

# 非环境类因子对物种数目协同变化的影响

胡慧建<sup>1,2</sup>, 蒋志刚<sup>2,\*</sup>, 王祖望<sup>2</sup>

(1. 华南濒危动物研究所, 广东 广州 510260; 2. 中国科学院动物研究所, 北京 100080)

**摘要:** 不同分类类群的物种数目常在空间上表现出显著相关地协同变化, 但哪些相关系数之间存在较大的差异? 究竟是什么因素导致了这种差异是值得关注的问题。从不同作者的研究方法和数据来源来看, 不同研究中的研究方法、研究区域和环境条件本身就存在着差异。除以上影响因子外, 我们分析了非环境类因子对物种数目协同变化的影响。结果发现分类类群间的物种数量协同变化差异明显, 只有起源和生境要求相似的类群间呈显著性相关; 不同鸟兽间的协同变化不存在面积效应, 但是空间尺度间的相关性差异明显; 物种分布型中东洋型物种的协同变化明显, 而广布型和古北型不明显; 在鸟类居留型中繁殖鸟与兽类的协同变化极为显著, 而其他类型则不显著。综上所述, 物种数量协同变化的非环境类影响因子中, 生态类型和起源对分类类群间的物种数目协同关系有重要影响。

**关键词:** 物种多样性; 协同变化; 动物地理亚区; 保护区

中图分类号: Q958 文献标识码: A 文章编号: 0254–5853 (2005) 04–0358–07

## Impacts of the Non-environmental Factors on Covariance Between Avian and Mammalian Species Richness

HU Hui-jian<sup>1,2</sup>, JIANG Zhi-gang<sup>2,\*</sup>, WANG Zu-wang<sup>2</sup>

(1. South China Institute of Endangered Animals, Guangzhou 510260, China;

2. Institute of Zoology, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

**Abstract:** There are significant correlations between different taxonomic groups with respect to species richness. However, different studies yield different correlation coefficients between taxonomic groups. In this paper we analysed the impacts of some non-environmental potential factors, such as area effects, taxonomic groups, spatial scale, species distribution, avian residents and travelers on species richness covariance among taxonomic groups. Our results showed that significant covariance only occurred between the taxonomic groups with similar origins and ecologies. There were no area effects in our data set. Spatial scale affected covariance among taxonomic groups, although similar trends only occurred with similar scales. Species with different distribution patterns showed significantly different covariance. There were higher correlations in Oriental species richness than in Palearctic species richness or between both species. The species richness of avian breeds had very significant covariance with mammals in terms of species richness rather than with other avian ecological types. Therefore, the ecological types and origins of taxonomic groups may have impacts on the covariance of species richness among these taxonomic groups.

**Key words:** Species diversity; Taxonomic covariance; Zoogeographic subregion; Natural reserve

物种多样性的空间格局具有一定的规律性 (Jiang et al, 1997), 如纬度梯度的变化 (Simpson, 1964; Zhang & Lin, 1985; Huston, 1994) 海拔和水深的梯度变化 (Simpson, 1964; Angel, 1993)

生态系统营养级的梯度变化 (Rosenweig, 1995) 生境的梯度变化 (MacArthur et al, 1996) 物种–面积曲线关系 (Rosenweig, 1995; Connor & McCoy, 2001) 等等。正是由于物种数目所具有的空

\* 收稿日期: 2004–12–28; 接受日期: 2005–03–14

基金项目: 国家重大基础研究与发展规划项目 (2000048605); 国家重点科学基金资助项目 (30230080)

\* 通讯作者 (Corresponding author), 北京市北四环西路 25 号 中国科学院动物研究所 67 号信箱 100080, Tel: 010–62639067, E-mail: jiangzg@ioz.ac.cn

间规律，人们往往会简单地认为不同生物类群之间物种数目在空间中存在正相关的协同变化，但事实上不同的作者有着不同的研究结果（Gaston, 2000a）。一些研究表明生物类群之间物种数目的相关性低而没有预测价值（Prendergast et al, 1993; Gaston, 1996; Flather et al, 1997; van Jaarsveld et al, 1998; Jiang & Hu, 2000），或认为这其中的关系只是取样效应的结果（Gaston, 2000a, b）；而另一些研究却表明生物类群物种数目之间相关性较高而具有潜在的预测价值（Schall & Pianka, 1978; Zhang, 1999; Hu et al, 2001）。

不同作者间研究结果的差异主要是由于研究对象和研究区域不同所造成的（Gaston, 2000 a, b; Hu et al, 2001），各对象间在生态要求和适应方式上存在的差异也是其中重要的原因（Schall & Pianka, 1978; Gaston, 2000 a, b）。但是，尽管不同作者发现鸟类和兽类物种数目间的协同变化具有显著的相关关系，但那些相关系数之间存在较大的差异（Schall & Pianka, 1978; Zhang, 1999; Hu et al, 2001）。究竟是什么因素导致了这种差异是值得我们关注的问题。从不同作者的研究方法和数据来源来看，不同研究中的研究方法、研究区域和环境条件本身就存在着差异（Hu et al, 2001）。除了以上影响因子，还有哪些因子可能影响不同生物类群物种数目间协同变化的分析结果呢？为此，我们根据现已掌握的材料，定量化分析和探讨了一些非环境类因子，如生物类群、地理尺度、样本时间长度、面积、物种分布型等，对生物类群间物种数目协同变化的影响，以此来提高对鸟兽物种数目间协同变化的认识，以期对生物多样性的调查、监测和预测预报提供理论依据。

## 1 方法

### 1.1 数据来源及处理

本研究以中国境内数据为主，包括自然保护区、行政省和动物地理亚区的三种数据类型。行政区划按 1996 年前的行政区划。数据除省、自治区的动物志外，对于未有动物志的地区，我们采用大地理区如新疆东部、大兴安岭地区等已正式发表的动物志或科学考察集，共有 32 组数据。动物地理亚区的区划及鸟兽名录详见 Zhang (1999) 和 Wang (2003)。鸟兽物种分类系统及其物种名采用国家标准（GB/T 15628.1 - 1995），排除了鸟兽物种名录

中指明的偶见种和可疑种。

我们从 85 个自然保护区的鸟兽物种名录中选择了 66 个自然保护区的完整鸟兽物种名录。除特殊情况外，我们遵循以下几条标准来决定一个自然保护区物种名录的取舍：①采用公开发表的、有专业人员参加的科考材料。②对于那些植被曾受到严重破坏的自然保护区，且在破坏前后都有鸟兽物种名录的自然保护区，采用植被破坏前的名录，而不累加破坏前后鸟兽物种名录。③对于扩建的保护区，只取扩建前的名录。

上述三种数据类型代表了三种动物组成方式，其中，行政省的物种组成为一个或多个动物地理亚区部分物种的组合，自然保护区的动物组成为某一动物地理亚区的子集。

### 1.2 因子及其处理方法

我们分析了面积效应、物种分布型和鸟类居留型等因子对生物类群间物种数目协同变化的可能影响，现对这些因子中的特殊情况作以下说明：

面积效应：在分析面积效应时，为分析区域内和地理类型上的面积效应，我们利用中国三大自然区，东部季风区、西部干旱区和青藏高原区，以及古北界和东洋界两个动物地理界（Zhang, 1999）中的相应情况进行分析。其中由于数据较少的的原因，在分析地理类型上的面积效应时，未对西部干旱区和青藏高原区进行分析。

物种分布类型和鸟类居留型：鸟兽的分布型区分为东洋种、古北种以及广布种三类。鸟类具有不同的居留类型，即繁殖鸟、非繁殖鸟和迷鸟，其中繁殖鸟又分为留鸟和夏候鸟，非繁殖鸟又分为冬候鸟和旅鸟。

### 1.3 统计分析

通过不同情况下的鸟类和兽类种数的相关关系及其系数（ $C_{am}$ ）来考察鸟类和兽类间的协同变化，在一些情况也采用鸟类与兽类的种数比值（ $R_{am}$ ）来考察协同变化间的差异（Hu et al, 2001）。在进行相关关系分析时，我们采用 Kolmogorov-Smirnov 方法对数据进行分布型检验，凡符合正态分布的数据，采用 Pearson 线性相关分析来考察鸟兽种间的相关关系，否则，采用 Spearman 秩相关分析。使用协方差分析检验不同地理类型间和不同调查时间长度对鸟兽种数协同变化影响，而 One-Way ANOVA 中的 LSD 检验用来比较不同处理间的均值的差异。最后，应用残差分析检验面积效应对分析结果

的影响,具体方法见 Balmford et al (2000)。

## 2 结果

### 2.1 分类类群的差异

不同纲间的物种数目的协同变化差异很大,但它们还是具有一定的规律性(表1):①被子植物和鸟兽种数的相关性要高于其他类群与鸟兽种数的相关性;②一些类群的种数与某一特定类群的种数相关性较高,如鸟类与兽类、被子植物与蕨类、两栖类与爬行类;③裸子植物与所有类群的种数相关程度较低。以上结果表明,不同纲间的物种数目协同变化与具体的纲有关,而从具强相关的两个纲种

数间所具有的关系看出:两者具有相似生态要求和起源的纲间种数相关关系较高,如鸟类和兽类的种数、两栖类和爬行类的种数。相似的起源及生态要求对物种数目协同变化有显著性影响。

### 2.2 取样面积效应

2.2.1 地理类型 残差分析表明,无论是全国范围,还是季风区或是两个动物界中,三地理类型中面积与物种数目间都不显著相关( $P > 0.20$ );且鸟兽物种数目受面积的影响是一致的,它们的残差间极显著相关( $P < 0.01$ )(表2)。所以,面积对同一地理类型中的鸟兽种数协同变化分析结果的影响很小。

表1 自然保护区不同纲间物种数目的相关关系表( $n = 40$ )

Tab. 1 Correlations of species number among different classes in Chinese nature reserves ( $n = 40$ )

类群 Taxon	兽类 Mammal	被子植物 Angiosperm	蕨类 Fern	爬行类 Reptile	两栖类 Amphibian	裸子植物 Aymnosperm
鸟类 Ave	0.811**	0.613**	0.312	0.542**	0.445*	0.305
兽类 Mammal		0.557**	0.482*	0.494*	0.330	0.253
被子植物 Angiosperm			0.805**	0.506*	0.297	0.336
蕨类 Fern				0.502*	0.349*	0.388*
爬行类 Reptile					0.869**	0.086
两栖类 Amphibian						-0.078

\*  $P < 0.05$ , \*\*  $P < 0.01$ 。

表2 中国不同区域中各地理类型面积/物种相关系数的残差分析表

Tab. 2 Residual analyses area/species correlation coefficients in regions of different sizes in China

区域 Regions	地理类型 Geo-types <sup>1</sup>	$C_{am}$	面积/物种相关系数残差分析 Residual analysis of area/species correlation coefficients			$n$
			面积/鸟类 Area/bird	面积/兽类 Area/mammal	鸟/兽类 Bird/mammal	
			全国 Nation	动物地理亚区 SR	0.871**	
	行政区 AR	0.944**	0.220	0.211	0.969**	41
	保护区 NR	0.846**	0.198	0.117	0.852**	76
季风区 Seasonal Region	动物地理亚区 SR	0.856**	0.223	0.159	0.890**	12
	行政区 AR	0.790**	0.401	0.263	0.870**	21
	保护区 NR	0.783**	0.387	0.210	0.852**	45
古北界 Palearctic Kingdom	动物地理亚区 SR	0.692**	0.101	0.215	0.747**	10
	行政区 AR	0.818**	0.139	0.331	0.834**	16
	保护区 NR	0.705**	0.131	0.142	0.739**	21
东洋界 Oriental Kingdom	动物地理亚区 SR	0.783**	0.201	0.216	0.818**	8
	行政区 AR	0.896**	0.354	0.269	0.917**	17
	保护区 NR	0.828**	0.110	0.198	0.865**	44

<sup>1</sup> SR, AR and NR represented sub-zoogeographic region, administrative region and natural reserve, respectively.

\*  $P < 0.05$ , \*\*  $P < 0.01$ 。

2.2.2 地理区域 在同一地理区域内, 面积与物种数目之间显著相关 ( $P < 0.05$ )。但是, 鸟类种数残差和兽类种数残差极显著相关 ( $P < 0.01$ ) (表 3)。区域内尽管面积与鸟兽种数都显著相关, 但面积对鸟兽种数协同变化的分析结果影响较小 (表 3)。

### 2.3 空间尺度

动物地理亚区、行政区和保护区的鸟类种数 ( $y$ ) 和兽类种数 ( $x$ ) 的比值  $R_{am}$  无显著性差异 ( $P > 0.20$ ), 但保护区的  $R_{am}$  值在三者中最小。协方差分析表明, 动物地理亚区和行政区之间的  $R_{am}$  没有差异 ( $P > 0.20$ ), 但它们与保护区的  $R_{am}$  差异显著 ( $P < 0.05$ )。因此, 数据类型对鸟兽间的协同变化分析结果有一定的影响 ( $P < 0.01$ ) (表 4)。因为保护区尺度相对动物地理亚区和行政区而言要小得多, 而动物地理亚区和行政区在尺度上的接近, 所以空间尺度对结果有一定的影响。

### 2.4 物种分布型

鸟兽物种分布型之间的协同变化具有以下特

点: ①不同区域类型中相同分布型鸟类与兽类种数极显著相关 ( $P < 0.01$ ), 其相关性排列依次为: 东洋种 > 古北种 > 广布种。②鸟类三种分布型与兽类种数中, 鸟类古北种数目与兽类种数不显著相关, 而鸟类东洋种数目和广布种与兽类种数显著相关 ( $P < 0.05$ ), 且东洋种鸟类种数与兽类种数相关性最高。③兽类三种分布型与鸟类种数中, 兽类东洋种与鸟类种数显著相关, 且相关性最高, 而兽类广布种和古北种与鸟类种数不显著相关, 且兽类古北种与鸟类种数的相关性最低 (表 5)。由以上结果看出: 鸟兽东洋界物种数目之间的协同变化与鸟兽总物种数目之间的协同变化最为一致; 鸟兽东洋种对鸟兽种数间的协同变化影响也最大, 而古北种则最低。

### 2.5 鸟类居留型

2.5.1 动物地理亚区 动物地理亚区中, 留鸟与兽类种数相关性最高且极显著 ( $P < 0.01$ ), 并且其相关系数为 0.861, 接近于鸟类总物种数目与兽类种数间的相关系数 0.871; 而非繁殖鸟则较低为

表 3 中国不同区域的残差分析表

Tab. 3 Residual analyses of area/species correlation coefficients in different regions in China

类型 Types	区域 Regions	$C_{am}$	面积/物种残差分析相关系数			$n$
			Residual analysis of area/species correlation coefficients			
			面积/鸟类 Area/bird	面积/兽类 Area/mammal	鸟/兽类 Bird/mammal	
保护区 Natural regions	东部季风区 East monsoon	0.896**	0.514**	0.602**	0.916**	78
	西部干旱区 West drought	0.957**	0.688*	0.676*	0.973**	10
	青藏高原区 Qingzang alpine	0.922**	0.564*	0.667**	0.952**	15
动物地理界 Kingdom	古北界 Paleoarctic	0.857**	0.722**	0.669**	0.874**	47
	东洋界 Oriental	0.901**	0.741*	0.702*	0.921**	69

\*  $P < 0.05$ , \*\*  $P < 0.01$ 。

表 4 中国不同空间尺度下鸟兽物种数协同变化的差异分析

Tab. 4 Covariance between avian and mammalian species richness in regions of different size in China

类型 Types <sup>1</sup>	$R_{am}$			方程 Equations <sup>3</sup>	$C_{am}$	$n$
	最大值 Max.	最小值 Min.	均值 ± 方差 Mean ± SD <sup>2</sup>			
动物地理亚区 SR	4.78	2.41	3.80 ± 0.73 <sup>a</sup>	$y = 2.39x + 126.62^a$	0.881**	18
行政区 AR	5.85	2.50	3.78 ± 0.74 <sup>a</sup>	$y = 2.37x + 130.01^a$	0.875**	32
保护区 NR	5.80	1.79	3.58 ± 0.93 <sup>a</sup>	$y = 2.63x + 37.42^b$	0.818**	66
综合 Pooled data	5.85	1.79	3.64 ± 0.86 <sup>a</sup>	$y = 2.94x + 56.32$	0.919**	116

<sup>1</sup> SR, AR and NR represented sub-zoogeographic region, administrative region and natural reserve, respectively.

<sup>2</sup> LSD 检验, 相同字母在  $P = 0.05$  水平上无差异 (LSD test, the same letter meant no significant difference at  $P = 0.05$ ).

<sup>3</sup> 协方差检验, 相同字母在  $P = 0.05$  水平上无差异 (Covariance test, the same letter meant no significant difference at  $P = 0.05$ ).

\*\*  $P < 0.01$ 。

0.411, 且不显著 ( $P > 0.15$ ) 迷鸟最低, 只有 0.040, 几乎为零相关 (表 6)。

2.5.2 保护区 保护区的数据显示出相似的趋势, 繁殖鸟种数与兽类种数的相关性显著, 远高于非繁殖鸟种数与兽类种数的相关。繁殖鸟和非繁殖鸟中的留鸟与候鸟又显示出不同的趋势。其中, 繁殖鸟中留鸟种数与兽类种数具有强相关 ( $C_{am} = 0.956$ ), 相关系数略高于繁殖鸟总数, 而夏候鸟种数则与兽类种数几乎呈零相关,  $C_{am} = 0.020$ ; 非繁殖鸟中, 冬候鸟种数与兽类种数的相关与总体趋势一致, 而旅鸟种数与兽类种数则几乎表现出零相关 (表 6)。

以上分析表明, 一个地区中, 留鸟种数与兽类种数高相关, 而其他居留型的鸟类种数与兽类种数

低相关, 其中迷鸟、夏候鸟和旅鸟种数与兽类种数近似零相关。

### 3 讨论

宏生态学研究那些决定物种的多度、分布和多样性格局的相互关系 (Brown, 1995; Gaston, 2000b; Hu et al, 2003)。有关大空间尺度物种多样性格局研究、不同生物类群之间物种数目的相关性研究推动了宏生态学的发展。本研究也正属于该领域的范畴。

#### 3.1 鸟兽物种数量的相关性

我们的研究曾表明: 中国鸟兽物种数之间强相关, 相关系数多高于 0.85 (Hu et al, 2001)。尽管 Schall & Pianka (1978) 和 Zhang (1999) 利用网格法所

表 5 中国鸟兽各分布类型物种数间的相关性

Tab. 5 Correlation between species richness of avian and mammalian species of different distribution patterns in China

		鸟类 Bird				兽类 Mammal		
		东洋种 Oriental	古北种 Paleoartic	广布种 Both	总数 Total	东洋种 Oriental	古北种 Paleoartic	广布种 Both
鸟类 bird	古北种 Paleoartic	-0.327 <sup>1</sup>						
		-0.424						
		-0.267						
	广布种 Both	0.360	0.373					
		0.078	0.644**					
		0.178	0.640**					
总数 Total	0.893**	0.122	0.792**					
	0.629**	0.363	0.629**					
	0.793**	0.219	0.556**					
兽类 Mammal	东洋种 Oriental	0.897**	-0.215	0.629*	0.855**			
		0.959**	-0.364	0.141	0.680**			
		0.936**	-0.259	0.186	0.742**			
	古北种 Paleoartic	-0.576*	0.690**	-0.267	-0.288	-0.435		
		-0.546*	0.864**	0.285	0.140	-0.492		
		-0.415*	0.781**	0.325	0.016	-0.387		
	广布种 Both	0.221	0.594*	0.765**	0.554*	0.417	0.258	
		-0.225	0.675**	0.690**	0.364	-0.094	0.525	
		0.104	0.405*	0.556**	0.321	0.177	0.136	
	总数 Total	0.765**	0.116	0.625*	0.871**	0.883**	-0.017	0.654*
		0.523*	0.497*	0.482	0.835**	0.539*	0.461	0.503*
		0.835**	0.057	0.387*	0.815**	0.928**	-0.048	0.381*

<sup>1</sup>方格内从上到下依次为动物地理亚区、行政区和保护区的相关性数据, 其中样本数分别为 18、27、55 (The data in the cell from the top to the bottom are the results from sub-zoogeographic region, administrative region and natural reserves, respectively with sample size of 18, 27 and 55, respectively)。

\*  $P < 0.05$ , \*\*  $P < 0.01$ 。

表 6 中国鸟类居留型物种数量与兽类物种数量相关

Tab. 6 Correlations between avian species of different ecological type and mammalian species number in China

类型 Types	居留型 Residual patterns	方程 Equations	$C_{am}$	$n$	
动物地理亚区 Sub-zoogeographic region	繁殖鸟 Breeding	$y = 1.87x + 41.37$	0.861**	18	
	非繁殖鸟 Non-breeding	$y = 0.52x + 63.24$	0.411	18	
	迷鸟 Vagrant	$y = -0.01x + 12.19$	0.040	18	
	总物种 Total	$y = 2.39x + 104.31$	0.871**	18	
保护区 Natural reserve	繁殖鸟 Breeding	居留鸟 Residual 夏候鸟 Summer	$y = 2.76x - 53.45$	0.956**	27
		总物种 Both	$y = -0.02x + 39.38$	0.020	27
			$y = 2.75x - 11.61$	0.937**	27
	非繁殖鸟 Non-breeding	冬候鸟 Winter	$y = 0.15x + 10.68$	0.274	27
		旅鸟 Vagrant	$y = -0.02x + 20.81$	0.022	27
		总物种 Both	$y = 0.18x + 24.56$	0.235	27
	总物种 Total	$y = 3.25x + 0.48$	0.892**	27	

\*  $P < 0.05$ , \*\*  $P < 0.01$ .

得到北美、澳大利亚和中国的鸟兽物种数间相关系数分别为 0.72、0.70 和 0.59，低于我们的结果，但所得的趋势是一致的。但是，其差异原因何在？本文对不同纲之间物种数目的协同变化研究表明：某一分类类群的种数可能与其中某一分类类群的种数强相关，而与其他分类类群的种数弱相关；或者都表现为弱相关，如裸子植物。但是，没有一个类群与所有的类群物种数目的协同变化都强相关。所以，在只研究其中的部分类群时，所得到的结果可能是片面的。另一方面，本文结果也表明：生态和起源相似的类群之间物种数的协同变化更多地表现为强相关，如鸟类与兽类、两栖类与爬行类，这也与 Zhang (1999) 的结果一致。因此，我们研究有关问题时，需要考虑不同类群的起源和适应。

### 3.2 其他可能的影响因子

尽管我们分析了多个影响鸟兽间物种数协同变化的因子，但是，鸟兽间物种数协同变化还会受其他因子的影响，现逐一讨论如下：

3.2.1 分析方法 在以往的协同变化研究中，绝大多数研究者采用了网格法 (Zhang, 1999; Gaston, 2000 a, b)。尽管该方法大大方便和提高了数据的标准化处理，但存在难以获得较为全面的数据，且易失真等问题 (Jiang et al, 1997)。这可能是 Schall & Pianka (1978) 和 Zhang (1999) 所得到的相关系数要低于我们结果的主要原因 (Hu et al, 2001)。

3.2.2 研究区域 不同的区域，特别是不同大陆

间由于进化历史、大生态环境等的差异，不同类群在不同区域间的空间规律上就会有着较大的差异，如北美和中国大陆的被子植物 (Qian & Ricklefs, 1999, 2000)。这也可能是造成北美、澳大利亚和中国尽管在方法一致时，相关系数也存在着一定差异的原因。

3.2.3 生境类型 不同的生境类型中，鸟兽间的组成有着较大的差异。极端的例子就是湿地与森林类型间的鸟兽组成的明显差异。尽管我们在前面的分析中排除了湿地类型的保护区，但在我们所收集到的 5 个有着完整物种名录的湿地自然保护区中，鸟兽间的种数比值都大于 6.5，大于森林类型的鸟兽间种数比值 3.4。但是，在湿地自然保护区中兽类名录调查的完整性还存在较多的疑问，这也是我们在本研究中了湿地数据的原因。尽管如此，并不能否认湿地中鸟类的种数较多这一事实。同时，我们研究的三大自然区和动物地理区中各区间存在的差异也说明了这一点 (Hu et al, 2001)。

3.2.4 调查人员 我们的研究采用了不同地区的调查名录，而不同地区物种调查由于不同人员的参与而可能产生系统误差。对于省、自治区和动物地理单元层次上的数据多是由专业人员整理获得，而研究人员的方法和能力间存在差异，也将对结果产生影响。

3.2.5 空间自相关 在研究中，不同的动物地理亚区和不同的行政区间由于在空间地理位置上相邻，而不可避免会造成一定的空间自相关关系，对

这种自相关关系还需进一步地研究和确定。

3.2.6 难以调查种类 在许多分类类群内部总存在一些难以调查完全的种类,如鸟类中的雀形目鸟类、兽类中的蝙蝠和鼠类,在调查中有大量的种类被忽视,可能影响了协同变化的分析结果。现以蝙蝠为例。据作者不完全统计,在大多数兽类被详细调查地区,蝙蝠类物种约占到20%或以上,如三峡库区(Liu et al, 2001)、重庆奉节(Jiang et al, 2002)。根据历史资料记录,重庆奉节只有两种蝙蝠;而实地调查,如Liu et al(2001)的调查结果重庆奉节有12种蝙蝠,约占当地现生兽类物种50种的24%。因此,这些难以调查种类的研究值得我们重视。

3.2.7 数据来源 本研究采用了三种类型的数据,由于数据来源方式不同也会对研究产生影响,本文

#### 参考文献:

- Angel MV. 1993. Biodiversity of the pelagic ocean [J]. *Conservation Biology*, 7(4): 760-769.
- Balmford A, Lyon AJE, Lang RM. 2000. Testing the higher-taxon approach to conservation planning in a megadiverse group: The macrofungi [J]. *Biological Conservation*, 93: 209-217.
- Brown JM. 1995. Macroecology [M]. Chicago: Chicago University Press.
- Connor EF, McCoy ED. 2001. Species-area relationships [A]. In: Levin SA. Encyclopedia of Biodiversity [M]. New York: Academic Press. 397-411.
- Flather CH, Wilson KR, Dean DJ, McComb W. 1997. Identifying gaps in conservation networks of indicators and uncertainty in geographic-based analyses [J]. *Ecological Application*, 7: 531-542.
- Gaston KJ. 1996. Biodiversity—latitudinal gradients [J]. *Progress in Physical Geography*, 20(4): 466-476.
- Gaston KJ. 2000a. Global patterns in biodiversity [J]. *Nature*, 405: 220-227.
- Gaston KJ. 2000b. Macroecology [M]. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hu HJ, Jiang ZG, Wang ZW. 2001. Correlation between avian and mammalian species richness in different geographic scales in China [J]. *Chinese Biodiversity*, 9(2): 95-101. [胡慧建, 蒋志刚, 王祖望. 2001. 中国不同地理区域鸟兽物种丰富度的相关性. 生物多样性, 9(2): 95-101.]
- Hu HJ, Jiang ZG, Wang ZW. 2003. Macroecology and its advances [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 23(8): 1192-1199. [胡慧建, 蒋志刚, 王祖望. 2003. 宏生态学 (Macroecology) 及其研究进展. 生态学报, 23(8): 1192-1199.]
- Huston MA. 1994. Biological Diversity, the Coexistence of Species on Changing Landscapes [M]. Cambridge: Cambridge University Press.
- Jiang ZG, Ma KP, Han XG. 1997. Conservation Biology [M]. Hanzhou: Zhejiang Sci. & Tech. Press. [蒋志刚, 马克平, 韩兴国. 1997. 保护生态学. 杭州: 浙江科技出版社.]
- Jiang ZG, Cheng WL, Hu HJ. 2002. Study and Conservation of Biodiversity in Tiankedifeng, Chongqing [M]. Beijing: China Forestry Press. [蒋志刚, 陈伟烈, 胡慧建. 2002. “天坑地缝” 风景名胜地区生物多样性研究和保护. 北京: 中国林业出版社.]
- Jiang ZG, Hu HJ. 2000. Relationship between avian and mammalian diversity: Implication for rapid biodiversity assessment [A]. Biodiversity and Dynamics of Ecosystems in North Eurasia, Vol 3: Diversity of the Fauna of North Eurasia [M]: 153-155.
- Liu SY, Ran JH, Lin Q, Liu SQ, Liu ZJ. 2001. Bats in Three Gorges Reservoir area of Chongqing [J]. *Acta Theriologica Sinica*, 21(2): 123-131. [刘少英, 冉江洪, 林强, 刘世昌, 刘志君. 2001. 三峡工程重庆库区翼手类研究. 兽类学报, 21(2): 123-131.]
- MacArthur RH, Recher HF, Cody ML. 1996. On the relation between habitat selection and species diversity [J]. *American Naturalist*, 100: 319-332.
- Prendergast JR, Quinn RM, Lawton JH, Eversham BC, Gibbons DW. 1993. Rare species, the coincidence of diversity hotspots and conservation strategies [J]. *Nature*, 365: 335-337.
- Qian H, Ricklefs RE. 1999. A comparison of the taxonomic richness of vascular plants in China and the United States [J]. *The American Naturalist*, 154: 160-181.
- Qian H, Ricklefs RE. 2000. Large scale processes and the Asian bias in species diversity of temperate plants [J]. *Nature*, 407: 180-182.
- Rosenweig ML. 1995. Species in Space and Time [M]. Cambridge: Cambridge University Press.
- Schall JJ, Pianka ER. 1978. Geographic trends in numbers of species [J]. *Science*, 201: 679-686.
- Simpson DG. 1964. Species density of recent north American mammals [J]. *Systematic Zoology*, 13: 57-73.
- van Jaarsveld AS, Freitag S, Chown SL, Muller C, Koch S, Hull H, Bellamy C, Kruger M. 1998. Biodiversity assessment and conservation strategies [J]. *Science*, 279: 2106-2108.
- Wang YX. 2003. Taxonomy and Distribution of Mammalian Species and Subspecies in China [M]. Beijing: China Forestry Press. [王应祥. 2003. 中国哺乳动物种和亚种分类名录和分布大全. 北京: 中国林业出版社.]
- Zhang RZ. 1999. Zoogeography of China [M]. Beijing: Science Press. [张荣祖. 1999. 中国动物地理. 北京: 科学出版社.]
- Zhang RZ, Lin YL. 1985. The distribution tendency of land mammals in China and adjacent areas [J]. *Acta Zool. Sin.*, 31(2): 187-197. [张荣祖, 林永烈. 1985. 中国及其邻近地区兽类分布的趋势. 动物学报, 31(2): 187-197.]