

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

蔡音亭 干晓静 马志军*

(复旦大学生物多样性科学研究所, 生物多样性与生态工程教育部重点实验室,
长江河口湿地生态系统野外科学观测研究站, 上海 200433)

摘要: 为了探讨样线法和样点法对盐沼湿地鸟类调查的有效性及其适用性, 我们于2008年3–5月采用固定距离样线法和固定半径样点法对崇明东滩盐沼鸟类进行了调查。5次调查共记录到鸟类24种, 其中样线法记录到19种, 样点法记录到21种, 两种调查方法平均每次记录到的鸟类种数没有显著差异, 表明两种方法对盐沼鸟类种类的发现能力相似。两种方法得到的鸟类密度之间有显著的相关性, 说明两种方法在反映鸟类群落中每种鸟类的相对数量方面具有可比性。但除了仅在一项调查方法中记录到的种类, 样点法调查得到的每种鸟类密度和鸟类总密度均高于样线法的调查结果。因此, 在对鸟类种群或群落的时空特征进行比较时, 需要考虑所采用的调查方法对调查结果的影响。

关键词: 鸟类调查, 样线法, 样点法, 盐沼, 崇明东滩

A comparison of line transect and point count surveys: a case study of spring saltmarsh birds at Chongming Dongtan

Yinting Cai, Xiaojing Gan, Zhijun Ma*

Coastal Ecosystems Research Station of Yangtze River Estuary, Ministry of Education Key Laboratory for Biodiversity Science and Ecological Engineering, Institute of Biodiversity Science, Fudan University, Shanghai 200433

Abstract: We compared fixed-distance line transect and fixed-radius point count surveys for estimating saltmarsh bird richness and abundance at Chongming Dongtan. A total of 24 bird species were recorded during five surveys in spring 2008, 19 during line transects and 21 during point counts. The average number of species detected per survey did not differ between the two methods. Density estimates of individual species from the two methods were correlated, suggesting that the two methods consistently estimate relative abundance. However, density of individual species and of all species combined as estimated by point count surveys were higher than those by line transect surveys. Our results indicate that it is important to account for different survey methods when comparing temporal and spatial differences in bird species richness and abundance.

Key words: bird surveys, line transects, point counts, saltmarsh, Chongming Dongtan

开展鸟类资源的调查和监测工作, 了解种群数量、群落组成及其变化趋势, 是制定鸟类保护对策以及评价保护对策有效性的重要依据(郑光美, 1995; Casagrande & Beissinger, 1997; Robel *et al.*, 2000)。选择适宜的调查方法是开展资源调查和监测

工作的基础。鸟类调查的方法有样线法、样点法、标图法、标记重捕法、鸣声回放法、聚集地调查法等(Sutherland *et al.*, 2004), 其中样线法和样点法是最常采用的两种鸟类调查方法。样线法是指观察者按照一定的速度沿样线行进, 同时记录样线两侧发

收稿日期: 2009-06-18; 接受日期: 2009-11-11

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(2006CB403305)、国家自然科学基金(30670269)、上海市科学技术委员会重大项目(07DZ12038)和世界自然基金会湿地先锋行动项目资助

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: zhijunm@fudan.edu.cn

现的(包括见到的和听到的)鸟类个体。样点法是指观察者在事先选取的具有一定间隔的地点停留5–10分钟, 计数周围一定范围内发现的鸟类(Bibby *et al.*, 2000)。与其他鸟类调查方法相比, 在对相同面积的区域进行调查时, 样线法和样点法所花费的调查时间较少。分析样线法和样点法调查所获得的长期调查资料也可以了解鸟类种群数量的变化趋势(Verner & Ritter, 1985)。

目前, 大部分关于不同鸟类调查方法对调查结果的影响的研究是在林地(Verner & Ritter, 1985; Wilson *et al.*, 2000; Raman, 2003; Craig, 2004)、草地(Roberts & Schnell, 2006)或河岸(Dobkin & Rich, 1998)开展的, 而有关盐沼湿地鸟类调查方法的探讨还未见报道。在过去的半个多世纪, 盐沼湿地的面积减少, 质量下降, 栖息在其中的鸟类受到越来越多的关注(Greenberg, 2006)。了解不同调查方法对盐沼鸟类调查结果的影响, 可为选择适宜的方法开展盐沼鸟类调查提供依据。

根据所获得信息的多少以及精确程度, 鸟类调查可以在4个尺度上提供调查地区鸟类数量的信息: (1) 确定某种鸟类的有无; (2) 反映不同鸟类数量多少的排序; (3) 提供不同鸟类的数量之比; (4) 给出鸟类数量的准确估计值(Verner & Ritter, 1985)。本文以崇明东滩盐沼为研究地点, 对固定距离样线法(以下简称样线法)和固定半径样点法(以下简称样点法)的鸟类调查结果进行比较, 探讨两种调查方法所记录的鸟类种类和数量之间的关系。由于难以确定调查区域鸟类种类和数量的真实值, 本文在前3个尺度上对样线法和样点法的调查结果进行了比较。本研究结果可作为在相似的盐沼生境中选择鸟类调查方法的依据。另外, 由于在不同时间、不同地点开展鸟类调查的方法可能并不一致(Bajema *et al.*, 2001), 了解不同调查方法得到的结果之间是否具有可比性, 可为分析鸟类种群或群落变化的长期监测数据提供参考。

1 研究地点

崇明东滩位于长江口崇明岛的东端 (121°50′–122°05′ E, 31°25′–31°38′ N), 面积326 km²。由于长江径流夹带的泥沙在河口区域沉积, 崇明东滩滩涂湿地的面积不断增加。受围垦活动的影响, 大部分潮上带区域已被圈围, 目前滩涂湿地主要以潮间带

和潮下带区域为主。崇明东滩盐沼的主要高等植物为海三棱藨草(*Scirpus mariqueter*)、藨草(*S. triqueter*)和芦苇(*Phragmites australis*)。海三棱藨草和藨草是滩涂植物演替的先锋植物。随着滩涂不断淤涨, 高程逐渐升高, 淹水时间缩短, 海三棱藨草和藨草群落逐渐被芦苇群落代替。20世纪90年代中期, 互花米草(*Spartina alterniflora*)被引入到崇明东滩后, 在盐沼湿地快速扩散, 目前已成为崇明东滩盐沼的优势植物类型之一(徐宏发和赵云龙, 2005)。

崇明东滩为半日潮, 每天有2次涨落潮过程, 潮汐周期在14 d左右, 多年平均潮差为2.4–3.1 m。在大潮的高潮期, 全部盐沼湿地可被潮水淹没。

2 研究方法

2.1 样线及样点的设置

在盐沼的潮间带区域, 沿滩涂高程由高到低设置6条样线, 每条样线长0.6–2.0 km, 相邻样线的间隔均在1 km以上, 6条样线总长度为6.1 km。样线均设在渔民下滩作业时行走而形成的小路上(宽度小于2 m)。在调查期间, 很少有渔民在小路及周围活动, 因此对鸟类活动的影响很小。样点的设置采用系统抽样法, 在样线上每隔200 m设1处样点站并用GPS定位。6条样线上共设置31个样点站。

为了避免堤坝上人类活动的干扰及堤坝附近不同环境特征对鸟类群落的影响, 样线开始的位置和样点站的位置均距离堤岸100 m以上。

2.2 鸟类调查

2008年3–5月采用样线法和样点法各进行了5次鸟类调查。这段时间大多数鸟类即将开始繁殖, 活动比较频繁, 因此发现率较高。每次调查在1周内完成, 相邻两次调查的间隔时间在两周左右。调查期间天气多为晴天或多云, 没有降水、雾和大风。为了避免潮汐作用对鸟类活动的影响, 选择在退潮后进行调查, 一般在日出后开始, 并避免在鸟类活动强度较低的中午进行。在每次调查期间, 6条样线的调查顺序随机选择。

样线法和样点法的调查工作同时开展。采用样线法调查时, 2名调查人员同时沿样线以1–2 km/h的速度行进, 记录样线两侧各50 m距离内听到和见到的鸟类。采用样点法调查时, 相同的调查人员在到达样点站后立即开始记录样点站周围50 m内听到和见到的鸟类。每个样点站的计数时间为10 min

(Bibby *et al.*, 2000)。另外, 在接近样点站时被惊飞的鸟类也统计在内。为了减少调查人员在估测距离方面的误差, 在调查开始之前, 使用测距仪 (Bushnell 20-2018型)对调查人员在盐沼中的距离估测能力进行校对。

2.3 数据分析

分别计算样线法和样点法每次调查记录到的鸟类种类、数量及密度(Bibby *et al.*, 2000)。采用Kolmogorov-Smirnov检验判断调查数据是否符合正态分布。对于符合正态分布的数据, 采用配对*t*检验比较样线法和样点法每次调查到的鸟类种数和密度的差异; 如数据不符合正态分布, 则采用Wilcoxon秩和检验比较两种方法估计的鸟类种类和密度的差异。

为了确定两种方法调查到的鸟类个体数量多少的排序和个体数量之比上是否具有一致性, 将两种调查方法得到的鸟类密度进行Spearman相关分

析和Pearson相关分析。在采用Pearson相关分析时, 对不符合分析要求的数据进行对数转换。

调查期间, 银鸥(*Larus argentatus*)、白鹭(*Egretta garzetta*)等仅在调查区域上空飞过而不在调查区域停留的鸟类未包括在内。鸻科鸟类外形相似, 在野外作为一类(鸻类)进行记录, 在数据分析时也将其归为一类。

数值的表示方法为平均值 ± 标准差。数据的统计分析采用SPSS 12.0软件(SPSS Inc, 2003), 显著性水平设置在0.05。

3 结果

3.1 鸟类种类

本研究共记录到鸟类24种, 其中样线法记录到19种, 占全部种数的79%; 样点法记录到21种, 占全部种数的88%。有67%的种类(16种)在两种调查方法中都记录到(表1)。8种鸟类只在样线法或样点法

表1 在崇明东滩盐沼采用样线法与样点法调查的鸟类密度(ind./ha, n = 5)。P值显示对两种调查方法记录到的鸟类密度进行配对样本*t*检验或Wilcoxon秩和检验的比较结果。

Table 1 Bird densities estimated using line transect and point count surveys at saltmarshes of Chongming Dongtan, Shanghai (ind./ha, n = 5). P values indicate the significant level of paired-sample *t* test or Wilcoxon signed rank test.

鸟类名称 Species	样线法 Line transect surveys	样点法 Point count surveys	P
震旦鸦雀 <i>Paradoxornis heudei</i>	1.17 ± 0.60	2.51 ± 0.78	0.01 ^{a*}
东方大苇莺 <i>Acrocephalus orientalis</i>	1.12 ± 1.38	1.20 ± 1.27	0.59 ^a
斑背大尾莺 <i>Locustella pryeri</i>	0.37 ± 0.18	0.61 ± 0.24	0.01 ^{a*}
棕扇尾莺 <i>Cisticola juncidis</i>	0.30 ± 0.17	0.76 ± 0.27	0.002 ^{a*}
棕头鸦雀 <i>Paradoxornis webbianus</i>	0.32 ± 0.11	0.55 ± 0.20	0.05 ^a
攀雀 <i>Remiz consobrinus</i>	0.22 ± 0.39	0.66 ± 0.88	0.22 ^a
家燕 <i>Hirundo rustica</i>	0.20 ± 0.27	0.75 ± 0.02	0.20 ^a
大杜鹃 <i>Cuculus canorus</i>	0.15 ± 0.21	0.30 ± 0.42	0.18 ^b
黑眉苇莺 <i>Acrocephalus bistrigiceps</i>	0.04 ± 0.05	0.07 ± 0.12	0.32 ^a
蓝胸秧鸡 <i>Gallirallus striatus</i>	0.01 ± 0.01	0.16 ± 0.06	0.004 ^{a*}
黄苇莺 <i>Ixobrychus sinensis</i>	0.01 ± 0.01	0.07 ± 0.11	0.18 ^b
钝翅尾莺 <i>Acrocephalus concinens</i>	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.04	0.18 ^b
鹤鹑 <i>Tringa erythropus</i>	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.02	0.18 ^b
青脚鹬 <i>T. nebularia</i>	0.00 ± 0.01	0.02 ± 0.02	0.32 ^b
黑水鸡 <i>Gallinula chloropus</i>	0.00 ± 0.01	0.01 ± 0.02	0.32 ^b
池鹭 <i>Ardeola bacchus</i>	0.00 ± 0.01	□	—
白眉鸭 <i>Anas querquedula</i>	0.00 ± 0.01	□	—
北蝗莺 <i>Locustella ochotensis</i>	0.00 ± 0.01	□	—
紫背苇莺 <i>Ixobrychus eurhythmus</i>	□	0.01 ± 0.02	—
黄眉柳莺 <i>Phylloscopus inornatus</i>	□	0.01 ± 0.02	—
金腰燕 <i>Hirundo daurica</i>	□	0.01 ± 0.02	—
普通翠鸟 <i>Alcedo atthis</i>	□	0.01 ± 0.02	—
扇尾沙锥 <i>Gallinago gallinago</i>	□	0.01 ± 0.02	—
鸻类 <i>Emberiza spp.</i>	0.19 ± 0.25	0.75 ± 0.99	0.17 ^a
未识别鸟类 Unidentified birds	0.08 ± 0.08	0.48 ± 0.13	—
总计 Total	4.20 ± 1.35	8.95 ± 1.75	0.01 ^{a*}

□: 一种调查方法记录到而另一种调查方法未记录到的种类; a: 配对样本*t*检验的比较结果; b: Wilcoxon秩和检验的比较结果; * *P* < 0.05。
□: Bird species recorded during one method while not during another method; a: Results from paired-sample *t* test; b: Results from Wilcoxon signed rank test.

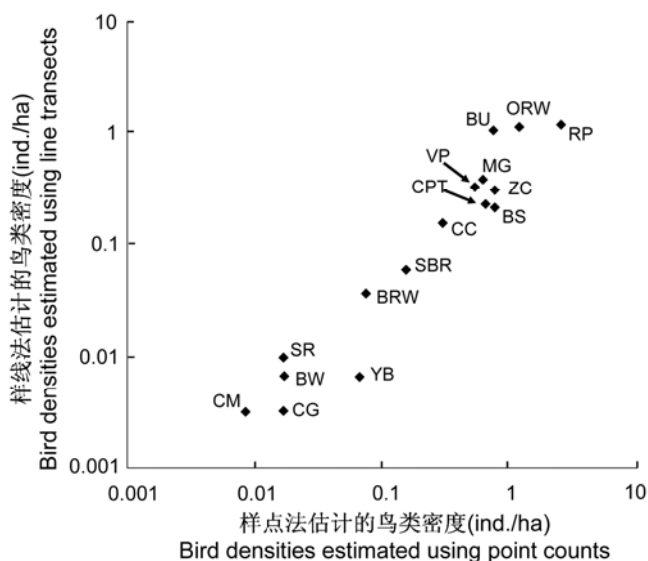


图1 样线法和样点法调查估计的崇明东滩盐沼鸟类密度。RP: 震旦鸦雀; MG: 斑背大尾莺; ZC: 棕扇尾莺; VP: 棕头鸦雀; CPT: 攀雀; SR: 鹤鹑; BS: 家燕; CG: 青脚鹑; YB: 黄苇鸭; BRW: 黑眉苇莺; ORW: 东方大苇莺; CC: 大杜鹃; BW: 钝翅尾莺; CM: 黑水鸡; SBR: 蓝胸秧鸡; BU: 鸕类。

Fig. 1 Bird densities estimated using line transect and point count surveys at saltmarshes of Chongming Dongtan, Shanghai. RP, Reed parrotbill; MG, Marsh grassbird; ZC, Zitting cisticola; VP, Vinous-throated parrotbill; CPT, Chinese penduline tit; SR, Spotted redshank; BS, Barn swallow; CG, Common green-shank; YB, Yellow bittern; BRW, Black-browed Reed warbler; ORW, Oriental reed warbler; CC, Common cuckoo; BW, Blunt-winged warbler; CM, Common moorhen; SBR, Slaty-breasted banded rail; BU, Buntings.

调查中记录到, 其中池鹭(*Ardeola bacchus*)、白眉鸭(*Anas querquedula*)和北蝗莺(*Locustella ochotensis*)3种仅在样线法调查时记录到; 紫背苇鸭(*Ixobrychus eurhythmus*)、黄眉柳莺(*Phylloscopus inornatus*)、金腰燕(*Hirundo daurica*)、普通翠鸟(*Alcedo atthis*)和扇尾沙锥(*Gallinago gallinago*)5种仅在样点法调查时记录到。这8种鸟类的密度均较低(表1)。样线法每次记录到鸟类 10.0 ± 1.9 种, 样点法每次记录到鸟类 9.2 ± 0.8 种, 两者没有显著差异($t = 1.41$, $df = 4$, $P = 0.23$)。

3.2 鸟类密度

除了仅在1种调查方法中记录到的鸟类, 样点法调查记录的鸟类密度均高于样线法, 其中样点法调查到的震旦鸦雀(*Paradoxornis heudei*)、斑背大尾莺(*Locustella pryeri*)、棕扇尾莺(*Cisticola juncidis*)和蓝胸秧鸡(*Gallirallus striatus*)的密度显著高于样线法的调查结果。样点法记录到的鸟类密度(8.95 ± 1.75 ind./ha)也显著高于样线法(4.20 ± 1.35 ind./ha, $P = 0.01$)(表1)。

Spearman相关分析结果表明, 样点法调查到的鸟类个体数量多少排序与样线法之间有显著相关性(相关系数 = 0.92, $P < 0.01$, $n = 16$)。两种方法调查到的鸟类个体数量之间也存在显著相关性(Pearson相关系数 = 0.97, $P < 0.01$, $n = 16$)(图1)。

4 讨论

4.1 两种方法对鸟类种类调查的能力

本研究结果表明, 样线法和样点法调查盐沼鸟

类种类的能力相似。两种方法调查分别记录到的鸟类种类约占两种方法记录到全部种类的79%和88%, 平均每次调查到的种数没有显著差异。另外, 67%的种类用两种方法都能够记录到, 而只在一种方法中记录到的鸟类数量均较少。在草地(Robel *et al.*, 2000; Roberts & Schnell, 2006)、森林(Ratkowsky & Rathowsky, 1979), 河滨(Anderson & Ohmart, 1981)等栖息地类型中开展的样线法与样点法比较也表明, 两种方法在调查鸟类种类方面具有相似的能力。从调查方式上讲, 两种方法都是利用视觉或听觉直接计数鸟类, 因此样点法被认为是行走速度为零的样线法(郑光美, 1995)。

Wilson等(2000)在调查春季迁徙期林地中的鸟类时发现, 样线法比样点法能发现更多的种类。原文作者认为, 这可能是因为候鸟在迁徙停歇期的活动性较低, 观察者沿样线走动对鸟类的惊扰增加了它们被发现的几率。然而, 虽然某些活动较隐秘鸟类只有被调查者惊飞或扰动后才能被发现(Sutherland *et al.*, 2004), 但在样线法调查时, 观察者在行走时可能会“遗漏”一些种类(Bibby *et al.*, 2000)。因此, 这两方面影响的综合效应可能导致样线法和样点法在调查鸟类种类方面具有相似的能力。

4.2 两种方法对鸟类密度调查的能力

本研究结果表明, 样点法调查到的鸟类密度高于样线法。这与Wilson等(2000)和Raman(2003)在林地中的研究结果一致。这可能是由于与样线法相比,

调查人员在每个样点站的停留不仅增加了发现周围鸟类的机会,而且能够记录到更多飞入调查区域的个体。另外,采用样点法调查时,同一只鸟被重复计数的可能性也大大增加(Wilson *et al.*, 2000; Raman, 2003),特别是在调查区域移动觅食的种类(Granholm, 1983)。Edwards等(1981)认为,与采用样线法调查时观察者处于移动状态相比,采用样点法调查时静止的观察者会引起雄鸟的领域行为,从而增加雄鸟被发现的概率。另外,采用样线法调查时,调查人员保持一定速度行进,用于寻找鸟类的精力相应减少(Reynolds *et al.*, 1980),所以样线法估计的鸟类密度较低。Dobkin和Rich(1998)的研究也表明,样点法比样线法调查更容易发现隐蔽的雌鸟。

通常情况下,调查所得到的鸟类数量只是真实数量的相对值,与真实数量存在一定差异(Verner & Ritter, 1985)。由于本研究的调查区域内鸟类种群的真实大小不可知,我们无法判断哪一种方法对鸟类密度的估计结果更准确。尽管如此,本研究表明,采用样点法与样线法调查所得到的鸟类数量等级排序以及鸟类数量多少均有显著的相关性。Robel等(2000)也发现,利用样线法和样点法调查所确定的鸟类群落结构具有很高相似性。因此,尽管用样线法和样点法调查所得到的鸟类密度不能进行定量比较,但在反映群落中每种鸟类的相对数量多少方面具有可比性。

4.3 盐沼鸟类调查方法的选择

郑光美(1995)、Bibby等(2000)和Buckland等(2001)给出了一些鸟类调查设计和实施的建议,同样可供在制定盐沼湿地鸟类调查计划时参考。另外,在盐沼湿地进行鸟类调查与在其他栖息地类型中又有所不同。盐沼湿地较泥泞,徒步行走困难,且大多数情况下无法借助交通工具。本研究将样线设在渔民下滩作业时行走的小路上,大大节省了行走所花费的时间和精力。如在茂密的盐沼植被中穿行,则需要花费大量的时间和精力,会降低行走过程中鸟类的发现率,这可能导致样线法的调查结果偏低。而样点法只在固定的样点站计数鸟类,对鸟类的记录可能更为有效。

盐沼通常有茂密的植被,会造成观察者对远处鸟类的识别和计数困难,从而导致调查的有效范围减小。由于样点法的调查面积与调查半径的平方成正比,样线法的调查面积与样线的宽度成正比,因

此采用样点法调查的有效面积减少程度高于采用样线法调查。Wilson等(2000)的研究也发现,由于活动隐秘的鸟类在距离观察者较近的地方更容易被发现,因此采用样线法调查能增加活动隐秘鸟类的发现概率。本研究结果表明,对于在两种调查方法中都记录到的鸟类,采用样线法调查所记录的鸟类密度都低于样点法。这可能与本研究在春季鸟类的繁殖前期进行调查,鸟类比较活跃有关。在实际调查中,为了减少盐沼茂密植被对调查的影响,一方面,根据鸣声识别鸟类非常重要;另一方面,可采用可变距离样线法或样点法进行调查,以减少因鸟类距离观察者远近不同而造成的发现率不同所带来的误差(Bibby *et al.*, 2000; Buckland *et al.*, 2001; 许龙等, 2003)。

一些研究者认为,样点法调查比样线法调查具有一定的优势。Sutherland等(2004)认为,样点法适合在大面积的栖息地开展调查,因为调查人员可以借助交通工具在样点站之间快速移动,从而有更多时间在样点站计数鸟类。但在盐沼湿地,调查人员必须借助特殊的交通工具(直升机、滩涂车、气垫船等)才能在样点间快速移动,而通常情况下很难做到这一点。Bibby等(2000)认为样点法适宜调查不易穿越的栖息地(调查人员难以在这种栖息地类型设置样线),但在盐沼湿地,在样点站之间移动可能与沿着固定样线行走同样困难。另外,在样点站之间移动也会惊扰附近鸟类从而影响调查结果的可靠性。尽管样点法调查便于研究鸟类与栖息地特征的关系,特别是在异质性较高的栖息地中(Bibby *et al.*, 2000),但把样线分成小段可以达到样点法的同样效果(Bibby *et al.*, 1998)。Verner和Ritter(1985)认为用样点法进行调查时容易掌握计数时间,而沿样线的行走速度会有所不同。但本研究显示样线法和样点法的调查结果具有较高的相似性,这说明样线法的调查时间是可以控制的。因此,前人在其他栖息地类型中的研究所发现的样点法调查具有的优点在本研究所进行的盐沼鸟类调查中并不明显。由于大多数盐沼湿地的植物群落呈带状分布,样线法比样点法更适合于鸟类调查。但当盐沼湿地的异质性较高时(如有水塘、空地、潮沟等小生境),样线的设置应考虑不同栖息地特征对鸟类分布的影响。

由于在盐沼湿地行走困难,本研究设置的样线和样点站数量(6条样线, 31个样点站)偏少且无法做

到完全的随机取样, 这可能会对调查结果有一定影响。如在实际调查工作中能够增加样线和样点站的数量, 不仅可以提高调查结果的可信度, 而且可以通过外推法进一步分析样线法和样点法的调查效率(如Colwell & Coddington, 1994), 这将为盐沼鸟类调查方法的选择提供进一步的参考。

致谢: 感谢崇明东滩鸟类自然保护区管理处为野外工作提供支持, 感谢蔡志扬和冯雪松参加野外调查工作。感谢王勇教授和李博教授在论文修改过程中提出的宝贵意见。

参考文献

- Anderson BW, Ohmart RD (1981) Comparisons of avian census results using variable distance transect and variable circular plot techniques. *Studies in Avian Biology*, **6**, 186–192.
- Bajema RA, Devault TL, Scott PE, Lima SL (2001) Reclaimed coal mine grasslands and their significance for henslow's sparrows in the American Midwest. *The Auk*, **118**, 422–431.
- Bibby C, Burgess N, Hill D, Mustoe S (2000) *Bird Census Techniques*, 2nd edn. Academic Press, London.
- Bibby C, Jones M, Marsden S (1998) *Expedition Field Techniques: Bird Survey*. Expedition Advisory Centre, Royal Geographical Society, London.
- Buckland ST, Anderson DR, Burnham KP, Laake JL, Borchers DL, Thomas L (2001) *Introduction to Distance Sampling*. Oxford University Press, New York.
- Casagrande DG, Beissinger SR (1997) Evaluation of four methods for estimating parrot population size. *The Condor*, **99**, 445–457.
- Colwell RK, Coddington JA (1994) Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B, Biological Sciences*, **345**, 101–118.
- Craig MD (2004) A comparison of species counts and density estimates derived from area searches, line transects and point counts in the jarrah forest of southwestern Australia. *Corella*, **28**, 55–59.
- Dobkin DS, Rich AC (1998) Comparison of line-transect, spot-map, and point-count surveys for birds in riparian habitats of the great basin. *Journal of Field Ornithology*, **69**, 430–443.
- Edwards DK, Dorsey GL, Crawford JA (1981) A comparison of three avian census methods. *Studies in Avian Biology*, **6**, 170–176.
- Greenberg R (2006) Tidal marshes: home for the few and the highly selected. *Studies in Avian Biology*, **32**, 2–9.
- Raman TRS (2003) Assessment of census techniques for inter-specific comparisons of tropical rainforest bird densities: a field evaluation in the western Ghats, India. *Ibis*, **145**, 9–21.
- Ratkowsky AV, Rathowsky DA (1979) A survey of the bird of the Mt. Wellington Range, Tasmania, during the non-breeding months. *Emu*, **78**, 223–226.
- Reynolds RT, Scott JM, Nussbaum RA (1980) A variable circular plot method for estimating bird numbers. *The Condor*, **82**, 309–311.
- Roberts JP, Schnell GD (2006) Comparison of survey methods for wintering grassland birds. *Journal of Field Ornithology*, **77**, 46–60.
- Robel RJ, Antholz SJ, Kemp KE, Runco CB (2000) Assessment of avian populations in Kansas tallgrass prairie landscape: two survey methods compared. *Transactions of the Kansas Academy of Science*, **103**, 139–149.
- SPSS Inc. (2003) *SPSS for Windows, Release 12.0.0*. SPSS Inc., Chicago.
- Sutherland WJ, Newton I, Green RE (2004) *Bird Ecology and Conservation*. Oxford University Press, New York.
- Verner J, Ritter LV (1985) A comparison of transects and point counts in oak-pine woodlands of California. *The Condor*, **87**, 47–68.
- Wilson RR, Twedt DJ, Elliott AB (2000) Comparison of line transects and point counts for monitoring spring migration in forested wetlands. *Journal of Field Ornithology*, **71**, 345–355.
- Xu HF (徐宏发), Zhao YL (赵云龙) (2005) *Scientific Surveys on Chongming Dongtan Migratory Birds Nature Reserve of Shanghai* (崇明东滩鸟类自然保护区科学考察集). China Forestry Publishing House, Beijing. (in Chinese with English abstract)
- Xu L (许龙), Zhang ZW (张正旺), Ding CQ (丁长青) (2003) Line transect methods in avian census. *Chinese Journal of Ecology* (生态学杂志), **22**(5), 127–130. (in Chinese with English abstract)
- Zheng GM (郑光美) (1995) *Ornithology* (鸟类学). Beijing Normal University Press, Beijing. (in Chinese)

(责任编委: 王勇 责任编辑: 闫文杰)