

广东省古兜山自然保护区生态旅游开发的多尺度影响

徐颂军¹ 邱彭华^{1 2,*} 谢跟踪² 刘 浩¹ 胡碧燕¹

(1. 华南师范大学地理科学学院, 广州 510631; 2. 海南师范大学资源环境与旅游系, 海口 571158)

摘要 :从微观和中观尺度探讨了广东省古兜山自然保护区生态旅游开发对区内植物生态和景观生态的影响问题。结果表明 : (1) 10 个样地的植物生态影响度指数有 3 个为一般级, 5 个为较严重级, 1 个为严重级, 1 个属极严重级。全区平均植物生态影响度指数呈较严重级。这表明旅游开发已给保护区的植物带来了较大的负面影响 ; (2) 旅游开发与活动对植物生态的影响在游径两侧和景点、服务点周围 2 ~ 4m 范围内较显著, 4 ~ 6m 范围有一定程度影响, 但 6m 以外的区域影响较小。处于多条通道交叉处的三角区, 近通道的植物生态影响度指数值较中央区的影响值大, 影响曲线呈双峰型 ; (3) 不同景观类型的植物受旅游影响的强度和范围不一样。影响强度的变化总趋势为 : 山地草甸 > 山地灌丛 > 森林景观, 常绿针阔叶混交林 > 常绿阔叶林 > 沟谷雨林, 人工林 > 天然林 ; (4) 植物生态影响指标间的相关分析表明从旅游活动对保护区植物的负面影响来看, 阴生种数量、乔灌木幼苗量、凋落层厚度、物种多样性指数 4 个指标具有较好的表征作用, 草本层盖度表征作用不太好 ; (5) 景观生态指标值和影响度指数显示旅游工程建设和森林工程对景观破坏影响较大, 主要表现在林木间伐、修路及建筑选址、配色、数量控制等方面 ; (6) 从景观生态影响水平看, 常绿针阔叶混交林和季风常绿阔叶林受到的影响较大, 就景观生态受影响难易程度而言, 服务区南侧、响咭山等地是区内景观生态敏感地带, 服务区、响咭庙、瓶身阁等旅游景点或设施具有较强的景观醒目度 ; (7) 多指标定量评价指数具有较好的环境预警作用, 能为保护区生态旅游管理者提供有用的环境生态信息, 以便及时做出科学决策。

关键词 :自然保护区, 生态旅游, 景观生态

文章编号 : 1000-0933 (2007) 10-4045-12 中图分类号 : Q16, X36 文献标识码 : A

Impacts of eco-tourism development on landscape ecology with special reference to the Gudoushan nature reserve in Guangdong Province

XU Song-Jun¹ , QIU Peng-Hua^{1 2,*} , XIE Gen-Zong² , LIU Hao¹ , HU Bi-Yan¹

¹ Institute of Geography , South China Normal University , Guangzhou 510631 , China

² Department of Resources , Environment and Tourism , Hainan Normal University , Haikou 571158 , China

Acta Ecologica Sinica 2007 27 (10) 4045 ~ 4056.

Abstract : The impacts of tourism development on the distribution of micro-and meso-scale vegetation types were evaluated

基金项目 : 教育部博士点基金资助项目 (20050574003) ; 广东省自然科学基金资助项目 (5005940) ; 广东省科技攻关资助项目 (2002C32206) ; 海南省自然科学基金资助项目 (80688 ; 80526) ; 海南省教育厅基金资助项目 (HJKJ200741)

收稿日期 : 2006-08-15 ; 修订日期 : 2007-03-28

作者简介 : 徐颂军 (1962 ~) , 男, 广东焦岭人, 博士, 教授, 主要从事植物地理学、环境生态学和旅游生态学的教学和科研工作。E-mail : xusj@sncu.edu.cn

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

致谢 : 本文野外调研中承蒙古兜山自然保护区管理处麦荣臻、李协文、朱自相和华南师范大学地理学院阮作庆、叶剑芬、孙丽硕士生的大力协助, 在此致谢

Foundation item : The project was financially supported by Doctoral Program Foundation of Ministry of Education (No. 20050574003) , Natural Science Foundation of Guangdong Province (No. 5005940) , Key Project of Guangdong Province (No. 2002C32206) , Natural Science Foundation of Hainan Province (No. 80688 ; 80526) and Education Department Foundation of Hainan Province (No. HJKJ200741)

Received date 2006-08-15 ; **Accepted date** 2007-03-28

Biography : XU Song-Jun , Ph. D. , Professor , mainly engaged in geographical botany , regional environmental ecology and tourism ecology. E-mail : xusj@sncu.edu.cn

for the Gudoushan Nature Reserve in Guangdong Province. The results show that : (1) Based on investigation in 10 plot areas ,the impact index of phytoecology was generally high ,indicating that tourism development has caused ecological degradation in the study area ; (2) Tourist activities have major adverse impacts on the plants in either side of the tourist path ,areas surrounding the scenic spots and shops ; (3) The degree of impact on vegetation varied with landscape type and shows the following decreasing order :mountain meadow > mountain shrub > mountain forest ;within forests ,mixed forest > evergreen broad-leaved forest > rain forest ;and artificial forest > natural forest ; (4) Number of shade plant species , number of tree seedlings ,litter thickness and species diversity index are among the good indicators for impact assessment while grass coverage gives a poor indication for the same purpose ; (5) Human activities such as intermediate cutting in timber stands ,road or tourist path construction have significantly adverse impacts on the landscape ecology ; (6) From a standpoint of landscape ecology ,evergreen mixed forest and monsoon evergreen broad-leaved forest are more sensitive to tourism development and areas south of the service district and Mt. Nanwu are among the ecologically sensitive zones ; (7) The multi-index approach provides a useful tool for early warning of ecological threat from improper tourism development which may assist the natural reserve managers in better managing the development of tourism in this area.

Key Words : nature reserve ;eco-tourism ;landscape ecology

自然保护区是一个具有多功能的自然-社会-经济实体^[1]。随着社会与经济的发展,以往“孤岛”、“禁区”式的单纯保护变得越来越不现实。同时,由于自然保护区是自然真实面貌的缩影,保存着众多珍稀濒危动植物物种和原始自然本底,环境优美,景色秀丽,成为追求“返朴归真,回归自然”的生态旅游首选目的地。因此,根据保护区的建设目的、保护对象及实际情况,结合生态旅游的内涵与本质,在有效保护的前提下,充分利用其资源和环境优势,在实验区或缓冲区划出一定地域适度开展生态旅游是自然保护区发展的必然选择。然而,事情均有利弊两面,自然保护区进行旅游开发,其正面效应显而易见,但负面作用也不容忽视。旅游开发会给保护区带来一定的环境污染、生态压力和景观破坏。随着越来越多的游客涌入,生态保护与旅游开发成了一对急需协调的矛盾体。因此,探索保护区旅游开发与生态保护的协调规律对指导自然保护区进行有效开发与科学管理具有重大意义。前人在这方面已作过一些研究^[2~13],但从植物生态与景观生态结合角度来研究自然保护区旅游开发与生态环境关系的文章却未曾见到。有鉴于此,文章以广东省古兜山自然保护区为例,就保护区旅游开发对区内植物生态和景观生态的影响问题进行多尺度探讨,以期协调保护区生态保护与旅游发展之间的矛盾和进一步完善保护区的管理提供科学依据。

1 研究区概况

1.1 地理概况

古兜山自然保护区位于珠三角中南部的江门市,以保护南亚热带季风常绿阔叶林生态系统及其珍稀濒危动植物资源为主,面积 120.90km²。1993 年 7 月经广东省林业厅批准在保护区内设立北峰山省级森林公园,进行旅游开发,2004 年升级为国家森林公园。目前,实际进行生态旅游开发利用的不仅包括森林公园,还包括与公园相邻的缓冲区。因此,本文的实际研究范围为保护区实验分区中的北峰山森林公园及其毗连的缓冲区部分。研究区地理坐标为 112°56'08"E ~ 112°57'10"E, 25°15'00"N ~ 22°33'09"N,总面积 14.61km²,其中公园面积约 11.62km²。研究区属南亚热带海洋性季风气候,年均降水量 1789.2 ~ 2250mm,山地地貌为主,花岗岩广布,相对高差达 800m 以上,森林覆盖率近 90%。

1.2 生态旅游略况

公元自 1993 年成立以来,旅游服务设施不断完善,旅游项目不断增加,游客也逐年递增。自 20 世纪末,全区每年接待游客均在 8 万人以上,至 2004 年游客更是急剧上升,达 15 万人,2005 年近 17 万人。旅游收入每年以 30% 的速度递增。目前,研究区已成为江门乃至珠三角旅游的一个新亮点。

2 研究方法

2.1 野外取样调查

据实地咨询与统计,前往本保护区的游客主要有三大旅游活动取向:漂流(华南主要漂流点之一)、探险(珠三角最具刺激的溯溪探险)、登山(号称“台山富士山”)。因自然保护区开展生态旅游局限于实验区和缓冲区,而旅游开发与活动又都以旅游线路、旅游活动点(景点、服务点等)为基线或基点展开。因此,综合保护区内已有的重要旅游线路、主要旅游景点和植被类型、游客的主要旅游活动取向,分别在漂流区、探险区、登山活动区和服务区选择游客活动频繁的代表性地段采用系列样方法随机设置若干样地。各样地均以邻近游径或旅游活动点为起始点,在垂直于游径或旅游活动点外环方向连续设置5个样方,森林类型或以森林为主的类型其样方大小为2m×2m,草丛类型为1m×1m。记录各样地和样方的生境特征(海拔、坡度、坡向、坡位、游径宽度、土壤类型),并统计各样方植物的种类数、个体数、投影盖度、凋落层厚度、死枝下高、折枝数、乔灌幼苗数和树木枯死或濒危数量等。调查中森林类型样地共10个(其中1个为标准参照样地),草本样地1个,尽量覆盖区内的主要植被类型(表1)。调查时间为2006年3~4月。

2.2 评价指标选取

为定量评价旅游开发对保护区植物和景观的影响,文章选取小尺度的植物生态指标与中尺度的景观指标来构建评价体系。

2.2.1 植物生态指标

(1)阴生种比值 林下喜阴灌木、草本适生于低温阴湿的环境,环境敏感性大。阴生种比值愈大,表明群落所依存的生态环境质量愈佳,旅游影响愈小。

(2)物种多样性指数 保护区常采用人工造林方式补栽因旅游开发伐除的植被。这种以单一种群的人工林替代结构复杂的天然林做法会使生物多样性减少。因而,物种多样性水平可反映旅游对样地植物的相对影响程度,其值越大,表明旅游影响越小。物种多样性计算采用Shannon-Wiener指数

$$H = - \sum_{i=1}^s (p_i \cdot \ln p_i) \quad i = 1, 2, \dots, s \tag{1}$$

式中, s 为物种总数, p_i 为 i 类物种个体数的比例。

(3)凋落层厚度 在自然状态下,枯枝落叶凋落后具有一定的积累厚度和分解周期,若受到外来干扰,凋落物或被带走或被踏压,造成积累厚度发生变化。故凋落层厚度亦可用来说明人为干扰程度的相对大小,厚度愈大,反映人为干扰愈小。

(4)草本层盖度 践踏是游客对植物干扰的重要方式。践踏能降低原有种的多度与活力,造成植物盖度减少。因而,林下草本层盖度亦可用来表征旅游对植物的干扰程度。

(5)植物幼苗量 旅游践踏除造成植物盖度减少外,还能导致林下植物更新不良,地被层遭受破坏。通过植物幼苗量的多少可以反映游客对样地的干扰程度。一般幼苗越多,表明旅游影响越小。

2.2.2 景观生态指标

(1)旅游区人工建筑面积比 随着旅游设施的不断修建和完善,原始的自然景观被不断引入人工成分,以致自然保护区步入“城镇化”的建设误区。人工建筑面积占总面积的比重越大,反映“城镇化”现象越严重,保护区承受的旅游影响越大。

(2)旅游设施视觉敏感度 旅游设施特别是景区建筑的宏观选址和微观布局不当,以及建筑体量、用料、色彩、造型等的不协调也会破坏保护区的自然景观与原始风貌。如山顶、水域边缘等生态脆弱地段的亭、台、楼、阁的修建,会显著增强景观的视觉敏感性,破坏保护区原有风貌。视觉敏感度可用视觉机率敏感度(S_i)和醒目程度敏感度(S_c)^[4,15]来综合表示(简称视觉综合敏感度)。

在游览者的整个观赏过程中,特定旅游景点或服务设施在视域内出现的机率越大,其敏感度越高。理论上,若游览者在景区内观景时间总计为 T ,而某景观在视域中停留累积时间为 t ,则其视觉机率测度为 $S_i = t/T$ 。

接表 1

因 t 、 T 难准确测定,故假设游览者作匀速行进,则 S_i 可表示为

$$S_i = L/T \tag{2}$$

式中 L 为某景观能被看到的线路长度, L 为景区内主要游览线路总长度。若景观在整个观赏活动中都能在视域内出现,如山岳主峰上的亭、阁,则其敏感度 $S_i = 1$,其它情况下 $S_i \in [0 \sim 1)$ 。依据精度要求,通过 GIS 的视域分析功能可判定任意点的 S_i 值,并绘制出相应的 S_i 分布图。

旅游设施醒目程度是影响景观敏感度的重要因素之一。它由景观自然造型、景观与环境对比度等因素共同制约,但主要由景观与周围环境的对比度所决定,包括形体、色彩、质地及动静的对比。景观与环境的对比度越高,景观越敏感。

(3)景观破碎度 破碎度在一定程度上反映了人为活动对景观的干扰强度。旅游线路和景区道路的开发建设,既增加了保护区受干扰的机率,也加大了人为干扰的力度,使动植物生境和景观的破碎程度加大,降低保护效果。

(4)平均斑块分维数倒数 分维数反映了景观形状在空间尺度上的复杂程度和景观的稳定程度。分维数一般处于 1~2 之间。其值愈趋近 1,斑块形状愈有规则,所受干扰愈大。反之,愈趋近 2,形状愈复杂,自然度越强。因此,可运用分维数的倒数 (MFD)来反映景观受人为干扰的程度。 MFD 值越高,表示景观类型受干扰越强烈。

$$MFD = \frac{N}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \left[\frac{2 \ln (0.25 P_{ij})}{\ln (a_{ij})} \right]} \tag{3}$$

式中 MFD 为平均斑块分维数倒数; P_{ij} 为 i 景观 j 斑块的周长; a_{ij} 为 i 景观 j 斑块的面积; N 为所有斑块总数。

(5)森林景观优势度倒数 森林景观是本自然保护区最主要的景观类型。保护区为满足旅游开发常伐除林木用以建设旅游设施,从而改变植被覆盖率或植被性质。森林景观优势度越大,反映森林保护得越好,而其倒数值越大,表明保护得越差。

$$D_o = \frac{1}{H_{\max} + \sum_{i=1}^m (P_i) \cdot \log_2 (P_i)} \tag{4}$$

式中 D_o 为优势度倒数; $H_{\max}$ 为最大多样性指数; P_i 为 i 类森林景观所占面积比; m 为森林景观类型总数。

2.3 评价方法

2.3.1 植物生态影响度

采用极差归一化方法对参评指标进行无量纲化处理,再按式 (5)进行植物生态影响度计算

$$O = \frac{n \times m}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m H'_{ij}} \tag{5}$$

式中 O 为植物生态影响度; H'_{ij} 为第 j 指标第 i 样本原始数据正规化后的值; i 为第 i 样本 j 为第 j 指标; n 为样本数; m 为指标数。

因所选指标之值在植物调查样地或样方中可能出现 0 的情形,且所有参评指标的变化趋势具有反向一致性即指标值越大表征影响越小。 O 的等级划分标准可通过指标值的极差正规化和 O 倒数值等级的划分间接求得。 O 的倒数值 $\in [0, 1]$,其分级标准按极严重 (0~0.2)、严重 (0.2~0.4)、较严重 (0.4~0.6)、一般 (0.6~0.8)、较小 (0.8~1) 划分。由此反推求得 O 值的分级标准:较小 (1~1.25)、一般 (1.25~1.67)、较严重 (1.67~2.50)、严重 (2.50~5)、极严重 (5~ ∞)。

2.3.2 景观生态影响度

选择 9 个具有典型代表性的旅游景点及相关设施 (如服务区别墅群、溯溪探险休憩亭等),利用 ARCGIS 的视域分析模块作其视域图,然后依其相对于全景区 L (文中为公路与游道之总长)进行视觉机率敏感度 (S_i)

值测定。醒目程度敏感度 (S_c)采用专家分级赋值方式(极敏感(1~0.8)、敏感(0.6~0.8)、较敏感(0.4~0.6)、一般(0.2~0.4)、不敏感(0~0.2))进行度量。将各主要设施的 S_i 和 S_c 算术平均值作为其综合敏感度。同时,以平均法得到全区的视觉综合敏感度指数。

$$\bar{S}_{t-c} = \frac{1}{2m} [\sum_{i=1}^m (S_t)_i + \sum_{j=1}^m (S_c)_j]$$

(6)

式中 $\bar{S}_{t-c}$ 为视觉综合敏感度; i 为视觉机率敏感度第 i 测度点; j 为醒目程度敏感度第 j 测度点; m 为被测度的旅游设施(点)数量; S_i 和 S_c 分别是视觉机率敏感度和醒目程度敏感度。

经单个景观指标计算后,研究区的景观生态影响度指数按式(7)进行统计

$$P = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n M_j$$

(7)

式中 P 为景观生态影响度; M_j 为第 j 个参评指标值; n 为参评的指标数。

因 $P \in [0, 1]$,确定其影响程度级标准:较小(0~0.2)、一般(0.2~0.4)、较严重(0.4~0.6)、严重(0.6~0.8)、极严重(0.8~1)。

3 结果分析

3.1 影响程度分析

3.1.1 植物生态影响程度分析

据以上评价方法,计算出研究区各样地的植物生态指标值及影响度指数如表2~表3。

表2 植物生态影响指标间的相关分析

Table 2 Correlation coefficients among impact indices of phytocology

项目 Item	NSN	SN	MC	LT	SI
SN	0.5019 *	1			
MC	-0.5451 *	-0.5341 *	1		
LT	0.2291	0.4467 *	0.1352	1	
SI	-0.0816	0.6338 *	-0.0617	0.5949 *	1
PI	-0.5409 *	-0.7851 *	0.1592	-0.8229 *	-0.5737 *

显著性水平 p 在 0.05 水平(双侧检验) Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed); NSN 阴生种数量 Negative species number; SN 乔灌木幼苗量 Sapling number of arbor & arboret; MC 草本层盖度 Meadow coverage; LT 凋落层厚度 Litter thickness; SI 物种多样性 Species diversity index; PI 植物生态影响度 Impact index of phytocology

表3 各样地的植物生态影响度指数

Table 3 Impact indices of phytocology in sample plots

样地编号 Sample plot number	1	2	3	4	5
植物生态影响度 Impact index of phytocology	1.6092	2.4204	1.9135	3.0773	5.7117
旅游影响程度 Impact grade of tourism	一般 Common	较严重 Gently grave	较严重 Gently grave	严重 Grave	极严重 Severely grave
游客停留时间 Retention period of tourists (min)	40	20	20	40	30

样地编号 Sample plot number	6	7	8	9	10
植物生态影响度 Impact index of phytocology	1.3129	2.0138	2.046	1.5684	2.4858
旅游影响程度 Impact grade of tourism	一般 Common	较严重 Gently grave	较严重 Gently grave	一般 Common	较严重 Gently grave
游客停留时间 Retention period of tourists (min)	10	40	10	10	20

1. 索浴溪上游 The upper Suoyu Brook 2. 漂流起始口 Entrance of drift 3. 索浴溪出口 Exit of Suoyu Brook 4. 瓶身山圆形广场 Round plaza of Mt. Pingshen 5. 瓶身山山顶 Peak of Mt. Pingshen 6. 喃呌山登山口 Climbing entrance of Mt. Nanwu 7. 喃呌山山顶 Peak of Mt. Nanwu 8. 喃呌山山腰 Hillside of Mt. Nanwu 9. 服务区叉路口 Road intersection of service area 10. 喃呌寺交叉路口 Road intersection of Nanwu Temple

从表 2 可以看出,阴生种数量、乔灌幼苗量、凋落层厚度、物种多样性指数均与植物生态影响度呈显著的负相关关系。这表明从旅游活动对保护区植物的负面影响来看,这 4 个指标具有较好的表征作用。草本层盖度的表征作用不太好,究其原因,可能与调查时间的选择和调查次数多少有关。另外,相关系数也表明凋落层越厚,反映出其上林冠层越大或越厚,林木的遮荫作用越强,林下乔灌幼苗量和阴生种数量越多,物种多样性也相应偏大。而草本层盖度越大,表明林木占地比例越小,乔灌幼苗量和林下阴生种数量也相应趋向减少。同时,相关分析显示物种多样性和阴生种数量及草本层盖度之间并无必然联系。

由表 3 可知,样地 1、6、9 的旅游影响呈一般水平,样地 2、3、7、8、10 为较严重级,样地 4 为严重影响级,而样地 5 属极严重影响级。究其原因,样地 4 接近瓶身山顶,旁边建有休憩亭和活动广场,游客在此停留休息与观赏,逗留时间较长,活动较频繁。同时,样地属山地矮小灌丛景观,花岗岩基底,土层瘠薄,植物抗干扰能力较弱,受旅游活动影响大。瓶身山山顶为中山草甸景观,植物生境恶劣,风大土薄,抗外界干扰力差。接近山顶处建有电视转播台和停车场,工程建设使近山顶微地貌景观受到很大改观,并给山顶植物带来深刻影响。登山公路直达电视转播台,游客下车后步行不足两百米即能“会当凌绝顶”。因此,便利的交通使山顶成为游客必到之处,而且停留的时间平均长达半小时左右,旅游践踏对山顶植物的影响非常大,植被开始退化,地表业已裸露。其他 5 个样地和整个研究区的平均植物生态影响度指数(2.4159)均属于比较严重级别。综合各样地的植物生态影响度指数,不难看出保护区的旅游开发与活动已开始给区内植物产生了较大的负面影响。

3.1.2 景观生态影响程度分析

将研究区景观分为沟谷雨林、季风常绿阔叶林、常绿针阔叶混交林、针叶林、山地灌丛、山地草甸和水域 7 种类型(建筑景观因面积小及同指标信息重叠,故未纳入)。根据前述评价方法,计算出研究区的景观生态影响度指数如表 4~表 5。

表 4 不同景观类型景观生态指标值

Table 4 Index values of landscape ecology for different landscape types

项目 Item	BRF	MEF	EMF	CF	MS	MM	WA
D_o	0.4412	0.5692	0.6205	0.5498	0.3562	0.3562	0.3562
MFD_1	0.8092	0.8072	0.8216	0.8102	0.8768	0.8810	0.7848
FN_1	0.9910	4.9551	7.9281	3.6337	0.9910	0.0000	2.9730
A_1	0.0002	0.0005	0.0016	0.0000	0.0003	0.0504	0.0000
MVS	0.5604	1.5830	2.3430	1.2485	0.5561	0.3219	1.0285

D_o :森林优势度倒数 Reciprocal of forest landscape dominance; MFD_1 :分维数倒数 Reciprocal of fractal dimension for landscape type; FN_1 :景观类型破碎度 Fragmentation of landscape type; A_1 :建筑面积比率 Ratio of building area to landscape type area; MVS :综合均值 Mean value of sum; BRF :沟谷雨林 Bottom land rain forest; MEF :季风常绿阔叶林 Monsoon evergreen broad-leaved forest; EMF :常绿针阔叶混交林 Evergreen mixed forest; CF :针叶林 Coniferous forest; MM :山地草甸 Mountain meadow; MS :山地灌丛 Mountain shrub; WA :水域 Water area

表 5 不同时期全区景观生态指数

Table 5 Indices of landscape ecology in different phases

景观生态指标 Index of landscape ecology		$\bar{S}_{t-c}$	FN_2	D_o	A_2	MFD_2	LI
指标值 Index value	建园初 Initial phase of forest park	0.0794	0.0003	0.4623	0.0002	0.8251	0.2345
	目前 Current situation	0.4063	0.0004	0.4642	0.0007	0.8273	0.3398

$\bar{S}_{t-c}$:视觉综合敏感度指数 Index of synthetic vision sensitivity; FN_2 :全区景观破碎度 Fragmentation of study area; D_o :森林景观优势度倒数 Reciprocal of forest landscape dominance; A_2 :人工建筑面积比 Ratio of building area to case study area; MFD_2 :平均斑块分维数倒数 Reciprocal of fractal dimension for mean patch; LI :景观生态影响度 Impact index of landscape ecology

由表 4 知,常绿针阔叶混交林的综合均值最大,其次是季风常绿阔叶林和针叶林,表明研究区常绿针阔叶混交林受到的人为影响最大,季风常绿阔叶林居第 2 位。调研中发现研究区近年不断受到因旅游开发而补栽

被破坏的植被和林场间伐造林的双重影响,使两种林地受到较大影响。水域因分布较散而使综合均值偏大。山地草甸和山地灌丛和沟谷雨林从景观水平上来看影响还比较小。

比较表 5 保护区开展旅游前后的景观指标值,可看出目前保护区的各项景观生态指标比森林公园成立初期都要偏高。其中,变化最大的是景观视觉综合敏感度指数。此外,人工建筑面积比率也有大幅度增大,目前的建筑面积已是建园初期的三倍多。由于保护区旅游工程建设中,多数建筑设施在用材和着色等方面未能充分考虑到旅游视觉冲击,多设计成红、黄等亮丽颜色,非常醒目刺眼,极大地增强了旅游设施的视觉敏感性。另外,有些建筑选址和布局也没有过多地考虑视觉影响,进一步加重了景观的视觉敏感程度。随着旅游开发的不断深入,保护区的公路和部分游道不断增宽、加长和硬化。这一方面使不少旅游景点设施的可视性得以增强,提高了视觉敏感性;另一方面,廊道的增长增多也相应地增加了保护区的景观破碎化程度。从统计结果看,目前整个研究区的景观生态影响度指数(0.3398)已接近“比较严重级”临界值。这些指标的前后变化,表明保护区的旅游活动也已经给中观尺度的景观带来了较大的负面影响。

综合以上分析,古兜山自然保护区的旅游开发活动已开始给区内的植物生态和景观生态产生了较大的不利影响,生态危机和景观不协调初步凸现。

3.2 影响空间分析

3.2.1 植物生态影响度空间分析

统计各样地垂直游径方向连续样方的植物生态影响度指数,得其影响指数梯度变化如图 1。

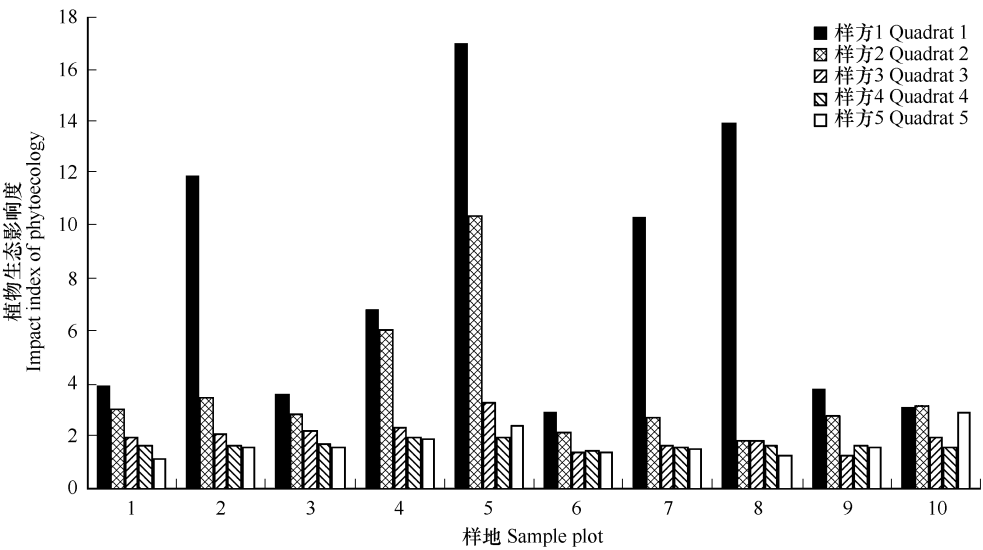


图 1 各样地植物生态影响指数梯度变化
Fig. 1 The gradient variation histogram of sample plots

为比较各景观类型的植物生态影响度,分别统计山地草甸、山地灌丛、山地森林(包括沟谷雨林、季风常绿阔叶林、常绿针阔混交林、人工林)中各样地垂直游径方向的连续样方(从样方 1→5,距离由 2m 增加到 10m,其中样地 5 距离变化为 1m→5m)的植物生态影响度指数,得其植物生态影响度指数梯度变化如图 2。从图 1 看,样地 2、4、5、7、8 的第 1 样方(0~2m)的植物生态影响度指数都非常大,表明其受旅游开发和旅游活动的影响很强烈,其中样地 4 和样地 5 的第 2 样方(1~4m)甚至第 3 样方(3~6m)都有明显受到旅游冲击的迹象。在总体趋势上,从样方 1 到样方 5 植物生态影响度指数渐次降低。这反映旅游活动或旅游开发带来的植物生态影响具有垂直于游径或旅游景点边界由内向外逐渐降低的变化规律,这与前人^[4,5]的研究结论一致。研究区各样地所处的景观类型不尽相同,样地 4 为山地灌丛,样地 5 为山地草甸,其他样地都为森林景观类型。在图 2(a)中,随着距离的增加,样地 1(沟谷雨林)、样地 6(季风常绿阔叶林)的影响指数总体呈下降趋势。其中,样地 1 表现为持续下降态势,而样地 6 呈不稳定下降。样地 10(人工林)则出现波动变化情形。

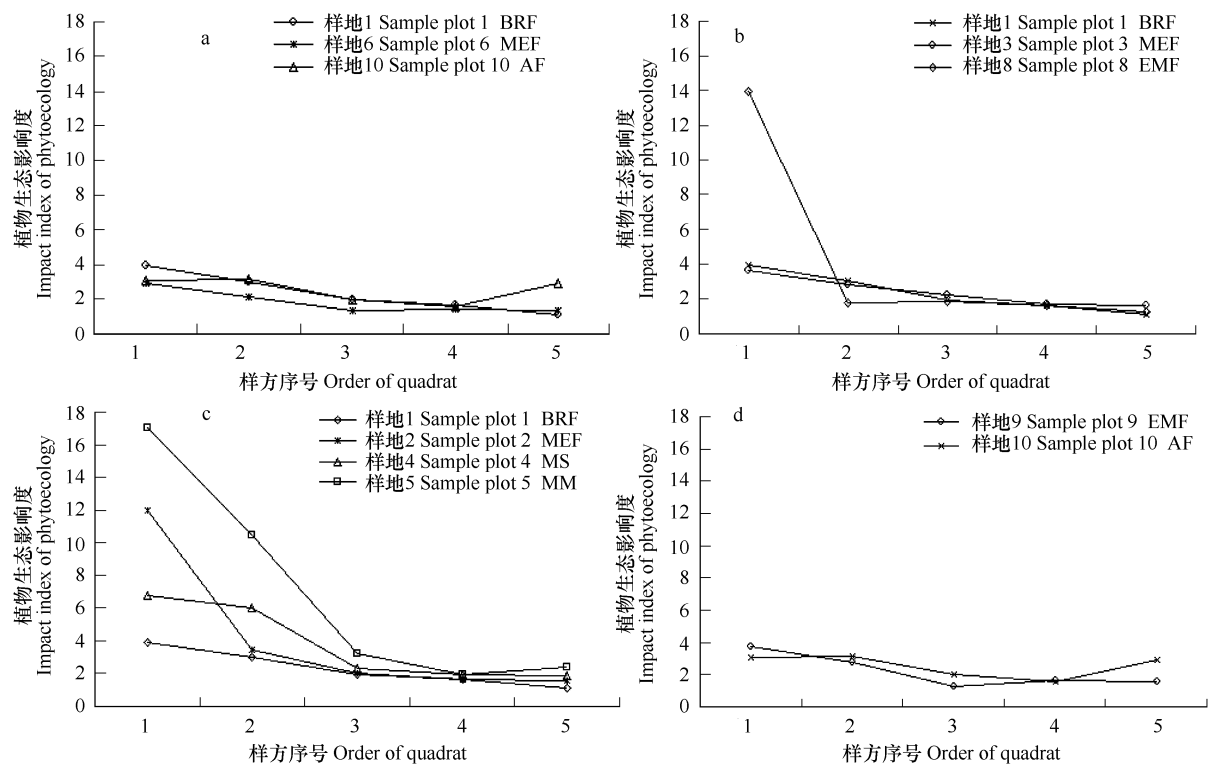


图 2 不同景观的植物生态影响度指数梯度变化

Fig. 2 The gradient variation polygrams of different vegetation landscapes

BRF 沟谷雨林 Bottom land rain forest ; MEF 季风常绿阔叶林 Monsoon evergreen broad-leaved forest ; AF 人工林 Artificial forest ; EMF 常绿针阔叶混交林 Evergreen mixed forest ; MM 山地草甸 Mountain meadow ; MS 山地灌丛 Mountain shrub

这是因为样地 6 离道路交叉口较近 ,而样地 10 则位于道路接合处的三角区内 ,均不同程度地受到两侧通道的辐合影响。在图 2 (b)中 ,除样地 8 在第 1 样方下降急速外 ,下降幅度表现出 :样地 1 (沟谷雨林) > 样地 3 (季风常绿阔叶林) > 样地 8 (常绿针阔叶混交林) ,图 2 (c)显示旅游活动造成的植物生态影响程度总体上样地 5 (山地草甸) > 样地 4 (山地灌丛) > 样地 2 (季风常绿阔叶林) > 样地 1 (沟谷雨林) 。这些表明在森林景观类型中 ,虽然某样方受到了较大的旅游影响 ,但由于森林强大的抗干扰能力 ,会大大降低其相邻样方的干扰程度。但不同的森林景观类型其阻抗力存在差异 ,大体上人工林弱于天然林 ,针阔叶混交林弱于常绿阔叶林 ,常绿阔叶林又弱于沟谷雨林。山地灌丛和山地草甸因先天具有一定的生态脆弱性 ,对外界干扰的阻抗力没有森林景观类型强大。因而 ,旅游给其带来的负面影响往往非常强烈 ,影响度峰值常比森林类型大。图 2 (d)是处于交叉路口附近的样地的植物生态影响度变化折线图 ,折线显示样地 10 (人工林)影响度指数在样方 2 和 5 处明显增大 ,样地 9 (常绿针阔叶混交林)的样方 1、2、4、5 均比样方 3 偏大 ,二者大体呈双峰型 ,但从受影响值来看 ,样地 10 大于样地 9。这反映处于多条通道交叉处的狭长三角地带 ,因受两侧通道的共同辐射作用 ,靠近通道的影响值较中央区的影响值偏大 ,影响曲线呈现双峰型。

3.2.2 景观生态影响的空间分析

为探讨研究区何处会出现何种程度的景观生态影响 ,在各景观类型破碎度、平均斑块分维数倒数、优势度倒数、建筑面积比 (建筑面积除以所在景观类型的面积) 4 指标求和的基础上 ,进行分级制图 (按等差划分成 5 级) 。然后 ,与视觉机率敏感度图 (依 9 个测度点的视域分析分不可见、偶见、较常见、常见、多见 5 种情形) 进地空间迭加 ,并将迭加图按可视性和综合指数值进行比较归并 ,分成不敏感区、一般敏感区、较敏感区、敏感区和极敏感区。最后 ,迭加上主要景点醒目程度敏感性图 (与视觉机率敏感度测度点相同) ,获得全区的景观生态影响敏感性分布示意图 (图 3 ,图 4) 。

接彩图 3 4

从图 4 看 ,服务区南侧、喃呒山、斋公湖周围、瓶尖峰和瓶身山是景观生态敏感的地带 ,是旅游开发与活动应特别注意保护的地方。另外 ,服务区大部分虽然属景观生态一般敏感区 ,但因建筑着色等方面的原因 ,景观比较醒目。同样地 ,喃呒庙、瓶身阁、漂流终点等几处景观醒目程度也很大 ,宜通过植物生态建设来进行弥补 ,削弱其视觉冲击。

4 结语与讨论

(1)样地 1 (索浴溪上游)、样地 6 (喃呒山登山口)和样地 9 (服务区叉路口)的植物受旅游的不利影响目前还不太大 ,为一般级别。但样地 4 (瓶身山圆形广场)已出现严重影响 ,而样地 5 (瓶身山顶)则出现了极严重的影响。漂流起始口、索浴溪出口、喃呒山山顶、喃呒山山腰、喃呒寺叉路口等 5 个样地和整个研究区的平均植物生态影响度指数均已显示出比较严重级的负面影响。为确保保护区生态旅游和生态环境的持续健康发展 ,认为目前宜重视旅游调控 ,采取积极的防范措施。

(2)一般而言 ,旅游影响程度存在以旅游线路和旅游活动点为中心向周围随距离增加而逐渐递减的趋势。在本研究中 ,旅游开发与旅游活动对植物生态的影响在游径两侧和景点、服务点周围的 2 ~ 4 米范围内比较显著 ,4 ~ 6 米范围有一定的影响 ,但在 6 米以外的外部空间则影响较小。处于多通道交叉处的狭长三角区 ,其影响曲线呈双峰型。有鉴于此 ,有针对性地加强游径两侧和景点、服务点周围 2 ~ 4 米范围内旅游管理和植被保护工作 ,能使保护区生态环境保护达到事半功倍的效果。

(3)不同景观类型因抗干扰能力的差异 ,其植物受旅游影响的强度和范围也不尽相同。综合而言 ,植物生态影响度的变化总趋势表现为 :山地草甸 > 山地灌丛 > 森林景观 ;在森林景观中 ,常绿针阔叶混交林 > 常绿阔叶林 > (沟谷)雨林 ,人工林 > 天然林。因此 ,保护区的旅游开发或活动强度 ,除考虑一般的设施空间容量外 ,还应考虑根据不同的植被景观类型确定其合理的生态环境容量。

(4)植物生态影响指标间的相关分析表明从旅游活动对保护区植物的负面影响来看 ,阴生种数量、乔灌木幼苗量、凋落层厚度、物种多样性指数 4 个指标具有较好的表征作用 ,草本层盖度表征作用不太好。这可能与调查时间的选择和调查次数的多少有关。

(5)研究区景观破坏主要由旅游工程及相关建设所造成 ,主要表现在林木间伐、修路以及建筑物选址、材料和颜色失当、数量增加等建筑性破坏方面。其实 ,这也是国内自然保护区旅游开发存在的通病。自然保护区旅游开发必要的建设项目 ,其选址、规模、风格应经过充分论证 ,务求隐蔽、宁静和协调 ,确保自然地貌与植被的完整性、连续性和一致性。

(6)从景观生态影响水平看 ,研究区内常绿针阔叶混交林和季风常绿阔叶林受到的影响较大 ;从景观生态受影响难易程度看 ,区内服务区南侧、喃呒山、斋公湖周围、瓶尖峰和瓶身山是景观生态敏感地带 ,服务区、喃呒庙、瓶身阁、漂流终点等旅游景点具有较强的景观醒目度。

(7)多指标定量化综合指数具有较好的环境预警意义 ,能为自然保护区生态旅游管理者提供有用的生态环境信息。文章从微观和中观尺度上探讨了自然保护区的旅游影响 ,但关于多尺度指标的融合问题尚待进一步研究。另外 ,因受诸多因素的制约 ,对微观尺度的植物生态影响分析基本上是基于一次性的调查。理论上无论一次性调研做得多好 ,其代表性总比不上多次数、多时段调研的平均值。因此 ,这是文章的另一不足之处 ,其代表性还有待进一步检验。

References :

[1] Liang J M. Analysis on eco-tourism development in nature reserve. Journal of Jiaying University (natural science) ,2000 , (3) :97 - 100.

[2] Huang X L , Lin S. Discuss on the deep meaning and basic features of eco-tourism in nature reserves. Problems of Forestry Economics ,2003 ,23 (3) :172 - 175.

[3] Cheng Z H , Zhang J T , Shangguan T L *et al.* Relationship between tourism development and vegetation environment in Luya Mountain Nature Reserve II. quality analysis of vegetation ecological environment. Acta Ecologica Sinica ,2002 ,22 (10) :1765 - 1773.

[4] Cheng Z H , Zhang J T , Shangguan T L. Relationship between tourism development and vegetation environment in Luya Mountain Nature Reserve :

tourism influencing index and some indices analysis. *Acta Ecologica Sinica* ,2003 ,23 (4) :703 — 711.

[5] Li Z , Bao J G , Qin C F. The impact of tourist development on the vegetation cover of Mount Danxia , Guangdong. *ACTA Geographica Sinica* , 1998 ,53 (6) :554 — 561.

[6] Weaver T , *et al.* Trampling effects of hikes , motorcycles and horses in meadows and forests. *Journal of Applied Ecology* ,1978 ,15 :451 — 457.

[7] Cole D N. Trampling effect on mountain vegetation of Washington , Colorado , New Hampshire and North Carolina. *Intermountain Res. Pap* ,1993.

[8] Bowles J M , *et al.* A study of trampling on the vegetation of Lake Huron sand dunes at Pinery Provincial Park. *Biological Conservation* ,1988 ,44 : 273 — 283.

[9] Taylor K C , *et al.* Scale-dependent inconsistencies in the effects of trampling on forest understory community. *Environmental Management* ,1993 , 17 (1) 239 — 248.

[10] Anna B Kozłowska , Zofia Rączkowska , Marek Degorski. Tourism's impact of the geographical environment around Kasprowy Wierch. Bieszczady Tatry. Office for Central Europe and Eurasia National Research Council Biodiversity Conservation in Transboundary Protected Areas Proc. Poland : National Academy Press ,1994. 210 — 214.

[11] Peter J Stephenson. The impacts of tourism on nature reserves in Madagascar : Perinet , a case-study. *Environ Conserv* ,1993 ,20 (3) :262 — 26.

[12] Joanna Burger , Michael Gochfeld. Effects of ecotourists on bird behavior at Loxahatchee National Wildlife Refuge , Florida. *Environ Conserv* , 1998 ,25 (1) :13 — 22.

[13] Suresh C Rai , Rakesh C Sundriyal. Tourism and biodiversity conservation : the Sikkim Himalaya. *Ambio* ,1997 ,26 (4) :235 — 243.

[14] Yu K J. Assessment of landscape sensitivity and impact resistibility : with a case study of Wangxiangyan canyon in south Mt. Taihang. *Geographical Research* ,1991 ,10 (2) :38 — 51.

[15] Qiu P H , Yu M T , Zeng C S. A Research on Landscape Planning and Design in Tourist Destinations ,2004 ,19 (1) :51 — 56.

参考文献：

[1] 梁锦梅. 关于自然保护区生态旅游开发的探讨. *嘉应大学学报 (自然科学版)* ,2000 ,3 :97 ~ 100.

[2] 黄晓玲, 林盛. 论自然保护区生态旅游的内涵实质与基本特征. *林业经济问题* ,2003 ,23 (3) :172 ~ 175.

[3] 程占红, 张金屯, 上官铁梁, 等. 芦芽山自然保护区旅游开发与植被环境的关系 II. 植被环境质量分析. *生态学报* ,2002 ,22 (10) : 1765 ~ 1773.

[4] 程占红, 张金屯, 上官铁梁. 芦芽山自然保护区旅游开发与植被环境关系——旅游影响系数及指标分析. *生态学报* ,2003 ,23 (4) :703 ~ 711.

[5] 李贞, 保继刚, 覃朝锋. 旅游开发对丹霞山植被的影响研究. *地理学报* ,1998 ,53 (6) :554 ~ 561.

[14] 俞孔坚. 景观敏感度与景观阈值评价研究. *地理研究* ,1991 ,10 (2) :38 ~ 51.

[15] 邱彭华, 俞鸣同, 曾从盛. 旅游地景观生态规划与设计研究. *旅游学刊* ,2004 ,19 (1) :51 ~ 56.

表 1 植物生态野外调查样地概况

Table 1 Situation of sample plots in phytocology investigation

样地号 Sample plot	地点 Site	经纬度 Longitude-lat.	植被类型 Cover type	优势种 Dominant species	海拔 (m) Elevation	坡度 (°) Slope	坡向 Aspect	凋落层厚度 (cm) Litter thickness	土壤类型 Soil subgroup
1	索浴溪上游 The upper Suoyu Brook	N22°15.402' E112°56.966'	沟谷雨林 Bottom land rain forest	华润楠 <i>Machilus chinensis</i> (Champ. ex Benth.) Hemsl. 大头茶 <i>Gordonia axillaris</i> (Roxb.) Dietrich	357	8	NW354	2.4	山地赤红壤 Mountain latosolic red soil
2	漂流起始口 Entrance of drift	N22°15.402' E112°56.437'	季风常绿阔叶林 Monsoon broad-leaved evergreen forest	降真香 <i>Acronychia pedunculata</i> (Linn.) Miq. 假苹婆 <i>Sterculia lanceolata</i> Cav.	226	20	SW212	2.0	山地赤红壤 Mountain latosolic red soil
3	索浴溪出口 Exit of Suoyu Brook	N22°15.499' E112°56.512'	季风常绿阔叶林 Monsoon broad-leaved evergreen forest	毛冬青 <i>Ilex pubescens</i> Hook. et Arn. 两广梭罗 <i>Reevesia thyrsoidea</i> Lindl.	241	6	NW347	2.0	山地赤红壤 Mountain latosolic red soil
4	瓶身山圆形广场 Round plaza of Mt. Pingshen	N22°13.804' E112°56.618'	中山灌丛 Mid-mountain shrub	蚊母树 <i>Distylium racemosum</i> Sieb. et Zucc 托竹 <i>Arundinaria cantori</i> (Munro.) Chia 碎米莎草 <i>Cyperus iria</i> Linn.	880	12	WS275	1.1	山地灌丛草甸土 Mountain shrubby-meadow soil
5	瓶身山顶 Peak of Mt. Pingshen	N22°13.779' E112°56.539'	中山草甸 Mid-mountain meadow	芒 <i>Miscanthus sinensis</i> Anderss 纤毛鸭嘴草 <i>Ischaemum indicum</i> Merr.	922	7	NE54	1.0	山地草甸土 Mountain meadow soil
6	喃呒山登山口 Climbing entrance of Mt. Nanwu	N22°14.029' E112°55.162'	季风常绿阔叶林 Monsoon broad-leaved evergreen forest	假苹婆 <i>Sterculia lanceolata</i> Cav. 滇粤山胡椒 <i>Lindera metcalfiana</i> Allen	335	16	SW240	2.4	山地赤红壤 Mountain latosolic red soil
7	喃呒山山顶 Peak of Mt. Nanwu	N22°13.830' E112°55.106'	季风常绿阔叶林 Monsoon broad-leaved evergreen forest	木荷 <i>Schima superba</i> Gardn. et Champ. 大头茶 <i>Gordonia axillaris</i> (Roxb.) Dietrich	531	13	ES120	2.0	山地红壤 Mountain red earth
8	喃呒山山腰 Hillside of Mt. Nanwu	N22°13.826' E112°55.284'	常绿针阔叶混交林 Evergreen mixed forest	竹柏 <i>Podocarpus nagi</i> (Thunb.) Zoll. et Mor. 鸭脚木 <i>Schefflera octophylla</i> (Lour.) Harms	434	6	SW198	2.1	山地红壤 Mountain red earth
9	服务区叉路口 Road intersection of service district	N22°14.314' E112°55.368'	常绿针阔叶混交林 Evergreen mixed forest	马尾松 <i>Pinus massoniana</i> Lamb. 木荷 <i>Schima superba</i> Gardn. et Champ.	307	23	ES134	2.5	山地赤红壤 Mountain latosolic red soil
10	喃呒寺叉路口 Road intersection of Nanwu Temple	N22°14.162' E112°55.245'	人工林 Artificial forest	马占相思 <i>Acacia mangium</i> Willd. 细叶桉 <i>Eucalyptus tereticornis</i> Smith	316	5	ES122	2.5	山地赤红壤 Mountain latosolic red soil

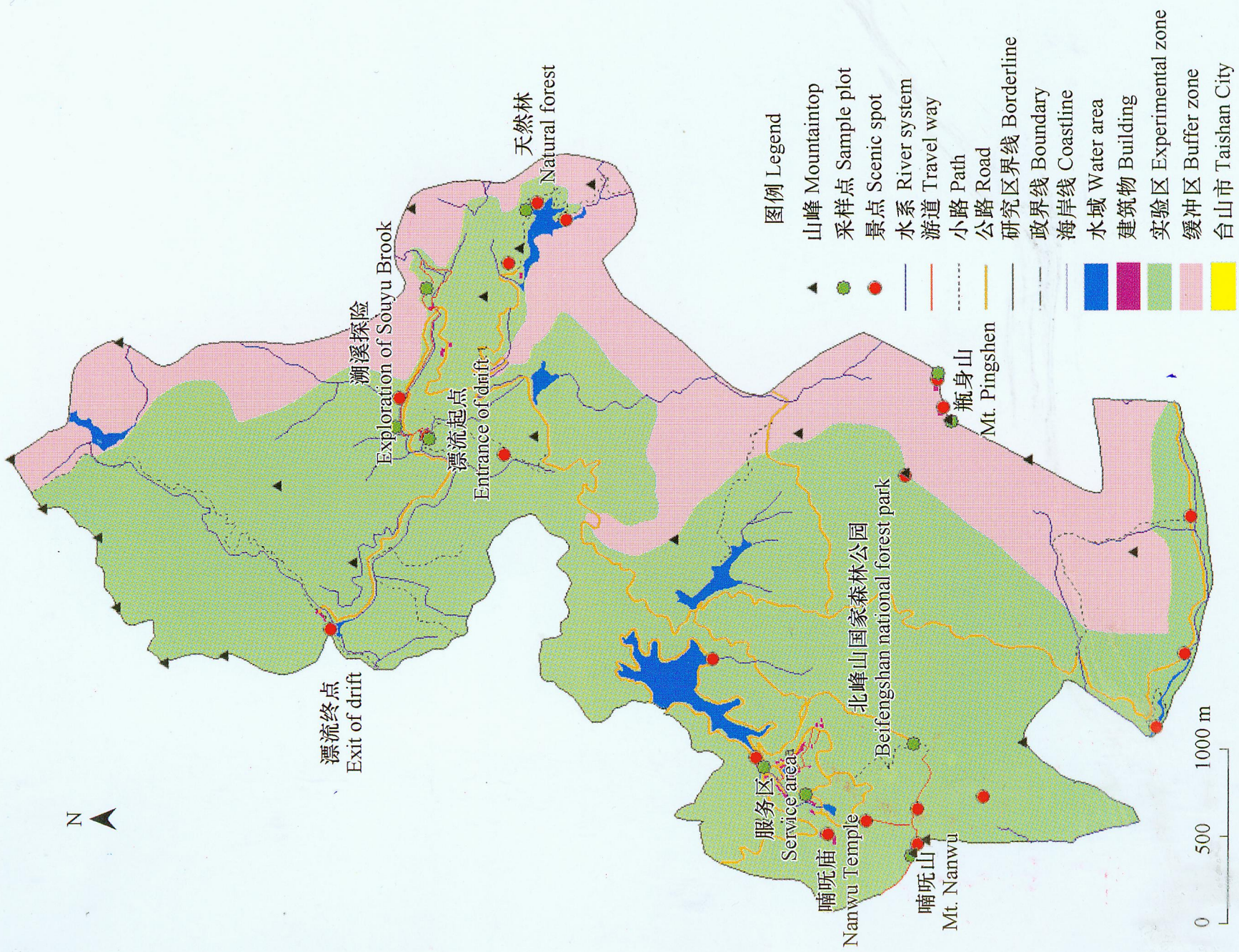


图3 研究区与样地位置示意图

Fig.3 The location of the case study and the distribution of sample plots

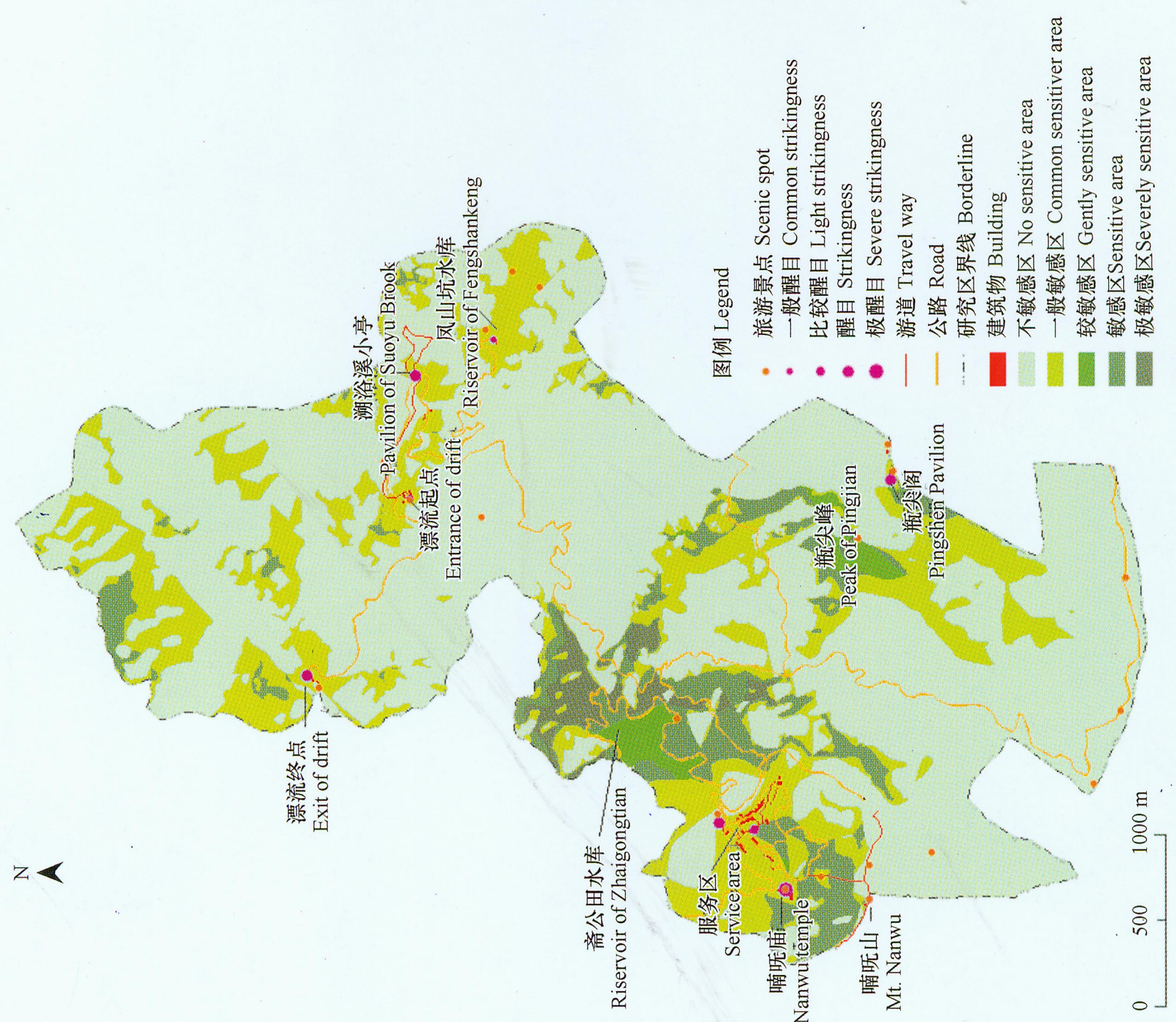


图4 研究区景观生态敏感性分布图

Fig.4 Sensitiveness map of landscape ecology in case study