

# 池州九华山机场鸟类多样性调查及鸟击防范措施初探

陈建琴<sup>1</sup>, 宋 涛<sup>2</sup>, 彭昭杰<sup>2</sup>, 钱立富<sup>2</sup>, 孙中楼<sup>2</sup>, 李慧明<sup>3</sup>,  
卫治峰<sup>3</sup>, 潘 涛<sup>2</sup>, 严梁恒<sup>2</sup>, 周文良<sup>2</sup>, 张保卫<sup>2</sup>, 张晨岭<sup>1</sup>

(1. 江苏第二师范学院生命科学与化学化工学院, 江苏 南京 210013)

(2. 安徽大学生命科学学院, 安徽 合肥 230601)

(3. 安徽池州九华山机场, 安徽 池州 247126)

**[摘要]** 鸟类多样性调查可以为机场提供基础生态学资料, 对鸟击防范工作具有指导意义. 2013年6月至2014年6月期间, 通过样带法和固定半径样点观察法, 在安徽池州九华山机场及周围地区共记录了鸟类130种, 隶属于13个目、39个科, 其中留鸟50种、夏候鸟41种、冬候鸟29种、旅鸟10种, 分别占总数的38.46%、31.54%、22.31%和7.69%. 统计分析发现该机场地区的鸟类群落组成具有明显的季节性变化, 春、夏季观察到的鸟种数明显高于秋、冬季; 6月、7月、8月及11月份为全年鸟类活动频次最高的时段. 通过优势度指数分析显示, 对九华山机场的飞行安全威胁最大的鸟种有崖沙燕、鹭类(白鹭、牛背鹭、池鹭)、秃鼻乌鸦以及棕鸟类(灰棕鸟、丝光棕鸟). 建议通过加强机场生境的综合整治和有效管理来有效地防范机场地区鸟击事件的发生.

**[关键词]** 九华山机场, 鸟类多样性, 鸟击防范

**[中图分类号]** Q958.5 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1001-4616(2016)02-0096-10

## Investigation on Avian Diversity and Bird Strike Avoidance in the Area of Chizhou Jiuhuashan Airport

Chen Jianqin<sup>1</sup>, Song Tao<sup>2</sup>, Peng Zhaojie<sup>2</sup>, Qian Lifu<sup>2</sup>, Sun Zhonglou<sup>2</sup>, Li Huiming<sup>3</sup>, Wei Zhifeng<sup>3</sup>,  
Pan Tao<sup>2</sup>, Yan Liangheng<sup>2</sup>, Zhou Wenliang<sup>2</sup>, Zhang Baowei<sup>2</sup>, Zhang Chenling<sup>1</sup>

(1. Faculty of Life Science and Chemical Engineering, Jiangsu Second Normal University, Nanjing 210013, China)

(2. School of Life Sciences, Anhui University, Hefei 230601, China)

(3. Chizhou Jiuhuashan Airport in Anhui, Chizhou 247126, China)

**Abstract:** The investigation on avian diversity can provide ecological information for airport, because it has a guiding significance for the work of bird strike prevention. From June 2013 to June 2014, 130 species were observed by transect line and counting points in the area of Chizhou Jiuhuashan airport, which belonged to 13 family and 39 orders. There were 50 species (38.46%) of resident birds, 41 species (31.54%) of summer migrants, 29 species (22.31%) of winter migrants and 10 species (7.69%) of passing migrants. It had an obvious seasonal change for avian community composition in the area of this airport. The bird species in spring and summer was obviously higher than that in autumn and winter. June, July, August and November with the highest frequency for birds activities throughout the year. The most dangerous species to fly were *Riparia riparia*, *Egretta garzetta*, *Ardeola bacchus*, *Bubulcus ibis*, *Corvus frugilegus*, *Sturnus cinereus* and *S. sericeus*. We suggest that strengthen the comprehensive improvement of the airport habitat and effective management can reduce the bird strike in Jiuhuashan Airport effectively.

**Key words:** Jiuhuashan airport, avian diversity, birdstrike prevention

鸟击(Birdstrike, 或称鸟撞)是指飞机在起飞、飞行或降落过程中被鸟类撞击而发生的飞行安全事故或事故征候. 自1912年世界上第一次鸟击事件的发生开始<sup>[1]</sup>, 由鸟击事件导致的机毁人亡的事故屡有发生. 随着航空业的发展, 鸟撞已经成为威胁机场飞行安全的主要因素之一<sup>[2]</sup>. 相关研究表明, 绝大多数鸟

收稿日期: 2015-10-08.

基金项目: 江苏省环境科技创新团队资助(203001).

通讯联系人: 张晨岭, 讲师, 研究方向: 动物生态学. E-mail: clzhang@jssnu.edu.cn

撞事故发生机场及其附近空域,主要发生在飞机的起飞、爬行、近地和降落阶段<sup>[3-4]</sup>,因此机场及周围地区应是鸟击防治工作的重点区域。从 20 世纪 90 年代开始,生态治理法逐渐应用于我国各个军、民用机场的鸟击防范工作中,它主要通过对机场鸟情进行调查以分析鸟类动态,并结合分析机场环境因素对鸟类的吸引程度、对机场的鸟撞风险进行分析评价,最终从生态学角度探索防范鸟撞的方法和途径<sup>[5-9]</sup>。

由于机场建成后往往对周围的环境造成了巨大的影响<sup>[10]</sup>,原有的鸟类群落遭到破坏,新的鸟类群落逐渐形成,因而机场鸟防工作会面临复杂的管理问题<sup>[11]</sup>。及时掌握新建机场地区鸟类群落动态、圈定重点防范鸟种,对于保证机场飞行安全有着重大的意义。因此,国家民航局规定新建机场必须进行鸟情生态调研以及鸟撞风险评估<sup>[12]</sup>。2013 年 6 月至 2014 年 6 月间,对池州九华山机场内及其锥形面地区的鸟类多样性及群落结构进行了调查和研究,旨在从生态学角度为机场的鸟击防范工作提供科学依据,以期保证九华山机场的飞行安全。

## 1 研究区概况与研究方法

### 1.1 研究区概况

池州九华山机场位于安徽省池州市贵池区东北部梅龙镇与马衙镇交界处(图 1),长江下游南岸大同圩南部与为西岔湖之间,距池州市城区、铜陵市区和九华山风景区直线距离均约为 20 km,向北距长江约 3 km。该址为长江南岸冲击平原,地势平坦,机场建设前的环境为荒地和农田,机场周边 2 km 以内以低山丘陵为主,间杂少量农田以及村庄。

### 1.2 调查方法

调查中采用样带法和固定半径样点法对机场内及锥形面内的鸟类进行调查<sup>[13]</sup>。在机场内设置 2 个样点和 1 条样线:2 个样点位于机场内跑道的东、西两端(图 1 D1 和 D2);样线为与跑道平行的围场(图 1 L)。机场锥形面内根据不同生境,共选取了 6 条样线(图 1 W1-W6),分别代表以下 6 种生境:湖泊-撂荒地(W1)、林地-居民区生境(W2)、居民区-农田生境(W3)、湿地-水田生境(W4)、农田(W5)和长江大堤(W6)。

调查一般安排在清晨或者傍晚(5:00 AM-8:00 AM 或者 16:00 PM-18:00 PM)进行,并根据实际季节情况适当调整调查时间。样线设置如下:长度 2 km,单侧宽度为 100 m,借助双筒望远镜以 1 km/h~2 km/h 的速度步行沿样线观察并记录下两侧 100 m 范围内的鸟种和数量;在使用固定半径样点法时,在选定的样点中心位置,用双筒望远镜对半径为 200 m 范围内的鸟类的种类、数量、集群大小进行观测。调查时使用 GPS 记录各样线起始点及终点、各样点的经纬度及海拔信息等。

### 1.3 统计方法

计算优势度指数、物种多样性指数以及均匀性指数,对本年度调查到的鸟类种类和数量进行分析。确定优势物种主要通过 Berger-Parker 优势度指数来划分物种的数量等级<sup>[14]</sup>:

$$P_i = n_i / N$$

其中, $P_i$ 为第  $i$  个物种的个体数与所有物种的个体总数的比值<sup>[15]</sup>, $n_i$ 为观察到的鸟种  $i$  的个体数量, $N$ 为观察到的鸟类个体总数, $P_i \geq 0.1$  的物种则为优势种。鸟类多样性指数通过 Shannon-Wiener 指数来计算<sup>[16]</sup>:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

其中, $H'$ 即为鸟类多样性指数, $S$ 为观察到的总物种数, $P_i$ 同上。均匀性指数则采用 Pielou 指数来测算<sup>[17]</sup>:

$$J = H' / H'_{\max} \quad [H'_{\max} = \ln S]$$

其中, $J$ 为多样性指数, $H$ 、 $S$ 同上。数据的正态性和均质性分别通过 Kolmogorov-Smirnov 和 Bartlett 检验分



图1 机场飞行地区设置的样线(L、W1-W6)与样点(D1、D2)位置示意图  
Fig.1 The location of the transect line(W1-W6 and L) and the counting points(D1 and D2) in airport area

别检验,不同样点之间、机场内与机场锥形面之间鸟类活动特征的差异则通过  $T$  检验来比较,上述统计均采用 SPSS 16.0 软件分析.

## 2 结果

### 2.1 物种组成

2013年6月至2014年6月,在池州九华山机场及周边地区共记录鸟类130种,分别隶属于13个目、39个科,其中属于国家二级重点保护鸟类9种,中日候鸟保护协定38种,中澳候鸟保护协定9种(见附录I). 调查结果显示,池州九华山机场及周边地区出现的雀形目鸟类最多,为69种,占总种类的53.08%;另有鸫形目13种(10.00%),鹛形目10种(7.69%),隼形目7种(5.38%),鹡形目6种(3.85%);鹤形目、鸱形目、鸡形目和佛法僧目均记录到4种鸟类,各占3.08%;而鸢形目和鸬形目均只记录到2种,各占1.54%(见图2).

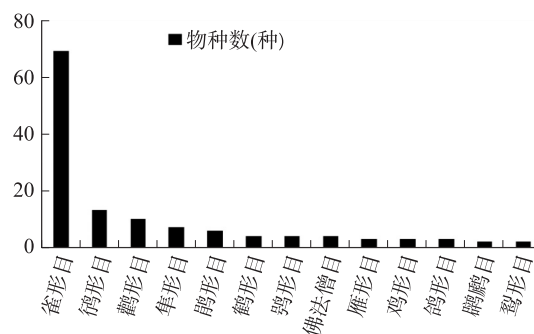


图2 九华山机场地区鸟类物种组成

Fig.2 The composition of avian species in Chizhou Jiuhuashan airport area

### 2.2 区系分布

根据动物地理区系分布型划分(参照《中国鸟类分布与分类名录》),130种鸟类中,东洋型有44种,占33.84%;古北型25种,占19.23%;广布型61种,占46.92%(见附录I). 由此可见,东洋型物种在机场鸟类群落中占优势.

### 2.3 季节型组成

根据季节型划分,在调查中发现的130种鸟中,繁殖鸟(包括留鸟和夏候鸟)共有91种,其中留鸟50种,夏候鸟41种,分别占鸟类总数的38.46%和31.54%;非繁殖鸟39种,其中冬候鸟29种、旅鸟10种,分别占总数的22.31%和7.69%(见图3).

### 2.4 鸟类群落的季节性变化

#### 2.4.1 鸟类的组成变化及优势种

调查结果显示,池州九华山机场地区的鸟类群落组成随季节而发生较大的变化(图4). 无论是在机场内还是锥形面,春、夏季观察到的鸟种数都要明显大于秋、冬季. 总体来看,6月份鸟种数达到最高峰,达到78种;而12月份观察到的鸟种数是全年最低值,仅有43种. 纵观整年,锥形面范围内观察到的鸟种数均多于机场内观察到的鸟种数,这两组数据在  $\alpha=0.05$  的水平上表现出显著性差异( $P=1.8600e-5<0.01$ );尽管机场内两个样点每月观察到的优势物种有所差异,但是在鸟种组成上的差异却并不明显( $P=0.2610$ ).

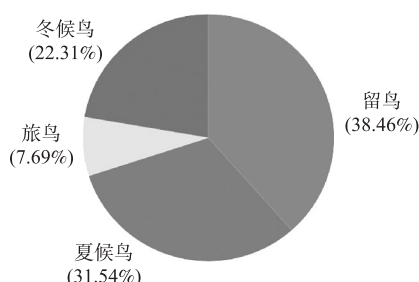


图3 九华山机场鸟类季节型组成

Fig.3 The composition of avian season species in Chizhou Jiuhuashan airport

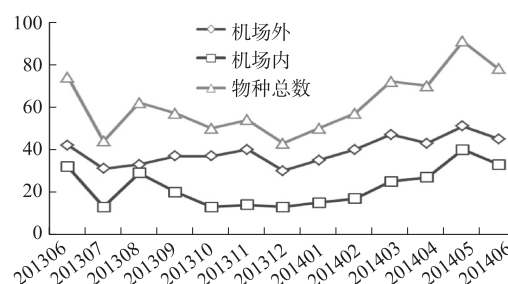


图4 池州九华山机场地区鸟类物种数量的季节型变化

Fig.4 Seasonal dynamics of the avian species number in Chizhou Jiuhuashan airport

Berger-Parker 优势度指数分析显示,九华山机场内的优势种以留鸟为主,如云雀类(云雀、小云雀)、鹛类(白鹛、黄鹛、灰鹛)、麻雀、雉鸡;还有少量在某一季节占据优势的候鸟(如崖沙燕、灰头麦鸡). 它们直接以机场内环境作为生境,在其中进行栖息、觅食、繁殖等活动,在机场的生态整治中对它们必须特别关注.

机场锥形面内在不同季节优势种有所差异. 春季,机场锥形面内的优势种为麻雀、鸫类(珠颈斑鸫、

山斑鸠、家鸽等)、家燕、白头鹎等;在夏季,由于夏候鸟种类和数量的激增,优势种为鹭类(白鹭、牛背鹭、池鹭、夜鹭)、崖沙燕、白腰草鹀、须浮鸥. 由于它们数量较多,体型较大,且经常横穿机场跑道,对机场内飞行的安全造成极大的威胁;在秋季,优势种为麻雀、椋鸟类(丝光椋鸟、灰椋鸟、八哥)、珠颈斑鸠. 这些鸟类经常在机场附近集群活动,为飞行安全带来隐患;在冬季,冬候鸟的数量较占优势,机场锥形面内的优势种为秃鼻乌鸦、鸫类(小鸫、灰头鸫、田鸫、黄喉鸫)、白鹡鸰. 其中,秃鼻乌鸦常结大群在机场附近农田地区活动,白鹡鸰常常结小群飞入机场内觅食.

2.4.2 鸟类活动频次变化

图 5 和图 6 分别显示了 2013 年 6 月至 2014 年 6 月期间,在九华山机场内、外观察到的鸟类活动频次年度变化情况. 从图 5 可见,机场内鸟类活动频次的高峰期主要在 7 月、8 月、10 月 3 个月份. 从全年来看,除了部分月份外(7 月、8 月、10 月、2 月),D1 和 D2 样点观察到的鸟类活动频次接近. 在 7 月、8 月、10 月份,在样点 D1 观察到的鸟类活动频次远远高于样点 D2;而在 2 月份,样点 D2 观察到的鸟类活动频次则高于 D1 样点.

九华山机场锥形面的观察结果显示与机场内的情况稍有差异(见图 6),鸟类活动频次的高峰期主要集中在 9 月至 12 月份和 2 月至 4 月份,季节性差异较为明显.

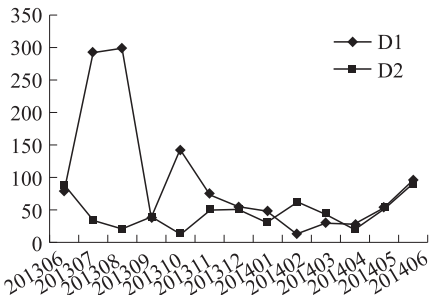


图5 池州九华山机场内鸟类活动的季节性变化情况  
Fig.5 Seasonal dynamics of the bird activities in Chizhou Jiuhuashan airport

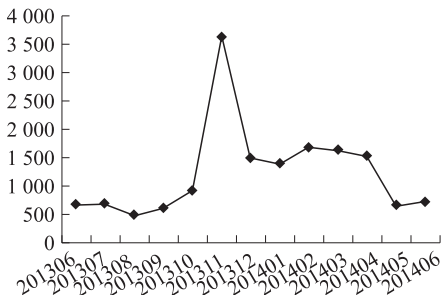


图6 池州九华山锥形面鸟类活动的季节性变化情况  
Fig.6 Seasonal dynamics of the bird activities near the Chizhou Jiuhuashan airport

2.4.3 鸟类的多样性指数和均匀性指数变化

表 1 中汇总了九华山机场内及锥形面内不同月份鸟类生物多样性指数和均匀性指数.

表 1 池州九华山机场鸟类多样性指数与均匀性指数

Table 1 Analysis of avian diversity and evenness of Chizhou Jiuhuashan airport

时间	多样性指数		均匀性指数		时间	多样性指数		均匀性指数	
	锥形面	机场内	锥形面	机场内		锥形面	机场内	锥形面	机场内
201306	4.314 5	2.026 6	0.886 5	0.416 3	201401	2.768 3	1.017 7	0.568 7	0.209 1
201307	3.301 0	1.950 4	0.678 2	0.400 7	201402	3.717 6	1.320 6	0.763 8	0.271 3
201308	4.272 8	1.776 8	0.877 8	0.365 0	201403	3.682 8	2.122 2	0.756 6	0.436 0
201309	4.263 7	2.230 4	0.876 0	0.458 2	201404	4.327 9	1.863 1	0.889 1	0.382 8
201310	3.375 3	1.052 5	0.693 4	0.216 2	201405	4.744 3	3.012 3	0.974 7	0.618 9
201311	1.343 5	0.291 4	0.276 0	0.059 9	201406	4.354 0	2.241 8	0.894 5	0.460 6
201312	1.893 3	0.584 5	0.389 0	0.120 1					

在 2013 年 6 月至 2014 年 6 月间,锥形面的鸟类的多样性指数和均匀性指数均高于机场内. 无论机场锥形面范围内或是在机场内,多样性指数和均匀性指数均在 5 月份出现全年最高值,而在 11 月份出现全年最低值. 11 月份之后,机场地区的鸟类多样性指数和均匀性指数逐渐上升,在 5 月份的时候达到全年最高值. 5 月份之后,九华山机场地区的鸟类多样性和均匀性指数开始逐渐降低,在 11 月份的时候降低到全年最低之后统计结果显示,机场内、外鸟类的多样性与均匀性在  $\alpha=0.05$  的水平上的差异均极显著 ( $P=1.971\ 9e^{-5}<0.001, P=1.972\ 1e^{-5}<0.001$ ).



3 讨论

3.1 鸟类的组成及时空分布分析

池州市处于长江中下游地区, 在我国的动物地理区划中处于华中区<sup>[18]</sup>. 九华山机场地区冬候鸟和夏候鸟所占比例超过 50%(53.85%), 这与同处于长江下游地区的邻近机场所发现的鸟类物种总数及季节型较为相似, 如湖北老河口机场<sup>[19]</sup>、安庆天柱山机场<sup>[8]</sup>、长沙黄花国际机场<sup>[20]</sup>(见表 2). 由于候鸟是鸟类群落主要组成部分, 所以不同季节鸟类群落结构变化很大<sup>[10-11]</sup>, 因此在鸟击防范中应特别注意鸟类种群的季节性变化<sup>[20-21]</sup>, 针对不同季节鸟类活动情况而采取相应的鸟防措施.

表 2 长江中下游地区机场鸟类季节型比较

Fig.2 The composition of avian season species in the airports of the mid and lower reaches of the Yangtze River

机 场	留鸟	夏候鸟	冬候鸟	旅鸟	候鸟(冬候鸟+夏候鸟)
湖北老河口机场	39.34%	24.59%	27.05%	9.09%	51.64%
安庆天柱山机场	37.25%	27.45%	24.51%	14.39%	51.96%
长沙黄花机场	41.07%	22.32%	25.89%	10.71	48.21%
池州九华山机场	38.46%	31.54%	22.31%	7.69%	53.85%

九华山机场地区鸟类群落季节性变化, 提示入春之后夏候鸟逐渐从回归繁殖, 导致 6 月份机场地区鸟类物种数达全年最高峰. 夏候鸟的幼鸟一般在 7 月份之后离巢<sup>[8]</sup>, 导致九华山机场地区鸟类活动频次逐渐上升. 入秋之后, 机场地区气温下降, 夏候鸟开始集群、迁徙, 留鸟也逐渐集群活动, 此时鸟类活动频次逐渐上升, 并在 11 月份达到了全年最高峰<sup>[22]</sup>. 11 月份之后, 由于机场地区的气温逐渐降低, 鸟类物种数、活动频次以及多样性指数也都逐渐降低. 因此, 池州九华山机场的鸟防工作要重点防范的时间段为每年 6 月至 8 月以及 11 月份, 尤其要注意机场内外一些重点鸟类的活动情况, 比如崖沙燕在 6 月份常常大规模在机场跑道附近集群, 其数量可以达到数千只; 夏季机场周边鹭类(白鹭、牛背鹭、池鹭)集群在机场周围的水田觅食, 它们体型较大而且经常穿越机场上空, 甚至在机场内滞留; 11 月份, 秃鼻乌鸦、棕鸟类(灰棕鸟、丝光棕鸟)在机场外大规模集群, 它们数量可以达到上千只, 而且难以驱散.

3.2 鸟击防范措施分析

由于池州九华山机场东临西岔湖、西面为农田, 生境的不同导致机场东、西两端(D1、D2)的鸟类物种及鸟类活动频次在不同季节均有较大差异(见图 5). 同时, 由于机场锥形面的生境复杂程度又远远高于机场内, 都给机场的鸟击防范工作带来了较大的难度. 因此, 在鸟击防范工作中, 除了在不同季节采用不同的防鸟手段之外, 加强机场生境的综合整治和有效管理是必不可少的<sup>[23-24]</sup>: (1)重点整治机场内的草地生态环境. 在机场内, 草地生态环境是主要的食物链源头, 成为机场内吸引鸟类的主要因素<sup>[5, 25-26]</sup>. 可以通过控制植被的高度及群落结构的方法来有效切断鸟类、昆虫以及小型啮齿类动物的食物来源和隐蔽场所, 从而降低机场对鸟类的吸引<sup>[27-29]</sup>. 九华山机场内草丛建群种随季节不同而变化; 另外, 受机场本身种子库的影响, 机场内草丛植被区系成分复杂, 伴生种种类和来源均非常丰富, 同时包括有来自山地、荒坡、农田及水渠的物种. 具体的建议措施如下: 9 月份对机场草地进行剪草, 将草高度控制在 20 cm 以下; 通过除草剂降低机场内草丛植被的复杂性; 定期喷洒高效低毒的杀虫剂; 定期灭鼠; 完善排水系统等<sup>[30-31]</sup>. (2)机场周围林地和湿地的整理改造. 池州九华山机场周边大面积的林地和湿地为机场锥形面的鸟类提供了极佳的觅食、筑巢以及繁殖场所, 这是造成机场锥形面鸟类物种数、活动频次以及多样性指数均高于机场内的主要原因<sup>[32]</sup>. 机场周边 2 km 以内的主要植物建群种以落叶阔叶混交林为主, 同时亦有一定面积的竹类植物分布; 农田生境中以作物植被为主, 以种植单季水稻最为常见, 少数农田冬季种植油菜或小麦; 西岔湖水生植被分布很少, 仅岸边有少量芦苇和香蒲群落分布. 因此, 针对周边生境, 具体的建议措施有: 清除或者改造机场周边 4 km 范围内的大型林地、灌丛、果园和苗圃等<sup>[32]</sup>; 尽量减小机场飞行区周边的水塘、农田等<sup>[11]</sup>. (3)加强鸟情调研和信息管理. 需安排场务人员进行鸟类学和生态学专业理论知识的培训, 掌握机场鸟击防范的相关知识、鸟情预测预报的基本知识. 在此基础上, 规范机场鸟情监测, 做好鸟情监测日志. 随着鸟类观测资料的逐步积累, 在多年的基础上可发展鸟情的预警系统, 对机场未来的鸟情作出预

测,实施积极有效的防范措施。

**致谢:**鸟情调研工作中得到了黄涛、杨奇亮等机场工作人员的大力协助,安庆师范学院赵凯老师、安徽大学生命科学学院吴云鹤、薛纯、史杰等同学也参与调查工作,在此一并致谢!

### [参考文献]

- [1] BLOKPOEL H. Bird hazards to aircraft[M]. Toronto: Irwin Clark, 1976.
- [2] 常家传,马金生,鲁长虎. 鸟类学[M]. 哈尔滨:东北林业大学出版社,1993.
- [3] THORPE J. Fatalities and destroyed civil aircraft due to bird strikes 1912-1995[A]. London: IBSC23, 1996: 18.
- [4] THORPE J. Fatalities and destroyed civil aircraft due to bird strikes 1912-2002[A]. Warsaw: IBSC26, 2003: 85-113.
- [5] 杨效东,魏天昊,盛才余,等. 重庆机场草地土壤动物群落特征及其与鸟类关系的初步研究[J]. 动物学研究, 1998, 19(3): 209-217.
- [6] 胡玉洪,朱翔,魏天昊,等. 昆明(巫家坝)国际机场鸟害防治研究[J]. 云南环境科学, 2003, 22(3): 12-14.
- [7] 吴琦,唐思贤,乐观. 机场鸟击事故灾害的生态防治[J]. 中国安全生产科学技术, 2006, 2(1): 40-44.
- [8] 胡超超,杨瑞东,张保卫,等. 安庆天柱山机场鸟类群落季节性变化与鸟击防范[J]. 南京师大学报(自然科学版), 2011, 34(2): 70-89.
- [9] 乔亮,施泽荣. 广州白云机场鸟情调查及鸟撞风险分析[J]. 科学技术与工程, 2014, 14(3): 7-11.
- [10] 唐鑫生,程从应,胡优贵. 黄山机场鸟类调查与鸟击防范对策探讨[J]. 生物学杂志, 2008, 25(6): 46-50.
- [11] 周璐璐,周立志,万政云,等. 合肥新桥国际机场鸟类多样性及鸟击风险评价[J]. 四川动物, 2013, 32(4): 619-626.
- [12] 中国民航航空总局. 民用机场运行安全管理规定(CCAR-140)[R]. 北京:中国民用航空总局, 2007.
- [13] SUTHERLAND W J. 生态学调查方法手册[M]. 北京:科学技术文献出版社, 1997.
- [14] BELAOUSSOFF S, KEVAN P G, MURPHY S, et al. Assessing tillage disturbance on assemblages of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) by using a range of ecological indices[J]. Biodiversity & conservation, 2003, 12(5): 851-882.
- [15] 孙儒泳. 动物生态学原理[M]. 3版. 北京:北京师范大学出版社, 2001.
- [16] SHANNON C E, WEINER W. The mathematical theory of communication[M]. Urbana: University of Illinois Press, 1949.
- [17] Pielou E C. Ecological diversity[M]. USA: John Wiley & Sons Inc, 1975.
- [18] 张荣祖,赵肯堂. 关于《中国动物地理区划》的修改[J]. 动物学报, 1978, 24(2): 196-202.
- [19] 吴少斌,吴法清,刘家武,等. 湖北老河口机场鸟类区系的初步研究[J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 2004, 33(3): 362-366.
- [20] 张志强,杨道德,胡毛旺,等. 长沙黄花国际机场鸟类群落物种多样性分析[J]. 动物学杂志, 2007, 42(1): 112-120.
- [21] 李永民,姜双林,聂传朋,等. 阜阳机场鸟类多样性及其危险性[J]. 应用生态学报, 2011, 22(7): 1 914-1 920.
- [22] 廖峻涛,赵雪冰,胡劭骥,等. 昆明巫家坝国际机场鸟类的时空变化及鸟击防治[J]. 安徽大学学报(自然科学版), 2012, 36(2): 95-102.
- [23] YORK D L, ENGEMAN R M, CUMMINGS J L, et al. A review of the hazards and mitigation for airstrikes from Canada geese in the Anchorage, Alaska bowl[J]. Integrated pest management reviews, 2001, 6(1): 47-57.
- [24] COOK A, RUSHTON S, ALLAN J, et al. An evaluation of techniques to control problem bird species on landfill sites[J]. Environ manage, 2008, 41(6): 834-843.
- [25] ALIAN J R, WATSON L A. The impact of alumbricide treatment on airfield grassland[J]. Bird strike committee europe, 1990, 20: 531-542.
- [26] EDMUND H. Applied ecology as a basis for bird strike prevention on airports[J]. Vogelund luftverkehr, 1995, 15(1): 23-25.
- [27] 王磊,唐思贤,褚福印,等. 上海虹桥国际机场飞行区植被与鸟类的关系[J]. 四川动物, 2010, 29(4): 536-542.
- [28] 王雪颖,胡劭骥,廖峻涛,等. 昆明(巫家坝)国际机场植草区生态系统昆虫群落研究[J]. 安徽大学学报(自然科学版), 2013, 37(2): 103-108.
- [29] 王超,查林松,许青. 大庆萨尔图机场鸟类调查与鸟撞防治对策[J]. 野生动物, 2013, 34(4): 208-214.
- [30] 李晓娟,周材权,金立广. 四川南充高坪机场秋冬季节鸟类多样性与鸟撞预防[J]. 动物学研究, 2007, 28(6): 615-625.
- [31] 李晓娟,周材权,万强. 四川南充高坪机场夏季鸟类群落组成及鸟撞预防措施[J]. 四川动物, 2008, 27(2): 253-258.
- [32] 张世峰,杨贵生,李新,等. 呼和浩特白塔机场鸟类生态学研究[J]. 内蒙古大学学报(自然科学版), 2008, 39(1): 85-91.
- [33] 张保卫,常青,朱立峰,等. 禄口国际机场鸟类组成及鸟害防治对策的初步研究[J]. 南京师大学报(自然科学版), 2000, 23(3): 207-213.

附录 I 池州九华山机场鸟类组成情况  
Table 1 The composition of avian community in Chizhou Jiuhuashan airport

	中文名称	拉丁名	地理型	季节型	生境类型	国际协定保护	观察到的活动地点	机场地区集群
	I 鸻鹬目	PROCELLARIIFORMES						
	一、鸻鹬科	Colymbidae						
1	小鸻鹬	<i>Colymbu ruficollis</i>	广	留	S		外	<10
2	凤头鸻鹬	<i>Podiceps cristatus</i>	古	冬	S	R	外	<10
	II 鸻形目	CICONIIFORMES						
	二、鹭科	Ardeidae						
3	苍鹭	<i>Ardea cinerea</i>	广	冬	S L N		外	<10
4	绿鹭	<i>Butorides striatus</i>	广	夏	S L N	R	内、外	<10
5	池鹭	<i>Ardeola bacchus</i>	东	夏	S L N		内、外	10-100
6	牛背鹭	<i>Bubulcus ibis</i>	东	夏	S L N	AR	内、外	10-100
7	大白鹭	<i>Egretta alba</i>	广	旅	S L N	AR	外	10-100
8	白鹭	<i>E. garzetta</i>	东	夏	S L N		内、外	10-100
9	夜鹭	<i>Nycticorax nycticorax</i>	广	夏	S L N	R	内、外	10-100
10	黄苇鴒	<i>Ixobrychus sinensis</i>	东	夏	S L N	A	外	<10
11	栗苇鴒	<i>I. cinnamomeus</i>	东	夏	S L N		内	<10
12	黑苇鴒	<i>Dupetor flavicollis</i>	东	夏	S L N		外	<10
	III 雁形目	ANSERIFORMES						
	三、鸭科	Anatidae						
13	绿头鸭	<i>Anas platyrhynchos</i>	广	冬	S	R	内、外	10-100
14	斑嘴鸭	<i>A. poecilorhyncha</i>	古	冬	S		外	10-100
15	红头潜鸭	<i>Aythya ferina</i>	古	冬	S	R	外	<10
	IV 隼形目	FALCONIFORMES						
	四、鹰科	Accipitridae						
16	赤腹鹰	<i>Accipiter soloensis</i>	广	夏	S N		外	<10
17	日本松雀鹰	<i>A. gularis</i>	广	冬	S N		外	<10
18	雀鹰	<i>A. nisus</i>	广	冬	S N		外	<10
19	普通鵟	<i>Buteo buteo</i>	古	冬	S N		外	<10
20	大鵟	<i>B. hemilasius</i>	古	冬	S N		内、外	<10
	五、隼科	Falconidae						
21	红隼	<i>Falco tinnunculus</i>	古	冬	L N C		内	<10
22	阿穆尔隼	<i>F. amurensis</i>	东	夏	L N C		外	<10
	V 鸡形目	GALLIFORMES						
	六、雉科	Phasianidae						
23	日本鹌鹑	<i>Coturnix coturnix</i>	广	留	N C	R	内	<10
24	灰胸竹鸡	<i>Bambusicola thoracica</i>	广	留	N G L C		内、外	<10
25	雉鸡	<i>Phasianus colchicus</i>	广	留	N G L C		内、外	<10
	VI 鹤形目	GRUIFORMES						
	七、三趾鹑科	Turnicidae						
26	黄脚三趾鹑	<i>Turnix tanki</i>	广	夏	G C		内	<10
	八、秧鸡科	Rallidae						
27	普通秧鸡	<i>Rallus aquaticus</i>	古	冬	S N	R	外	<10
28	红脚苦恶鸟	<i>Amaurornis akool</i>	东	留	S N		外	<10
29	黑水鸡	<i>Gallinula chloropus</i>	广	夏	S N	R	内、外	10-100
	VII 鸨形目	CHARADRIIFORMES						
	九、雉鹑科	Jacaniidae						
30	水雉	<i>Hydrophasianus chirurgus</i>	东	夏	S N	A	外	<10

	十、燕鸥科	Glarecolidae						
31	普通燕鸥	Glareola maldivarum	广	旅	S N		内	10-100
	十一、鸻科	Charadriidae						
32	灰头麦鸡	Microsarcops cinereus	广	夏	S N		内、外	10-100
33	环颈鸻	Charadrius alexandrinus	广	留	S N		内	<10
34	长嘴剑鸻	C. placidus	广	留	S N		内	<10
35	东方鸻	C. veredus	广	夏	S N		内	<10
	十二、鹬科	Scolopacidae						
36	红脚鹬	Tringa totanus	古	冬	S	A	内、外	<10
37	白腰草鹬	T. ochropus	古	冬	S	R	内、外	10-100
38	鹤鹬	T. erythropus	广	冬	S	R	外	<10
39	丘鹬	Scolopax rusticola	广	冬	S	R	内	<10
40	扇尾沙锥	Gallinago gallinago	广	冬	S	R	内	<10
	十三、燕鸥科	Laridae						
41	须浮鸥	Chlidonias hybridus	古	夏	S		内、外	10-100
42	白翅浮鸥	C. leucopterus	广	旅	S	A	外	<10
	VIII 鸽形目	COLUMBIFORMES						
	十四、鸠鸽科	Columbidae						
43	珠颈斑鸠	Streptopelia chinensis	东	留	N L C G		内、外	10-100
44	山斑鸠	S. orientalis	广	留	N L C G		内、外	10-100
45	灰斑鸠	S. decaocto	东	留	N L C G		外	10-100
	IX 鸻形目	CUCULIFORMES						
	十五、杜鹃科	Cuculidae						
46	大鹰鹃	Cuculus sparveroides	东	夏	L		内	<10
47	四声杜鹃	C. micropterus	东	夏	L		内、外	<10
48	大杜鹃	C. canorus	东	夏	L	R	外	<10
49	小杜鹃	C. poliocephalus	东	夏	L	R	内	<10
50	小鸦鹃	Centropus toulou	东	夏	L G		外	<10
51	噪鹃	Eudynamis scolopacea	东	夏	L		内、外	<10
	X 鸺形目	STRIGIFORMES						
	十六、鸺鹠科	Strigidae						
52	东方角鸺	Otus sunia	广	留	L N S C		内	<10
53	斑头鸺鹠	Glaucidium cuculoides	广	留	L N S C		内	<10
54	长耳鸺	Asio otus	广	冬	L N S C	R	内	<10
55	短耳鸺	A. flammeus	广	冬	L N S C	R	内	<10
	XI 佛法僧目	CORACIIFORMES						
	十七、翠鸟科	Alcedinidae						
56	斑鱼狗	Ceryle rudis	东	夏	S		外	<10
57	普通翠鸟	Alcedo atthis	广	留	S		内、外	<10
58	白胸翡翠	Halcyon smyrnensis	东	留	S		内、外	<10
59	蓝翡翠	H. pileata	广	夏	S		内	<10
	XII 鴇形目	PICIFORMES						
	十八、啄木鸟科	Picidae						
60	灰头绿啄木鸟	Picus canus	古	留	L		外	<10
61	大斑啄木鸟	Dendrocopos major	广	留	L		外	<10
	XIII 雀形目	PASSERIFORMES						
	十九、百灵科	Alaudidae						
62	小云雀	Alauda gulgula	东	留	C N		内、外	>100
63	云雀	A. arvensis	古	冬	C N		内、外	>100
	二十、燕科	Hirundinidae						



64	崖沙燕	<i>Riparia riparia</i>	广	夏	N C J		内,外	>100
65	家燕	<i>Hirundo rustica</i>	广	夏	N C J	AR	内,外	>100
66	金腰燕	<i>H. daurica</i>	古	夏	N C J	R	内,外	>100
	二十一、鹡鸰科	<i>Motacillidae</i>						
67	白鹡鸰	<i>Motacilla alba</i>	广	留	S C N	AR	内,外	10-100
68	灰鹡鸰	<i>M. cinerea</i>	古	旅	S C N	A	内,外	<10
69	黄鹡鸰	<i>Dendronanthus indicus</i>	古	夏	S C N	R	内	<10
70	树鹡鸰	<i>Anthus hogsoni</i>	古	冬	S C N	R	内,外	10-100
	二十二、山椒鸟科	<i>Campephagidae</i>						
71	小灰山椒鸟	<i>Pericrocotus cantonensis</i>	广	夏	L C		外	<10
	二十三、鹎科	<i>Pycnonotidae</i>						
72	领雀嘴鹎	<i>Spizixos semitorques</i>	东	留	L N G J		内,外	10-100
73	白头鹎	<i>S. semitorques</i>	东	留	L N G J		内,外	10-100
74	黄臀鹎	<i>Pycnonotus xanthorrhous</i>	东	留	L N G J		外	<10
	二十四、伯劳科	<i>Laniidae</i>						
75	红尾伯劳	<i>Lanius cristatus</i>	古	夏	G C	R	内,外	<10
76	棕背伯劳	<i>L. schach</i>	东	留	G C J		内,外	<10
77	虎纹伯劳	<i>L. tigrinus</i>	东	夏	G C J	R	内,外	<10
	二十五、黄鹂科	<i>Oriolidae</i>						
78	黑枕黄鹂	<i>Oriolus chinensis</i>	东	夏	G L	R	外	<10
	二十六、卷尾科	<i>Dicruridae</i>						
79	黑卷尾	<i>Dicrurus macrocercus</i>	东	夏	L G		内,外	10-100
80	发冠卷尾	<i>D. hottentottus</i>	广	夏	L G		外	<10
81	灰卷尾	<i>D. leucophaeus</i>	广	夏	L G		外	<10
	二十七、椋鸟科	<i>Sturnidae</i>						
82	黑领椋鸟	<i>Sturnus nigricollis</i>	东	留	N G		内,外	<10
83	丝光椋鸟	<i>S. sericeus</i>	东	留	L G		内,外	10-100
84	灰椋鸟	<i>S. cineraceus</i>	古	旅	L G S N C		内,外	10-100
85	八哥	<i>Acridotheres cristatellus</i>	东	留	L G		内,外	10-100
	二十八、鸦科	<i>Corvidae</i>						
86	灰喜鹊	<i>Cyanopica cyana</i>	古	留	L N G		外	10-100
87	喜鹊	<i>Pica pica</i>	广	留	L N		内,外	<10
88	松鸦	<i>Garrulus glandarius</i>	广	留	L G		外	<10
89	灰树鹊	<i>Dendrocitta formosae</i>	东	留	L G		外	10-100
90	红嘴蓝鹊	<i>Urocissa erythrorhyncha</i>	广	留	L		内,外	<10
91	秃鼻乌鸦	<i>Corvus frugilegus</i>	广	留	N S		外	>100
92	大嘴乌鸦	<i>C. macrorhynchos</i>	广	留	N S		内	<10
93	小嘴乌鸦	<i>C. corone</i>	广	夏	N S		内	<10
	二十九、鸫科	<i>Turdidae</i>						
94	鸫	<i>Copsychus saularis</i>	东	留	G		外	<10
95	北红尾鸫	<i>Phoenicurus aureus</i>	古	冬	G	R	内,外	<10
96	红尾水鸫	<i>Rhyacornis fuliginosus</i>	广	留	L G S		外	<10
97	红胁蓝尾鸫	<i>Tarsiger cyanurus</i>	广	冬	L G	R	外	<10
98	白眉鸫	<i>Eyebrowed Thrush</i>	东	夏	L N		外	<10
99	乌鸫	<i>Turdus merula</i>	广	留	L N G J		内,外	10-100
100	白腹鸫	<i>T. merula</i>	广	冬	L N G J	R	外	<10
101	斑鸫	<i>T. eunomus</i>	古	冬	L N G J	R	内,外	10-100
102	乌灰鸫	<i>T. cardis</i>	东	夏	L N G J	R	内	10-100
103	灰背鸫	<i>T. hortulorum</i>	东	冬	L N G J	R	内,外	10-100
	三十、画眉科	<i>Old World babbler</i>						

104	画眉	<i>Garrulax canorus</i>	东	留	G		内、外	10-100
105	黑脸噪鹛	<i>G. perspicillatus</i>	东	留	L G		内、外	10-100
106	棕颈钩嘴鹛	<i>Pomatorhinus ruficollis</i>	东	留	L G N		外	<10
	三十一、鸦雀科							
107	棕头鸦雀	<i>Paradoxornis webbiana</i>	古	留	G		内、外	10-100
	三十二、莺科	<i>Sylviidae</i>						
108	远东树莺	<i>Manchurian Bush Warble</i>	广	留	L G		外	<10
109	日本树莺	<i>Cettia diphone</i>	广	夏	L G		外	10-100
110	强脚树莺	<i>C. fortipes</i>	广	夏	L G		内、外	<10
111	棕腹柳莺	<i>Phylloscopus subaffinis</i>	广	夏	L G		外	10-100
112	黄腰柳莺	<i>P. proregulus</i>	广	旅	L G		外	<10
113	棕扇尾莺	<i>Cisticola juncidis</i>	东	留	N G		内、外	<10
114	纯色鹪莺	<i>Prinia inornata</i>	东	留	L G		外	<10
	三十三、鹟科	<i>Muscicapinae</i>						
115	鸫姬鹟	<i>Mugimaki Flycatcher</i>	广	旅	L G	R	外	<10
	三十四、长尾山雀科	<i>Aegithalidae</i>						
116	银喉长尾山雀	<i>Aegithalos caudatus</i>	广	留	L		外	<10
117	红头长尾山雀	<i>A. concinnus</i>	东	留	L		外	10-100
	三十五、山雀科	<i>Paridae</i>						
118	大山雀	<i>Parus major</i>	广	留	L G		内、外	10-100
119	黄腹山雀	<i>P. venustulus</i>	广	留	L G		外	<10
	三十六、雀科	<i>Paridae</i>						
120	麻雀	<i>Passer montanus</i>	广	留	N C J G			>100
	三十七、梅花雀科	<i>Estrildidae</i>			L G			
121	斑文鸟	<i>Lonchura punctulata</i>	东	留	N C J G		外	10-100
122	白腰文鸟	<i>L. striata</i>	东	留	N C J G		外	10-100
	三十八、燕雀科	<i>Fringillidae</i>						
123	金翅雀	<i>Fringilla montifringilla</i>	广	留	L N C J		内、外	10-100
124	黑尾蜡嘴雀	<i>Carduelis sinica</i>	广	旅	G	R	外	10-100
	三十九、鹀科	<i>Emberizidae</i>						
125	黄喉鹀	<i>Emberiza elegans</i>	广	旅		R	外	10-100
126	三道眉草鹀	<i>E. cioides</i>	广	留	G C		外	<10
127	灰头鹀	<i>E. cioides</i>	古	冬	G C	R	外	10-100
128	小鹀	<i>E. spodocephala</i>	古	冬	G C	R	内、外	10-100
129	田鹀	<i>E. pusilla</i>	古	冬	G C	R	内、外	10-100
130	黄眉鹀	<i>E. chrysophrys</i>	广	冬	G C		外	<10

注:

(1)分类体系参照《中国鸟类分类与分布名录》(第二版)。

(2)在“地理型”一栏中,“古”为古北界,“东”为东洋界,“广”为广布种。

(3)在“季节型”一栏中,“冬”为冬候鸟,“夏”-夏候鸟,“留”-留鸟,“旅”-旅鸟。

(4)在“生境类型”一栏中,根据机场周围生境,拟分为林地、灌丛、农田、湿地和机场周边的空旷草地等生境,分别使用下列代号代替:  
L-林地,G-灌丛,N-农田,S-湿地(包括水田),C-机场周边空旷草地,J-村庄。

(5)国际保护协定一栏中,A-指属中澳候鸟保护协定的保护种类,R-指中日候鸟保护协定的保护种类。

(6)在“观察到活动地点”一栏中,“内”表示在机场内可见种,“外”代表在机场锥形面可见种。

(7)在“机场地区集群”一栏数字表示按照鸟类常见的集群大小,分为3个等级:(1)<10;(2)10-100;(3)>100<sup>[33]</sup>。

[责任编辑:黄 敏]