

上海郊区三类典型生境的两栖类分布特征^{*1}

李贲¹ 张伟¹ 束潇潇¹ 莫英敏¹ 裴恩乐² 袁晓² 王天厚^{1*}

- (1. 华东师范大学生命科学学院, 上海 200241;
2. 上海野生动植物保护管理站, 上海 200233)

【摘要】: 上海郊区农田, 林地, 湿地(池塘)三类典型生境是两栖类最主要的栖息地, 生境的差异以及两栖类生态特征的不同造成了两栖类在分布上的差异。2014年和2016年5~8月对上海郊区三类典型生境的30个研究样点两栖类生物多样性进行调查, 并运用单因素方差分析对三类生境的两栖类群落结构进行比较, 通过层次聚类法分析不同生境的两栖类组成相似性。结果显示: (1)两年间共记录到上海郊区两栖类动物1目4科4属5种5397只, 其中泽陆蛙(*Fejervarya multistriata*), 金线侧褶蛙(*Pelophylax plancyi*)为优势种。黑斑侧褶蛙(*Pelophylax nigromaculata*), 中华蟾蜍(*Bufo gargarizans*), 饰纹姬蛙(*Microhyla fissipes*)为常见种。这5种两栖类都为广型分布种。(2)三类生境的两栖类物种丰富度无显著性差异, 而两栖类多度差异显著。(3)泽陆蛙, 饰纹姬蛙的种群密度在三类生境中差异显著, 且在农田生境中最高。黑斑侧褶蛙, 金线侧褶蛙的种群密度在三类生境中差异显著且在池塘生境中最高。中华蟾蜍在三类生境中的种群密度无显著性差异。(4)聚类结果为30个研究样点中林地生境与池塘生境被聚为一类, 农田生境被单独聚为一类。建议通过对不同生境的保护与恢复达到对上海郊区两栖类生物多样性保护的目的。

【关键词】: 两栖类; 群落结构; 种群密度; 上海; 郊区生境

【中图分类号】: S931 **【文献标识码】**: A **【文章编号】**: 1004-8227(2017)06-0824-08

DOI: 10.11870/cjlyzyyhj201706004

两栖类是世界动物资源的重要组成部分, 在维护自然生态平衡方面发挥着重要作用^[1], 且可作为衡量环境变化的重要的指示生物^[2]。城市化导致的栖息地丧失, 孤立, 片段化以及生境质量下降是造成全球两栖类生物多样性下降的最主要原因^[3, 4], 88%的两栖类的灭绝与之相关^[5]。上海市作为中国城市化率最高的城市^[6], 高速的城市化发展同样造成了郊区生境面积以及两栖类生物多样性的严重下降^[7, 8]。上海郊区作为上海市生物多样性最高的区域^[9], 自然也成为了上海市两栖类生物多样性保育最为重要的区域。目前上海郊区分布了6种两栖类: 泽陆蛙(*Fejervarya multistriata*), 金线侧褶蛙(*Pelophylax plancyi*), 黑斑侧褶蛙(*Pelophylax nigromaculata*), 饰纹姬蛙(*Microhyla fissipes*), 北方狭口蛙(*Kaloula borealis*)^[10]和中华蟾蜍(*Bufo gargarizans*),

¹ 收稿日期: 2016-11-29; 修回日期: 2017-01-23

基金项目: 上海市绿化与市容管理局项目(F131508) [Shanghai Landscaping and City Appearance Administrative Bureau Project (F131508)]

作者简介: 李贲(1990~), 男, 博士研究生, 主要研究方向为动物生态学. E-mail: benlee19@163.com

***通讯作者** E-mail: thwang@bio.ecnu.edu.cn

当前对上海郊区动物资源状况的研究主要集中于鸟类^[10~12]，对于上海郊区两栖类的研究则更多的是集中于泽陆蛙的种群生态学与生理生态学研究^[13, 14]，两栖爬行类的生物多样性调查也多在上海市区林绿地开展^[15]。总体而言，目前对于上海郊区两栖类动物资源状态的了解较为缺乏，然而研究两栖类的群落结构特征，种群数量变化以及分布规律对于两栖类的生物多样性保育有着重要的意义^[16]。此外，不同生态特征的两栖类对于各类生境的依赖程度也有所不同^[17]，因而研究两栖类在不同生境中的分布规律对于在特定生境中对目标物种进行保护有实际意义。

本研究分别于 2014 年和 2016 年的 5~8 月对上海郊区三类典型生境的两栖类种类与数量进行调查，同时对三类生境的两栖类群落结构与种群密度进行比较，分析上海郊区两栖类的生境偏好以及三类典型生境两栖类组成结构的相似性。本研究旨在丰富上海市郊区的两栖类动物资源数据，了解上海郊区两栖类分布规律，并为上海市制定两栖类生物多样性保育策略提供帮助。

1 研究区域

上海市(30° 40' ~31° 53' N, 120° 51' ~122° 12' E)位于长江三角洲的东南缘，北靠长江，东临东海，南濒杭州湾。上海市全市总面积为 6 340.5 km²，郊区面积为 3 700 km²，年降水量 1 048~1 138 mm，年平均气温 15.7 °C，年日照时数 1 868 h，相对湿度 77%~88%。上海郊区的生境根据自然条件可分为三种：农田生境，林地生境，湿地生境^[18]：(1)农田生境：根据上海统计年鉴的数据，2014 年上海市郊区农田总面积为 35.89 万 hm²^[19]。上海市农田从类型上又可细分为水田与水浇田，水田主要种植水稻(*Oryza sativa*)，水浇田则主要种植小麦(*Triticum aestivum*)，瓜果蔬菜及其他经济作物。(2)林地生境：上海郊区的林地主要分布于西部的松江区佘山天马山林场，青浦区拦路港林区和崇明岛中部的东平林区。以人工林和次生林为主，属于亚热带常绿落叶阔叶混交林。(3)湿地生境：上海郊区的湿地类型丰富，可分为 5 类 13 型湿地，湿地总面积达到了 46.45 万 hm²，其中内陆的河流湿地，湖泊湿地和沼泽湿地的总面积达到 2.23 万 hm²^[20]。我们选择较为适宜两栖类栖息且较为普遍的池塘生境代表上海郊区湿地生境。

本研究的研究样点设置于上海郊区的松江区佘山镇，青浦区金泽镇，浦东新区(南汇)书院镇，崇明区崇明岛港西镇和绿化镇，长兴岛长兴乡，横沙岛横沙乡。共设置 30 个研究样点，分别为 10 个农田生境，10 个林地生境和 10 个池塘湿地生境(图 1)。各研究样点间的距离控制在 1 km 以上。

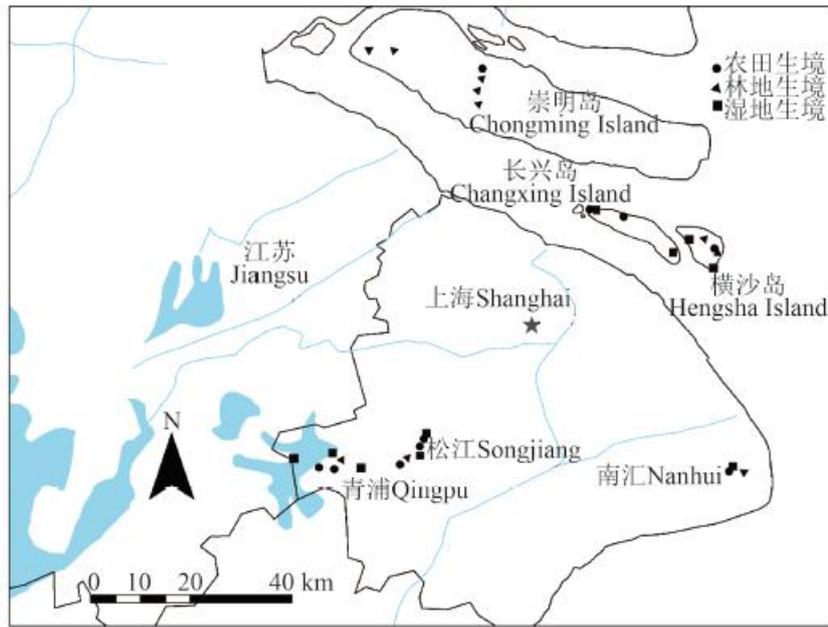


图1 上海郊区两栖类动物研究样点分布图

Fig.1 Study Sites for Amphibian in Rural Shanghai

2 研究方法

2.1 两栖类群落调查

本研究使用样线法于2014年和2016年5~8月对30个研究样点的两栖类进行调查。依据两栖类繁殖期的繁殖场调查法，我们将样线设置于农田沟渠田埂，林地沟渠岸坡和池塘沿岸这一类永久或半永久水域旁，样线长度设置为500m，样线的单侧宽度为2.5m。每轮调查采取对所有研究样点连续调查的方法，每年的5~6月完成1轮调查，7~8月完成1轮调查。为了减小调查时间不同导致的调查结果差异，每轮调查的时间控制在10d之内，每个研究样点在两年间共调查4次。每次调查开始于日落后半小时，一般为晚上19:30~23:00，调查气象条件控制为低风速(小于30 km/h)与无雨的天气。两栖类调查使用视觉调查法^[21]，2~3人为一组使用强光手电对样线范围内的两栖类进行搜寻，并记录两栖类的种类与数量，行进速度控制为1.5 km/h。

2.2 数据统计及分析

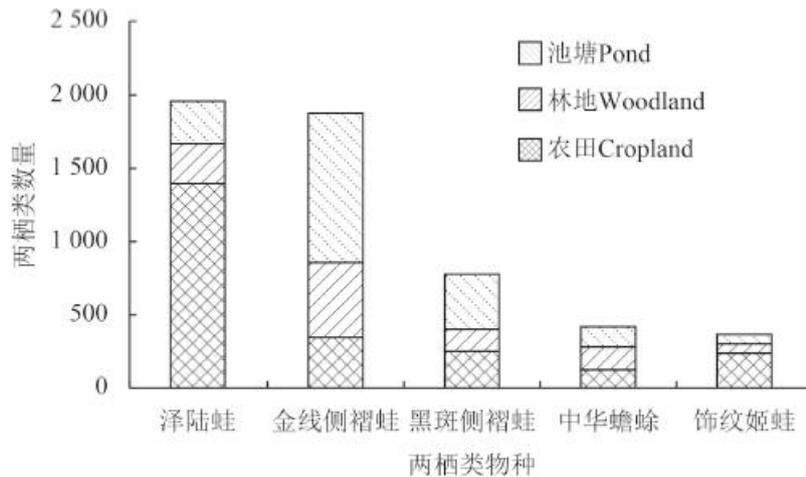
我们根据调查到两栖类的个体数占总数的百分比确定两栖类的数量等级，我们将大于20%的种类定义为优势种，5%~20%为常见种，小于5%为少见种。根据分布系数(ADC)来确定各物种的分布状况， $ADC = (n/N + m/M) \times 100\%$ ，其中n为某一物种出现的样线数，N为调查布设的总样线数，m为某物种出现的生境类型数，M为总生境类型数。ADC≥100%为广性分布，50%≤ADC<100%为中性分布，ADC<50%为狭性分布^[22]。两栖类多度用密度来表示。数据处理时先用Kolmogorov-Smirnov检验进行正态分布检验，采用One-way ANOVA分析对不同生境的两栖类的物种丰富度，多度以及各种群密度进行比较，HSD检验进行两两比较。如数据不符合正态分布或方差齐性则对数据进行自然对数转换，还不符合参数检验要求则使用非参数检验的方法。本文中关于三类生境间泽陆蛙和黑斑侧褶蛙种群密度的比较采用Mann-Whitney U检验。对于30个研究样点的两栖类组成相似性的研究采用层次聚类法，将各研究样点的各两栖类物种的密度作为因变量带入Q型聚类分析中，通过欧式距离法将所有研究样点进行分类。本文中物种丰富度，密度的数据都采用平均值±标准误(Mean±SE)表示，P<0.05为显著性差异。所有数据的处理均在SPSS 20.0软

件上完成。

3 结果

3.1 上海郊区两栖类的分布

在2014年与2016年对30个郊区研究样点的调查中,共发现1目4科4属5种5397只个体。其中泽陆蛙和金线侧褶蛙为优势种,分别占到两年所调查到两栖类总数量的36.26%和34.74%,黑斑侧褶蛙,中华蟾蜍和饰纹姬蛙为常见种,分别占调查到两栖类数量的14.42%,7.78%和6.80%。所有5种两栖类的分布系数都大于100%,都被认定为广性分布种(泽陆蛙:196.67%,金线侧褶蛙:193.33%,黑斑侧褶蛙:200%,饰纹姬蛙:176.67%,中华蟾蜍:196.67%)。农田生境中的两栖类优势种为泽陆蛙,占到农田生境两栖类数量的58.84%。林地生境中的两栖类优势种为金线侧褶蛙和泽陆蛙,分别占到林地生境两栖类数量的40.28%和29.64%。池塘生境中的两栖类优势种为金线侧褶蛙,占到池塘生境两栖类数量的54.03%(图2)。



泽陆蛙: *F. multistriata*; 金线侧褶蛙: *P. plancyi*; 黑斑侧褶蛙: *P. nigromaculata*; 中华蟾蜍: *B. gargarizans*; 饰纹姬蛙: *M. fissipes*

图2 上海郊区两栖类物种数量调查结果

Fig.2 Total Number of Individuals of Each Species Observed in All 30 Study Sites of Rural Shanghai

对三类上海郊区典型生境的两栖类群落结构进行比较,农田的两栖类物种丰富度为 4.90 ± 0.10 种/样线,林地的两栖类物种丰富度为 4.60 ± 0.16 种/样线,池塘的两栖类物种丰富度为 4.30 ± 0.26 种/样线,三类生境的两栖类物种丰富度无显著性差异($df=2, F=2.585, P=0.094$)。三类生境的两栖类密度排序为:农田>池塘>林地,三类生境的两栖类密度差异显著($df=2, F=7.619, P=0.002$)。多重比较表明,农田的两栖类密度显著高于林地($P=0.002$),而池塘的两栖类密度与农田和林地无显著性差异($P=0.293, P=0.066$)(表1)。

表 1 上海郊区三类典型生境的两栖类群落结构与种群密度

Tab.1 Community Structure and Population Density of Amphibian in Three Typical Habitats of Rural Shanghai

生境	物种丰富度	密度(只/hm ²)	两栖类种群密度(只/hm ²)				
			泽陆蛙 <i>F. multistriata</i>	金线侧褶蛙 <i>P. plancyi</i>	黑斑侧褶蛙 <i>P. nigromaculata</i>	中华蟾蜍 <i>B. gargarizans</i>	饰纹姬蛙 <i>M. fissipes</i>
农田	4.90±0.10 ^a	472.40±54.68 ^a	279.20±35.04 ^a (59.10%)	69.40±21.29 ^a (14.69%)	50.40±10.09 ^{ab} (10.67%)	25.40±8.95 ^a (5.38%)	48.00±11.29 ^a (10.16%)
林地	4.60±0.16 ^a	230.20±29.02 ^b	54.60±7.17 ^b (23.72%)	97.98±30.99 ^{ab} (44.31%)	30.00±3.11 ^a (13.03%)	31.00±7.70 ^a (13.47%)	12.60±4.39 ^b (5.47%)
池塘	4.30±0.26 ^a	359.80±30.79 ^{ab}	57.60±12.20 ^b (15.29%)	203.60±46.51 ^b (54.03%)	75.20±17.82 ^b (19.96%)	27.60±7.66 ^a (7.32%)	12.80±6.70 ^b (3.40%)

注：同一列上所标字母不同表示差异显著($P<0.05$)；同一行上所标的百分比表示各生境的两栖类物种数量占群落数量的百分比。

对三类典型生境的 5 种两栖类种群密度进行对比，泽陆蛙在三类生境中种群密度的排序为：农田>池塘>林地，农田生境的泽陆蛙的种群密度显著高于林地生境($Z = -3.780$, $n=20$, $P<0.001$)与池塘生境($Z = -3.781$, $n=20$, $P<0.001$)，而林地与池塘的泽陆蛙数量无显著性差异($Z = -0.454$, $n=20$, $P=0.650$)。金线侧褶蛙在三类生境中种群密度的排序为：池塘>林地>农田，三类生境的金线侧褶蛙种群密度呈显著性差异($df=2$, $F=4.109$, $P=0.028$)。多重比较的结果为：池塘生境的金线侧褶蛙种群密度显著高于农田($P=0.028$)，而林地的金线侧褶蛙种群密度与农田和池塘无显著性差异($P=0.784$, $P=0.113$)。黑斑侧褶蛙在三类生境中种群密度的排序为：池塘>农田>林地，池塘生境黑斑侧褶蛙的种群密度显著大于林地($Z = -2.648$, $n=20$, $P=0.008$)，而农田黑斑侧褶蛙的种群密度与林地($Z = -1.705$, $n=20$, $P=0.089$)和池塘($Z = -1.324$, $n=20$, $P=0.186$)无显著性差异。中华蟾蜍在三类生境中种群密度的排序为：林地>池塘>农田，但三类生境中的中华蟾蜍的种群密度无显著性差异($df=2$, $F=0.120$, $P=0.887$)。饰纹姬蛙在三类生境中种群密度的排序为：农田>池塘>林地，三类生境的饰纹姬蛙种群密度呈显著性差异($df=2$, $F=6.505$, $P=0.005$)。多重比较表明，农田生境的饰纹姬蛙的种群密度显著高于池塘生境($P=0.011$)与林地生境($P=0.012$)。池塘生境与林地生境的饰纹姬蛙的种群密度无显著性差异($P=1.000$) (表 1)。

3.2 上海郊区两栖类的生境偏好

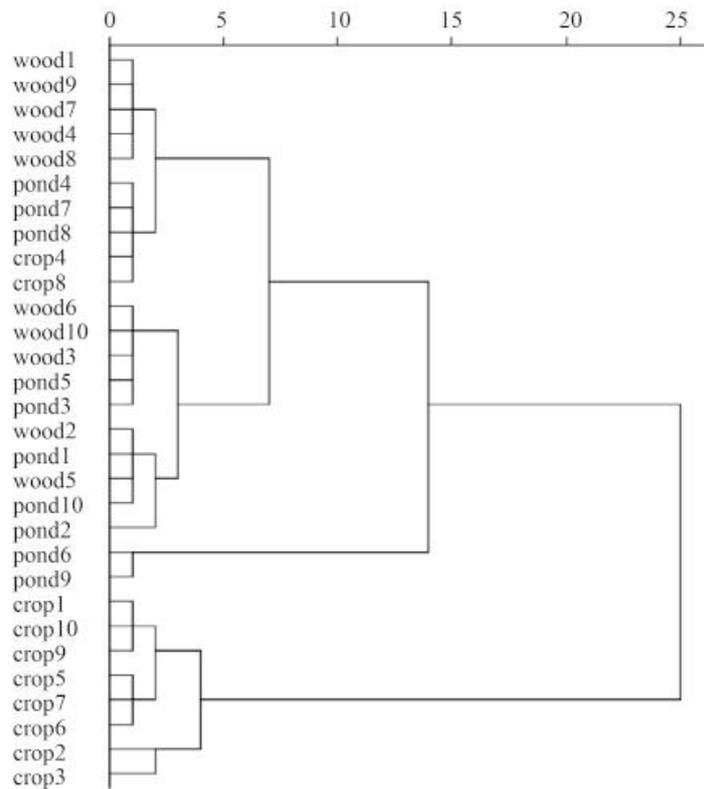
泽陆蛙在农田记录到的数量占到了总调查数量的 71.33%，且在 10 个农田样点中都有出现。而在林地和池塘记录到的数量仅占到了调查总数的 13.95%和 14.72%，并在 10 个林地和 9 个池塘样点中有记录。饰纹姬蛙在 10 个农田样点皆有记录，且调查到的数量占到调查总数的 65.40%。而仅在 7 个林地样点和 6 个池塘样点记录到饰纹姬蛙，其数量分别占调查总数的 17.17%和 17.44%(图 2, 表 2)。证明农田生境是泽陆蛙与饰纹姬蛙最重要的栖息地。金线侧褶蛙在池塘生境中记录到的数量占总调查数的 54.29%，且在所有池塘生境中都有记录。而农田生境和林地生境的金线侧褶蛙数量仅占到了调查总数的 18.51%和 27.20%，有金线侧褶蛙记录的农田和林地样点都为 9 个。黑斑侧褶蛙在所有研究样点中都有记录，但池塘生境中记录到的数量占总观察数的 48.33%，而在农田和林地中的数量占总数的比例则为 32.39%和 19.28%(图 2, 表 2)。金线侧褶蛙与黑斑侧褶蛙首选池塘生境作为栖息地。中华蟾蜍在 29 个研究样点中都有记录，且在三类生境中的分布较为平均，农田、林地和池塘中的中华蟾蜍数量分别占调查总数的 30.24%，36.90%和 32.86%(图 2, 表 2)。中华蟾蜍在三类栖息地的选择上没有差异。

Tab.2 Population Densities of Amphibian in 30 Study Sites

研究样点	两栖类种群密度(只/hm ²)				
	泽陆蛙 <i>F. multistriata</i>	金线侧褶蛙 <i>P. plancyi</i>	黑斑侧褶蛙 <i>P. nigromaculata</i>	饰纹姬蛙 <i>M. fissipes</i>	中华蟾蜍 <i>B. gargarizans</i>
农田1	76.50±6.99	29.50±3.68	7.50±1.50	5.50±3.40	1.50±0.96
农田2	127.50±15.25	29.50±6.08	11.00±3.32	7.00±3.41	0.50±0.50
农田3	92.50±6.95	47.00±7.55	16.50±4.34	34.00±9.02	2.00±1.15
农田4	31.50±10.56	6.50±1.26	10.50±2.63	14.50±6.85	0.50±0.50
农田5	66.50±7.93	1.50±0.96	8.50±3.50	12.50±6.28	0.50±0.50
农田6	77.00±18.86	5.50±2.99	20.50±4.03	19.00±6.02	10.50±6.85
农田7	55.00±19.21	0	4.50±2.63	7.50±4.11	3.50±2.87
农田8	34.50±5.25	0.50±0.50	40.50±1.71	5.00±3.79	16.50±6.13
农田9	71.50±17.00	34.00±15.03	11.50±1.50	7.50±4.79	19.50±2.36
农田10	65.50±29.97	19.50±6.80	5.00±2.65	7.50±4.79	8.50±3.10
林地1	13.50±4.99	5.50±2.75	4.50±1.71	5.00±3.00	9.00±3.79
林地2	24.50±11.03	54.00±14.90	4.50±2.87	10.00±6.00	3.50±1.71
林地3	7.50±3.30	29.50±6.08	10.50±4.03	0	12.00±4.24
林地4	10.50±3.77	0.50±0.50	9.00±4.43	0	15.00±3.42
林地5	12.50±3.30	68.00±21.37	8.00±2.16	0.50±0.50	4.00±1.63
林地6	4.00±2.16	44.00±11.69	9.50±3.59	5.50±2.75	0.50±0.50
林地7	16.50±4.19	11.50±6.13	7.00±3.00	6.00±1.15	7.00±4.50
林地8	15.00±2.38	0	11.00±3.11	4.00±0.82	19.50±7.32
林地9	13.00±3.70	5.00±3.00	5.00±3.31	0	4.50±2.06
林地10	19.00±4.93	37.00±19.67	8.00±4.90	0.50±0.50	2.50±1.26
池塘1	13.00±2.89	50.50±9.50	13.50±7.55	17.50±13.25	9.00±4.20
池塘2	19.50±8.02	63.50±6.70	45.50±15.26	1.50±1.50	2.00±1.41
池塘3	4.00±2.31	21.50±8.54	12.00±2.94	0	0
池塘4	26.00±6.78	23.50±6.24	22.00±10.52	4.00±1.15	3.50±1.71
池塘5	3.00±1.00	30.00±5.10	1.50±0.96	4.00±2.31	11.50±2.99
池塘6	0	113.00±39.23	14.00±4.08	0	2.00±1.41
池塘7	16.50±7.14	17.00±8.18	19.00±4.04	1.50±0.96	9.50±2.22
池塘8	28.50±9.54	21.00±5.32	41.00±13.28	3.50±2.36	3.25±2.36
池塘9	14.00±2.94	124.50±17.08	7.50±1.26	0	4.50±2.87
池塘10	19.50±7.59	54.50±14.75	12.00±3.65	0	20.50±6.34

3.3 上海郊区不同生境的两栖类群落组成相似性

对 30 个研究样点进行聚类分析，在类间距离 10~15 的区间将所有研究样点分为 3 个大类(图 3)。



注：Crop为农田；Wood为林地；Pond为池塘；数字表示各生境研究样点的标号。

图3 30个研究样点的两栖类群落组成聚类结果

Fig.3 Clustering Results of Amphibian Community in 30 Study Sites

I类：共有20个研究样点，包含所有10个林地样点和8个池塘样点以及2个农田样点(农田4和8)。这一类栖息地是上海郊区最常见的两栖类栖息地，两栖类组成主要为金线侧褶蛙和黑斑侧褶蛙，泽陆蛙。

II类：包含2个池塘生境样点(池塘6和9)。作为较为特殊的一类生境类型，其两栖类的物种丰富度较低但密度较高，基本都是金线侧褶蛙。

III类：包含8个农田生境样点。这一类栖息地是典型的上海市郊区农田生境，其特征为两栖类物种丰富度和密度都比较高。两栖类组成主要为泽陆蛙。

4 讨论

4.1 上海郊区两栖类的分布

本研究调查到的郊区两栖类种类为5种，相对于2000年的调查结果减少了3种^[9]，对比1990年的研究结果，30年间上海市郊区两栖类的物种丰富度更是减少了8种^[23]。曾在郊区分布较为广泛的虎纹蛙和无斑雨蛙在这两年的调查中没有发现，由此可见上海郊区两栖类生物多样性的丧失在不断持续并更加严重。相比于上海市区公园的两栖类优势种为金线侧褶蛙，黑斑侧褶蛙和中华蟾蜍^[15]，我们的研究结果表明上海郊区的两栖类优势种为泽陆蛙和金线侧褶蛙，这是由于上海市区生境与郊区生境的

不同造成的。市区公园的最主要生境为湿地与林地，缺乏农田生态系统。而我们的研究结果显示农田生境是泽陆蛙与饰纹姬蛙最重要的栖息地，所以泽陆蛙与饰纹姬蛙在上海市区基本没有分布。对上海郊区三类典型生境的两栖类群落特征的研究结果显示，三类生境的两栖类物种丰富度无显著性差异。这可能是由于上海郊区两栖类自身的分布特性决定的。这5种两栖类的分布系数都大于100%，被定义为广性分布种，即在多种生境和多条样线中都有分布。农田的两栖类密度要高于林地则可能是由于上海市缺乏树蛙，林蛙等依赖于林地生境的蛙类，且上海市郊区的林地很多为靠近道路的行道林，车辆及人为干扰相对于池塘与农田生境要更严重。此外上海农田的耕作模式多为传统的混种式的江南水乡耕作模式，以水稻和小麦为主要种植对象的农田生境中常镶嵌着小型水体，果林，蔬菜种植田等其他自然生境，农田生态系统的组成异质性与构型异质性都很高，而景观异质性对动物物种丰富度与多度有着显著影响[24, 25]。

4.2 上海郊区两栖类的生境偏好

泽陆蛙和饰纹姬蛙在农田生境中的分布高于其他两种生境，这说明泽陆蛙和饰纹姬蛙在大生境的选择上倾向于农田，在调查中农田的泽陆蛙常分布于农田田埂，饰纹姬蛙则常出现在农田的坡岸与附近的草丛。黑斑侧褶蛙和金线侧褶蛙在池塘生境中的分布高于其他两种生境，表明黑斑侧褶蛙和金线侧褶蛙在大生境的选择上倾向于池塘生境，在我们的调查中也发现金线侧褶蛙常出现在水生植物盖度与多度较高的水面，如荷花池或浮萍较多的池塘，这也和当前水生植物影响金线侧褶蛙分布的结果一致^[10, 26]。黑斑侧褶蛙在池塘生境则较少出现在水面，而是更多的分布于池塘沿岸，但在产卵时仍旧偏向于选择水域面积大和水生植物覆盖率高的湿地生境[27]。中华蟾蜍在三类生境中的分布没有显著性差异，说明中华蟾蜍在三类典型生境的选择上没有特殊性。这可能是由于中华蟾蜍的运动能力较强，可以在不同生境中移动，且皮肤的角质层较厚不易失水，所以对水体的依赖程度相对较小。

4.3 上海郊区不同生境的两栖类群落组成相似性

本研究将代表上海郊区三类典型生境的30个适宜两栖类栖息的研究样点分为了三类，结果显示池塘生境与林地生境的两栖类组成更为相似，农田生境的两栖类组成则相对独立。这可能是由于林地与池塘的微生境构成更为相似，这两种生境的水生植被盖度与多度都要大于农田生境，所以更有利于依赖于水体的两栖类特别是金线侧褶蛙的栖息。相比之下农田生境则在泽陆蛙和饰纹姬蛙的生物多样性保育中发挥着更重要的作用，Li等^[7]，Zhang等[8]的调查显示泽陆蛙与饰纹姬蛙随着上海市城市化水平的升高呈显著下降的趋势，而城市化梯度上农田面积的减少与栖息地质量下降则是造成上海市区缺少泽陆蛙与饰纹蛙的重要原因。除此之外，农药的使用以及耕作模式的变化也可能对农田生境中泽陆蛙和饰纹姬蛙的栖息与繁殖造成较大的影响^[14]。两个池塘样点被聚为一类(II类)，可能是由于这两个池塘的面积较小但水生植被覆盖率很高，较为适宜于金线侧褶蛙栖息。但是生境的景观异质性较低，所以这两个池塘的两栖类物种丰富度相对较低。两个农田生境被聚在第一类(I类)，主要是由于这两个样点的泽陆蛙的数量以及两栖类的多度要小于其他农田生境样点，这可能是因为这两个农田样点经常进行土地翻整对两栖类产生了不利的影响[14]。此外我们发现第一类(I类)研究样点的生境组成较为复杂，包含全部林地生境，大部分池塘生境和小部分农田生境。这说明了两栖类的群落结构不仅受到生境种类的影响，研究样点的微生境因子，景观因子和景观结构都可能对两栖类分布产生影响[24, 28, 29]，这也需要我们不断深入探究各尺度环境因子对两栖类群落结构的影响。

4.4 保护建议

(1)在国内城市化不断加剧造成两栖类生物多样性下降的大背景下，城市公园以及林绿地生境、郊区生境这些城市化背景下的两栖类重要栖息地应当成为未来我们研究的重点区域。(2)除了研究生境差异对两栖类群落结构的影响外，还应当深入研究微生境因子，景观因子以及景观结构对于两栖类物种丰富度与多度的影响。(3)面对城市化发展引起的两栖类栖息地的丢失与退化，我们建议在上海保持合理的适宜两栖类栖息的郊区生境面积，尤其是要针对泽陆蛙和金线侧褶蛙保护农田生态系统与湿地生态系统的面积。(4)两年的调查期间我们发现人为捕捉中华蟾蜍和设置“地笼”捕捉金线侧褶蛙、黑斑侧褶蛙的情况依旧存在，野生动物保护部门仍需加强对人为捕杀或“误捕”郊区两栖类行为的监管与查处力度。(5)已经在上海郊区设置的主题为两栖类生

态保育和恢复的人造栖息地，以及未来上海将建设的有野生动物保育功能的郊野公园都将成为上海市两栖类生物多样性保育的全新手段。

致谢：感谢华东师范大学生命科学学院王正寰副教授、陈珉高级工程师以及丁由中博士对本研究实验设计与论文写作的指导，上海市市容与绿化管理局为本研究提供了大力的支持与帮助，在此一并表示衷心的感谢。

参考文献：

[1] 武正军, 李义明. 两栖类种群数量下降原因及保护对策[J]. 生态学杂志, 2004, 23(1): 140 - 146.

【WU Z J, LI Y M. Causes and conservation strategies of amphibian population declination[J]. Chinese Journal of Ecology, 2004, 23(1):140 - 146.】

[2] BIEK R, FUNK W C, MAXELL B A, et al. What is missing in amphibian decline research: insights from ecological sensitivity analysis[J]. Conservation Biology, 2002, 16(3): 728 - 734.

[3] CUSHMAN S A. Effects of habitat loss and fragmentation on amphibians: a review and prospectus[J]. Biological Conservation, 2006, 128(2): 231 - 240.

[4] HAMER A J, MCDONNELL M J. Amphibian ecology and conservation in the urbanising world: a review[J]. Biological Conservation, 2008, 141(10): 2432 - 2449.

[5] BAILLIE J, HILTON-TAYLOR C, STUART S N. 2004 IUCN red list of threatened species™: a global species assessment[M]. Gland, Switzerland: The World Conservation Union Press, 2004.

[6] YANG G, XU J, WANG Y, et al. Evaluation of microhabitats for wild birds in a Shanghai urban area park[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2015, 14(2): 246 - 254.

[7] LI B, ZHANG W, SHU X X, et al. The impacts of urbanization on the distribution and body condition of the rice-paddy frog (*Fejervarya multistriata*) and gold-striped pond Frog (*Pelophylax plancyi*) in Shanghai, China[J]. Asian Herpetological Research, 2016, 7(3):200 - 209.

[8] ZHANG W, LI B, SHU X X, et al. A new record of *Kaloula* (Amphibia: Anura: Microhylidae) in Shanghai, China[J]. Asian Herpetological Research, 2015, 6(3): 240 - 244.

[9] 上海市农林局. 上海陆生野生动植物资源[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2004.

【Shanghai Municipal Agricultural and Forestry Bureau. Shanghai terrestrial wildlife resources[M]. Shanghai: Shanghai Scientific & Technical Publishers, 2004.】

[10] ZHANG W, LI B, SHU X X, et al. Responses of anuran communities to rapid urban growth in Shanghai, China[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2016, 20: 365 - 374.

-
- [11] 栾晓峰, 刘俊峰, 胡忠军, 等. 上海郊区冬夏季鸟类群落特征比较[J]. 动物学杂志, 2003, 38(3): 69 - 76.
- 【LUAN X F, LIU J F, HU Z J, et al. Summer and winter avian communities in Shanghai suburban area[J]. Chinese Journal of Zoology, 2003, 38(3): 69 - 76.】
- [12] 栾晓峰, 胡忠军, 徐宏发. 上海农耕区鸟类群落特征及与几种生境因子的关系[J]. 动物学研究, 2004, 25(1): 20 - 26.
- 【LUAN X F, HU Z J, XU H F. Features of avian community and their relationships with habitats in Shanghai agricultural area[J]. Zoological Research, 2004, 25(1): 20 - 26.】
- [13] 王晶琳, 薛文杰, 李乃兵, 等. 上海农田泽蛙蛰眠状况初步调查[J]. 生态学杂志, 2006, 25(10): 1289 - 1291.
- 【WANG J L, XUE W J, LI N B, et al. Hibernation of *Rana limnocharis* in Shanghai farmland[J]. Chinese Journal of Ecology, 2006, 25(10): 1289 - 1291.】
- [14] 王晓黎, 王晶琳, 姜海瑞, 等. 上海郊区农田泽蛙种群动态和肥满度状况初探[J]. 四川动物, 2007, 26(2): 424 - 427.
- 【WANG X L, WANG J L, JIANG H R, et al. Primary survey on relative fatness and population of *Rana limnocharis* lived in Shanghai suburb farm[J]. Sichuan Journal of Zoology, 2007, 26(2): 424 - 427.】
- [15] 王力军, 洪美玲, 袁晓, 等. 上海市区主要公园两栖爬行动物多样性调查[J]. 四川动物, 2011, 30(1): 69 - 73.
- 【WANG L J, HONG M L, YUAN X, et al. Survey on the diversity of amphibians and reptiles in the main parks in the urban district of Shanghai[J]. Sichuan Journal of Zoology, 2011, 30(1): 69 - 73.】
- [16] 周洲, 谢锋, 江建平, 等. 两栖动物种群衰退研究进展[J]. 应用与环境生物学报, 2004, 10(1): 128 - 132.
- 【ZHOU Z, XIE F, JIANG J P, et al. Research advances of amphibian declines[J]. Chinese Journal of Applied & Environmental Biology, 2004, 10(1): 128 - 132.】
- [17] GUERRY A D, HUNTER JR M L. Amphibian distributions in a landscape of forests and agriculture: an examination of landscape composition and configuration[J]. Conservation Biology, 2002, 16(3): 745 - 754.
- [18] 黄正一, 孙振华, 虞快. 上海鸟类资源及其生境[M]. 上海: 复旦大学出版社, 1993.
- 【HUANG Z Y, SUN Z H, YU K. Bird resources and habitats in Shanghai[M]. Shanghai: Fudan University Press, 1993.】
- [19] 上海市统计局. 2015 上海统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2015.
- 【Shanghai Municipal Statistics Bureau. Shanghai statistical yearbook 2015[M]. Beijing: China Statistics Press, 2015.】

-
- [20] 蔡友铭, 周云轩. 上海湿地[M]. 2版. 上海: 上海科学技术出版社, 2014.
- 【CAI Y M, ZHOU Y X. Shanghai wetlands[M]. 2nd ed. Shanghai:Shanghai Scientific & Technical Publishers, 2014.】
- [21] CRUMP M L, SCOTT JR N J. Visual encounter survey[M]//HEVER W R, DONNELLY M A, MCDIARMID R, et al. Measuring and Monitoring Biological Diversity, Standard Methods for Amphibians. Washington, DC: Smithsonian Institution Press, 1994.
- [22] 丁平, 诸葛阳. 浙江古田山自然保护区鸟类群落生态研究[J]. 生态学报, 1989, 9(2): 121 - 127.
- 【DING P, ZHUGE Y. Community ecology birds on area of Gu Tian Mountain Zhejiang Province[J]. Acta Ecologica Sinica, 1989, 9(2):121 - 127.】
- [23] 黄正一, 周满章, 宗愉, 等. 上海地区的国家保护动物[M]. 上海: 复旦大学出版社, 1991.
- 【HUANG Z Y, ZHOU M Z, ZONG Y, et al. National protect animals in Shanghai[M]. Shanghai: Fudan University Press, 1991.】
- [24] FAHRIG L, BAUDRY J, BROTONS L, et al. Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes[J]. Ecology Letters, 2011, 14(2): 101 - 112.
- [25] SUÁREZ R P, ZACCAGNINI M E, BABBITT K J, et al. Anuran responses to spatial patterns of agricultural landscapes in Argentina[J]. Landscape Ecology, 2016, 31(10): 2485 - 2505.
- [26] 吴迪, 岳峰, 罗祖奎, 等. 上海大莲湖湖泊湿地两栖动物群落分布及生境选择模式[J]. 复旦学报(自然科学版), 2011, 50(3):268 - 273.
- 【WU D, YUE F, LUO Z K, et al. The distribution and habitat selection patterns of amphibian population in Dalian Lake wetland, Shanghai[J]. Journal of Fudan University (Natural Science), 2011, 50(3): 268 - 273.】
- [27] 王彦平, 武正军, 陆萍, 等. 宁波地区黑斑蛙的繁殖生态和产卵地选择[J]. 动物学研究, 2007, 28(2): 186 - 192.
- 【WANG Y P, WU Z J, LU P, et al. Breeding ecology and oviposition site selection of Black-spotted pond frogs (*Rana nigromaculata*) in Ningbo, China[J]. Zoological Research, 2007, 28(2): 186 - 192.】
- [28] SMALLBONE L T, LUCK G W, WASSENS S. Anuran species in urban landscapes: relationships with biophysical, built environment and socio-economic factors[J]. Landscape & Urban Planning, 2011, 101(1): 43 - 51.
- [29] GAGNÉ S A, FAHRIG L. Effect of landscape context on anuran communities in breeding ponds in the National Capital Region, Canada[J]. Landscape Ecology, 2007, 22(2): 205 - 215.