

长江自然湿地水循环特点及功能

陈进¹

(1. 长江水利委员会长江科学院, 湖北 武汉 430014;

2. 武汉大学水电学院, 湖北 武汉 430010)

【摘要】: 湿地是地球三大生态系统之一, 也是与人类生产生活联系最密切的生态系统, 长江自西向东流经我国三级地貌台阶和多个气候带, 湿地类型及生物多样性丰富, 但经济社会快速发展也给长江湿地保护带来巨大挑战。针对长江高原沼泽、高原湖泊、通江湖泊、中下游干流河滩和河口海岸等典型自然湿地, 分别探讨这些湿地水循环特点及与生物栖息地的关系, 为保护长江湿地提供参考。分析表明: 长江高原的垂直水循环、中下游湖泊和河流的水平水循环、长江口的潮汐分别是维护湿地生态功能的关键水文因素。气候变化和人类活动是影响湿地水循环及生态功能主要因素, 所有的湿地都受到人类活动的影响, 其中长江源和长江口受气候变化影响更显著。湿地保护基本原则应该是尽量维护其自然的水循环节律, 采取适应性的保护和管理措施才是最佳的方案。

【关键词】: 长江流域 自然湿地 水循环 生物栖息地 保护对策

【中图分类号】: P641.461 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1004-8227(2022)08-1705-07

长江流域跨越我国东西三级台阶和 4 个气候带, 水系发育, 各级支流约 7000 余条, 流域面积在 1000km² 以上的河流有 437 条, 在 1 万 km² 以上的河流有 49 条, 8 万 km² 以上的河流有 8 条(雅砻江、岷江、嘉陵江、乌江、沅江、湘江、汉江和赣江)。长江流域常年水面面积 1km² 以上湖泊总数 805 个, 其中水面面积 10km² 以上湖泊 142 个, 水面面积 100km² 以上湖泊 21 个, 水面面积 1000km² 以上湖泊 3 个(洞庭湖、鄱阳湖和太湖)^[1]。根据《国际湿地公约》定义, 6m 以上的水域或者季节性水域都属于湿地, 长江流域湿地类型多^[2], 如长江源及金沙江上游等高海拔地区有大片沼泽湿地, 云贵高原有许多高原湖泊湿地, 长江中下游有大量湖泊湿地, 湖泊面积占长江流域湖泊面积的 92%, 我国五大淡水湖有 4 个位于该地区, 长江中下游两岸有大片洲滩湿地, 长江口有潮间带及滨海湿地等。湿地最大的特点受洪水与枯水水位变化, 有大片水陆过渡带区域, 由于没有统一的计算标准, 湿地面积的统计往往有较大的差距^[3,4], 特别是季节性湿地和人工湿地。根据国家林草局湿地调查数据, 长江流域湿地总面积 2500 万 hm², 占到全国湿地总面积的 20%, 占流域面积的 14%, 其中自然湿地接近 900 万 hm², 占湿地面积的 36%, 其中列入国际湿地重点保护名录的有 17 处, 国家级与省级湿地自然保护区达到了 168 处。根据各省统计数据^[5], 长江经济带 11 省市湿地总面积 1154.2 万 hm², 其中自然湿地面积 850 万 hm², 本文主要讨论长江自然湿地, 分析不同地区典型湿地水循环特点, 探讨水文过程对湿地生态系统影响机制, 为湿地保护和修复提供科学依据和政策建议。

1 高原沼泽

长江源区由于受极寒天气和下垫面多年冻土层的影响, 不仅有湖泊湿地, 如雀莫错、玛章错钦湖、葫芦湖等, 而且源区河流多为宽浅河谷, 河道宽从几百米到几公里不等, 河岸边有大片高原沼泽湿地, 如沱沱河、当曲和楚玛尔河等。这里以当曲为例,

作者简介: 陈进(1959~), 男, 教授级高级工程师, 主要研究方向为流域水资源与环境研究。E-mail: chenjin@mail.crsri.cn;
基金项目: 国家自然科学基金重点项目(U2040206); 国家自然科学基金重大项目(41890820)

说明高原沼泽湿地特征。

当曲流域面积 3.09 万 km^2 , 其东南部有大片高原沼泽湿地, 面积占到流域面积的 54%。由于当曲平均海拔在 4600m 以上, 具有典型的高原大陆性气候特征, 多年平均气温仅 -4.1° , 年际差异小, 干湿季分明, 雨热同季, 多年平均降雨量 365.1mm, 多年平均蒸发量 1054.6mm^[6,7]。当曲湿地主要分布在上游地区, 该地区地势平缓, 排水不畅, 显著特点是土壤下部有冻土层, 使融雪和降水不能向下渗透, 因而地面长期处于过湿和积水状态, 形成高 20~50cm, 直径 30~60cm 草丘和星罗棋布的水坑(见图 1 所示), 水坑中有常年积水或季节性积水, 形成大片相连的高寒沼泽。沼泽主要植物由湿生和冷湿生的多年生草本植物组成, 优势种有藏嵩草、矮嵩草、青藏苔草、黑褐苔草、小嵩草等^[8]。湿地动物方面, 水域中有鱼类 6 种, 分别为小头裸裂尻鱼、裸腹叶须鱼、细尾高原鳅、小眼高原鳅、刺突高原鳅和斯氏高原鳅等, 这里虽然天寒地冻, 但由于有温泉出露, 成为小头裸裂尻鱼等鱼类产卵场和越冬场。常见候鸟有绿头鸭、普通秋沙鸭和赤麻鸭等, 陆生野生动物有牦牛、西藏棕熊、狼、藏狐、喜马拉雅旱獭、高原鼠兔、野驴等。



图 1 当曲沼泽湿地

高原沼泽湿地显著特点是垂直水循环对湿地影响更大。当曲流域多年平均降雨量仅 365.1mm, 而多年平均水面蒸发量有 1054.6mm, 蒸发量显著大于降水量, 湿地水量平衡的关键是地下多年冻土层的稳定。尽管当地降水总量少, 但下渗水量也很少, 当地多年平均气温在 0°C 以下, 长达 9 个月的冬季, 地面冰雪覆盖, 蒸发量少, 而 3 个月的降水季, 湿地水量可以得到补给。目前, 该地区面临持续的气候变暖, 对脆弱的高原沼泽产生长期影响, 每年冻土溶解层厚度增加, 冻土固态水减少, 液态水及蒸发水增加, 抵消部分降水量的增加, 使湿地出现干化现象, 加上道路建设、过牧等人类活动影响, 已经对高原沼泽生态系统产生影响。

2 高原湖泊湿地

滇北、黔西有许多高原湖泊, 如洱海、纳帕海、滇池、泸沽湖、程海、马湖、邛海、西湖(清水海)等, 这些高原湖泊在水循环方面共同特点是流域面积不大, 水面蒸发量大, 湖泊换水周期长, 以滇池为例, 说明之。

滇池流域位于长江、珠江和红河三大水系分水岭地带, 南北长 114km, 东西平均宽 25.6km, 流域面积 2920 km^2 , 汇水面积不大, 但湖面面积有 309.5 km^2 , 平均水深 5.3m, 湖容 15.6 亿 m^3 。主要入湖河流共有 35 条, 其中集水面积大于 100 km^2 的 7 条, 分别是盘龙江、宝象河、洛龙河、捞鱼河(含梁王河)、大河(淤泥河)、柴河、东大河。滇池流域多年水平降雨量 899mm, 湖面多年平均蒸

发量 1417mm, 降水与蒸发比 0.63, 多年平均入湖径流量为 9.7 亿 m³, 湖面蒸发量达到 4.4 亿 m³, 占到 45%, 自然换水周期 981d^[9], 在牛栏江调水工程实施后, 换水周期有所缩短。滇池水生植物主要优势物种是野菱, 有鸟类 138 种, 鱼类有 24 种。

以滇池为代表的云贵高原湖泊面临的共同问题是气候变化和人类活动影响, 百年尺度内, 后者影响更显著。如滇池过去 70 年, 由于在入湖河流上引水用水、在湖泊中抽水用于农业灌溉, 使湖泊面临水位和水环境容量持续下降, 湖泊水量有入不敷出问题, 加上长期接受昆明市及流域排入的污染物质, 使湖泊出现富营养化。

3 通江湖泊湿地

洞庭湖和鄱阳湖是长江仅存的通江湖泊, 不仅具有巨大的洪水调蓄作用, 而且都是国际重要湿地, 具有十分重要的生态服务功能, 以鄱阳湖为例, 说明其水循环及湿地特点。

鄱阳湖汇纳赣、抚、信、饶、修五河来水, 经湖盆调蓄后从湖口流出进入长江, 是我国最大的淡水湖, 其显著特点是“高水是湖、低水似河”, 枯季湖区有大片泥滩和草滩, 是我国乃至亚洲重要的候鸟栖息地。湖区年降水量平均为 1470mm, 湖面蒸发 1050~1300mm, 降水与蒸发比 1.25, 降水量大于蒸发量, 与高原湖泊有明显差别。从几何形态上看, 鄱阳湖南北长 173km, 东西平均宽 16.9km, 最宽处为 74km, 最窄的湖口处仅 2~3km, 呈葫芦状, 从湖盆高程看, 由南向北倾斜, 湖盆高程从 12m 降至湖口约 1m, 平均水深约 5.1m, 滩地高程多在 12~17m 之间。湖区地貌主要由水道、洲滩、岛屿、内湖(包括蝶型湖)、汊港组成, 具有显著的湿地景观多样性。鄱阳湖最大的特点是洪枯水的水面、容积相差较大, 洪水季节, 水位升高, 湖面宽阔, 在湖口水位达 22.59m 时(1998 年 7 月 31 日), 湖水面积最大能达到 4070km², 容积 320 亿 m³。枯水季节, 水位下降, 洲滩出露, 湖水归槽, 蜿蜒一线, 在湖口水位为 5.9m 的实测水位最低值时, 湖水面积仅 146km², 容积 4.5 亿 m³, 洪枯之间, 水域面积和容积相差达到 27 倍和 71 倍, 水位差可达 15m。在枯水季节, 湖区空间水位差可达到 5m, 而洪水季节整个湖区水位基本保持一致。鄱阳湖多年平均换水周期 20.9d, 而且在不同季节均具有较为明显的空间异质性^[10], 主河道换水周期小于 10d, 湖泊浅水区域的换水周期随季节水情约为几十天到几个月, 大多数湖湾区的换水周期为几个月至几百天, 最长换水周期可达 300 多天。

鄱阳湖水文周期及时空变化特征带来水陆过渡带多样性, 如入湖河流三角洲、湖滨滩地、堤垸沟渠、池塘沼泽、冲积沙洲、港汊水道, 给生物多样性创造了条件。由于湖区水位变幅大, 使湿地面积亦随之发生变化, 湿生植物、挺水植物、沉水植物交替出现。在枯水期, 湖滩洲地露出水面, 出现以苔草为主体的湿生植物群落和以芦为主体的挺水植物群, 而在洪水期, 以上植物群被洪水淹没, 进而形成了以马来眼子菜、苦草、黑藻等为主体的沉水植物群落和浮叶植物群落。这种周期性的植物群落演替现象是鄱阳湖水生植被的特点, 它为各种越冬候鸟和水禽提供了适宜的栖息条件。枯水季节, 水中的各种水生植物和水生动物, 泥滩埋藏有大量底栖动物和水生植物块茎, 草滩灌木茂盛, 为越冬候鸟的觅食、栖息提供了良好的环境。鄱阳湖已记录到浮游植物 54 科 154 属, 水生维管束植物 38 科 102 种, 优势水生植物是苦草、眼子菜、绿藻、蓝绿藻; 已记录到 150 多种鸟, 包括 20 种列入中国濒危种类的鸟, 尤以大群鹤类越冬而出名, 尤其是白鹤; 鄱阳湖水域还有江豚最大的种群, 占到长江江豚的 40%以上。

4 长江中下游洲滩湿地

长江干流出宜昌进入中下游冲积平原, 至徐六泾江段长约 1711km, 河道比降大幅下降, 从 4.5/1000~0.97/1000, 中下游河道特点是: 上荆江弯曲分汉型, 下荆江蜿蜒型, 城陵矶以下主要为分汉型, 河流湿地包括江心洲、河漫滩、边滩、心滩、浅滩等, 其中江心洲 116 个, 面积约 1480km², 边滩面积约 1770km²。河流湿地特点是洲滩面积年内和年际变化大, 在枯水期, 河道两岸及洲滩出现大片洲滩湿地, 也称河漫滩, 在洪水期, 许多洲滩被淹没。目前长江中下游大部分岸线及洲滩已经修建堤防, 使河道水位变幅更大, 如汉口水文站, 实测最高水位 29.73m(1954 年), 实测最低枯水位 11.7m(1961 年), 最大水位差达到 18.03m。从多年频繁出现的洲滩湿地来看, 一般采用多年最高 4 个月的平滩洪水位与多年最低 3 个月平均枯水位差作为洲滩消落带作为河流湿地比较合适, 这样的水位差常年可见。长江中下游主要水文站特征水位见表 1 所示^[11], 从表 1 可见, 长江中下游洪枯水位差一般在 9.9~0.79m, 显然, 大通站以上差值大于大通站以下江段, 因为大通以下进入感潮河段, 开始受海潮影响, 而且离河口越近,

受海潮影响越大，体现出河流与河口交叉河段特点。

表 1 长江中下游河道洲滩特征水位 (m)

水位站	最高 4 个月 平滩洪水位	最低 3 个月 平均枯水位	洪枯水 位差	多年平均 水位
宜昌	46.47	38.08	8.39	42.25
沙市	37.94	31.49	6.45	34.80
监利	29.79	22.62	7.15	26.31
螺山	25.79	15.89	9.90	21.16
汉口	21.13	12.33	8.8	16.98
九江	14.82	6.77	8.05	11.22
大通	9.91	3.08	6.83	6.82
芜湖	6.91	2.14	4.77	4.71
南京	4.91	1.46	3.45	3.32
江阴	1.88	0.64	1.24	1.32
徐六泾	1.23	0.44	0.79	0.86

长江洲滩由于受洪枯及汛期激流影响，洲滩植被等生产力显然低于水流平缓的湖泊湿地，长江主泓底质多为岩石或者砂砾石，而河漫滩下部多为中细砂，上部多为粘性沉积土。枯季洲滩虽然会出现大片挺水植物、草地和灌木丛，但大多数洲滩横向纵伸不足，不能成为大型候鸟栖息地，但却是扬子鳄等爬行动物和江豚等水生生物重要的栖息地。

5 长江口湿地

长江口是从徐六泾、经过崇明岛到河口 50 号灯标，全长 181.8km，主要湿地包括江中岛(崇明岛、长兴岛和横沙岛)、海滩以及河槽以上(-5m)的潜边滩、潜心滩、沙嘴、沙埂、拦门沙等组成，其中崇明东滩属于潮间带滩涂湿地，九段沙属于离岛沙洲湿地。河口湿地同时受长江淡水径流和海潮咸水共同作用，其中海潮的涨落决定了湿地面积大小及特性。长江口海潮属于中等潮汐，口内为非正规半日浅海潮，口内不同区域潮差有所差异，潮差最大可达 6m，最小约 2m。

崇明东滩位于崇明岛的最东端，是长江口规模最大、发育最完善的潮汐湿地，2001 年崇明东滩湿地被列入“国际重要湿地名录”，年平均潮差在 2.4~3.1m，湿地沉积物主要为盐碱性黏土及砂质黏土，生长着先锋物种海三棱藨草群落，随着高程升高，海三棱藨草逐渐被互花米草和芦苇所取代^[12]。

九段沙地处长江口拦门沙河段，是长江口第三级分汉南槽、北槽的分流沙洲，是长江口最大的无人沙岛，水域潮汐为非正规半日浅海潮，平均潮差 2.67m，最大潮差 4.62m。九段沙植被面积已经由 1990 年的 9.1km² 上升到了 2015 年的 65.68km²，2010 年以后，植被扩张速度下降，年均增长 1.80km²^[12]。主要原因是近十年来入海泥沙显著下降，导致了-5 和 0m 等深线以内沙体面积

扩张速度显著下降。

长江口湿地分布着丰富的湿地鸟类、底栖动物、鱼类和浮游生物等，其中浮游植物和浮游动物均超过 400 种，鸟类共记录 280 余种，鱼类约 320 余种，是中华鲟、中华绒螯蟹、松江鲈鱼和河口鳗鲡等水生生物栖息地。

6 长江湿地水循环特点

湿地，顾名思义是有水的地方，其水循环特点决定了湿地生态系统特点，以上 5 个自然湿地是长江流域代表性的湿地，从水循环及生物栖息地角度，各有特点，总结一下，可以看出其各自特点及共性如下。

6.1 高原湿地

无论是高原沼泽，还是高原湖泊，其水循环的共同特点是垂直水循环起到关键作用。长江源区和云贵高原湖泊的降水量分别属于长江流域最少和较少地区，而潜在蒸发量明显大于降水量，水量平衡除年内降水量外，十分依靠其地表和地下历史存水量，在江源依靠冰川和冻土等固态水存量，在高原湖泊主要依赖构造湖泊的历史存水量，两个区域湿地水量平衡受气候变化和人类活动影响都十分显著，气候变暖和人类用水过量容易造成湿地水量失衡。

6.2 通江湖泊

洞庭湖和鄱阳湖等通江湖泊，也是典型的吞吐型湖泊，都处在长江流域降水量最丰富地区，降水量大于潜在蒸发量。湖泊水量平衡主要靠本流域降水和长江流入的客水，流域河流与湖泊之间，江湖之间等纵向和横向水循环起关键作用，两湖共同特点是换水周期快，洪枯水位差大，水文过程同时具有湖泊和河流特点。具体来看，洞庭湖入湖水量主要来自湘、资、沅、澧四水和长江荆南三口分流，其中四水占比 58%，三口占比 29%^[13]，最后由城陵矶流入长江，换水周期仅 18.2d。鄱阳湖地势相对高，入湖水量主要来自赣、抚、信、饶、修五河七口，占到入湖水量的 82%，多年平均换水周期 20.5d，在汛期（7~10 月），长江洪水常发生倒灌入鄱阳湖。根据 1956~2014 年 59 年资料的统计^[14]，其中有 48 年发生倒灌，11 年没有发生倒灌，按发生年数计算，平均每年倒灌水量 26.7 亿 m³。两湖汛期水面大，洲滩面积小，而枯水期，虽然水面狭小，但有大片泥滩和草滩，滩涂距离水面几公里到 10 几公里，人类活动干扰少，是越冬候鸟理想的栖息地。

6.3 河流湿地

长江中下游河流洲滩湿地和河口滩涂湿地水循环主要特点是上下游之间、左右岸之间的水文联系是决定湿地特点的关键因素。长江中下游及河口两岸基本都修建了堤防，在河口称海塘，所以，长江河流湿地除通江湖泊外，洪水基本无法自然进入洪泛区，河流洲滩主要出露在两岸堤防之间，湿地纵向（上下游）延伸长，但横向（左游岸）距离短，加上河道岸线利用和河流主泓有大量船舶航行，所以，河流湿地大型候鸟和陆生动物较少，主要是爬行动物鱼、水生生物和小型鸟类栖息地。长江口湿地受上游来流及泥沙和海潮及海沙双重影响，海塘外边滩及沙洲变化比长江中下游洲滩大，并一直有向东海延伸趋势。

7 长江湿地保护对策建议

湿地与森林和海洋并称为全球三大生态系统，其中湿地作为水陆系统相互作用形成的独特的自然综合体，处于陆地生态系统和水生生态系统的过渡带的生态系统，其中自然的水文过程或者自然的洪枯过程是其基本特征^[15]，并通过物理、生物、化学之间的相互作用和转化过程体现湿地的生态功能，而且与人类生产生活关系最为密切。2022 年 6 月 1 日《中华人民共和国湿地保护法》正式实施，湿地保护开始有法可依。长江湿地类型多，需要分门别类科学认识，系统保护，基本策略就是坚持适应性的保护和管理，即基于长期综合监测，规范人类活动行为，以自然修复为主，根据湿地水循环特点确定针对性的保护措施，尽量维护

自然的水文循环规律，或者通过生态调度模拟这样的过程，具体保护对策建议如下：

(1)对于长江源区，气候变化是主要影响因素，应该密切观测气候变化发展趋势，特别是气候变暖导致冻土溶解层加厚影响，同时防止过牧，保护高原沼泽植被，预防荒漠化。

(2)对于高原湖泊，节水减排是保障湖泊水位和水环境容量的关键，流域面上要采用严格节水，控制耗水，保障必要的入湖水量，同时严格控制农业面源污染，提升污水处理厂排放标准，减轻入湖总污染负荷，加强湖岸生态屏障功能恢复。

(3)对于通江湖泊，维持江湖连通是保护湿地最重要措施。从近 10 年候鸟观测来看，枯季提前或者延长，并没有减少候鸟数量及多样性，而枯季保持较大水面，可能减少水陆过程带及生物栖息地多样性，从而减少生物多样性。

(4)对于河流湿地，一方面要控制岸线利用，保留更长的自然岸线，严格控制洲滩利用，拆除自建堤防，恢复洪淹枯露的自然洲滩，保护河漫滩生物栖息地功能。

(5)河口湿地受径流、潮汐、台风及人类活动等多重因素影响，在保障出海航道安全稳定基础上，严控围海造地、围海养殖，保护自然海滩和沙洲，尽量维持河口洲滩自然演变规律，加快河口和近海生态系统的恢复。

参考文献：

- [1]陈进. 长江特点及战略地位[J]. 中国水利, 2016(12):61-64.
- [2]黄薇, 陈进. 长江流域湿地保留率研究[J]. 长江科学院院报, 2007, 24(6):10-13.
- [3]陈有明, 刘同庆, 黄燕, 等. 长江流域湿地现状与变化遥感研究[J]. 长江流域资源与环境, 2014, 23(6):801-809.
- [4]薛蕾, 徐承红. 长江流域湿地现状及其保护[J]. 生态经济, 2015, 31(12):10-13.
- [5]长江水利委员会. 长江年鉴[M], 2017. CHANGJIANG WATER RESOURCE COMMISSION. The Yangtze Almanac[M], 2017.
- [6]陈进. 长江源—当曲水系及生态系统特征探讨[J]. 长江科学院院报, 2014, 31(10):1-6.
- [7]中国河湖大典编辑委员会. 中国河湖大典(长江卷)[M]. 中国水利水电出版社, 2010.
- [8]张继平, 张懿铨, 刘峰贵, 等. 长江源区当曲流域高寒湿地类型划分及分布研究[J]. 湿地科学, 2011, 9(3):218-217.
- [9]王苏民, 窦泓身. 中国湖泊志[M]. 科学出版社, 1998. WANG S M, DU H S. China lake records[M]. Science Press, 1998.
- [10]李云良, 姚静, 李梦凡, 等. 鄱阳湖换水周期与示踪剂传输时间特征的数值模拟[J]. 湖泊科学, 2017, 29(1):32-42.
- [11]余文畴. 长江河道探索与思考[M]. 中国水利水电出版社, 2017.
- [12]吴逢润. 河口湿地典型生物类群对水文过程的响应——以长江口为例[D]. 上海：华东师范大学, 2021.

-
- [13] 谢平, 陈进, 余秀波, 等. 三峡工程对长江中下游湿地生态系统的影响评估[M]. 长江出版社, 2018.
- [14] 胡振鹏, 傅静. 长江与鄱阳湖水文关系及其演变的定量分析[J]. 水利学报. 2018, 49(5):570-580.
- [15] 孙可可, 陈进. 典型洪水和干旱过程对湖泊湿地的生态作用[J]. 长江科学院院报, 2013, 30(5):5-8.