

中国动物地理亚区繁殖鸟类地理分布格局与时空变化

王开锋^{1,2} 张继荣^{1,3} 雷富民^{1*}

1. 中国科学院动物研究所动物进化与系统学重点实验室 北京 100101

2. 陕西省动物研究所 西安 710032

3. 宁夏医学院 银川 750004

摘要 以中国动物地理亚区统计了 1976年郑作新出版的《中国鸟类分布名录》和 2005年郑光美主编出版的《中国鸟类分类与分布名录》中繁殖鸟类的分布数据, 结果显示: 在 1976年前, 中国鸟类丰富度最高的动物地理亚区为西南山地亚区, 其次为滇南山地亚区, 而以羌塘高原亚区鸟类物种丰富度最低, 黄淮平原亚区次差。2005年, 鸟类丰富度最高、次高及最低的亚区与 1976年相同, 次差的亚区为台湾亚区。自 1976年至 2005年, 鸟类物种丰富度在不同亚区出现明显的增加, 平均每个亚区分布物种数由 1976年的 232种增至 2005年的 281种, 而且具有很大的相关性; 其中滇南山地亚区增加种类最多, 而羌塘高原亚区和东部草原亚区增加的幅度最大; 在海南岛和台湾亚区则变化较小。这些可能是由于物种在不同亚区间存在的可扩散通道和岛屿型稳定气候及地理隔离限制了物种与其它亚区间的扩散等造成的。这些变化不仅与 Lei et al. (2007) 提出的“地理隔离”假设结论比较一致, 与雷富民等 (2006) 提出的西南山地—横断山区为中国鸟类特有种物种多样性中心和西南山地为物种分化中心等观点一致, 而且进一步显示西南山地亚区鸟类物种有向滇南山地亚区扩散的现象, 并且依然在持续中。用聚类方法 (Jaccard 系数) 和 PAE 方法对鸟类亚区分布格局的分析结果基本一致, 都支持我国鸟类动物地理区系属于古北界和东洋界, 两界以喜马拉雅山脉和秦岭山脉一带构成两界的分界线。鸟类区系的动物地理分布格局聚类分析结果, 在 30年前后没有明显差异, 和郑作新 (1976)、张荣祖 (1991) 以及郑作新等 (1997) 的动物地理区划结果一致, 反映了鸟类区系演化的长期稳定性。此外, 依据两种聚类分析和 PAE 分析结果, 认为应当将草原亚区从蒙新区归入东北亚区。

关键词 中国, 动物地理亚区, 鸟类, 地理分布格局, 时空变化。

中图分类号 Q958

1 研究概况

鸟类和人类的生存密切相关。近年来由于人类的过度活动加剧了鸟类及其他生物多样性的丧失; 全球性气候的明显变化, 也影响着鸟类生息, 改变着鸟类物种的地理分布。鸟类还是很多动物疫病的病源物种, 尤其近年频发的禽流感等被认为与鸟类的迁徙活动、地理分布等有关 (雷富民等, 2004, 2005)。因此, 分析中国鸟类的地理分布格局, 有利于了解中国鸟类物种多样性的资源分布状况, 及其时空格局变化等规律, 为制定中国鸟类物种资源多样性的持续利用策略提供依据, 并可为预防禽流感等疾病的传播提供参考。

1.1 中国鸟类区系的亚区划分

郑作新 (1976) 对中国所记录的 1 166 种鸟类的地理分布状况, 都做了记载。在此后系列《中国鸟类志》中, 对相应的物种地理分布做了修订 (张荣祖, 赵肯堂, 1978; 郑作新等, 1997, 等), 将中

国动物地理分布分为古北和东洋两界, 又进一步分为东亚、草漠、中亚、中印等 4 个亚界, 包括东北区、华北区、蒙新区、青藏区、西南区、华中区、华南区等 7 个一级区。在 7 个一级区的基础上, 又划分了 19 个二级区。东亚亚界分为东北和华北两区, 东北区包括北部的大、小兴安岭, 东部的长白山, 西部的松花江, 辽河一带的山麓平原和新疆北隅的阿尔泰山地; 华北区包括黄淮平原亚区和黄土高原亚区; 草漠亚界仅有一个蒙新区, 该区分为 3 个亚区: 东部草原亚区、西部荒漠亚区和天山山地亚区; 中亚亚界仅有青藏区, 该区分为羌塘高原亚区和青海藏南亚区; 中印亚界包括西南区、华中区和华南区。西南区分为西南山地亚区和喜马拉雅东南坡亚区; 华中区分为东部丘陵平原亚区和西部山地高原亚区; 华南区分为闽广沿海亚区、滇南山地亚区、海南亚区、台湾亚区和南海诸岛亚区。

郑光美等 (2005) 出版的《中国鸟类分类与分布名录》在以往研究的基础上对中国记录的 1 332 种鸟类的分布进行了进一步补充、完善。其亚区的

中国科学院创新工程方向项目 (KSCXZ-YW-N-063) 资助。

* 通讯作者, E-mail: leifn@ioz.ac.cn

收稿日期: 2009-08-24 修订日期: 2009-10-11

分布基本采用张荣祖 (1999) 的动物地理亚区分布格局, 将古北界划分为东北亚界和中亚亚界, 中印亚界归属于东洋界。东北亚界划分为东北区和华北区, 中亚亚界划分为蒙新区和青藏区; 中印亚界仍包括西南区、华中区和华南区; 在此基础上, 划分出 19 个亚区。

鸟类是中国动物地理学研究中比较清楚的类群。因此, 在动物地理区划时主要参考其分布格局以及亚区间鸟类分布的关联与特点。雷富民等 (2006) 报道, 中国鸟类特有种类在四川分布最多, 有 61 种, 并由此向各方向逐渐减少。在各动物地理区划中的分布, 西南山地亚区、西部山地高原亚区、青海藏南亚区的物种丰富度明显高于其他亚区, 黄土高原亚区次之, 其他亚区较少。在此基础上, Lei et al (2007) 报道了中国鸟类特有种的亚区分布规律与亚区特有化, 发现西南山地亚区具有很高的物种丰富度和单型种, 而狭亚区分布的物种在台湾亚区最高、西南山地亚区次之, 推测这种格局反映了鸟类区系的地理隔离、生态隔离以及物种进化的历史印迹。

1.2 中国鸟类区系的地理分布变化

姚建初 (1991) 对陕西太白山近 30 年鸟类区系的变化情况分析发现: 1956 ~ 1985 年间, 该地区计有 192 种和亚种, 占秦岭鸟类的 57%; 而 1982 ~ 1985 年的采集中共获 151 种和亚种, 占秦岭鸟类的 44.7%, 30 年后, 下降了 12.3%, 由于环境的变化, 鸟类的分布不断向高海拔迁移。分析了种类下降和种群数量变动的因素, 表明生态环境是影响鸟类分布和种群数量发展的重要因素。

潘艳秋等 (2006) 报道了近 10 年来, 随着气候条件的变化和人为因素的影响, 内蒙乌梁素海湿地萎缩, 水域面积缩减; 而沼泽和芦苇面积则有大幅度的增加。乌梁素海湿地环境向沼泽化发生着迅速演变。伴随着这种环境的变化, 该地区鸟的种类从 1995 年至 2005 年总计增加了 1 目 2 科 13 属 40 种, 增加的种类以生活在沼泽浅水地带和荒漠草原地带的鸻形目、雀形目和隼形目鸟类居多。鸟类区系发生着显著变动。

杨岚, 雷富民 (2009) 统计了在 1958 ~ 2008 年的 50 年期间, 全世界所描述发表鸟类的新种, 其中, 在中国境内描述的新种有台湾短翅莺 *Bradypterus alishanensis* 峨眉柳莺 *Phylloscopus emeiensis* 海南柳莺 *Phylloscopus hainanus* 峨眉鹟莺 *Seiurus omeiensis* 淡尾鹟莺 *Seiurus sror*、弄岗穗鹛 *Stachyris ruggangensis* 四川旋木雀 *Certhia tianquanensis* 等 7 种。

1.3 气候变化对鸟类地理分布的影响

杜寅等 (2009) 统计出中国受气候变暖而改变分布范围的鸟类共 120 种, 指出因受全球气候变暖影响, 中国鸟类区系的变化速率加快, 并初步探讨气候变化对我国鸟类产生的影响。

孙全辉, 张正旺 (2000) 研究了 1988 ~ 1998 年 10 年中鸟类分布和越冬地的资料, 结合气候变暖的事实, 认为气候变化影响植物群落的组成和结构, 导致我国气候带的普遍北移, 从而影响我国鸟类地理分布的变化。从近年来国内有关鸟类分布新纪录的报道中发现许多南方鸟类的分布区域在向北扩展, 这一趋势近年来有所增强。

史阳等 (2005) 报道, 在 2004 年调查北京十渡与河北野三坡风景区鸟类资源时, 均发现了国家 I 级保护鸟类黑鹳在北京十渡地区集群越冬——在河北涞水野三坡地区也发现了 11 只黑鹳在开阔浅水面捕食小鱼, 推断近几年本地区冬季气温逐渐转暖, 气候条件达到了黑鹳的越冬要求, 已经成为黑鹳冬季的主要觅食地。

1.4 土壤利用与人口分布等因素对鸟类分布的影响

栾晓峰等 (2003) 报道了 2002、2003 年对上海农田鸟类的调查, 结果显示农田鸟类多样性低, 认为农田面积增大, 与其它生境相比, 农田生境虽然面积很大, 但土地开发利用程度高, 群落均匀性差, 生境单一, 导致鸟类多样性低。

因此, 亚区等地理区划的划分以鸟类的分布为基础, 然而上述的近数十年鸟类区系的地理分布变化, 气候变化、土壤利用与人口分布等因素也确实对鸟类地理分布产生了影响, 而这些影响反过来会改变鸟类区划的格局、影响鸟类的区系演化吗? 本文拟从 1976 年和 2005 年各亚区的繁殖鸟类统计数据进行分析。

2 研究方法

2.1 数据库的建立

先用 Excel 建立物种地理分布数据库。这些数据来源于国内分布繁殖鸟类的信息数据。

由于很多研究物种分布格局或分布区域变化等报道, 都基于已经发表的地理分布图册或数据库 (如, Sirwardena et al 2000, Vanhinsbergh & Chamberlain 2001, Brommer 2004, Titeux et al 2004)。而且, 对鸟类繁殖区域地理分布格局的研究可代表该区域鸟类总体分布格局特征 (Orme et al 2005)。因此, 本文的数据采用郑作新 (1976) 和郑光美等 (2005) 繁殖鸟 (留鸟和夏候鸟) 的分布数据。这两组数据资料分别代表了两个不同时期物

种分布最丰富、最完整的信息。

为了便于对数据进行比较分析,对郑作新(1976)之后的新种,以及个别种拉丁名不一致、没有详实资料支持分析判断的种,本文未统计在内。同时,由于两本著作在分类系统上的部分差异,在此不讨论分类系统问题,只是以不同物种作为数据元的特征量,对比其相应物种的地理分布格局变化和不同亚区物种丰富度的变化规律。本文对于物种的分类地位依据郑作新(2000)的物种分类系统。如:郑作新(1976)中,兀鹫 *Cypsfulvus* 包括两个亚种: *Gypsfulvusfulvus* 和 *Gypsfulvushimalayensis* 在统计

1976年数据时,兀鹫种的数值包括两亚种分布;至郑光美(2005)时,其中一亚种 *himabayensis* 已经提升为种:高山兀鹫 *Cypshimabayensis* 另一亚种仍然保留在原种之下,统计2005年数据时,将高山兀鹫分布并入兀鹫的分布数值中。再如:红角鸮 *Otus scops* 在郑作新(1976)中包括4个亚种,1976年数据中含4亚种分布;郑光美(2005)将亚种 *pulhellus* 提升为新种:西红角鸮 *Otus scops* 将亚种 *botelensis* 提升为另一新种:兰屿角鸮 *Otus elegans* 在统计2005年数据时,将西红角鸮和兰屿角鸮的分布数值仍归入红角鸮中。其他更多物种类似的变化情况见表1。

表1 郑作新(1976)与郑光美(2005)对鸟类不同分类地位及命名的对比

Table 1 Difference of name and taxonomic station of birds between Cheng T-H (1976) and Zheng G-M (2005).

1976年种名 Chinese name in 1976	1976年拉丁名 Science name in 1976	1976年亚种名 Subspecies name in 1976	2005年种名 Chinese name in 2005	2005年拉丁名 Science name in 2005
兀鹫	<i>Gyps fulvus</i>	<i>G. f. himabayensis</i>	高山兀鹫	<i>Gyps himabayensis</i>
棕腹杜鹃	<i>Cuculus fugax</i>	<i>C. f. hypopythrus</i>	北棕腹杜鹃	<i>Cuculus hypopythrus</i>
红角鸮	<i>Otus scops</i>	<i>O. s. pulhellus</i> <i>O. s. botelensis</i>	西红角鸮 兰屿角鸮	<i>Otus scops</i> <i>Otus elegans</i>
云雀	<i>A. lauda arvensis</i>	<i>A. a. japonica</i>	日本云雀	<i>A. lauda japonica</i>
灰沙燕	<i>Riparia riparia</i>	<i>R. r. diluta</i> <i>R. r. tibetana</i> <i>R. r. fikiensis</i>	淡色崖沙燕	<i>Riparia diluta</i>
毛脚燕	<i>Delichon urbica</i>	<i>D. u. caspys</i> <i>D. u. casimeriensis</i> <i>D. u. nigripennis</i>	烟腹毛脚燕	<i>Delichon caspys</i>
白鹡鸰	<i>Motacilla alba</i>	<i>M. a. alboides</i> <i>M. a. leucopsis</i> <i>M. a. lugens</i>	黑白背鹡鸰	<i>Motacilla lugens</i>
田鸫	<i>Anthus novaeseelandiae</i>	<i>A. n. rufulus</i>	东方田鸫	<i>Anthus rufulus</i>
平原鸫	<i>Anthus campestris</i>	<i>A. c. godlevskii</i>	布氏鸫	<i>Anthus godlevskii</i>
水鸫	<i>Anthus spiroletta</i>	<i>A. s. japonicus</i>	黄腹鸫	<i>Anthus rubescens</i>
粉红山椒鸟	<i>Pericrocotus roseus</i>	<i>P. r. cantonensis</i>	小灰山椒鸟	<i>Pericrocotus cantonensis</i>
栗背短脚鹫	<i>Hypisypetes flavala</i>	<i>H. f. castanonotus</i>	栗背短脚鹫	<i>Henicopus castanonotus</i>
红尾伯劳	<i>Lanius cristatus</i>	<i>L. c. pallidifrons</i> <i>L. c. isabellinus</i> <i>L. c. phoeniceoides</i> <i>L. c. speculigerus</i> <i>L. c. tsaidimensis</i>	红背伯劳 荒漠伯劳	<i>Lanius collurio</i> <i>Lanius isabellinus</i>
灰伯劳	<i>Lanius excubitor</i>	<i>L. e. pallidirostris</i>	南灰伯劳	<i>Lanius meridionalis</i>
黑枕黄鹩	<i>Oriolus chinensis</i>	<i>O. c. tenuirostris</i>	黑枕细嘴黄鹩	<i>Oriolus tenuirostris</i>
寒鸦	<i>Corvus monedula</i>	<i>C. m. dauricus</i>	达乌里寒鸦	<i>Corvus dauricus</i>
褐头雀鹛	<i>Alcippe cinereiceps</i>	<i>A. l. ludlowi</i>	路氏雀鹛	<i>Alcippe ludlowi</i>
棕头鸦雀	<i>Paradoxornis webbianus</i>	<i>P. w. stresemanni</i> <i>P. w. yunnanensis</i> <i>P. w. alphonisarius</i>	灰喉鸦雀	<i>Paradoxornis alphonisarius</i>
黄眉柳莺	<i>Phylloscopus inornatus</i>	<i>P. i. humei</i> <i>P. i. mardellii</i>	淡眉柳莺	<i>Phylloscopus humei</i>
黄胸柳莺	<i>Phylloscopus cantator</i>	<i>P. c. riketti</i>	黑眉柳莺	<i>Phylloscopus riketti</i>
金眶鸫	<i>Seiurus burkii</i>	<i>S. b. tephrocephalus</i> <i>S. b. valentini</i>	灰冠鸫 比氏鸫	<i>Seiurus tephrocephalus</i> <i>Seiurus valentini</i>
黑眉长尾山雀	<i>Aegithalos iouschistos</i>	<i>A. i. iouschistos</i>	棕额长尾山雀	<i>Aegithalos iouschistos</i>
攀雀	<i>Remiz pendulinus</i>	<i>R. p. coronatus</i> <i>R. p. stolickae</i>	白冠攀雀	<i>Remiz coronatus</i>

此外,在郑光美(2005)的《中国鸟类分类与分布名录》中,中白鹭在广西沿海地区有分布为夏候鸟,黑鸢、环颈鸪在广西南部地区为留鸟,且后者数量甚多。上述3种鸟类在该亚区应为繁殖鸟。

尽管鸟类的分类与分布是脊椎动物研究中比较清楚的类群,对其物种的地理分布了解较多,也可作为研究其他动物类群的代表,但是由于其不同物种、不同区系研究水平的差异,本数据库未能覆盖所有的数据元,个别数据会有丢失、缺陷等现象。因此,假定这些数据的不完整不会影响到不同动物地理亚区物种分布变化的总体格局。

2.2 分布区域的确定——动物地理亚区

张荣祖(1999)将中国动物地理划分为两界,3亚界,7区,19亚区,郑光美(2005)依据张荣祖(1999)的动物地理划分,确定我国鸟类的分布。郑作新等(1997)对中国鸟类区划的标准为:两界,7区,19亚区。为了便于两组数据的相应比较,本文的动物地理分布区域采用郑作新(1976)的鸟类地理区划:两界,7区,16亚区的划分标准,将物种分布归位到16个亚区之内;由此,将郑光美(2005)东北区中的长白山亚区和松辽平原亚区合并为长白山亚区,将西南区中的西南山地亚区和喜马拉雅亚区合并为西南山地亚区。郑作新(1976)中没有南海诸岛亚区数据,故本文暂不涉及该亚区。最终进行16亚区的两组数据对比分析。

2.3 数据分析方法

1) SPSS统计分析:方差及差异显著性检验方法等。

2) 聚类分析,用组平均法(Jaccard系数),进行等级多样性分析,建立物种亚区分布相似性树。

3) 以 Paup 软件,应用特有性简约分析(Parsimony analysis of endemity PAE analysis)(De Grave 2001),建立物种地理分布支序树。

3 结果

3.1 繁殖鸟类在不同动物地理亚区的丰富度分布

以郑作新(1976)《中国鸟类分布名录》和郑光美(2005)《中国鸟类分类与分布名录》为准,对16个亚区中所有繁殖鸟类(包括留鸟和夏候鸟)在1976年分布和2005年分布的统计,本文涉及1006种。其不同年代的统计结果如下。

3.1.1 1976年前的地理分布

根据郑作新(1976)《中国鸟类分布名录》统计,中国境内繁殖鸟类数量在各亚区的分布数量见表2。在1976年前,中国鸟类丰富度最高的动物地理亚区为西南山地亚区,其次为滇南山地亚区,而

以羌塘高原亚区鸟类物种丰富度最低,黄淮平原亚区次差。

3.1.2 1976年~2005年间地理分布的变化

2005年16亚区的繁殖鸟类种类分布情况发生了变化,在不同的地区各有增减,变化幅度不等。例如,自1976年至2005年,在滇南山地亚区新增了144种,羌塘高原亚区增加了52种,东部草原亚区增加了106种,其中滇南山地亚区增加种类最多,而羌塘高原亚区和东部草原亚区增加的幅度最大,达到67%以上;各亚区中鸟类减少数量最少的是长白山地亚区和台湾亚区,仅分别减少4种和9种。2005年,鸟类丰富度最高、次高及最低的亚区与1976年相同,次差的亚区变成了台湾亚区。详细数据见表2和图1。

3.2 30年前后各亚区鸟类物种丰富度变化特点及差异显著性检验

从上面所列的1976年、2005年两组统计的数据可以看出,2005年后的统计数据,在16个不同亚区中鸟的物种组成都有变化。尽管也有一些原有物种消失,但是经对比发现,不同亚区中或多或少,均有所增加;即,所有亚区的新增物种数量都多于减少的物种数量。在大多数亚区新增的物种数量甚至远远超过减少的,如黄土高原亚区、东部草原亚区、西部荒漠亚区、滇南山地亚区等。

经过对两个不同时间段的物种丰富度在不同亚区的统计平均分析,结果显示:1976年平均每个亚区分布物种 232 ± 100 (SD)种;而2005年的统计结果平均每个亚区分布物种 280.6 ± 28.1125 (SD)种。相关性系数为0.958 $p=0.000$ 经配对检验, $t(15)=5.863$ $p=0.000$ 由此可见,30年间鸟类物种丰富度在不同亚区出现明显的增加,而且具有很大的相关性(图1)。

16个亚区中鸟类物种丰富度的增加幅度并不相同。总体来看,滇南山地亚区、黄土高原亚区、东部草原亚区鸟类物种丰富度变化较大,如滇南山地亚区新增144种;台湾亚区、海南岛亚区物种丰富度变化较小,如海南岛亚区仅新增15种。

3.3 主要亚区物种丰富度变化的物种组成分析

在16个亚区中,以滇南山地亚区中新增的种类最多,包括了41科的144种。现以该亚区物种的丰富度变化为例,对所增加物种的类群、区系等做一分析,其具体物种见表3。由表3可见在所有增加的物种中,以雀形目鸟类最多,共102种,占有增加鸟类的70.83%,并以燕雀科、莺科、画眉科鸟类居多。大部增加物种为陆栖鸟类,133种,占有

表 2 16个鸟类动物地理亚区物种丰富度分布及时间格局变化

Table 2 Change of distributional and temporal patterns of species richness in 16 avifaunal subregions

序号 sequence number	亚区 Avifaunal subregion	1976年种类 No. of Species in 1976	2005年种类 No. of Species in 2005	到 2005年增加 Increase Species No. to 2005	到 2005年减少 Decrease Species No. to 2005	增幅 * Extension of number enhancement
1	大兴安岭亚区	201	217	43	27	16.92%
2	长白山地亚区	227	261	38	4	16.74%
3	黄淮平原亚区	146	191	59	14	40.41%
4	黄土高原亚区	207	289	117	36	56.52%
5	东部草原亚区	156	246	106	16	67.95%
6	西部荒漠亚区	218	287	92	23	42.20%
7	天山山地亚区	219	251	48	16	21.92%
8	羌塘高原亚区	77	108	52	21	67.53%
9	青海藏南亚区	237	299	100	39	42.19%
10	西南山地亚区	519	554	90	55	17.34%
11	东部丘陵平原亚区	233	262	54	25	23.18%
12	西部山地高原亚区	295	343	81	32	27.46%
13	闽广沿海亚区	240	306	92	26	38.33%
14	滇南山地亚区	371	501	144	14	38.31%
15	海南岛亚区	198	199	15	14	4.04%
16	台湾亚区	169	179	19	9	11.83%

*注 (note): 增幅 (amplitude) = 到 2005年增加的物种数 (increased No. to 2005) / 1976年的物种数 (species No. in 1976) × 100%.

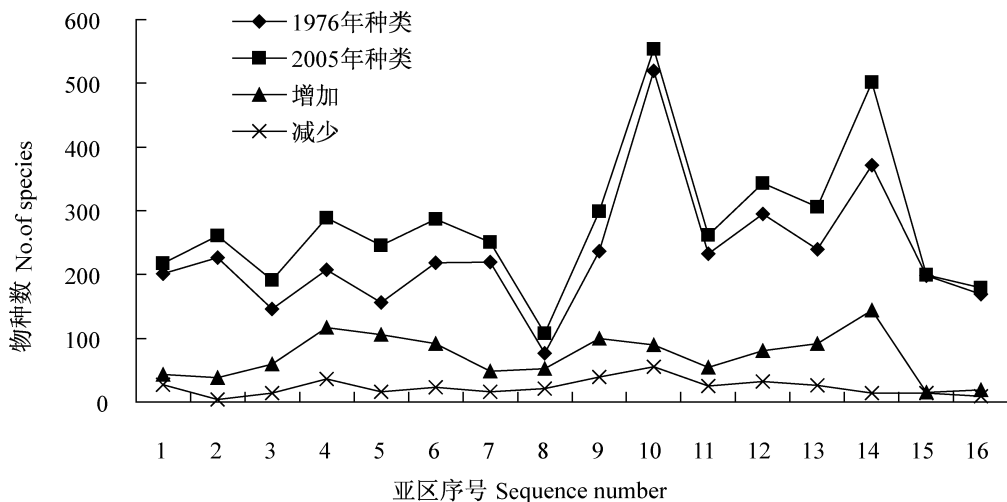


图 1 1976年和 2005年各亚区的物种数及其变化图

Fig 1. Species richness and its changes in 16 avifaunal subregions between 1976 and 2005.

居多。大部增加物种为陆栖鸟类, 133种, 占有增加鸟类的 92.36%; 而且多数为东洋界物种, 共 88种, 占有增加物种的 61.11%; 广布种 51种, 占有增加物种的 35.42%; 古北种 5种, 占有增加物种的 3.47%。

3.4 基于鸟类亚区地理分布相似性的聚类分析

以 Jaccard 系数分别对 1976年和 2005年鸟类亚区分布的相似性作聚类分析 (图 2)。所有 16个亚区被聚合成两大明显分支, 两大分支与动物地理区划的古北界与东洋界划界一致, 即被分为古北界分支和东洋界分支。

1976年的树状拓扑结构。在古北界分支中 1和 2首先聚合然后与 5聚在一起; 3和 4、6和 7先聚在一起然后再与 9聚合。其聚合结果与动物地理分区结果基本一致, 只是 5的位置, 以及 8的位置不同。

在东洋界分支中, 11和 12先聚合, 然后再分别与 13、15以及 10、14聚合, 最后才与 16聚在一起。

2005年的树状拓扑结构与 1976年基本一致。主要区别在于: 古北界分支中 9没有和 6、7的端支聚合在一起, 东洋界分支中 15位置变化 (图 2)。

表 3 以滇南山地为例分析其增加物种的类群情况

Table 3 Status of increased species in case of South Yunnan Hilly Subregion.

种名 Species name	种拉丁名 Science name	科名 Family name	科拉丁名 Family name	陆生环境 Land	水生环境 Water	区系类型* Faunal realm
紫背苇鳉	<i>Ixobrychus eurhythmus</i>	鹭科	Ardeidae		+	C
黑 [苇] 鳉	<i>Dupetor flavicollis</i>	鹭科	Ardeidae		+	O
白头鸛 (彩鸛)	<i>Mycrocyta leucophaea</i>	鸛科	Ciconiidae		+	O
赤麻鸭	<i>Tadorna ferruginea</i>	鸭科	Anatidae		+	C
褐冠鹃隼	<i>Aviceda jerdoni</i>	鹰科	Accipitridae	+		O
凤头蜂鹰	<i>Perisoreus ptilorhynchus</i>	鹰科	Accipitridae	+		C
褐耳鹰	<i>Accipiter badius</i>	鹰科	Accipitridae	+		C
雀鹰	<i>Accipiter nisus</i>	鹰科	Accipitridae	+		C
棕翅鳶鹰	<i>Buteo liverieri</i>	鹰科	Accipitridae	+		O
金雕	<i>Aquila chrysaetos</i>	鹰科	Accipitridae	+		C
秃鹫	<i>Aegypius monachus</i>	鹰科	Accipitridae	+		P
鸢	<i>Pardaliparus haliaetus</i>	鹰科	Accipitridae	+		C
游隼	<i>Falco peregrinus</i>	隼科	Falconidae	+		C
蓝胸鹑	<i>Coturnix chinensis</i>	雉科	Phasianidae	+		O
环颈山鹧鸪	<i>Arborophila torquata</i>	雉科	Phasianidae	+		C
红腹角雉	<i>Tragopan temminckii</i>	雉科	Phasianidae	+		O
黑鹇	<i>Lophura leucomegala</i>	雉科	Phasianidae	+		O
棕三趾鹑	<i>Turnix suluensis</i>	三趾鹑科	Tumidae	+		O
普通秧鸡	<i>Rallus aquaticus</i>	秧鸡科	Rallidae		+	C
红胸田鸡	<i>Porzana fusca</i>	秧鸡科	Rallidae		+	C
棕背田鸡	<i>Porzana bicolor</i>	秧鸡科	Rallidae		+	O
白骨顶	<i>Fulica atra</i>	秧鸡科	Rallidae		+	P
白额燕鸥	<i>Sterna albifrons</i>	燕鸥科	Sternidae		+	C
绿皇鸠	<i>Ducula aenea</i>	鸠鸽科	Columbidae	+		O
雪鸽	<i>Columba leucocoma</i>	鸠鸽科	Columbidae	+		C
点斑林鸽	<i>Columba hodgsoni</i>	鸠鸽科	Columbidae	+		C
灰林鸽	<i>Columba pulchricollis</i>	鸠鸽科	Columbidae	+		C
红领绿鹦鹉	<i>Psittacula krameri</i>	鹦鹉科	Psittacidae	+		O
短尾鹦鹉	<i>Loriculus vernalis</i>	鹦鹉科	Psittacidae	+		O
中杜鹃	<i>Cuculus saturatus</i>	杜鹃科	Cuculidae	+		C
黄嘴角鸮	<i>Otus spilocephalus</i>	鸮鸮科	Strigidae	+		C
黄脚渔鸮	<i>Ketupa flavipes</i>	鸮鸮科	Strigidae		+	O
褐林鸮	<i>Strix leptogammis</i>	鸮鸮科	Strigidae	+		O
黑顶蛙口鸮	<i>Batrachostomus hodgsoni</i>	蟆口鸮科	Podargidae	+		O
毛腿夜鹰	<i>Eurostoedus macrotis</i>	夜鹰科	Caprimulgidae	+		O
林夜鹰	<i>Caprimulgus affinis</i>	夜鹰科	Caprimulgidae	+		O
短嘴金丝燕	<i>Aerodramus brevirostris</i>	雨燕科	Apodidae	+		C
灰喉针尾雨燕	<i>Hirundapus cochinchinensis</i>	雨燕科	Apodidae	+		O
白腰雨燕	<i>Apus pacificus</i>	雨燕科	Apodidae	+		C
黄颈啄木鸟	<i>Picoides chrysolaemus</i>	啄木鸟科	Picidae	+		O
赤胸啄木鸟	<i>Picoides cathartus</i>	啄木鸟科	Picidae	+		O
三趾啄木鸟	<i>Picoides tridactylus</i>	啄木鸟科	Picidae	+		C
蓝背八色鸫	<i>Pitta sora</i>	八色鸫科	Pittidae	+		O
小云雀	<i>Alauda gulgula</i>	百灵科	Alaudidae	+		C
黄头鹌鹑	<i>Motacilla citreola</i>	鹌鹑科	Motacillidae	+		C
领雀嘴鹀	<i>Spizella semitorques</i>	鹀科	Pycnonotidae	+		O
纹喉鹀	<i>Pycnonotus finlaysoni</i>	鹀科	Pycnonotidae	+		O
和平鸟	<i>Irena puella</i>	和平鸟科	Irenidae	+		O
黑头黄鹂	<i>Oriolus chinensis</i>	黄鹂科	Oriolidae	+		O
朱鹂	<i>Oriolus chinensis</i>	黄鹂科	Oriolidae	+		O
鹊色鹂	<i>Oriolus chinensis</i>	黄鹂科	Oriolidae	+		O
丝光椋鸟	<i>Sturnus sericeus</i>	椋鸟科	Sturnidae	+		O
白领八哥	<i>Artibeus albocinctus</i>	椋鸟科	Sturnidae	+		O

续表 3 (Continue Table 3)

种名 Species name	种拉丁名 Science name	科名 科拉丁名 Family name	陆生环境 Land	水生环境 Water	区系类型* Faunal realm
白翅蓝鹊	<i>Urocissa whiteheadi</i>	鸦科 Corvidae	+		O
黄嘴蓝鹊	<i>Urocissa flavirostris</i>	鸦科 Corvidae	+		O
黑额树鹊	<i>Dendrocitta frontalis</i>	鸦科 Corvidae	+		O
塔尾树鹊	<i>Tamurus tenuirostris</i>	鸦科 Corvidae	+		O
星鸦	<i>Nucifraga caryocatactes</i>	鸦科 Corvidae	+		C
红嘴山鸦	<i>Pyrrhocorax pyrrhocorax</i>	鸦科 Corvidae	+		C
家鸦	<i>Corvus splendens</i>	鸦科 Corvidae	+		C
寒鸦	<i>Corvus monedula</i>	鸦科 Corvidae	+		C
河乌	<i>Cinclus cinclus</i>	河乌科 Cinclidae		+	C
鸬鹚	<i>Troglodytes troglodytes</i>	鸬鹚科 Troglodytidae	+		C
栗背岩鸲	<i>Prunella immaculata</i>	岩鸲科 Prunellidae	+		O
栗背短翅鸲	<i>Brachypteryx stellata</i>	鸲科 Turdidae	+		O
蓝短翅鸲	<i>Brachypteryx montana</i>	鸲科 Turdidae	+		O
红尾歌鸲	<i>Luscinia sibilans</i>	鸲科 Turdidae	+		P
蓝额红尾鸲	<i>Phoenicurus frontalis</i>	鸲科 Turdidae	+		C
蓝额地鸲	<i>Cinclidium frontale</i>	鸲科 Turdidae	+		O
紫宽嘴鸲	<i>Cotra purpurea</i>	鸲科 Turdidae	+		O
光背地鸲	<i>Zosterornis mollissima</i>	鸲科 Turdidae	+		O
乌鸲	<i>Turdus merula</i>	鸲科 Turdidae	+		C
灰头鸲	<i>Turdus rubrocanus</i>	鸲科 Turdidae	+		C
短尾鹪鹩	<i>Napothera brevicaudata</i>	画眉科 Timaliidae	+		O
斑翅鹪鹩	<i>Speleornis troglodytoides</i>	画眉科 Timaliidae	+		O
长尾鹪鹩	<i>Speleornis thoolatinus</i>	画眉科 Timaliidae	+		O
条纹噪鹛	<i>Garrulus striatus</i>	画眉科 Timaliidae	+		O
褐胸噪鹛	<i>Garrulus massi</i>	画眉科 Timaliidae	+		O
灰翅噪鹛	<i>Garrulus cinereus</i>	画眉科 Timaliidae	+		C
大噪鹛	<i>Garrulus maximus</i>	画眉科 Timaliidae	+		O
眼纹噪鹛	<i>Garrulus ocellatus</i>	画眉科 Timaliidae	+		O
灰胁噪鹛	<i>Garrulus caeruleatus</i>	画眉科 Timaliidae	+		O
纯色噪鹛	<i>Garrulus subunicolor</i>	画眉科 Timaliidae	+		O
丽色噪鹛	<i>Garrulus foveatus</i>	画眉科 Timaliidae	+		O
锈额斑翅鹛	<i>Actinodura egertoni</i>	画眉科 Timaliidae	+		O
纹胸斑翅鹛	<i>Actinodura waldeni</i>	画眉科 Timaliidae	+		O
白眉雀鹛	<i>Alcippe vinipedus</i>	画眉科 Timaliidae	+		C
褐头雀鹛	<i>Alcippe cinereiceps</i>	画眉科 Timaliidae	+		C
灰奇鹛	<i>Heterophasia gracilis</i>	画眉科 Timaliidae	+		O
丽色奇鹛	<i>Heterophasia pulchella</i>	画眉科 Timaliidae	+		O
栗耳凤鹛	<i>Yuhina castaneiceps</i>	画眉科 Timaliidae	+		O
黄颈凤鹛	<i>Yuhina flavicollis</i>	画眉科 Timaliidae	+		O
黑喉鸦雀	<i>Paradoxornis nipalensis</i>	鸦雀科 Paradoxornithidae	+		O
红头鸦雀	<i>Paradoxornis ruficeps</i>	鸦雀科 Paradoxornithidae	+		O
灰头鸦雀	<i>Paradoxornis gularis</i>	鸦雀科 Paradoxornithidae	+		O
灰腹地莺	<i>Tesia geniventer</i>	莺科 Sylviidae	+		O
强脚树莺	<i>Cettia fortipes</i>	莺科 Sylviidae	+		O
大树莺	<i>Cettia major</i>	莺科 Sylviidae	+		O
异色树莺	<i>Cettia flaviventer</i>	莺科 Sylviidae	+		C
棕顶树莺	<i>Cettia brunnicornis</i>	莺科 Sylviidae	+		O
噪苇莺	<i>Acrocephalus stentoreus</i>	莺科 Sylviidae	+		O
棕眉柳莺	<i>Phylloscopus amandii</i>	莺科 Sylviidae	+		C
冠纹柳莺	<i>Phylloscopus reguloides</i>	莺科 Sylviidae	+		C
黄胸柳莺	<i>Phylloscopus cantator</i>	莺科 Sylviidae	+		O
栗头鹟莺	<i>Seiurus castaneiceps</i>	莺科 Sylviidae	+		O
金眶鹟莺	<i>Seiurus burkii</i>	莺科 Sylviidae	+		C

续表 3 (Continue Table 3)

种名 Species name	种拉丁名 Science name	科名 科拉丁名 Family name	陆生环境 Land	水生环境 Water	区系类型* Faunal realm
黑脸鹟莺	<i>Abroscopus schisticeps</i>	莺科 Sylviidae	+		O
戴菊	<i>Regulus regulus</i>	戴菊科 Regulidae	+		C
白眉蓝 [姬] 鹡	<i>Ficedula superciliosa</i>	鹡科 Muscipidae	+		O
玉头 [姬] 鹡	<i>Ficedula sapphira</i>	鹡科 Muscipidae	+		O
棕尾鹡	<i>Muscipapa ferruginea</i>	鹡科 Muscipidae	+		O
寿带	<i>Tepisiphone paradisi</i>	王鹡科 Monarchidae	+		C
白眉扇尾鹡	<i>Rhipidura aureola</i>	扇尾鹡科 Rhipiduridae	+		O
黄眉林雀	<i>Sylviparus modestus</i>	山雀科 Paridae	+		O
黑眉长尾山雀	<i>Aegithalos leucostictus</i>	长尾山雀科 Aegithalidae	+		C
丽鸫	<i>Sitta foveolata</i>	鸫科 Sittidae	+		O
滇鸫	<i>Sitta yunnanensis</i>	鸫科 Sittidae	+		O
白尾鸫	<i>Sitta himalayensis</i>	鸫科 Sittidae	+		O
高山旋木雀	<i>Certhia himalayana</i>	旋木雀科 Certhiidae	+		O
褐喉旋木雀	<i>Certhia discolor</i>	旋木雀科 Certhiidae	+		O
锈红腹旋木雀	<i>Certhia nipalensis</i>	旋木雀科 Certhiidae	+		P
黄腹花蜜鸟	<i>Cinnyris jugularis</i>	花蜜鸟科 Nectariniidae	+		O
紫色蜜鸟	<i>Cinnyris asiatica</i>	花蜜鸟科 Nectariniidae	+		O
火尾太阳鸟	<i>Aethopygia ignita</i>	花蜜鸟科 Nectariniidae	+		O
绿喉太阳鸟	<i>Aethopygia nipalensis</i>	花蜜鸟科 Nectariniidae	+		O
山麻雀	<i>Passer rutillars</i>	雀科 Passeridae	+		C
高山金翅 [雀]	<i>Carduelis spinoides</i>	燕雀科 Fringillidae	+		P
藏黄雀	<i>Carduelis tibetana</i>	燕雀科 Fringillidae	+		C
暗胸朱雀	<i>Carduelis nipalensis</i>	燕雀科 Fringillidae	+		O
赤朱雀	<i>Carduelis rubescens</i>	燕雀科 Fringillidae	+		O
点翅朱雀	<i>Carduelis thalassina</i>	燕雀科 Fringillidae	+		O
棕朱雀	<i>Carduelis edwardsii</i>	燕雀科 Fringillidae	+		O
酒红朱雀	<i>Carduelis vinacea</i>	燕雀科 Fringillidae	+		O
红眉朱雀	<i>Carduelis pulcherrima</i>	燕雀科 Fringillidae	+		C
曙红朱雀	<i>Carduelis eos</i>	燕雀科 Fringillidae	+		C
血雀	<i>Haematopiza sipahi</i>	燕雀科 Fringillidae	+		O
金枕黑雀	<i>Pyrrhuloxia epauletta</i>	燕雀科 Fringillidae	+		O
褐灰雀	<i>Pyrrhula nipalensis</i>	燕雀科 Fringillidae	+		O
灰头灰雀	<i>Pyrrhula erythrogastra</i>	燕雀科 Fringillidae	+		C
白点翅拟蜡嘴雀	<i>Mycobasmelebraozanthos</i>	燕雀科 Fringillidae	+		C
黄喉鹀	<i>Emberiza elegans</i>	鹀科 Emberizidae	+		C
灰头鹀	<i>Emberiza spodiopygia</i>	鹀科 Emberizidae	+		C
灰眉岩鹀	<i>Emberiza gmelini</i>	鹀科 Emberizidae	+		C
栗耳鹀	<i>Emberiza fucata</i>	鹀科 Emberizidae	+		C

*注: 区系类型: O=东洋种 (Oriental species); P=古北种 (Palearctic species); C=广布种 (Cosmopolitan species).

3.5 基于鸟类亚区地理分布相似性的 PAE 分析

对 1976 年和 2005 年不同时间段鸟类亚区分布数据库的 PAE 比较分析, 结果为: 16 个亚区的 PAE 严格合一树在两个不同年代基本一致, 在拓扑结构上都具有两大单系组 (monophyletic groups of subregions), 反映了两个不同的动物地理界, 即古北界与东洋界的划分。在古北界分支中, 可分为 5 个亚组, A08, A06 和 A07; A09, A03 和 A04; A01, A02 和 A05。这一拓扑结构与聚类分析结果基本一致。而在东洋界分支中亚组区分不明显, 仅现一个亚组。对比两个不同时间年代的差异, 表现为

9 的位置有所变化 (见图 3)。

4 讨论分析

4.1 动物地理亚区的鸟类物种丰富度在 30 年间发生了变化

通过对中国境内 1976 年和 2005 年所记载所有繁殖鸟类的物种数统计, 发现在 1976 年到 2005 年间, 在中国的 16 个地理亚区中, 鸟类的物种多样性发生了不同程度的变化, 不同亚区的鸟类平均物种丰富度在明显增加。其中, 滇南山地亚区鸟类增加最多, 为 144 种; 其次为黄土高原亚区, 117 种, 以

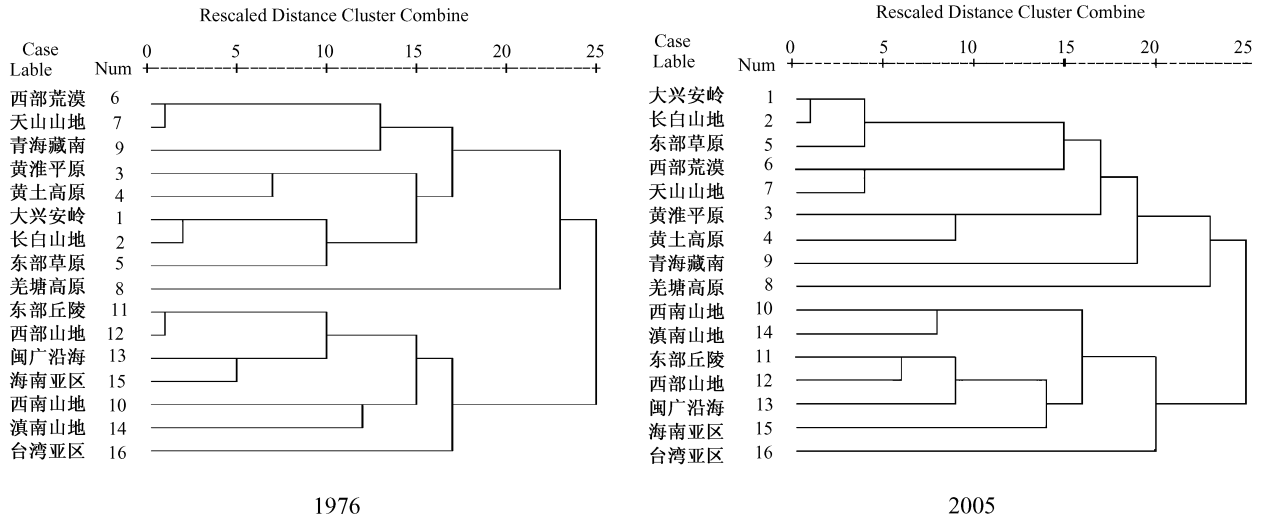


图 2 1976年和 2005年 16亚区鸟类物种分布的相似性分析

Fig 2 Dendrogram of 16 avifaunal subregions in 1976 and 2005 with Jaccard method

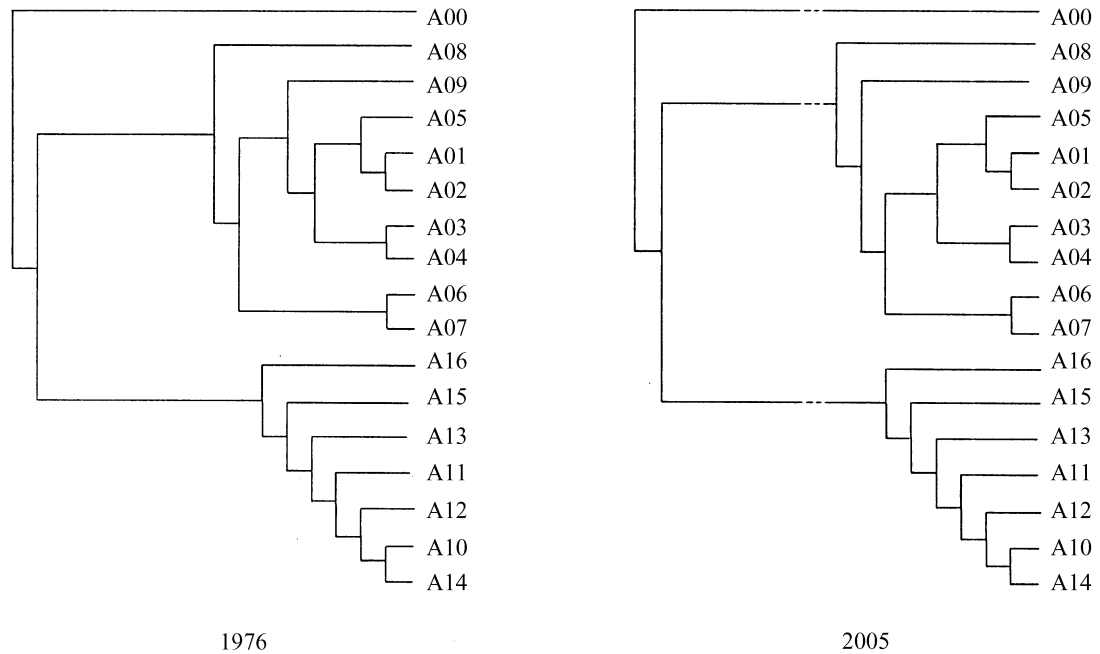


图 3 1976年和 2005年 PAE分析的各亚区支序严格合一树

Fig 3 PAE analysis of bird species distribution in 16 avifaunal subregions in 1976 and 2005.

及东部草原亚区, 106种等。滇南山地亚区由 371种增至 501种; 黄土高原亚区由 207种增至 289种; 东部草原亚区由 156种增至 246种。西南山地亚区、青海藏南亚区、黄土高原亚区鸟类减少的种类数量位居所有亚区的前 3位, 但各亚区新增的种类仍然多于减少的, 如西南山地亚区减少 55种, 但新增 90种。大多数地区鸟类的物种丰富度发生了很大的变化, 但在海南岛和台湾亚区则变化较小。海南岛亚区新增 15种, 而减少了 14种, 由 198种增为 199种, 从总体数量上看, 该亚区仅增加了 1种, 物种

丰富度具非常高的稳定性; 台湾亚区新增 19种, 减少 9种, 由 1976年的 169种增为 2005年的 179种, 从总体数量上看, 该亚区仅增加了 10种, 与其他亚区的变化比较, 基本处于稳定状态。

比较 16个亚区繁殖鸟在 30年间的变化可以看出, 由于不同亚区原有分布的物种丰富度不一, 亚区分布面积大小不一, 以及不同亚区生态环境等因素的不均一性等, 使得在不同的动物地理亚区鸟类物种多样性的变化存在较大差异。若从两个不同时间段的物种丰富度增幅来看, 以东部草原亚区, 羌

塘高原亚区和黄土高原亚区增幅最为明显, 分别为: 67.95%, 67.53%, 56.52% (增幅大于 50% 的亚区)。这些亚区的共性特点为草原、草甸生境, 生态环境广阔, 缺少明显的大山、海洋等地理隔离障碍; 而以海南岛亚区, 台湾亚区的增幅最小, 分别为: 4.04%, 11.83% (增幅小于 15% 的亚区), 其地理与环境共性为岛屿型生境, 亚区面积小, 且同具有热带雨林气候, 并与中国大陆有不同程度和时间尺度的地理隔离。

4.2 鸟类物种在中国动物地理亚区间的隔离效应与扩散阻限

4.2.1 地理隔离及岛屿型稳定气候限制了物种与其它亚区间的扩散

台湾亚区在 1976 年有繁殖鸟 169 种, 在 2005 年 179 种, 近 30 年间仅减少 9 种, 新增 19 种, 是增减幅度最小的两个亚区之一。台湾亚区减少的 9 个种包括: 草鹭 (闽广、台湾均消失, 在西南山地和东北草原新增)、中白鹭 (海南岛均消失, 西南山地新增)、黑 [苇] 鹈 (滇南山地、西南山地新增, 海南、闽广原有现有)、[栗] 树鸭 (海南、西南山地新增, 滇南、闽广原有现有)、[黑] 鸢 (原在全国范围内都有, 现滇南山地、海南岛消失)、赤腹鹰 (闽广原有现有)、戴胜 (海南、闽广原有现有)、大斑啄木鸟 (海南、闽广原有现有)、黑喉鸦雀 (滇南新增, 闽广原有现有)。从上列对比的情况分析, 台湾减少的这 9 种鸟中, 部分在台湾消失的同时, 在海南岛也消失, 如中白鹭; 还有部分在台湾消失的同时, 海南岛或闽广沿海亚区过去有且现在没有, 现在分布的可能是过去存留下来的, 如戴胜。从这 9 种消失鸟的习性可以初步判断, 这些鸟不具有远距离迁徙的能力, 所以, 它们基本上是在台湾本地灭绝的。

台湾亚区为多山海岛, 属热带、亚热带气候, 雨量充沛, 气候温暖, 山地垂直幅度较大, 高山地形呈现更为复杂丰富的植被带分化, 与大陆之间有海峡相隔, 台湾亚区这种特殊的地理生态环境造成了该亚区内的鸟类迁徙扩散困难, 而在本地区可生存的空间相对较大。Lei et al (2007) 的亚区特有化研究揭示本亚区分布有国内最多的狭亚区分布特有种, 体现了高度的地理隔离效应对物种扩散的阻限作用。本文对近 30 年间台湾亚区所有繁殖鸟丰富度变化显示, 该亚区与大陆其他亚区间的物种交流较少, 与 Lei et al (2007) 提出的“地理隔离”假设结论比较一致。该结论同时亦可解释: 在组平均法 (jaccard 系数) 聚类分析和特有性简约分析 (PAE) 中, 台湾亚区 (16) 与其他亚区的相似性

均较远的现象, 反映了在东洋界台湾海峡对台湾岛屿与大陆亚区物种间的相互交流与种群扩散的阻隔作用同时却增加了亚区的特有性。

海南岛亚区减少的 14 种包括: 红脚鲢鸟 (闽广现消失)、褐鲢鸟 (闽广现消失, 台湾原有现有)、[普通] 鸬鹚 (闽广现消失, 青海藏、西部山地、西南山地、东部丘陵新增)、苍鹭 (闽广现消失, 西部山地、西南山地、东部丘陵原有现有)、中白鹭 (台湾消失, 西南山地新增, 滇南、西部山地、东部丘陵原有现有)、灰孔雀雉 (滇南山地原有现有)、环颈鸽 (青海藏消失, 台湾、天山新增)、金腰燕 (闽广、滇南等原有现有, 天山、西部荒漠新增)、和平鸟 (西南山地、滇南山地新增)、黄胸柳莺 (闽广、滇南、西南山地、黄土高原新增)、棕扇尾莺 (滇南、闽广现消失, 青海藏、黄土高原、黄淮新增)、褐山鹳莺 (台湾、青海藏、黄土高原新增, 闽广消失)、棕胸蓝姬鹳 (闽广、青海藏新增)、黑枕王鹳 (台湾、闽广原有现有)。推测 [普通] 鸬鹚、中白鹭、和平鸟、黄胸柳莺 4 种从南向北迁移, 其余大多数种类在海南岛亚区消失的同时, 在闽广沿海也消失, 或者在闽广沿海没有新增该种类。由此可看出, 海南岛亚区内的鸟类向其他区域迁移的很少, 该区域已形成本地独特生态环境与鸟类区系。

海南亚区的气候属热带型, 炎热多雨, 年均温在 25℃ 以上, 年降雨量超过 1500mm, 没有明显的季节差异。海南亚区东南部山地生长茂密的热带季雨林, 各种树木混杂, 从树冠到地面, 不同层次的小气候不同, 食物种类丰富, 该区域的许多鸟类不需要迁徙到其它地区繁殖或者越冬。海南亚区这种特殊的地理、气候、植被等因子形成的特殊生态环境, 在为各种鸟类提供多种生存空间的同时, 也对鸟类向周围地区的扩散起了生态隔离作用。这同时也支持了 Lei et al (2007) 提出的“生态隔离”假设。因此, 在近 30 年间物种的增幅是最小的 (表 2), 体现了该亚区稳定的物种丰富度格局。

因此, 由于海岛与大陆的地理隔离使台湾和海南亚区 30 年的物种变化是各亚区中最小的两个。但是海南亚区比台湾亚区与大陆的隔离程度更小, 理应台湾亚区的变化更小, 却由于海南亚区又有独特的稳定热带气候形成的生态隔离, 而使海南成为在 30 年间物种变化最小的亚区。

4.2.2 青藏高原的隔离效应

羌塘高原亚区, 包括西藏冈底斯、念青唐古拉、昆仑和可可西里山之间的“羌塘高原”, 并包括喜马拉雅山及其北麓高原。全年降水量不足 100mm,

植被类型由荒漠草原至高山寒漠。由于严峻的自然条件, 动物种类贫乏, 鸟类的种类在 1976年前仅 77 种, 2005年为 108种。从 1976年至 2005年增加的 52种, 仅比海南、台湾、大兴安岭、长白山地等 4个亚区高, 但由于本身种类贫乏, 增长幅度却在各亚区中高居第 2 达 67.53%。然而, 30年后其种类在所有亚区中仍然最少; 在组平均法 (Jaccard 系数) 聚类分析和特有性简约分析 (PAE) 中, 其位置在 30年前后始终与其他亚区相似性较远的状态没有改变 (图 2、3)。这些反映了在青藏高原腹地的独特物种成分与高原对物种在亚区间相互扩散的隔离效应。

4.3 鸟类物种在不同亚区间存在可能扩散通道

滇南山地亚区自 1976年到 2005年间新增的 144 种鸟类中, 大部分为东洋界物种。1976年时在西南山地亚区有其中的 119 种, 在闽广沿海亚区有 29 种, 到 2005年时在西南山地亚区还生存有其中的 107种, 闽广沿海亚区 28种。滇南山地亚区北边界相接西南山地亚区, 东边界相连闽广沿海亚区。滇南山地亚区新增鸟类中的绝大多数与西南山地亚区原来生存的种类相同, 而与相邻的闽广沿海亚区的原有种类相同的较少, 这一现象表明: 滇南山地新增鸟类很有可能是从与其相连的西南山地亚区扩散而来的, 迁移的方向是从北向南。雷富民等 (2006) 提出西南山地—横断山区为中国鸟类物种多样性中心, 并依据鸟类特有种的物种分化分析认为: 西南山地为物种分化中心, 种源地 (Zhao and Lei 2006)。推测, 西南山地亚区鸟类物种有向滇南山地亚区扩散的现象。本文的研究不仅支持上述观点, 而且显示该扩散现象依然在持续当中, 如画眉科大噪鹐 *Garrulus maximus* 1976年以前分布在西南山地和西部山地, 而此后的分布数据发现居留于滇南山地亚区。这与一般认为的随着全球气温的变暖, 物种由其分布的南部地区向北扩散的模式 (Thomas and Lennon 1999, 孙全辉, 张正旺, 2000, Price & Glick 2002, Brommer 2004, 杜寅等, 2009) 可能具有不同的扩散意义。

在黄土高原亚区 1976年至 2005年间新增鸟类物种数量位居第 2位, 共增加 117种。1976年在西部山地亚区有其中的 59种, 东部丘陵亚区有 43种, 这两个亚区与黄土高原亚区的南边界相连; 西部荒漠亚区有其中的 34种, 东部草原亚区有 29种, 这两个亚区与黄土高原的北边界相连。1976年西部山地和东部丘陵分布有 102种鸟类与黄土高原 2005年新增种相同, 而西部荒漠和东部草原共有 63种与黄土高原 2005年新增种类相同, 相同的数量大大少于

西部山地和东部丘陵两亚区的种类。由此可推测, 黄土高原在近 30年间增加的鸟类物种主要是从西部山地亚区和东部丘陵亚区扩散而来, 鸟类的扩散路径为由南向北, 这一点与全球气候变暖, 物种向北扩散的观点 (Thomas and Lennon 1999, 孙全辉, 张正旺, 2000, Price & Glick 2002, Brommer 2004) 一致。

另外, 在羌塘高原亚区, 虽然已述及高原对物种在亚区间相互扩散的隔离效应, 且只新增了 52种, 但其增幅却高居第 2 达 67.53%。与其接壤的青海藏南亚区和西部荒漠亚区相比, 羌塘高原新增 52种中有 31种原存在于青海藏南亚区, 有 33种存在于西部荒漠亚区, 这说明羌塘高原新增的种类主要是由这两个亚区迁移来的——该亚区与相邻的西部荒漠亚区以及青海藏南亚区均有物种的相互交流。

4.4 东部草原亚区 (5) 的位置

从聚类分析和 PAE 分析结果显示, 无论 30年前、后, 在古北界的东部草原亚区 (5) 都与大兴安岭亚区 (1) 和长白山亚区 (2) 最接近, 相聚为一支。即东部草原亚区的物种与东部亚区的相似性高, 而与西部荒漠亚区和天山山地亚区差异较大。因此, 本文认为应当将东部草原亚区归入东北亚区, 而非蒙新区; 蒙新区则由西部荒漠亚区和天山山地亚区组成。

4.5 亚区鸟类物种丰富度的时间空间变化格局及区划的稳定性

30年间中国鸟类物种丰富度在不同亚区出现明显的增加, 各亚区的平均物种丰富度由 1976年的约 232种增加到 2005年的约 281种。各亚区增加不均衡, 以草原、草甸等缺少地理阻隔的亚区增加较多, 有的增幅甚至超过 50%; 以海岛类型增加最少。但是, 2005年的鸟类丰富度最高、次高及最低的亚区与 1976年的相同, 只是次差的亚区变成了台湾亚区。而且各亚区鸟类种类的增加具有很大的相关性, 各亚区鸟类丰富度曲线走势也与 1976年的基本一致 (图 1)。因此, 鸟类物种丰富度总体格局基本稳定。

以聚类方法 (Jaccard 系数) 和 PAE 方法对鸟类亚区分布格局的分析结果基本一致, 都支持鸟类区系的动物地理两大划界, 即古北界与东洋界, 并以秦岭山脉一带构成两界的分界线; 也支持了郑作新等 (1997) 的中国鸟类地理的界、区划分。尽管聚类分析和 PAE 分析结果显示, 动物地理分布格局在局部地区仍出现了一些细微的变化, 如: 从 Jaccard 聚类分析结果显示, 1976年海南岛亚区 (15) 与闽广沿海亚区 (13) 先聚为一支, 到 2005

年,海南岛亚区(15)一支的位置发生变化,11、12(东部丘陵平原和西部山地高原亚区)相聚后,再与13相聚,然后才与15相聚;但PAE分析,其位置则没有变化。青海藏南亚区(9)的位置在Jaccard聚类分析和PAE分析中均有变化等。因此,中国鸟类区划的动物地理分布格局没有太大的变化。

总之,尽管各亚区的鸟类物种丰富度随时间变化较大,且在空间格局上也不均匀,但是鸟类物种丰富度格局基本稳定,鸟类动物地理区划的分布格局在30年前后没有明显的差异,和郑作新(1976),张荣祖(1991)以及郑作新等(1997)的动物地理区划结果一致,反映了鸟类区系演化的长期稳定性。然而,近年来不断出现物种北扩的事实(孙全辉,张正旺 2000;李东明等,2006;杜寅等,2009),随着鸟类分布范围的不断变化,其各亚区的物种丰富度消化会发生变化,其区系的演化的格局是否会发生变化,还需要长期的监测和深入研究。

REFERENCES (参考文献)

- Bronner J E 2004 The range margins of northern birds shift polewards *Ann Zool Fennici* 41: 391-397.
- Cheng T-H 1976 *Distributional List of Chinese Birds (Revised Edition)*. Science Press Beijing 1-1 218 [郑作新, 1976 中国鸟类分布名录, 第2版. 北京: 科学出版社. 1~1 218]
- Cheng T-H 2000 *A Complete Checklist of Species and Subspecies of the Chinese Birds*. Science Press Beijing 1-322 [郑作新, 2000 中国鸟类种和亚种分类名录大全. 北京: 科学出版社. 1~322]
- Cheng T-H, Zheng G-M, Zhang F-Y, et al 1997 *Fauna Sinica Aves Vol 1*. Science Press Beijing 1-199 [郑作新, 郑光美, 张浮允等, 1997 中国动物志, 鸟纲 第1卷. 北京: 科学出版社. 1~199]
- De Grave S 2001 Biogeography of Indo-Pacific Pontoninae (Crustacea Decapoda): a PAE analysis *Journal of Biogeography* 28 (10): 1239-1253.
- Du Y, Zhou F, Shu X-L and Li Y-L 2009 The Impact of Global Warming on China Avifauna *Acta Zootaxonomica Sinica* 34 (3): 664-674 [杜寅, 周放, 舒晓莲, 李一琳, 2009 全球气候变化对中国鸟类区系的影响. 动物分类学报, 34 (3): 664~674]
- Lei F-M, Wei G-A, Zhao H-F, Yin Z-H and Lu J-L 2007 China subregional avian endemism and biodiversity conservation *Biodivers Conserv* 16: 1119-1130
- Lei F-M and Zhao D-L 2005 The possible role of wild birds on avian influenza *Bulletin of the Chinese Academy of Sciences* 20 (6): 466-470. [雷富民, 赵德龙, 2005 野生鸟类对禽流感爆发与传播的影响. 中国科学院院刊, 20 (6): 466~470]
- Lei F-M, Lu T-C, et al 2006 *China Endemic Birds*. Science Press Beijing 1-640. [雷富民, 卢汰春等, 2006 中国鸟类特有种. 北京: 科学出版社. 1~640]
- Lei F-M, Wei G-A and Zhao H-F 2004 On avian influenza viruses prevention and wild bird conservation. *Bulletin of the Chinese Academy of Sciences* 19 (2): 101-103 [雷富民, 魏国安, 赵洪峰, 2004 禽流感的发生及其防治. 中国科学院院刊, 19 (2): 101~103]
- Li D-M, Wang A-Z and Lei F-M 2006 Chinese Bulbul—new bird record in Qinghai Province *Chinese Journal of Zoology* 41 (4): 70. [李东明, 王爱真, 雷富民, 2006 青海省鸟类新纪录——白头鹀. 动物学杂志, 41 (4): 70]
- Luan X-F, Xie Y-M, Du D-C and Xu H-F 2003 The study of avian community and species Diversity in Shanghai suburb area in summer *Journal of East China Normal University (Natural Science)* (3): 75-82. [栾晓峰, 谢一民, 杜德昌, 徐宏发, 2003 上海郊区夏季鸟类群落特征及多样性研究. 华东师范大学学报(自然科学版) (3): 75~82]
- Orme C. D. L, Davies R. G., Burgess M., et al 2005 Global hotspots of species richness are not congruent with endemism or threat *Nature* 436: 1016-1019.
- Orme C. D. L, Davies R. G., Olson V. A. et al 2006 Global patterns of geographic range size in birds *PLoS Biology* 4 (7): 1276-1283
- Pan Y-Q, Xing L-L and Yang G-S 2006 A preliminary study on avifauna's evolution in wuliangshai wetland during the last 10 years *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Neimongol* 37 (2): 170-174. [潘艳秋, 邢莲莲, 杨贵生, 2006 近十年来乌梁素海湿地鸟类区系演变初探. 内蒙古大学学报(自然科学版), 37 (2): 170~174]
- Price J and Glick P 2002 The birdwatcher's guide to global warming *National Wildlife Federation and American Bird Conservancy Virginia* 1-30.
- Shi Y, Gu Y, Wang Z-N, Zhang J-T and Bao W-D 2005 Investigation on bird diversity in Yesanpo beauty spot Hebei and Shidu Beijing *The Journal of Hebei Forestry Science and Technology* (2): 17-18 20 [史阳, 古远, 王志农, 张金涛, 鲍伟东, 2005 北京十渡与河北省野三坡风景区鸟类物种多样性调查. 河北林业科技, (2): 17~18 20]
- Srinwardena G. M., Crick H. Q. P., Baillie S R and Wilson J. D. 2000 Agricultural land-use and the spatial distribution of granivorous lowland farmland birds *Ecography* 23: 702-719.
- Sun Q-H and Zhang Z-W 2000 The impact of climate warming on the distribution of Chinese birds *Chinese Journal of Zoology* 35 (6): 45-48. [孙全辉, 张正旺, 2000 气候变暖对我国鸟类分布的影响. 动物学杂志, 35 (6): 45~48]
- Thomas C. D. and Lennon J J 1999 Birds extend their ranges northwards *Nature* 399: 213-213
- Titeux N, Dufrene M, Jacob J P, Paquay M. and Defourmy P 2004 Multivariate analysis of a fine-scale breeding bird atlas using a geographical information system and partial canonical correspondence analysis: environmental and spatial effects *J Biogeogr* 31 (11): 1841-1856
- Vanhinsbergh D. P. and Chamberlain D. E 2001 Habitat associations of breeding Meadow Pipits *Antus pratensis* in the British uplands *Bird Study* 48: 159-172
- Yang L and Lei F-M 2009 Morphological Taxonomy, Fauna and Zoogeography of Birds in China *Acta Zootaxonomica Sinica* 34 (2): 316-328. [杨岚, 雷富民, 2009 鸟类宏观分类和区系地理学研究概述. 动物分类学报, 34 (2): 316~328]
- Yao J-C 1991. Thirty years investigation on the changes of avifauna on Taibaishans of Shaanxi Province *Chinese Journal of Zoology* 26 (5): 19-29. [姚建初, 1991 陕西太白山地区鸟类三十年变化情况的调查. 动物学杂志, 26 (5): 19~29]
- Zhang R-Z and Zhao K-T 1978 On the zoogeographical regions of China *Acta Zoologica Sinica* 24 (2): 196-202 [张荣祖, 赵肯堂, 1978 关于《中国动物地理区划》的修改. 动物学报, 24 (2): 196~202]
- Zhang R-Z 1999. Zoogeography of China. Science Press Beijing 1-502 [张荣祖, 1999 中国动物地理. 北京: 科学出版社. 1~502]
- Zheng G-M 2005 A Checklist on the Classification and Distribution of the Birds of China. Science Press Beijing 235-246 [郑光美, 2005 中国鸟类分类与分布名录. 北京: 科学出版社. 235~246]

GEOGRAPHICAL DISTRIBUTION PATTERN AND ITS TEMPORAL AND SPATIAL VARIATION OF BIRDS BREEDING IN ZOOGEOGRAPHICAL SUBREGION OF CHINA

WANG KaiFeng^{1,2}, ZHANG JiRong^{1,3}, LEIFuMin^{1*}

1. Key Laboratory of Zoological Systematics and Evolution, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

2. Institute of Zoology, Shaanxi Academy of Sciences, Xi'an 710032, China

3. Ningxia Medical College, Yinchuan 750004, China

Abstract This paper analyzed breeding birds' distribution data of 1976 and 2005 in zoogeographical subregions of China. The results showed: before 1976, Southwest Mountainous Subregion was the subregion with the highest species richness, Southern Yunnan Hilly Subregion was followed, Qiangtang Plateau Subregion had the lowest species richness and HuangHuai Plain Subregion was followed. In 2005, the birds' subregions with the first, second highest and lowest richness were the same as the ones in 1976, but Taiwan Subregion became the region with the second lowest richness. From 1976 to 2005, an obvious increase of birds' richness among different subregions was occurred. The average number of species in each subregion grew from 232 of 1976 to 281 of 2005, showing strong correlations. Southern Yunnan Hilly Subregion had the most species number of increasement while Qiangtang Plateau Subregion and East Meadow Subregion had the biggest extension of number increase. The change in Hainan and Taiwan Subregion was rather small. The possible causes were

Key words China, zoogeographical subregion, avifauna, geographical distribution pattern, temporal and spatial variation

that stable climate on the islands and geographical isolation from the mainland which restricted the migration of birds. These variations coincided with "geographical isolation" hypothesis of Lei et al. (2007) but also revealed the dispersal behavior from Southwest Mountainous Subregion to Southern Yunnan Hilly Subregion was still ongoing. The analysis results of species in avifaunal subregions of China by cluster method (Jaccard) and PAE method were basically consistent, which supported two realms (palearctic realm and oriental realm) of zoogeographical region divided by the line of Qinling Mountains. There was no notable difference in avifaunal zoogeographical pattern of China before and after 30 years by cluster analysis. The accordance of present analysis and zoogeographical region division in Cheng (1976), Zhang (1991), and Cheng (1997) reflected long term stability in evolution of avifauna. Besides, it was reasonably considered the East Meadow Subregion should be incorporated into Northeast Region from Mongol-Xinjiang Region.

* Corresponding author. E-mail: leifm@ibz.ac.cn