

## 鄱阳湖水文过程对湿地生物的节制作用\*

谭胤静, 于一尊, 丁建南, 谭晦如\*\*

(江西省科学院生物资源研究所, 南昌 330096)

**摘要:** 从实测水文数据出发, 研究 2009—2013 年近 5 年各年水位过程变化, 归纳年内、年际水位变化的特征和类型, 在此基础上分析各年水温、水体透明度及水深梯度的变化过程。结合“鄱阳湖科学考察项目”对生物资源及其动态变化的考察成果, 重点探索 2009、2010、2011 年 3 个典型年鄱阳湖湿地生物繁殖、生长、成熟或死亡过程与各水文要素变化过程耦合时的联动关系。结果表明, 4—6 月涨水过程, 沉水植物经历淹水深度 1.5~2.0 m、水体透明度低于 20~30 cm 后, 大部分死亡; 3—6 月和 6—9 月水位过程偏低, 导致定居性鱼类产卵场和索饵场范围缩小; 10—12 月水位偏高或偏低影响候鸟入迁或栖息等。研究初步揭示鄱阳湖水文节律对鄱阳湖湿地生物生长、生存的节制作用, 从一定意义上反映了鄱阳湖生态水文过程。

**关键词:** 鄱阳湖; 水文过程; 节制作用; 湿地生物

## Control effects of Lake Poyang hydrological process on the wetland biology

TAN Yinjing, YU Yizun, DING Jiannan & TAN Huiru

(Biological Resources Institute, Jiangxi Academy of Sciences, Nanchang 330096, P. R. China)

**Abstract:** The annual change of water level process in the Lake Poyang was summarized on the characteristics and types of annual and inter-annual water level variation in the past 5 years from the measured hydrological data. Based on these, the inter-annual change processes of water transparency, temperature and depth gradient were also studied. Combined with the investigation results of biological resources and their dynamic changes from “the scientific survey of Lake Poyang”, focusing on the three typical years of 2009, 2010 and 2011, the correlation between the process of hydrological element variation and the biological reproduction, growth, maturity or death in Lake Poyang wetland was explored: submerged plants were flooded 1.5–2.0 m under the water with transparency less than 20–30 cm and most of them died while swelling between April and June; low water level from March to June and June to September resulted in the spawning and feeding grounds of settled fishes narrowed; too high or too low water level from October to December impacted winter migratory birds to move into or perch in the Lake Poyang wetland. The study had preliminarily presented the control effects of hydrological rhythm on growth and survival of organisms in the Lake Poyang wetland and reflected the eco-hydrological process of Lake Poyang in a certain sense.

**Keywords:** Lake Poyang; hydrological process; control effect; wetland organisms

水文过程变化是水环境水文要素的变化过程, 探索水文过程变化对湖泊湿地生态的影响, 属于湿地水文学生态范畴。程飞等<sup>[1]</sup>指出, 在欧洲湿地研究在水文生态学中扮演了中心角色。湿地水文学着重研究不同尺度的水文与生物格局、过程的耦合特征和相互作用, 并在湿地重建中取得了明显进展。胡振鹏等<sup>[2]</sup>认为, 近十年来, 这一领域的科学研究在一系列国际研究计划的推动下得到快速发展, 对实践需求的支撑能力日益增强。但是, 从公开发行的文献来看, 国内外在湖泊生态水文学方面的研究成果并不多, 比河流、流域生态水文学研究要薄弱很多。

由于气候变化, 年降水日数下降趋势极显著, 且暴雨日数增加趋势极显著, 降雨过程更趋向集中, 造成

\* 江西省重大科技专项项目(20114ABC01100-1-05)资助。2014-11-07 收稿; 2015-03-05 收修稿。谭胤静(1980~), 女, 助理研究员; E-mail: 77641083@qq.com。

\*\* 通信作者; E-mail: 2257723714@qq.com。

鄱阳湖各年各季水文过程变化的明显差异<sup>[3,4]</sup>,对其生物群落已产生较大影响,导致生物群落结构、分布发生改变.因此,加强鄱阳湖水文生态学研究,探索鄱阳湖湿地变化的水文生态学机制,以及水文过程和生态变化的耦合机理,建立符合鄱阳湖实际的研究模型,是鄱阳湖湿地研究面临的重要课题.本研究仅是追踪国内外湿地水文生态学研究的尝试,期望以此抛砖引玉.

## 1 研究区域和研究方法

### 1.1 研究区域

以鄱阳湖国家级自然保护区(吴城)碟形湖群为研究对象.吴城湖区以吴城国家级自然保护区的碟形洼地与湖湾为主,面积约为224 km<sup>2</sup>,有大大小小碟形洼地与湖湾20多处,最主要的有包括国家级自然保护区在内的9个碟形湖,湖底高程(吴淞)最低的是大汉湖(12.25 m)<sup>①</sup>,最高的是梅西湖(15.25 m),其余在14.25~15.25 m间;面积最大的是蚌湖(43.7 km<sup>2</sup>),最小的是梅西湖(2.04 km<sup>2</sup>).

碟形湖湿地类型多样、齐全,分带清晰,从深水→浅水→泥滩→稀疏草滩→茂密草滩依高程分布,一年内随水位湿地景观和生境呈现周期性波动.碟形湖植被发育良好,遍布全湖,呈环带状分布,依次可见挺水植物带、湿生植物带和沉水植物带.随水位升降,适合涉禽、游禽等各种鸟类栖息、觅食,是候鸟的主要栖息觅食地,为国家级候鸟保护区核心区,也适合鱼类产卵、索饵、生长<sup>[5]</sup>.

该研究区域(2009—2013年)水位过程变化的基本特征表现为3种类型:

常年型:也可以称为平水型,未出现>21 m的高水位,6月30日前>15 m水位的天数≤45 d, >16 m水位的维持天数<100 d,退水时间在9月底10月初.

生态缺水型:也可以称为枯水型,水位<12 m维持6个月以上,并出现<8 m的极端水位.

滞水型:即水位过程出现高水位长时间滞留.属于涨水前期滞水型,即4月(或5月上旬)水位短时间(5~15 d)快速上涨,出现>16 m的较高水位,此后6月30日前维持50~60 d,全年维持150 d以上.

### 1.2 研究方法

1) 实测水文资料分析:为探索鄱阳湖水文过程,采用江西省水文局提供的实测水文资料,分析2009—2013年水文过程,包括水位、水深梯度、水温、水体透明度等水文要素的过程变化,并选择2009、2010、2011年作为典型年,对鄱阳湖水文过程进行研究.

2) 实地考察和定点观察:结合“鄱阳湖科学考察项目”之生物资源及其动态变化,设立观测点,对湖泊植物、鱼类、鸟类考察数据和实地观测资料与水文过程进行对比研究,探索两者间的耦合关系和因果关系.

3) 模拟实验:由于湖泊水体透明度无实测资料,为探明湖水含沙量与透明度的关系,进行模拟实验:采集湖中新沉积的泥沙,经烘干后,分别称取20、30、40、50、60、80、100 g,调湿加入至1 m<sup>3</sup>玻璃容器水中混匀,测量其沉降速率和透明度.

## 2 鄱阳湖水文过程变化

### 2.1 2009—2013年水位过程变化及基本特征和类型

根据江西省水文局5年实测资料,吴城湖区日水位过程变化见图1.对2009—2013年水文过程的分析研究认为,2009、2013年属常年型,2011年属生态缺水型,而2010、2012年属涨水前期滞水型.因此,本文选择2009、2010、2011年作为典型年,代表3种基本的水文过程.

需要指出的是:由洪水造成的湿地滞水型水文过程比较明显(如1998年),而非洪水年滞水型往往被忽视(如2010、2012年),两年滞水特征见表1.

### 2.2 水温变化过程

根据鄱阳湖星子站(由于吴城站无水温和实测资料,以附近星子站资料表达)近5年观测资料,鄱阳湖日水温在3月10日左右开始≥10℃(2010年偏晚至4月20日),4月6日左右稳定≥15℃(2011、2013年偏早

<sup>①</sup> 本文高程均为吴淞高程,对应国家85基准高程值为-2.25 m.

7 d),4月27日稳定 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ . 一般情况水温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 进入植物有效积温期, $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 为植物萌芽期,稳定 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 为植物生长期和鱼类繁殖期. 此后水温上升,7月下旬至8月达最高值,为 $30.5^{\circ}\text{C}$ (5年平均值),而后下降,至12月9日降至 $10^{\circ}\text{C}$ 以下.

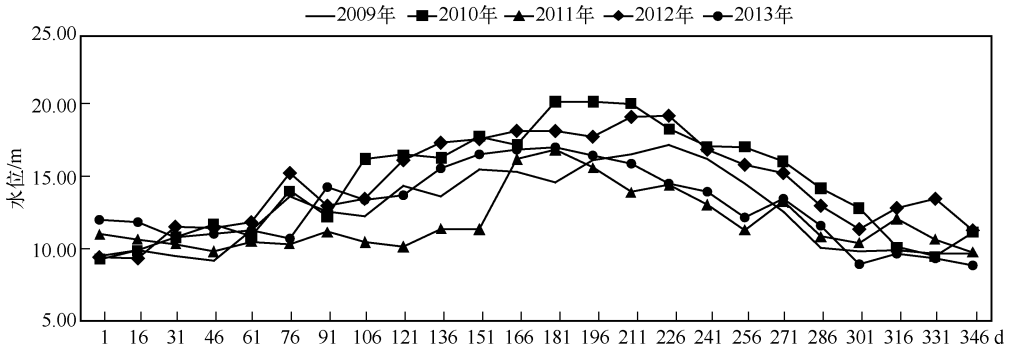


图1 吴城站 2009—2013 年日水位过程

Fig. 1 The daily water level process in Wucheng station during 2009 - 2013

表1 吴城站涨水过程滞水特征值

Tab.1 The water accumulation characteristic values during swelling in Wucheng station

年份	第一阶段涨水过程		第二阶段涨水过程		滞水时间	
	时间 (月-日)	水位/m (15 m 以下)	时间 (月-日)	水位/m (15 m 以上)	水位 (15 m 以上)	水位 (16 m 以上)
2010	3-1~4-12	11.14~14.83	4-13~4-14	15.47~15.85	4-13~10-9 (179 d)	4-15~10-3 (161 d)
			4-15~5-18	16.16~16.88		
			5-19~9-21	17.23~17.05		
2012	3-1~3-7	12.15~14.92	3-8~3-18	15.41~15.20	4-25~10-3 (162 d)	4-30~9-18 (142 d)
	3-19~4-24	14.97~14.65	4-25~4-29	15.08~15.37		
			4-30~5-12	16.11~16.81		
			5-13~9-1	17.03~17.14		

### 2.3 入湖水泥沙含量与水体透明度变化过程

鄱阳湖水体透明度主要受泥沙含量的影响,一般3-5月入湖来水、来沙量加大,湖水透明度为10~35 cm,4-5月透明度最低. 5-6月虽然入湖来水、来沙量最大,但水位迅速上涨,湖水漫滩后湖面扩大、流速变小,来沙迅速沉积,湖水透明度开始加大,逐渐由30~40 cm 升高至80~100 cm,东北湖湾可达120 cm. 7月以后,除星子以下入江水道受采砂和长江水倒灌影响含沙量增大外,湖区其他各地没有明显变化.

根据模拟实验数据,结合入湖水泥沙含量实测数据,推算近5年湖水透明度,结果表明2009年3-6月鄱阳湖入湖水量和泥沙量处于中等偏低水平,与其它平水年相似,湖水透明度在40~60 cm 之间,最大值为80 cm;2010年3-6月入湖水量和泥沙量较大,湖水透明度一般在15~40 cm 之间,6月下旬后,达40~80 cm;2011年3-6月入湖水量和泥沙量较小,湖水透明度在40~60 cm 之间,6月后来水、来沙量增加,短期内透明度降至20~30 cm,7月后升至40~80 cm;2012年3-6月入湖水量、泥沙量较大,湖水透明度在30~50 cm 之间,6月下旬后,达60~80 cm;2013年3-6月入湖水量、泥沙量较少,湖水透明度在40~60 cm 之间,6月下旬后达60~80 cm(表2).

表 2 2009—2013 年吴城湖区各年水体透明度

Tab. 2 Annual water transparency in the lake district of Wucheng during 2009—2013

年份	透明度/cm						
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月
2009	80~100	60~80	40~80	30~50	40~60	40~50	20~50
2010	40~50	40~60	30~60	15~30	15~30	10~40	40~80
2011	40~80	80~100	60~80	30~60	40~50	40~80	40~80
2012	40~80	60~80	15~80	30~40	30~40	30~50	60~80
2013	60~80	60~80	60~80	60~40	30~50	40~60	60~80

## 2.4 湖泊湿地水深梯度随水位变化过程

吴城湖区湖群以大湖池为代表,考察近5年大湖池水深梯度变化,2009年和2013年水位过程和水深梯度变化大致相同,属常年型,而2010年和2012年大致相同,属滞水型,2011年为枯水型。

根据实测资料大湖池湖底高程为14.25 m,0.5 m等高线水深依次为14.25、14.75、15.25、15.75、16.25、16.75、17.25 m,相应的水深梯度为0、0.50、1.00、1.50、2.00、2.50、3.00 m。现仅列出2009、2010、2011年3个典型年涨退水水位过程与水深梯度变化,结果表明3个典型年涨、退水水深梯度出现明显差异(表3),2010和2012年水位偏高,水深梯度变化大,2011年水位偏枯,水深梯度变化小,2009和2013年除退水后期水位偏枯外,介于两者之间。

表 3 2009、2010 和 2011 年吴城湖区大湖池涨退水-水深梯度变化\*

Tab. 3 Swelling-receding process with water depth gradient change of Dahuchi in Wucheng in 2009, 2010 and 2011

2009年涨退水过程			2010年涨退水过程			2011年涨退水过程		
时间 (月-日)	水位/ m	水深梯度 变化/m	时间 (月-日)	水位/ m	水深梯度 变化/m	时间 (月-日)	水位/ m	水深梯度 变化/m
3-5~4-21	13.24~13.94	0~0.50	3-6~4-7	13.63~13.32	0~0.50	3-1~5-17	10.77~11.99	0~0.50
4-22~5-29	14.08~14.96	0.50~1.00	4-8~4-12	14.01~14.83	0.50~1.00	5-18~6-6	12.14~12.18	1.00~1.50
5-30~6-20	15.38~15.09	1.00~1.50	4-13~4-15	15.47~16.16	1.00~1.50	6-7~6-11	13.65~14.78	2.00~3.00
6-21~7-1	14.94~14.87	0.50~1.00	4-15~4-21	16.16~16.83	2.00~2.50	6-12~6-15	15.10~15.81	2.50~1.50
7-2~7-4	15.12~15.71	1.00~1.50	4-22~4-29	17.05~17.14	2.50~3.00	6-16~7-3	16.47~17.02	1.50~1.00
7-5~8-9	16.10~16.95	2.00~2.50	4-30~5-18	16.96~16.88	2.00~2.50	7-4~7-10	16.92~16.08	1.00~0.50
8-10~8-24	17.06~17.04	2.50~3.00	5-19~6-20	17.23~17.97	≥3.00	7-11~7-26	15.96~15.14	0.50~0
8-25~9-8	16.98~16.05	2.50~2.00	6-21~8-20	18.54~18.00	≥4.00	7-27~8-26	14.94~14.06	
9-9~9-14	15.93~15.09	1.50~1.00	8-21~9-21	17.87~17.05	3.50~2.50	8-27~10-31	13.95~10.80	
9-15~9-20	14.75~14.00	1.00~0.50	9-22~10-3	16.99~16.08	2.50~2.00			
9-21~10-31	13.91~10.18	0.50~0	10-04~10-9	15.96~15.08	2.00~1.00			
			10-10~10-22	14.88~14.01	1.00~0.50			
			10-23~11-1	13.92~13.08	0.50~0			

\* 吴城湖区以大湖池为代表,其他湖泊湖底高程和控制高程多在14.25~17.25 m之间,水深为自然状态的水位和梯度变化,参照大湖池实测水深,误差为±0.1 m。

## 3 鄱阳湖水文过程对生物的节制作用研究

### 3.1 鄱阳湖水文变化与生物生长耦合过程的关键时期

综合以上水文要素变化过程,对2009、2010和2011年3个典型年生态水文过程进行分析研究,结合对当年鄱阳湖主要生物生长、繁殖、栖息过程的考察和定点观察以及参考文献[6-9],水文过程与生物生长过程耦合的几个关键时期为:

1) 湿生、水生植物淹水期。一般汛前洲滩湿地多年生植物生长发育,4月汛期开始,洲滩开始淹水,湿生植物进入淹水期,4、5月时,水生植物开始萌发生长,5、6月达到最盛,8月植被盖度和生物量达到最大。8—

9月鄱阳湖开始退水,随水淹深度逐步降低,水生植物开始生长发育并迅速完成生活史。随淹水深度逐步降低,依靠地下根茎度过淹水期的湿生植物萌发繁盛,11月洲滩湿生植被群落的生物量达到最大,并逐渐完成生活史。12月后大部分湿生植物休眠或枯萎。

因此,4—9月水文条件是湿生、水生植物能否正常生长的关键时期,这一时期水温适宜,起决定作用的是水深梯度和水体透明度,也就是在水淹深度大、淹水时间长、水体透明度低的情况下,湿生植物能否全部度过淹水期,水生植物能否正常萌发生长。

2) 鱼类—汛前汛后水位维持期。据鱼类资源考察<sup>[1,10]</sup>①,每年的3—9月是鄱阳湖定居性鱼类繁殖、生长期,3—6月为产卵繁殖期,6—9月为索饵育肥期。洄游性鱼类洄游和在湖泊索饵育肥时期为5—9月。

因此,3—9月水文条件是鱼类繁殖、洄游、生长是否正常的关键时期,这一时期水位高低(或者说水深梯度)决定鱼类产卵场的范围大小、洄游通道是否通畅,水体透明度是否影响饵料生物(草料、微生物等)的生长和数量等。

3) 冬候鸟入迁—10月后退水期。以水禽为主的冬候鸟开始入迁鄱阳湖的时间一般在每年的9月底、10月初,10月中、下旬为入迁高峰期,10月至翌年3月为在湖中栖息、觅食生活时期<sup>[11-15]</sup>。

因此,10月初至翌年3月鄱阳湖退水过程及其水位过程变化是影响冬候鸟入迁、栖息、觅食的关键时期,10月,冬候鸟入迁时期,水位在14~15 m左右,碟形湖水深在0.5~2.0 m之间,部分碟形湖甚至未完全露出,影响候鸟(特别是白鹤等涉禽)入迁;而10月后,水位快速降至10 m以下,11月初至翌年1、2月,水位在8~10 m之间波动,碟形湖水深0.50 m以下,最低降至8 m以下,将影响冬候鸟的栖息觅食,鄱阳湖越冬候鸟数量减少。

### 3.2 水文过程变化对生物节制作用研究

以2009、2010和2011年3年为典型年,通过3年水文过程变化的特点,结合3年生物生长繁殖数据,重点研究水文变化与生物生长耦合的关键过程中水文要素的变化对生物生长的节制作用。

3.2.1 对水生、湿生植物的节制作用 2009年水文过程属常年型,水位为平水年。4—6月碟形湖水深在0.50~1.50 m之间,泥沙含量偏低,水体透明度较高,有利于水生植物冬芽萌发、幼苗生长,直至成株(1.0~1.2 m),7月5日后,水深虽然达到2.5~3.0 m,但淹水时间仅18 d,且水体透明度高,水生植物正常生长,顺利完成其生活史。早春生长的滩地湿生植物,如苔草(*Carex tristachya*)、芦苇(*Phragmites australis*)、南荻(*Triarrhena lutarioriparia*)短期水淹后,地上部分枝叶枯黄,5月后进入休眠期的苔草很快恢复生长,芦苇、南荻等分蘖芽继续生长。全年水生、湿生植物萌芽、生长、成熟基本正常。

2010年水文过程属涨水前期蓄水型,水位为平水年。汛前滩地早春植物正常萌发出苗,4月15—21日,碟形湖水水位迅速上涨至水深2.00 m以上,泥沙含量也升高,水体透明度降低,水生植物萌芽和幼苗生长受到抑制。4月21日后水位继续上涨至9月下旬,水深维持在2.50~4.00 m之间,时间长达150~160 d,水生植物和部分滩地植物死亡。直至10月上旬,水深降至2.0 m以下,部分度过淹水期休眠后的苔草、芦苇、南荻等的分蘖芽恢复或重新生长。全年水生植物几乎没有,部分滩地植物稀少,种群结构改变,碟形湖湿地生物量普遍较低。

2011年全年性生态缺水型。6月11日前严重缺水,碟形湖水水位低于14.78 m,水深低于0.5 m,水生植物萌发生长范围受到限制,但湿地植物生长繁茂,6月11日至7月3日水位升高,水生植物生长范围扩大并迅速生长,湿生植物虽然淹水,但时间短,2.5 m以上淹水不足10 d,7月10日左右,1.5~1.0 m水深维持近30 d,水生植物生长完成其生活史。湿生植物恢复生长进入繁盛期,生物量普遍较高,此后,直至成熟、开花、结果,或衰退、生长冬芽、秋芽。

2012年水文过程与2010年类似,相同时期出现蓄水现象(参见2.1节及表1),2013年水文过程与2009年类似,植物生长情况也基本一致。

因此水生、湿生植物的萌发、生长、死亡与水文过程密切相关,尤其是水生植物,从4月萌发开始,遇上16 m及以上水位(水深2.0~2.5 m及以上),水体透明度低于50 cm,3个月及以上绝大部分会死亡;湿生植物3个月及以上大部分枯萎,其中一部分也会死亡。

以苔草(*Vallisneria spiralis*)为例,5年来秋季调查消长情况表明,苔草2009年平水年、2011年上半年生

① 中国科学院南京地理研究所:鄱阳湖南部鲤鱼产卵场综合调查研究(内部报告)。1965。

态缺水型年和 2013 年平水年生长基本正常, 而 2010、2012 年涨水前期潜水型年, 苦草基本死亡(表 4)。

表 4 2009—2013 年大湖池、沙湖和梅西湖苦草和冬芽平均密度

Tab. 4 Average density of *Vallisneria natans* and winter buds in Dahuchi, Shahu and Meixihu during 2009—2013

年份	大湖池		沙湖		梅西湖	
	苦草密度/ (株/m <sup>2</sup> )	冬芽密度/ (株/m <sup>2</sup> )	苦草密度/ (株/m <sup>2</sup> )	冬芽密度/ (株/m <sup>2</sup> )	苦草密度/ (株/m <sup>2</sup> )	冬芽密度/ (株/m <sup>2</sup> )
2009	9.84	5.34	67.47	5.00	97.13	13.21
2010	0	0.20	0	0.01	0	0.51
2011	21.20	5.82	54.00	15.30	38.90	21.30
2012	5.10	0.75	0.32	0.20	0	0
2013	40.02	22.24	1.22	0.33	13.44	1.87

3.2.2 对鱼类繁殖育肥的节制作用 从 5 年来对鄱阳湖鱼类产卵场面积的研究表明, 鱼类繁殖、生长主要受 3—6 月(产卵期)和 6—9 月(索饵期)两个水位过程的影响。

2013、2009 年 3—6 月平均水位分别为 14.64、14.14 m, 产卵场有效面积分别为 379.19、332 km<sup>2</sup>, 鲤、鲫产卵量分别为 45.5 × 10<sup>8</sup>、41.6 × 10<sup>8</sup> 粒, 产卵场有效面积和产卵量 2013 年比 2009 年分别增加 14% 和 9%。

2013 年鄱阳湖 6—9 月的平均水位为 14.78 m, 2012、2009 年鄱阳湖同期平均水位分别为 17.38、15.34 m, 2012 年索饵期平均水位比 2013 年高 2.6 m, 比 2009 年高 2.04 m, 2012 年索饵场面积为 449 余 km<sup>2</sup>, 较 2013 年增加 13.1%, 较 2009 年增加 10.3%。

各年水文过程的变化导致鱼类产卵场、产卵量、索饵场面积的变化, 直接影响该年鱼类产量, 2010、2012 年出现潜水, 3—9 月水位偏高, 2009、2011、2013 年 3—9 月水位偏低, 2010、2012 年鱼类产卵场、产卵量、索饵场面积大于其它年。据统计, 2009—2013 年各年捕捞产量分别为 2.35 × 10<sup>4</sup>、3.02 × 10<sup>4</sup>、2.23 × 10<sup>4</sup>、2.85 × 10<sup>4</sup>、2.57 × 10<sup>4</sup> t。

3.2.3 对鸟类迁入和栖息的节制作用 冬候鸟栖息、觅食与越冬期(10 月至翌年 3 月)水位过程密切相关, 尤其是与退水过程水位密切相关。

2009 年水文过程虽属常年型(平水年), 但退水过程属缺水型。该年 9 月 9 日开始退水(16 m), 9 月 21 日水位退至 14 m 以下, 10 月 8 日退至 12 m 以下, 退水过程属早, 10 月冬候鸟迁入时水位偏低, 加之 11 月 4 日至翌年 1 月 26 日, 水位在 8~10 m 低水位之间波动, 碟形湖水深低于 0.50 m, 大部分水深仅为 0.1~0.2 m, 甚至无积水, 不利于冬候鸟栖息、觅食, 由于适合候鸟栖息觅食的水环境较少, 该年冬候鸟数量为近 5 年最低(约 17 × 10<sup>4</sup> 只)。

2010 年属涨水前期潜水型, 但退水过程正常。该年 10 月 4 日水位退至 16 m 以下, 10 月 10 日退至 15 m 以下, 维持至 10 月 22 日, 11 月 1 日前水位维持在 14~13 m 之间, 有利于冬候鸟迁入。此后至翌年 3 月 31 日, 水位在 10~12 m 之间波动, 碟形湖水深为 0.50~1.00 m, 适合水禽等冬候鸟栖息、觅食, 该年冬候鸟数量较大(约 34 × 10<sup>4</sup> 只)。

2011 年属全年性生态缺水型, 该年 7 月 11 日退水(16 m 以下), 7 月 27 日水位退至 15 m 以下, 直至 10 月 31 日水位维持在 13~14 m 之间, 碟形湖水深在 0.50~1.00 m 之间, 有利于冬候鸟迁入, 此后, 直至翌年 3 月 1 日, 水位在 12~10 m 之间波动, 碟形湖水深维持在 0.50 m 左右, 10 m 以下水位只有 10 余天, 有利于候鸟栖息、觅食, 该年冬候鸟数量约 37 × 10<sup>4</sup> 只。翌年 3 月 14 日开始涨水, 至 29 日, 水位达到 16.11 m, 但对候鸟影响不大, 此时候鸟已陆续迁飞。

## 4 结论与讨论

### 4.1 水文过程变化对植物生长具有显著的节制作用

从 3.2.1 可见, 潜水型水文过程年由于在植物萌发、幼苗生长期, 出现 3 个月以上的高水位(2~3 m 及以上)维持期, 而且水体透明度偏低, 导致植株在水下 1~2 m 严重缺乏光照, 对水生植物的繁殖、生长、死亡具有较强的节制作用。从 30 a 水文过程来看, 无论涨水期还是大洪水年潜水型水文过程都会造成水生植

物,特别是沉水植物严重受损或死亡。

水文过程变化对洲滩湿生植物生长也具有较强的抑制作用,抑制早春植物的成熟及伴生种生长,严重的可造成部分早春生长的湿生植物萎奄或枯死,影响秋发植物的生长。

#### 4.2 水文过程变化造成鄱阳湖渔业资源衰退

鱼类产卵期(3—6月)出现较低水位,导致鱼类产卵场面积萎缩、产卵量减少;鱼类育肥期(6—9月)出现较低水位,导致鱼类索饵育肥场面积缩小,天然饵料减少。考察典型年和近10a来水文过程变化,多数年份3—9月出现偏低水位,使鱼类处在生态缺水状况,尽管期间也有1~2a水位有利鱼类生长,但由于造成天然饵料(饵料生物)以及亲鱼数量减少,导致渔业资源的衰退,也加剧捕捞的竞争,形成一种恶性循环。

#### 4.3 水文过程的变化已造成鄱阳湖冬候鸟数量的大幅度波动

冬候鸟的入迁和栖息与鄱阳湖退水过程密切相关,退水过程水文状况是候鸟数量波动的主要原因。从典型年和近十多年水文过程分析,退水过程的下述情况将影响冬候鸟的入迁、栖息和觅食:退水过程太晚(10月下旬或11月上旬),水位较高(15m左右),或者退水太早(7—8月、9月初)、太快,10月中下旬退至12m左右,并于11月中下旬退至9m或以下,并维持30d以上。

#### 4.4 讨论:水文过程的变化将造成鄱阳湖生态系统的退化?

综上所述,由于水文过程的变化对鄱阳湖主要生物的控制作用,已导致鄱阳湖植物或植被组分的改变,各种植物在系统中生态位的变化,植被群落种类、分布的变化,也就是植物或植被结构的改变,加上鱼类数量、年龄、组成的改变,系统组分趋向简单化,生物多样性降低。鄱阳湖生态系统由生物和水环境组成,鄱阳湖水文过程的变化使生态系统生物组分发生变化,或将导致鄱阳湖生态系统的改变和退化,这是一个需引起关注和重视的课题,本文仅从水文过程变化对鄱阳湖主要生物影响的角度提出问题和讨论,以冀有关研究者进一步深入研究。

致谢:感谢葛刚、陈文静、涂晓斌及其植物、鱼类、鸟类资源考察组提供的考察成果。

## 5 参考文献

- [1] 程飞,吴清江,谢松光. 水文生态学研究进展及应用前景. 长江流域资源与环境, 2010, **19**(6): 98-104.
- [2] 胡振鹏,葛刚,刘成林. 越冬候鸟对鄱阳湖水文过程的响应. 自然资源学报, 2014, **29**(10): 1770-1779.
- [3] 徐卫明,段明. 鄱阳湖水文情势变化及其成因分析. 江西水利科技, 2013, **39**(3): 161-163.
- [4] 章茹,孔萍,蒋云勇等. 近50年鄱阳湖流域降水时空特征及其对水文过程的驱动. 南昌大学学报:理科版, 2014, **38**(4): 268-272.
- [5] 张本,邓宗觉,李建德等. 鄱阳湖研究. 上海:上海科学技术出版社, 1988: 1-1026.
- [6] 胡振鹏,葛刚,刘成林等. 鄱阳湖湿地植物生态系统结构及湖水位对其影响研究. 长江流域资源与环境, 2010, **19**(6): 597-605.
- [7] 张全军,于秀波,胡斌华. 鄱阳湖南矶湿地植物群落分布特征研究. 资源科学, 2013, **35**(1): 42-49.
- [8] 张丽丽,殷峻,蒋云钟等. 鄱阳湖自然保护区湿地植被群落与水文情势关系. 水科学进展, 2012, **23**(6): 766-774.
- [9] 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. 武汉植物学研究, 2004, **22**(4): 301-306.
- [10] 鄱阳湖渔业资源调查队. 鄱阳湖渔业资源调查. 北京:农业出版社, 1974.
- [11] 刘成林,谭胤静,林联盛等. 鄱阳湖水位变化对候鸟栖息地的影响. 湖泊科学, 2011, **23**(1): 129-135. DOI 10.18307/2011.0119.
- [12] 朱奇,刘观华,金杰锋等. 江西鄱阳湖国家级自然保护区自然资源2011—2012年监测报告. 上海:复旦大学出版社, 2013.
- [13] 刘观华,金杰锋. 江西鄱阳湖国家级自然保护区自然资源2012—2013年监测报告. 上海:复旦大学出版社, 2013.
- [14] 李言阔,单继红,马建章等. 气候因子和水位变化对鄱阳湖东方白鹤越冬种群数量的影响. 生态学杂志, 2014, **33**(4): 1061-1067.
- [15] 袁方凯,李言阔,李凤山等. 年龄、集群、生境及天气对鄱阳湖白鹤越冬期间行为模式的影响. 生态学报, 2014, **34**(10): 2608-2616.