

DOI: 10.5846/stxb202107021763

金麟雨, 李舒萌, 刘艳艳, 张菁, 刘泰杉, 周聪, 赵小英, 李东来. 样线法和网捕法在机场鸟情调查中的应用比较. 生态学报, 2022, 42(22): 9348-9358.

Jin L Y, Li S M, Liu Y Y, Zhang J, Liu T S, Zhou C, Zhao X Y, Li D L. Comparisons of line transect and mist-net capture in bird surveys applied in airports. Acta Ecologica Sinica, 2022, 42(22): 9348-9358.

样线法和网捕法在机场鸟情调查中的应用比较

金麟雨^{1,2}, 李舒萌³, 刘艳艳¹, 张菁⁴, 刘泰杉², 周聪², 赵小英², 李东来^{1,*}

1 辽宁大学生命科学院, 沈阳 110036

2 四川省机场集团有限公司成都天府国际机场分公司, 成都 641419

3 沈阳桃仙国际机场股份有限公司, 沈阳 100043

4 中国科学院大学, 北京 100049

摘要: 鸟击事件主要发生在机场范围内, 对机场周边生境的鸟类组成进行调查, 是制定鸟击防范对策的重要前提。国内多数机场已经开展了相关的鸟类组成调查, 但是选用的调查方法却存在较大差异。以样线法和网捕法两种常用的调查方法对沈阳桃仙国际机场周边的迁徙期鸟类进行了研究, 旨在比较两种调查方法在机场鸟类群落组成调查中的效果及调查的鸟类群落组成差异。结果表明: 两种方法均适合机场鸟类调研, 共记录到鸟类 97 种, 网捕法记录的鸟类种数(83 种 vs. 57 种) 高于样线法, 网捕法单独记录的鸟类种数(40 种 vs. 14 种) 也高于样线法。尽管两种方法每期(半个月) 调查的物种数和目的数量无明显差别, 但随调查强度(如调查次数) 增加, 网捕法累计记录到的鸟类种类明显高于样线法, 且较晚达到渐近线。另外, 两种方法调查记录的鸟类群落组成也具有显著的差别, 如网捕法记录到较多鹁鹑和鸮形目等夜间迁徙或活动鸟类, 而样线法可记录到鹭科和雁鸭类水鸟等。这说明两种调研方法在鸟类调查中有较好的互补性。因此, 本研究认为机场鸟情调研时应该根据鸟情特点, 选择合适的鸟类调研方法, 综合采用多种调研方法可更有利于获得科学的鸟情信息。

关键词: 桃仙机场; 鸟类调查; 样线法; 网捕法; 群落组成; 鸟击防范

Comparisons of line transect and mist-net capture in bird surveys applied in airports

JIN Linyu^{1,2}, LI Shumeng³, LIU Yanyan¹, ZHANG Jing⁴, LIU Taishan², ZHOU Cong², ZHAO Xiaoying², LI Donglai^{1,*}

1 School of Life Science, Liaoning University, Shenyang 110036, China

2 Chengdu Tianfu International Airport Branch of Sichuan Airport Group Limited Company, Chengdu 641419, China

3 Shenyang Taoxian International Airport, Shenyang 100043, China

4 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

Abstract: Bird strike events mainly occur within airports. Investigating the bird composition in the surrounding habitats of airports is essential to develop strategies preventing bird strikes. Most airports have carried out related bird composition surveys, but there are significant differences in the survey methods used. In this study, the bird composition in Shenyang Taoxian International Airport was surveyed during migration seasons using two different surveying methods: the line transect and the mist-net capture. This study intended to compare the performance on the bird detection and the species composition of the bird community between the two different methods. In total, 97 bird species were recorded, implying that both

基金项目: 辽宁省教育厅面上项目(LJKZ0093); 国家自然科学基金国际(地区)合作交流项目(3191101017)

收稿日期: 2021-07-02; **网络出版日期:** 2022-07-12

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lidonglaibnu@163.com

methods were operable for the survey of birds in airports. However, the number of bird species recorded by the mist-net capture was higher than that by the line transect (83 vs. 57). The number of bird species recorded solely by the mist-net was also higher than that by the line transect (40 vs. 14). There were no significant differences in the average number of the species sampled per phase (half a month). However, the cumulative numbers of bird species recorded by the mist-net were significantly larger than those recorded by the line transect with increasing investigation intensity (e.g., the number of surveys). The asymptote of the maximum of bird species was also reached later in mist-net capture than line transect. In addition, the composition of the bird community recorded by the two methods was also significantly different, such as the mist-net capture recorded more nocturnal migratory birds (e.g., quails and owls). In contrast, the line transect recorded typical waterbirds (e.g., herons and ducks). Thus, our study illustrated that the two bird-surveying methods were complementary in bird surveys in the airports. Furthermore, appropriate bird surveying methods should be selected based on the characteristics of the bird community, and a combination of different survey methods could promise to obtain more scientific data about the bird community composition.

Key Words: Taoxian Airport; bird survey; line transect; mist-net capture; community composition; bird strike prevention

鸟击,泛指鸟类及蝙蝠与航空器发生撞击,导致航空器损伤超标甚至坠毁的重大安全事件^[1-2]。随着全球民航运输业的发展,鸟击事件的发生频次呈逐年上升趋势,目前已被国际航空联合会列为“A”类航空灾难^[3]。鸟击事件也成为民航运输机场最主要的一类安全事故征候^[4-5]。鸟击事件主要发生在机场及周边区域,飞机爬升及近进期是鸟击事件发生的主要时期^[6-7]。并且鸟击威胁与季节也存在一定的联系,在春、秋季鸟类迁徙期,鸟击事件的发生几率要明显高于其他时期^[8]。了解机场周边鸟类群落组成是制定有效鸟击防范措施的重要依据,通过对机场周边鸟类及生态环境的调查,排除吸引鸟类的环境因素及生态因子,再从群落、食物、栖息环境治理等角度开展针对性的驱鸟作业,如针对重点威胁鸟类选取有效的音频驱鸟措施、减少机场周边生活垃圾及植被面积、开展机场内除草灭虫灭鼠工作等^[9-11]。这些都体现了在机场系统开展鸟类群落调查的重要性。

虽然国内许多民航机场已经开展了机场周边的鸟类群落调查,如合肥新桥国际机场^[12]、西安咸阳国际机场^[13]、重庆江北国际机场等^[14],但是,在对鸟类群落调查方法的选择上却存在较大差异。针对不同调查区域的鸟情特点,选取合适的鸟类调查方法,是更好开展机场鸟情调查工作的重要前提。关于不同鸟类调查方法的效果对比已经在草地^[15]及林地^[16]等生态系统开展过相关研究,并且发现不同的调研方法对鸟类调查结果有较大影响,且和调查生境差异也存在关系。这使得进一步评估各种鸟类调研方法在不同调查区域的调查效果显得尤为重要。目前,关于机场区域鸟情调研方法的效果评估还未见相关报道,选择单一的鸟类调查方法是否可以较好获得机场鸟情信息,采用不同的调研方法是否对调研结果有较大影响还是一个值得探讨的科学问题。

目前,机场鸟类群落调查主要采用以观测为主的样线法和样点法^[17]。而网捕法、鸣声回放法等鸟类调查方法在机场鸟情调研中的应用还不是十分普遍。其中样线法指调查人员以恒定的步速按之前预设的样线行进,记录样线两侧观察和听到的鸟类种类及数量。网捕法指在调查区域内架设鸟网,并且在固定的时间对鸟网进行巡查,记录挂网的鸟类种类及数量。

本文将利用样线法和网捕法两种鸟类调研方法对沈阳桃仙国际机场周边鸟类群落进行调查,通过对比两种方法在鸟类组成的调研效果以及调查鸟类群落之间的差异,对两种调查方法的效果进行综合评估。了解不同调查方法对机场鸟类调查结果的影响,可为之后机场鸟类调查方法的优化提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 实验地概况

沈阳桃仙国际机场始建于1986年,地处沈阳市东陵区桃仙镇(41°38'20"N, 123°23'45"E),是国家一级干

线机场、4E 级民用运输机场,建设占地约为 275 hm²,建有 T1、T2、T3 三座航站楼。沈阳桃仙国际机场位于辽河平原和辽东平原的过渡地带,属温带湿润季风性气候,极端最高气温 35.7℃,极端最低气温-30.5℃,年平均气温 7.8℃,年平均降水量 685.1 mm,雨量集中在 6—9 月份,占总降水量的 70%。冬季多西北风和北风,夏季多南风,最大风速 12—15 m/s^[18]。机场周边生境较为复杂,西北侧包括大面积的林地、农田和居民区等生境,机场西南侧有较大的水体生境。机场鸟类群落结构复杂,特别是在鸟类的迁徙季节,机场鸟击风险较高^[19]。

1.2 鸟类样线调查法

本研究于 2017 年 9 月—2019 年 5 月在沈阳桃仙国际机场周边进行了 16 次鸟类样线调查,调查时间为每年 4—5 月和 9—10 月,每月进行两次调查,每次调查间隔两周左右。此时间为鸟类的迁徙期,也是机场鸟击风险较高的时期。样线设置分布于以桃仙国际机场为圆心,半径 8km 的范围内,共设置有 8 条样线,每条样线长度为 2km,均匀分布在机场周边农田、林地、灌丛、水体湿地等多种生境(图 1)。样线调查时间在上午 8:00—12:00 和下午 15:00—17:00 之间,选择无风的晴朗天气进行。为了减少观察距离对调查结果的影响,样线调查采用固定距离样线法(Fixed-distance line transects)。进行调查时,每组有两名调查人员,均沿样线以 2.0km/h 的速度行进,同时借助双筒望远镜(BOSMA 8×42)对样线左右两侧各 50m 范围内的鸟类进行观察,依据《中国野外鸟类手册》^[20]对野外鸟类种类进行鉴别,记录鸟类物种及数量。参与调查的人员均为经过专业训练的鸟类学研究生,熟悉当地的鸟类组成。

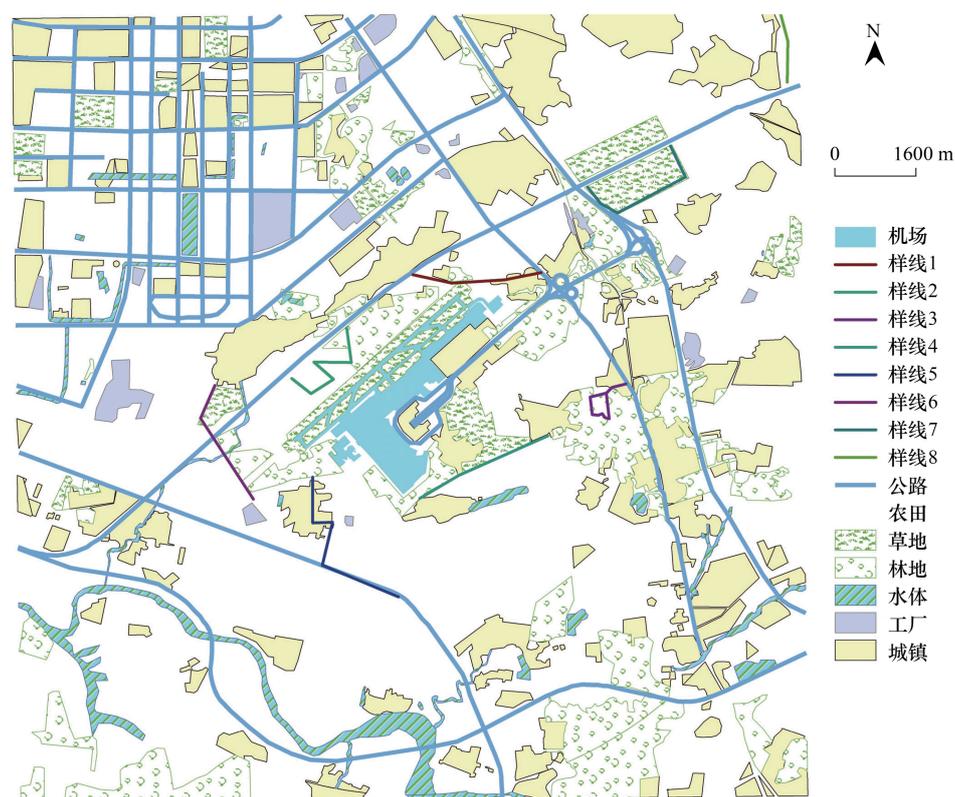


图 1 桃仙机场周边生态环境及样线分布示意图

Fig.1 Distribution of line transects and ecological environment around the Taoyuan Airport

1.3 鸟类网捕调查法

本研究分别于 2015 年和 2017—2018 年的 4—5 月和 9—10 月在沈阳桃仙国际机场进行了网捕法调查,以半个月时间为一次调查周期,共调查 16 次。网捕区域设置在沈阳桃仙国际机场飞行区西北侧草坪,雾网的规格为:长 20 m、高 6 m、孔径 36 mm,数量共计 120 片。架设雾网后,每日 6:00—18:00 之间,每隔 2h 巡网一

次,检查挂网鸟类,依据《中国野外鸟类手册》对野外鸟类种类进行鉴别,并记录鸟的种类和数量。之后,将网捕鸟类放入鸟笼中,驾车将其带离飞行管制区后放生。本调查主要有 1 名鸟类学专业的研究生完成,每个调查周期需要 12h 的工作。

1.4 数据分析

收集的鸟类数据依据《中国鸟类分类与分布名录》第三版^[21]进行系统分类。鸟类丰富度采用累积物种数。计算通过样线法和网捕法每个调查周期所记录到的鸟类物种数,以及春季、秋季通过两种方法每周期各记录到的鸟类总物种数,利用单样本 K-S 检验(One-Sample Kolmogorow-Smirnov test)对物种数进行正态检验。所有数据均符合正态分布,进一步利用配对样本 T 检验对两种方法每次调查记录到的鸟类种类差异进行检验。之后利用 Wilcoxon signed-rank 非参数检验对不同调查数量和不同调查次数时记录的鸟类物种数差异进行对比。鸟类优势度指数采用 Berger-Parker 指数: $D=N_{\max}/N$,式中 D 为优势度指数, N_{\max} 为优势种的个体数, N 为群落全部物种的个体数,优势度指数大于 0.1 为优势鸟类物种^[22]。鸟类群落相似性采用 Jaccard 指数: $C_j=j/(a+b-j)$,式中 C_j 为相似性系数, a 为群落 A 的种数, b 为群落 B 中的种数, j 为 A、B 两者共有种数^[23]。鸟类的群落结构利用非度量多维尺度标度法(NMDS)进行分析。使用 NMDS 碎石图表示两种调查方法获得的群落结构差异及季节性变化。群落结构的 NMDS 分析借助 RStudio-v1.2.1335(RStudio, Inc, Boston, MA)的 vegan R 软件包完成,绘图使用 ggplot2 包^[24]。其他统计分析在 SPSS 21.0 软件上进行。统计显著性设置为 $P<0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 鸟类群落组成

两种鸟类调查方法共记录到鸟类 15 目 36 科 97 种(表 1),其中样线法记录到鸟类 11 目 27 科 57 种,占总物种数的 58.76%;网捕法记录到鸟类 14 目 32 科 83 种,占总物种数的 85.57%。两种方法均记录到的鸟类有 43 种,占总物种数的 44.33%。样线法单独记录到的鸟类种类有 14 种,网捕法单独记录到鸟类有 40 种。样线法每周期记录到的鸟类为 (16.06 ± 5) 种,而网捕法每周期记录的鸟类为 (17 ± 7.01) 种,两者不存在显著性差异($t=-0.435, df=30, P=0.666$)。

两种方法均记录的鸟类类群有 10 目,分别是鸽形目、鹤形目、鸻形目、鸡形目、鹑形目、雀形目、隼形目、鸱形目、啄木鸟目、犀鸟目。雁形目鸟类只在样线法中记录到,如斑嘴鸭(*Anas zonorhyncha*)、绿头鸭(*Anas luzonica*);而鸱形目鸟类如纵纹腹小鸮(*Athene noctua*)、夜鹰目鸟类如普通夜鹰(*Caprimulgus jotaka*)、佛法僧目鸟类如普通翠鸟(*Alcedo atthis*)、鹰形目鸟类如日本松雀鹰(*Accipiter gularis*)仅在网捕法中记录到。样线法每周期记录到的鸟类有 (6.18 ± 2.23) 目,网捕法每周期记录到的鸟类有 (6.88 ± 2.28) 目,两者之间也不存在显著性差异($t=-0.863, df=30, P=0.395$)。

样线法记录到 4 种鸟类优势物种,分别是麻雀(*Passer montanus*)、家燕(*Hirundo rustica*)、喜鹊(*Pica pica*)、家鸽(*Columba domestica*);网捕法记录到 12 种鸟类优势物种,分别是鹌鹑(*Coturnix japonica*)、灰背鸫(*Turdus hortulorum*)、红尾伯劳(*Lanius cristatus*)、布氏鹀(*Anthus godlewskii*)、斑鸫(*Turdus eunomus*)、纵纹腹小鸮、喜鹊、扇尾沙锥(*Gallinago gallinago*)、红角鸮(*Otus sunia*)、栗耳鸮(*Emberiza fucata*)、山斑鸠(*Streptopelia orientalis*)、家燕(表 1)。由此可见,通过网捕法和样线法调查的鸟类群落优势物种具有较大的差别。并且在样线调查中,其单独记录物种的鸟类的数量为 208 只次,仅占记录鸟类总数的 3.89%;而在网捕调查中,其单独记录物种的鸟类的数量为 422 只次,占记录鸟类总数的 45.87%,两者记录到独特物种的鸟类数量也具有较大差异。由以上数量特征分析比较可见,两种方法调查到的鸟类组成存在较大的区别。

2.2 群落组成的季节差异

春季共记录到鸟类 14 目 31 科 76 种,其中样线法记录到 11 目 25 科 46 种,网捕法记录到 11 目 23 科 53 种。样线法每周期记录到的鸟类种数为 (18.75 ± 5.04) 种,网捕法记录到的鸟类种数为 (16.25 ± 7.4) 种,两者不

表 1 桃仙机场鸟类物种组成和数量等级
Table 1 Species composition and abundance of bird community in Taioxian Airport

目 Order	科 Family	物种 Species	英文名 English name	代称 Abbreviation	样线法 Line transect		网捕法 Mist-net		
					春季 Spring	秋季 Autumn	春季 Spring	秋季 Autumn	
鸡形目 Galliformes	雉科 Phasianidae	鹌鹑 <i>Coturnix japonica</i>	Japanese Quail	JQ					
鸡形目 Galliformes	雉科 Phasianidae	环颈雉 <i>Phasianus colchicus</i>	Common Pheasant	CH	+	++	+		+
雁形目 Anseriformes	鸭科 Anatidae	斑嘴鸭 <i>Anas zonorhynchos</i>	Chinese Spot-billed Duck	SB	+	++			
雁形目 Anseriformes	鸭科 Anatidae	绿头鸭 <i>Anas platyrhynchos</i>	Mallard	MA	+	++			
鸽形目 Columbiformes	鸠鸽科 Columbidae	灰斑鸠 <i>Streptopelia decaocto</i>	Eurasian Collared Dove	EC	+	++			+
鸽形目 Columbiformes	鸠鸽科 Columbidae	家鸽 <i>Columba domestica</i>	Pigeon	PI	++++	+++			+
鸽形目 Columbiformes	鸠鸽科 Columbidae	山斑鸠 <i>Streptopelia orientalis</i>	Oriental Turtle Dove	OD	++	+++			++
夜鹰目 Caprimulgiformes	夜鹰科 Caprimulgidae	普通夜鹰 <i>Caprimulgus jotaka</i>	Grey Nightjar	GN					+
夜鹰目 Caprimulgiformes	雨燕科 Apodidae	白腰雨燕 <i>Apus pacificus</i>	Fork-tailed Swift	FT					+
鸮形目 Cuculiformes	杜鹃科 Cuculidae	大杜鹃 <i>Cuculus canorus</i>	Common Cuckoo	CC	+				+
鸮形目 Cuculiformes	杜鹃科 Cuculidae	四声杜鹃 <i>Cuculus micropterus</i>	Indian Cuckoo	IN	+				+
鹤形目 Gruiformes	秧鸡科 Rallidae	黑水鸡 <i>Gallinula chloropus</i>	Common Moorhen	CM					
鹤形目 Gruiformes	秧鸡科 Rallidae	斑胁田鸡 <i>Zapornia paykallii</i>	Band-bellied Crake	BB			+		
鹤形目 Gruiformes	秧鸡科 Rallidae	红胸田鸡 <i>Zapornia fusca</i>	Ruddy-breasted Crake	RA			+		
鹤形目 Gruiformes	秧鸡科 Rallidae	普通秧鸡 <i>Rallus indicus</i>	Brown-cheeked Rail	WR			+		+
鹤形目 Gruiformes	秧鸡科 Rallidae	小田鸡 <i>Zapornia pusilla</i>	Baillon's Crake	BC			+		+
鹤形目 Charadriiformes	鹤科 Charadriidae	金眶鸻 <i>Charadrius tibicus</i>	Little Ringed Plover	LR			+		+
鹤形目 Charadriiformes	鹤科 Scolopacidae	矶鹬 <i>Actitis hypoleucos</i>	Common Sandpiper	CS			+		+
鹤形目 Charadriiformes	鹤科 Scolopacidae	灰尾漂鹬 <i>Tringa brevipes</i>	Grey-tailed Tattler	GT			+		
鹤形目 Charadriiformes	鹤科 Scolopacidae	丘鹨 <i>Scolopax rusticola</i>	Eurasian Woodcock	ED			+		++
鹤形目 Charadriiformes	鹤科 Scolopacidae	大沙锥 <i>Gallinago megala</i>	Swinhoe's Snipe	SS			+		
鹤形目 Charadriiformes	鹤科 Scolopacidae	扇尾沙锥 <i>Gallinago gallinago</i>	Common Snipe	CI			+		+
鹤形目 Charadriiformes	三趾鹬科 Turnicidae	黄脚三趾鹬 <i>Turnix tanki</i>	Yellow-legged Buttonquail	YL					+
鹤形目 Pelecaniformes	鹭科 Ardeidae	苍鹭 <i>Ardea cinerea</i>	Grey Heron	GH					+
鹤形目 Pelecaniformes	鹭科 Ardeidae	池鹭 <i>Ardeola bacchus</i>	Chinese Pond Heron	CP	+				+
鹤形目 Pelecaniformes	鹭科 Ardeidae	大白鹭 <i>Ardea alba</i>	Great Egret	GE					+
鹤形目 Pelecaniformes	鹭科 Ardeidae	绿鹭 <i>Butorides striata</i>	Striated Heron	SH					+
鹤形目 Pelecaniformes	鹭科 Ardeidae	黄斑苇鹈 <i>Ixobrychus sinensis</i>	Yellow Bittern	YB					+
鹤形目 Pelecaniformes	鹭科 Ardeidae	紫背苇鹈 <i>Ixobrychus eurhythmus</i>	Von Schrenck's Bittern	VS					+
鹰形目 Accipitriformes	鹰科 Accipitridae	日本松雀鹰 <i>Accipiter gularis</i>	Japanese Sparrowhawk	JS					+
鸮形目 Strigiformes	鸮科 Strigidae	长耳鸮 <i>Asio otus</i>	Long-eared Owl	LL					+
鸮形目 Strigiformes	鸮科 Strigidae	短耳鸮 <i>Asio flammeus</i>	Short-eared Owl	SE					+
鸮形目 Strigiformes	鸮科 Strigidae	红角鸮 <i>Otus scops</i>	Oriental Scops Owl	SO				++	+

续表

目 Order	科 Family	鸟种 Species	英文名 English name	代称 Abbreviation	样线法 Line transect		网捕法 Mist-net capture	
					春季 Spring	秋季 Autumn	春季 Spring	秋季 Autumn
鸚形目 Strigiformes	鸚鴞科 Strigidae	日本鸚鴞 <i>Ninox japonica</i>	Northern Boobook	BH			+	+
鸚形目 Strigiformes	鸚鴞科 Strigidae	纵纹腹小鸚 <i>Athene noctua</i>	Little Owl	LO			+	++
犀鸟目 Bucerotiformes	戴胜科 Upupidae	戴胜 <i>Upupa epops</i>	Eurasian Hoopoe	EU	+		++	+
佛法僧目 Coraciiformes	翠鸟科 Alcedinidae	普通翠鸟 <i>Alcedo atthis</i>	Common Kingfisher	CN			+	+
啄木鸟目 Piciformes	啄木鸟科 Picidae	大斑啄木鸟 <i>Dendrocopos major</i>	Great Spotted Woodpecker	GW	+			+
啄木鸟目 Piciformes	啄木鸟科 Picidae	灰头绿啄木鸟 <i>Picus canus</i>	Grey-headed Woodpecker	GR	+			
啄木鸟目 Piciformes	啄木鸟科 Picidae	蚁鴟 <i>Jynx torquilla</i>	Eurasian Wryneck	EW		+		+
啄木鸟目 Piciformes	啄木鸟科 Picidae	棕腹啄木鸟 <i>Dendrocopos hyperythrus</i>	Rufous-bellied Woodpecker	RB		+		+
隼形目 Falconiformes	隼科 Falconidae	红隼 <i>Falco tinnunculus</i>	Common Kestrel	CK	++	++		+
隼形目 Falconiformes	隼科 Falconidae	红脚隼 <i>Falco amurensis</i>	Anur Falcon	RF				+
隼形目 Falconiformes	隼科 Falconidae	灰背隼 <i>Falco columbarius</i>	Merlin	ME	+			+
隼形目 Falconiformes	隼科 Falconidae	燕隼 <i>Falco subbuteo</i>	Eurasian Hobby	EH	+			+
雀形目 Passeriformes	黄鹡鹑科 Oriolidae	黑枕黄鹡鹑 <i>Oriolus chinensis</i>	Black-naped Oriole	BN	+			
雀形目 Passeriformes	伯劳科 Laniidae	红尾伯劳 <i>Lanius cristatus</i>	Brown Shrike	BI	++	++		++
雀形目 Passeriformes	伯劳科 Laniidae	灰伯劳 <i>Lanius excubitor</i>	Great Grey Shrike	GG	+			
雀形目 Passeriformes	伯劳科 Laniidae	楔尾伯劳 <i>Lanius sphenocercus</i>	Chinese Grey Shrike	CG	+			+
雀形目 Passeriformes	鸦科 Corvidae	大嘴乌鸦 <i>Corvus macrorhynchos</i>	Large-billed Crow	LC	++			+
雀形目 Passeriformes	鸦科 Corvidae	灰喜鹊 <i>Cyanopica cyanus</i>	Azure-winged Magpie	AW	+++	++		+
雀形目 Passeriformes	鸦科 Corvidae	喜鹊 <i>Pica pica</i>	Common Magpie	CA	++++	++++		++
雀形目 Passeriformes	山雀科 Paridae	大山雀 <i>Parus cinereus</i>	Cinereous Tit	CT	++	++		+
雀形目 Passeriformes	百灵科 Alaudidae	凤头百灵 <i>Galerida cristata</i>	Crested Lark	CL				+
雀形目 Passeriformes	百灵科 Alaudidae	云雀 <i>Alauda arvensis</i>	Eurasian Skylark	ES	++			
雀形目 Passeriformes	蝗莺科 Locustellidae	矛趾蝗莺 <i>Locustella lanceolata</i>	Lanceolated Warbler	LA				+
雀形目 Passeriformes	蝗莺科 Locustellidae	小蝗莺 <i>Locustella certhiola</i>	Pallas's Grasshopper Warbler	RR				+
雀形目 Passeriformes	燕科 Hirundinidae	家燕 <i>Hirundo rustica</i>	Barn Swallow	BS	+++	+++		++
雀形目 Passeriformes	燕科 Hirundinidae	金腰燕 <i>Cecropis daurica</i>	Red-rumped Swallow	RE		+		+
雀形目 Passeriformes	鹎科 Pycnonotidae	白头鹎 <i>Pycnonotus sinensis</i>	Light-vented Bulbul	LV	++	++		+
雀形目 Passeriformes	柳莺科 Phylloscopidae	黄眉柳莺 <i>Phylloscopus inornatus</i>	Yellow-browed Warbler	YE				+
雀形目 Passeriformes	柳莺科 Phylloscopidae	棕眉柳莺 <i>Phylloscopus armandii</i>	Yellow-streaked Warbler	YS				+
雀形目 Passeriformes	莺鹟科 Sylviidae	棕头鸦雀 <i>Sinuthora webbiana</i>	Vinous-throated Parrotbill	VT	+++	++		+
雀形目 Passeriformes	绣眼鸟科 Zosteropidae	红胁绣眼鸟 <i>Zosterops erythropleurus</i>	Chestnut-flanked White-eye	CF				+
雀形目 Passeriformes	苇莺科 Acrocephalidae	黑眉苇莺 <i>Acrocephalus bistrigiceps</i>	Black-browed Reed Warbler	BA				+
雀形目 Passeriformes	椋鸟科 Sturnidae	北椋鸟 <i>Agropsar sturninus</i>	Daurian Starling	DS		+		+
雀形目 Passeriformes	椋鸟科 Sturnidae	灰椋鸟 <i>Spodiopsar cinereus</i>	White-cheeked Starling	WC	+	+		+

续表

目 Order	科 Family	鸟种 Species	英文名 English name	代称 Abbreviation	样线法 Line transect		网捕法 Mist-net capture	
					春季 Spring	秋季 Autumn	春季 Spring	秋季 Autumn
雀形目 Passeriformes	鸫科 Turdidae	白腹鸫 <i>Turdus pallidus</i>	Pale Thrush	PT			+	
雀形目 Passeriformes	鸫科 Turdidae	白眉鸫 <i>Turdus obscurus</i>	Eyebrowed Thrush	EY			+	
雀形目 Passeriformes	鸫科 Turdidae	斑鸫 <i>Turdus eunomus</i>	Dusky Thrush	DT	+	+	++	++
雀形目 Passeriformes	鸫科 Turdidae	赤颈鸫 <i>Turdus rufocollis</i>	Red-throated Thrush	RH			+	
雀形目 Passeriformes	鸫科 Turdidae	灰背鸫 <i>Turdus hortulorum</i>	Grey-backed Thrush	GB	+	+	+++	++
雀形目 Passeriformes	鹎科 Muscicapidae	白喉矶鹎 <i>Monticola gularis</i>	White-throated Rock Thrush	WT		+		
雀形目 Passeriformes	鹎科 Muscicapidae	白眉姬鹎 <i>Ficedula zanthopygia</i>	Yellow-rumped Flycatcher	YR			+	
雀形目 Passeriformes	鹎科 Muscicapidae	黑喉石鹟 <i>Saxicola maurus</i>	Siberian Stonechat	ST	+		+	+
雀形目 Passeriformes	鹎科 Muscicapidae	红肋蓝尾鹟 <i>Tarsiger cyanurus</i>	Orange-flanked Bluetail	OF			+	+
雀形目 Passeriformes	鹎科 Muscicapidae	红喉歌鸲 <i>Calliope calliope</i>	Siberian Rubythroat	SR	+		+	+
雀形目 Passeriformes	鹎科 Muscicapidae	红喉姬鹎 <i>Ficedula albicilla</i>	Taiga Flycatcher	TF	+		+	
雀形目 Passeriformes	鹎科 Muscicapidae	灰纹鹎 <i>Muscicapa griseica</i>	Grey-streaked Flycatcher	GS			+	+
雀形目 Passeriformes	鹎科 Muscicapidae	蓝喉歌鸲 <i>Luscinia svecica</i>	Bluetheath	BU			+	+
雀形目 Passeriformes	鹎科 Muscicapidae	蓝歌鸲 <i>Luscinia cyane</i>	Siberian Blue Robin	SI			+	+
雀形目 Passeriformes	鹎科 Muscicapidae	鸫姬鹎 <i>Ficedula mugimaki</i>	Mugimaki Flycatcher	MF			+	+
雀形目 Passeriformes	雀科 Passeridae	麻雀 <i>Passer montanus</i>	Eurasian Tree Sparrow	ET	++++	++++	+	+++
雀形目 Passeriformes	鹡鹑科 Motacillidae	布氏鹡鹑 <i>Anthus godlewskii</i>	Blyth's Pipit	BP			+	+
雀形目 Passeriformes	鹡鹑科 Motacillidae	白鹡鹑 <i>Motacilla alba</i>	White Wagtail	WW	++	++	+	++
雀形目 Passeriformes	鹡鹑科 Motacillidae	红喉鹡鹑 <i>Anthus cervinus</i>	Red-throated Pipit	RT		+		++
雀形目 Passeriformes	鹡鹑科 Motacillidae	黄鹡鹑 <i>Motacilla tschutschensis</i>	Eastern Yellow Wagtail	YW			+	+
雀形目 Passeriformes	鹡鹑科 Motacillidae	树鹡鹑 <i>Anthus hodgsoni</i>	Olive-backed Pipit	OT			+	+
雀形目 Passeriformes	燕雀科 Fringillidae	金翅雀 <i>Chloris sinica</i>	Grey-capped Greenfinch	GC	++	+	+	+
雀形目 Passeriformes	燕雀科 Fringillidae	燕雀 <i>Fringilla montifringilla</i>	Brambling	BR	+		+	+
雀形目 Passeriformes	鹀科 Emberizidae	黄眉鹀 <i>Emberiza chrysophrys</i>	Yellow-browed Bunting	YD			+	+
雀形目 Passeriformes	鹀科 Emberizidae	黄喉鹀 <i>Emberiza elegans</i>	Yellow-throated Bunting	YT	+		+	+
雀形目 Passeriformes	鹀科 Emberizidae	灰头鹀 <i>Emberiza spodocephala</i>	Black-faced Bunting	BF	+	+	+	+
雀形目 Passeriformes	鹀科 Emberizidae	栗耳鹀 <i>Emberiza fucata</i>	Chestnut-eared Bunting	CE			++	+
雀形目 Passeriformes	鹀科 Emberizidae	三道眉草鹀 <i>Emberiza citoides</i>	Meadow Bunting	MB	+	+	+	+
雀形目 Passeriformes	鹀科 Emberizidae	小鹀 <i>Emberiza pusilla</i>	Little Bunting	LB		+		+
雀形目 Passeriformes	鹀科 Emberizidae	苇鹀 <i>Emberiza pallasi</i>	Pallas's Bunting	PB				+

++++ ≥ 100 只; 100 只 > +++ ≥ 50 只; 50 只 > ++ ≥ 10 只; 10 只 > + < 10 只; 鸟类代称为鸟类英文名简化而来

存在显著性的差异 ($t = 0.79, df = 14, P = 0.443$), 同时, 在鸟类的类群指标上, 样线法记录到的鸟类类群为 (7.625 ± 2.13) 目, 网捕法记录到的鸟类类群为 (6.875 ± 2.7) 目, 两者也不存在显著性的差异 ($t = 0.617, df = 14, P = 0.547$)。

秋季记录到鸟类 14 目 34 科 78 种, 样线法记录到 7 目 20 科 32 种, 网捕法记录到 13 目 30 科 68 种。样线法每周期记录到的鸟类种数为 (13.375 ± 3.42) 种, 网捕法记录到的鸟类种数为 (17.75 ± 7.03) 种, 两者不存在显著性的差异 ($t = -1.353, df = 14, P = 0.197$), 但是, 在鸟类的类群指标上, 网捕法记录到鸟类类群数 (6.88 ± 1.96) 目显著高于样线法 (4.75 ± 1.17) 目; $t = -2.637, df = 14, P = 0.02$ 。

2.3 鸟类丰富度与调查强度及鸟类数量组成的关系

随着调查频次的增加, 两种调查方法记录到的鸟类物种数均是先上升, 后达到相对稳定的状态。样线法每增加 1 次调查强度, 新增加记录鸟种数为 (3.56 ± 3.67) 种, 当调查次数达到 11 次时, 样线法记录到鸟类物种数增加的数量小于平均值, 逐渐达到渐近曲线 (图 2); 而网捕法随调查次数的增加, 平均记录鸟种增加数量为 (5.25 ± 5.07) 种, 在调查次数达到 13 次时, 网捕法调查的鸟类物种数的增加数量小于平均值, 逐渐达到渐近曲线。另外, 网捕法记录到的鸟类丰富度极显著地高于样线法 ($Z = -3.52, P < 0.01$)。

随记录鸟类数量比例的上升, 网捕法记录到的物种数也显著高于样线法 ($Z = -3.928, P < 0.01$)。样线法每增加 5% 的鸟类数量比例, 平均记录鸟种增加数量为 (2.85 ± 3.54) 种, 当鸟类数量比例达到 50% 时, 样线法记录到的鸟类物种数增加数量小于平均值, 逐渐达到渐近曲线 (图 2); 而网捕法每增加 5% 的鸟类数量比例, 平均记录鸟种增加数量为 (4.1 ± 4.91) 种, 在鸟类数量比例达到 55% 时, 网捕法记录到的鸟类物种数增加量小于平均值, 逐渐达到渐近曲线。

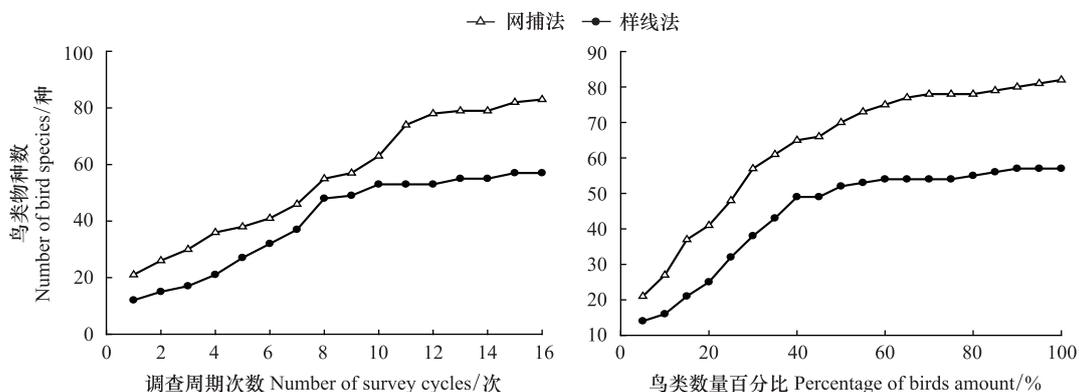


图 2 桃仙机场样线法和网捕法记录到鸟类的物种数与调查次数和鸟类数量组成的关系

Fig.2 Comparison in the relationship of species richness of bird and number of the census, and proportion of the birds, respectively between line transects and mist-net capture in Taoxian Airport

2.4 鸟类群落结构的差异

对鸟类群落组成数据进行 NMDS 分析, 结果如图 3 所示 (图 3 中鸟类代称见表 1 所示)。在二维的 NMDS 图上, 两种方法记录到的鸟类群落结构存在明显区别。样线法调查到的鸟类群落比较集中, 主要分布于 NMDS 的左侧, 季节间存在一定重叠, 春、秋季物种相似性系数为 0.51。同时, 季节间也存在一定的差别, 如灰喜鹊 (*Cyanopica cyanus*)、家燕、棕头鸦雀 (*Sinosuthora webbiana*)、云雀 (*Alauda arvensis*)、白鹡鸰 (*Motacilla alba*) 等鸟类对春季鸟类群落的贡献较大, 而麻雀、喜鹊、家鸽、山斑鸠、环颈雉 (*Phasianus colchicus*)、斑嘴鸭、绿头鸭等鸟类对秋季鸟类群落的贡献较大, 说明这些物种是样线法调查可记录到的典型鸟类; 相反, 通过网捕法调查到的鸟类群落比较分散, 主要分布在 NMDS 的右侧, 这说明该方法记录到的鸟类群落构成波动较大, 并明显区别于样线法。网捕法调查到鸟类群落组成在春、秋季间重叠较大, 相似性系数为 0.55。季节间也有一定的差别, 如斑鸠、灰背鹑、纵纹腹小鹑、丘鹑 (*Scolopax rusticola*)、小田鸡 (*Zapornia pusilla*)、燕雀 (*Fringilla*)

的区域更大和生境更为多样,并且,调查时也可以通过鸟类的鸣声识别鸟类,这些因素均有利于样线法记录更丰富的鸟类,而网捕法仅在机场草坪区附近采样,理论上记录到的鸟类多样性应该低于其他方法,但结果相反^[30]。关于这两种方法在鸟类调查中记录物种数量的效率还需要更多的研究来验证。

从调查效果来看,随调查频次和鸟类数量组成增加,样线法相较于网捕法能更快地达到记录物种的渐近线。此外,网捕法记录到的鸟类优势度物种数要明显多于样线法,这都说明样线法作为一个有效的鸟情调研方法,可以较快获得调查区的基本鸟情信息,尽管得到的鸟情信息并不能完全反映当地的实际鸟类多样性;而网捕法记录的鸟类群落的分散性更高,物种多样性显著高于样线法,这也使得网捕法记录的鸟类物种数量峰值高于样线法,能够更全面地反映当地的鸟类组成。

并且,两种方法共同记录到的鸟类物种数量比例也具有较大的差异,在样线法中占 96.11%,网捕法占 54.13%,进一步说明样线法更偏向于记录较为常见的鸟类。两种方法各自记录的鸟类物种数量同样具有差异,在样线法中仅占 3.89%,网捕法占 45.87%,也进一步支持了上述观点。总而言之,从鸟类数量组成特征上看,本研究认为样线法记录常见物种的概率更高,而网捕法可以记录更多的不常见物种。

3.2 两种方法调查的鸟类群落组成差异

从群落结构分析发现,不仅两种方法调查的鸟类群落结构存在巨大差异,季节间也有一定差别。网捕法记录到较高比例的鸮形目鸟类,如长耳鸮、短耳鸮、红角鸮、日本鹰鸮、纵纹腹小鸮等,而在本研究样线调查中却没有被记录到。大多数的鸮形目鸟类作为夜行性鸟类,主要在夜间活动觅食,不太容易在样线法中被记录到^[31-33]。另外,网捕法记录到较大数量的鹌鹑、丘鹑、小田鸡、黄脚三趾鹑等陆栖鸟类和水鸟。这些鸟类尽管活动隐秘,但对机场鸟撞的风险也较高,采用常用的样线调查很难进行有效评估。同样,样线法记录到的斑嘴鸭、绿头鸭等雁鸭类鸟类和苍鹭、池鹭、大白鹭等水鸟在网捕法中几乎未被记录到。而这些物种由于个体较大,是机场鸟击防范的重点物种。因此,通过群落组成分析表明任何一种调研方法均很难全面了解当地机场的鸟情状况,综合采用两种调研方法可更好地反映实际的鸟情信息。

3.3 对民航机场鸟情调研方法的启示

本研究表明,虽然样线法和网捕法在鸟类种类及类群水平的调查效率类似,但在调查能力以及调查的鸟类群落组成上也有着较大的差别。根据中国民用航空局发布的机场鸟情调研指南^[34],目前国内已经开展的机场鸟类调查主要采用样线法、样点法,调查方法较为局限。本研究认为,在之后对机场周边鸟类群落的调查设计中,调查人员应依据调查区域的情况,有选择性的选取合适的调查方法,在条件允许的情况下,采用多种调查方法进行综合鸟类调查将是一个更好的选择。

此外,网捕法与样线法对鸟类数量的调查能力也有显著差异。利用样线法计算鸟类密度相对简单,也在很多研究中有所提及^[35],而网捕法可采用标记重捕法计算鸟类密度。但是,该方法工作量大,效率低,受鸟情影响较大,不适合机场开展鸟类密度的估算。因此,本研究认为,在进行机场鸟情调查时,应以样线法为主,其他多种方法为辅,综合进行机场周边的鸟类群落调查。例如,在鸟情复杂的时期,如鸟类迁徙季节或繁殖期,应补充网捕法调查,针对夜行性鸟类及夜间迁徙鸟类等,也可以利用网捕法或鸣声回放法进行调查。此外,对于需要估算鸟类密度的调查,应该使用样线法,并且样线设置应覆盖样区内各种生境。

本文作为国内首先对机场两种常见鸟类调查方法进行对比的工作,对于机场选择合理的鸟情调查方法有着重要的指导意义。目前仅对样线法和网捕法两种方法进行了比较研究,建议进一步开展样点法等调查方法的效果评估,完善各种调研方法使用指南制定,进一步为机场鸟情调查提供科学指导。

参考文献(References):

- [1] Servoss W, Engeman R M, Fairraizl S, Cummings J L, Groninger N P. Wildlife hazard assessment for phoenix sky harbor international airport. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 2000, 45(3/4): 111-127.
- [2] Soldatini C, Geogalas V, Torricelli P, Albores-Barajas Y A. An ecological approach to birdstrike risk analysis. *European Journal of Wildlife Research*, 2010, 56(4): 623-632.

- [3] 李玉龙, 石膏鹏. 民用飞机鸟撞研究现状. 航空学报, 2012, 33(2): 189-198.
- [4] 陈成. 机场鸟类动态与防治研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2013.
- [5] DeVault T L, Blackwell B F, Belant J Y. Wildlife in Airport Environments Preventing Animal-aircraft Collisions Through Science-based Management. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2013.
- [6] Dolbeer R A. Height distribution of birds recorded by collisions with civil aircraft. Journal of Wildlife Management, 2006, 70(5): 1345-1350.
- [7] 李晓娟, 周材权, 杜杰, 黄燕, 明信斌, 吴雪, 郑江萍. 机场鸟击特点及防范体系构建. 四川动物, 2018, 37(1): 22-29.
- [8] 高云. 武汉天河国际机场鸟击特点分析及防范对策. 野生动物学报, 2018, 39(4): 820-826.
- [9] Gilsdorf J M, Hygnstrom S E, VerCauteren K C. Use of frightening devices in wildlife damage management. Integrated Pest Management Reviews, 2002, 7(1): 29-45.
- [10] 王占彬, 程朝朝, 孙平, 胡艳红, 薛娴. 机场鸟撞的生态防治. 生物学通报, 2009, 44(9): 1-3.
- [11] 金麟雨, 李舒萌, 赵小英, 刘泰杉, 范陈, 李东来. 煤气炮和声波驱鸟器有效距离的评估. 应用生态学报, 2021, 32(1): 326-332.
- [12] 周璐璐, 周立志, 万政云, 薛委委, 李春林, 许仁鑫. 合肥新桥国际机场鸟类多样性及鸟击风险评价. 四川动物, 2013, 32(4): 619-626.
- [13] 郑佳, 贾晓东, 杨兴中. 咸阳国际机场鸟类群落调查及鸟击防范措施. 生态学杂志, 2015, 34(6): 1607-1613.
- [14] 吴雪, 杜杰, 李晓娟, 廖文波. 重庆江北机场鸟类群落结构及鸟击防范. 生态学杂志, 2015, 34(7): 2015-2024.
- [15] Roberts J P, Schnell G D. Comparison of survey methods for wintering grassland birds. Journal of Field Ornithology, 2006, 77(1): 46-60.
- [16] Verner J, Ritter L V. A comparison of transects and point counts in oak-pine woodlands of California. The Condor, 1985, 87(1): 47-68.
- [17] Sutherland W J, Newton I, Green R E. Bird Ecology and Conservation: a Handbook of Techniques. Oxford: Oxford University Press, 2004.
- [18] 沈阳市统计局, 国家统计局沈阳调查队. 沈阳统计年鉴 2018. 沈阳: 沈阳市统计局, 2019.
- [19] 王莹, 施媛, 金麟雨, 关爽, 黄子强, 郝恒宇, 万冬梅, 李东来. 沈阳桃仙国际机场鸟类夜间迁徙规律. 应用生态学报, 2019, 30(1): 292-300.
- [20] 约翰·马敬能, 卡伦·菲力普斯. 中国鸟类野外手册. 卢何芬, 译. 长沙: 湖南教育出版社, 2000.
- [21] 郑光美. 中国鸟类分类与分布名录(第三版). 北京: 科学出版社, 2017.
- [22] Magurran A E. Ecological Diversity and its Measurement. London: Croom Helm, 1988.
- [23] 蒋科毅, 吴明, 邵学新, 吕咏. 杭州湾及钱塘江河口南岸滨海湿地鸟类群落多样性及其对滩涂围垦的响应. 生物多样性, 2013, 21(2): 214-223.
- [24] 张菁, 白煜, 黄子强, 张正旺, 李东来. 盐地碱蓬盐沼与相邻泥质滩涂湿地迁徙期鹁鹑类的群落组成及行为差异. 生物多样性, 2021, 29(3): 351-360.
- [25] Gibbs J P, Faaborg J. Estimating the viability of ovenbird and Kentucky warbler populations in forest fragments. Conservation Biology, 1990, 4(2): 193-196.
- [26] Wilson R R, Twedt D J, Elliott A B. Comparison of line transects and point counts for monitoring spring migration in forested wetlands. Journal of Field Ornithology, 2000, 71(2): 345-355.
- [27] Raman T R S. Assessment of census techniques for interspecific comparisons of tropical rainforest bird densities: a field evaluation in the Western Ghats, India. Ibis, 2003, 145(1): 9-21.
- [28] 蔡音亭, 干晓静, 马志军. 鸟类调查的样线法和样点法比较: 以崇明东滩春季盐沼鸟类调查为例. 生物多样性, 2010, 18(1): 44-49.
- [29] Cresswell W. Non-lethal effects of predation in birds. Ibis, 2008, 150(1): 3-17.
- [30] Poulin B, Lefebvre G, Pilard P. Quantifying the breeding assemblage of reedbed passerines with mist-net and point-count surveys. Journal of Field Ornithology, 2000, 71(3): 443-454.
- [31] 朱磊, 孙悦华, 胡锦涛. 中国鸮形目鸟类分类现状. 四川动物, 2012, 31(1): 170-175.
- [32] 许龙, 张正旺, 丁长青. 样线法在鸟类数量调查中的运用. 生态学杂志, 2003, 22(5): 127-130.
- [33] Pagen R W, Thompson III F R, Burhans D E. A comparison of point-count and mist-net detections of songbirds by habitat and time-of-season. Journal of Field Ornithology, 2012, 73(1): 53-59.
- [34] 中国民用航空局机场司. 关于印发《民用机场鸟情生态环境调研指南》的通知. http://www.caac.gov.cn/XXGK/XXGK/GFXWJ/201511/t20151102_8055.html.
- [35] Järvinen O, Väisänen R A. Estimating relative densities of breeding birds by the line transect method. Oikos, 1975, 26(3): 316-322.