

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

蒋科毅¹ 吴明¹ 邵学新¹ 吕咏²

¹ (中国林科院亚热带林业研究所, 国家林业局杭州湾湿地生态系统定位研究站, 浙江富阳 311400)

² (湿地国际—中国办事处, 北京 100029)

摘要: 为了解杭州湾及钱塘江河口区域围垦过程中多种人工湿地对于鸟类的作用及在快速的土地利用方式转变过程中鸟类的响应过程, 2008年11月至2011年9月, 作者对上虞曹娥江口至镇海甬江口沿岸滨海湿地鸟类资源进行调查, 共记录鸟类16目52科220种, 其中候鸟173种, 占总数的78.6%, 属于国家I、II级重点保护野生动物的24种。对研究区域的8种生境的鸟类群落组成、多样性及相似性进行了比较。结果表明, 记录物种数较多的生境依次为芦苇水塘(95种, 占总数的43.2%)、海涂林地(93种, 占总数的42.3%)、自然潮间带和海涂水库(均为78种, 各占总数的35.5%), 其他生境的物种数均不少于67种(占总数的30.5%以上); 从不同鸟类类群的分布看, 82.5%的鹤鹑类分布在自然潮间带, 69.2%的雁形目鸟类出现在海涂水库, 73.4%的雀形目鸟类分布在海涂林地, 海涂林地也是大量鹭鸟的繁殖场所; 与自然潮间带相似性系数最高的生境依次为围垦滞留区、海涂水库和芦苇水塘, 相似性系数分别为0.56、0.34和0.30; 从整体上看, 海涂林地和海涂水库的鸟类群落G-F指数最高, 自然潮间带最低, 但水鸟G-F指数最高的生境类型依次为围垦滞留区、海涂水库和自然潮间带。围垦是目前对杭州湾鸟类动态影响最大的人为干扰活动, 适度围垦和合理的垦后土地利用方式可能提高整个区域的鸟类多样性水平。为了有效保护杭州湾鸟类多样性尤其是依赖自然潮间带的鸟类多样性, 应加强对滩涂资源的保护与可持续利用; 在滩涂围垦过程中应尽量保留足够数量和面积的高潮停歇地; 同时, 加强对围垦滞留区的水位管理, 并注重营造适合鸟类栖息的类型多样的围区人工湿地系统。

关键词: 鸟类群落, 分布, 围垦, 湿地利用方式, 杭州湾

Diversity of bird communities in southern Hangzhou Bay and the Qiantang River estuary and their responses to reclamation of intertidal mudflats

Keyi Jiang¹, Ming Wu¹, Xuexin Shao¹, Yong Lü²

¹ Research Institute of Subtropical Forestry, CAF; Wetland Ecosystem Research Station of Hangzhou Bay, State Forestry Administration, Fuyang, Zhejiang 311400

² Wetlands International—China, Beijing 100029

Abstract: Bird communities were surveyed in southern Hangzhou Bay and the Qiantang River estuary from November 2008 to September 2011. A total of 220 bird species belonging to 16 orders and 52 families were recorded, of which, 173 (78.6%) were migrants and 24 were listed as state key protected wildlife grade I or II. The composition and diversity of bird communities in eight habitat types were compared using the G-F index and the Jaccard index. Ninety-five species (43.2%) were observed in the ponds located in Cixi Wetland Centre with common reed (*Phragmites australis*) marshes, 93 species (42.3%) in the coastal woodland, and 78 species (35.5%) in intertidal mudflats and coastal reservoirs. About 82.5% of the Charadriiformes species were recorded in intertidal mudflats; 69.2% of the Anatidae species in coastal reservoirs, and 73.4% of the Passeriformes species in the coastal woodland which provides the breeding habitat for the Ardeidae birds.

收稿日期: 2012-11-07; 接受日期: 2013-03-28

基金项目: 浙江省基金(Y5080130)、国家“十一五”科技攻关专题项目(2006BAD03A1904)和中国林科院亚热带林业研究所专项资金项目(RISF6146)

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: jiangky2005@126.com

Compared with intertidal mudflats, the highest value of the Jaccard index was obtained for bird communities in the newly reclaimed but undeveloped areas (0.56), followed by coastal reservoirs (0.34) and ponds located in Cixi Wetland Centre with common reed marshes (0.30). For the whole bird community, the highest value of G-F index was obtained in coastal reservoirs and coastal woodland, whereas the lowest value was recorded in the intertidal mudflats. However, newly reclaimed but undeveloped sites had the highest value of G-F index for the waterbird community, followed by coastal reservoirs and intertidal mudflats. Our results indicate that suitable habitat availability and human disturbance are the main factors influencing the spatial distribution of bird communities in the Hangzhou Bay and the Qiantang River estuary. The most serious human disturbance in this region was found to be coastal reclamation. Thus, diversity of local avian communities in the Hangzhou Bay and the Qiantang River estuary could increase if moderate-intensity reclamation and reasonable land use patterns were practiced. Moderate-intensity reclamation is the mode that maintains an intertidal wetland containing a sufficient width of mudflat and upper intertidal zone as well as other important habitat variables for shorebirds and other birds. Local governments should take action to protect the natural wetlands while using them reasonably and efficiently. It is necessary to maintain several main high-tide roosting sites with sufficient areas for shorebirds and other waterbirds. Some appropriate management measures such as controlling water level in newly reclaimed but undeveloped areas should be carried out to increase the availability of suitable habitat for waterbirds. A variety of artificial wetlands should also be constructed to provide potential habitats for waterbirds and other birds after large scale coastal reclamation.

Key words: bird community, distribution, reclamation, wetland use pattern, Hangzhou Bay

人为干扰已成为全球性受胁鸟类当前面临的主要威胁之一(Crosby, 2003; Pimm *et al.*, 2006), 人类既可通过捕猎活动(Zöckler *et al.*, 2010)直接影响鸟类种群结构和数量, 也可通过干扰鸟类栖息生境间接影响其繁殖、越冬、迁徙或扩散活动(Yates *et al.*, 1996; Carney & Sydeman, 1999; Blackburn *et al.*, 2004; Cardoni *et al.*, 2008), 进而影响其在自然界的生存。其中, 人类活动引起的生境片断化和丧失对鸟类群落结构的影响尤为深刻(Robinson *et al.*, 1995)。目前, 人类活动已造成全球范围内的湿地大量丧失和退化(Moser *et al.*, 1996)。在过去的50年, 我国已经丧失或严重退化的海岸湿地达2,190,000 ha (占总数的50%), 而围垦是导致这一结果的主要原因(Cyranoski, 2009)。

国外曾开展过围垦对湿地鸟类群落的影响研究, 主要涉及围垦前后觅食地使用(Evans *et al.*, 1979)、种群动态(Schekkerman *et al.*, 1994; Yates *et al.*, 1996)及对个体体态与存活的影响(Burton *et al.*, 2006)等; 国内相关研究主要探讨了围垦前后水鸟群落组成和种群的变化(杨月伟等, 2005a; Ge *et al.*, 2007; Ma *et al.*, 2009; Yang *et al.*, 2011)、围垦区水鸟空间分布及其影响因素(胡伟和陆健健, 2000; 赵平等, 2003; 华宁等, 2009; 牛俊英等, 2011; 张斌等, 2011)。另外, 也有一些研究涉及人工湿地, 如水产

养殖塘(唐承佳和陆健健, 2002; Ma *et al.*, 2004, 2009; Rendon *et al.*, 2008)、水稻田(Sánchez-Guzmán *et al.*, 2007)和盐场(Yasue *et al.*, 2007; Sripanomyom *et al.*, 2011)等, 这些人工湿地为鸕鹚类等水鸟提供了重要的停歇场所。围垦过程中出现的一些过渡湿地类型的作用也已被发现(唐承佳和陆健健, 2002), 但由于它的存在时间短、规模较小而使其作用容易被忽视。

杭州湾及钱塘江河口湿地是东亚-澳大利亚水鸟迁徙通道中一个重要的中转停歇地(Barter, 2002; 蒋科毅等, 2011)。由于迫切的开发利用需求, 该区域围垦活动频繁、规模大, 围垦后滩涂进入自然抛荒阶段的时间很短, 但围垦前后土地利用方式多样, 造就了多样化的人工湿地生境。为了了解该区域围垦过程中多种人工湿地对于鸟类的作用及在快速的土地利用方式转变过程中鸟类的响应过程, 2008年11月至2011年9月, 我们对处于围垦中的杭州湾及钱塘江河口多种湿地生境开展了鸟类调查, 以期为该地区湿地鸟类保护和合理利用湿地资源提供基础资料和理论依据。

1 研究区域概况

杭州湾位于我国东部沿海的浙江省东北部(图1), 为喇叭状河口湾, 西界为海盐县澉浦长山东

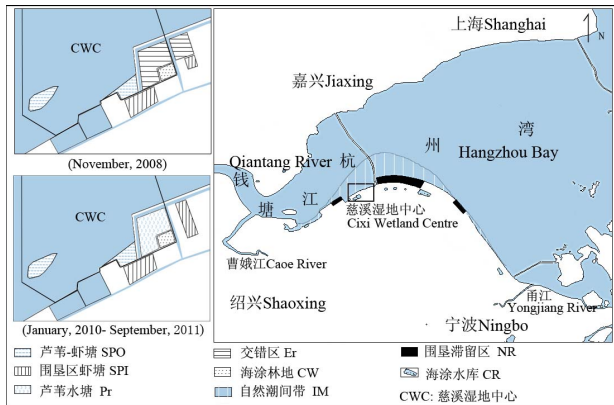


图1 研究区位示意图

Fig. 1 Location of the study site. IM, Intertidal mudflats; SPO, Shrimp ponds with common reed (*Phragmites australis*) marshes outside the seawall; NR, Newly reclaimed but undeveloped areas; Er, The ecotone whose vegetation community is mostly composed of *Tamarix chinensis*, *Phragmites australis* and *Imperata cylindrica*, and common reed marshes is in a dominant position; SPI, Shrimp ponds in reclamation area; Pr, Ponds with common reed (*Phragmites australis*) marshes; CR, Coastal reservoirs; CW, Coastal woodland.

南嘴与余姚市西三闸的连线,宽19.4 km,东界为芦漕港闸与长跳咀边线,宽达98.5 km,湾长85 km。除钱塘江河口外,湾内还包含曹娥江、甬江等重要河口。其南岸属淤涨型海岸,北岸则属侵蚀型海岸。湿地类型以浅海水域和期间淤泥海滩为丰,其他尚有潮间盐水沼泽和岩石性海岸,湿地总面积 5.86×10^4 ha (浙江省林业局, 2002)。湾内有大小岛屿69个,岛屿附近发育有潮流深槽、冲刷深潭及潮流沙脊;海岸线长258.49 km,以人工海岸为主。海三棱藨草(*Scirpus mariqueter*)群落、互花米草(*Spartina alterniflora*)群落和芦苇(*Phragmites australis*)群落为该区域的优势群落。

围垦是目前对杭州湾及钱塘江河口滨海湿地资源影响最大的人为干扰活动。1950年至2010年,浙江省共围垦滩涂约237,000 ha,而2005–2010年间就围涂约48,800 ha,其中杭州湾及钱塘江河口段围涂22,600 ha。2004–2008年间杭州湾滩涂每年减少10%以上(国家海洋局, 2009)。此外,近几年来,该区域一些大型工程如杭州湾跨海大桥、舟山大陆连岛工程及嘉绍跨江通道等工程陆续开工建设给杭州湾及钱塘江河口带来了较为丰富的人工湿地生境。

2 方法

2008年11月至2011年9月,以上虞市曹娥江口至镇海甬江口之间的杭州湾及钱塘江河口南岸滨海湿地为主要研究区域开展鸟类资源调查,根据生境类型采用不同的调查方法。目前,从自然潮间带到围垦区主要存在的典型生境有8种,其中围垦堤外2种:自然潮间带和芦苇-虾塘;围垦后自然抛荒形成的人工生境有2种:围垦滞留区和芦苇交错区;位于围垦区、围垦后人为活动创造的湿地生境有4种:围垦区虾塘、芦苇水塘、海涂水库和海涂林地,主要位于围垦堤内5 km范围内。

(1)自然潮间带,最宽处9 km左右,最窄处仅500 m左右,以低滩盐藻光滩为主,狭窄带状分布的植被覆盖区域较少,主要存在于慈溪四灶浦水库以西至余姚交界处之间的区域。鸟类调查采用固定样点法,沿海岸线设置32个调查样方,样方面积 $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$,样点间距2 km以上。

(2)芦苇-虾塘,主要养殖对虾和青蟹,分布于堤外1 km范围内的潮间带或沙洲,植被以芦苇群落占优势,塘堤上及内侧生长一定宽度的芦苇或互花米草带,部分虾塘中央保留着大块的芦苇或米草带,盖度可达50%以上,塘间有渔网隔离,养殖强度相对较低。采用固定样方法,各选择两个 $500 \text{ m} \times 500 \text{ m}$ 的样方,水鸟调查覆盖整个样方,并记录发现的其他鸟类。

(3)围垦滞留区,为新围垦的区块,由于围垦时间较短,仍保持典型的湿地景观,以光滩为主,或是有大面积的2 m深以内的浅水水域和盐水沼泽,盐水沼泽主要为海三棱藨草带、互花米草和芦苇群落。选择余姚、杭州湾新区和慈溪海皇山外3处新围滩涂作为研究区域,主要进行高潮停歇地鸟类调查和冬季水鸟调查。

(4)芦苇交错区,滩涂围垦后自然抛荒且其中植被进行自然演替的区域,仍保留着少量的潮沟蓄水形成的水面,植被为以怪柳(*Tamarix chinensis*)+芦苇+白茅(*Imperata cylindrica*)群落为主体的交错区(吴统贵等, 2008)。但此种生境在杭州湾围垦区分布较少,主要位于慈溪湿地中心和杭州湾跨海大桥管理局所管辖的围垦区内,面积约 6 km^2 。该区域的围垦堤在2001年实现合拢,但由于湿地中心建设和农业用地开发,该生境至2010年2月基本消失。采用

固定样带法, 设置2 km长100 m宽的固定样带调查鸟类。

(5) 围垦区虾塘, 为低盖度或无植被的养殖塘区, 部分养殖区塘堤内侧覆盖水泥板或浇注水泥面, 养殖时使用增氧泵。采用固定样方法, 各选择两个500 m×500 m的样方, 水鸟调查覆盖整个样方, 并记录发现的其他鸟类。

(6) 芦苇水塘, 位于慈溪湿地中心内, 是围垦区内2009年底重建而成的人工湿地, 面积约191 ha, 水域面积占35%左右, 水深小于2.5 m, 拥有大面积的水深小于0.3 m的浅水沼泽区。采用全面调查法调查芦苇水塘区域的所有水面。

(7) 海涂水库, 为了解决围垦海涂区饮用水源和工农业用水而建, 杭州湾南岸目前有中小型海涂水库10余个, 水深均在3 m以上, 最大的四灶浦水库面积达5.12 km², 水深5.7 m。采用全面调查法, 调查围垦区10余个海涂水库的整个水面。

(8) 海涂林地, 主要是随着沿海防护林基干林带建设而出现的, 位于慈溪湿地中心内, 林地面积约0.58 km², 该林地耐盐碱耐湿乔灌木筛选、试种和扩繁的苗圃基地, 苗圃2001年开始建设, 林地内每隔100 m分布着1条3.5 m左右宽的排水渠, 2009年底林地内开挖了多条5–8 m宽、水深小于1.5 m的网状交织的河道。目前林冠层盖度在70%以上, 最大高度在17 m左右, 主要分布的树种包括墨西哥落羽杉(*Taxodium mucronatum*)、栾树(*Koelreuteria paniculata*)、赤桉(*Eucalyptus camaldulensis*)、乌桕(*Sapium sebiferum*)、桑(*Morus alba*)和枇杷(*Eriobotrya japonica*)等。采用固定样带法, 设置2 km长100 m宽的固定样带。

鸟类调查采用直接计数法, 调查时用8–10倍双筒望远镜和20–60倍单筒望远镜进行观察。路线或样线调查时, 观察两侧50 m范围内的鸟类物种及数量。由于自然潮间带最宽处在9 km左右, 自然潮间带鸟类调查尤其是宽度大于1 km以上的区域, 调查时间, 选择合适的潮汛时间即露滩宽度在1 km左右进行调查; 围垦滞留区、芦苇-虾塘、芦苇水塘和围垦区虾塘是鸬鹚类的潜在停歇地, 故水鸟调查在大潮汛时高潮点前后2 h内进行; 芦苇交错区和海涂林地鸟类调查则选择凌晨或黄昏鸟类最为活跃的时间进行。每年每季进行1次调查, 四季按12月至次年1月(冬季)、3–5月(春季)、6–8月(夏季)和9–11月(秋

季)。为了更好地掌握研究区域内的鸟类资源动态, 第二年的同期调查时间顺延至下一个月进行。芦苇交错区由于所在的区块的开发导致其被完全破坏, 调查时间设在2008年11月至2010年2月底之间。芦苇水塘区为2009年底重建而成的人工湿地, 该生境的鸟类调查时间设为2010年1月至2011年9月。

鸟类分类系统和中文鸟名参考《中国鸟类分类与分布名录》(郑光美, 2011)。为避免调查数据重复, 在鸟类数量统计中采用最大值保留法(Howes & Bakewell, 1989), 即每种生境的单次调查最大记录 and 所有生境类型单次调查的最大记录。

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。多样性分析采用G-F指数(蒋志刚和纪力强, 1999), 分别反映物种的多样性和科属的多样性。如果该地区仅有1个物种, 或仅有几个分布在不同科的物种, 则定义该地区G-F指数为零。

为了更准确地反映杭州湾及钱塘江河口的鸟类组成情况, 将调查期间一些观鸟者在杭州湾及钱塘江河口南岸滨海湿地同一区域内发现的珍稀鸟类如白头鹤(*Grus monacha*)、渔鸥(*Larus ichthyaetus*)和斑背大尾莺(*Locustella pryeri*)(Chen *et al.*, 2012)及白鹤(*Grus leucogeranus*)、中华秋沙鸭(*Mergus squamatus*)、红胸鸬(*Charadrius asiaticus*)(单鹏云, 2010)补充到本次调查的鸟类名录中。

3 结果

3.1 群落组成

调查结果显示, 杭州湾及钱塘江河口南岸滨海湿地共有鸟类16目52科220种(附录1)。其中候鸟有173种, 占总数的78.6%, 包括冬候鸟92种(41.8%), 旅鸟48种(21.8%), 夏候鸟28种(12.7%)和迷鸟5种(2.3%)。记录繁殖鸟(夏候鸟和留鸟)75种, 占总物种数的34.1%。雀形目、鸬形目、雁形目和鸬形目为记录物种数最多的4个目, 分别记录80种(36.4%)、57种(25.9%)、26种(11.8%)和15种(6.8%), 其他目鸟类物种数均低于5%。

在所记录到的鸟类中, 列入国家重点保护野生动物名录的有24种, 其中国家I级重点保护鸟类5种, 分别是东方白鹤(*Ciconia boyciana*)、白鹤、白头鹤、中华秋沙鸭和遗鸥(*Larus relictus*); 国家II级重点保

护鸟类19种。被列入IUCN红色名录(IUCN, 2012)的鸟类23种, 包括极危(CR)等级的白鹤, 濒危(EN)等级的东方白鹤、中华秋沙鸭、青头潜鸭(*Aythya baeri*)和黑脸琵鹭(*Platalea minor*)等, 其他18种属于易危和近危物种。

3.2 分布特征

在8种生境中, 芦苇水塘记录鸟类物种数最多, 达95种, 占总记录物种数的43.2%, 其次为海涂林地, 记录鸟类93种, 占42.3%; 自然潮间带和海涂水库均记录78种, 占35.5%, 其他依次为围垦滞留区(72种)、芦苇-虾塘(71种)、围垦区虾塘(69种), 芦苇交错区记录物种数最少, 但仍达到67种(30.45%)(表1)。自然潮间带、围垦滞留区和海涂水库的鸟类群落中水鸟占优势, 分别记录了72、69和58种, 占各自生境记录鸟类总数的92.3%、95.8%和74.4%; 芦苇-虾塘、围垦区虾塘和芦苇水塘的鸟类群落组成中, 水鸟和非水鸟各占一半左右; 芦苇交错区和海涂林地记录的鸟类以非水鸟为主, 水鸟分别仅占总物种数的25.4%和18.3%。

从不同鸟类类群的分布看, 雀形目鸟类主要分布在海涂林地, 达59种, 占雀形目总物种数的73.4%; 其次为芦苇交错区(41种), 占51.3%; 接着依次为芦苇-虾塘、围垦区虾塘和芦苇水塘, 分别记录30、28和28种, 各占37.5%、35.0%和35.0%; 海涂水库记录的雀形目鸟类较少, 仅为13种; 自然潮间带仅记录1种, 而围垦滞留区则无记录。

鸕形目鸟类主要分布在自然潮间带, 记录47种, 占鸕形目总数的82.5%, 其他人工生境主要作为鸕形目鸟类的高潮停歇地。围垦滞留区是人工生

境中记录鸕形目鸟类最多的类型, 记录38种(占总数的66.7%), 且呈集群分布状态; 芦苇水塘、海涂水库和围垦区虾塘记录的数量次之, 分别为26、25和23种, 各占45.6%、43.9%和40.4%; 接着为芦苇-虾塘(18种, 占总数的31.6%); 记录物种数最低的为芦苇交错区(7种)和海涂林地(5种)。

雁形目鸟类主要集中分布在海涂水库, 记录18种, 占雁形目的69.2%。单次最大记录超过1,000只以上的有5种鸭类, 分别是罗纹鸭(*Anas falcata*)、斑嘴鸭(*A. poecilorhyncha*)、绿翅鸭(*A. crecca*)、赤颈鸭(*A. penelope*)和琵嘴鸭(*A. clypeata*), 此外单鹏云(2010)还记录了国家I级保护鸟类中华秋沙鸭。芦苇水塘、自然潮间带和围垦滞留区记录的雁鸭类物种数次之, 分别记录14、14和13种, 分别占53.9%、58.4%和50.0%。雁鸭类在芦苇-虾塘、围垦区虾塘及芦苇交错区记录物种极少, 而在海涂林地则没有记录。

15种鸕形目鸟类中, 芦苇水塘和围垦滞留区记录到11种, 自然潮间带和海涂林地记录到9种, 接着依次为: 芦苇-虾塘(8种)、芦苇交错区和海涂水库(均为6种)、围垦区虾塘(5种)。鸕科鸟类中除鸕类的分布依赖芦苇群落的分布外, 其他鸕科鸟类偏向于出现在具有一定植被盖度且同时拥有合适水深的大水面的生境, 如芦苇水塘、围垦滞留区和自然潮间带。东方白鹤、白琵鹭(*Platalea leucorodia*)和黑脸琵鹭偏好拥有大面积的浅水区域的生境, 如自然潮间带、围垦滞留区、海涂水库(因捕鱼等造成水位较低甚至露出部分库底泥滩)。

除了上述4个主要类群外, 鸕类水鸟主要集中在海涂水库和围垦滞留区; 鸕形目鸟类主要

表1 不同生境类型间鸟类的共有种数量及其相似性系数

Table 1 Common bird species and similarity coefficients among different habitat types in southern Hangzhou Bay and the Qiantang River estuary

	潮间带 IM	芦苇-虾塘 SPO	围垦滞留区 NR	芦苇交错区 Er	围垦区虾塘 SPI	芦苇水塘 Pr	海涂水库 CR	林地 CW
潮间带 IM	78	27(0.22)	54(0.56)	11(0.08)	29(0.25)	40(0.30)	40(0.34)	12(0.08)
芦苇-虾塘 SPO		71	26(0.22)	45(0.48)	47(0.51)	57(0.52)	31(0.26)	34(0.26)
围垦滞留区 NR			72	16(0.13)	29(0.26)	41(0.33)	42(0.39)	15(0.10)
芦苇交错区 Er				67	41(0.43)	44(0.37)	21(0.17)	48(0.43)
围垦区虾塘 SPI					69	51(0.45)	30(0.26)	37(0.30)
芦苇水塘 Pr						95	42(0.32)	42(0.29)
海涂水库 CR							78	21(0.14)
林地 CW								93

生境代号含义参照图1。The meaning of each habitat type refer to Fig. 1.

表2 不同生境类型的鸟类群落多样性指数

Table 2 Diversity of bird community in eight habitat types in southern Hangzhou Bay and the Qiantang River estuary

	总物种数 Total species number	水鸟物种数 Waterbird species number	G-F指数 G-F index	水鸟G-F指数 Waterbird G-F index	非水鸟G-F指数 G-F index except waterbirds
潮间带 IM	78	72	0.516	0.530	0
芦苇-虾塘 SPO	71	33	0.625	0.449	0.294
围垦滞留区 NR	72	69	0.581	0.588	0
芦苇交错区 Er	67	17	0.605	0.255	0.431
围垦区虾塘 SPI	69	33	0.637	0.459	0.361
芦苇水塘 Pr	95	54	0.637	0.471	0.317
海涂水库 CR	78	58	0.643	0.558	0.063
林地 CW	93	17	0.644	0.285	0.498

生境代号的含义参照图1。The meaning of each habitat type refer to Fig. 1.

集中分布在围垦滞留区,少量集群分布在海涂水库和芦苇水塘; 鸻形目、鸡形目鸟类分布在多个人工生境, 喜好在植被盖度较好的生境出现; 隼形目鸟类活动范围大, 在各生境均有出现可能。国家II级重点保护鸟类卷羽鹈鹕(*Pelecanus crispus*)仅在自然潮间带出现, 红喉潜鸟(*Gavia stellata*)和黑喉潜鸟(*G. arctica*)仅偶尔出现在海涂水库。

3.3 物种多样性

对不同生境的鸟类群落组成和相似性进行比较结果显示(表1), 与自然潮间带共有种和相似性系数最高的为围垦滞留区, 共有种为54种, 相似性系数为0.56; 其次为海涂水库和芦苇水塘, 共有种均为40种, 相似性系数分别为0.34和0.30。围垦滞留区与海涂水库、芦苇水塘也具有较高的相似性, 相似性系数分别为0.39和0.33; 芦苇-虾塘、芦苇交错区、围垦区虾塘和芦苇水塘4种生境之间也具有较高的共有种数和相似性系数。

海涂林地和海涂水库是鸟类群落G-F指数最高的生境类型(表2), 其次为芦苇水塘和围垦区虾塘, 自然潮间带的G-F指数最低。从各生境的水鸟群落分布看, 围垦滞留区的G-F指数最高, 其次为海涂水库及自然潮间带, 芦苇交错区和海涂林地的水鸟群落G-F指数均较低。海涂林地、芦苇交错区和围垦区虾塘的非水鸟群落G-F指数相对较高。

4 讨论

4.1 鸟类对滩涂围垦的响应过程

大量研究表明, 生境的可利用性(Burton *et al.*, 2006; Finn *et al.*, 2008; Kraan *et al.*, 2009; Gan *et al.*,

2009)和人为干扰(Convertino *et al.*, 2011)是影响鸟类空间分布的重要因素。我们的研究结果显示, 鸻形目鸟类主要分布在自然潮间带, 王天厚和钱国楨(1988)、马志军等(Ma *et al.*, 2009)的研究结果也持同样的观点。体型较大的鸻科和鹬科鸟类金鸻(*Pluvialis fulva*)、灰鸻(*P. squatarola*)、杓鹬类、黑尾塍鹬(*Limosa limosa*)、大滨鹬(*Calidris tenuirostris*)、红腹滨鹬(*C. canutus*)及鸥科、燕鸥科鸟类主要分布在这种生境。除此之外, 一些大型雁鸭类包括小天鹅(*Cygnus columbianus*)、白额雁(*Anser albifrons*)、小白额雁(*A. erythropus*)、鸿雁(*A. cygnoides*)、灰雁(*A. anser*)、豆雁(*A. fabalis*)及翘鼻麻鸭(*Tadorna tadorna*)主要分布在自然潮间带, 推测可能缘于这些鸟类偏好取食海三棱藨草(虞快等, 1995)。

有效潮上坪的缺乏将导致高潮期大量鸻鹬类水鸟进入围垦滞留区。由于该生境具有大面积的光滩、宽阔的浅水区域及一定的植被盖度, 使其成为鸻鹬类主要的高潮停歇场所, 同时为鹬鹬类、秧鸡类和东方白鹳、黑脸琵鹭、白琵鹭等大型涉禽提供了越冬场所, 是骨顶鸡分布最为集中的类型。

随着围垦后堤内环境的快速演替进程, 鸻鹬类的总数量出现严重下降。从自然潮间带到围垦滞留区到自然抛荒至芦苇交错区再到海涂林地, 由于水域面积和裸地的减少及植被盖度的增加, 记录到的鸻鹬类由47种骤减至5种。与此同时, 随着围垦区滩涂陆化及植被盖度的增加, 从低潮盐沼光滩为主的自然潮间带到芦苇灌丛, 鸻形目鸟类的物种数减少, 而雀形目鸟类的物种数量急剧增加, 并出现了鹧鸪科、百灵科等喜好空旷生境的鸟类, 鸦雀科、

扇尾莺科及莺科、鸫科等灌丛鸟开始出现在芦苇交错区,并成为该生境的优势类群。芦苇灌丛也是IUCN红色名录鸟类斑背大尾莺、震旦鸦雀(*Paradoxornis heudei*)赖以生存的独特生境。

海涂林地是鹭鸟的主要繁殖场所,大量的白鹭(*Egretta garzetta*)、牛背鹭(*Bubulcus ibis*)、夜鹭(*Nycticorax nycticorax*)及少量的池鹭(*Ardeola bacchus*)、中白鹭(*Mesophoyx intermedia*)、大白鹭(*Egretta alba*)在此筑巢繁殖。体型相对较大的雀形目鸟类如暗灰鹃鹀(*Coracina melaschistos*)、黑枕黄鹀(*Oriolus chinensis*)、画眉(*Garrulax canorus*)、喜鹊(*Pica pica*)及棕鸟类、鸫类、鹟科、柳莺树莺类、燕雀科以及鸫科鸟类等主要分布在海涂林地。

人工湿地生境对于区域鸟类多样性保护具有重要作用(华宁等, 2009; Ma *et al.*, 2009)。对大多数鸻鹬类来说,围垦堤内外的人工湿地仅作为高潮期停歇地而非觅食场所(唐承佳和陆健健, 2002; Ma *et al.*, 2004)。大量研究表明,水深是影响水鸟栖息地利用的最主要因子(Colwell & Taft, 2000; 唐承佳和陆健健, 2002; 华宁等, 2009)。每年的5–10月是杭州湾滨海区域对虾的重要生长期,期间堤外的芦苇–虾塘和堤内的围垦区虾塘均尽可能地维持着较高的水位(大于0.5 m),这个时期不适合鸻鹬类停歇。芦苇水塘区虽然存在较大面积的水深小于0.3 m的浅水区,但仍然缺乏裸地,出于景观设计的需要整个区域全年保持着较高的水位。海涂水库水深达3 m以上,常年保持着较高水位,仅在冬季出于捕鱼、堤坝维护和库底清淤或消毒的需要将水放浅甚至见底露出大面积泥滩,能够吸引大量鸻鹬类水鸟在此停歇和短暂觅食。因此,芦苇–虾塘、围垦区虾塘和海涂水库这些人工湿地作为鸻鹬类高潮停歇地的作用主要体现在冬季。

与人工湿地相伴的人为干扰和捕猎对鸟类的空间分布具有负面影响(Quan *et al.*, 2002; 江红星等, 2007; 华宁等, 2009)。本研究中的芦苇–虾塘、围垦区虾塘、芦苇水塘和海涂水库均是雁鸭类潜在的栖息场所,但前两者均仅记录到3种鸭类,而芦苇水塘和海涂水库分别记录到了14和18种。这可能与前两种生境水塘面积、水面面积相对较小、人为干扰强度过大有关,芦苇水塘由于更为开阔的水面和良好的植被且位于慈溪湿地中心受到了较为严格的保护,雁鸭类等游禽受到的人为干扰强度较

低,海涂水库则由于具有的广阔的水面减少了堤坝及附近区域人类干扰对雁鸭类等游禽的影响。海涂水库记录的物种包括国家I级重点保护的中华秋沙鸭(单鹏云, 2010)、II级重点保护的小天鹅和列入IUCN受胁名录的花脸鸭(*Anas formosa*)、罗纹鸭等6种,其他珍稀鸟类有国家II级重点保护的黒脸琵鹭、白琵鹭、角鸬鹚(*Podiceps auritus*)、鸮(*Pandion haliaetus*)、游隼(*Falco peregrinus*)和列入IUCN红色名录的黒嘴鸥及黒喉潜鸟、红喉潜鸟等8种。

围垦区虾塘几乎无植被,人为干扰较大,成为喜好空旷生境的鸻鹬科、百灵科等鸟类的主要分布场所。与围垦区虾塘和海涂水库相比,芦苇–虾塘和芦苇水塘植被盖度较高,大量依赖芦苇群落生存的灌丛鸟类也出现在这两种生境,尤其是受保护的芦苇水塘生境。芦苇水塘生境雁鸭类和依赖芦苇灌丛的鹭鸟、雀形目鸟类数量相对较为丰富,记录的国家II级重点保护的鸟类有鸳鸯、普通鵟(*Buteo buteo*)、红隼(*Falco tinnunculus*)、东方草鹞(*Tyto longimembris*),IUCN红色名录的青头潜鸭、花脸鸭、罗纹鸭、大杓鹬(*Numenius madagascariensis*)、黒尾塍鹬及震旦鸦雀、日本鹌鹑(*Coturnix japonica*)等。

4.2 围垦对区域鸟类群落多样性的影响

围垦是目前对杭州湾鸟类动态影响最大的人为干扰活动。一方面,围垦过度将导致区域鸟类群落多样性降低(杨月伟等, 2005b; Ge *et al.*, 2007)。围垦后杭州湾自然潮间带面积急剧下降,并使植被自然演替受阻(吴明, 2004)。依赖自然潮间带栖息和觅食的鸟类个体数量将由于适宜生境资源的不断减少而呈现减少趋势直至在当地灭绝。如潮上带及高潮带的消失,导致鸻鹬类在自然潮间带觅食和停歇的时间缩短,寻找高潮停歇地的时间增加,不利于其在迁徙季节的能量储备。此外,自然潮间带及堤坝上的人为活动及捕猎行为将影响鸻鹬类等水鸟的空间分布和区域内种群数量(Barter *et al.*, 1997; Ma *et al.*, 1998; 杨月伟等, 2005b; 高宇等, 2007)。

另一方面,合理的垦后利用方式能对区域鸟类多样性保护发挥积极的作用。虽然围垦已导致杭州湾区域有效潮上坪几乎消失(李欢欢等, 2007),但合理的利用方式创造了规模较大且多样化的人工生境,在一定程度上弥补了有效潮上坪缺失引起的高潮停歇地不足,且为游禽、部分涉禽和非水鸟物种提供了自然潮间带所不具有的栖息生境。

综上所述, 为了有效保护杭州湾尤其是依赖自然潮间带的鸟类多样性, 应加强对该区滩涂资源的保护与可持续利用。在滩涂围垦过程中应尽量保留足够数量和面积的且地势较高的高潮停歇地, 同时注重围区人工湿地系统的营造和管理, 如加强对围垦滞留区这一特殊人工湿地的水位管理, 建设植被盖度较低的围垦区虾塘、海涂水库等, 以便为水鸟尤其是濒危珍稀水禽提供重要的高潮停歇地和越冬场所, 建设以芦苇群落占优势的人工湿地系统如芦苇水塘, 为依赖芦苇灌丛的鹭鸟、雀形目等鸟类提供适宜的栖息生境。海涂林地是鸟类群落多样性最高的生境类型之一, 是依赖湿地生存的多种猛禽的栖息场所和大量鹭鸟的繁殖场所, 对于区域鸟类多样性保护也具有重要作用。

参考文献

- Barter M (2002) Shorebirds of the Yellow Sea: Importance, threats and conservation status. In: *Wetlands International Global Series 9: International Wader Studies 12*. Canberra, Australia: [s.n.].
- Barter M, Qian FW, Tang SX, Yuan X, Tonkinson D (1997) Hunting of migratory waders on Chongming Dao: a declining occupation? *Stilt*, **31**, 18–22.
- Blackburn TM, Cassey P, Duncan RP, Evans KL, Gaston KJ (2004) Avian extinction and mammalian introductions on oceanic islands. *Science*, **305**, 1955–1958.
- Burton KHN, Rehfish MM, Clark AN, Dodd GS (2006) Impacts of sudden winter habitat loss on the body condition and survival of redshank *Tringa totanus*. *Journal of Applied Ecology*, **43**, 464–473.
- Cardoni DA, Favero M, Isacch JP (2008) Recreational activities affecting the habitat use by birds in Pampa's wetlands, Argentina: implications for waterbird conservation. *Biological Conservation*, **141**, 797–806.
- Carney KM, Sydeman WJ (1999) A review of human disturbance effects on nesting colonial waterbirds. *Waterbirds*, **22**, 68–79.
- Chen SH, Huang Q, Fan ZY, Chen CS, Lu YW (2012) The update of Zhejiang bird checklist. *Chinese Birds*, **3**, 118–136.
- Colwell MA, Taft OW (2000) Waterbird communities in managed wetlands of varying water depth. *Waterbirds*, **23**, 45–55.
- Convertino M, Donoghue JF, Chu-Agor ML, Kiker GA, Muñoz-Carpena R, Fischer RA, Linkov I (2011) Anthropogenic renourishment feedback on shorebirds: a multispecies Bayesian perspective. *Ecological Engineering*, **37**, 1184–1194.
- Crosby MJ (2003) *Saving Asia's Threatened Birds*. Bird Life International, Cambridge, U.K.
- Cyranoski D (2009) Putting China's wetlands on the map. *Nature*, **458**, 134.
- Evans PR, Herdson DM, Knights PJ, Pienkowski MW (1979) Short-term effects of reclamation of part of Seal Sands, Teesmouth, on wintering waders and shelduck. *Oecologia*, **41**, 183–206.
- Finn PG, Catterall CP, Driscoll PV (2008) Prey versus substrate as determinants of habitat choice in a feeding shorebird. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **80**, 381–390.
- Gan XJ, Cai YT, Choi C, Ma ZJ, Chen JK, Li B (2009) Potential impacts of invasive *Spartina alterniflora* on spring bird communities at Chongming Dongtan, a Chinese wetland of international importance. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **83**, 211–218.
- Gao Y (高宇), Wang Q (王卿), He GM (何关梅), Xie J (解晶), Zhao B (赵斌) (2007) To evaluate the impact of economic activities on the mudflats of Chongming Dongtan Birds Nature Reserve, Shanghai. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **27**, 3752–3760. (in Chinese with English abstract)
- Ge ZM, Wang TH, Zhou X, Wang KY, Shi WY (2007) Changes in the spatial distribution of migratory shorebirds along the Shanghai shoreline, China, between 1984 and 2004. *Emu*, **107**, 19–27.
- Howes J, Bakewell D (1989) *Shorebird Studies Manual*. Asian Wetland Bureau Publication, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Hu W (胡伟), Lu JJ (陆健健) (2000) Shorebirds' community of spring in Sanjiagang. *Journal of East China Normal University (Natural Science)* (华东师范大学学报(自然科学版)), **19**(4), 106–109. (in Chinese)
- Hua N (华宁), Ma ZJ (马志军), Ma Q (马强), Song GX (宋国贤), Tang CD (汤臣栋), Li B (李博), Chen JK (陈家宽) (2009) Waterbird use of aquacultural ponds in winter at Chongming Dongtan. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **29**, 6342–6350. (in Chinese with English abstract)
- IUCN 2012 (2012) *IUCN Red List of Threatened Species* (Version 2012.2). <http://www.iucnredlist.org>.
- Jiang HX (江红星), Xu WB (徐文彬), Qian FW (钱法文), Chu GZ (楚国忠) (2007) Impact of habitat evolvement and human disturbance on wintering water birds in Shengjin Lake of Anhui Province, China. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), **18**, 1832–1836. (in Chinese with English abstract)
- Jiang KY (蒋科毅), Wu M (吴明), Shao XX (邵学新) (2011) Community composition, seasonal dynamics and interspecific correlation of waterbirds in the Qiantangjiang River estuary and Hangzhou Bay. *Zoological Research* (动物学研究), **32**, 631–640. (in Chinese with English abstract)
- Jiang ZG (蒋志刚), Ji LQ (纪力强) (1999) Avian mammalian species diversity in nine representative sites in China. *Chinese Biodiversity* (生物多样性), **7**, 220–225. (in Chinese with English abstract)
- Kraan C, van Gils JA, Spaans B, Dekinga A, Bijleveld AI, van Roomen M, Kleefstra R, Piersma T (2009) Landscape-scale experiment demonstrates that Wadden Sea intertidal flats are

- used to capacity by molluscivore migrant shorebirds. *Journal of Animal Ecology*, **78**, 1259–1268.
- Li HH (李欢欢), Bao YX (鲍毅新), Hu ZY (胡知渊), Ge BM (葛宝明) (2007) Seasonal dynamics of macrobenthic functional groups and trophic levels in the bridge construction zone at the South Bank of Hangzhou Bay, China. *Acta Zoologica Sinica* (动物学报), **53**, 1011–1023. (in Chinese with English abstract)
- Ma M, Lu JJ, Tang CJ, Sun PY, Hu W (1998) The contribution of shorebirds to the catches of hunters in the Shanghai area, China during 1997–1998. *Stilt*, **33**, 32–36.
- Ma ZJ, Li B, Zhao B, Jing K, Tang SM, Chen JK (2004) Are artificial wetlands good alternatives to natural wetlands for waterbirds? A case study on Chongming Island, China. *Biodiversity and Conservation*, **13**, 333–350.
- Ma ZJ, Wang Y, Gan XJ, Li B, Cai YT, Chen JK (2009) Waterbird population changes in the wetlands at Chongming Dongtan in the Yangtze River Estuary, China. *Environmental Management*, **43**, 1187–1200.
- Moser M, Prentice C, Frazier S (1996) A global overview of wetland loss and degradation. In: *Technical Session B of the 6th Meeting of the Conference of the Contracting Parties to the Ramsar Convention on Wetlands*, pp. 21–31. Brisbane, Australia.
- Niu JY (牛俊英), Heng NN (衡楠楠), Zhang B (张斌), Yuan X (袁晓), Wang TH (王天厚) (2011) Waterbird habitat-selection during winter and spring in reclaimed coastal wetlands in Nanhui Dongtan, Shanghai. *Zoological Research* (动物学研究), **32**, 624–630. (in Chinese with English abstract)
- Pimm S, Raven P, Peterson A, Şekercioğlu ÇH, Ehrlich PR (2006) Human impacts on the rates of recent, present, and future bird extinctions. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, **103**, 10941–10946.
- Quan RC, Wen XJ, Yang XJ (2002) Effects of human activities on migratory waterbirds at Lashihai Lake, China. *Biological Conservation*, **108**, 273–279.
- Rendon MA, Green AJ, Aquilera E, Almaraz P (2008) Status, distribution and long-term changes in the waterbird community wintering in Doñana, south-west Spain. *Biological Conservation*, **141**, 1371–1388.
- Robinson SK, Thompson FR III, Donovan TM, Whitehead DR, Faaborg J (1995) Regional forest fragmentation and the nesting success of migratory birds. *Science*, **267**, 1987–1990.
- Sánchez-Guzmán JM, Morán R, Masero JA, Corbacho C, Costillo E, Villegas A, Santiago-Quesada F (2007) Identifying new buffer areas for conserving waterbirds in the Mediterranean basin: the importance of the rice fields in Extremadura, Spain. *Biodiversity and Conservation*, **16**, 3333–3344.
- Schekkerman H, Meininger PL, Meire PM (1994) Changes in the waterbird populations of the Oosterschelde (SW Netherlands) as a result of large-scale coastal engineering works. *Hydrobiologia*, **282/283**, 509–524.
- Shan PY (单鹏云) (2010) *Avian Ecology in Wetland of Hangzhou Bay* (杭州湾湿地鸟类). China Academy of Art Press, Hangzhou. (in Chinese)
- Sripanomyom S, Round DP, Savini T, Trisurat Y, Gale AG (2011) Traditional salt-pans hold major concentrations of overwintering shorebirds in Southeast Asia. *Biological Conservation*, **144**, 526–537.
- State Oceanic Administration People's Republic of China (国家海洋局) (2009) *The Marine Environment Quality Bulletin of China 2008* (2008年中国海洋环境质量公报). (in Chinese)
- Tang CJ (唐承佳), Lu JJ (陆健健) (2002) A study on ecological characteristics of community of the migrating waders in wetlands insides cofferdam near the Pudong National Airport. *Chinese Journal of Zoology* (动物学杂志), **37**(2), 27–33. (in Chinese with English abstract)
- Wang TH (王天厚), Qian GZ (钱国桢) (1988) *Waders (Charadriiformes) Community of the Chang-jiang River Estuary and the Hang-zhou Bay* (长江口杭州湾鸻形目鸟类). East China Normal University Press, Shanghai. (in Chinese)
- Wu M (吴明) (2004) Current situation and conservation countermeasures of Hangzhou Bay Wetland. *Forest Resources Management* (林业资源管理), (6), 44–47. (in Chinese with English abstract)
- Wu TG (吴统贵), Wu M (吴明), Xiao JH (萧江华) (2008) Dynamics of community succession and species diversity of vegetations in beach wetlands of Hangzhou Bay. *Chinese Journal of Ecology* (生态学杂志), **27**, 1284–1289. (in Chinese with English abstract)
- Yang HY, Chen B, Barter M, Piersma T, Zhou CF, Li FS, Zhang ZW (2011) Impacts of tidal land reclamation in Bohai Bay, China: ongoing losses of critical Yellow Sea waterbird staging and wintering sites. *Bird Conservation International*, **21**, 241–259.
- Yang YW (杨月伟), Xia GR (夏贵荣), Ding P (丁平), Ma RF (马仁翻), Chen YZ (陈余钊) (2005a) Species diversity of water birds in the wetland of Yueqing Bay, Zhejiang Province. *Biodiversity Science* (生物多样性), **13**, 507–513. (in Chinese with English abstract)
- Yang YW (杨月伟), Xia GR (夏贵荣), Ding P (丁平), Chen YZ (陈余钊) (2005b) Effects of human disturbance on foraging behavior of Dunlins *Calidris alpina*. *Zoological Research* (动物学研究), **26**, 136–141. (in Chinese with English abstract)
- Yasue M, Patterson A, Dearden P (2007) Are saltflats suitable supplementary nesting habitats for Malaysian plovers *Charadrius peronii* threatened by beach habitat loss in Thailand? *Bird Conservation International*, **17**, 211–223.
- Yates GM, Goss-Custard DJ, Rispin EW (1996) Towards predicting the effect of loss of intertidal feeding areas on overwintering shorebirds (Charadrii) and shelduck (*Tadorna tadorna*): refinements and tests of a model developed for the Wash, east England. *Journal of Applied Ecology*, **33**, 944–954.

- Yu K (虞快), Tang SH (唐仕华), Wang HZ (王会志) (1995) A study on the feeding habits of winter ducks on the eastern beach of Chongming Island, Shanghai. *Bulletin of Shanghai Normal University (Natural Science)* (上海师范大学学报(自然科学版)), **24**(3), 69–74. (in Chinese with English abstract)
- Zhang B (张斌), Yuan X (袁晓), Pei EL (裴恩乐), Niu JY (牛俊英), Heng NN (衡楠楠), Wang TH (王天厚) (2011) Change of waterbird community structure after the intertidal mudflat reclamation in the Yangtze River Mouth: a case study of Nanhui Dongtan area. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **31**, 4599–4608. (in Chinese with English abstract)
- Zhao P (赵平), Yuan X (袁晓), Tang SX (唐思贤), Wang TH (王天厚) (2003) Species and habitat preference of waterbirds at the eastern end of Chongming Island (Shanghai) in winter. *Zoological Research* (动物学研究), **24**, 387–391. (in Chinese with English abstract)
- Zhejiang Forestry Administration (浙江省林业局) (2002) *Zhejiang Forestry Natural Resources: Wetland* (浙江林业自然资源(湿地卷)). Chinese Agriculture Science and Technology Publishing House, Beijing. (in Chinese)
- Zheng GM (郑光美) (2011) *A Checklist on the Classification and Distribution of the Birds of China*, 2nd edn. (中国鸟类分类与分布名录(第二版)). Science Press, Beijing. (in Chinese)
- Zöckler C, Htin Hla T, Clark N, Syroechkovskiy E, Yakushev N, Daengphayon S, Robinson R (2010) Hunting in Myanmar is probably the main cause of the decline of the spoon-billed sandpiper *Calidris pygmeus*. *Wader Study Group Bulletin*, **117**(1), 1–8.

(责任编辑: 丁平 责任编辑: 闫文杰)

附录I 杭州湾及钱塘江河口南岸滨海湿地不同生境中鸟类分布及其单次观测最高个体数

Appendix I Distribution of avian species in Southern Hangzhou Bay and the Qiantang River estuary.

<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/w2012-213-1.pdf>