

## 旅游区人为干扰对森林群落物种多样性的影响

艾训儒, 易咏梅, 姚 兰, 王柏泉, 熊 彪

(湖北民族学院 生物科学与技术学院, 湖北 恩施 445000)

**摘要:** 研究人为干扰对湖北省梭布垭石林针阔混交林森林群落物种多样性的影响。结果表明, 人为干扰对乔木层马尾松 *Pinus massoniana* 和杉木 *Cunninghamia lanceolata* 优势种的主体地位和作用没有根本性的改变, 但使群落平均胸径(或地径)和平均树高降低, 群落种类组成发生变化。重度干扰和中度干扰降低了群落乔木层阔叶树种和灌木层优势种的作用和地位, 重要值降低, 但增加了群落物种多样性水平。不同干扰类型的群落, 在垂直高度 1.0 m 以下, Shannon-Weiner 多样性指数较大, 1.1 ~ 3.0 m 高度达最大, 以后随高度升高, 多样性指数降低, 在 9.1 m 以上的高度层, 树种单一, 多样性为 0。图 3 表 3 参 13

**关键词:** 森林生态学; 人为干扰; 针阔混交林; 森林群落; 物种多样性; 梭布垭石林

**中图分类号:** S718; Q948      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1000-5692(2010)02-0178-07

## Effects of human disturbance on species diversity of *Pinus massoniana*-*Cunninghamia lanceolata* mixed forest in Suobuya Stone Forest

AI Xun-ru, YI Yong-mei, YAO Lan, WANG Bo-quan, XIONG Biao

(School of Biological Science and Technology, Hubei University for Nationalities, Enshi 445000, Hubei, China)

**Abstract:** The effects of human disturbance on species diversity of natural mixed stand of conifer and broad-leaved trees in Suobuya Stone Forest were discussed in this paper. The results showed that the human disturbance didn't change the dominant positions and roles of *Pinus massoniana* and *Cunninghamia lanceolata* in arbor. But it decreased the average diameter at breast height (or basal diameter) and average tree height and changed the species composition. The medium and light disturbance lowered the roles and positions of the broadleaved tree in arbor layer and the dominant species in shrub layer and hence lowered their important values, but it increased the diversity of community species. Of the communities under disturbance, the Shannon-Weiner diversity index was larger when the vertical height was below 1.0 m and the largest between 1.1 m to 3.0 m. Then the diversity index decreased with the height. There was no diversity when the height was over 9.1 m. [Ch, 3 fig. 3 tab. 13 ref.]

**Key words:** forest ecology; human disturbance; mixed forest of conifer and broad-leaved trees; forest community; specie diversity; Suobuya Stone Forest

自然生态系统为人类提供了多种服务功能, 基于自然资源的生态旅游是自然生态系统将生态价值转化为直接经济价值的最有效途径。然而生态旅游所带来的人为干扰常常是以对旅游区生物多样性的丧失和环境的退化为代价, 为区域经济可持续发展带来负面影响<sup>[1-13]</sup>。如何实现在保持自然生态系统生态功能的同时, 实现区域经济可持续发展, 这是目前生态旅游业所面临的重大问题。笔者研究了人为干扰对湖北省梭布垭石林针阔混交林森林群落物种多样性的影响, 以期对梭布垭旅游资源管理及恩

收稿日期: 2009-03-13; 修回日期: 2009-04-27

基金项目: 湖北省自然科学基金资助项目(2007ABA053); 湖北省教育厅重点资助项目(D200729004)

作者简介: 艾训儒, 土家族, 教授, 博士, 从事森林生态学研究。E-mail: axru@263.com

施自治州旅游管理提供理论依据。

## 1 研究地自然概况

梭布垭石林风景旅游区位于湖北省恩施土家族苗族自治州境内，距州府 54 km。处在连接华中和大西南黄金游径的交汇点上。东面是长江三峡和神农架，西面是重庆市，南面是张家界国家森林公园。风景区总面积为 21 km<sup>2</sup>。研究地为核心景区，面积为 8.8 km<sup>2</sup>。中心地理坐标为 30°34.725'N，109°34.688'E，喀斯特地貌，海拔 960 ~ 1 000 m，南坡。典型植被是以马尾松 *Pinus massoniana* 和杉木 *Cunninghamia lanceolata* 为主的针阔混交林，泛北极起源，其植被居全国石林之首，为典型的“戴冠石林”。气候为中亚热带北缘湿润季风气候，雨热同期，年平均气温为 12.9 ~ 14.5 °C，年平均降水量为 1 580 mm，≥10 °C 活动积温 4 100 °C，无霜期 230 d，相对湿度 80% ~ 84%；土壤为泥质页岩发育而成的山地黄棕壤，微酸性，pH 5.5 ~ 6.5。自然景色迷人，2000 年开发为旅游风景区，平均旅客量为 8.6 万人次·a<sup>-1</sup>。旅游区开发前后，由于道路及基础设施的修建、游客对旅游两侧群落的影响，以及长期以来旅游区内居民采伐薪炭材等人为干扰因素，对旅游区针阔混交林森林群落及景观造成了一定的负面影响。

## 2 研究方法

### 2.1 样地设置与调查

2.1.1 样地设置 梭布垭石林核心景区范围小，海拔高差仅 40.0 m，坡向、土壤等环境条件基本一致，植被组成一致，是同一生态系统类型的针阔混交林森林群落，为本研究提供了理想的条件。对研究区域的调查发现，针阔混交林森林群落受人干扰的强度与距旅游线路垂直距离密切相关，人为干扰主要范围为 0 ~ 30 m，超过 30 m 范围几乎无干扰活动。为研究不同强度人为干扰对生物多样性变化的影响，将人为干扰划分为 3 级：轻度干扰（远离旅游线路，样地距旅游线路在 30 m 以外，几乎没有游人到达，样地内没有或很少有人活动的痕迹）；中度干扰（靠近旅游线路，样地距旅游线路为 15 ~ 30 m，有少量游人到达，样地内有少量的垃圾及游人踏痕，树木刻划、折枝量和乔灌伐桩量少）；重度干扰（紧挨旅游线路，样地距旅游线路为 0 ~ 15 m，游人多、人为活动痕迹明显，样地内有大量的垃圾，到处是游人踩踏的痕迹，树木刻划、折枝量、乔灌伐桩量较多）。因此，本研究样地设置方法采用沿旅游线路同侧，在各地段距旅游线路垂直距离 0 ~ 15，15 ~ 30，30 ~ 45 m 的梯度，同步设置样地（大小为 15 m × 15 m）3 个，依次作为重度干扰、中度干扰和轻度干扰样地。有的地段为不可及地段，只设置其中的 1 个或 2 个。样地布点及设置方法见图 1。共 31 个，其中重度干扰样地 14 个，中度干扰样地 8 个，轻度干扰样地 9 个。

2.1.2 调查方法 对样地内所有木本植物进行每木检尺，地径 ≤ 5.0 cm 的直接用游标卡尺量测地径，地径 > 5.1 cm 的用胸径尺量测胸径，并估计每木树高，分类记录物种数及株数。草本植物调查物种数和盖度，藤本植物统计物种数及对应株数。同时详细记录每样地海拔高度、距旅游线路距离、距景点距离以及主要干扰类型、干扰强度和群落微环境特征等指标。

### 2.2 数据处理与分析

各样地按乔木层、灌木层分类统计平均胸径(或地径)和平均树高，测算群落多样性指数。并按地

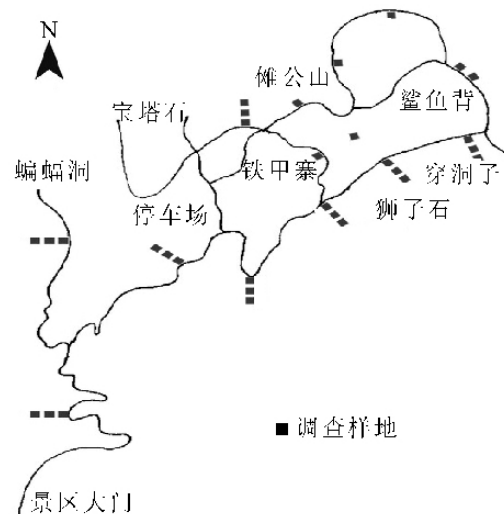


图 1 梭布垭石林简图及调查样地布点图

Figure 1 Sketch map of Suobuya and plot distribution

径 1.0 cm, 胸径 2.0 cm, 树高 1.0 m 的步长分别统计各地径(或胸径)级、树高级各物种的个体数, 测算多样性指数。根据干扰强度对样地分类, 计算在群落层次、群落地径(或胸径)和群落树高等级上的物种多样性和群落各物种重要值。多样性采用 Simpson 指数和 Shannon-Wiener 指数。

$$\text{Simpson 指数 } D = 1 - \sum_{i=1}^S P_i^2; \text{ Shannon-Wiener 指数 } H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log P_i; \text{ 其中 } P_i \text{ 为第 } i \text{ 物种所占的比例, } P_i = n_i/N, n_i \text{ 为第 } i \text{ 物种个体数, } N \text{ 为某层物种总个体数, } S \text{ 为物种数。物种重要值} = (\text{相对密度} + \text{相对频度} + \text{相对显著度})/3。$$

例,  $P_i = n_i/N$ ,  $n_i$  为第  $i$  物种个体数,  $N$  为某层物种总个体数,  $S$  为物种数。物种重要值 = (相对密度 + 相对频度 + 相对显著度)/3。

### 3 结果与分析

#### 3.1 人为干扰对针阔混交林森林群落胸径(或地径)、树高及多样性影响分析

各干扰群落平均胸径(或地径)、平均树高及多样性见表 1。从表 1 可知, 各干扰群落不论是乔木层还是灌木层, 其平均胸径(或地径)和平均树高都呈现重度干扰 < 中度干扰 < 轻度干扰; 重度干扰群落其 Shannon-Weiner 多样性指数和 Simpson 多样性指数均高于中度干扰和轻度干扰群落。其原因主要是距离旅游线路两侧最近的群落由于修建道路、护栏、厕所和观景亭台等基础设施, “就近取材”对群落乔木层的破坏; 另一方面, 道路、厕所等基础设施的修建在群落内形成较开阔的走廊和斑点, 这些人为干扰形成的较多窗口(gaps)允许有更多的物种入侵和定居, 从而使距离旅游线路最近的重度干扰群落物种多样性维持在一个较高的水平。

表 1 不同干扰强度对群落基本特征和多样性的影响

Table 1 Effect of different disturbance intensity on the community characteristics and diversity

统计项目	距旅游线路 0 ~ 15 m(重度干扰)		距旅游线路 15 ~ 30 m(中度干扰)		距旅游线路 30 ~ 45 m(轻度干扰)	
	乔木层	灌木层	乔木层	灌木层	乔木层	灌木层
平均胸径(或地径)/cm	8.27	1.63	9.72	1.81	9.89	1.85
平均树高/m	6.85	1.97	8.46	2.39	8.66	2.43
群落 Shann-Weiner 多样性	3.370 8		3.308 8		3.259 7	
群落 Simpson 多样性	0.860 2		0.851 2		0.845 4	

#### 3.2 不同干扰下群落种类组成及物种的重要值

人为干扰对针阔混交林森林群落乔木层及灌木层种类组成及各物种重要值的影响见表 2 ~ 3。

表 2 可以看出, 梭布垭石林风景区群落乔木层树种基本组成是以马尾松和杉木为主要优势种的针阔叶混交林, 马尾松在不同群落中的重要值达到 18.48% ~ 36.68%, 杉木为 14.57% ~ 37.83%, 人为干扰没有从根本上影响它们在群落中的主体地位和作用。但干扰对群落阔叶树种的优势作用和组成影响明显。就优势作用而言, 轻度干扰群落阔叶树种重要值合计为 59.22%, 中度干扰群落降低到 25.49%, 重度干扰群落由于较多的缺口和边缘效应的结果, 下层阳性乔木种生长较快, 补充到乔木层, 加之为保持景观的可观赏性, 人工栽培了阔叶树种山合欢(以及柳杉、日本落叶松等针叶树种), 使阔叶树种在群落中的重要值得到了一定程度的提高, 达到 39.61%, 但仍比轻度干扰群落低。就乔木层阔叶树种组成而言, 轻度干扰群落中的主要乔木树种蓝果树、白栎、银木、香冬青、杨桐、大穗鹅耳栎和小乔木山胡椒等在重度干扰群落中被一些阳性阔叶树种枫香、光皮桦、化香、响叶杨、盐肤木、樱桃以及小乔木马桑等取代。

人为干扰对群落灌木层的影响主要表现在对灌木层各优势种的地位和作用发生的变化以及物种多样性发生的变化。由表 3 可知, 各物种重要值在 1.5% 以上的看作优势种, 轻度干扰群落灌木层物种数与中度干扰群落相当, 分别为 57 种和 58 种, 但明显低于重度干扰群落灌木层的物种数(78 种), 结合表 1 ~ 3 的研究结果, 对于梭布垭景区, 重度干扰群落物种多样性水平高, 主要体现在灌木层的物种数的增加, 而对乔木层物种数的影响相对要小些。同时, 由于人为干扰导致灌木层物种数的增

表 2 不同干扰强度对群落乔木层物种重要值的影响

Table 2 Effect of different disturbance intensity on value of the arbor layer species important

乔木层树种	距旅游线路			乔木层树种	距旅游线路		
	0~15 m(重度干扰)	15~30m(中度干扰)	距旅游线路 30~45m(轻度干扰)		路 0~15 m(重度干扰)	15~30 m(中度干扰)	距旅游线路 30~45 m(轻度干扰)
马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	18.48	36.68	26.21	香冬青 <i>Ilex suaveolens</i>			2.14
杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	34.28	37.83	14.57	杨桐 <i>Cleyera japonica</i>			1.55
蓝果树 <i>Nyssa sinensis</i>			7.61	大穗鹅耳枥 <i>Carpinus fargesii</i>			1.49
老鼠矢 <i>Symplocos stellaris</i>	2.63	2.69	6.65	山胡椒 <i>Lindera glauca</i>			1.39
木荷 <i>Schima superba</i>	4.22	2.79	5.91	光皮桦 <i>Betula luminifera</i>	5.26	2.60	
马桑 <i>Coriaria sinica</i>	6.85		4.65	化香 <i>Platycarya strobilacea</i>	2.73		
麻栎 <i>Quercus acutissima</i>	2.82	5.62	4.53	柳杉 <i>Cryptomeria fortunei</i> (栽培)	4.32		
虎皮楠 <i>Daphniphyllum oldhami</i>	2.02		3.64	日本落叶松 <i>Larix kaempferi</i> (栽培)	2.11		
白栎 <i>Quercus fabri</i>			5.92	石楠 <i>Photinia serrulata</i>		2.60	
银木 <i>Cinnamomum septentrionale</i>			5.33	响叶杨 <i>Populus adenopoda</i>	5.19		
枫香 <i>Liquidambar formosana</i>		5.79	3.83	盐肤木 <i>Rhus chinensis</i>	4.02		
青榨槭 <i>Acer davidii</i>			2.04	樱桃 <i>Cerasus pseudocerasus</i>	2.47		
山合欢 <i>Albizia kalkora</i> (栽培)	2.60		2.54	锥栗 <i>Castanea henryi</i>		3.40	
				乔木层物种重要值(物种数)	100(15)	100(9)	100(17)

说明：表中空白表示未出现种。

加，又降低了灌木层优势种的作用和地位，轻度干扰群落灌木层优势种重要值占 79.06%，而中度干扰和重度干扰群落灌木层优势种的重要值分别降低到 73.11%和 60.91%，其优势种重要值呈现重度干扰群落 < 中度干扰群落 < 轻度干扰群落的趋势。

### 3.3 群落空间物种多样性变化分析

分别分析了不同干扰强度的群落各高度层次和胸径级(乔木层)、地径级(灌木层)上的 Shannon-Weiner 多样性。结果见图 2~3。

图 3 可以看出，不同干扰类型的群落，在各高度层次上物种多样性变化趋势大致相同，即在 0~1.0 m 保持了较高的多样性水平，1.1~3.0 m 高度层上物种多样性达到最高或次高水平，以后随高度升高而降低，在 9.1 m 以上的各高度层，树种单一，多样性为 0。

人为干扰强度对群落各高度层物种多样性的影响不尽相同。重度干扰群落在 0~1.0 m 和 1.1~2.0 m 高度层多样性指数分别为 1.465 9 和 2.774 8，比中度干扰群落(对应高度层多样性指数分别为 0.889 7 和 2.734 8)和轻度干扰群落(对应高度层多样性指数分别为 1.409 9 和 2.684 6)都要高。在 2.1 m 以上各高度层其多样性小于中度干扰群落及轻度干扰群落，且在 2.1~8.0 m 各高度层多样性呈现重度干扰群落 < 中度干扰群落 < 轻度干扰群落。同时可以看出，重度干扰群落在 7.1 m 以上树种单一，多样性为 0。

在地径或胸径级的各层次上，物种多样性呈现与高度层次上多样性大致相似的变化规律，地径在 3.0 cm 以下的灌木层，其物种多样性有较高的水平，在 1.1~2.0 cm 的地径级，各干扰类型群落以及轻度干扰群落均达到最高值，在 3.1 cm 以上的地径或胸径级，物种多样性降低，胸径在 15.0~16.9 cm 以上，树种单一，多样性为 0。

## 4 结论与讨论

### 4.1 结论

梭布垭风景区在开发过程中，旅游基础设施的建设一方面对林针阔混交林森林群落胸径、地径和

表3 不同干扰强度对群落灌木层主要优势种重要值的影响

Table 3 Effect of different disturbance intensity on the main dominant species important value in shrub layer

灌木层主要树种	距旅游线路			灌木层主要树种	距旅游线路		
	路0~15 m (重度干扰)	15~30 m (中度干扰)	30~45 m (轻度干扰)		路0~15 m (重度干扰)	路15~30 m (中度干扰)	路30~45 m (轻度干扰)
翅椴 <i>Eurya alata</i>	5.62	11.61	11.25	紫花冬青 <i>Ilex triflora</i>	1.92	2.48	1.96
杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	6.53	8.73	7.79	大穗鹅耳枥 <i>Carpinus fargesii</i>		1.98	1.80
油茶 <i>Camellia oleifera</i>	3.95	3.94	6.68	光皮桦 <i>Betula luminifera</i>	1.83		1.80
马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	1.54	5.38	5.69	石灰花楸 <i>Sorbus folgneri</i>	1.82	2.67	1.70
老鼠矢 <i>Symplocos stellaris</i>		4.70	5.37	棕榈 <i>Trachycarpus fortunei</i>	+		1.58
麻栎 <i>Quercus acutissima</i>	4.24	4.92	3.20	野鸭椿 <i>Euscaphis japonica</i>			1.58
荚蒾 <i>Viburnum dilatatum</i>	1.73	2.62	3.17	盐肤木 <i>Rhus chinensis</i>	4.67	1.53	1.54
虎皮楠 <i>Daphniphyllum oldhami</i>	3.10	2.74	3.15	火棘 <i>Pyracantha fortuneana</i>	2.46	2.30	1.51
白栎 <i>Quercus fabri</i>			2.95	铁仔 <i>Myrsine africana</i>	1.89	1.95	
山矾 <i>Symplocos sumuntia</i>		2.03	2.75	狭叶四照花 <i>Dendrobenthamia angustata</i>		3.26	
山胡椒 <i>Lindera glauca</i>	2.95	2.39	2.45	小果蔷薇 <i>Rosa cymosa</i>	2.66	+	
长蕊杜鹃 <i>Rhododendron stamineum</i>		+	2.34	板栗 <i>Castanea mollissima</i>	1.69		
蓝果树 <i>Nyssa sinensis</i>			2.28	旱柳 <i>Salix matsudana</i>	1.73	+	+
毛叶木姜子 <i>Litsea mollis</i>		3.17	2.27	马桑 <i>Coriaria sinica</i>	4.15		+
满山红 <i>Rhododendron mariesii</i>	2.23	2.56	2.13	水马桑 <i>Weigela japonica</i>	1.77		+
樱桃 <i>Cerasus pseudocerasus</i>	2.43	2.15	2.12				
				灌木层优势种重要值(物种数)	6091(21)	7311(20)	7906(24)
				灌木层非优势种重要值(物种数)	3909(57)	2689(38)	2094(33)

说明：表中“+”表示重要值<1.5%的非优势种，空白表示未出现种。

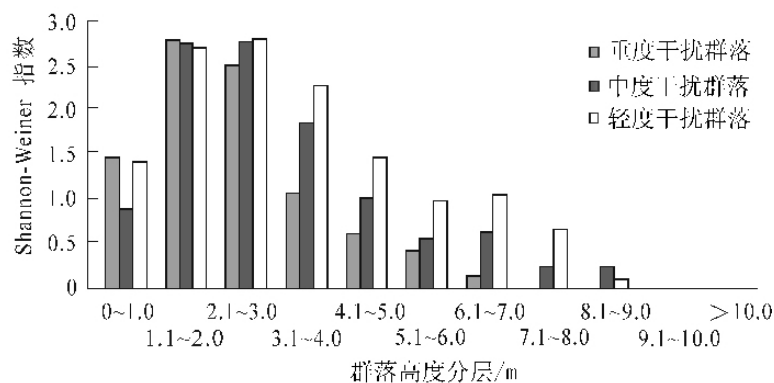


图2 不同干扰群落在各高度层上的 Shannon-Weiner 指数

Figure 2 Shannon-Weiner index in height class of different disturbance communities

树高等存在不同程度的负面影响，距离旅游路线越近，干扰程度越大，影响越强烈。另一方面，由于干扰形成的较多缺口允许有更多的物种入侵和定居，从而使重度干扰群落保持较高的物种多样性水平，这一水平主要体现在小径级灌木种类的增加。

人为干扰对针阔混交林森林群落乔木层马尾松、杉木优势种的主体地位和作用没有根本性改变，但对乔木层阔叶树种的优势作用和组成影响明显，相对于轻度干扰群落的蓝果树、白栎、银木、香冬

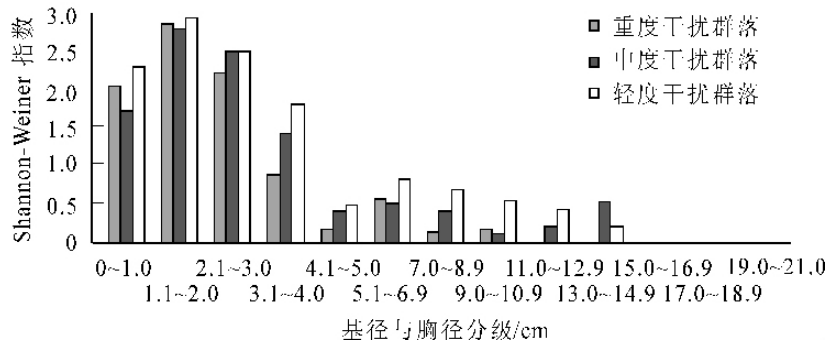


图 3 不同干扰群落在胸径（或基径）级上的 Shannon-Weiner 指数

Figure 3 Shannon-Weiner index in diameter at breast height (or basal diameter) class of different disturbance communities

青、杨桐、大穗鹅耳枥以及小乔木山胡椒等阔叶优势种，在重度干扰群落中被阳性阔叶树种枫香、光皮桦、化香、响叶杨、盐肤木、樱桃以及小乔木马桑等取代。干扰程度不同，它们在群落中的重要值也发生了变化。对灌木层的影响主要体现在物种数的变化，表现为在一定限度内干扰强度增加，物种数增加，各优势种的重要值相应降低的趋势。

梭布垭旅游区不同干扰类型的群落各高度层上的物种多样性变化趋势大致相同，在 3.0 m 以下的灌木层有较高的多样性水平，3.0 m 以上，随高度增加，多样性降低，在 9.1 m 以上，物种单一。但不同干扰强度对群落不同高度层的物种多样性影响存在差异，2.0 m 以下的物种多样性表现为：重度干扰群落 > 中度干扰群落 > 轻度干扰群落，2.1 m 以上则大致相反。在地径或胸径级的各层次上，物种多样性呈现与高度层次上多样性大致相似的变化规律。

#### 4.2 讨论

人为干扰对旅游地(风景名胜区、森林公园、自然保护区等)的影响研究是旅游地生态环境保护和生态旅游开发的基础工作，越来越受到有关部门(学者)的重视。影响森林群落物种多样性的因素是复杂而多样的：首先，群落物种本身的繁殖策略对多样性有重要影响；其次，自然环境条件对物种多样性有影响；第三，群落小环境对物种多样性有一定的影响；最后，人为干扰对物种多样性也有重要影响。如果在同一森林类型，相同的自然环境条件和相似的小环境情况下，研究人为干扰对森林群落物种多样性的影响是可行的。梭布垭石林针阔混交林森林群落受人干扰的主要类型大致包括 3 类：第 I 类是旅游区开发本身造成的干扰，主要有道路、护栏、厕所、观景亭台等基础设施修建过程中造成的对群落的干扰；第 II 类是在基础设施修建中“就近取材”以及开发前当地居民获取薪炭材对群落乔、灌木的部分采伐造成的干扰；第 III 类是旅游区建成后，游客对群落产生的干扰，如枝干刻划、折枝和践踏等等。人为干扰对旅游区森林群落木本植物多样性可能产生的生态影响：首先，体现在群落的整个物种多样性水平上，根据干扰强度的不同而出现差异，一方面，高强度的干扰活动可能导致有些物种的丧失或不适于因干扰而改变的环境，从而使多样性降低；另一方面，一定强度的人为干扰，造成适当的林中或林缘缺口，因改变了小生境条件，有利于其他物种的定居或阳性植物的生长，从而使多样性增加。其次，体现在群落各层次物种多样性水平上，一般而言，灌木层受干扰影响的灵感程度高于乔木层。因此，对如何界定干扰及其产生的行为，如何确定各种干扰类型及其强度是研究人为干扰对森林群落物种多样性影响的核心问题。本研究仅根据距离旅游线路远近及各种干扰类型的综合作用结果对人为干扰强度进行了定性判断，确定为重度干扰、中度干扰及轻度干扰等 3 种强度类型，在此基础上比较不同干扰强度对群落结构和物种多样性的影响。此外，尽管充分考虑了研究地同一生态系统类型同一森林群落类型进行比较的可能性，但由于微环境的影响对群落本身组成上的差异也是客观存在的。上述问题有待于进一步研究和探讨。

#### 参考文献：

[1] 朱珠, 包维楷, 庞学勇, 等. 人为干扰对九寨沟冷杉林下植物种类组成及多样性的影响[J]. 生物多样性, 2006, 14

- (4): 284 - 291.
- ZHU Zhu, BAO Weikai, PANG Xueyong, *et al.* Tourism effect on species composition and diversity of understory plants in *Abies fargesii* var. *faxoniana* forest in Jiuzhaigou, Sichuan [J]. *Biodiversity Sci*, **14** (4): 284 - 291.
- [2] 程占红, 张金屯, 张峰. 不同人为干扰下草甸种群生态优势度的差异[J]. 西北植物学报, 2004, **24** (8): 1476 - 1479.
- CHENG Zhanhong, ZHANG Jintun, ZHANG Feng. Difference of ecological dominance of meadow population on different tourism disturbance [J]. *Acta Bot Boreal-Occident Sin*, **24** (8): 1476 - 1479.
- [3] 吴甘霖, 黄敏毅, 段仁燕, 等. 不同强度人为干扰对黄山松群落物种多样性的影响[J]. 生态学报, 2006, **26** (12): 3924 - 3930.
- WU Ganlin, HUANG Minyi, DUAN Renyan, *et al.* Disturbing effects of tourism on species diversity in *Pinus taiwanensis* communities [J]. *Acta Ecol Sin*, **26** (12): 3924 - 3930.
- [4] 张桂萍, 张峰, 茹文明. 人为干扰对历山亚高山草甸优势种群间相关性的影响[J]. 生态学报, 2005, **25** (15): 2868 - 2874.
- ZHANG Guiping, ZHANG Feng, RU Wenming. The effect of traveling on the interspecific correlation of dominant populations in Lishan subalpine meadow, Shanxi Province [J]. *Acta Ecol Sin*, **25** (15): 2868 - 2874.
- [5] 武俊智, 上官铁梁, 张婕, 等. 人为干扰对马仑亚高山草甸植物物种多样性的影响[J]. 山地学报, 2007, **25** (5): 534 - 540.
- WU Junzhi, SHANGGUAN Tieliang, ZHANG Jie, *et al.* Disturbing effects of tourism on plant species diversity of Malun subalpine meadow, Shanxi Province [J]. *J Mt Sci*, **25** (5): 534 - 540.
- [6] 包维楷, 陈庆恒, 刘照光. 退化植物群落结构及其物种组成在人为干扰梯度上的响应[J]. 云南植物研究, 2000, **22** (3): 307 - 316.
- BAO Weikai, CHEN Qingheng, LIU Zhaoguang. Changes of structure and species composition of degraded plant community along disturbance gradients of different intensities [J]. *Acta Bot Yunnan*, 2000, **22** (3): 307 - 316.
- [7] 许慧敏, 张劲峰, 向红梅, 等. 不同强度人为干扰对香格里拉亚高山森林树种结构的影响[J]. 浙江林学院学报, 2008, **25** (5): 591 - 599.
- XU Huimin, ZHANG Jinfeng, XIANG Hongmei, *et al.* Sub-alpine forest resulting from human disturbance in Shangri-La County, China [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2008, **25** (5): 591 - 596.
- [8] 张洋, 慎佳泓, 张方钢, 等. 西湖风景名胜區森林群落物种多样性及人为干扰的影响[J]. 浙江大学学报: 理学版, 2008, **35** (5): 567 - 575.
- ZHANG Yang, SHEN Jiahong, ZHANG Fanggang, *et al.* Forest community species diversity and influence of human disturbance in mountainous area of the West Lake in Hangzhou, East China [J]. *J Zhejiang Univ Sci Ed*, 2008, **35** (5): 567 - 575.
- [9] 唐明坤, 曾涛, 杨彪, 等. 四川岷山火溪河地区人为干扰后的植被组成及分布[J]. 广西植物, 2008, **28** (4): 483 - 488.
- TANG Mingkun, ZENG Tao, YANG Biao, *et al.* Composition and distribution of vegetation after anthropological disturbance in the Huoxi River Region of Min Mountain, Sichuan Province [J]. *Guihaia*, 2008, **28** (4): 483 - 488.
- [10] 曾馥平, 彭晚霞, 宋同清, 等. 桂西北喀斯特人为干扰区植被自然恢复 22 年后群落特征[J]. 生态学报, 2007, **27** (12): 5110 - 5118.
- ZENG Fuping, PENG Wanxia, SONG Tongqing, *et al.* Changes in vegetation after 22 years' natural restoration in the karst disturbed area in Northwest Guangxi [J]. *Acta Ecol Sin*, 2007, **27** (12): 5110 - 5118.
- [11] 杨梅, 林思祖, 曹光球, 等. 人为干扰对常绿阔叶林主要种群分布格局的影响[J]. 中国生态农业学报, 2007, **15** (1): 9 - 11.
- YANG Mei, LIN Sizu, CAO Guangqiu, *et al.* Effects of human disturbance on spatial distribution pattern of main population of evergreen broadleaf trees [J]. *Chin J Eco-Agric*, 2007, **15** (1): 9 - 11.
- [12] KELLY C L, PICKETING C M, BUCKLEY R C. Impacts of tourism on threatened plant taxa and communities in Australia [J]. *Ecol Manage Restor*, 2003, **4** (1): 37 - 44.
- [13] KUTIEL P, ZHEVELEV H, HARRISON R. The effect of recreational impacts on soil and vegetation of stabilised coastal dunes in the Sharon Park, Israel [J]. *Ocean & Coastal Manage*, 1999, **42**: 1041 - 1060.