

西天目山低山地区人工与自然生境 夏季鸟类群落比较

蔡音亭 王强 张颖 张奕彬 刘天悦 唐仕敏 马志军*

(复旦大学生命科学学院 生物多样性科学研究所 生物多样性与生态工程教育部重点实验室 上海 200433)

摘要: 为了研究西天目山低山地区人类活动对鸟类群落的影响,于2007年7月对该地区两种自然生境(常绿乔木林和灌丛)与两种人工生境(苗圃和公园)中鸟类的种类、数量及鸟类群落的相似性进行比较。结果表明,常绿乔木林与灌丛中的鸟类物种数最多,常绿乔木林中的鸟类密度显著高于灌丛中的鸟类密度。苗圃和公园中鸟类物种数及密度都显著低于常绿乔木林和灌丛。两种人工生境中鸟类群落相似性最高,广性分布物种是这两种生境中鸟类群落的主要组成部分,而狭性分布物种仅在常绿乔木林和灌丛中分布。以上结果表明,人类活动所造成的生境改变对鸟类多样性有不利影响。

关键词: 鸟类群落; 西天目山; 生境

中图分类号: Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263(2008)04-20-06

Bird Communities at Artificial and Natural Environment in Lower Mountain Regions of West Tianmu Mountain

CAI Yin-Ting WANG Qiang ZHANG Ying ZHANG Yi-Bin LIU Tian-Yue
TANG Shi-Min MA Zhi-Jun*

(*Ministry of Education Key Laboratory for Biodiversity Science and Ecological Engineering, Institute of Biodiversity Science, School of Life Sciences, Fudan University, Shanghai 200433, China*)

Abstract: Bird surveys were conducted in July 2007 in four habitats, including ever-green forests, shrubs, nursery and park, at lower mountain regions in West Tianmu Mountain. No significant difference in bird species richness was found between shrubs and evergreen forests, while bird density in evergreen forests was significantly higher than that in shrubs. Bird species richness and density in evergreen forests and shrubs were significantly higher than that in nursery and park. There was high similarity between bird communities in nursery and in park. Widely-distributed species was the main composition of the bird communities in nursery and park, while narrowly-distributed species was only recorded in ever-green forests and shrubs. This suggests that habitat change caused by human activities has disadvantageous effect on bird community.

Key words: Bird community; West Tianmushan Mountain; Habitat

随着人类活动范围的不断扩大,人类对自然环境影响日益增加,栖息地丧失和片断化已成为全球普遍现象^[1,2]。鸟类位于生态系统食物链的较高等级,对环境变化较为敏感。因此,鸟类常被作为监测与评价环境变化的重要指示种^[3]。Marzluff认为,土地开垦等活动造成

基金项目 国家基础科学人才培养基金(复旦大学生物学基地/批准号J0630643);

*通讯作者, E-mail: zhijunm@fudan.edu.cn;

第一作者介绍 蔡音亭,女,硕士研究生;研究方向:鸟类生态学; E-mail: yinting.cai@gmail.com。

收稿日期:2007-12-10,修回日期:2008-05-03

了鸟类生境特征的改变,使城市和乡村中鸟类的种类及数量都大大减少^[4]。而一些研究表明,人类活动所造成的自然生境破坏可能会使植被回到演替的初级阶段,并为不同的鸟类提供生境^[5-7]。研究生境改变后鸟类群落特征的变化,有助于了解人类活动对鸟类的影响,为制定鸟类保护措施提供依据。

西天目山低山地区以常绿阔叶林为主,鸟类多样性丰富。随着旅游业的快速发展^[8],自然环境发生了很大变化。修筑公路、扩建居民点、修建旅游设施等导致常绿阔叶林的面积不断减少^[9]。为了了解环境变化对鸟类群落的影响,我们对西天目山低山地区不同生境类型的鸟类群落特征进行比较,并探讨鸟类群落特征差异的产生原因。

1 研究区域与方法

1.1 研究区域 浙江天目山国家级自然保护区位于浙江西北部临安市境内的西天目山,地理位置位于 30°S ~ 30°50'N, 118°50' ~ 120°19'E 之间,保护区总面积为 4 284 hm²。保护区地处中亚热带北缘向北亚热带过渡的地带,气候温暖湿润,森林植被茂盛。据资料记载,西天目山地区的鸟类共计 12 目 36 科 148 种^[10]。

本研究所选择的区域位于海拔 300 ~ 500 m 的低山地区,属保护区的实验区,人类活动较为频繁。该区域的主要植被为次生常绿阔叶林和竹林^[11]。根据植被类型、垂直结构和盖度的不同,选择苗圃和公园 2 种人工生境以及常绿乔木林和灌丛 2 种自然生境进行鸟类调查。

常绿乔木林主要以次生常绿阔叶林和常绿针叶林为主^[12]。由于常绿阔叶树种和常绿针叶树种混生,且二者垂直结构相似,将其统称为常绿乔木林。本研究区域的乔木高度多为 15 ~ 20 m,部分达到 30 m。主要乔木有水杉 (*Metasequoia glyptostroboides*)、枫香 (*Liquidambar formosana*)、雪松 (*Cedrus deodara*)、柳杉 (*Cryptomeria fortunei*)、樟树 (*Cinnamomum camphora*)、青冈栎 (*Cyclobalanopsis glauca*) 等;林下的草本层主要为山萹苳 (*Pterocypsela*

indica)、小蓬草 (*Conyza canadensis*) 等。

灌丛的主要植被包括小乔木、灌木和草本 3 种类型。小乔木高度在 5 m 左右,少数可达 10 m。草本层的高度在 3 m 左右。主要木本植物有桃 (*Prunus persica*)、臭椿 (*Ailanthus altissima*)、白背叶 (*Mallotus apeltus*)、杭州榆 (*Ulmus changii*) 等。高草本有小蓬草、五节芒 (*Miscanthus floridulus*) 等。矮草本及藤本植物有一年蓬 (*Erigeron annuus*)、淡竹叶 (*Lophatherum gracile*)、千里光 (*Senecio scandens*)、牛膝 (*Achyranthes bidentata*)、山萹苳、络石 (*Trachelospermum jasminoides*) 等。

苗圃为 2006 年建成的区域,主要种植有桂花 (*Osmanthus fragrans*) 和樱桃 (*Prunus pseudocerasus*) 两种树种,植株高度在 2 ~ 3 m 之间。草本层稀疏,生长有一些矮草本,包括狗尾草 (*Setaria viridis*)、毛梗薹 (*Siegesbeckia glabrescens*) 等。

公园也是 2006 年建成,靠近山林。园内栽种有乔木和灌木,多为绿化树种。地面大部分是硬化地面,少量是草坪。公园内的一些高大乔木是从其他区域移栽而来,高度在 10 ~ 20 m 之间,枝叶茂盛。灌木高度在 1 m 以下。主要乔木有樟树、三角枫 (*Acer buergerianum*)、柳杉、紫荆 (*Cercis chinensis*)、紫薇 (*Lagerstroemia indica*)、桃等。小灌木有火棘 (*Pyracantha fortuneana*)、金叶女贞 (*Ligustrum vicaryi*)、钝齿冬青 (*Ilex crenata*) 等。

1.2 鸟类调查 2007 年 7 月,采用固定距离样线法对 4 个研究区域分别进行了 7 次调查。由于公园和苗圃的面积较小,为了使调查结果具有可比性,在 4 种生境中分别设一条调查样线,样线长度为 500 m。调查的时间在每天清晨 5:00 ~ 7:00 时和傍晚 16:00 ~ 17:30 时,这是鸟类每天活动最频繁的时间。每次调查样线以 1 ~ 1.5 km/h 的速度步行,记录样线两侧 60 m 以内(开阔视野)或 30 m 以内(林地)观察到的和听到鸣声的鸟类种类及数量。调查使用 10 × 双筒望远镜。从空中飞过的鸟类由于无法确定其生境类型而未统计在内。

1.3 数据处理 采用单因素方差分析比较 4 种生境中记录到的鸟类物种数。如果不同生境中鸟类的种类数有显著性差异,则进一步采用最小显著差法(LSD)进行逐对比较。由于受植被茂密程度以及视野开阔程度等因素的影响,在不同生境中鸟类被观测到的难易程度不同,会造成记录到的鸟类种类数与生境中实际的鸟类种类数有一定差异。进一步采用 COMDYN 程序计算不同生境中的预测物种数(estimated species richness)^[13]。预测物种数的计算公式为: $N_K = R + \sum_{h=1}^K \frac{1}{h} f_h$ 。其中, R 为观察到的物种总数, h_k 是常数, K 是调查的总次数, f_h 是观察到 $h = 1, 2, \dots, K$ 次的物种数。

每种生境中鸟类密度的计算公式为: 鸟类密度 = 观察到的鸟类数量 / (样线宽度 × 样线长度)。由于鸟类在不同生境中的密度不符合正态分布,采用 Kruskal-Wallis 非参数检验比较不同生境中的鸟类密度。

采用相似百分比(percent similarity, PS)比较两种生境之间鸟类群落的相似性^[14]。相似百分比的计算公式为:

$$PS = 200 \times \frac{\sum_{i=1}^s \min(x_{i1}, x_{i2})}{\sum_{i=1}^s (x_{i1} + x_{i2})}$$

其中, x_{ij} 为第 i 种物种在第 j 种生境中的数量, s 为物种总数。

分别计算每种鸟类的生境分布系数(ADC)^[15]。生境分布系数的计算公式为: $ADC = (n/N + m/M) \times 100\%$ 。其中, n 为记录到该种鸟的次数, N 为调查的总次数, m 为鸟类出现的生境数, M 为总生境类型数。根据生境分布系数的大小,将鸟类分为广性分布物种(ADC 100%)、中性分布物种(50% < ADC < 100%) 和狭性分布物种(ADC < 50%)。通过计算 3 种类型的鸟类在不同群落中出现的比例,比较生境中鸟类群落组成的差异。

所有数据的统计分析均采用 SPSS 12.0 软件。显著性水平设置在 0.05。数值表达方式 为平均值 ± 标准差。

2 结果

2.1 鸟类群落多样性 经 7 次调查,在 4 种生境类型中共记录到鸟类 7 科 14 种(表 1)。其中在常绿乔木林中记录到 10 种,占全部种类的 71.4%; 灌丛中记录到 9 种,占全部种类的 64.3%; 公园中记录到 7 种,占全部种类的 50%; 苗圃中记录到 5 种,占全部种类的 35.7%。常绿乔木林及灌丛的预测鸟类物种数均高于公园和苗圃的预测鸟类物种数(表 2)。常绿乔木林以白头鹎(*Pycnonotus sinensis*)和领雀嘴鹛(*Spizixos semitorques*)的数量最多,灌丛以山麻雀(*Passer rutilans*)和领雀嘴鹛的数量最多,苗圃以山麻雀、白鹡鸰(*Motacilla alba*)的数量最多,公园以大山雀(*Parus major*)和山麻雀的数量最多(表 1)。

方差分析表明,4 种生境中每次调查记录到的鸟类物种数存在显著差异。在常绿乔木林 [(5.67 ± 1.37) 只/hm²]和灌丛 [(4.50 ± 1.97) 只/hm²]中平均每次调查记录到的鸟类物种数显著高于在苗圃 [(2.67 ± 1.21) 只/hm²]和公园 [(2.33 ± 0.82) 只/hm²]中记录到的鸟类物种数(常绿乔木林 vs 苗圃: $P = 0.02$; 常绿乔木林 vs 公园: $P = 0.001$; 灌丛 vs 苗圃: $P = 0.04$; 灌丛 vs 公园: $P = 0.001$)。灌丛与常绿乔木林中平均每次调查记录到的鸟类物种数无显著差异($P = 0.69$),公园与苗圃两种人工生境间平均每次记录到的鸟类物种数也没有显著差异($P = 0.17$)。

4 种生境中鸟类的密度具有显著差异($F = 8.95$, $df = 3$, $P = 0.03$)。其中,常绿乔木林中鸟类密度最高,为 (12.11 ± 7.85) 只/hm²,苗圃中鸟类密度最低,为 (3.44 ± 2.26) 只/hm²,灌丛中 和公园中的鸟类密度分别为 (7.78 ± 5.18) 只/hm² 和 (5.11 ± 0.85) 只/hm²,居于二者之间。

不同鸟类在 4 种生境中的分布不同。黑短脚鹛(*Hypsipetes leucocephalus*)、栗背短脚鹛(*Hemixos castanonotus*)、发冠卷尾(*Dicrurus hottentottus*)、灰树鹊(*Dendrocitta formosae*)只在常绿乔木林中有分布;灰胸竹鸡(*Bambusicola*

thoracica)、画眉 (*Garrulax canorus*)、棕头鸦雀 (*Paradoxornis webbianus*) 仅在灌丛中有分布。而白头鹎、领雀嘴鹎、山麻雀、大山雀在 4 种生境类型中均有分布(表 1)。其中白头鹎 ($\chi^2 = 9.79, df = 3, P = 0.02$)、领雀嘴鹎 ($\chi^2 = 8.59, df$

$= 3, P = 0.04$) 在常绿乔木林中密度显著高于其他 3 种生境,山麻雀在不同生境中的密度差异接近显著性 ($\chi^2 = 7.122, df = 3, P = 0.07$),大山雀 ($\chi^2 = 6.63, df = 3, P = 0.09$) 在 4 种生境中的密度没有显著差异。

表 1 四种生境中鸟类密度 (Mean \pm SD, 单位:只/hm²)

鸟类名称 Species	常绿乔木林 Evergreen forest	灌丛 Shrub	苗圃 Nursery	公园 Park
白头鹎 <i>Pycnonotus sinensis</i>	5.00 \pm 5.68	0.94 \pm 0.62	0.33 \pm 0.33	0.44 \pm 0.99
领雀嘴鹎 <i>Spizixos semitorques</i>	2.11 \pm 1.86	1.33 \pm 0.81	0.44 \pm 0.50	0.22 \pm 0.50
山麻雀 <i>Passer rutilans</i>	0.33 \pm 0.50	3.00 \pm 2.29	1.00 \pm 0.84	1.56 \pm 1.99
大山雀 <i>Parus major</i>	1.78 \pm 1.66	0.28 \pm 0.40	0.78 \pm 1.11	2.00 \pm 1.96
红头长尾山雀 <i>Aegithalos concinnus</i>	0.67 \pm 1.49	0.89 \pm 1.99		0.56 \pm 1.24
大斑啄木鸟 <i>Dendrocopos major</i>	0.11 \pm 0.25			0.22 \pm 0.31
黑短脚鹎 <i>Hypsipetes leucocephalus</i>	1.00 \pm 0.64			
栗背短脚鹎 <i>Hemixos castanonotus</i>	0.22 \pm 0.31			
发冠卷尾 <i>Dicrurus hottentottus</i>	0.22 \pm 0.31			
灰树鹊 <i>Dendrocitta formosae</i>	0.67 \pm 0.38			
灰胸竹鸡 <i>Bambusicola thoracica</i>		0.06 \pm 0.12		
画眉 <i>Garrulax canorus</i>		0.06 \pm 0.12		
白鹡鸰 <i>Motacilla alba</i>		0.50 \pm 0.53	0.89 \pm 0.92	0.11 \pm 0.25
棕头鸦雀 <i>Paradoxornis webbianus</i>		0.72 \pm 1.02		
总密度 Total	12.11 \pm 7.85	7.78 \pm 5.18	3.44 \pm 2.26	5.11 \pm 0.85

表 2 四种生境中鸟类群落的物种数和预测物种数

Table 2 Species number of bird communities in four habitats (Mean \pm SD)

生境类型 Habitats	观察到的物种总数 Observed species number	平均每次观察到的物种数 Mean species number	预测物种数 Estimated species richness
常绿乔木林 Evergreen forest	10	5.67 \pm 1.37	12 \pm 4.53
灌丛 Shrub	9	4.50 \pm 1.97	12 \pm 5.58
苗圃 Nursery	5	2.67 \pm 1.21	5 \pm 0.32
公园 Park	7	2.33 \pm 0.82	9 \pm 7.70

红头长尾山雀 (*Aegithalos concinnus*) 仅在常绿乔木林、灌丛和公园有记录,它们在这 3 种生境中的密度没有显著差异 ($\chi^2 = 0.03, df = 2, P = 0.99$)。大斑啄木鸟 (*Dendrocopos major*) 只在

常绿乔木林和公园出现,它们在这两种生境中的密度没有显著差异 ($\chi^2 = 0.41, df = 1, P = 0.52$)。白鹡鸰活动于常绿乔木林以外的 3 种生境,它们在 3 种生境中的密度也没有显著差异 ($\chi^2 = 3.46, df = 2, P = 0.18$)。

2.2 鸟类群落相似性 从鸟类群落组成来看,两种人工生境(苗圃和公园)的相似性最高,常绿乔木林与其他 3 种生境的相似性最低(表 3)。根据鸟类的生境分布系数,在记录到的 14 种鸟类中,白头鹎、领雀嘴鹎、山麻雀、大山雀、白鹡鸰为广性分布物种,黑短脚鹎、栗背短脚鹎、发冠卷尾、灰树鹊、灰胸竹鸡、画眉为狭性分布物种,其他为中性分布物种。不同生境宽度的鸟类在不同生境的鸟类群落中所占比例不同:苗圃中只有广性分布物种,公园中有广性分布物种(71%)和中性分布物种(29%),狭性分布种仅在常绿乔木林和灌丛中分布(图 1)。

表 3 四种生境鸟类群落组成的相似百分比(%)

Table 3 The percent similarity between bird communities in four habitats

	常绿乔木林 Evergreen forest	灌丛 Shrub	苗圃 Nursery	公园 Park
常绿乔木林 Evergreen forest	-	34.1	23.8	35.8
灌丛 Shrub		-	44.7	48.3
苗圃 Nursery			-	62.3
公园 Park				-

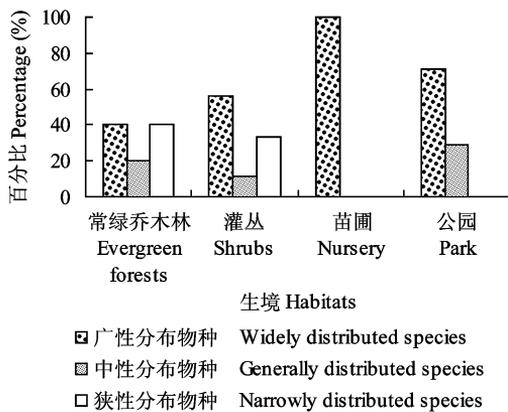


图 1 四种生境中三种分布类型的鸟类占该生境中全部鸟类种类百分比

Fig. 1 Percentage of bird species in three distribution types in each of the four habitats

3 讨论

根据多年调查,西天目山低山地区的夏季繁殖鸟类约为 50 种^[9]。海拔对鸟类的分布有很大影响。如树麻雀(*P. montanus*)主要分布于海拔 300 m 以下的区域,山麻雀主要分布于海拔 300 m 以上的山地。家燕(*Hirundo rustica*)、金腰燕(*H. daurica*)等鸟类也主要栖息于海拔较低的居民点附近,虽然它们在研究区域内也有记录,但调查时它们在空中飞行,无法将其归入 4 种生境类型,因此在本研究中没有统计在内。另外,生境类型对鸟类分布也有影响。如蓝翡翠(*Halcyon pileata*)、黑背燕尾(*Enicurus leschenaulti*)等主要沿溪流分布。为了减少海拔差异对调查结果的影响,本研究所选择的 4 种

生境类型的海拔范围较窄,因此记录到的鸟类种类较少。但研究结果显示,4 种生境类型的鸟类群落特征有很大差异,其中人工生境(公园和苗圃)中的鸟类物种数及密度都低于自然生境(常绿乔木林和灌丛)。尽管不同生境中发现鸟类的难易程度不同^[13],对鸟类种类数的预测值也表明,常绿乔木林和灌丛的鸟类种类数要高于其他两种生境类型。另外,不同生境中鸟类群落的组成也有一定差异。其中两种人工生境之间的鸟类群落相似性最高,而常绿乔木林与其他 3 种生境的相似性都较低。

大量研究表明,植被特征是决定鸟类群落特征的重要因素。丰富的植被类型、复杂的植被结构以及多样的植物种类会导致鸟类群落的种类和数量都大大增加^[16,17]。在本研究的 4 种类型生境中,常绿乔木林和灌丛两种自然生境的植被盖度最高,植被结构较复杂,且植物种类多样,因此,这两种生境中鸟类的种类和密度都高于另外两种人工生境。苗圃的植被盖度低于常绿乔木林和灌丛,植被层高度也较低,植物种类组成较单一,在水平方向和垂直方向上的异质性都较低。因此,在 4 种生境中苗圃的鸟类种类、密度都最低。

公园有移栽的不同高度的乔木供鸟类栖息,靠近山林,方便鸟类飞入山林觅食和寻找隐蔽场所。本调查发现,很多鸟类在公园和附近山林之间往来飞行。因此,公园的鸟类物种多度较高。但由于公园内植被密度较低,可供鸟类栖息的植被较少,且受人类活动的干扰频繁,所以鸟类密度低于常绿乔木林和灌丛。

不同鸟类对栖息环境的需求各不相同。不同生境在植被结构、植被高度等方面的差异会导致鸟类对不同生境利用的差异。例如,公园与苗圃中林下层盖度低,没有高密度的草本植物,因此,在这两种生境中没有发现画眉、灰胸竹鸡等喜欢在植被浓密的林下层生活的鸟类;苗圃和灌丛中植被较低矮,因此缺乏大斑啄木鸟等偏爱在高大树干上层活动的鸟类。

近年来,在植被演替对鸟类群落特征的影响方面开展了大量研究。多数研究表明,由于

次生灌丛常具有高密度的食物资源,其鸟类多样性高于乔木林等植被演替高级阶段的生境类型^[7]。但 Raman 认为,随着植被演替的进行,植物群落结构更复杂,可为鸟类提供更多的筑巢场所和取食地,因此,鸟类多样性也随之增加^[5]。本研究结果表明,常绿乔木林中鸟类的物种数与灌丛中无显著差异,但常绿乔木林中的鸟类密度高于灌丛。本研究所选择的常绿乔木林和灌丛都具有较复杂的群落结构,其中昆虫、果实等鸟类的食物资源丰富,而常绿乔木林具有更丰富的垂直结构,植被层所占的空间更大,因此鸟类的食物资源和隐蔽场所可能更多,这可能是导致乔木林中的鸟类密度更大的原因。从鸟类的群落组成来看,在常绿乔木林和灌丛这两种生境中,狭性分布物种密度差异不大,常绿乔木林中鸟类密度较大是由常绿乔木林中的广性分布物种(如白头鸫)的密度较大造成。

在苗圃和公园两种人工生境中记录的鸟类都是广性分布物种和中性分布物种,它们在鸟类群落组成上具有较高的相似性。在常绿乔木林和灌丛两种自然生境中,出现了人工生境中缺乏的特有鸟类。这表明乔木林和灌丛这两种自然生境对于维持该地区鸟类的多样性具有重要意义。

西天目山低山地区是天目山主要的游客集散地,游客数量众多。为了方便游客食宿、交通和游览,近年来该地区修筑了公路,并修建宾馆、饭店和景区公园等大量的人工设施,使天目山低山地区的环境发生了很大变化。本研究结果表明,自然生境中的鸟类多样性高于人工生境。因此,在旅游开发过程中,保持该地区的自然生境对于鸟类保护具有重要作用。

致谢 感谢天目山国家级自然保护区管理局对野外工作的支持。感谢陆帆在植物鉴定方面的帮助以及杨燕雯、陈霞琴、朱雷寅、彭赋纯、王彦彬、朱晔一等在野外调查过程中的帮助。

参 考 文 献

- [1] Vitousek P M. Beyond global warming: ecology and global change. *Ecology*, 1994, **75**(7) :1 861 ~ 1 876.
- [2] Matson P A, Parton W J, Power A G, et al. Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science*, 1997, **277** (5 325) :504 ~ 509.
- [3] Furness R W, Greenwood J J D, Jarvis P J. Can birds be used to monitor the environment? In: Furness R W, Greenwood J J D eds. *Birds as Monitors of Environmental Change*. London: Chapman and Hall, 1993, 1 ~ 41.
- [4] Marzluff J M. Worldwide urbanization and its effects on birds. In: Marzluff J M, Bowman R, Donnelly R eds. *Avian Ecology and Conservation in an Urbanizing World*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2001, 19 ~ 47.
- [5] Raman T R S, Rawat G S, Johnsingh A J T. Recovery of tropical rainforest avifauna in relation to vegetation succession following shifting cultivation in Mizoram, north-east India. *Journal of Applied Ecology*, 1998, **35**(2) :214 ~ 231.
- [6] Blake J G, Loiselle B A. Bird assemblages in second-growth and old-growth forests, Costa Rica: Perspectives from mist nets and point counts. *Auk*, 2001, **118**(2) :304 ~ 326.
- [7] Keller J K, Richmond M E, Smith C R. An explanation of patterns of breeding bird species richness and density following clearcutting in northeastern USA forests. *Forest Ecology and Management*, 2003, **174**(1) :541 ~ 564.
- [8] 肖胜和, 孙治, 包亚芳. 山地型旅游资源非优区的旅游规划探讨. *浙江林学院学报*, 2006, **23**(2) :198 ~ 201.
- [9] 朱曦, 陈洪明, 李秋文. 西天目山低山带繁殖鸟类群落结构. *浙江林学院学报*, 1994, **11**(2) :159 ~ 164.
- [10] 杨逢春主编. 天目山自然保护区自然资源综合考察报告. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1992, 198 ~ 207.
- [11] 章皖秋, 李先华, 罗庆州等. 基于 RS、GIS 的天目山自然保护区植被空间分布规律研究. *生态学杂志*, 2003, **22** (6) :21 ~ 27.
- [12] 陈冬基. 西天目山自然保护区森林垂直带的定量分析. *浙江林学院学报*, 1992, **9**(1) :14 ~ 23.
- [13] Boulinier T, Nichols J D, Sauer J R, et al. Estimating species richness: the importance of heterogeneity in species detectability. *Ecology*, 1998, **79**(3) :1 018 ~ 1 028.
- [14] Gauch H G Jr. The relationship between sample similarity and ecological distance. *Ecology*, 1973, **54**(3) :618 ~ 622.
- [15] 丁平, 诸葛阳, 姜仕仁. 浙江古田山自然保护区鸟类群落生态研究. *生态学报*, 1989, **9**(2) :121 ~ 127.
- [16] MacArthur R H, MacArthur J W. On bird species diversity. *Ecology*, 1961, **42**(3) :594 ~ 598.
- [17] Willson M F. Avian community organization and habitat structure. *Ecology*, 1974, **55**(5) :1 017 ~ 1 029.