

鄱阳湖水位变化过程对越冬候鸟 数量与结构的影响

文/胡振鹏

摘要：鄱阳湖是东亚地区候鸟越冬的重要栖息地。本文研究分析鄱阳湖水位和候鸟监测资料后发现，水文年平均水位高低一定程度决定越冬候鸟的数量，枯水期平均水位决定候鸟在湖区的分布状态。鄱阳湖越冬候鸟总数与年平均水位的关系，以 10m 水位为分界线，呈现两种二次曲线分布趋势。如果鄱阳湖年平均水位超过 10m，呈现湖泊状态，接近多年平均水位 11.37m 时，候鸟总数最多；如果年平均水位不超过 10m，呈现“河流—湖泊—洲滩”年状态，平均水位接近 9.60m，湖区水面和洲滩面积大致相同，越冬候鸟数量列第二位；两种分布中越冬候鸟的种群结构具有较大差异。另外，不管是发生在主汛期还是候鸟越冬期的洪水灾害都严重影响湖区越冬候鸟的数量与分布。

关键词：鄱阳湖，候鸟，水文，碟形湖，平均水位，洪水

胡振鹏. 鄱阳湖水位变化过程对越冬候鸟数量与结构的影响. 生物多样性保护与绿色发展, 第 2 卷第 2 期, 2021 年 3 月, ISSN2749-9065.



胡振鹏，曾任江西省副省长、江西省人大常委会副主任，武汉大学、南昌大学兼职教授。现任南昌大学鄱阳湖环境与资源利用教育部重点实验室学术委员会副主任。

鄱阳湖是中国最大的淡水湖，汇集赣江、抚河、信江、饶河、修水等五河之水，调蓄后从湖口流入长江，鄱阳湖年平均出湖总径流量达 $1436 \times 10^8 \text{m}^3$ ，以占长江 9% 的流域面积，向干流输送 15.8% 的水量。鄱阳湖是世界重要湿地，生物多样性十分丰富，成为东亚地区主要的候鸟越冬地；已经观察到 112 种属于国际湿地公约指定水鸟在鄱阳湖越冬，其中 13 种属于世界濒危鸟类、11 种属于国家一级保护动物。不仅鄱阳湖对长江中下游水资源、水环境、水生态和水安全具有重要作用，在白鹤、长江江豚等珍稀候鸟和水生物保护方面具有国际意义。

1. 越冬候鸟对鄱阳湖水文过程响应的研究进展

鄱阳湖作为东亚地区候鸟越冬栖息地，很早就引起了专家学者的关注。从 1980 年代开始，对鄱阳湖重要的越冬候鸟，如白鹤、东方白鹤、白枕鹤、白头鹤、灰鹤等物种的觅食、夜栖、迁飞等生态习性进行了观察，对种群数量变化、种群关系进行了初步研究^[1-8]。鄱阳湖水位变化对越冬候鸟的影响属于水文生态学范畴，吸引了许多学者的兴趣。夏少霞、于秀波等的研究表明，当水位达到吴淞高程 11m 和 12m（吴淞基面=黄海基面+1.86m）时，栖息地面积较大。当水位高 14m（吴淞基面）时，很难找到合适的鸟类栖息地^[9]。刘成林等着重研究越冬候鸟栖息地面积与水位的关系^[10]，熊舒、纪伟涛探讨了水位对雁鸭类、白鹤对水位变化的响应^[11]。杜飞在研究鄱阳湖湿地生态景观对低枯水位响应特征时，认为星子水位在 9.58m 时，景观多样性最高；越冬候鸟在 10 月底~11 月初的迁入阶段，湖区水位应该维持在 11m 以下，在 12 月中下旬鸟类种群数量达到峰值时，湖区水位最好维持在 7.6~8m 范围^[12]。陈冰通过非参数回归方法，分析了鄱阳湖国家级自然保护区内三个代表性湖泊中食块茎鸟类种群数量与水位的动态关系，认为当鄱阳湖水位处于 14.5m 到 15.5m（吴淞基面）之间，食块茎鸟类的种群数量较高，最高点出现在水位 14.8m 左右^[13]。在时间尺度上，上述研究主要集中在鄱阳湖候鸟越冬的 10 月至次年 3 月。Wang Y.、Jia Y 和 Lei G. 等通过建立群体特异性广义相加模型分析得出：种子食用者、无脊椎动物食用者和食鱼者对年入湖径流量产生积极反应，对年最高水位和年最低水位则产生负面影响；块茎食用者和莎草觅食者对年积温等气象指标和年最低水位响应积极；鄱阳湖越冬水鸟保护的最佳水位为丰水期小于 17.4m，枯水期最低水位应为 8.2~8.8m^[14]。胡振鹏等通过回归分析得出，鄱阳湖年平均水位处于多年平均值时，越冬候鸟数量最多

^[15]。孟竹剑对鄱阳湖越冬雁类栖息地的环境容纳量进行了分析,认为水文条件和气温是影响苔草生长的关键因素,秋季生长期洲滩出露后 12~28 天时,苔草最适宜于雁类取食^[16]。

王文娟、侯谨谨和王亚芳等通过调查发现,2016 年以来,越冬白鹤在鄱阳湖觅食出现向人工农用地转移趋势^[17];粪便检测分析显示,稻谷和莲藕是白鹤的主要食物^[18],由此认为,鄱阳湖水生植被出现退化苗头^[19]。面对新的情况,深入研究鄱阳湖水位过程变化对越冬候鸟的影响,对于保护鄱阳湖湿地生态系统健康,维护越冬候鸟栖息环境具有一定理论意义和实用价值。

2. 鄱阳湖是东亚候鸟主要越冬地

鄱阳湖是一个过水性、吞吐型浅水湖泊,和世界其他湖泊相比,鄱阳湖具有“高水是湖、低水似河”及“星罗棋布的碟形湖”等两种特殊的自然景观,因此呈现出与其他湖泊显著不同的水文生态特征,生物多样性丰富,越冬候鸟食物充足、栖息环境优良,有利于候鸟越冬。

在鄱阳湖觅食的越冬候鸟种类繁多。按照取食对象可以分为六类:(1)取食藁草、禾本科嫩叶的雁类,(2)取食植物根茎的鹤类、天鹅类及鸿雁等,(3)取食禾本科种子为主要的鸭类,(4)取食浮游动物底栖软体动物的鸕鹚类,(5)取食鱼类的鹭类和鸬鹚类,(6)取食浮游生物和小鱼虾的鸬鹚类。

2.1 “高水是湖、低水似河”的自然景观

鄱阳湖流域地处亚热带暖湿季风气候区,冬夏季风交替,四季降水不匀,湖泊蓄水量受到流域来水和长江流量双重影响。“高水是湖、低水似河”是鄱阳湖的自然地理特征^[1],生态系统也形成与之适应的生态节律。一般而言,鄱阳湖星子站水位低于黄海基面 10m,呈现河流—湖泊—草洲景观(图 1),湖水落槽,蜿蜒一线,洲滩显露,称为“河相”,洲滩面积大于水面面积(图 2),此时洲滩、沼泽、浅水水域等生境复杂多样,湿地植物茂盛,物种众多,为众多的水鸟越冬创造了良好条件。水位高于黄海基面 10m,水位抬升,湖水漫滩,湖面宽阔,呈现为湖泊状态(图 1),称为“湖相”;此时水面面积大于洲滩面积(图 2),湿地生态系统以水生动、植物为主。“河相”与“湖相”以年为周期轮转循环,形成了发育系列明显、物种丰富、生物量大、生物多样性丰富的湿地生态系统。

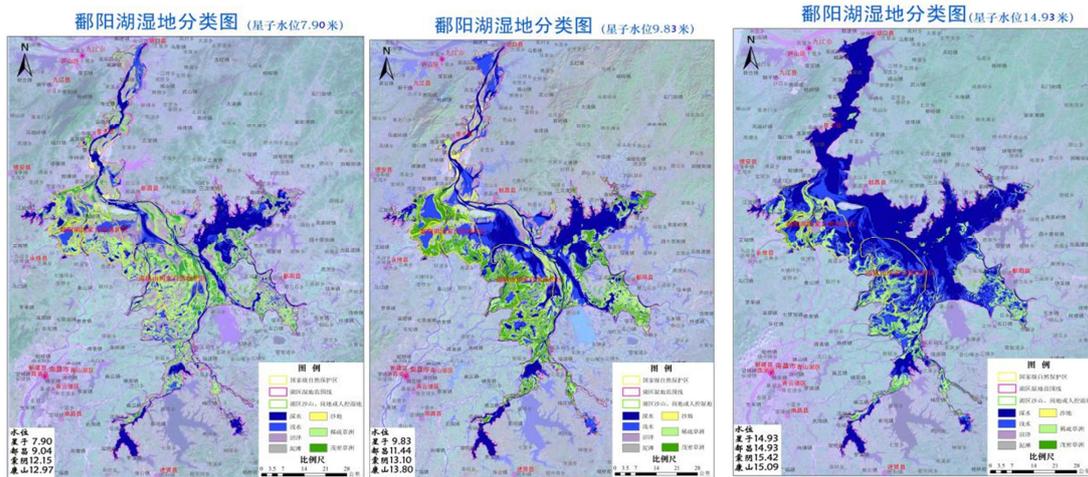


图 1. 不同水位下鄱阳湖湿地景观

根据 35 帧类似图 1 的不同水位的遥感影像，将湖泊、河流和碟形湖水面相加（不计用堤防内水域）得出水面面积，草洲、泥洲、沙洲和沼泽相加，得出洲滩面积；以星子站水位作为鄱阳湖水位的代表，鄱阳湖不同水位时水面和洲滩面积关系如图 2 所示。

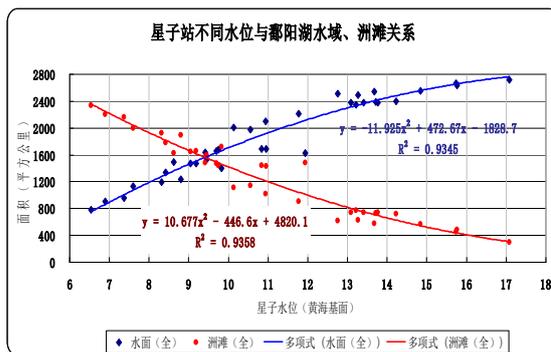


图 2 鄱阳湖不同水位水面与洲滩面积关系

图 3 星罗棋布的碟形湖

2.2 星罗棋布的碟形湖

鄱阳湖呈现一种特殊景观——碟形湖群。所谓碟形湖是指主湖区中自然形成后又经人工改造、具有特殊水文过程和生态学特征的季节性小湖泊。在赣江等五河进入鄱阳湖的三角洲前缘，泥沙沉积不均匀，逐步形成许多封闭的浅碟形洼地；丰水季节鱼类与底栖动物到碟形洼地觅食，主湖区水位消退后许多鱼类和底栖动物滞留在碟形湖中，为了捕捉更多的鱼，湖区居民将洼地的周边加高形成矮堤，开挖排水沟，冬季竭泽而渔，由此形成碟形湖^[2]。后来又修建闸门控制碟形湖水位。调查表明，鄱阳湖共有碟形湖 102 个，总面积 816km²，占湖盆面积的 22.25%（图 3）。鄱阳湖国家级自然保护区和南矶湿地自然保护区就是由碟形湖及周边草洲构成。

碟形湖具有与主湖区不同的水文特征。丰水季节，鄱阳湖水面辽阔，碟形湖

与主湖区融为一体，与主湖区频繁进行物质（泥沙、营养物质和各类生物等）、能量和信息交流。枯水季节，鄱阳湖水位消退，碟形湖逐步与主湖区脱离联系，成为独立的浅水小湖；如果不进行人为放水，碟形湖水位仅受降水、蒸发和渗漏的影响而缓慢下降，枯水季节碟形湖保持浅水状态，水位比主湖区高出 3~7m 不等，与主湖区水位形成“丰水期相融、退水期相关、枯水期脱离”的水文特征。冬季放水捕鱼后，碟形湖干涸，底泥接受太阳暴晒、与大气充分接触，有利于植物残枝烂叶和有害物质的分解，改善土壤结构，提高自然生产力^[2]。

碟形湖底部平坦、土层深厚、土壤肥沃、水分充足、水深较浅，各种湿生植物根据土壤含水量的差异围绕碟形湖环形分布，丰水季节碟形湖与主湖区融为一体时，底栖动物和鱼类进入碟形湖栖息觅食；由于碟形湖水浅，有利于沉水植物生长，底栖动物和浮游生物众多，众多的鱼类滞留在碟形湖中成长育肥。浮游生物、水生植物、底栖动物和鱼类的密度和生物量高出主湖区数倍。

碟形湖是随着入湖河流三角洲推进扩展时逐步形成的，高程不一、大小各异、底部平坦、自然生境多样、边缘效应明显，在鄱阳湖湿地生态系统中形成特色各异、结构复杂、生物多样性丰富的生态斑块，为越冬水鸟提供了丰富的食物和适宜的生境。每年 9 月份湖水位开始消退，迁徙候鸟来到鄱阳湖，首先在地势较高的碟形湖栖息觅食。由于不同鸟类具有不同食性，相同食性的鸟类又有不同取食深度，各种鸟类在碟形湖及其周边具有不同生态位（图 4）；随着碟形湖水位下降，各种鸟类取食逐步趋向碟形湖中央。随着主湖区水位消退，低处的碟形湖逐步显露，湿生植物由高到低逐渐发育，越冬候鸟逐步向鄱阳湖中心觅食栖息。这样，各类候鸟可以源源不断地得到充足食物，可以在鄱阳湖逗留半年之久。

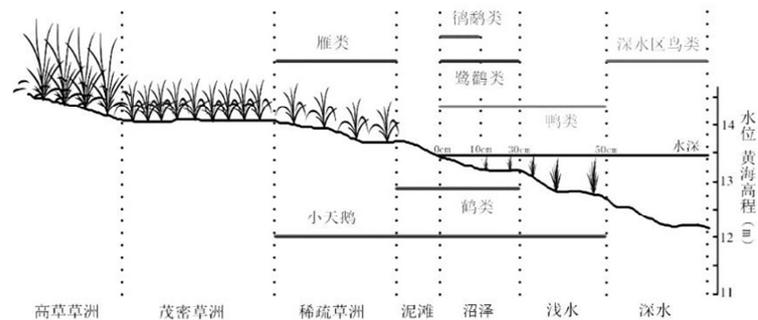


图 4. 各类候鸟在碟形湖区域的生态位

3. 影响候鸟在鄱阳湖越冬的主要因素

3.1 鄱阳湖越冬候鸟数量

越冬候鸟一般在 10 月份来到鄱阳湖越冬，3 月底全部返回繁殖地。根据降水、径流特性，将每年 4 月至来年 3 月作为一个水文年，4~9 月为丰水期，10 月~次年 3 月为枯水期。从 1999 年开始，江西省野生动物保护局对鄱阳湖区越冬候鸟进行定期同步监测，监测时间一般安排在冬候鸟最集中 1 月上旬，表 1 是 1999~2015 年共 15 年监测资料（1999 年未监测），具体包括监测时间、候鸟种类和量数等。表 1 第 2 列说明监测数据所代表的水文年，如 1999 年 1 月 9 日监测的冬候鸟数量受到 1998 年水文情势的影响；最后两列是枯水期和水文年的平均水位。从表 1 可知，1998~2015 年平均每年 38.42×10^4 只候鸟在鄱阳湖越冬，最多年 72.92×10^4 只（2005 年），候鸟数量居第二的一年为 64.13×10^4 只（2013 年）最少 13.57×10^4 只（1998 年）。

表 1 1998~2015 年鄱阳湖越冬候鸟数量与特征水位

调查时间	水文年	候鸟总数	鹤类	鸕类	鹭类	天鹅	雁类	鸭类	鸬鹚类	其他	枯水期平均水位	年均水位
19990109	1998	13.57	0.583	0.28	1.56	1.28	7.23	2.28	0.23	0.15	8.46	12.81
20010109	2000	21.41	0.236	0.09	0.62	2.66	6.42	8.59	0.13	2.68	10.41	11.78
20020109	2001	45.18	0.723	0.09	1.63	5.96	15.36	12.33	8.31	0.68	8.86	10.78
20030109	2002	28.87	0.693	0.14	1.21	3.29	13.19	5.54	3.00	1.82	10.21	12.4
20040109	2003	30.07	0.812	0.18	1.26	8.03	10.62	4.63	2.53	0.51	7.6	10.94
20050109	2004	31.54	0.662	0.38	0.66	2.71	9.52	4.51	7.25	5.87	8.77	10.62
20051229	2005	72.92	0.948	0.36	1.09	11.23	16.33	11.61	27.27	3.87	8.91	11.11
20061229	2006	46.40	0.557	0.28	1.35	8.26	18.93	8.91	5.75	2.41	7.16	9.5
20080103	2007	45.14	1.038	0.27	1.58	5.55	12.55	13.59	8.08	2.48	7.1	9.9
20090213	2008	28.85	0.491	0.17	1.39	4.83	6.72	8.40	5.66	0.84	8.72	10.42
20100227	2009	17.07	0.546	0.05	0.72	3.33	6.13	3.45	2.30	0.55	7.47	10.02
20110112	2010	33.95	1.154	0.34	0.95	3.29	16.94	5.16	3.26	2.85	8.26	11.87
20120108	2011	37.41	1.758	0.45	0.86	9.65	8.98	9.13	4.79	1.83	8.27	8.99
20030119	2012	26.50	0.561	0.09	0.99	4.98	14.96	1.62	1.79	1.51	9.04	11.94
20140108	2013	64.13	0.565	0.39	2.49	11.57	29.49	4.47	11.25	3.90	7.04	9.81
20150118	2014	59.91	0.476	0.20	0.65	9.80	33.71	7.59	5.27	2.21	8.48	10.96
20160118	2015	50.21	1.279	0.51	1.06	6.59	30.09	6.71	1.94	2.04	10.09	11.65
	年均	38.42	0.77	0.25	1.18	6.06	15.13	6.97	5.81	2.13	8.52	10.89

3.2 影响候鸟在鄱阳湖越冬的主要水文要素

候鸟在什么地方越冬，取决于两大因素：(1)食物丰富度与取食可及性；(2)栖息（包括觅食和夜宿）环境的安全性。过去的研究认为，水位过程对候鸟的影响主要集中在鄱阳湖越冬期间，即枯水期鄱阳湖水位高低。这种看法并不全面，鄱阳湖年水位过程决定了鄱阳湖湿地生态系统的结构、物种数量、生物量及其分布，奠定了候鸟越冬食物的丰富度及栖息环境的基础，一定程度决定了在鄱阳湖可容纳的越冬候鸟数量。例如，丰水期鄱阳湖遭遇洪水，因水位过高，沉水植被不能正常生长发育^[8, 15]，必定会影响取食植物根茎候鸟的数量；丰水期水位低或

者鄱阳湖水位消退过快，草洲萌发早，苔草等湿生植物种群数量多、面积大、生物量丰富，造就了较好的候鸟栖息环境，对某些取食植物籽实的候鸟越冬有利，但对鲜嫩茎叶的候鸟不一定有利^[16]。候鸟越冬在鄱阳湖度过整个枯水期，枯水期水位高低决定某些候鸟种群的栖息环境，影响某些候鸟取食的可及性，例如雁类仅取食生长期为 12~28d 的苔草嫩叶^[16]；白枕鹤、白鹤、小天鹅均取食岸边湿地和浅水中的植物根茎，水深不能超过 10、20、30cm 左右^[8]；又如，枯水期水浅时，某些候鸟取食鱼虾、底栖动物比较容易，水深时就困难一些；因此枯水期水位决定了越冬候鸟的分布状况。水位过程对候鸟越冬的影响机制可以用图 5 所示。

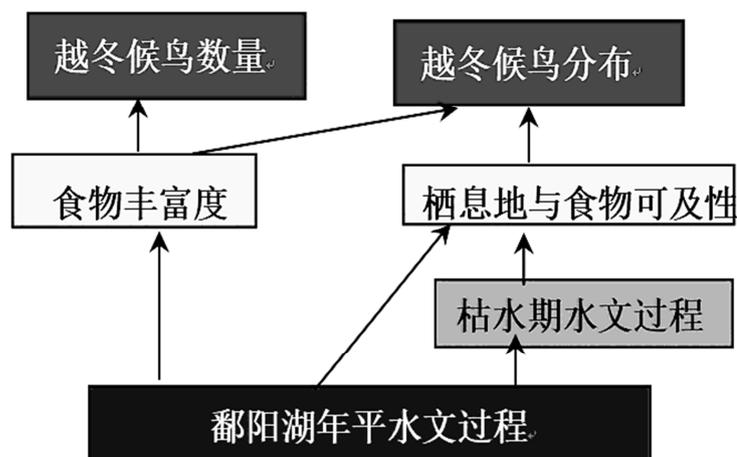


图 5 水文过程对候鸟越冬影响机理

湖泊每年或每年枯水期的水位过程是十分复杂的水文现象，为了便于分析比较鄱阳湖水位变化对越冬候鸟的影响，分别计算水文年和每年枯水期水位过程的平均值作为概化指标。年平均水位表示一年的水位过程（尤其是丰水期水位过程），围绕这一平均水位上下波动，从相应的遥感影像，可以了解湖区湿地景观分布状况。枯水期平均水位反映枯水期水位波动情况及湖区湿地景观分布。各水文年平均水位和枯水期平均水位列在表 1 最后两列。

4. 越冬候鸟对鄱阳湖水位变化的响应

4.1 年平均水位与鄱阳湖越冬候鸟总数关系

以年平均水位为横轴、越冬候鸟总数为纵轴，表示鄱阳湖越冬候鸟总数与年平均水位的关系，以 10m 水位为界，呈现两条二次曲线的分布趋势，如图 6 所示。设星子站年平均水位分别为 x ，水位星子站水位高于 10m 候鸟总数 $y_{\text{湖}} = -34.9x^2 + 784.2x - 4354.6$ ($R^2 = 0.5441$)；星子站水位小于等于 10m 时候鸟总数 $y_{\text{河}} = -280.3x^2 + 5380.8x - 25762.0$ ($R^2 = 0.9296$)。

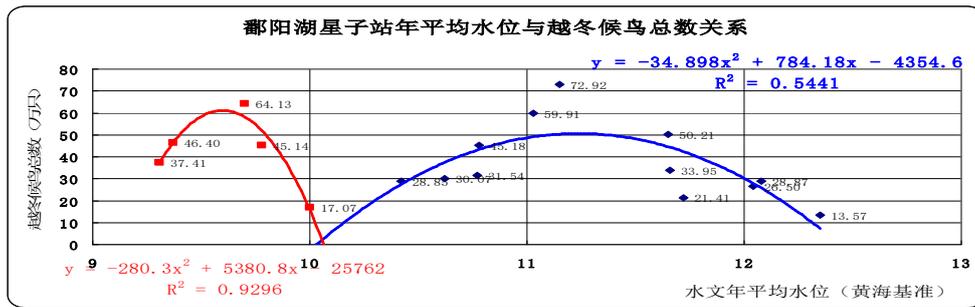


图 6 鄱阳湖越冬候鸟总数与星子站年平均水位的关系

水位 10m 是鄱阳湖“河相”与“湖相”的分界线，水位低于 10m，呈现河流—湖泊—草洲状态，草洲、沼泽面积大；年平均水位低于 10m，意味着水位过程（尤其是丰水期水位过程）围绕河流—湖泊—草洲状态波动，湿地生态系统各物种适应河流—湖泊—草洲状态生长、发育和分布。水位高于 10m，呈现湖泊状态，以水面为主；年平均水位为围绕湖泊状态波动，湿地生态系统各物种均适应湖泊状态。鸟类一般处于湿地生态系统食物链的较高端，其数量、种类和分布也要适应周边环境和食物。因此以 10m 为界，越冬候鸟数量与平均水位关系呈现两种不同分布。

4.2 年平均水位 10 米上下越冬候鸟的类群结构

星子站年平均水位高于 10m 时，丰水期大多数时间呈现湖泊状态；小于等于 10m 时，丰水期多数时间呈现“河流—湖泊—洲滩”状态。水位 10m 上下，不仅越冬候鸟总数特征不同，种群结构也不相同。丰水期水位高低不仅决定水面面积、洲滩的大小，而且影响到枯水期水位消落过程，进而影响到湖区水生动物、底栖动物、浮游动植物、水生植物和湿生植物的分布、面积、结构、生物量及其生态节律。水文生态的这些变化因素都会影响到越冬候鸟的食物组成、可食用性和取食可及性，最终影响在鄱阳湖越冬的各类候鸟的结构。鄱阳湖星子站水位 10m 上下各类越冬候鸟结构列在表 2 中。从表 2 可知，年平均水位在 10m 以下年均候鸟总数比 10m 以上多 12.17%。其中天鹅类比 10m 以上多 29.78%，鹭类多 22.08%，鹤类、鸕类、鸭类和鸬鹚类多 13.72~19.58%；这些鸟类都是适宜在浅水、沼泽和潮湿岸边带栖息觅食的水鸟。占候鸟总数近 40%的雁类，生活在洲滩上、取食藁草嫩叶，对水位变化不敏感。

表 2. 水位 10m 上下越冬候鸟的种群结构

类别	总数	鹤类	鸕类	鹭类	天鹅	雁类	鸭类	鸬鹚类	其他
10 米以下	420304	8929	2881	13976	76726	152160	79094	64355	22350
10 米以上	369153	7181	2377	10891	53879	150924	65809	55526	20841
差额	51151	1749	504	3085	22847	1236	13285	8829	1510
百分比	12.17	19.58	17.51	22.08	29.78	0.81	16.80	13.72	6.75

4.3 候鸟总数分布关系中两个极值点的水文生态学意义

年平均水位高于 10m 时，将式 $y_{湖} = -34.9x^2 + 784.2x - 4354.6$ 求导，得 $x_{湖}^* = 11.29m$ ，表示鄱阳湖年平均水位呈现“湖泊”状态时，星子站水位 11.29m 时越冬候鸟数量最多。1956~2015 年星子站多年平均水位为 11.37m，说明水文年平均水位接近多年平均值时，鄱阳湖越冬的候鸟总数最多；可从表 1 得到验证，2005 年鄱阳湖越冬候鸟总数达 72.92×10^4 只，年平均水位 11.11m；进一步比较，2015 年水位过程与多年平均水位过程具有较大的相似性^[15]。其原因在于，鄱阳湖湿地生态系统是长期适应多年平均水位的波动而发育成熟的，生物多样性丰富、稳定，年平均水位接近多年平均水位最有利于所有种类的候鸟越冬，候鸟的食物丰富，栖息条件好，越冬候鸟数量最多；以植物嫩叶、根茎和种子为食的雁、鸭、天鹅等食物充足；枯水期水位不高，有利于取食底栖动物的鸬鹚类和取食沉水植物根块、茎块的天鹅、鹤类获取食物。因此，2005 年天鹅、鸬鹚类数量居第一位，雁类数量居第二位，鸭类数量居第三位。这些鸟类是鄱阳湖冬候鸟中数量处于前 4 位的鸟类。

年平均水位低于 10m 时，将式 $y_{河} = -280.3x^2 + 5380.8x - 25762.0$ 求导，得鄱阳湖为河相时，星子站水位 9.60m 时越冬候鸟数量最多。根据图 2 可知，星子水位为 9.41m 时，水面和洲滩面积相等，湿地自然景观最丰富，适宜水鸟觅食栖息的生境分布均衡；碟形湖水面面积较大，处于自然消退状态，生物多样性丰富，有利于水鸟类候鸟栖息和觅食。由表 1 可验证，2013 年星子站年平均水位为 9.81m，鄱阳湖越冬候鸟总数在 1998~2015 年的 16 年中居第二位，这一年的鹭类、天鹅类居第一位，鸬鹚类居第二位，雁类、鸕类居第三位。所以当鄱阳湖水面面积与洲滩面积基本相等时，越冬候鸟数量居第二位，群类结构与 2015 年有所不同。

5. 洪水对越冬候鸟影响

5.1 汛期洪水对越冬候鸟影响

洪水是鄱阳湖的主要自然灾害之一。洪水作为一种自然现象，对沉水植物生

长产生影响。水体光通量是影响沉水植物生长发育的关键因子,与水深和水体透明度密切相关,鄱阳湖沉水植物适宜生长在水深 0.5m~2m 范围内。洪水期间湖水位急剧上涨,水体浑浊度增加,对沉水植物生长产生毁灭性打击。多年监测结果表明,鄱阳湖星子站水位高于防汛警戒水位黄海高程 17.14m,且时间持续半个月以上,主湖区沉水植被死亡。如果其它因素影响没有较大变化,洪灾后沉水植被可以逐步恢复;如果水环境因素发生较大变化,某些敏感物种无法完全恢复^[22]。如果湖底没有沉水植物,取食沉水植物根茎的越冬候鸟将面临食物短缺的困境,鄱阳湖水生植被和越冬候鸟监测结果得到证实。1998 年是鄱阳湖有记录以来洪水位最高的一年,最高水位为 20.63m(黄海高程),1999 年最高水位为 20.12m;崔奕波等调查发现,1998 年洪水前,竹叶眼子菜的分布面积和生物量在鄱阳湖沉水植物群落中占首位;1998 年、1999 年洪水后,鄱阳湖湖盆(包括碟形湖)几乎没有发现任何沉水植物的地上部分活体^[20]。2001 年,根据李伟等在鄱阳湖国家级自然保护区的碟形湖调查结果显示,苦草与黑藻基本恢复到灾前水平,成为生物量最大的优势物种,竹叶眼子菜没有恢复到洪水前的状况,组成沉水植被群落的物种由洪水灾害前的 9 种减少到 7 种,苦草成为鄱阳湖沉水植被群落的优势种^[21]。如表 1 所示,1998 年,鄱阳湖越冬候鸟是监测以来总数最少的一年,仅 13.57×10^4 只;1999 年,越冬候鸟更少,以致没有组织越冬候鸟的同步监测;2000 年鄱阳湖沉水植物群落尚处于恢复过程中,越冬候鸟总数也只有 21.41×10^4 只。2012 年是 21 世纪以来第一个丰水年,最高水位为 17.63m;汛后调查结果显示,鄱阳湖主湖区没有发现沉水植物地上部分的活体,但部分地势较高的碟形湖有沉水植物生存,当年越冬候鸟总数为 26.50×10^4 只,出现较大洪水的年份都是越冬候鸟较少年份(不包括 2009 年,这年同步监测在 2010 年 2 月 27 日进行,部分候鸟已经北迁,候鸟总数仅有 17.07×10^4 只),由此导致表 3 结果,年平均水位高于 10m 时,候鸟总数比 10m 以下少些。

2016 年遭遇了 2000 年以来最大洪水,最高水位为 19.53m,超过警戒水位 34 天(7 月 3 日~8 月 7 日),2017 年最高洪水位 19.01m,超过防汛警戒水位 20d(7 月 1~19 日),主湖区和碟形湖均未发现沉水植物的地上活体;2018 年,沉水植物尚处于恢复过程中,主湖区少有沉水植物,碟形湖生物量较低^[22];2019 年和 2020 年又是大水年,2020 年最高洪水超过历史记录,达 20.68m;这四年主湖区

沉水植物甚少，取食植物根茎的候鸟出现明显的觅食分散化现象，鹤类、小天鹅等分散在湖区周边农田、藕田取食田藕和稻谷，农业用地已成为白鹤的重要觅食地^[17]。侯瑾瑾等采用粪便显微镜检测法分析 70 份白鹤粪便样品发现，白鹤的食物来源中稻谷、莲藕和紫云英为最主要的食物，分别占 34.34%、22.99%和 10.61%，而传统食物苦草冬芽所占的比例仅有 2.05%^[18]。如何使藕田白鹤回归鄱阳湖是鄱阳湖湿地管理中一个亟待解决的问题。

5.2 枯水期洪水对越冬候鸟的影响

进入 21 世纪，气候变化使长江流域进入枯水期。鄱阳湖流域的降水、径流年内分布发生变化，丰水期降水量比以前减少 6.89%，枯水期比以前增加 8.02%，降水增加主要在 11、12 月，经常出现“冬汛”^[23]。枯水期发生洪水对候鸟越冬威胁很大。2015 年 11 月 14 日星子站水位 9.82m，23 日达到 13.06m，然后逐渐回落，至 2016 年 1 月 1 日回落至 10.04m，历时 48 天。枯水期平均水位 9.09m 时洲滩面积 1643km²，13.06m 洲滩面积仅有 809 km²，洪水淹没洲滩 834 km²（图 2），越冬候鸟无处觅食，分散到鄱阳湖周边农田取食，正在生长的油菜叶茎全部被雁鸭啃光。2017 年 10 月 1 日星子水位高居 11.37m，之后继续上涨，至 20 日和 21 日达到 13.83m，然后逐步消退，11 月 13 日消退至 9.87m，历时 43 天。与枯水期多年平均水位相比，多淹没洲滩 956km²（图 2），2015 年的候鸟觅食困境又一次重演。

6. 结论

鄱阳湖呈现“高水是湖、低水似河”以及湖盆内碟形湖星罗棋布两种水文生态景观，有利于候鸟在湖区越冬。本文利用通过回归分析等方法，研究鄱阳湖水位和候鸟监测资料后发现：水文年平均水位高低一定程度决定越冬候鸟的数量多少，枯水期平均水位决定候鸟在湖区的分布状况。鄱阳湖越冬候鸟总数与年平均水位的关系，以 10m 水位为分界线，呈现两种二次曲线分布趋势，如果年平均水位超过 10m，湖相状态接近多年平均水位 11.37m 时，候鸟总数最多；如果年平均水位不超过 10m，河相状态水面与洲滩面积大致相等时，越冬候鸟次多；在两种情况下，越冬候鸟的类群结构各不相同。另外，不管是发生在主汛期还是候鸟栖息期的洪水灾害都严重影响越冬候鸟的数量和区域分布。这些结论对于保护鄱阳湖湿地生态系统健康，维护越冬候鸟栖息环境具有一定意义。

参考文献

- [1] 鄱阳湖研究编委会主编, 鄱阳湖研究[M], 上海: 上海科学技术出版社, 1988.
- [2] 胡振鹏、张祖芳、刘以珍等, 碟形湖在鄱阳湖湿地生态系统的作用与意义[J], 江西水利科技, 41(5), 2015:317-323.
- [3] 江西省自然保护区管理办公室等主编, 鄱阳湖候鸟保护区珍禽越冬生态考察报告[M], 南昌: 江西科学技术出版社, 1987.
- [4] 吴英豪、纪伟涛主编, 江西鄱阳湖国家级自然保护区研究[M], 北京: 中国林业出版社, 2002.
- [5] 吴建东, 白鹤在鄱阳湖越冬期的行为研究[A], 王岐山、李凤山主编《中国鹤类研究》[C], 昆明: 云南教育出版社, 2005.
- [6] 严丽、丁铁明, 江西鄱阳湖区白鹤越冬调查[J], 动物学杂志. 1988, No.4.
- [7] 葛刚, 纪伟涛等, 鄱阳湖水利枢纽工程与湿地生态保护[J], 长江流域资源与环境, 2010.No6.
- [8] 胡振鹏, 白鹤在鄱阳湖越冬生境特性及其对湖水位变化的响应[J], 江西科学, 2012.No1.
- [9] 夏少霞、于秀波、范娜, 鄱阳湖越冬季候鸟栖息地面积与水位变化的关系[J], 资源科学, 2010年第11期.
- [10] 刘成林等, 鄱阳湖水位变化对候鸟栖息地的影响[J], 湖泊科学, 2011年第4期.
- [11] 熊舒, 纪伟涛等, 气温与水位对鄱阳湖越冬雁属鸟类数量变化影响分析——以大湖池、常湖池和朱市湖为例[J], 江西林业科技, 2011年第1期.
- [12] 杜飞, 鄱阳湖湿地生态景观对低枯水位响应特征研究[D], 北京: 中国水利水电科学研究院, 2018.
- [13] 陈冰, 鄱阳湖不同水位情景下越冬水鸟种群数量变化及白鹤生境适应性评价研究[D], 南京: 南京师范大学, 2015.
- [14] Wang Y.Y & Jia Y.F & Lei G.C. et al.: Optimising hydrological conditions to sustain wintering waterbird populations in Poyang Lake National Natural Reserve: implications for dam operations[J], Freshwater Biology, 58(11), 2013: 2366-2379.
- [15] 胡振鹏、葛刚、刘成林, 鄱阳湖越冬候鸟对水位变化的响应, 自然资源学报, 29(10), 2014:1770-1779.
- [16] 孟竹剑, 鄱阳湖越冬雁类栖息地模型及环境容纳量研究[D], 南昌: 南昌大学, 2018.
- [17] 王文娟等, 人工生境已成为鄱阳湖越冬白鹤的重要觅食地[J], 野生动物学报, 40(1), 2019: 133-137.
- [18] 侯谨谨等, 鄱阳湖越冬白鹤在农业用地的食物组成[J], 动物学杂志, 54(1), 2019: 15-21.
- [19] 王亚芳等, 鄱阳湖越冬水鸟数量动态指示水生植被退化[J], 南昌大学学报(理科版), 42(3), 2018: 258-262.
- [20] 崔奕波, 李钟杰, 长江流域湖泊的渔业资源与环境保护[M], 北京: 科学出版社, 2005.
- [21] 李伟, 刘贵华, 熊秉红, 等. 1998年特大洪水后鄱阳湖自然保护区主要湖泊水生植被的恢复[D], 北京: 中国科学, 2004.
- [22] 胡振鹏、林玉茹, 鄱阳湖水生植被30年演变及其驱动因素分析[J], 长江流域资源与环境, 2019(待发表).
- [23] 唐国华、许闻婷、胡振鹏, 森林植被改善对鄱阳湖流域径流和输沙过程的影响[J], 水利水电技术, 48(02), 2017: 12-21.