19] Jia Y H, Zhao J, Nan Z R, *et al.* Ecological safety assessment of grassland based on entropy-right method: A case study of Gansu pastoral area. *Chinese Journal of Ecology*, 2006, 25(8): 1003—1008.

#### 参考文献:

- [1] 吴计生, 刘惠清, 刘小曼. 周边区域景观破碎对铜鼓岭国家级自然保护区的压力分析. *生态学杂志*, 2006, 25(4): 405~409.
- [2] 曾辉, 孔宁宁, 李书娟. 卧龙自然保护区人为活动对景观结构的影响. *生态学报*, 2001, 21(12): 1994~2001.
- [3] 郭乔羽, 李春晖, 崔保山, 等. 拉西瓦水电工程对区域生态影响分析. *自然资源学报*, 2003, 18(1): 50~57.
- [4] 张文静, 王小文, 王兵, 等. 黄河黑山峡水电开发建设对区域景观格局的影响. *水土保持学报*, 2006, 20(5): 162~165.
- [5] 孙宗凤, 董增川. 水利工程的生态效应分析. *水利水电技术*, 2004, 35(4): 5~8.
- [6] 国庆喜, 王天明. 丰林自然保护区景观生态评价: 量化与解释. *应用生态学报*, 2005, 16(5): 825~832.
- [7] 曹善寿, 喻庆国, 钱德仁, 等. 糯扎渡自然保护区. 昆明: 云南科技出版社, 2004.
- [8] 邬建国. 景观生态学-格局、过程、尺度与等级. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [9] 郑允文, 薛达元, 张更生. 我国自然保护区生态评价指标和评价标准. *农村生态环境(学报)*, 1994, 10(3): 22~25.
- [10] 郭青霞, 陈焕伟, 许孝堂, 等. 大同市南郊区治沙工程对区域景观生态影响的评价. *农业工程学报*, 2007, 23(3): 69~74.
- [11] 夏继红, 严忠民, 蒋传丰. 河岸带生态系统综合评价指标体系研究. *水科学进展*, 2005, 16(3): 345~348.
- [13] 邱彭华, 徐颂军, 谢跟踪, 等. 基于景观格局和生态敏感性的海南西部地区生态脆弱性分析. *生态学报*, 2007, 27(4): 1257~1264.
- [14] 徐慧, 钱谊, 彭补拙, 等. 鹧鸪坪国家级自然保护区生态评价研究. *农业环境保护*, 2002, 21(4): 360~364.
- [15] 杨瑞卿, 肖扬. 太白山国家级自然保护区的生态评价. *地理学与国土研究*, 2000, 16(1): 75~78.
- [16] 万年峰, 蒋杰贤, 徐建祥, 等. 层次分析法在上海市农田有害生物治理中的应用. *生态学报*, 2005, 25(11): 2997~3002.
- [17] 何池全, 崔保山, 赵志春. 吉林省典型湿地生态评价. *应用生态学报*, 2001, 12(5): 754~756.
- [18] 喻庆国, 曹顺伟, 华朝朗. 云南糯扎渡保护区电站建设水淹区植被资源调查. *南京林业大学学报(自然科学版)*, 2004, 28(2): 80~82.
- [19] 贾艳红, 赵军, 南忠仁, 等. 基于熵权法的草原生态安全评价-以甘肃牧区为例. *生态学杂志*, 2006, 25(8): 1003~1008.

52

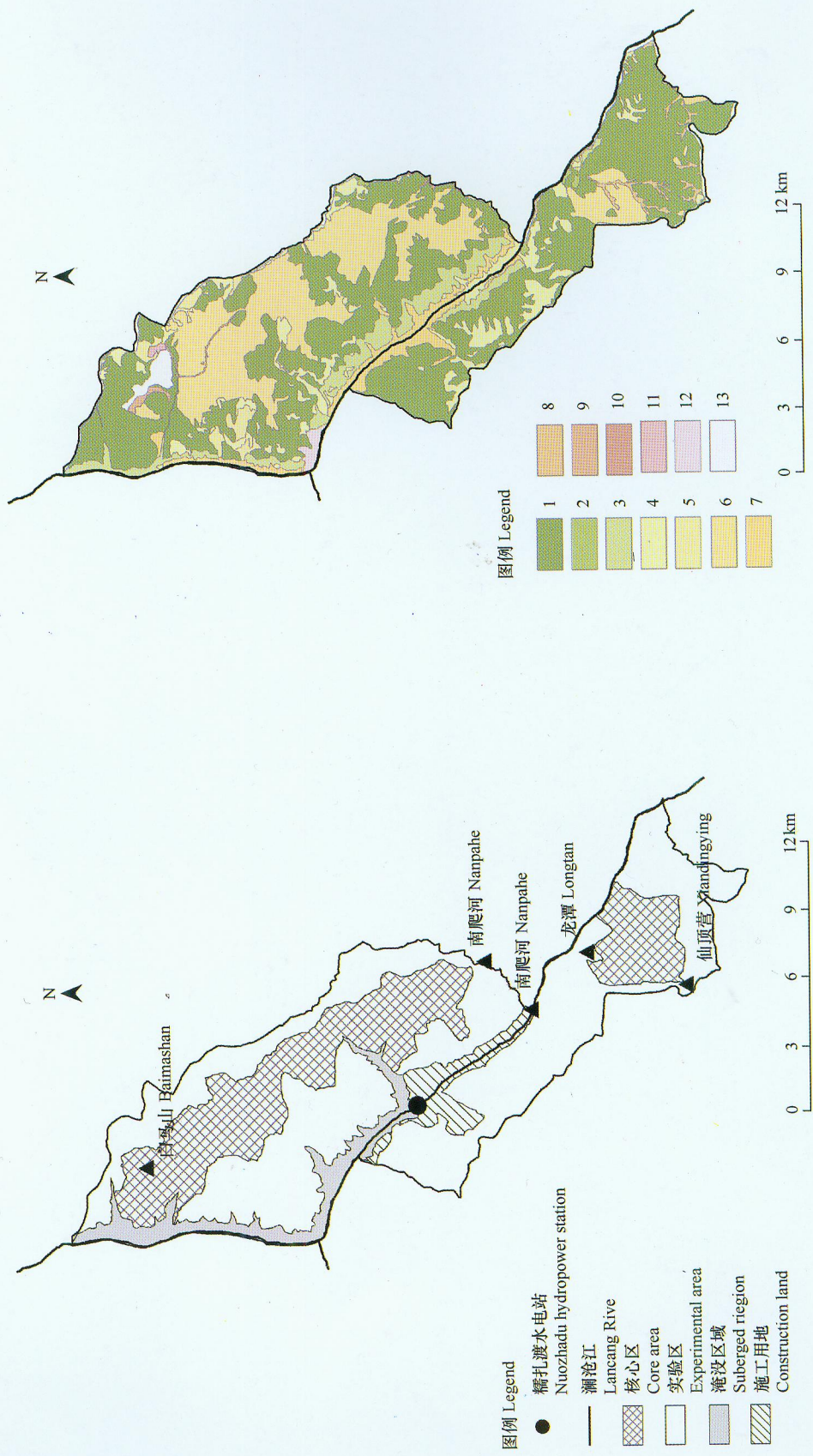


图1 糯扎渡自然保护区功能区划与植被分布图  
Fig 1 Zoning of Nuozhadu Nature Reserve and vegetation map