

不同时间尺度的鄱阳湖生态水位研究

陈江,段明,吴培军,孙继万

(江西省鄱阳湖水利枢纽建设办公室,江西 南昌 330009)

摘要:为支撑鄱阳湖水资源科学调控,本文提出了湖泊年、月、日尺度生态水位的概念,不同时间尺度湖泊生态水位均包括最低生态水位、适宜生态水位、最高生态水位。采用频率曲线法分析了鄱阳湖年、月、日尺度生态水位。在年尺度下,鄱阳湖最低生态水位、适宜生态水位、最高生态水位分别为12.07 m、13.40 m、15.15 m。湖泊年、月、日尺度生态水位反映了湖泊生态系统在不同时间尺度下对水位的不同需求,建议由年尺度、月尺度、日尺度下的水位资料序列统计分析相应尺度下的生态水位。

关键词:生态水位;时间尺度;频率曲线法;鄱阳湖

中图分类号:P343.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-4701(2018)03-0160-04

0 引言

湖泊水位是湖区水生态系统、湿地生态系统的重要驱动因子。对湖泊湿地植被而言,由于不同植被对水位选择的不同及彼此竞争力的差异,植物物种沿水位具有梯度分布现象,同时水位波动的频率和淹没持续时间对于植被演替具有基础性作用^[1]。在全球气候变化及流域社会经济可持续发展的综合影响下,一些湖泊出现了水位下降、蓄水量减少、水质恶化、生态系统退化的问题,对流域社会经济可持续发展造成了一定的不利影响。为科学调控湖泊水位、保障湖泊生态需水,国内外学者在湖泊生态水位的理论、分析计算方法与应用等方面已开展了较为深入的研究^[2-5]。湖泊生态水位的计算方法主要包括水文学法、生物空间法、湖泊形态分析法等^[6],分析结果多为单一时间尺度下的生态水位,并不能完全满足湖泊生态系统在不同时间尺度下对水位的不同需求。对于湖泊水资源开发利用与保护,需要更为明晰的水位管理目标,即在年、月、日不同时间尺度下需保障的生态水位范围。

鄱阳湖是我国最大的淡水湖泊,在月尺度生态水位方面已取得了一些成果^[7,8]。本文以鄱阳湖为研究区域,在阐述湖泊年、月、日尺度生态水位内涵的基础上,采用频率曲线法分析鄱阳湖不同时间尺度的生态水位,

可为鄱阳湖水资源科学调控与生态环境保护提供科学依据。

1 湖泊生态水位的内涵

1.1 尺度的定义与划分

尺度是生态学研究的重要问题之一,主要包括时间尺度、空间尺度和功能尺度^[9]。水域生态系统的尺度大致可划分为微小尺度(<1年)、小尺度(1~10年)、中尺度(10~10 000年)和大尺度(>10 000年)4种^[10],不同的时间尺度下水体理化性质及生物过程存在一定的差异。例如,湖泊底泥铵态氮、硝态氮释放强度的影响因素取决于时间尺度,短期水动力条件对释放强度影响较大,但在长期并不显著^[11,12]。微小尺度的生物过程包括浮游动植物的繁殖和生长^[13],大尺度的生物过程则主要指群落长期的、历史性的演替。

1.2 湖泊尺度生态水位的内涵

在水域生态系统的修复与管理中需要考虑时间尺度^[14]。保障湖泊生态水位是保护湖泊生态系统健康稳定、实现水资源合理利用、促进社会经济和谐发展的重要手段。湖泊生态水位是保证湖泊天然状态下水生生态系统结构稳定和湖泊功能正常发挥的合理水位,具有天然涨落变化特征和区间范围,包括最低生态水位、适

收稿日期:2018-01-09

项目来源:江西省水利厅科技项目(编号:KT201538)。

作者简介:陈江(1989-),男,大学本科,助理工程师。

宜生态水位、最高生态水位^[15]。在湖泊生态水位研究中同样也需要考虑时间尺度。湖泊在流域生态系统中扮演着“汇”的角色,泥沙、营养盐、生物残骸等在湖内沉积,经过一定的历史时期后,湖泊最终将消亡,湖泊生态系统可能演替为陆生生态系统。在大时间尺度下,伴随着湖泊的淤积与衰亡过程,湖泊生态水位是动态变化的过程;而在小时间尺度下,在某一时期对应湖泊演化过程的某一阶段,湖泊生态水位则是相对稳定的一个范围。无论是气候变化还是人类活动导致湖泊水位降低、蓄水量减少,超出湖泊生态水位范围,都可能使湖泊生态系统遭受不可恢复的破坏,从而加速湖泊消亡。

湖泊年、月、日尺度生态水位对应着小/微小时间尺度。在特定的历史时期内,湖泊生态系统与该时期内年、月、日尺度的水位波动变化过程相适应。鄱阳湖是季节性湖泊,月尺度下的年内水位丰枯变化过程对鱼类、植被、越冬候鸟等都有一定的影响:丰水期水位大幅上涨,湿地生境扩展,有利于其生态功能效益发挥;枯水期水位降低,洲滩出露,为越冬候鸟提供栖息地,食块茎鸟类种群数量与水位密切相关^[16]。若汛末水位提前消退,滩地则可能失水板结,越冬候鸟则可能难以挖食沉水植物的地下根和块茎,不利于其觅食、栖息,甚至影响来年候鸟生境的恢复^[8]。

2 材料与方法

2.1 水位资料收集

鄱阳湖流域位于长江中下游南岸,地理位置在 $113^{\circ}35'E \sim 118^{\circ}29'E$ 、 $24^{\circ}29'N \sim 30^{\circ}5'N$ 之间,流域面积 16.22万 km^2 ,约占长江流域总面积的9%。鄱阳湖汇集赣江、抚河、信江、饶河、修水“五河”来水,经湖区调蓄后由湖口注入长江。湖口站多年平均径流量 1480亿 m^3 ,约占大通径流量的16.6%。选取鄱阳湖星子水位站作为湖区水位的代表控制站。收集了星子站1953~2002年长系列逐日平均水位资料(冻结基面水位)。

鄱阳湖水位情势受“五河”及长江来水的双重影响。三峡水库2003年6月蓄水运行后,对长江中下游江湖关系、鄱阳湖水位情势产生了一定影响^[17,18]。例如,三峡水库汛前预泄期将抬升鄱阳湖水位,对防洪产生一定影响;汛末蓄水期将降低鄱阳湖水位,导致不同区域湖滩草洲出露日期提前且历时延长,对珍稀候鸟栖息地环境造成不利影响^[19]。

三峡水库运行前的星子站水位资料可近似认为反映了鄱阳湖近自然状态下的水位情势。虽然这一时期

鄱阳湖流域万安、廖坊、柘林等水利工程建设运行及社会经济取用水对鄱阳湖水位情势也产生了一定程度的影响,但影响相对较小。以星子站1953~2002年水位序列为基础,统计分析鄱阳湖不同时间尺度的生态水位。

2.2 生态水位分析方法

不同时间尺度下,湖泊生态水位分析所需的数据资料、计算方法及结果等都可能存在一定的差异。在分析不同时间尺度的湖泊生态水位时,可根据湖泊生态特征、自然地理特征、资料积累情况等实际情况,因地制宜地采用合适的计算方法。若采用水文学法计算湖泊生态水位,宜采用年、月、日尺度的水位资料分别分析相应尺度的生态水位,不宜由小尺度生态水位推求大尺度生态水位。例如,由月平均水位资料,采用95%保证率水位作为各月的最低生态水位;不宜直接由各月最低生态水位推求年最低生态水位,宜由年平均水位资料,采用95%保证率水位作为年最低生态水位。因为枯水年的各月并不一定都是枯水月份,由各月最低生态水位推求的年最低生态水位可能偏低,在年尺度下可能无法满足湖泊生态需水。

以日平均水位资料为基础,统计月平均水位及年平均水位;分别以日均水位、月均水位及年均水位序列为基础,采用频率曲线法统计分析日、月、年尺度的生态水位。在分析日尺度生态水位时,也是按月份分别分析。例如对于1月日尺度生态水位,由1953~2002年各年1月份的逐日平均水位统一参与频率分析。

频率曲线法是湖泊生态水位分析常用的水文学法,其理论基础是生态适应性理论,主要考虑生态系统对水文情势的适应性。用长系列水位资料构建频率曲线(皮尔逊Ⅲ型曲线),将95%、50%、5%频率相应的水位分别作为最低生态水位、适宜生态水位、最高生态水位。频率的具体取值可根据需要进行适当调整^[6]。

3 结果

3.1 年尺度

以星子站1953~2002年年平均水位为基础,采用频率曲线法统计分析鄱阳湖年尺度生态水位。在计算年尺度生态水位时,分别将5%、50%、95%频率相应的年平均水位作为最高生态水位、适宜生态水位、最低生态水位。通过分析,鄱阳湖年尺度最低生态水位为 12.07m ,适宜生态水位为 13.40m ,最高生态水位为 15.15m 。

在进行鄱阳湖流域年水资源配置与管理时,建议考虑鄱阳湖年尺度生态水位要求。

3.2 月尺度

以星子站 1953 ~ 2002 年月平均水位为基础,采用频率曲线法统计分析鄱阳湖月尺度生态水位。在计算

月尺度生态水位时,分别将 5%、50%、95% 频率相应的月平均水位作为最高生态水位、适宜生态水位、最低生态水位。鄱阳湖月尺度生态水位计算分析结果见表 1。其中根据月尺度最高、适宜、最低生态水位推求的年平均均值分别为 16.08 m、13.42 m、11.13 m。

表 1 鄱阳湖月尺度生态水位

时间	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	m
最高生态水位	11.28	11.67	13.59	15.03	17.57	18.68	20.91	20.11	19.30	17.57	15.03	12.20	
适宜生态水位	8.84	9.69	11.14	13.09	14.76	16.15	17.88	16.75	16.11	14.67	12.20	9.71	
最低生态水位	7.55	7.83	8.82	11.16	12.71	13.89	15.02	14.03	12.94	11.78	9.79	8.04	

在进行鄱阳湖流域水资源年内分配规划与管理时,建议考虑鄱阳湖月尺度生态水位要求。

3.3 日尺度

以星子站 1953 ~ 2002 年日平均水位为基础,采用频率曲线法统计分析鄱阳湖日尺度生态水位。在计算

日尺度生态水位时,分别将 5%、50%、95% 频率相应的日平均水位作为最高生态水位、适宜生态水位、最低生态水位。鄱阳湖日尺度生态水位的计算分析结果见表 2(因日尺度生态水位数据较多,本文以日尺度生态水位的月平均值代表日尺度生态水位分析结果)。

表 2 鄱阳湖日尺度生态水位月平均值

时间	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	m
最高生态水位	11.47	12.33	13.92	15.68	17.98	19.22	21.22	20.33	19.56	17.81	15.39	12.61	
适宜生态水位	8.81	9.56	11.16	13.09	14.81	16.14	17.87	16.79	16.11	14.67	12.23	9.64	
最低生态水位	7.47	7.59	8.41	10.51	12.11	13.37	14.74	13.68	12.67	11.54	9.34	7.86	

未来在鄱阳湖水利枢纽工程进行鄱阳湖水控时,建议综合考虑年、月、日尺度生态水位要求。对于某一天的平均水位,不应低于当月日尺度最低生态水位,且不应高于当月日尺度最高生态水位。而且需要注意,不宜长期按日尺度最低生态水位或日尺度最高生态水位调控,尽量使水位维持在适宜生态水位。若长期按日尺度最低生态水位或日尺度最高生态水位调控,则实际月平均水位可能低于月尺度最低生态水位或高于月尺度最高生态水位,对生态系统造成一定的不利影响。

4 讨论

由月尺度最低生态水位推求的年平均值为 11.13 m,明显低于年尺度最低生态水位,从年总需水量的角度可能并不能完全满足生态需求;由月尺度最高生态水位推求的年平均值为 16.08 m,明显高于年尺度最高生态水位,从年总需水量的角度可能超出了实际生态需求,也可能影响生态系统的健康稳定。因此,建议由一定时间尺度的水位资料分析相应尺度的生态水位,不宜

由其它时间尺度的生态水位推求。同时需要注意,不宜每个月份都按月尺度最低生态水位或月尺度最高生态水位调控,否则在年尺度下可能无法满足湖泊生态需水,宜尽量使水位维持在适宜生态水位。

不同时间尺度的适宜生态水位较为接近,这可能与分析计算时采用频率曲线法,适宜生态水位取 50% 频率的对应值有关。由月尺度适宜生态水位推求的年平均值为 13.42 m,与年尺度适宜生态水位仅相差 0.02 m;各月份月尺度适宜生态水位与日尺度适宜生态水位相差也不大,绝对差值最大的是 2 月份月尺度适宜生态水位与日尺度适宜生态水位的差值,仅为 0.13 m。

除了频率曲线法,在分析计算湖泊不同时间尺度生态水位时,可统筹考虑生物空间法、湖泊形态分析法等。不同时间尺度下湖泊水位波动变化对生态系统的影响机理仍有待于进一步深入研究,以夯实湖泊生态水位研究的理论基础。

参考文献:

[1] 姚鑫,杨桂山,万荣荣,等. 水位变化对河流、湖泊湿地植被的影响

- [J]. 湖泊科学,2014,26(6):813~821.
- [2] Ngana JO, Mwalyosi RBB, Madulu NF, et al. Development of an integrated water resources management plan for the Lake Manyara sub-basin, Northern Tanzania[J]. *Physics and Chemistry of the Earth*, 2003, 28(20-27):1033~1038.
- [3] 徐志侠. 河道与湖泊生态需水研究[D]. 南京: 河海大学, 2005.
- [4] 梁婕, 彭也茹, 郭生练, 等. 基于水文变异的东洞庭湖湿地生态水位研究[J]. 湖泊科学, 2013, 25(3):330~334.
- [5] 梁犁丽, 王芳, 汪党献, 等. 乌伦古湖最低生态水位及生态缺水量[J]. 水科学进展, 2011, 22(4):470~478.
- [6] SL/Z 712—2014. 河湖生态环境需水计算规范[S].
- [7] 刘剑宇, 张强, 顾西辉, 等. 基于变带宽核密度估计的鄱阳湖生态水位研究[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2015, 54(3):151~157.
- [8] 刘惠英, 王永文, 关兴中. 鄱阳湖湿地适宜生态需水位研究——以星子站水位为例[J]. 南昌工程学院学报, 2012, 31(3):46~50.
- [9] 吕一河, 傅伯杰. 生态学中的尺度及尺度转换方法[J]. 生态学报, 2001, 21(12):2096~2105.
- [10] Habersack HM. The river-scaling concept(RSC): a basis for ecological assessments[J]. *Hydrobiologia*, 2000, 422:49~60.
- [11] 王政, 赵林, 李鑫, 等. 不同时间尺度下湖泊氮素内源释放强度影响因素的研究[J]. 农业环境科学学报, 2011, 30(12):2542~2547.
- [12] 赵林林, 朱梦圆, 冯龙庆, 等. 太湖水体理化指标在夏季短时间尺度上的分层及其控制因素[J]. 湖泊科学, 2011, 23(4):649~656.
- [13] 李煜, 夏自强. 水域生态系统的时空尺度与空间尺度[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2007, 35(2):168~171.
- [14] 赵彦伟, 杨志峰. 河流生态系统修复的时空尺度探讨[J]. 水土保持学报, 2005, 19(3):196~200.
- [15] 郭利丹. 河流和湖泊水域生态需水保障基础理论研究[D]. 南京: 河海大学, 2012.
- [16] 陈冰, 崔鹏, 刘观华, 等. 鄱阳湖国家级自然保护区食块茎鸟类种群数量与水位的关系[J]. 湖泊科学, 2014, 26(2):243~252.
- [17] Lai XJ, Liang QH, Jiang JH, et al. Impoundment Effects of the Three-Gorges-Dam on Flow Regimes in Two China's Largest Freshwater Lakes[J]. *Water Resources Management*, 2014, 28(14):5111~5124.
- [18] Mei XF, Dai ZJ, Du JZ, et al. Linkage between Three Gorges Dam impacts and the dramatic recessions in China's largest freshwater lake, Poyang Lake[J]. *Scientific Reports*, 2015(5):18197.
- [19] 董增川, 梁忠民, 李大勇, 等. 三峡工程对鄱阳湖水资源生态效应的影响[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2012, 40(1):13~18.

编辑:张绍付

Study on the ecological water level of Poyang Lake with different time scales

CHEN Jiang, DUAN Ming, WU Peijun, SUN Jiwan

(Construction Office of Poyang Lake Water Control Project of Jiangxi Province, Nanchang, 330009, China)

Abstract: The concepts of lake ecological water levels at yearly, monthly and daily scales were proposed to support scientific water resources regulation of the Poyang Lake. The lake ecological water levels at different time scales include minimum, suitable and maximum ecological water levels. The frequency curve method was applied to analyze the ecological water levels at yearly, monthly and daily scales of the Poyang Lake. At yearly scale, the minimum, suitable and maximum ecological water levels of the Poyang Lake are 12.07 m, 13.40 m and 15.15 m, respectively. The lake ecological water levels at yearly, monthly and daily scales reflect the various requirements of lacustrine ecosystem for water levels at different time scales. Water level data at yearly, monthly and daily scales is suggested to be applied to analyze the ecological water level at corresponding time scales.

Key words: Ecological water level; Time scale; Frequency curve method; Poyang Lake

翻译:陈江