

DOI:10. 3969/j. issn. 1004-6933. 2012. 05. 020

江苏省阳澄淀泖区水资源调度最低目标水位研究

梁庆华,李灿灿

(江苏省太湖水利规划设计研究院,江苏 苏州 215128)

摘要:采用江苏省阳澄淀泖区湘城和陈墓水文站 1971—2007 年的逐日实测水位数据,用 P-Ⅲ 型适线法分析汛期和非汛期不同频率下的水位,结合区域引排控制水位、防洪限制水位等因素,确定了阳澄区汛期、非汛期的最低目标水位为 2.6 m、2.5 m,淀泖区为 2.55 m、2.45 m。由航运最低水位、生态水位等进行复核,证明确定的最低目标水位是合理的。最后通过最低目标水位与太湖流域水量模型计算的水位进行可达性分析,结果说明区域现状水资源调度还不能保证各区在不同年型下的水资源总需求量,今后需加强水资源优化调度。

关键词:水资源调度;最低目标水位;太湖流域;水量模型

中图分类号:TV697.1⁺4 文献标识码:A 文章编号:1004-6933(2012)05-0090-05

Study of minimum target water level for water resources regulation in Yangcheng and Dianmao districts of Jiangsu Province

LIANG Qing-hua, LI Can-can

(Taihu Lake Water Conservancy Design and Research Institute of Jiangsu Province, Suzhou 215128, China)

Abstract: The daily water levels observed from 1971 to 2007 at Xiangcheng and Chenmu hydrological stations in the Yangcheng and Dianmao districts of Jiangsu Province were analyzed. Through analysis of the water level with different frequencies in flood and non-flood seasons using the P-III type curve, with consideration of the regional diversion and drainage control water level and flood control water level, the minimum target water levels in flood and non-flood seasons were determined to be 2.6 m and 2.5 m for the Yangcheng District, and 2.55 m and 2.45 m for the Dianmao District, respectively. The determined minimum target water levels were re-checked using the minimum shipping water level and ecological water level, and were verified to be reasonable. Reachability analysis was conducted using the minimum target water level and the water level calculated by the water quantity model for the Taihu Basin. The results show that the regional water resources regulation cannot satisfy the total demand for water resources in the districts in different years, and optimal regulation of water resources should be strengthened in the future.

Key words: water resources regulation; minimum target water level; Taihu Basin; water quantity model

江苏省阳澄淀泖区位于太湖流域东北部,属太湖下游的一个水利分区,西至望虞河、京杭大运河与太湖,北以长江为界,东至苏、沪省市分界线及淀山湖东岸、拦路港与泖河一线,南以太浦河北岸为界,行政区划绝大部分属苏州市,仅一小部分属上海市。

区域内以娄江和沪宁铁路为界,又分成北部阳澄区和南部的淀泖区^[1]。

阳澄淀泖区雨水充沛,多年平均降雨量约 1 100 mm,降雨量年际变化较大,丰水年可达 1 560 mm 左右,枯水年仅为 600 mm 左右,降雨多而集中在每年

作者简介:梁庆华(1976—),男,工程师,主要从事水文水资源规划研究。E-mail:liangqing1976@126.com

汛期5—9月,一般占多年平均降雨量的60%左右,在区域分布上呈自东南向西北递减。阳澄淀泖区地表水污染属综合型有机污染。主要污染指标为 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP、 COD_{Mn} 和COD。影响全区主要河流水质的首要污染物为 $\text{NH}_3\text{-N}$ 。全区湖泊水质状况主要为富营养化。2009年尚湖、太湖水质较好,总体水质基本达到Ⅲ类水质要求,但反映富营养化程度的TN和TP指标存在超过Ⅲ类水质标准现象^[1-3]。

1 现状及存在问题

1.1 现状

按照1999年国家防汛总指挥部批复的洪水调度方案,各地严格制定了所属水利工程的防洪调度预案,明确了所在地区的防洪警戒水位和超警戒水位以上的工程调度与洪水安排。但对枯水期的水资源调度,除了在流域水资源综合规划中进行了初步研究外,至今未形成统一、协调的调度目标体系。流域内河湖水位综合反映流域、区域汛情及水资源状况,是水利工程控制运行的重要指标,为了尽快解决防洪与水资源调度间的矛盾,制定一套合理的最低目标水位显得尤为迫切。

1.2 存在问题

由于太湖流域尚未形成合理的水资源调度方案,水资源、水环境调度缺少量化的控制性指标,包括调度参照指标和调度所需达到的目标,水位指标不确定,水质指标更是薄弱。各地近年来引水量增大,而相应的排水量却没有增大,导致内河水位相对抬高,水位经常超警戒,需通过科学计算,重新确定合理的特征水位。目前江苏省太湖地区水质测站少,资料不全,没有比较全面的水质资料,以水质作为控制指标进行优化调度难度较大,故笔者仅以水位作为目标参数研究。

2 最低目标水位的计算

2.1 特征水位选择

在水文系列分析中,不同频率下的区域特征水位包括:年平均水位、月平均水位、旬平均水位、日平均水位等。由于年平均水位和月平均水位都不能较好地反映最枯时段对区域水位的控制要求,而旬平均时间步长也较大,同样不能及时反映水位的阶段性变化,因此笔者采用日平均水位进行分析研究。

2.2 数据分析及成果

阳澄淀泖区相关水文站主要有湘城站、常熟站、昆山站、瓜泾口站、陈墓站等。因湘城站位于阳澄湖西北部,阳澄湖水位变化幅度较小,并能反映阳澄区

水位变化,故采用湘城站作为阳澄区代表站;而陈墓站位于淀山湖北侧,与澄湖相通,澄湖又是淀泖河网的调蓄湖泊,因此采用陈墓站作为淀泖区代表站。

笔者采用阳澄淀泖区湘城站和陈墓站1971—2007年的逐日实测水位数据,分成以下两个时段进行历史水位频率分析:汛期(5—9月)、非汛期(10月至次年4月)。

区域水文代表站水位-频率分析采用P-Ⅲ型适线法。计算成果见图1~2所示。

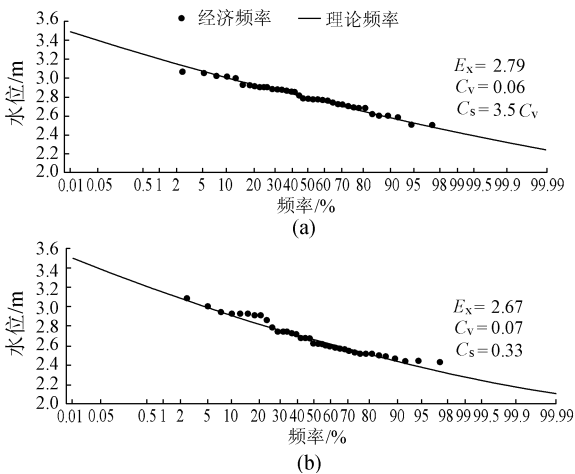


图1 湘城站最低日均水位-频率关系

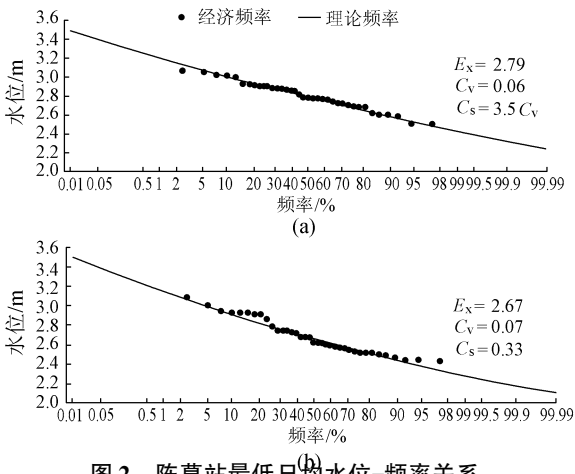


图2 陈墓站最低日均水位-频率关系

研究采用2012年工况,在许多规划工程未实施的前提下,达不到枯水年的用水需求,因此确定目标水位的关键因子是采用P-Ⅲ型适线法计算出的频率为75%(中等干旱年)的最低日均水位。在确定目标水位时,汛期适当降低遇中等干旱年的平原河网区的最低日均水位;非汛期适当抬高区域遇中等干旱年的平原河网区的最低日均水位,以达到或接近实测统计资料的中等干旱年各水位代表站最低日平均水位水平。另外,在制定最低水位目标时,结合代表站引排控制水位、最低日平均水位等历史特征水位,综合考虑水文站所在河道的特征、地势情况。各区水文站特征水位及最低日平均水位控制目标成果详见表1。

表 1 各代表站最低水位控制目标 m

站点	水期	1971—2007 年系列				最低日均水位			平均最低水位	多年最低水位	引江水位	不引不排	警戒水位	自排水位	水位控制目标
		均值	P=50%	P=75%	P=90%	1990 年	1976 年	1971 年							
湘城	汛期	2.79	2.78	2.67	2.58	2.88	2.70	2.50	2.79	2.50	2.8	2.8~3.0	3.5	3.0	2.6
	非汛期	2.67	2.66	2.54	2.44	2.74	2.59	2.49	2.63	2.42					2.55
陈墓	汛期	2.65	2.65	2.56	2.48	2.70	2.60	2.39	2.62	2.39	2.8	2.8~3.0	3.47	3.0	2.55
	非汛期	2.52	2.52	2.42	2.33	2.65	2.43	2.32	2.52	2.25					2.45

3 最低目标水位合理性分析

3.1 城镇自来水厂取水口要求

目前,阳澄淀泖区城镇自来水厂直接从河网内取水很少,仅有部分农村自来水厂从河网取水,制定的最低目标水位均能满足城镇、农村自来水厂取水口的设计取水水位,因此,以实测统计资料的中等干旱年各水文代表站汛期和非汛期最低日平均水位作为其最低日平均水位控制目标,能够满足城镇、农村自来水厂取水口设计取水水位条件。

3.2 农业灌溉因素分析

阳澄淀泖区为灌溉农业区,平原区农田灌溉用水基本通过提水方式取自本地河网。各类船闸、节制闸的底板以及船闸闸室底板高程均为-1.5~1.5 m。在各水文代表站所确定的汛期和非汛期最低日平均水位控制目标条件下,区域农业灌溉用水的取水要求均能满足。

3.3 航运因素分析

交通部确定的苏南干线航道最低通航水位为2.3 m^[4]。而拟定的阳澄区两个时期(汛期、非汛期)的最低目标水位为2.6 m、2.5 m,淀泖区为2.55 m、2.45 m。因此,在各水文代表站所确定的最低日平均水位控制目标条件下,河网内船只可以正常航行。

3.4 生态用水分析

最低生态水位是指维持湖泊湿地系统所需要的最低水位,是生态系统可以恢复的极限低水位,以维持湖泊的生态功能,保证水生动植物能够生存,维持其不消亡所需要的最小群落数量^[5]。

3.4.1 研究方法

研究采用基于生态保护的最低生态水位计算方法:①通过相关资料以及对水生态方面的材料分析,找出近期生态状况较差的年份并求出该年各水文站的最小月平均水位 H_{min} 。②计算水文站实测水位资料系列年的多年月平均最小水位 h_{min} 。③由已求出的生态较差年最小月平均水位和系列年月平均水位,计算最小生态水位系数 $K(Kh_{min} = H_{min})$ 。④用最小生态水位系数乘以系列年各月最小平均水位,得出各水文站逐月最低生态水位 $H_1, H_2, \dots, H_{12}$,取其最小值即为相应区域的最低生态水位 H ,

$$H = \min \{ H_1, H_2, \dots, H_{12} \}^{[6-8]}。$$

3.4.2 计算成果及分析

由于调查基准年采用2007年,且通过调研以及《健康太湖综合评价》相关结论得出,2007年是阳澄淀泖区生态状况最差的年份。

2007年湘城、陈墓水文站的最小月平均水位 H_{min} 分别为3.00 m、2.79 m,1971年至2007年各水文站的多年月平均最小水位 h_{min} 分别为2.97 m、2.67 m,则各水文站的最小生态水位系数 K 分别为1.01、1.04。以最小生态水位系数乘以多年各月最小平均水位 $h_1, h_2, \dots, h_{12}$ 即得到逐月最低生态水位 $H_1, H_2, \dots, H_{12}$ (表2),由表2可知,各代表站最低生态水位季节变化明显,取其中的最小值即为生态水位法确定的最低生态水位 H ,计算结果如表3。从表3可知湘城和陈墓站最低生态水位依次为2.51 m、2.45 m。

表 2 多年逐月最小水位和最低生态水位 m

月份	湘城站		陈墓站	
	h_i	H_i	h_i	H_i
1	2.51	2.54	2.35	2.45
2	2.50	2.53	2.35	2.45
3	2.49	2.51	2.39	2.48
4	2.57	2.60	2.45	2.55
5	2.60	2.63	2.46	2.56
6	2.74	2.77	2.56	2.66
7	2.79	2.82	2.59	2.70
8	2.73	2.76	2.51	2.61
9	2.83	2.86	2.68	2.79
10	2.72	2.75	2.66	2.76
11	2.63	2.66	2.56	2.66
12	2.55	2.58	2.42	2.52

表 3 最低生态水位 m

站名	2007 年最小月平均水位 H_{min}	多年月平均最小水位 h_{min}	最小生态水位系数 K_{min}	最低生态水位 H
湘城	3.00	2.97	1.01	2.51
陈墓	2.79	2.67	1.04	2.45

比较最低目标水位与计算得出的最低生态需水位可知,在各水文代表站所确定的最低日平均水位控制目标条件下,河网内水位能够维持湖泊的生态功能,保证水生动植物正常生存。

综上所述,以2.6 m、2.5 m作为阳澄区汛期、非汛期的最低目标水位,以2.55 m、2.45 m作为淀泖区两个

时期的最低目标水位是合理的,符合实际情况的。

4 最低目标水位可达性分析

水量模型可分为降雨径流模型和河网水流模型。

4.1 降雨径流模型

降雨径流模型又可分为产流与汇流两部分。
① 产流模型。根据不同下垫面,分别计算水面、水田、旱地和城镇道路 4 类产水。然后再根据各类下垫面所占比例进行加权平均,最后得到各个水利分区的总产流量。
② 汇流模型。平原区的汇流计算分为圩区与非圩区两种情况分别进行,其中圩区汇流考虑排涝模数,非圩区使用汇流曲线。

4.2 河网水流模型

河网水流模型的主要任务是根据降雨径流模型提供的成果及废水负荷模型所提供的面和点的废水排放量,河网水质模型模拟成果(耦合计算),再加上流域内引、排水工程的作用,模拟河网中的水流运动,计算各断面的水位、流量。模型计算范围为整个太湖流域,面积约 36 895 km²。模型包括湖、荡等零维模型和河网一维模型。

a. 零维模型。对于湖、荡、圩这一类区域,水流行为的影响主要表现在水量交换,反映水流行为的指标是水位,水位的变化规律必须遵循水量平衡原理,即流入区域的净水量等于区域内的蓄量增量,对该方程可直接进行差分离散。

$$\sum Q = A(z) \frac{\partial Z}{\partial t} \tag{1}$$

式中: Q 为河道断面流量; A 为过水面积; Z 为水位; t 为时间。

b. 一维模型。河网一维非恒定流动基本方程组为圣维南方程组,可采用四点线性隐式格式进行离散求解^[9]。

$$\begin{cases} B \frac{\partial Z}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \\ \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\alpha Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial Z}{\partial x} + gA \frac{|Q| Q}{K^2} = qV_x \end{cases} \tag{2}$$

式中: q 为旁侧入流; B 为河宽; V_x 为旁侧入流流速在水流方向上的分量,一般可近似为零; K 为流量模数; α 为动量校正系数。

4.3 研究方法

采用太湖流域河网水量模型进行各代表年流域水资源供需分析,得到不同年型各水文代表站最低日平均水位的成果,通过代表年各水文代表站水位计算成果与相应各站最低日平均水位控制目标的比较,分析阳澄淀泖区各水文代表站最低日平均水位

控制目标的可达性。

4.4 可达性分析

代表年供需分析中,流域水利工程布局及其调度原则、下垫面情况以及供用水条件,均采用 2007 年基准年情况。选用枯水年和中等干旱年的代表年分别为 1971 年和 1976 年,计算成果及拟定的目标水位详见表 4。

表 4 各水文站计算最低日平均水位 m

站名	水期	最低水位 目标	1976 年	1971 年
			$P=75\%$	$P=90\%$
湘城	汛期	2.60	2.72	2.60
	非汛期	2.55	2.76	2.72
陈墓	汛期	2.55	2.59	2.49
	非汛期	2.45	2.56	2.51

从表 4 中可见,各区遇中等干旱年($P=75\%$, 1976 年型),平原区河网各水文站水位值均高于河道内最低水位目标值,河道内外用水需求能够得到满足。遇枯水年($P=90\%$, 1971 年型),非汛期时段,各站水位值均高于河道内最低水位目标值,河道内外用水需求能够得到满足;汛期时段,陈墓站目标水位高于该站的模型计算水位,因汛期河道外农业灌溉、生活、生产等大量取水,虽沿江口门扩大引江水量,但在 2012 年工况下水利工程条件等还不完善,遇枯水年型时仍然难以满足该时段的河道内、外用水需求。由于本次计算采用的工况是现状工况,调度方案也是现状调度,现状水资源调度还不能保证各区在不同年型下水资源量得到满足,因此需要优化调度,一方面为了满足水资源量的需求,另一方面为了水环境得到一定程度的改善。

5 结 语

a. 基于水文统计学原理,采用 P-Ⅲ 型适线法,结合水文站引排控制水位、最低日平均水位等历史特征水位,综合考虑水文站所在河道的特征、地势情况,并根据区域的实际情况,分汛期和非汛期分别拟定水资源调度目标水位,为阳澄淀泖区水资源调度提供一定的参考,具有实用性。

b. 在资料有限的情况下,如何对拟定的目标水位进行合理性分析,给出了多种方法复核,尤其是综合考虑了最低生态水位,在进行水资源调度时需满足区域生态环境要求,是一种新的尝试,也是水资源调度目标参数制定的新方向。复核结果表明,拟定的水资源调度目标水位是合理并符合实际情况的。

c. 采用太湖流域河网水量模型进行建模,得到不同年型各水文站最低日平均水位的成果,通过代表年各站水位计算成果与相应各站最低日平均水位

控制目标的比较,分析阳澄淀泖区各水文站最低水位目标的可达性。得出结论为:现状水资源调度还不能保证各区在不同年型下水资源量得到满足,因此阳澄淀泖区水资源调度方案仍有优化空间,以满足水资源量的需求及改善水环境。

d. 目前由于各地区尚未形成合理的水资源调度方案,水资源、水环境调度缺少量化的控制性指标,包括调度参照指标和调度所需达到的目标,水位指标不确定,水质指标更是很薄弱。由于水质资料较缺乏,本研究仅对水位指标进行了深入研究,但对于水质型、资源型缺水的阳澄淀泖区,将水质指标作为水资源调度的判别指标显得尤为重要,只有水质得到改善的水资源调度模式,才能从根本上解决水质型缺水。

参考文献:

[1] 水利部太湖流域管理局. 太湖流域防洪规划[R]. 上
(上接第 89 页)
[4] 梅亚东,杨娜,瞿丽妮. 雅砻江下游梯级水库生态友好型
优化调度[J]. 水科学进展,2009,20 (5):721-725.
[5] 张九红,李汉娥,陈绪强,等. 三峡水库调度对长江水质
的影响研究[J]. 水资源保护,1997(2):1-5.
[6] 袁超,陈永柏. 三峡水库生态调度的适应性管理研究
[J]. 长江流域资源与环境,2011,20(3):269-275.
[7] 夏自强,李琼芳,姜翠玲,等. 河流自然功能的利用及保
护研究[C]//水利部国际合作与科技司. 河流生态修复

海:水利部太湖流域管理局,2007.
[2] 苏州市水利局. 2007 年苏州市水资源公报[R]. 苏州:
苏州市水利局,2008.
[3] 《中国河湖大典》编纂委员会. 中国河湖大典[M]. 北
京:中国水利水电出版社,2010.
[4] 苏州市航道管理处. 苏州市内河航道技术等级文件汇编
[G]. 苏州:苏州市航道管理处,1995.
[5] 王学雷,宁龙梅,肖锐. 洪湖湿地恢复中的生态水位控制
与江湖联系研究[J]. 湿地科学,2008,6(2):316-320.
[6] 赵翔,崔保山,杨志峰. 白洋淀最低生态水位研究[J]. 生
态学报,2005,25(5):1033-1040.
[7] 盖美,耿雅冬,张鑫. 海河流域地下水生态水位研究[J].
地域研究与开发,2005,24(1):119-124.
[8] 徐志侠,陈敏建,董增川. 湖泊最低生态水位计算方法
[J]. 生态学报,2004,24(10):2324-2328.
[9] 程文辉,王船海,朱琰. 太湖流域模型[M]. 南京:河海大
学出版社,2006.

(收稿日期:2012-02-27 编辑:高渭文)

技术研讨会论文集. 北京:中国水利水电出版社,2005:
52-59.
[8] 杨志峰,张远. 河道生态环境需水研究方法比较[J]. 水
动力学研究与进展,2003,18(3):294-301.
[9] TENNANT D L. Instream flow regimens for fish, wildlife,
recreation and related environmental resources [J].
Fisheries,1976,1(4):6-10.

(收稿日期:2012-01-11 编辑:徐 娟)

《河海大学学报(自然科学版)》征订启事

(邮发代号 28-63,CN32-1117/TV,ISSN1000-1980,双月刊)

《河海大学学报(自然科学版)》是以水资源开发、利用与保护为重点的综合性学术期刊,主要刊登河海大学在水资源、水文、地质、测量、水利工程、水电工程、水运工程、海洋及海岸工程、水工结构、工程力学、水力学及河流动力学、岩土工程、电力工程、电子技术及自动化工程、工业与民用建筑、环境工程、机械工程等学科方面的科研成果、学术论文、学术讨论、研究动态等学术性文章,可供上述有关专业的科技工作者及大专院校师生阅读和参考。

《河海大学学报(自然科学版)》创办于 1957 年,是全国中文核心期刊、中国科技核心期刊,在国内工程技术界和学术界有较大影响。刊载的文章中,绝大部分为国家科技攻关(重点)项目和各种科学基金资助项目的研究成果,部分达到了国内领先和国际先进水平,为我国水利、水电、水运工程及其他有关工程建设的规划、设计、施工和管理提供了科学理论、方法和具体建议,发挥了较大的社会效益和经济效益,深受工程界和科技界赞许,并获得中国高校精品科技期刊奖以及中国期刊方阵“双效期刊”、江苏省优秀期刊、全国水利系统优秀期刊称号。

《河海大学学报(自然科学版)》每逢单月出版,国内外公开发行,2013 年每期定价 15.00 元,全年 6 期共 90.00 元。欢迎广大读者通过全国各地邮政局订阅或直接与编辑部联系。

编辑部地址:210098 南京市西康路 1 号 《河海大学学报(自然科学版)》编辑部

电话/传真:025-83786343;E-mail:xb@hhu.edu.cn http://kkb.hhu.edu.cn/web/indexxb.asp? d_id=53