

# 基于 GIS 的帽儿山景观生态综合评价

孔 达, 龚文峰

(黑龙江大学 水利电力学院, 哈尔滨 150086)

**摘 要:**景观生态综合评价对区域区划有重要的意义,以黑龙江帽儿山为例,以 2006 年林相分布图、Landsat TM 遥感数据、地形图、二类调查数据和其他数据材料为数据源,以 GIS 为技术手段,选取景观类型破碎度、景观形状指数、土壤侵蚀类型、地形因素(坡度)、土地利用类型、植被盖度指数与气象因子(年降水量)7 个指标对研究区域进行景观生态综合评价,在此基础上进行景观生态区划。研究结果表明:(1)全面分析景观生态综合评价指数并进行分级处理和景观区划,分为 I、II、III、IV 和 V 级区域,分别代表好、较好、中、较差和差 5 个级别;(2)不同景观生态综合评价区域面积所占比例的排列顺序为:II > III > IV > I > V, II 级区域所占的比例最大,在整个研究区域中占据绝对的优势,区域景观生态质量属于较好水平;(3)景观生态质量垂直分异明显,第一、二高程带的景观质量较好, II 级区域在一、二高程带所占比例较大,在第二高程带达到最大,第三、四和五高程带的景观质量较差。可见基于 DEM 模型和景观生态综合评价揭示景观生态质量的空间特征。

**关键词:**景观指标;景观生态综合评价;景观综合评价模型;生态环境质量

中图分类号:F323.212

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2010)04-0139-05

## Integrated Landscape Ecology Evaluation of Maorshan Farmland Based on GIS

KONG Da, GONG Wen-feng

(College of Hydraulic and Electrical Engineering, Heilongjiang University, Harbin 150086, China)

**Abstract:** Landscape ecology evaluation had important significance to regionalization. Maorshan farmland of Heilongjiang Province was taken as example, based on GIS techniques, the data of forest distribution map of 2006, Landsat TM images, topographic map, the second survey data and others were used in this paper. Seven indices such as landscape type, landscape shape index, soil erosion type, terrain factor (slope), land use type, vegetation cover index and weather factor (rainfall) were selected in this model. On this basis, the integrated landscape ecology evaluation was made in the study area, according to the results of integrated landscape ecology evaluation, the landscape ecology planning was finished. The results showed that: the index of integrated landscape ecology was analyzed and reclassified, the landscape ecology planning was made, there were I, II, III, IV and V grade regions, which mean better, good, medium, bad and worse; the area proportion sequence of different integrated landscape ecology evaluation region was II > III > IV > I > V, the area proportion of II grade region was the largest of the study area, the region eco-environment quality was good. The vertical differences of eco-environment quality were evident, the region eco-environment quality of first and second elevation level was good, the area proportion of II grade region was larger of this region, which was largest in second elevation level, the region eco-environment quality of the third, fourth and fifth elevation level was bad. It was very clear that the result of DEM combined to integrated landscape ecology evaluation could reveal the spatial distribution characteristics of landscape ecological quality.

**Key words:** landscape index; integrated landscape ecology evaluation; integrated landscape ecology evaluation model; ecological environment quality

景观利用在“垂直”方向不适宜的匹配(如陡坡垦殖)和在“水平”方向不合理的空间布局(如景观碎裂

化)<sup>[1]</sup>,造成坡地区域水土流失和自然生态环境破坏,从而导致其景观生态质量退化。为了合理调整景观

收稿日期:2010-01-26

资助项目:黑龙江省教育厅项目(11531294)

作者简介:孔达(1963-),男,黑龙江人,副教授,主要研究方向:土地利用与 GIS 应用。E-mail:kongda2008@163.com

通信作者:龚文峰(1971-),男,河南人,副教授,研究方向:土地利用与 GIS 应用。E-mail:gwfl01@163.com

利用格局,维持高质量的景观生态水平,对景观生态现状进行评价和景观生态规划,促使景观的优化利用与其生态条件相适应、相协调,并维持景观生态健康发展。本文在地理信息系统(GIS)技术支持下,以景观生态学为理论基础,以土地利用类型单元为评价单元,研究景观格局对生态过程的影响<sup>[2-5]</sup>,对研究区域的景观生态质量现状进行分析和综合评价,国内的研究主要侧重于基于景观分析和综合评价上,并提出景观资源合理利用的方案<sup>[6-7]</sup>。但借助于数字高程模型(DEM),通过 DEM 和景观生态评价进行叠加处理,完成研究区域的景观生态质量的地域分异规律的这方面研究较少,因此,基于 DEM 的景观生态评价分异规律可真实反映景观生态质量的空间特征,反映环境状况的区域性差异,对其景观生态环境的改善及可持续发展都具有重要意义。

## 1 研究区域

帽儿山实验林场位于黑龙江省尚志市帽儿山镇境内,经纬度坐标为  $45^{\circ}20' - 45^{\circ}35' N$ ,  $126^{\circ}20' - 126^{\circ}25' E$ 。帽儿山实验林场东部以自然山脉与尚志市黑龙宫、小九林场相邻,南部以哈绥铁路与国营林场局所辖的帽儿山林场为界,西部和北部以自然分水岭为界与阿城市平山林场、山河林场相接壤,共划分 10 个森林经营施业区。发源于本场尖砬沟、老岭施业区的阿什河,自北向南贯穿于本场施业区。该区域是大陆性气候,四季比较分明,年平均温度为  $2.8^{\circ}C$ ,无霜期为  $120 \sim 140 d$ ,年降水量为  $723.8 mm$ ;本区土壤条件较好,暗棕壤土面积占的比重比较大,有机质含量较高。植物生长期较长,适宜于农、林、牧业的发展。

## 2 研究方法

### 2.1 数据收集

研究以 2006 年 1:5 000 的林相分布图和 Landsat TM 遥感数据为主要数据源,同时还收集到 1990 年 1:5 000 的国家标准分幅地形图、固定样地数据、二类调查数据和其它的文字、数据材料。

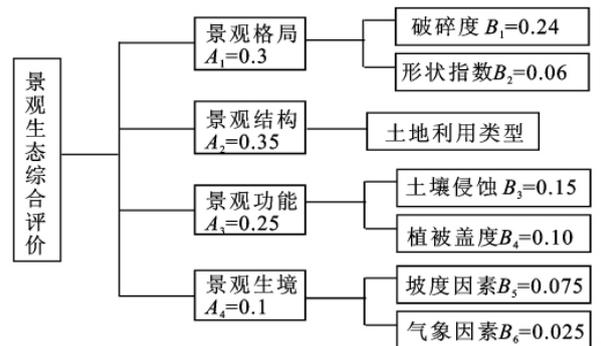
### 2.2 数据处理

将 2006 年帽儿山林场的林相分布图进行扫描,选取控制点对图像进行校正,并保证精度,在 ArcGIS 9.0 下对校正后的图像矢量化,在属性库中输入小班号,同时,在属性库上添加一个与外部空间数据库相连接的通用字段,通过该字段,以便与外部空间数据库进行连接,以实现林相图的属性库和外部空间数据库的连接,进一步完善其属性信息,从而实现主要土地的

自然生态和利用属性划分<sup>[8]</sup>,进而完成对土地类型的划分。利用 ArcGIS 9.0 对地形图进行几何校正并对其矢量化并获取高程值,在该软件的支持下,生成 DEM,并派生出坡度等数据。借助 ERDAS IMAGINE 遥感图象处理软件,在 1:5 000 的地形图选取地面控制点和采用多项式方法对 Landsat TM 图像进行几何校正,保证总体误差均控制在一个像元点之内,此外还进行增强等处理。根据研究区域的边界,对图像进行剪裁。

### 2.3 研究方法及技术路线

2.3.1 景观评价指标和权重 在综合区域景观生态综合评价和景观区划的基础上,运用层次分析法构造评价指标层次结构。指标体系的建立包括层次结构模型的构建和因子权重的定量化表达,见图 1。



### 2.3.2 评价指标

#### (1) 景观类型破碎度指数 (LTFI)

$$I_{LTF} = \frac{N_i}{A_i} \quad (i=1, \dots, m) \quad (1)$$

式中:  $I_{LTF}$ ——景观类型破碎度指数  $A_i$ ——景观类型  $i$  的总面积 ( $hm^2$ );  $N_i$ ——景观类型  $i$  的斑块数。该指数揭示了景观要素被分割的破碎程度,反映景观空间结构的复杂性和人类活动对景观结构的影响程度。对计算结果、数据进行重新分类和等级划分,分为 5 个等级,生成 GRID 格式的数据。

#### (2) 景观形状指数 (LSI) $I_{LS}$

$$I_{LS} = \frac{e_i}{mine_i} \quad (2)$$

式中:  $I_{LS}$ ——景观形状指数;  $e_i$ ——景观类型  $i$  所有斑块的周长 (m);  $mine_i$ ——景观类型  $i$  最小周长 (m)。该指数主要反映斑块形状的复杂程度,它是景观空间格局中一个很重要的特征,对于研究功能如景观中物质的扩散、能量的流动和物质的转移等情况有非常重要的意义<sup>[9]</sup>。同样,对结果进行重新分类和 5 个等级的划分,生成 GRID 格式的数据。

(3) 土壤侵蚀类型。水力侵蚀是区域内主要侵蚀类型, 侵蚀程度越大, 环境质量越差。土壤侵蚀数据来自于中国科学院遥感所利用 Landsat TM (30 × 30) 假彩色合成数字影像完成的全国土壤侵蚀遥感调查数据。根据研究区域和研究的需要, 土壤侵蚀的类型采用 6 个等级量化指标, 主要分为微度、轻度、中度、强度、极强度和剧烈。

(4) 地形因素(坡度)。在地形因子中, 坡度对水土流失影响最大。通常情况下, 侵蚀量和坡度呈正相关。本文在 ArcGIS 9.0 的支持下, 从 DEM 上提取坡度, 按照 < 5°、5°~8°、8°~15°、15°~25° 和 > 25° 坡度等级进行划分, 对坡度数据进行重新分类, 最后生成 GRID 格式的坡度分级图。

(5) 土地利用类型。土地覆盖具有特定的时间和空间属性, 土地利用状况集中反映了人类活动对生态环境的干扰程度, 是土地形态和特征多种形式在时空格局上的变化, 结合区域生态环境实际情况, 可以将土地利用状况对生态环境质量影响的有利顺序为: 林地 > 草地 > 水体 > 旱地 > 城镇居民点和交通工矿用地 > 未利用土地<sup>[10]</sup>, 按照此顺序, 对土地进行等级上的量化处理。

(6) 植被盖度指数。植被是抑制侵蚀发生、发展的主要自然因素, 植被覆盖度是水土流失因素中最为活跃的因素, 本文通过 Landsat TM 对研究区域的植被指数进行定量反演, 进而计算植被盖度, 根据植被盖度等级 < 25%、25%~40%、40%~60%、60%~80% 和 > 80% 进行 5 个等级的划分, 对数据进行重新分类, 最后生成 GRID 格式的坡度分级图。

$$I_{NDV} = \frac{TM_4 - TM_3}{TM_4 + TM_3} \quad (3)$$

$$F_c = \frac{I_{NDV} - I_{NDVmin}}{I_{NDVmax} - I_{NDVmin}} \quad (4)$$

式中:  $I_{NDV}$ ——植被指数;  $TM_4$ ——近红外波段;  $TM_3$ ——红波段;  $F_c$ ——植被盖度。

(7) 气象因子(年降水量)。降水量影响植被的生长状况, 本文主要借助观测站提供的地理坐标和年降水量数据, 通过内插的方法生成研究区域的年降雨量, 根据降雨量的不同, 采用数据间隔相等的原则重新分类并划分为 5 个等级, 最后生成的 GRID 格式。

2.3.3 数据标准化 由于各指标性质不同, 量纲各异, 需要实现统一标准下的定量化表达, 使其在参与多因子综合分析时, 保持因子要素间的均衡与合理性<sup>[11]</sup>。各个参评因子数据经标准化处理后, 是一组反映其属性特征的数值, 其值居于 0~1 之间。

$$\omega_i = \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad (5)$$

式中:  $\omega_i$ ——某一参评因子第  $i$  级标准化值;  $x_i$ ——某一参评因子第  $i$  级值;  $x_{max}$ ——某一参评因子最高阈值;  $x_{min}$ ——某一参评因子最低阈值。

2.3.4 景观综合评价模型 采用多级加权求和的方法, 实现对区域的景观生态综合评价的定量化分析。加权求和的综合评价指数用式(6)计算<sup>[10]</sup>:

$$e_p = 10 \times \sum_{i=1}^m \omega_i c_i \quad (6)$$

式中:  $e_p$ ——第  $p$  个分析单元的景观生态综合评价指数;  $\omega_i$ ——第  $i$  个专题指标要素经过标准化处理后的定量表达值;  $c_i$ ——反映该专题要素对于综合评价重要性的权重值;  $m$ ——参与景观生态综合评价的专题指标要素的数量, 在此基础上, 根据综合评价的结果, 进而统计和分析研究区域的景观生态环境质量状况。

### 3 结果与分析

#### 3.1 景观生态综合评价分级

景观生态评价综合指数代表了景观生态质量状况<sup>[11]</sup>。研究区域的景观生态综合指数分布范围在 1.125~9.313。在全面分析综合指数的基础上, 为了便于比较, 将景观生态评价综合指数进行分级处理, 在此基础上, 区划为不同的景观生态区域, 其结果不仅体现不同等级的综合评价指数的分级空间分布特征, 而且还能够反映环境状况的区域性差异。分级结果如下: I 级区域(综合指数为 7.138~9.313), II 级区域(综合指数为 5.378~7.138), III 级区域(综合指数为 4.323~5.378), IV 级区域(综合指数为 3.203~4.323), V 级区域(综合指数为 1.125~3.203), 分级结果分别代表好、较好、中、较差和差 5 个级别, 见图 2。

#### 3.2 景观生态综合评价数量结构分析

从表 1 可以看出, II 级区域面积占到 82.29%, 所占的比例最大, 在整个研究区域中占据绝对的优势; 其次是 III 级区域, 其分布面积也较大, 面积百分比占到 14.28%; 再次是 IV 级区域和 I 级区域, 分布较小, 面积百分比分别为 1.84% 和 1.25%; 面积分布最小的为 V 级区域, 面积百分比仅为 0.33%。就总体来说, 研究区域的景观生态质量属于较好的水平。

#### 3.3 景观生态评价与 DEM 的叠加

高程是衡量地形分异的主要属性特征, 可以直接影响热量变化, 同时也是决定景观其它要素分异(如土壤、小气候和水文等)的主导因子。因此, 在 ArcGIS 9.0 的支持下, 分析研究区域地形数据, 对其 DEM 进行高程分带处理, 基本原则是数据间隔相等<sup>[12]</sup>, 分为 5 个高程带, 在此基础上与景观生态综合

评价结果进行叠加处理,并结合土地利用状况,建立起景观生态区划在高程上的分布系列,真实反映景观生态质量的空间特征。

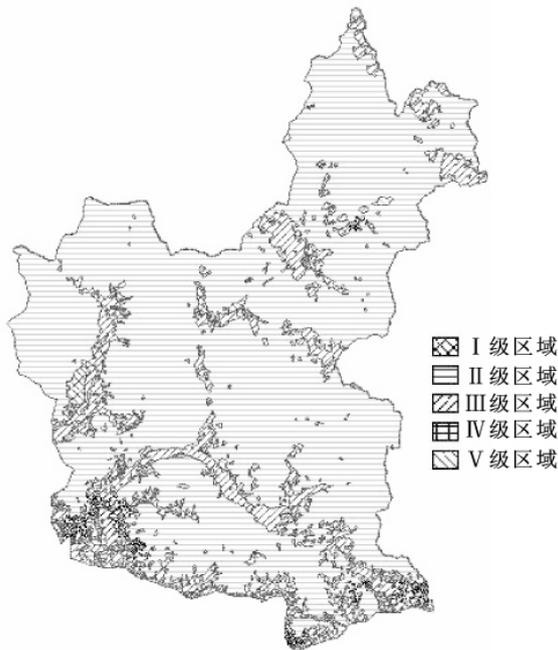


图2 研究区域景观生态综合评价分级图

表1 研究区域景观生态综合评价区划

综合评价分级	栅格数据	面积/hm <sup>2</sup>	所占百分比/%
I级区域	3679	331.11	1.25
II级区域	241629	21746.61	82.29
III级区域	41944	3774.96	14.28
IV级区域	5398	485.82	1.84
V级区域	977	87.93	0.33

第1高程带(249~362 m):景观生态评价区域所占面积的排列顺序为:II>III>IV>I>V,所占比例分别为:20.236%,10.627%,1.808%,0.979%和0.177%。II级区域所占的面积百分比最大,V级区域所占的面积百分比最小。从土地利用状况出发,对于I级区域而言,其对应的土地利用类型是有林地,森林景观是重点生态公益林,属于天保林,该森林景观具有良好的涵养水源,景观生态质量好主要归功于天保工程;对于V级区域而言,其对应的土地利用类型多数为采伐迹地,此外还有一部分的荒山荒地,该区域容易受到外界的干扰,土地开发利用程度较高,立地条件差,生态功能比较脆弱,造成景观生态质量差。就总体而言,该高程带景观生态质量处于较好的水平。

第2高程带(362~475 m):景观生态评价区域所占面积的排列顺序为:II>III>I>V>IV,面积百分比分别为:32.585%,1.903%,0.273%,0.116%和0.0286%。II级区域所占的面积百分比最大,IV级

区域所占的面积百分比最小。对于I级区域而言,其对应的土地利用类型同样为有林地,森林景观主要是水土保持林和水土涵养林,同样属于天保林,该区域一般人为干扰相对较少,保留部分完整原始森林景观结构,具有良好的水土保持作用,景观生态质量好;对于V级区域其对应的土地利用类型为荒山荒地,该区域是一些陡坡旱地、撂荒地以及受到农牧民砍伐、过度放牧后退化所形成,水土流失较为严重,景观生态质量差,人为活动是景观生态质量差的主要原因;对于IV级区域而言,其对应的土地利用同样为荒山荒地,具体情形和V级区域基本相似。就总体而言,该高程带景观生态质量处于较好的水平,II级区域在该高程带分布区域达到了最大。

第3高程带(475~588 m):景观生态评价区域所占面积的排列顺序为:II>III>V>IV>I,其面积百分比分别为:21.078%,0.910%,0.0194%,0.0017%和0.0007%。II级区域所占的面积百分比最大,I级区域所占的面积百分比最小。在该高程带,V级区域所占的面积百分比相对要远远大于I级区域。对于I级区域而言,其对应的土地利用类型是一些水土保持林,同样属于天保林,但是分布面积相对很小;对于V级区域,其对应的土地利用类型为除了荒山荒地外,还有部分未利用地。除了人为干扰因素外,加上自然环境因素,主要表现为水土流失较严重,景观生态质量差,但是该区域分布相对较小。II级区域在该高程带分布较大,就总体而言,该高程带景观生态质量处于较好的水平。

第4高程带(588~701 m):景观生态评价区域所占面积的排列顺序为:II>III>V>IV,其面积百分比分别为:7.542%,0.791%,0.0133%,0.000341%。II级区域所占的面积百分比最大,I级区域在该高程带没有分布。IV级区域在该高程带所占面积百分比最小,V级区域次之,其对应的土地利用类型主要是未利用地和裸露地,未利用地所占比重较大,景观生态质量显然很差。

第5高程带(701~814 m):景观生态评价区域所占面积的排列顺序为:II>III>V,其面积百分比分别为:0.851%,0.0535%,0.007153%。II级区域所占的面积百分比最大,I和IV级区域在该高程带没有分布,V级区域在该高程带所占面积百分比最小,其对应的土地利用类型主要是裸露地(裸露岩石)等,故其生态环境质量差,自然环境条件是造成该区域景观生态质量差的主要原因。

总体而言,I级区域在第一、二和三高程带都有分布,并且在第一高程带达到最大;II级区域在各高

程带都有分布,且占据较大的比重,在第二高程带达到最大,第三高程带次之,第五高程带最小;Ⅲ级区域同样在各高程带都有分布,占有一定的比重,在第一高程带达到最大,第三高程带最小;Ⅳ级区域在第一、二、三和四高程带都有分布,在第一高程带达到最大,第四高程带最小;Ⅴ级区域在各高程带都有分布,但是所占比重较小,并且在第一高程带达到最大,第五高程带达到最小,见图 3。

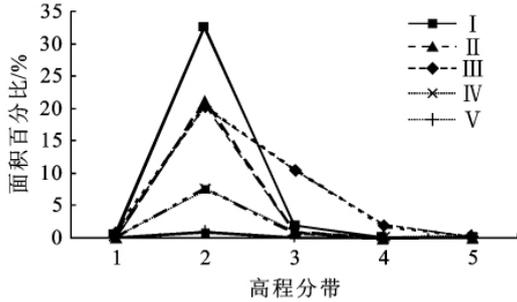


图 3 研究区域景观生态综合评价分级图在高程分带的分布

## 4 结论

利用 GIS 为手段对研究区域进行区域生态性景观生态综合评价,改变了以往花费大量人力和物力为代价获取环境背景数据的传统做法,具有数据获取相对容易、信息丰富、分析快速的优点<sup>[13-15]</sup>。

(1)景观类型破碎度、景观形状指数、土壤侵蚀类型、地形因素(坡度)、土地利用类型、植被盖度指数与气象因子(年降水量)等 7 个指标对研究区域进行景观生态综合评价,其评价结果与实际情况基本一致。

(2)在全面分析景观生态综合评价指数的基础上,对景观生态评价综合指数进行分级处理,进行景观生态区划,划分的等级为:Ⅰ级区域、Ⅱ级区域、Ⅲ级区域、Ⅳ级区域和Ⅴ级区域,分级结果分别代表好、较好、中、较差和差 5 个级别,该结果体现了不同等级的综合评价指数的分级空间分布特征,在一定程度上反映环境状况的区域性差异。

(3)研究区域景观生态综合评级区域所占面积百分比的排列顺序为:Ⅱ>Ⅲ>Ⅳ>Ⅰ>Ⅴ,Ⅱ级区域所占的比例最大,在整个研究区域中占据绝对的优势,因此,研究区域的景观生态质量属于较好的水平。

(4)Ⅰ级区域在第一、二和三高程带都有分布,在第一高程带达到最大;Ⅱ级区域在各高程带都有分布,且占据较大的比重,在第二高程带达到最大,第

五高程带最小;Ⅲ级区域在各高程带都有分布,占据一定的比重,在第一高程带达到最大,第三高程带最小;Ⅳ级区域在第一、二、三和四高程带都有分布,在第一高程带达到最大,第四高程带最小;Ⅴ级区域在各高程带都有分布,但是所占比重较小,并且在第一高程带达到最大,第五高程带达到最小。

参考文献:

- [1] 张惠远,万军. GIS 支持下的山地景观生态优化途径[J]. 水土保持研究,1999,6(4):69-74.
- [2] 郝仕龙,李壁成,赵小敏,等. 黄土丘陵小流域景观空间格局动态分析:以固原市上黄试区为例[J]. 中国水土保持科学,2005,3(2):107-112.
- [3] 陈东立,余新晓. 黄土丘陵沟壑区流域景观格局调控与减水减沙效益[J]. 中国水土保持科学,2005,3(4):77-80.
- [4] 路鹏,苏以荣,牛铮,等. 湖南省桃源县县域景观格局变化及驱动力典型相关分析[J]. 中国水土保持科学,2006,4(5):71-76.
- [5] 井学辉,臧润国,曹磊,等. 新疆额尔齐斯河流域北屯段景观动态[J]. 林业科学,2009,45(4):7-13.
- [6] 王军,傅伯杰,陈利顶. 景观生态规划的原理和方法[J]. 资源科学,1999,21(2):71-76.
- [7] 张惠远. 景观规划:概念、起源与发展[J]. 应用生态学报,1999,10(3):373-378.
- [8] 谢炳庚,李晓青,吕辉红,等. 基于栅格空间信息量化的湖南西部地区生态环境综合评价[J]. 冰川冻土,2002,24(4):438-443.
- [9] 汪爱华,张树清,张柏. 三江平原沼泽湿地景观空间格局[J]. 生态学报,2003,23(2):346-352.
- [10] 张增祥. 资源环境遥感监测与综合评价研究[M]. 北京:宇航出版社,1997.
- [11] 蒙古军,申文明,吴秀芹. 基于 RS/GIS 的三峡库区景观生态综合评价[J]. 北京大学学报:自然科学版,2005,41(2):295-302.
- [12] 甄霖,谢高地,杨丽,等. 泾河流域土地利用变化驱动力及其政策的影响[J]. 资源科学,2005,27(4):33-37.
- [13] 王根绪,沈永平,程国栋. 黄河源区的生态环境变化及成因分析[J]. 冰川冻土,2000,22(3):200-205.
- [14] 王根绪,李琪,程国栋,等. 40 a 来江河源区气候变化特征及其生态环境效应[J]. 冰川冻土,2001,23(4):346-352.
- [15] 罗鹏,石军南,孙华. 基于 GIS 空间模型的库区生态敏感性评价研究[J]. 水土保持研究,2007,14(2):255-258.