

青海湖地区水鸟种群多样性及繁殖水鸟、保护水鸟种群动态研究

1 摘要

水鸟监测是青海湖国家级自然保护区每年生态监测工作的重要组成部分，目的在于实时掌握青海湖水鸟动态变化信息、栖息地生境质量等指标和数据。本文基于 2022 年该地区野外综合调查采用分区直数法记录鸟类数据，对当地水鸟种群动态、多样性、分布生境等情况进行分析，计算该地区整体及不同生境中物种丰富度、均匀度等指标。结合 2011 年至 2022 年青海湖 8 月水鸟监测数据，利用频度指数法计算各鸟种 RB 指数，本文统计了各年度优势水鸟及其多度并就十二年中青海湖地区 8 月水鸟数量及组成变化展开分析，同时对该段时间内当地主要繁殖水鸟种群动态以及保护水鸟组成、样地分布情况研究进行探讨，最终得出青海湖地区作为国际重要的水鸟繁殖地，夏季水鸟种目繁多、数量巨大，自 2011 年至今每年 8 月水鸟总数整体呈增长趋势，平均数量 45739 只，水鸟种数在 29 至 46 种之间波动^[1]；优势种群由斑头雁、普通鸬鹚、渔鸥、棕头鸥、凤头鸬鹚和部分其他雁形目鸭科水鸟构成；青海湖五种主要繁殖水鸟在共计十二次监测中种群数量总和显著增长，但各年水鸟组成比例差异较大，其中普通鸬鹚和斑头雁种群优势稳定；本文研究时间范围内青海湖地区共发现国家级保护水鸟九种，种群数量波动较大，分散或集群分布于青海湖周边各个观测样地；总体而言，该地区湖滨沼泽、淡水湖泊及河口湿地中水鸟分布较多且丰富度更高。

2 研究背景

2.1 青海湖湿地生态系统特点

湿地生态系统是介于陆地与海洋生态系统之间的过渡类型，具有高生产力与脆弱并存的两重性、多样性、过渡性特点^[2]。其中，汇入青海湖的支流众多，水陆交界的群落分布使得当地湿地具有很强的边缘效应，这是其具有高生产力的根本原因；另一方面，青海湖作为自然景区与牧民生活区，人类活动相对频繁，周边水陆交界处是生态脆弱带，易受自然及人为活动的干扰，生态平衡极易受到破坏，因而具有两重性。此外，青海湖地处高原地带，生态系统稳定性相对于低海拔湿地而言更加脆弱，需要更全面有效的监测，而作为青海湖湿地生态组成部分的水鸟是良好的监测指标。就水鸟的生态类群而言，主要分为游禽与涉禽，游禽主要包括鸭科、鸬鹚科、鸥科与鸬鹚科的大部分鸟类；涉禽主要包括鹤、鹭、鸻、鹬、鹭类水鸟。不同水鸟的生活习性不同，对栖息、觅食与繁殖地的利用与选择也不尽相同。游禽多活动于近岸水域及河口三角洲，而涉禽多活动于沼泽及滩涂等生境。青海湖咸水资源可供青海湖裸鲤生存繁衍，汇入湖水的几大河流也提供了充足的淡水资源，各物种之间形成了良好的共生关系，丰富的物种多样性为水鸟提供了良好的生存与繁衍场所。

2.2 环青海湖水鸟调查研究及珍稀物种资源概况

根据青海湖水鸟分布规律与特征，青海湖国家级自然保护区管理局制定了青海湖水鸟监测总则。在全年的春季迁徙期、夏季繁殖期、秋季迁徙期和冬季越冬期均开展监测，平均每月开展一次，每次覆盖 26 个水鸟观测样地，这 26 个样地由 30 个观测样点构成。在监

^[1] 本文所有数据均来自青海湖国家级自然保护区管理局，且已获得授权使用。

^[2] 何勇田,熊先哲.试论湿地生态系统的特点[J].农业环境保护,1994(06):275-278.

测中按照 30 个样点进行监测，在统计中则将一个样地的多个样点合并到样地中进行统计。监测范围以青海湖国家级自然保护区所辖地域为主，即东经 99°36'—100°46'，北纬 36°32'—37°25'之间。在 2022 年 8 月夏季繁殖期的监测中，记录到水鸟 44 种分属 6 目、11 科，总数 148692 只，其中鸻形目燕鸥科 1 种，鸥科 2 种，鹬科 10 种，鸨科 5 种，反嘴鹬科 2 种；鹤形目秧鸡科 1 种，鹤科 2 种；雁形目鸭科 15 种；鸱形目鹭科 2 种；鸱形目鸬鹚科 1 种；鸱形目鸬鹚科 3 种。国家重点保护一级保护鸟类 1 种，二级保护鸟类 5 种；列入《世界自然保护联盟濒危物种红色名录》易危 2 种，近危 7 种。

2.3 水鸟监测研究意义

全球八条候鸟迁徙路线中有两条经过青海湖地区，位于中亚、东亚两条水鸟迁徙路径的交汇点，青海湖是国际上水鸟重要繁殖地，还是青藏高原水鸟重要的越冬地。对水鸟活动相对频繁的地区开展调查，短期内能实时掌握青海湖水鸟动态变化信息、栖息地生境质量等指标和数据。长期来看，可通过综合调查积累数据，摸清青海湖水鸟的本底以及变化趋势，从而为青海湖国家公园创建和生态保护提供规范、有效、准确、实时的基础数据支撑。

3 研究地区概况

3.1 青海湖地理位置及气候特征

青海湖国家级自然保护区位于青藏高原东北部，祁连山系南麓，介于东经 99°36'—100°46'，北纬 36°32'—37°25'之间。其范围包括东自环青海湖东路，南自 109 国道、西自环湖西路，北自青藏铁路以内的整个青海湖水体、湖中岛屿及湖周沼泽滩涂湿地、草原，总面积为 4952 平方公里，属湿地生态系统和野生动物类型的自然保护区。湖体西岸、北岸边坡较缓斜，南岸、东岸连坡陡倾。地区气候为高原大陆性气候，全年日照时数大部分都在 3000 小时以上，光照充足，日照强烈；夏季高温可达 25℃，冬季低温可达-30℃，冬寒夏凉，暖季短暂，冷季漫长，春季多大风和沙暴；全年雨量偏少，蒸发量远远超过降水量。湖区降水量季节变化大，降水多集中在 5-9 月份，雨热同季，干湿季分明。湖水补给来源是河水，其次是湖底的泉水和降水。湖周大小河流有 70 余条，呈明显的不对称分布。湖北岸、西北岸和西南岸河流多，流域面积大，支流多；湖东南岸和南岸河流少，流域面积少。每年获得径流补给主要是布哈河、沙柳河、乌哈阿兰河和哈尔盖河，其中最大的支流为布哈河。这四条河流也是鱼类洄游产卵与鸟类较为集中的区域。保护区除水域外，由五个小岛和大小泉湾及沿湖沼泽湿地组成，湖中岛屿有海心山、三块石、海西皮和鸟岛。沼泽湿地环湖分布，主要包括倒淌河口芦苇、小泊湖湿地草甸、泉湾沼泽草甸和甘子河口滩地湿草甸等。

3.2 青海湖成因

青海湖地区属于秦祁昆仑地槽褶皱区，中部为青海南山，北部为大通山，西部为鄂拉山，其间分布有共和盆地、茶卡盆地。在中新世，布哈河-青海湖-倒淌河断陷带开始发育，形成构造洼地。在上新世末期，青藏高原急剧隆升，布哈河-青海湖-倒淌河断陷带进一步发育为地堑。在中更新世相对稳定阶段，青海湖段发育为断陷盆地，同期气候湿润、降水量增加，冰川消融，地堑内水量大增，断陷盆地内积水成湖，这一时期河湖并存。中更新世末期，保团山-日月山一带强烈隆升，倒淌河转向西流堵住了湖水出口，青海湖变为闭塞湖。由于气候持续温湿、湖盆闭塞，青海湖水位不断上涨，进入全盛时期。此后，气候向干旱转化、湖盆退缩，尕斯库勒湖、托素湖等子湖相继脱离母体，青海湖的形貌也更接近如今我们

所见的青海湖^[1]。

4 研究方法

4.1 样点样地设置

环青海湖水鸟观测样点的位置主要是根据水鸟活动特点及历年观测经验选取的。在河口三角洲、湿地滩涂等区域，鱼类洄游产卵，活动频繁，以之为食的鸟类也相对活动频繁。再根据历年观测经验，设置了如下 30 个观测样点（见表 4.1）。

表 4.1 2022 年水鸟观测样点一览表

样地名	样点小地名	样点编号
帕尔琼湿地（生河口）	帕尔琼湿地	6301010101
切吉河口（铁卜加河口）	切吉河口	6301010201
泉湾湿地	泉湾湿地	6301010301
尕日拉湿地	尕日拉湿地	6301010302
黑马河湿地	黑马河湿地	6301010401
江西沟	江西沟	6301010501
乃什吉湿地（原红湖）	乃什吉湿地	6301010601
洱海	洱海	6301010801
倒淌河湿地	倒淌河湿地	6301010901
小泊湖	小泊湖	6301011001
沙岛	月芽湖	6301011101
	芦苇湖	6301011102
	太阳湖	6301011103
	草襟褰	6301011201
甘子河湿地	兰花湖	6301011202
	小襟褰	6301011203
	甘子河口	6301011204
哈尔盖河口	哈尔盖河口	6301011301
那仁湿地	防护林	6301011401
沙柳河口	沙柳河口	6301011501
仙女湾湿地	仙女湾湿地	6301011601
乌哈阿兰河口（泉吉河口）	乌哈阿兰河口	6301011801
达赖泉	达赖泉	6301011901
哈达滩	哈达滩	6301012001
蛋岛	蛋岛	6301012201
鸬鹚岛	鸬鹚岛	6301012301
布哈河口	布哈河湾	6301012501
	布哈河口	6301012601
三块石	三块石	6301012701

^[1] 边千韬,刘嘉麒,罗小全,肖举乐.青海湖的地质构造背景及形成演化[J].地震地质,2000(01):20-26.

其中沙岛样地有芦苇湖、太阳湖、月芽湖 3 个样点；甘子河湿地有草褡裢、小褡裢、甘子河口、兰花湖 4 个样点；布哈河口样地有布哈河湾和布哈河口 2 个样点。

这些样点根据青海湖鸟类的时空分布特点，可以分为水鸟迁徙停留地、非集群繁殖地、越冬地、觅食地与繁殖地；按照生境类型可分为，河口湿地、湖滨沼泽、农田、淡水湖泊、河流湿地、季节性漫滩、湖岸半岛、湖中岛屿 8 个生境类型；按照保护区功能区划分为核心区、缓冲区、实验区、保护区外、实验区与保护区交界 5 种类型；按照干扰类型和强度分为放牧、旅游、观鸟摄影、无干扰和弱、中、强 4 种类型 3 个烈度级别（见表 4.2）。

表 4.2 2022 年水鸟观测样点基本信息表

样点小地名	栖息地类型	生境类型	干扰类型及强度	保护区划
帕尔琼湿地	迁徙、繁殖	河口湿地	放牧全年，弱	核心区
切吉河口	迁徙、繁殖、越冬	河口湿地	放牧全年，弱	核心区
泉湾湿地	迁徙、繁殖、越冬	湖滨沼泽	放牧春、秋弱；观鸟摄影 夏、冬强	核心区
尕日拉湿地	迁徙、繁殖、越冬	湖滨沼泽	放牧春、秋、冬弱；旅游夏 强	核心区
黑马河湿地	迁徙、繁殖	河口湿地	旅游全年，强	缓冲区
江西沟	迁徙、越冬	农田	农耕春、秋、冬弱；夏强	实验区、保护区 外
乃什吉湿地	迁徙、繁殖	湖滨沼泽	放牧全年，弱	实验区
洱海	迁徙、繁殖	淡水湖泊	放牧春、秋中；旅游夏强	实验区
倒淌河湿地	迁徙、繁殖	河流湿地	放牧春、秋中；旅游夏强	保护区外
小泊湖	迁徙、繁殖	湖滨沼泽	无干扰	缓冲区
月芽湖	迁徙、繁殖	淡水湖泊	无干扰	缓冲区
芦苇湖	迁徙、繁殖	淡水湖泊	无干扰	缓冲区
太阳湖	迁徙、繁殖	淡水湖泊	无干扰	缓冲区
草褡裢	迁徙、繁殖	淡水湖泊	放牧春、秋、冬弱；旅游夏 中	核心区
兰花湖	迁徙、繁殖	淡水湖泊	放牧春、秋、冬弱；旅游夏 中	核心区
小褡裢	迁徙、繁殖	淡水湖泊	放牧春、秋、冬弱；旅游夏 中	核心区
甘子河口	迁徙、繁殖、越冬	河口湿地	放牧春、秋、冬弱；旅游夏 中	核心区
哈尔盖河口	迁徙、繁殖	河口湿地	放牧全年，弱	核心区
防护林	迁徙、繁殖、越冬	湖滨沼泽	放牧全年，弱	核心区
沙柳河口	迁徙、繁殖	河口湿地	放牧全年，弱	缓冲区
仙女湾湿地	迁徙、繁殖	湖滨沼泽	旅游春、秋、夏强	实验区
乌哈阿兰河口	迁徙、繁殖	河口湿地	放牧全年，弱	实验区
达赖泉	迁徙、繁殖	湖滨沼泽	放牧春、秋、冬弱；旅游夏 强	实验区
哈达滩	迁徙、繁殖、越冬	季节性漫滩	放牧全年，弱	保护区外

蛋岛	营巢地	湖岸半岛	无干扰	核心区
鸬鹚岛	营巢地	湖岸半岛	无干扰	核心区
布哈河湾	繁殖	河流湿地	放牧春、秋、冬弱；旅游夏中	实验区
布哈河口	迁徙、繁殖、越冬	河口湿地	无干扰	核心区
三块石	营巢地	湖中岛屿	无干扰	核心区
海心山	营巢地	湖中岛屿	无干扰	核心区

4.2 野外调查方法

采用样点调查法和直接计数法进行监测，其中用直接计数法进行鸟类种群数量调查。驱车或乘船前往样点，到达后记录样点样地的编号名称、观测人、记录人、天气状况。定下观测样点之后，使用集思宝 G128BD 手持 GPS 仪记录样点样线地理信息并拍照记录生境状况。开始观测后，对于距离较远的涉禽和游禽，使用 SWAROVSKI STS 65 单筒望远镜观测繁殖情况、种类、数量；而对于距离较近的涉禽和游禽，则使用 SLC 10x42 WB 双筒望远镜记录相关信息。无论是使用单筒还是双筒，均采用分区直数法直接记数记录每个样地、样点水鸟种类和数量。对于不确定的鸟种，使用鸟类图鉴辅助辨认。每个样点的观测记录时间控制在 20-30 min。

4.3 数据分析方法

本次研究主要包括水鸟多样性的分析、青海湖地区 8 月初水鸟优势种的确立以及繁殖水鸟与保护水鸟的动态变化研究四个部分。本论文所采用的数据均来源于青海湖国家级自然保护区管理局，且已获得授权使用。

4.3.1 多样性分析方法

对于监测记录 2022 年 8 月环青海湖水鸟分布的数据，结合往年同期水鸟分布的数据，首先进行初步数据整合，确定基本的种属分布情况，统计鸟类的目、科、种、数量、居留型以及游禽涉禽等情况，并进行比较分析。进一步，对于整个监测区域与区域内不同生境中的鸟类分布，采用 Shannon-wiener 指数计算物种多样性：

$$H = -\sum P_i \ln P_i$$

其中，H 为 Shannon-wiener 物种多样性指数， P_i 为群落中第 i 种的个体比例，即物种 i 的个体数与所有物种的总个体数之比。H 值越大，群落所含的信息量越大，复杂程度增高。

采用 Pielou 指数计算均匀度：

$$E = \frac{H}{\ln(S)}$$

其中，E 为 Pielou 物种均匀度指数，H 为 Shannon-wiener 物种多样性指数，S 为群落内的物种总数。

采用 Margalef 指数计算丰富度：

$$D_M = \frac{S-1}{\ln N}$$

其中，S 为群落内的物种总数，N 为个体总数， D_M 为 Margalef 指数。

采用 Simpson 多样性指数衡量不同生境物种丰富度，进而比较优势度：

$$D_s = 1 - \frac{\sum n(n-1)}{N(N-1)}$$

其中 n 为某个物种的总个体数, N 为所有物种总个体数, D_s 为 Simpson 多样性指数。

中科院动物所的蒋志刚提出一种用于计算一个地区的鸟兽物种多样性的 G-F 指数公式。由于鸟兽类物种数较少, 并且鸟兽类中未知物种少, 该指数的优越性在于可避免未知物种对生物多样性测度的影响。

定义如果一个地区仅有 1 个物种, 或者仅有几个分布在不同科的物种, 则该地区 G-F 指数为零。G-F 指数, D_{G-F} 的计算方式为:

$$D_{G-F} = 1 - \frac{D_G}{D_F}$$

其中, 对于一个特定的科, F 指数 $D_{Fk} = -\sum_{i=1}^n P_i \ln P_i$, $P_i = s_{ki} / S_k$, S_k = 名录中 k 科中的物种数, s_{ki} = 名录中 k 科 i 属中的物种数, $n = k$ 科中的属数。对于一个被观测区域的

F 指数, $D_F = \sum_{k=1}^m D_{Fk}$;

G 指数 $D_G = -\sum_{j=1}^p D_{Gi} = -\sum_{j=1}^p q_j \ln q_j$, 其中: $q_j = s_j / S$, S = 名录中鸟纲或兽纲中的物种数, s_j = 鸟纲或兽纲中 j 属中的物种数, p = 鸟纲或兽纲中的属数。一般来说, 非单科种数越多, G-F 指数越大, 其范围为 [0, 1]。规定, 若所有科均为单种科, 即 $D_F = 0$ 时, $D_{G-F} = 0$ ^[1]。

4.3.2 优势种确立方法

采用鸟类频率指数估计法对观测水鸟的数量等级进行划分, 具体计算方法如下^[2]:

$$R = d/D \times 100$$

$$B = S/D$$

式中: d 为遇见该鸟类的天数; D 为总观测天数; S 为观测到的该鸟类数量。由于实际观测时每天观测样地变化, 且距离较远, 将 d 定义为观测到鸟类的样地数, D 定义为样地总数。

物种相对多度 A 的计算方法为:

$$A = n/N \times 100\%$$

式中: A 为某物种的多度, n 为该物种的个体数, N 为观测到的总个体数。

4.3.3 种群动态变化研究

利用 2011 年至 2022 年每年 8 月初的水鸟分布数据, 通过对每一年的数据进行初步汇总, 计算不同水鸟及不同分布样地的种群数量平均值, 比较不同年份水鸟种群的数量变化和分布情况。将观测样点的生境进行归类, 从而统计不同水鸟在不同生境下的空间分布, 进而得到不同物种对各生境的偏好。

5 研究结果

5.1 多样性分析

5.1.1 种属分布情况

2022 年 8 月夏季繁殖期的监测中, 记录到水鸟 44 种分属 6 目、11 科, 总数 148692 只, 其中鸻形目燕鸥科 1 种, 鸥科 2 种, 鹬科 10 种, 鵲科 5 种, 反嘴鹬科 2 种; 鹤形目秧鸡科

^[1] 蒋志刚, 纪力强. 鸟兽物种多样性测度的 G-F 指数方法[J]. 生物多样性, 1999(03): 61-66.

^[2] 董鸣主编, 陆地生物群落调查观测与分析[M]. 北京: 中国标准出版社, 1997: 87.

1 种，鹤科 2 种；雁形目鸭科 15 种；鸛形目鹭科 2 种；鸛形目鸕鹚科 1 种；鸕鹚目鸕鹚科 3 种（见表 5.1）。国家重点保护一级保护鸟类 1 种，为黑颈鹤（*Grus nigricollis*）；二级保护鸟类 5 种，分别为黑颈鸕鹚（*Podiceps nigricollis*）、角鸕鹚（*Podiceps auritus*）、大天鹅（*Cygnus cygnus*）、灰鹤（*Grus grus*）、翻石鸕鹚（*Arenaria interpres*）；列入《世界自然保护联盟濒危物种红色名录》易危 2 种,分别为角鸕鹚（*Podiceps auritus*）与红头潜鸭（*Aythya ferina*）；近危 7 种,分别为白眼潜鸭（*Aythya nyroca*）、凤头麦鸡（*Vanellus vanellus*）、黑颈鹤（*Grus nigricollis*）、黑尾塍鸕鹚（*Limosa limosa*）、白腰杓鸕鹚（*Numenius arquata*）、红腹滨鸕鹚（*Calidris canutus*）、弯嘴滨鸕鹚（*Calidris ferruginea*）。无新增水鸟种。

表 5.1.1 2022 年 8 月夏季繁殖期监测青海湖地区水鸟鸟种构成及基本情况

目	科	种	数量	居留型	生境分布	游/涉禽	保护等级
鸕鹚目 <i>Podicipediformes</i>	鸕鹚科 <i>Podicipedidae</i>	黑颈鸕鹚 <i>Podiceps nigricollis</i>	107	S	淡水湖泊	游禽	国家二级；LC
		凤头鸕鹚 <i>Podiceps cristatus</i>	7339	S	河口湿地/ 季节性漫滩/ 河流湿地/ 湖滨沼泽/ 淡水湖泊/ 湖岸半岛	游禽	LC
		角鸕鹚 <i>Podiceps auritus</i>	4	S	淡水湖泊	游禽	国家二级；VU
鸕鹚形目 <i>Pelecaniformes</i>	鸕鹚科 <i>Phalacrocoracidae</i>	普通鸕鹚 <i>Phalacrocorax carbo</i>	9633	S	河口湿地/ 季节性漫滩/ 湖滨沼泽/ 淡水湖泊/ 湖岸半岛/ 湖中岛屿	游禽	LC
鸕鹚形目 <i>Ciconiiformes</i>	鹭科 <i>Ardeidae</i>	苍鹭 <i>Ardea cinerea</i>	72	S	河口湿地/ 季节性漫滩/ 湖滨沼泽/ 农田/湖岸半岛	涉禽	LC
		大白鹭 <i>Ardea alba</i>	23	S	淡水湖泊/ 河口湿地/ 湖滨沼泽/ 湖岸半岛	涉禽	LC
雁形目 <i>Anseriformes</i>	鸭科 <i>Anatidae</i>	大天鹅 <i>Cygnus cygnus</i>	15	R	淡水湖泊/ 河口湿地/ 河流湿地/ 湖滨沼泽	游禽	国家二级；LC
		灰雁 <i>Anser anser</i>	291	S	淡水湖泊/ 河口湿地/ 河流湿地/ 湖滨沼泽	游禽	LC
		斑头雁 <i>Anser indicus</i>	12664	S	河口湿地/ 季节性漫滩/ 河流湿地/ 湖滨沼泽/ 农田/淡水湖泊/湖岸半岛	游禽	LC
		赤麻鸭	20034	R	河口湿地/	游禽	LC

		<i>Tadorna ferruginea</i>			季节性漫滩/河流湿地/湖滨沼泽/农田/淡水湖泊/湖岸半岛/湖中岛屿		
		翘鼻麻鸭 <i>Tadorna tadorna</i>	14	S	河口湿地/湖岸半岛	游禽	LC
		赤膀鸭 <i>Anas strepera</i>	46	P	河口湿地	游禽	LC
		赤颈鸭 <i>Anas penelope</i>	717	W,P	淡水湖泊/河口湿地	游禽	LC
		绿翅鸭 <i>Anas crecca</i>	944	W,P	淡水湖泊/河口湿地/河流湿地/湖滨沼泽	游禽	LC
		绿头鸭 <i>Anas platyrhynchos</i>	17	S	淡水湖泊/季节性漫滩	游禽	LC
		针尾鸭 <i>Anas acuta</i>	677	P	河口湿地/湖滨沼泽	游禽	LC
		赤嘴潜鸭 <i>Netta rufina</i>	61265	R	淡水湖泊/河口湿地/河流湿地/季节性漫滩/湖滨沼泽/湖岸半岛	游禽	LC
		红头潜鸭 <i>Aythya ferina</i>	12088	R	淡水湖泊/河口湿地/河流湿地/湖岸半岛	游禽	VU
		凤头潜鸭 <i>Aythya fuligula</i>	6244	R	淡水湖泊/河口湿地/河流湿地/湖滨沼泽	游禽	LC
		白眼潜鸭 <i>Aythya nyroca</i>	58	S	淡水湖泊/季节性漫滩/湖滨沼泽	游禽	NT
		普通秋沙鸭 <i>Mergus merganser</i>	11	R	湖滨沼泽	游禽	LC
鹤形目 <i>Gruiformes</i>	鹤科 <i>Gruidae</i>	灰鹤 <i>Grus grus</i>	1	P	河口湿地	涉禽	国家二级； LC
		黑颈鹤 <i>Grus nigricollis</i>	80	S	淡水湖泊/河口湿地/河流湿地/季节性漫滩/农田/湖滨沼泽	涉禽	国家一级； NT
	秧鸡科 <i>Rallidae</i>	白骨顶 <i>Fulica atra</i>	6219	S	淡水湖泊/河口湿地/河流湿地/湖滨沼泽/湖岸半岛	涉禽	LC
鸻形目 <i>Charadriiformes</i>	反嘴鹬科 <i>Recurvirostridae</i>	黑翅长脚鹬 <i>Himantopus himantopus</i>	823	S	淡水湖泊/河口湿地/河流湿地/季节性漫滩/湖滨沼泽/	涉禽	LC

					湖岸半岛		
		反嘴鹬 <i>Recurvirostra avosetta</i>	95	S	淡水湖泊/ 河口湿地/ 河流湿地/ 湖滨沼泽/ 湖岸半岛	涉禽	LC
	鸻科 <i>Charadriidae</i>	凤头麦鸡 <i>Vanellus vanellus</i>	5	S	湖滨沼泽	涉禽	NT
		金鸻 <i>Pluvialis fulva</i>	2	S	湖滨沼泽	涉禽	LC
		环颈鸻 <i>Charadrius alexandrinus</i>	338	S	淡水湖泊/ 河口湿地/ 河流湿地/ 季节性漫滩/ 湖滨沼泽/ 湖岸半岛	涉禽	LC
		蒙古沙鸻 <i>Charadrius mongolus</i>	15	P	淡水湖泊/ 河口湿地/ 湖滨沼泽	涉禽	LC
		铁嘴沙鸻 <i>Charadrius leschenaultii</i>	2	P	湖滨沼泽	涉禽	LC
	鹬科 <i>Scolopacidae</i>	黑尾塍鹬 <i>Limosa limosa</i>	615	P	河口湿地/ 河流湿地/ 季节性漫滩/ 湖滨沼泽	涉禽	NT
		白腰杓鹬 <i>Numenius arquata</i>	197	P	河口湿地/ 河流湿地/ 湖滨沼泽	涉禽	NT
		鹤鹬 <i>Tringa erythropus</i>	1	P	河口湿地	涉禽	LC
		红脚鹬 <i>Tringa totanus</i>	1388	S	淡水湖泊/ 河口湿地/ 河流湿地/ 季节性漫滩/ 湖滨沼泽/ 湖岸半岛	涉禽	LC
		泽鹬 <i>Tringa stagnatilis</i>	5	P	河口湿地/ 湖滨沼泽	涉禽	LC
		林鹬 <i>Tringa glareola</i>	153	P	河口湿地/ 季节性漫滩/ 湖滨沼泽	涉禽	LC
		翻石鹬 <i>Arenaria interpres</i>	1	P	河口湿地	涉禽	国家二 级；LC
		红腹滨鹬 <i>Calidris canutus</i>	12	P	湖岸半岛	涉禽	NT
		青脚滨鹬 <i>Calidris temminckii</i>	66	P	河口湿地/ 河流湿地/ 湖滨沼泽	涉禽	LC
		弯嘴滨鹬 <i>Calidris ferruginea</i>	14	P	河口湿地	涉禽	NT
	鸥科 <i>Laridae</i>	渔鸥 <i>Larus ichthyaetus</i>	3134	R	淡水湖泊/ 河口湿地/ 季节性漫滩/ 湖滨沼泽/ 农田/湖岸 半岛/湖中 岛屿	游禽	LC

		棕头鸥 <i>Larus brunnicephalus</i>	2086	S	淡水湖泊/ 河口湿地/ 河流湿地/ 季节性漫滩/ 湖滨沼泽/ 农田/湖岸 半岛/湖中 岛屿	游禽	LC
	燕鸥科 <i>Sternidae</i>	普通燕鸥 <i>Sterna hirundo</i>	457	R	淡水湖泊/ 河口湿地/ 河流湿地/ 季节性漫滩/ 湖滨沼泽/ 农田/子湖 岸半岛	游禽	LC

注：居留型中各代码及含义如下：

R（Resident）留鸟：指全年均在该地理区域内生活，春秋不进行长距离迁徙的鸟类；

S（Summer visitor）夏候鸟：指春季迁来此地繁殖，秋季再向越冬区南迁的鸟类；

W（Winter visitor）冬候鸟：指冬季来此地越冬，春季再向北方繁殖区迁徙的鸟类；

P（Passenger migrant）旅鸟：指春秋迁徙时途经此地，不停留或仅有短暂停留的鸟类；

V（Vagrant visitor）迷鸟（包括偶见种）：指迁徙时偏离正常路线而到此地栖息的鸟类。也包括某些在该地区十分罕见，仅有少数几个记录且居留型尚不清楚的鸟类^[1]。

据表 5.1.1 可以看出，2022 年 8 月夏季繁殖期青海湖地区的水鸟主要分为游禽与涉禽，其中游禽 22 种，主要分布于鸬鹚科、鸬鹚科、鸭科、鸥科与燕鸥科，共 138565 只，占观测到的水鸟总数的 93.19%；涉禽 22 种，主要分布于鹭科、鹤科、秧鸡科、反嘴鹬科、鹬科与鸨科，共 10127 只，占观测到的水鸟总数的 6.81%。由此可见，在夏季繁殖期中，青海湖水鸟游禽的种群数量占绝对优势，涉禽数量虽没有优势但种类较多。由于不同生态类群的鸟类生活习性不同，其对栖息地的选择也有所差异。尽管各种生境中均有游禽与涉禽的分布，游禽更倾向于选择生活在河口湿地的近岸水域与湖滨的沼泽草甸；而涉禽的首要选择偏好是湖滨沼泽，其次才是河口湿地的近岸水域、季节性漫滩、河流湿地及淡水湖泊（见图 5.1.1，图 5.1.2）。

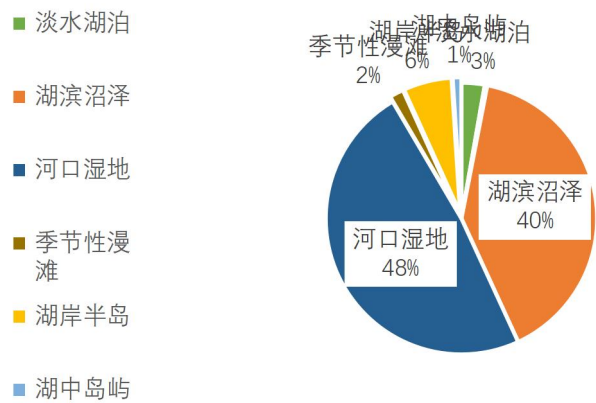


图5.1.1 游禽的生境分布

^[1] 郑光美.中国鸟类分类与分布名录（第二版）[M].北京：科学出版社，2011:vii-viii.

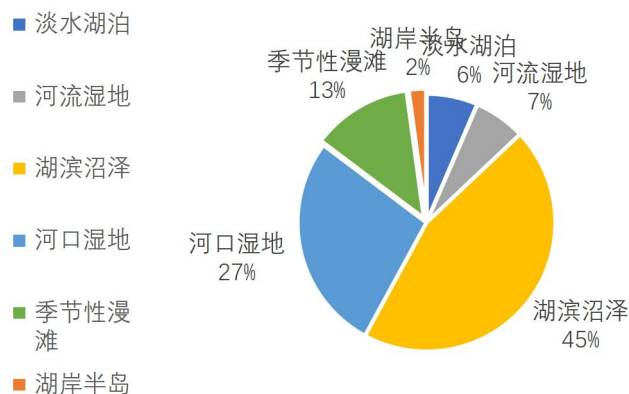


图5.1.2 涉禽的生境分布

尽管监测时期处于青海湖水鸟的夏季繁殖期，在观察到的鸟类中也不乏旅鸟甚至是候鸟。在本次监测到的 44 种水鸟中，有 20 种属于该地区的夏候鸟，8 种属于留鸟，16 种属于旅鸟。在这 16 种旅鸟中，又有赤颈鸭（*Anas penelope*）与绿翅鸭（*Anas crecca*）两种在越冬期有过观测记录。值得注意的是，留鸟多为鸭科、鸥科与燕鸥科的鸟种，其数量相对较多，其中鸭科的赤嘴潜鸭也是本次观测中数量最多的鸟种，共 61265 只，仅一种就占总鸟数的 41.2%；而种类丰富的夏候鸟与旅鸟为青海湖地区夏季生态系统的多样性做出了重要贡献。

5.1.2 不同生境下鸟类物种多样性、均匀度与丰富度比较

表 5.1.2 2022 年 8 月夏季繁殖期监测青海湖地区不同生境下水鸟多样性指数

生境类型	物种数	总个体数	H 值	E 值	D _M 值	D _S 值
全域	44	148692	2.06998	0.54700	3.61052	0.78703
河流湿地	13	794	1.16625	0.45469	1.79719	0.48516
淡水湖泊	26	4446	2.34117	0.71857	2.97628	0.86741
河口湿地	35	70170	2.08244	0.58572	3.04696	0.80206
湖滨沼泽	34	59869	1.65698	0.46988	3.00002	0.65564
湖中岛屿	4	1411	0.58991	0.42553	0.41368	0.28167
季节性漫滩	17	3547	1.75738	0.62028	1.95746	0.71913
湖岸半岛	17	8201	1.55902	0.55027	1.77541	0.71045
农田	9	254	1.43230	0.65187	1.44474	0.65958

注：该表格中的 H、E、D_M、D_S 值分别为 4.3.1 中提到的 Shannon-wiener 物种多样性指数、Pielou 物种均匀度指数、Margalef 物种丰富度指数以及 Simpson 多样性指数。

可以看到，淡水湖泊的 H 值最高，其次是河口湿地与季节性漫滩，这表明利用 Shannon-Wiener 指数衡量青海湖地区的不同生境，淡水湖泊、河口湿地与季节性漫滩的物种多样性最高。而就 E 值而言，淡水湖泊、农田与季节性漫滩为物种均匀度最高的三种生境，因此这三种生境中不同物种的个体数量接近，没有出现种群数量极端多或者极端少的情况。若用 Margalef 指数来衡量物种丰富度，则河口湿地、湖滨沼泽与淡水湖泊的物种丰富度最高，即这些生境中水鸟物种数最多。Simpson 优势指数（1-D_S）用于表征一个群落物种分布的几种情况，通常而言，优势指数越高，表明群落中各物种生物的数量分布越不均匀，优势生物的生态功能越显著。因此，为了表征物种多样性，用 1 减去 Simpson 优势指数得到辛普森多样性指数 D_S。D_S 值越高，群落中各物种的集中度越低，多样性越高。用 Simpson 指数衡量多样性，多样性最高的生境为淡水湖泊与河口湿地。综合以上数据，我们可以认为，2022 年夏季繁殖期，淡水湖泊为青海湖周边水鸟多样性、均匀度最高的生境；丰富度最高的生境为河口湿地，其多样性也不低。而多样性、均匀度与丰富度最低的为湖中岛屿，仅有少量鸥科、鸬鹚科与鸭科的鸟种在此栖息。

5.1.3 G-F 指数分析

经计算，2022 夏季繁殖期青海湖地区水鸟的 G 指数为 2.003042496；F 指数为 2.857791405，G-F 指数为 0.299094226。表征科间和科中多样性的 F 指数较低，而表征属间多样性的 G 指数较高。而在相关文献中我们发现，青海湖地区全年鸟类的 G 指数能达到 4.35，而 F 指数更高达 21.74；即使是数值最低的海北高寒草甸生态系统定位研究站，G 指数与 F 指数也分别有 3.87 和 11.43。^[3]我们推测计算结果偏低的原因可能是因为时空差异——没有覆盖全年全域，导致部分科中仅有 1 属或几属，如鸬鹚科、鸬鹚科、鸥科等等，对 F 指数贡献为 0。因此，尽管青海湖地区夏季繁殖期的鸟类种类较多，科内的多样性相对较低。

5.2 2011 年至 2022 年青海湖地区 8 月水鸟数量及组成变化分析

5.2.1 水鸟总量及种数组成变化

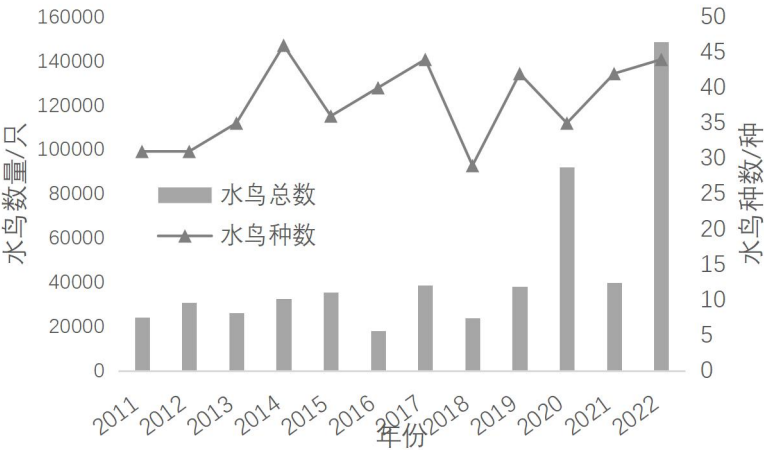


图 5.2.1 2011 年至 2022 年青海湖地区 8 月水鸟总数及种数变化

由上图，2011 年到 2022 年每年 8 月监测到水鸟总数整体呈增长趋势，2022 年监测数

量最多，有近 15 万只；2016 年达到最低，不足两万只。水鸟总数平均值为 45739 只，数据整体呈右偏态分布，前九年数量较为稳定，2019 年以来水鸟总数波动较大。监测到水鸟种数在 29 至 46 之间波动，整体变化不大，中位数与平均值均为 38 种，数据呈正态分布。每年监测到的水鸟数量与种数之间并无明显的相关关系。

5.2.2 优势种群分析

采用鸟类频率指数估计法对观测水鸟的数量等级进行划分，可进一步确定每年环青海湖地区的水鸟优势种群。该方法以 RB 指数为等级划分指标，实际指代意义为各种鸟类观测到的百分率 R 与每天遇见数量 B 的乘积，由于实际观测时每天观测样地变化，且距离较远，将 d 定义为观测到鸟类的样点数，D 定义为样点总数。

表 5.2.1 环青海湖地区水鸟优势种

年份	优势种种名	RB 指数
2011	斑头雁 <i>Anser indicus</i> 普通鸕鹚 <i>Phalacrocorax carbo</i>	26873.5; 20569.6
	渔鸥 <i>Larus ichthyaetus</i> 棕头鸥 <i>Larus brunnicephalus</i>	9530.2; 6025.2
	赤嘴潜鸭 <i>Netta rufina</i>	4042.9
2012	普通鸕鹚 <i>Phalacrocorax carbo</i> 斑头雁 <i>Anser indicus</i>	23948.0; 23640.9
	渔鸥 <i>Larus ichthyaetus</i> 棕头鸥 <i>Larus brunnicephalus</i>	11232.6; 5236.4
	赤麻鸭 <i>Tadorna ferruginea</i>	4948.8
2013	普通鸕鹚 <i>Phalacrocorax carbo</i> 斑头雁 <i>Anser indicus</i>	33226.4 ; 15514.0
	渔鸥 <i>Larus ichthyaetus</i> 赤麻鸭 <i>Tadorna ferruginea</i>	9807.0 ; 4909.1
	棕头鸥 <i>Larus brunnicephalus</i>	3782.9
2014	普通鸕鹚 <i>Phalacrocorax carbo</i> 渔鸥 <i>Larus ichthyaetus</i>	27287.8 ; 23508.5
	斑头雁 <i>Anser indicus</i> 棕头鸥 <i>Larus brunnicephalus</i>	19177.7 ; 5504.1
	红头潜鸭 <i>Aythya ferina</i>	4204.5
2015	普通鸕鹚 <i>Phalacrocorax carbo</i> 斑头雁 <i>Anser indicus</i>	29681.4 ; 26209.5
	渔鸥 <i>Larus ichthyaetus</i> 赤麻鸭 <i>Tadorna ferruginea</i>	13326.0; 6690.5
	凤头潜鸭 <i>Aythya fuligula</i>	6049.6
2016	普通鸕鹚 <i>Phalacrocorax carbo</i> 斑头雁 <i>Anser indicus</i>	17598.4; 14121.1
	凤头潜鸭 <i>Aythya fuligula</i> 赤麻鸭 <i>Tadorna ferruginea</i>	9917.3; 4204.3
	棕头鸥 <i>Larus brunnicephalus</i>	3754.6
2017	普通鸕鹚 <i>Phalacrocorax carbo</i> 斑头雁 <i>Anser indicus</i>	33852.2; 14420.4
	赤麻鸭 <i>Tadorna ferruginea</i> 渔鸥 <i>Larus ichthyaetus</i>	14332.7; 10803.8
	赤嘴潜鸭 <i>Netta rufina</i>	7292.4
2018	普通鸕鹚 <i>Phalacrocorax carbo</i> 红头潜鸭 <i>Aythya ferina</i>	31271.1; 17713.3
	赤麻鸭 <i>Tadorna ferruginea</i> 斑头雁 <i>Anser indicus</i>	9603.5; 8531.3
	渔鸥 <i>Larus ichthyaetus</i>	7794.9
2019	普通鸕鹚 <i>Phalacrocorax carbo</i> 斑头雁 <i>Anser indicus</i>	17209.5; 14696.8
	赤嘴潜鸭 <i>Netta rufina</i> 凤头鸕鹚 <i>Podiceps cristatus</i>	8350.9; 7413.6
	赤麻鸭 <i>Tadorna ferruginea</i>	6078.5
2020	凤头鸕鹚 <i>Podiceps cristatus</i> 普通鸕鹚 <i>Phalacrocorax carbo</i>	26565.0; 24992.0
	斑头雁 <i>Anser indicus</i> 赤嘴潜鸭 <i>Netta rufina</i>	24456.7; 21878.9
	赤麻鸭 <i>Tadorna ferruginea</i>	15734.1
2021	普通鸕鹚 <i>Phalacrocorax carbo</i> 斑头雁 <i>Anser indicus</i>	26323.5; 23017.0
	赤麻鸭 <i>Tadorna ferruginea</i> 赤嘴潜鸭 <i>Netta rufina</i>	8965.4; 8617.0
	渔鸥 <i>Larus ichthyaetus</i>	5349.4
2022	赤嘴潜鸭 <i>Netta rufina</i> 赤麻鸭 <i>Tadorna ferruginea</i>	135943.1; 71126.6
	斑头雁 <i>Anser indicus</i> 红头潜鸭 <i>Aythya ferina</i>	43087.6; 19669.8
	渔鸥 <i>Larus ichthyaetus</i>	10199.4

如表 5.2.1 所示，2011-2022 年环青海湖 8 月水鸟优势种群多由青海湖繁殖水鸟斑头雁、普通鸕鹚、渔鸥、棕头鸥、和凤头鸕鹚占据。在所有统计年份中，斑头雁和普通鸕鹚的 RB 指数位于环青海湖水鸟种群前五位的时段占 90%以上。此外，夏季优势水鸟种群的重要组成部分还有部分雁形目鸭科水鸟，包括赤嘴潜鸭、赤麻鸭、红头潜鸭和凤头潜鸭。其中赤麻鸭在最近十二年的监测中有十次 RB 指数排名进入前五；赤嘴潜鸭种群在近五年的统计中 RB 指数序位有缓慢上升趋势，说明近年该种群夏季在青海湖地区分布增多。分析 RB 指数变化趋势可知，由 2011 年至今监测所得每年夏季序位前五的 RB 指数数值总体呈上升状态，这反映出青海湖地区优势水鸟种群数量呈增长态势。但由于气候、水位等因素不同，每年设置的环湖样地虽重点观测样地不变，但仍有一定差异，数量基本在 22-29 之间，个别年份仅设有 16 个样地，因而 RB 数值变化会受一定影响。

从上述几种优势种群中，我们选取斑头雁、普通鸕鹚、渔鸥和赤麻鸭为代表，计算水鸟物种相对多度并分析变化趋势，以探讨物种多度的区域分布规律及形成机制。

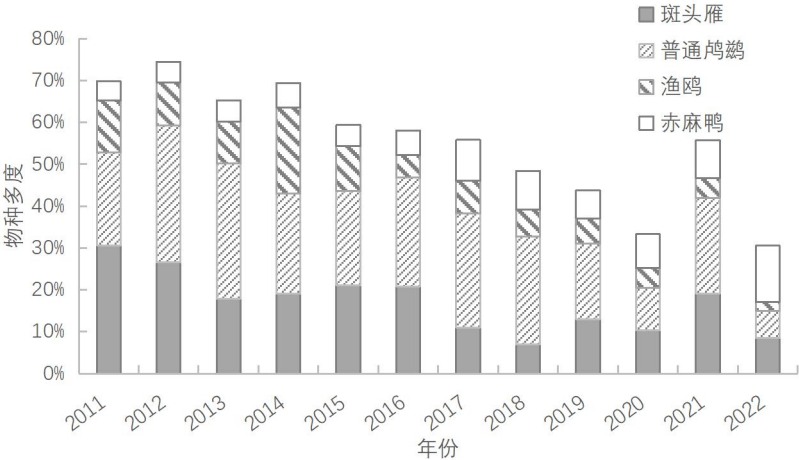


图 5.2.2 2011-2022 年夏季斑头雁、普通鸕鹚、渔鸥、赤麻鸭物种多度变化

多度作为物种优势度和均匀度的度量指标，常用于衡量物种普遍度和稀有度。多度的测度有绝对和相对之分，绝对多度是指群落中生物量、频度、盖度等指标的绝对值，相对多度则是物种对群落总多度的贡献大小，或可称为相对重要性百分率。^[1]图 5.2.2 从物种水平对斑头雁、普通鸕鹚、渔鸥、赤麻鸭的多度进行研究，可知普通鸕鹚多度平均可达 20% 以上，从 2011 至 2022 年稍有下降，整体波动较大。与之相对，赤麻鸭种群的多度基本维持在 5%-10%，近两年有一定升高。从最近十二年的监测数据看，四种水鸟的种群数量呈上升趋势，而其多度变化则降低或维持稳定，多度之和由 70% 左右下降至约 35%，说明近年来青海湖地区水鸟种群总数有所增长。依据研究实例，近 80% 的物种分布-多度关系成正相关，其解释之一是局部多度高的物种分布较广，资源利用宽度大。因此结合青海湖周边水鸟观测数据，或能对邻近区域水鸟分布进行推断。^[2]此外，从群落角度对物种多度格局进行模型拟合能帮助理解青海湖周边区域群落结构，物种多度格局模型的转变能够对物种迁移规模等提供指示意见，因而其研究在生态学中具有重大意义。

5.3 2011 年至 2022 年青海湖地区 8 月繁殖水鸟种群动态及生境偏好

青海湖国家级自然保护区范围内具有丰富的生物多样性，青海湖周围河口及淡水湖泊为水鸟生存繁殖提供了必要的淡水资源和食物来源。据统计，青海湖地区有水鸟近百种，

^[1] 李巧,涂璟 ,熊忠平,等. 物种多度格局研究概况[J]. 云南农业大学学报,2011,26(1):117-123.

^[2] 马克明.物种多度格局研究进展[J].植物生态学报,2003,27(3):412-426.

其中大部分为夏季候鸟。该地区水鸟群落中，斑头雁、棕头鸥、普通鸬鹚、渔鸥和凤头鸊鷉五种水鸟为主要的繁殖水鸟，繁殖期前、中、后期种群数量差距很大。作为水鸟迁徙中的重要站点，每年3月下旬数万只水鸟陆续从越冬地飞往青海湖，繁殖水鸟产卵后，7月中下旬幼鸟逐渐羽翼丰满，8月后繁殖个体陆续离开青海湖，停留至冬季的水鸟仅有大天鹅、赤麻鸭等少数。

青海湖主要繁殖水鸟的迁徙时间线为：

斑头雁每年2月底3月初由印度、尼泊尔、雅鲁藏布江河谷等地集群出发，3月下旬抵达青海湖周边区域。4月中旬在淡水浅滩交配并寻找沙地产卵，幼鸟逐渐成熟后，种群于9月底开始大批向云贵高原等地迁徙，11月份迁徙基本完成。渔鸥与斑头雁类似，3月中下旬抵达青海湖，4月份开始营巢，5月上旬产卵，8月份开始南迁至印度等地。棕头鸥每年3月中下旬迁至青海湖，6月份产卵孵化幼鸟，9至10月份南迁至云南、广东等地，最远飞至南海西沙群岛越冬。普通鸬鹚3月底由越冬地迁至青海湖，初夏季节进入繁殖期，幼鸟成熟后迁至云贵两省河湖地区越冬，最远可向南迁至中缅边境瑞丽江畔。

每年七月底八月初青海湖地区繁殖水鸟幼鸟已基本具有飞行能力，种群处于南迁之前或正在南迁。对此时种群动态进行研究一方面能掌握不同水鸟行为时间节点，另一方面能获得种群数量、幼成体组成等基础数据并用于特定时间段内的种群变化趋势分析。此外，部分水鸟由于其对生态环境具有高敏感性、有重要经济价值、受人类影响程度大、在评价区域内分布广泛、对不同地理位置的环境响应具有一致性、属于国际关注的特有濒危动物或国家保护野生动物等特点，可作为当地生态环境、人类活动强度变化的指示性物种，其种群动态可对当地生态保护方案制定等环节提供指导意见。鉴于上述几种繁殖水鸟在环青海湖地区的广泛分布及其观赏价值，其种群数量变化可作为青海湖地区的生态评价的一项指标。

5.3.1 繁殖水鸟种群数量变化分析

图 5.3.1 展示了最近十二年青海湖地区五大繁殖水鸟的种群数量变化情况。数据表明，每年夏季上述五种水鸟在环青海湖地区有稳定种群分布。2011年至2022年，青海湖8月五种水鸟种群数量总和出现显著增长，前期群数量总和平均值不足两万，近三年均值在三万只左右，涨幅近50%。从物种层面来说，各年水鸟组成比例差异较大。十二年中，普通鸬鹚和斑头雁种群数量持续占有优势，平均数量分别为8005只和6537只。渔鸥和棕头鸥种群数量均呈现增-减-增-减的变化模式，各自在2014年、2020年以及2012年、2020年出现两个峰值。凤头鸊鷉种群数量自2019年起出现明显增势，2020年达10000只以上，2022年维持在7000余只。

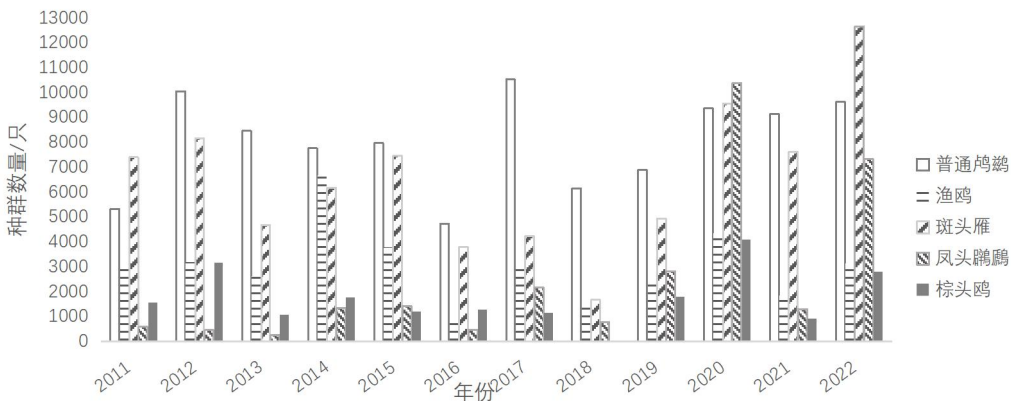


图 5.3.1 2011-2022 年青海湖夏季五大繁殖水鸟种群数量

结合图 5.3.2，普通鸬鹚和斑头雁种群数量数据上下四分位之间涵盖部分跨度较大，监测到种群数量最值差距大，说明数据波动性高，但是没有明显的变化规律；两个种群数量中位数分别为 8223 只和 6789 只，偏离上下四分位正中位置，相较于平均数分别呈现出左偏态和右偏态分布；斑头雁种群盒须线最长，表明监测数量极差大，数据分散程度高。余下三种水鸟四分位间距框较窄，数据分布相对集中，但同样都呈现偏态分布。2014 年监测到渔鸥 6693 只，远高于其余年份；棕头鸥种群数量在 43 到 4102 之间波动，最大值与 75 分位值偏离度较大。

总结以上分析可得出，2011 年至 2022 年青海湖地区 8 月各水鸟种群每年监测数量变化大，但普通鸬鹚和斑头雁种群一直占有数量优势，凤头鸕鹚种群数量增幅大，由越冬地向青海湖迁徙的种群数量增加。夏季主要繁殖水鸟种群数量有明显增长，说明当地生态对水鸟栖息适宜度提高。

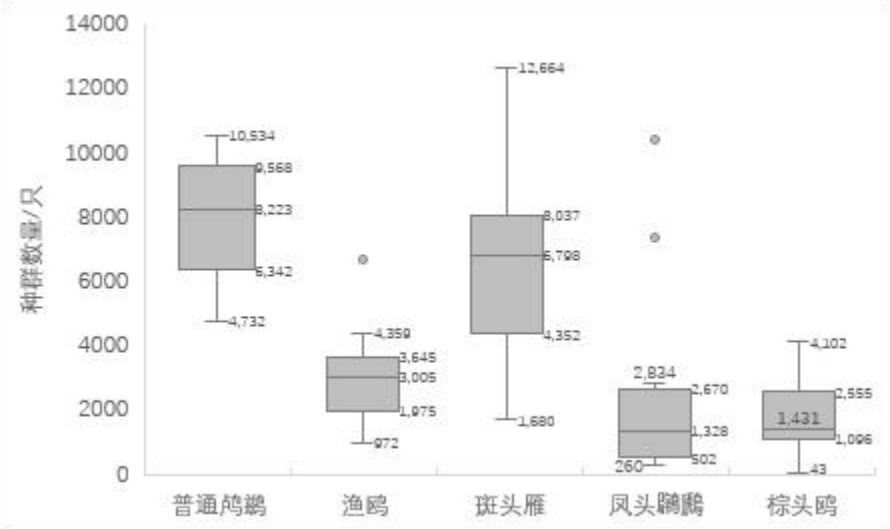


图 5.3.2 2011-2022 夏季环青海湖繁殖水鸟种群数量分布

5.3.2 繁殖水鸟分布生境研究

为整体把握环青海湖水鸟种群动态，在青海湖环湖区域共设置水鸟观测样地 24 个，由 30 个观测样点构成。在观测中按照 30 个样点进行观测，在统计中将小样点的数据合并到样地中进行统计。根据各样点自然地理情况，我们将其划分为 8 种湿地生态类型（见表 5.3.1）。

表 5.3.1 环青海湖水鸟监测样地生境类型统计

序号	生境类型	观测样地
1	河流湿地	倒淌河湿地
2	淡水湖泊	洱海、甘子河湿地、沙岛
3	河口湿地	黑马河湿地、沙柳河口、泉吉河口、布哈河口、生河口、切吉河口、哈尔盖河口
4	湖滨沼泽	小泊湖、那仁湿地、仙女湾、五世达赖泉、泉湾湿地、尕日拉湿地、乃什吉湿地
5	湖中岛屿	海心山、三块石
6	季节性漫滩	哈达滩
7	湖岸半岛	蛋岛、鸬鹚岛
8	农田	江西沟

为研究青海湖主要繁殖水鸟分布的生境偏好，我们整理了 2011 年 2022 年各样地中 8 月份观测到的水鸟种类及种群数量，求出不同水鸟在不同生境下分布数量的平均值并绘制

为图 5.3.3。上述数据监测时段为每年七月底至八月初，鸟类处于繁殖后期，幼鸟基本成熟，开始向南迁徙，种群分布生境应与其行为需求相适应。

由图中曲线变化可知，河口湿地、湖滨沼泽为水鸟分布的主要区域，原因在于这两种生态环境中淡水资源较为充足，且能为水鸟栖息繁殖提供丰富的食物来源。普通鸕鹚在湖岸半岛出现第二个分布峰值，原因是鸟岛保护区中蛋岛、鸕鹚岛周围岩壁为其筑巢繁殖提供了良好的地理环境。水鸟生存与环境中淡水资源息息相关，因而青海湖湖中岛屿三块石、海心山因咸水环绕而鸟类多样性较低，仅有分布的普通鸕鹚也需要飞往数十公里之外补充淡水资源。哈达滩作为 24 个样地中唯一的季节性漫滩，生态环境随季节变化快，鸟类分布受季节影响更为显著，经观测该地主要分布水鸟为斑头雁，种群数量平均在 2000 只左右，相较其在河口湿地的分布仍然偏低。棕头鸥和渔鸥同属鸕形目（*Charadriiformes*）鸕科（*Laridae*），生活习性与环境需要更为相似，种群分布关于生境类型的变化趋势重合度很高，但渔鸥在湖岸半岛的分布较棕头鸥更多。

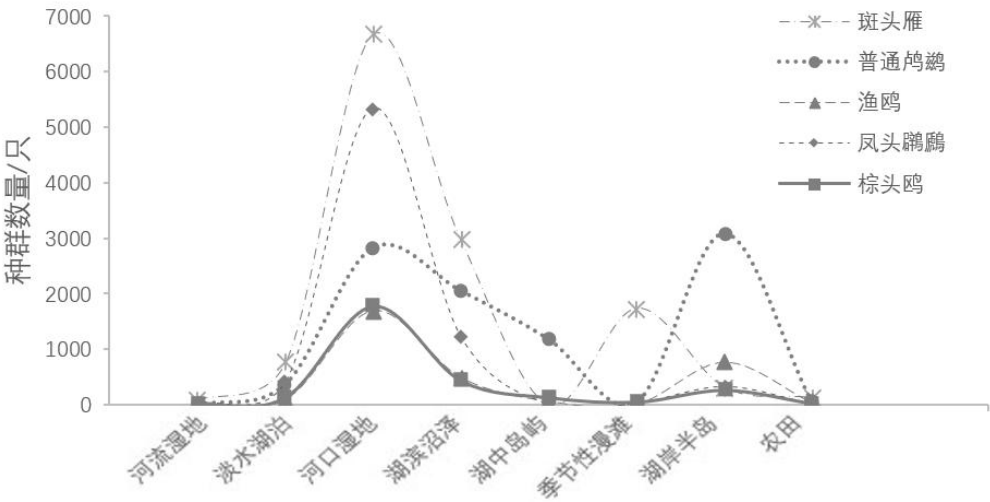


图 5.3.3 青海湖主要繁殖水鸟生境分布偏好统计

上图虽基本给出了青海湖五大繁殖水鸟夏季在湖周各生境类型中分布的种群数量均值，但由于观测时分小样点进行，各样地观测面积难以精确统计，未能就上述五种水鸟在不同生境下的平均分布密度给出精确数据，因而无法确切反映种群繁殖后期对生境的选择性，进一步研究可采用样方法或样线观测记录观测面积并对种群密度进行计算。

5.4 2011 年至 2022 年青海湖地区 8 月保护水鸟组成及样地分布

5.4.1 保护水鸟种群动态及分布

每年春秋两季水鸟迁徙期停留在青海湖的水鸟多达数十万只，迄今为止当地观测到水鸟九十五种，其中不乏关注度较高的濒危水鸟。按照国家重点保护级别、CITES 名录（《濒危野生动植物种国际贸易公约》）以及 IUCN（世界自然保护联盟）划分的保护级别，我们统计了 2011 年至 2022 年该地区 8 月份观测到的国家级保护水鸟并查询其濒危级别制作表 5.4.1^[1]。

表 5.4.1 2011-2022 年夏季环青海湖地区保护水鸟统计

^[1] 数据来源：《中华人民共和国野生动物保护法》《国家重点保护野生动物名录》，2021；2019 年 CITES 附录中文版，国家濒危科委 http://www.cites.org.cn/citesgy/fl/201911/t20191111_524091.html；INCU Red List of Threatened Species <https://www.iucnredlist.org/search?query=Grus%20grus&searchType=species>

目	科	种	国家保护水鸟	CITES 附录	IUCN 名录
鹤形目 <i>Gruiformes</i>	鹤科 <i>Gruidae</i>	黑颈鹤 <i>Grus nigricollis</i>	一级	I	NT
		灰鹤 <i>Grus grus</i>	二级	II	
		蓑羽鹤 <i>Grus virgo</i>	二级	II	
鸬鹚目 <i>Podicipediformes</i>	鸬鹚科 <i>Podicedidae</i>	黑颈鸬鹚 <i>Podiceps nigricollis</i>	二级		
		角鸬鹚 <i>Podiceps auritus</i>	二级		VU
雁形目 <i>Anseriformes</i>	鸭科 <i>Anatidae</i>	白额雁 <i>Anser albifrons</i>	二级		
		大天鹅 <i>Cygnus cygnus</i>	二级		
鸻形目 <i>Ciconiiformes</i>	鸻科 <i>Threskiornithidae</i>	白琵鹭 <i>Platalea leucorodia</i>	二级		
		白腰杓鹬 <i>Numenius arquata</i>	二级		NT
鸻形目 <i>Charadriiformes</i>	鹬科 <i>Scolopacidae</i>	翻石鹬 <i>Arenaria interpres</i>	二级		

由上表可知，2011 年至 2022 年青海湖周边 8 月水鸟观测样地共监测到国家级保护水鸟九种，分属 5 目 5 科，其中一级保护水鸟 1 种，二级水鸟 8 种，属于 CITES 名录附录 I 级 1 种，II 级 1 种，属于 IUCN 名录 VU 一种，NT 两种。根据监测数据，大部分水鸟每年 8 月在青海湖地区只是少量出现或未出现，例如蓑羽鹤仅在 2020 年监测到 1 只，白额雁仅在 2018 年监测到 12 只，白琵鹭仅在 2011、2016、2021 年分别监测到 4、7、4 只。因此我们选取保护水鸟中监测频次相对较高的黑颈鹤、大天鹅以及黑颈鸬鹚，对其种群动态和在青海湖周边样地的分布情况进行研究，以期了解它们的种群分布及动态特征并为后续监测提供参考。

黑颈鹤 *Grus nigricollis*

黑颈鹤是鹤形目鹤科水鸟，国家一级保护动物，越冬地有我国西藏南部和云贵高原等地，夏季主要分布于青藏高原中东部，青海湖地区夏季有稳定的黑颈鹤种群。繁殖期黑颈鹤种群较为分散，越冬时集群分布于河流两岸、农田地区。黑颈鹤个体雌雄相似，虹膜黄色，喙角质呈灰色或绿色，近喙端处多黄色。通体灰白，头、喉、颈部呈黑色，头部裸皮暗红，眼后具白斑，飞羽、尾羽呈黑色，脚黑色。^[1]由于其濒危程度及独特的观赏价值，黑颈鹤专项监测一直以来是青海湖濒危物种监测工作中的重要组成部分。通过每年不同时期对黑颈鹤种群数量及分布进行调查，能加深对繁殖前、中、后期其种群数量变化趋势、繁殖地点分布、繁殖对数等指标的掌控。本文聚焦夏末繁殖后期，对最近十二年 8 月份的监测数据进行分析，旨在进一步了解同期黑颈鹤种群分布及动态变化。

十二年的监测数据表明，八月初青海湖地区黑颈鹤种群平均大小为 92 只。2011 年至 2015 年，黑颈鹤种群数量稳定上升，且接近呈指数增长 ($R^2=0.901$) ;2016 年观测到种群数量急剧下降，2017 年达到十二年中最大值 133 只，2018 年降至最低值 37 只，后又重复上升-下降，种群数量整体呈现出峰值-低谷-峰值的变化模式。从观测数据分布来看，黑颈鹤种群数量上下四分位跨度近 30 只，较最低值与下四分位跨度（44 只）更小，观测到种群数量中位数为 89 只，较平均值更小，整体数据呈右偏态分布，种群数量大于均值的年份占 41.67%。

^[1] 聂延秋，中国鸟类识别手册[M].北京：中国林业出版社，2017: 108.

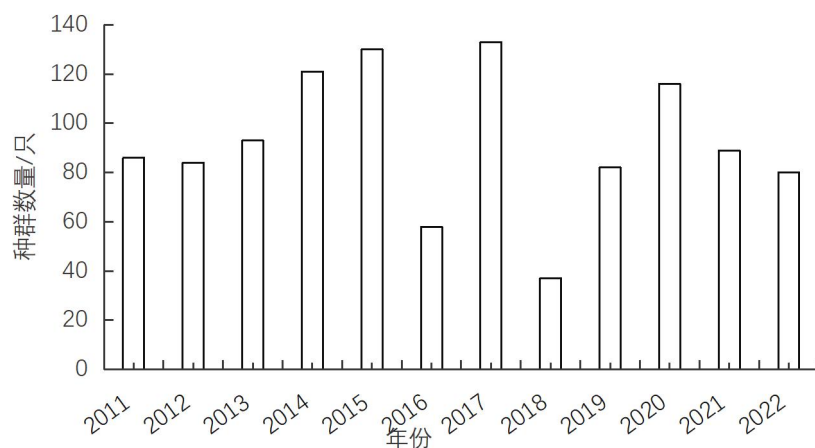


图 5.4.1 2011-2022 青海湖夏季黑颈鹤种群数量动态

为全面掌握黑颈鹤种群在青海湖周边 24 个样地的分布情况，我们对十二年来每个样地同期监测到的黑颈鹤种群数量求均值并绘制出图 5.4.2。考虑到该地区黑颈鹤种群数量级别平均不足百只，若因偶然因素或人为监测原因得出个别年份黑颈鹤数量异常偏高或偏低对数据均值影响极大，我们另统计了十二年中各样地监测到黑颈鹤的频次作为补充数据，以求尽可能提高结论的可信度，为以后青海湖水鸟监测提供参考。由于 2022 年水鸟监测样点设置较为全面，除尖沙咀、环湖西路外等季节性样地外，基本覆盖青海湖地区水鸟栖息、觅食、繁殖地，且在十二年中用于监测的频次高，因而样地选取《青海湖国家级自然保护区管理局 2022 年综合调查实施方案》为基准。对于其他年份中隶属 2022 年设置样地中分样点的样地设置，我们将其统一划至 2022 年该分样点所属样地的范围之内，对于其他年份设置但 2022 年未进行监测的样地，其数据并未在我们统计范围之内。

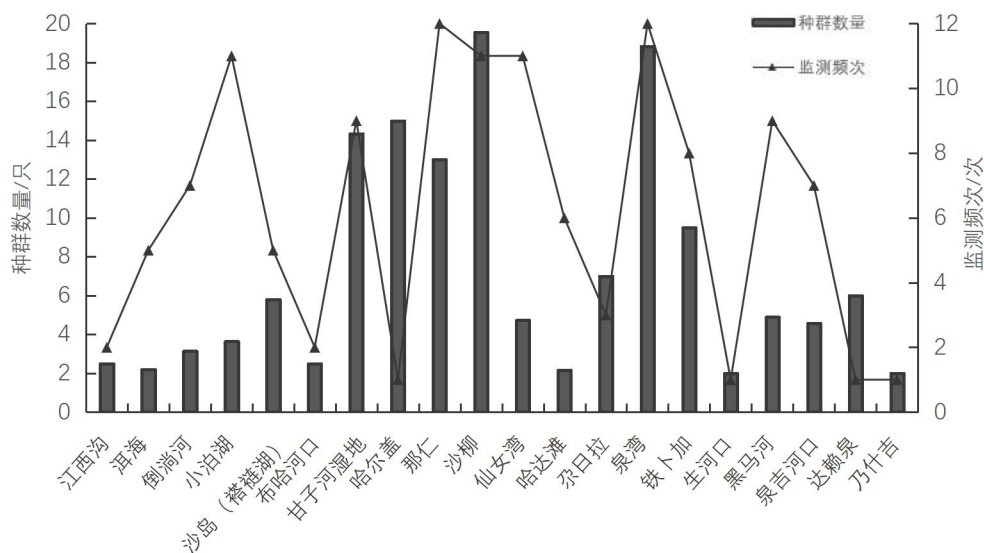


图 5.4.2 2011-2022 年青海湖 8 月黑颈鹤被记录次数及平均数量统计

十二年同期监测数据显示 24 个水鸟监测样地中，共有 20 个样地观测到黑颈鹤分布，其中 5 个样地十二年中观测到黑颈鹤平均超 10 只。观测到黑颈鹤频次超过 10 次的样地共 5 个，但与种群分布较多的样地重合度不高。综合两个指标，沙柳河口和泉湾湿地平均黑

颈鹤分布均达 10 只，十二次观测中分别有 10 次和 11 次发现黑颈鹤分布，属于黑颈鹤监测的重点区域。此外，甘子河湿地和那仁湿地也在两种指标中均占有优势，上述四个样地中黑颈鹤数量之和接近监测总数的 66.2%。哈尔盖湿地为季节性漫滩，仅于 2022 年发现一次黑颈鹤，数量为 15 只。与之相反的是小泊湖、仙女湾湿地以及黑马河湿地三个样地，这些样地监测到黑颈鹤的概率高，但数量往往较少，一般在 5 只及以下。就单个样地来看，泉湾湿地和沙柳河口监测到黑颈鹤数量的年度波动大，分别在 3 到 60 只和 1 到 61 只之间；那仁湿地和甘子河湿地监测到黑颈鹤种群数量分布则相对较为集中，最值分别为 1、26 和 5、29。

根据上述数据我们绘制了黑颈鹤种群数量均值以及监测频次在环青海湖样地中的数量等级分布图（图 5.4.3）。从各样地黑颈鹤数量来看，每年八月黑颈鹤在环青海湖地区基本呈分散分布，除沙柳河口、泉湾湿地、那仁湿地等样地分布相对集中外，黑颈鹤零星散布在青海湖周边各个水鸟栖息地。各样地中黑颈鹤监测频次并未与监测数量呈现明显的相关关系，因而从中不能准确得出黑颈鹤分布偏好。原因也可能是黑颈鹤种群整体数量少，数据收集时间跨度不够，因而未显示出明显的相关性。

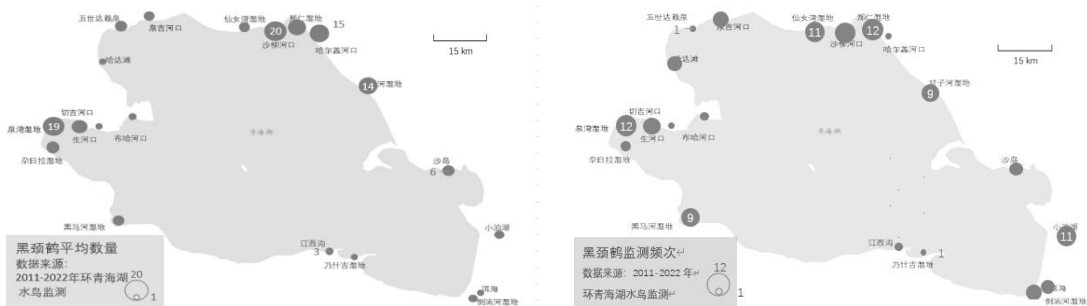


图 5.4.3 2011-2022 青海湖 8 月黑颈鹤平均数量及监测频次在各样地的分布情况

大天鹅 *Cygnus cygnus*

大天鹅是雁形目鸭科的一种候鸟，栖息于开阔且水生植物繁茂的浅水水域，冬季常集群活动，分布于中国长江流域及附近湖泊，夏季到黑龙江、蒙古人民共和国及西伯利亚等地繁殖。大天鹅雄雌同形同色，通体洁白，体长 120-160 厘米，翼展 218-243 厘米，嘴黑，嘴基黄色延至上喙侧缘，喙部由黑黄两色组成，喙基呈黄色^[1]。青海湖是冬季大天鹅的重要栖息地之一，夏季大天鹅分布较少。

图 5.4.4 展示了从 2011 年至 2022 年夏季同期大天鹅种群数量的变化情况，期间其种群数量的平均值为 11 只，各年度数量波动较大，无明显变化规律。2012 年、2017 年及 2020 年观测到大天鹅均在 15 只以上，2015 年 8 月未观测到大天鹅种群分布。与前几年相比，2019 年至 2022 年青海湖地区 8 月大天鹅分布数量较多且更为稳定。从观测数据分布来看，大天鹅种群数量上下四分位跨度较最小值与下四分位跨度更大，观测到种群数量中位数为 10 只，较平均值更小，整体数据呈右偏态分布，种群数量大于均值的年份占 41.67%。

^[1] 聂延秋,中国鸟类识别手册[M].北京：中国林业出版社,2017:49 页.

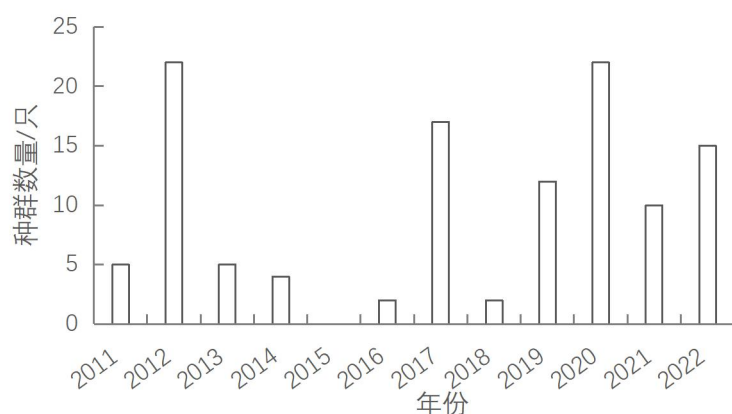


图 5.4.4 2011-2022 青海湖 8 月大天鹅种群数量动态

图 5.4.5 展示的是 2011-2022 年环青海湖 8 月大天鹅被记录次数及其平均数量的样地分布情况。24 个水鸟监测样地中，有 11 个样地观测到大天鹅分布，观测到大天鹅 3 次及以上的样地共 5 个，与种群分布较多的样地重合度不高。综合两个指标，甘子河湿地、那仁湿地、切吉河口大天鹅平均分布较多，十二次观测中分别有 7 次、7 次和 4 次发现大天鹅个体，属于夏季大天鹅监测的重点区域。上述三个样地中大天鹅数量之和接近监测总数的 33.87%。

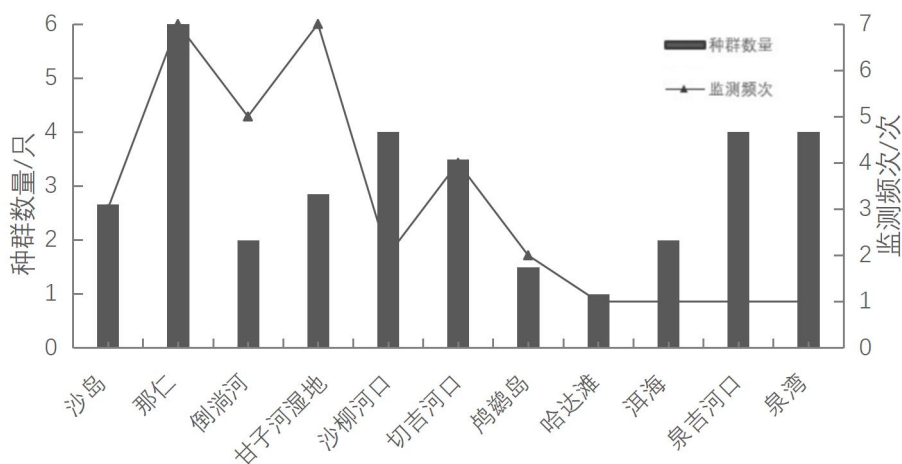


图 5.4.5 2011-2022 青海湖各样点 8 月大天鹅平均数量及监测频次统计

图 5.4.6 为大天鹅种群数量均值以及监测频次在青海湖各样地中的数量等级分布图。由图可得每年八月大天鹅在环青海湖地区也呈分散分布，除甘子河湿地、那仁湿地、泉吉河口等样地分布相对集中外，大天鹅零星散布在青海湖偏北地区。监测频次方面，那仁湿地、甘子河湿地、切吉河口监测到大天鹅的概率较高。在大天鹅种群分布较多的几个样地，其监测频次也相应更高，其余样地中两项指标则无明显相关关系。

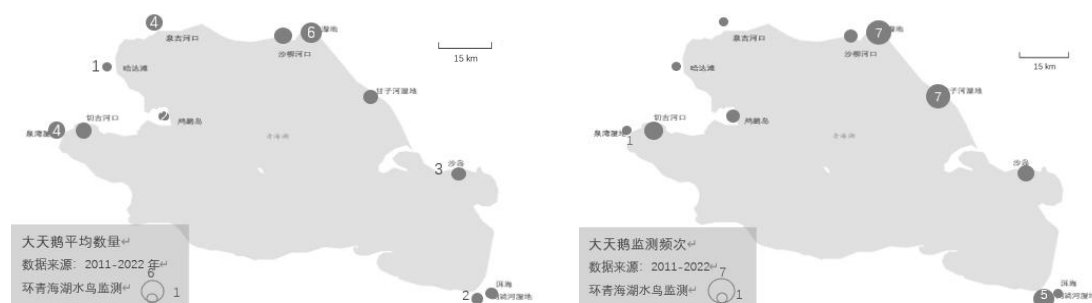


图 5.4.6 2011-2022 年青海湖 8 月大天鹅被记录次数及其平均数量在各观测样地的分布

黑颈鸕鹬 *Podiceps nigricollis*

黑颈鸕鹬，鸕鹬目鸕鹬科水鸟，为我国新疆西部和东北地区夏候鸟、华南西南地区冬候鸟，青海湖夏季可见黑颈鸕鹬繁殖。黑颈鸕鹬雌雄相似，虹膜红色，喙黑色略上翘。繁殖期上体黑色，头部具黑色羽冠，眼后、头侧有醒目的金黄色耳羽，胁部红褐色。冬季头部无饰羽，喉及下体白色，颈灰色。幼体似非繁殖羽但耳覆羽和颈部棕色。黑颈鸕鹬成对或小群活动在开阔水面，繁殖期多在停水植物丛中或附近水域活动。^[1]在青海湖地区的保护水鸟中，黑颈鸕鹬种群数量较多，但并非每年都有种群分布。

下图所示为 2011 年至 2022 年 8 月同期观察到的黑颈鸕鹬数量变化情况，期间其种群数量的平均值为 168 只。2011 年、2018 年未见有种群分布，2014 年、2020 年黑颈鸕鹬数量分别达到十二年中的两个高峰，推断其种群数量变化模式为高峰-低谷相间分布。近四年黑颈鸕鹬数量总体波动较大，除 2020 年观察到近 600 只外，其余年份数量稳定在 70-120 只。从观测数据分布来看，黑颈鸕鹬种群数量下四分位与最小值跨度近 60 只，上下四分位跨度达 190 只，种群数量数据整体分布较离散。观测到种群数量中位数为 110 只，较平均偏小且相差较大，整体数据呈右偏态分布，数据集中在较中位数偏大的区域，种群数量大于均值的年份仅占 25%。

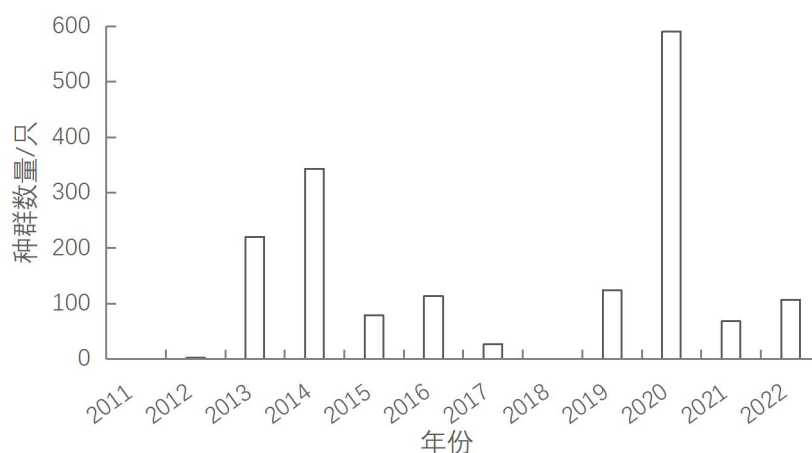


图 5.4.7 2011-2022 青海湖地区 8 月黑颈鸕鹬种群数量动态

按照类似方法，我们绘制出黑颈鸕鹬观测频次及其平均数量在各水鸟观测样地的分布图（图 5.4.8）。连续十二年 8 月同期的观测中，24 个水鸟监测样地内共 11 个样地观测到黑

^[1] 聂延秋,中国鸟类识别手册[M].北京：中国林业出版社,2017:64.

颈鹈鹕分布。其中那仁湿地、哈达滩、乃什吉湿地、甘子河湿地十二年来观测到黑颈鹈鹕平均超 50 只。观测频次较高的样地有倒淌河湿地、甘子河湿地、沙岛、那仁湿地，分别为 8 次、7 次、5 次和 5 次。综合而言，那仁湿地、甘子河湿地、乃什吉湿地为水鸟监测样地中黑颈鹈鹕观测的重点区域，三个样地中黑颈鹈鹕数量总和占监测总数的 51.9%，泉吉河口、仙女湾湿地和泉湾湿地偶尔有少量黑颈鹈鹕分布。就单个样地来看，那仁湿地监测到黑颈鹈鹕数量的年度波动最大，十二年监测最值分别为 0 只和 380 只；相较之下，倒淌河湿地监测到黑颈鹈鹕种群数量数据分布则相对较为集中。

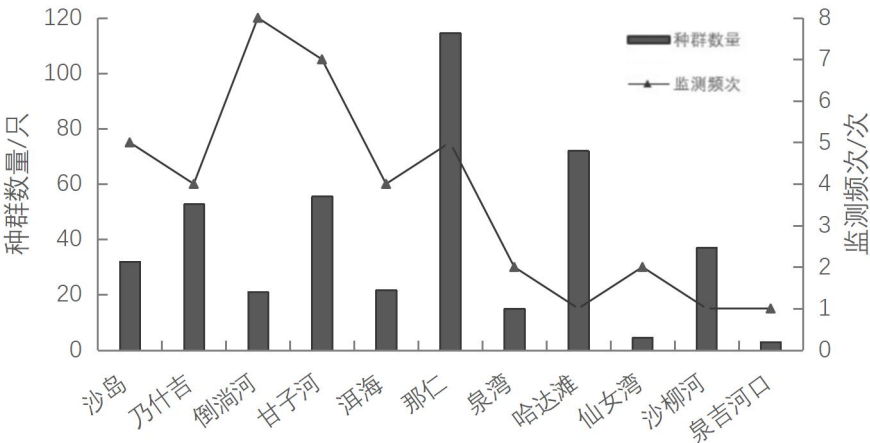


图 5.4.8 2011-2022 夏季环青海湖各样点黑颈鹈鹕平均数量及监测频次统计

黑颈鹈鹕种群数量均值以及监测频次在环青海湖样地中的数量等级分布如图 5.4.9 所示。由图可得每年八月黑颈鹈鹕集群分布在在环青海湖地区部分样地中。2011 年至 2017 年，在甘子河湿地、倒淌河湿地及那仁湿地集群分布的黑颈鹈鹕较多；2019 年至 2022 年，其种群趋向于集群分布在沙岛、乃什吉湿地和那仁湿地，在其余样地有零星黑颈鹈鹕分布。监测频次方面，青海湖西侧样地监测到黑颈鹈鹕的概率较高。最近十二年 8 月该水鸟种群监测频次与种群数量并未呈现出明显相关关系。

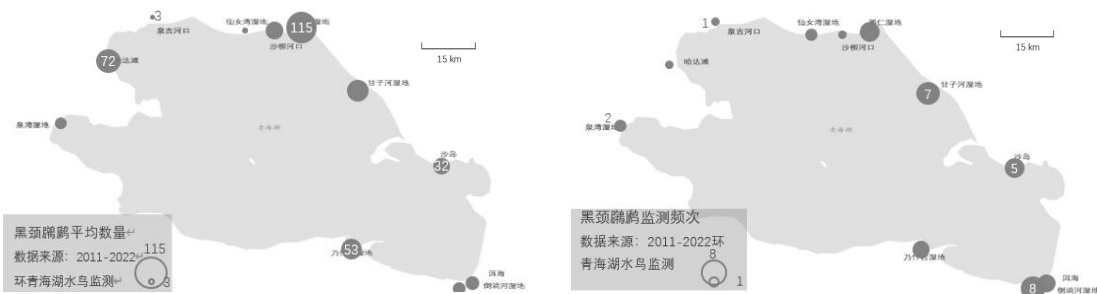


图 5.4.9 2011-2022 年青海湖 8 月黑颈鹈鹕被记录次数及其数量的观测样地分布

5.4.2 保护水鸟生境偏好分析

为进一步了解夏季黑颈鹤、大天鹅、黑颈鹈鹕对青海湖周边不同生境栖息地的选择，我们统计了 2011 年至 2022 年青海湖 8 月水鸟监测数据中以上三种水鸟在不同生境下的分布情况，并求出十二年来它们在各生境中的分布平均值以绘制图 5.4.10。分析图中数据可知，黑颈鹤在沼泽湖滨和河口湿地平均分布数量较多。但由于监测样地中生境属于季节性漫滩的仅哈达滩一处，且该样地监测到黑颈鹤频次较少（图 5.4.9），因此该结论不具普遍

性。青海湖地区夏季大天鹅种群数量整体偏少，种群分布主要集中于淡水湖泊、河口湿地及湖滨沼泽。黑颈鹳种群分布对生境呈现出较高选择性，不同生境下种群数量均值差距大，主要分布于沼泽湖滨及淡水湖泊。

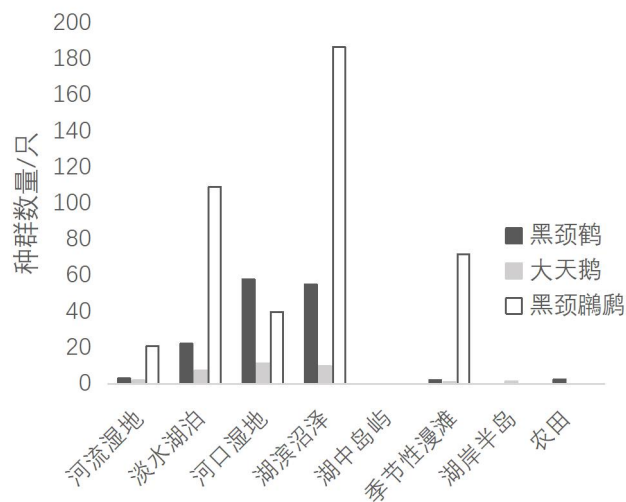


图 5.4.10 三种保护水鸟分布生境偏好统计

综上所述，上述三种水鸟在湖滨沼泽及淡水湖泊处分布较为集中，黑颈鹤及大天鹅在河口湿地也有较多分布。因此，我们选取以上三种生境分析 2011-2022 年（8 月）共 12 次监测中三种水鸟种群数量数据在不同生境下的分布情况。其余生境或观测到种群数量较少，或含盖样地数目较少，所得数据不具典型性，因此未作分析。

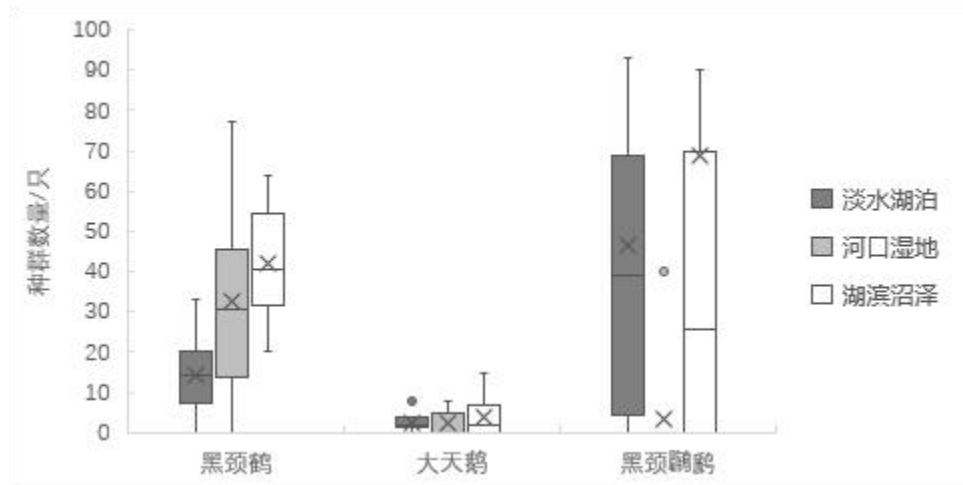


图 5.4.11 不同生境中黑颈鹤、大天鹅及黑颈鹳种群数量数据分布情况

据图 5.4.11，黑颈鹤 12 次监测所得种群数量在三种生境中均值与中位数都十分接近，基本呈正态分布。其中淡水湖泊中数据分布较为集中，河口湿地则相对分散，整体上在湖滨沼泽内种群数量最多。大天鹅由于种群数量较少，未显示出在某些生境中的分布偏好，就平均数据来看，在湖滨沼泽地区分布较多。黑颈鹳监测数据起伏大，十二年中在淡水湖泊内种群数量呈左偏态分布，在河口湿地及湖滨沼泽监测数据分散度高且异常值较多。从淡水资源、食物丰富度来说，三种生境都是水鸟栖息的优良选择。由于种群数量还与跟样地面积紧密相关，因而更精确的生境偏好分析需要依靠种群密度进一步开展。

以上分析仅根据各样地生境做简单分类，实际情况下水鸟对其栖息地选择受众多因素

干扰。各样地分处青海湖自然保护区的核心区、实验区、缓冲区，人为干扰强度随地区、季节变化大，水体面积、滩地面积、NDVI 植被指数等都随时间推移不断改变，降雨量、气温、蒸发快慢等因素更是各年不同，更精细的种群数量变化与气候、水位、干扰强度的相关性需用到气候、土地、人口等方面的专业数据。

6 结论

本次研究以青海湖国家级自然保护区管理局 2022 年综合野外调查为基础，主要内容分为四个部分：2022 年 8 月水鸟多样性及生境分布的分析，2011 年至 2022 年青海湖地区 8 月水鸟总量变化、优势种统计，2011-2022 年青海湖地区 8 月繁殖水鸟种群动态研究以及 2011-2022 年青海湖地区 8 月保护水鸟组成、动态和样地分布情况研究。主要结论罗列如下：

对 2022 年 8 月初青海湖地区水鸟组成从种群数量、生境分布等方面进行统计，24 个水鸟监测样地包括了该地区主要的水鸟繁殖地及栖息地，基本覆盖整个青海湖及周边区域。监测共记录到水鸟 44 种分属 6 目、11 科，总数 148692 只，其中夏候鸟 20 种，留鸟 8 种，旅鸟 16 种，国家重点保护一级保护鸟类 1 种，二级保护鸟类 5 种，列入 IUCN 濒危物种红色名录中易危 2 种，近危 7 种。游禽 22 种，占观测到的水鸟总数的 93.19%；涉禽 22 种，占比 6.81%。生境分布偏好方面，游禽倾向于在河口湿地的近岸水域与沼泽草甸觅食、栖息，而涉禽的首要选择是湖滨沼泽，其次才是河口湿地的近岸水域。

利用 Pielou 物种均匀度指数、Shannon-wiener 物种多样性指数、Margalef 丰富度指数和 Simpson 优势度指数对其物种多样性进行分析可得：2022 年 8 月青海湖地区水鸟 H 值 2.06998，E 值 0.54700，D_M 值 3.61052。G-F 指数分析得出 2022 年 8 月初青海湖地区水鸟的 G 指数为 2.003042496；F 指数为 2.857791405，较已有研究中属间、科间及科内多样性偏低，其原因推断为本次研究所使用数据仅限于该地区夏季水鸟，未覆盖全年所有物种。按照分布生境对监测到的水鸟进行分类统计，我们得出：2022 年夏季繁殖期，淡水湖泊为青海湖周边水鸟多样性、均匀度最高的生境；丰富度最高的生境为河口湿地，湖中岛屿多样性、均匀度与丰富度均为最低。

2011 年到 2022 年每年 8 月监测到水鸟总数整体呈增长趋势，水鸟总数平均值为 45739 只，数据整体呈右偏态分布；监测到水鸟种数在 29 至 46 之间波动，整体变化不大，数据呈正态分布，每年监测到的水鸟数量与种数之间无明显的相关关系。采用鸟类频率指数估计法对观测水鸟的数量等级进行划分并选取 RB 指数前五的优势种群后我们得出 2011-2022 年环青海湖每年 8 月水鸟优势种群被斑头雁、普通鸬鹚、渔鸥、棕头鸥、凤头鸕鷀和部分雁形目鸭科水鸟（赤嘴潜鸭、赤麻鸭、红头潜鸭和凤头潜鸭）占据，每年夏季序位前五的 RB 指数数值总体呈上升状态。选取普通鸬鹚、赤麻鸭、渔鸥、棕头鸥四种 RB 值较高且稳定的种群计算多度，十二年来多度总和由 70%左右下降至约 35%，说明近年来环青海湖地区水鸟种群总数有所增长。

在主要繁殖水鸟种群动态研究中，普通鸬鹚和斑头雁连续十二年同期的观测中种群数量持续占有优势，平均数量级分别在 8000 只和 6500 只左右，但数据波动性高，种群数量起伏大，数量数据分别呈现出左偏态和右偏态分布；渔鸥和棕头鸥种群数量均呈现增-减-增-减的变化模式，凤头鸕鷀种群数量自 2019 年起增势明显，此三种水鸟种群数量数据分布中四分位间距框较窄，数据分布相对集中，但同样都呈现偏态分布。五种代表水鸟种群数量总和出现显著增长，各年水鸟组成比例差异较大。河口湿地、湖滨沼泽为上述五种繁殖水鸟分布的主要区域，普通鸬鹚在湖岸半岛（蛋岛、鸬鹚岛）亦有较多分布，棕头鸥和渔鸥种群分布关于生境类型的变化趋势相似度很高。

2011 年至 2022 年每年 8 月在青海湖周边水鸟观测样地共监测到国家保护水鸟九种，分属五目五科，其中一级保护水鸟 1 种，二级水鸟 8 种。上述九种水鸟中，隶属于 CITES

名录附录 I 级 1 种, II 级 2 种; 隶属于 IUCN 名录 VU 一种, NT 两种。选取保护水鸟中监测频次相对较高的黑颈鹤、大天鹅以及黑颈鸕鷀, 对其种群动态和在青海湖周边样地的分布情况进行研究后发现:

2011-2022 年八月初环青海湖地区黑颈鹤种群平均大小为 92 只, 种群数量整体呈现出峰值-低谷-峰值的变化模式, 12 组观测数据整体数据呈右偏态分布, 种群数量大于均值的年份占 41.67%。24 个水鸟监测样地中, 有 20 个样地观测到黑颈鹤分布, 每年八月黑颈鹤在环青海湖地区基本呈分散分布, 除沙柳河口、泉湾湿地、那仁湿地等样地分布相对集中外, 黑颈鹤零星散布在青海湖周边各个水鸟栖息地, 各样地中黑颈鹤监测频次与种群数量无明显的相关关系。综合两个指标, 沙柳河口、泉湾湿地、甘子河湿地和那仁湿地为黑颈鹤监测的重点地区, 黑颈鹤数量之和占监测总数的 66.2%。

夏季大天鹅在青海湖地区分布并不普遍, 2011 年至 2022 年夏季同期大天鹅种群数量的平均值为 11 只, 各年度数量波动较大, 无明显变化规律。2019 以来青海湖地区大天鹅分布数量较之前更多且更为稳定。水鸟监测样地中有 11 个样地观测到大天鹅分布, 甘子河湿地、那仁湿地、切吉河口大天鹅分布较多且监测频次偏高, 属于夏季大天鹅监测的重点区域。每年八月大天鹅在环青海湖地区也呈分散分布, 在大天鹅种群分布较多的几个样地, 其监测频次也相应更高。

黑颈鸕鷀在本次研究时间范围内种群数量平均值为 168 只, 变化模式为高峰-低谷相间分布, 整体数据呈右偏态分布, 数据集中在较中位数偏大的区域。十二次监测中共 11 个样地观测到黑颈鸕鷀分布, 每年八月黑颈鸕鷀集群分布在在环青海湖地区部分样地中, 青海湖西侧样地监测到黑颈鸕鷀的概率较高。综合而言, 那仁湿地、甘子河湿地、乃什吉湿地为水鸟监测样地中黑颈鸕鷀观测的重点区域。

上述三种水鸟对栖息地生境选择有一定一致性, 青海湖地区夏季黑颈鹤在沼泽湖滨、淡水湖泊平均分布数量较多。大天鹅种群分布主要集中于淡水湖泊、河口湿地及湖滨沼泽。黑颈鸕鷀种群分布对生境呈现出较高选择性, 不同生境下种群数量均值差距大, 主要分布于湖滨沼泽及淡水湖泊。

本文就 2022 年青海湖地区水鸟概况进行了基础分析, 并对 2011 年至 2022 年每年 8 月共十二次监测数据进行统计, 分析了当地水鸟优势种群变化、繁殖水鸟和保护水鸟的种群动态和分布情况, 可用于后续生态分析、种群动态预测、保护地空缺分析等研究。然而, 由于观测方法等限制, 无法计算观测范围占地面积, 我们未能得出青海湖地区水鸟种群密度等基本数据, 后续可改用样方法或样线法补充这一空缺。根据已有研究, 鸟类观测时单个个体的发现率与观测点距该个体的垂直距离成负相关, 因此每次观测所得数据与实际值存在一定差异, 所得数据还需进一步修正。若采用截取样线法计算种群密度, 可直接利用曲线回归法直接对调查数据进行校正或利用负指数分布密度计算探测概率密度^[1]。

此外, 由于所用数据仅限于每年 8 月份的观测数据, 对青海湖地区水鸟分布的季节多样性等方面分析并不全面。研究生境对鸟类分布影响时, 我们仅根据各样地自然环境进行了基本分类, 未采用气候、水文、人口密度等专业数据, 讨论较为笼统。且鸟类迁徙数量及路线受每年气候等多种因素影响, 因而鸟类多样性数据并非生态变化的全面指标, 仅能为当地生态变化情况给出参考意见。

^[1] 董鸣主编, 陆地生物群落调查观测与分析[M]. 北京: 中国标准出版社, 1997:104-109.

参考文献

- [1] 董鸣, 1997, 《陆地生物群落调查观测与分析》, 北京: 中国标准出版社。
- [2] 聂延秋, 2017, 《中国鸟类识别手册》, 北京: 中国林业出版。
- [3] 马克明, 《物种多度格局研究进展》, 《植物生态学报》2003 年第 27 卷第 3 期。
- [4] 陈卓琳等, 《北京吸上静福寺地区鸟类多度分布格局》, 《生态学报》2017 年第 37 卷第 6 期。
- [5] 李莉, 《繁殖季节安徽省常见鸟类种群动态研究》, 南京师范大学硕士学位论文。
- [6] 何勇田, 熊先哲, 《试论湿地生态系统的特点》, 《农业环境保护》1994 年第 6 期。
- [7] 边千韬等, 《青海湖的地质构造背景及形成演化》, 《地震地质》2000 年第 1 期。
- [8] 蒋志刚, 纪力强, 《鸟兽物种多样性测度的 G-F 指数方法》, 《生物多样性》1999 年第 3 期。
- [9] 郑光美, 2011, 《中国鸟类分类与分布名录 (第二版)》, 北京: 科学出版社。