

鄱阳湖动态水位~面积、水位~容积关系研究

李国文,喻中文,陈家霖

(江西省水文局,江西 南昌 330002)

摘 要: 本文提出建立动态水位面积、水位容积关系的构想. 针对鄱阳湖不同水情变化产生的湖面各处水位差异,运用微积分、泰森多边形理论,结合现有水文(水位)站数量和分布、鄱阳湖湖盆特征和不同时期水情特点,研究鄱阳湖水文(水位)站分区水位与面积、水位与容积关系,开展鄱阳湖区动态水位~面积、水位~容积理论研究和实践.

关键词: 鄱阳湖;动态;水位;面积;容积;研究

中图分类号: P343.3

文献标识码: A

文章编号: 1004-4701(2015)01-0021-06

0 引言

鄱阳湖水域辽阔,是我国最大的淡水湖泊,具有“高水是湖,低水似河”、“洪水一片,枯水一线”的独特形态.鄱阳湖是开敞湖泊,湖区水位涨、落既由五河入湖水量多少控制,也受长江顶托强弱影响,入湖五河来水变化和长江干流水位变化的不同组合,造成湖区水位年内、年际变化极大.特别是鄱阳湖水位越低,湖区各站水位差别越大,在不同来水情况下,同一水位数据所对应的面积、容积均不相同.湖面落差越大,形状越复杂,越难建立符合实际的水位~面积、水位~容积关系,使得湖区面积、容积的推算存在很大的不确定性.然而对于洪水、枯水演算和预报,防汛抗旱指挥决策和水资源利用管理,以及水生态、水环境保护,都迫切需要了解鄱阳湖准确的面积与水量.

湖泊不同水位条件下的面积、容积是一项最基本的水文特征值.建国以来,长江水利委员会和江西省曾经进行过3次鄱阳湖地理测量,分别在1954年(中国人民解放军海军东海部队)、1983年(江西省测绘局)和1998年(长江水利委员会)建立了鄱阳湖高程~面积和高程~容积关系成果,这些成果在实际工作中均得到广泛的应用.应用这一关系人们推求出湖口水文站历年实测最高水位为22.59 m(吴淞高程,1998年7月31日)时相应通江水体(包括湖盆区、青岚湖和五河尾闾河

道)面积为3 708 km²,湖体容积为303.6×10⁸ m³.同样,推求出湖口水文站历年实测最低水位为5.90 m(吴淞高程,1963年2月6日)时相应通江水体面积为28.7 km²,容积为0.63×10⁸ m³.

现代科学的发展进步使遥感影像图像得到广泛应用.根据2011年5月18日Aqua卫星对鄱阳湖水面的遥感监测,鄱阳湖主体及附近水域面积为1 326 km².由于遥感影像只是反映平面信息,无法获得鄱阳湖相应容积,因此遥感影像的运用也存在一定的局限性.本研究尝试建立鄱阳湖动态水文条件下水位~面积、水位~容积关系,以满足工作需求.

1 动态关系的研究

1.1 湖区河相、湖相情势

开敞式湖泊,建立动态水位~面积、水位~容积关系,目前没有先例.根据湖区布设的多处水文站长期观测水位资料,将系统观测水位资料统一到国家高程基面分析,可知不同时期湖泊水位存在较大的差异性.以位于湖区的康山、棠荫、都昌、星子、湖口、吴城站为例,每年3~6月鄱阳湖流域内降水增加,五河来水增多,南、北湖区水位差由大至减小,湖区由河相逐渐转湖相;7~8月前期鄱阳湖流域主汛期,后期长江干流主汛期,江、河来水多,水情相互影响,湖区呈湖相;9~10月鄱阳湖流域来水减小,但江、湖仍为较高水位,南、北湖水位差逐

渐拉开,湖区由湖相转河相;11~次年2月五河来水减小至最小、湖区水位降低至最低,南、北湖水水位差最大,湖水归槽,湖区呈河相(见图1)。

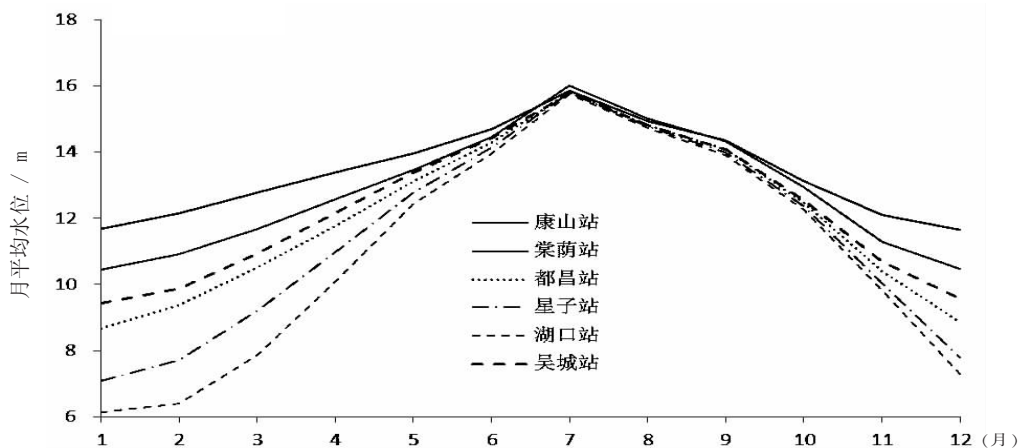


图1 鄱阳湖各水文站月平均水位变化比较(1985 国家基准高程)

相应的面积、容积。通过将鄱阳湖区细分为 n 个小的单元,对每个单元分别计算出同时水位相应的面积和容积,即可求得鄱阳湖动态面积和容积。

$$F(x) = \int_a^x f(t) dt \quad x \in [a, b]$$

然而,从经济及实际操作的角度考虑,水文站网的设立是有限的。为此,在实际运用中利用泰森多边形对鄱阳湖进行分区,通过计算各分区对应的面积、容积可以求得鄱阳湖湖盆的水位~面积、水位~容积关系曲线。

泰森多边形可用于定量、定性分析、统计分析、邻近分析等。例如,可以用离散点的性质来描述泰森多边形区域的性质;可用离散点的数据来计算泰森多边形区域的数据;判断一个离散点与其它哪些离散点相邻时,可根据泰森多边形直接得出,且若泰森多边形是 n 边形,则就与 n 个离散点相邻;当某一数据点落入某一泰森多边形中时,它与相应的离散点最邻近,无需计算距离(详见图2)。

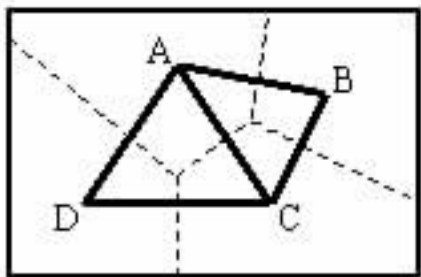


图2 泰森多边形计算原理

根据泰森多边形计算原理,依据入湖河水和湖区

1.2 湖盆分区研究

假设在鄱阳湖区设立高密度的水位观测站点,运用微积分法可以准确的推求各分区在不同水位条件下

水面的变化,尤其是低水位时期湖面各处水位的显著差异,结合鄱阳湖现有水文(水位)站数量和分布,采用泰森多边形将鄱阳湖(湖盆区)分成9个区域,每个区域选择1个代表水文(水位)站,本次研究采用的水文(水位)站详见表1与图3。

表1 各区域代表水文(水位)站一览表

所代表区域	代表水文(水位)站
湖口水道北部区域	湖口水文站
湖口水道南部区域	星子水位站
北部湖面开阔区域	都昌水位站
西部入湖河口区域	吴城水位站
南部湖面开阔区域	棠荫(蛇山)水文站
东北部湖湾区域	龙口水位站
南部入湖河口区域	康山水文站
东部入湖河口区域	鄱阳水位站
南部湖湾区域	三阳水位站

2 计算与分析

2.1 统一基面水位的换算

由于历史原因,鄱阳湖区各水文(水位)站采用的基面均为吴淞基面或冻结基面,基面的不统一,对湖区防汛抗旱、水资源管理、生态环境保护及生态经济区建设带来诸多不便和影响。本文采用2010年鄱阳湖基础地理测量成果,将各站基面统一至1985国家高程基

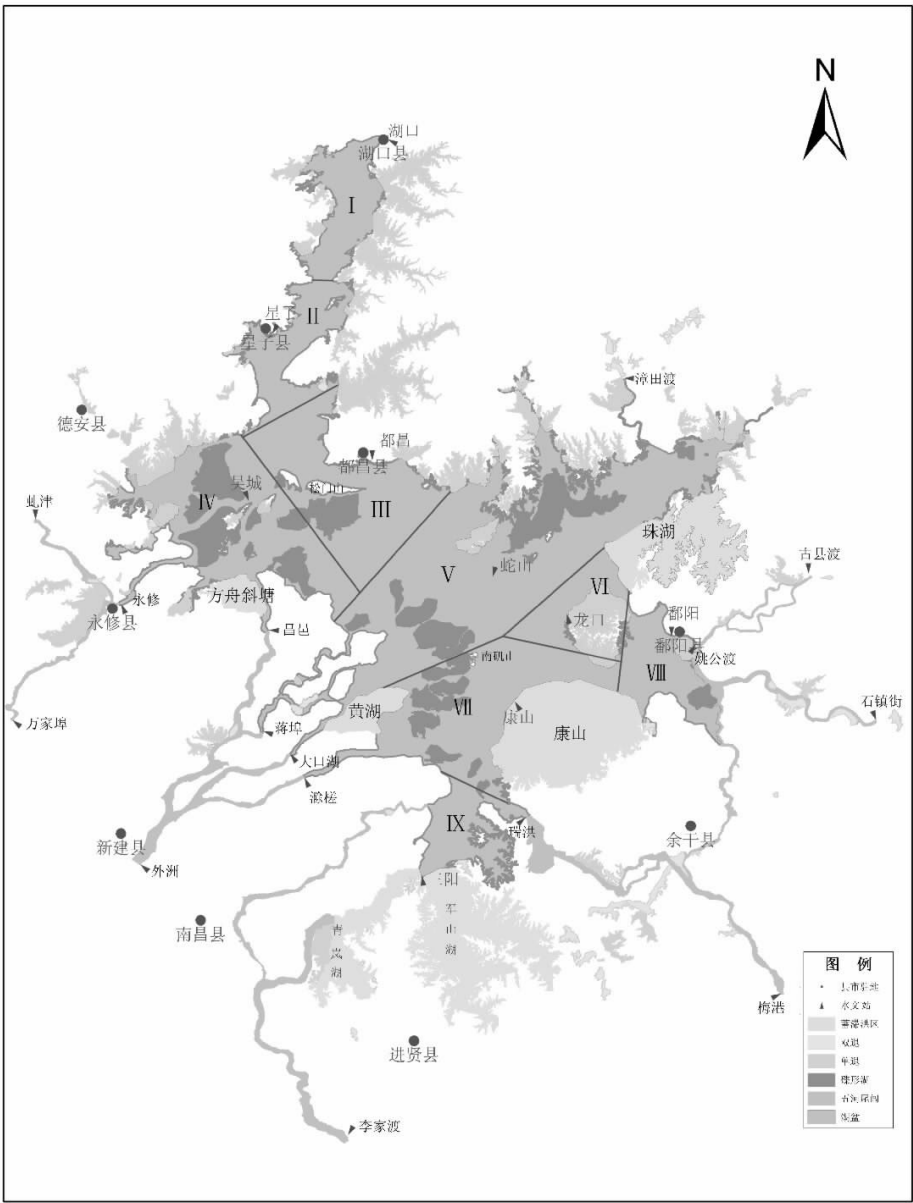


图 3 湖区水位~面积、水位~容积计算分区图

准。各站吴淞(冻结)基面与 1985 国家高程基准换算系数见表 2。

2.2 鄱阳湖范围及分区设定

鄱阳湖区由湖盆区、五河尾闾区、国家蓄滞洪区、退田还湖圩区 4 个区域组成,其中湖盆区和入湖河流尾闾区为通江区域(通江水体),国家蓄滞洪区和退田还湖圩区为有条件通江区域。本次鄱阳湖高程~面积、

高程~容积关系计算范围为 2010 年鄱阳湖基础地理测量实测鄱阳湖区 21 m 高程以下区域。

湖盆区:指鄱阳湖单一区域的湖体部分,为入湖河流尾闾以下、湖口以上的区域。

五河尾闾区:赣江、抚河、信江、饶河、修河五大入湖河流下游受鄱阳湖涨水顶托明显影响的河段。

国家蓄滞洪区:指康山、珠湖、黄湖和方洲斜塘蓄

表 2 鄱阳湖各水文(水位)站基面换算系数

站名	湖 口	星 子	都 昌	棠 荫	康 山	龙 口	鄱 阳	三 阳	吴 城
系数	-1.836	-1.859	-1.653	-1.716	-1.707	-1.705	-1.892	-2.018	-2.260

注:1985 国家基准高程=吴淞基面+换算系数

滞洪区。

退田还湖圩区:指 1998 年特大洪水后江西省人民政府确定的在一定标准下自然进水蓄洪的圩堤区域,分双退圩堤、保护面积 1 万亩以下单退圩堤和保护面积 1 万亩以上单退圩堤 3 种类型。

2.3 碟形湖高程~面积、高程~容积关系的确定

碟形湖:鄱阳湖(湖盆区)内分布着许多大小不一、形状各异的碟形洼地,高水位时与大湖面连成一片,为通江水体的组成部分;低水位时被周围较高洲滩与通江水体隔离,成为暂时独立的小水体。

本次研究的碟形湖水位特征是利用实测 1:10 000 数字地形图分析确定碟形湖控制高程,然后根据数字高程模型分析各碟形湖的高程~面积、高程~容积关系。经分析,鄱阳湖区共有碟形湖 47 个,总面积 478.81 km²,总容积 6.21×10⁸ m³。

2.4 单、双退圩堤高程~面积、高程~容积关系的确定

鄱阳湖区共有单双退圩堤 235 座,其中单退 149 座(万亩以上 25 座、万亩以下 124 座),双退 86 座。退田还湖圩区的面积与容积从还湖水位起算,还湖水位以下各级水位对应的面积和容积,采用实测 1:100 000 数字地形图分析确定;还湖水位以上各级水位对应的面积和容积,直接引用水利部门已有成果,不作其它形式的修正,总面积为 747.59 km²,容积为 37.55×10⁸ m³。

2.5 动态水位~面积、水位~容积关系的确定

根据鄱阳湖水文(水位)站实测水位资料,将各站水位资料换算统一的国家 1985 高程基准,分别建立不同时段星子站水位与湖区其它 8 站水位的相关关系。分析结果表明星子站水位与其它 8 站水位的相关关系以逐月各旬平均水位关系最好。

利用 9 个分区代表水文(水位)站 1990~2010 年逐月各旬平均水位,通过各分区水位~面积、水位~容积关系推算逐月各旬各分区的面积、容积和鄱阳湖(湖盆区)的面积、容积,将逐月各旬鄱阳湖(湖盆区)的面积和容积与其对应的星子站旬平均水位进行相关关系分析,得出以星子站为代表的鄱阳湖(湖盆区)水位~面积和水位~容积关系。

2.5.1 湖盆区水位~面积、水位~容积关系曲线

点绘星子站水位与鄱阳湖湖盆区面积、容积相关关系点群图,点群图分析表明:水位 16 m 以上时,点群集中成带状;7 m 水位以下的点群逐渐趋于向 5 m 左右位置集中;5~16 m 之间的点群比较分散,但呈季节性分层分布,3~6 月的点据位于下层,7~9 月的点据位于中层,10 月至次年 2 月的点据位于上层(见图 4~图 5)。

鄱阳湖湖盆区水位~面积和水位~容积关系相关点群的这种分层分布规律,与鄱阳湖水情变化受长江与五河双重影响的水文规律是一致的。7 m 水位以下的点群逐渐趋于向 5 m 左右位置集中,反映出 7 m 水位以下时湖水完全归槽,鄱阳湖呈河相,湖面绝大部分区域水情受五河来水控制,受长江干流来水影响的区域极小,湖盆区水位~面积和水位~容积关系基本由主航道槽蓄特性决定。水位~面积和水位~容积关系相关点群的上述季节性分层分布规律,基本反映了鄱阳湖、长江及五河的江湖、河湖关系特征。

由于篇幅关系,本次论文中仅列出包含碟形湖情况下的鄱阳湖湖盆区水位~面积、水位~容积关系。鄱阳湖湖盆区水位~面积、水位~容积关系表见表 3。

2.5.2 全湖区水位~面积、水位~容积关系

本次鄱阳湖全湖区水位~面积、水位~容积关系计算范围为 2010 年鄱阳湖基础地理测量实测鄱阳湖区 21 m 高程以下区域。鄱阳湖全湖区范围可分为通江水体、单双退和蓄滞洪区。

根据以上对鄱阳湖湖盆区、碟形湖、单双退等水位~面积、水位~容积关系的推求,可以分析得到以星子站水位为代表的鄱阳湖全湖动态以及静态水位~面积、水位~容积关系(表 4 为考虑碟形湖影响情况下不含军山湖的鄱阳湖全湖区水位~面积、水位~容积关系表)。

3 成果应用

3.1 鄱阳湖特征水位~面积、水位~容积成果试算

应用鄱阳湖(湖盆区)星子站水位~面积、水位~容积关系综合曲线,利用星子水文站 1951~2010 年实测水位资料系列的最高、最低、平均水位,确定鄱阳湖(全湖区=湖盆区+五河尾闾区+国家蓄滞洪区+退田还湖圩区+青岚湖)对应水位与面积、水位与容积。

(1)历年最高水位对应的面积和容积。星子站历年(1951~2010 年)最高水位 20.66 m(国家 1985 年高程基准),对应的鄱阳湖(全湖区静态)面积和容积计算值为 4 905 km² 和 387.2×10⁸ m³;鄱阳湖(全湖区动态综合线)面积和容积计算值为 4 905 km² 和 387.2×10⁸ m³ (不包括军山湖)。

(2)历年平均水位对应的面积和容积。星子站历年(1951~2010 年)平均水位 11.57 m(国家 1985 年高程基准),对应的鄱阳湖(全湖区静态)面积和容积计算值为 1 603 km² 和 32.6×10⁸ m³;鄱阳湖(全湖区动态综合线)面积和容积计算值为 2 028 km² 和 47.2×10⁸ m³。

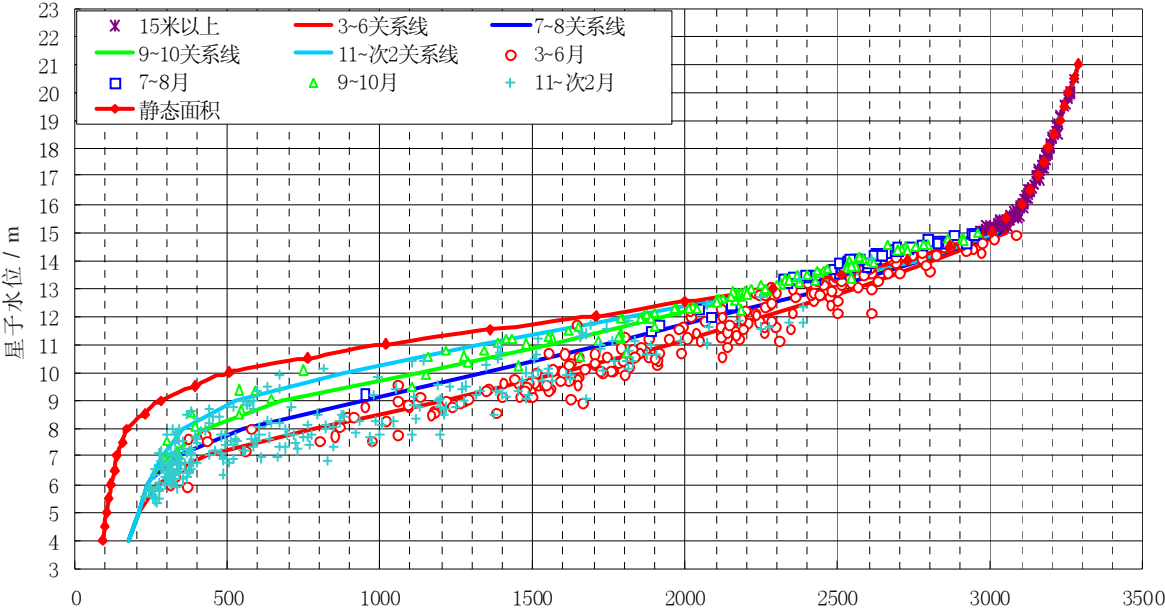


图 4 星子站水位与鄱阳湖(湖盆区)面积关系点群分布

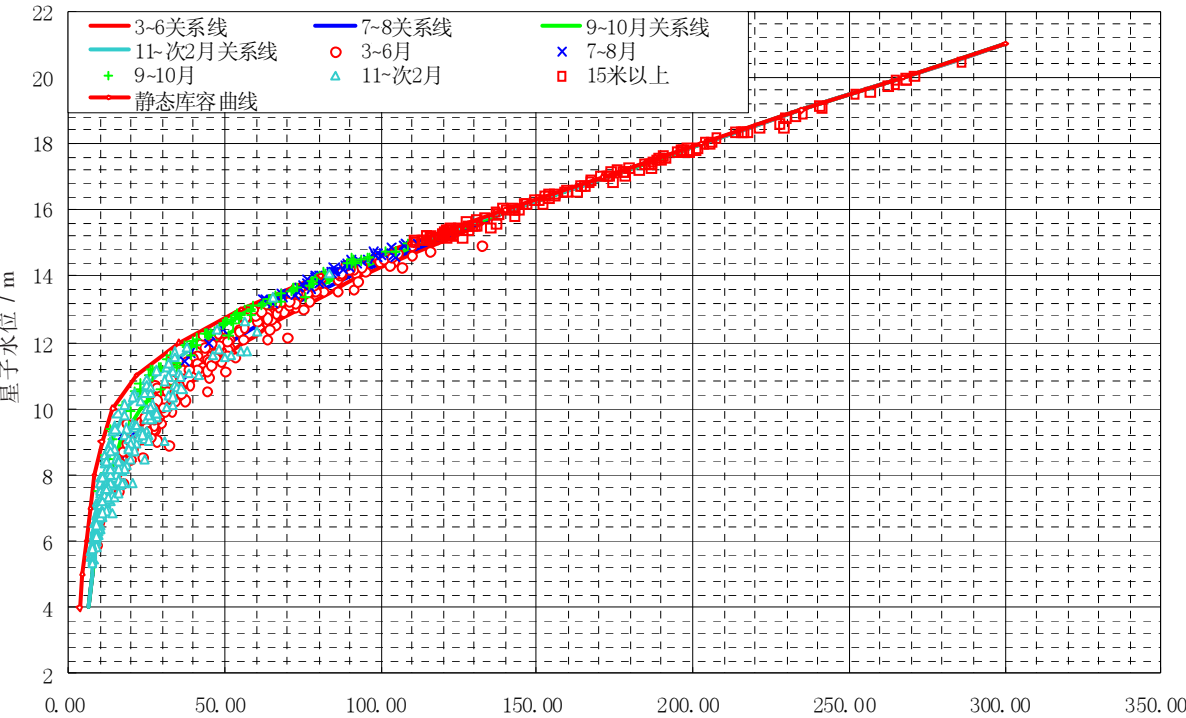


图 5 星子站水位与鄱阳湖(湖盆区)容积关系点群分布

(3)历年最低水位对应的面积和容积。星子站历年(1951~2010 年)最低水位 5.25 m(国家 1985 年高程基准),对应的鄱阳湖(全湖区静态)面积和容积计算值为 125 km² 和 5.00×10⁸ m³;鄱阳湖(全湖区动态综合线)面积和容积计算值为 239 km² 和 7.82×10⁸ m³。

3.2 鄱阳湖枢纽工程建立条件下库区水位~面积、水

位~容积试算

鄱阳湖水利枢纽闸址以上湖盆(扣除 I 区)高程 21 m 时,面积为 3 120 km²,相应容积为 278.6×10⁸ m³(不含蓄滞洪区);高程 14 m 时面积为 2 572 km²,相应容积为 70.43×10⁸ m³;高程 11m 时面积为 873 km²,相应容积为 16.08×10⁸ m³。

表 3 星子站水位与鄱阳湖湖盆区面积、容积关系表

水位 /m	动态面积/km ²					动态容积/10 ⁸ m ³				
	3-6 月	7-8 月	9-10 月	11-2 月	综合线	3-6 月	7-8 月	9-10 月	11-2 月	综合线
4	200			200	200	6.00			6.00	6.20
5	215			210	215	7.50			7.00	7.00
6	290			233	260	9.25			8.25	8.50
7	470		315	291	400	11.89		10.24	9.41	10.50
8	785		435	360	630	16.37		13.08	11.44	14.00
9	1 208		682	522	980	22.00		16.67	14.00	19.50
10	1 554	1 297	1 086	841	1 319	30.85	26.90	22.62	18.90	26.40
11	1 963	1 730	1 589	1 331	1 726	42.00	37.43	32.87	28.30	36.50
12	2 305	2 113	2 025	1 812	2 066	56.00	51.10	46.20	41.30	49.50
13	2 612	2 472	2 391	2 297	2 396	73.50	68.77	64.03	59.30	66.00
14	2 812	2 768	2 742	2 752	2 752	94.40	90.90	87.47	84.20	87.00
15	3 012	3 020	3 020	3 020	3 020	118.00	115.97	112.80	110.97	111.97
16	3 102	3 102	3 102	3 102	3 102	139.86	139.86	139.86	139.86	139.86
17	3 153	3 153	3 153	3 153	3 153	171.13	171.13	171.13	171.13	171.13
18	3 190	3 190	3 190	3 190	3 190	202.83	202.83	202.83	202.83	202.83
19	3 224	3 224	3 224	3 224	3 224	234.89	234.89	234.89	234.89	234.89
20	3 256	3 256	3 256	3 256	3 256	267.28	267.28	267.28	267.28	267.28
21	3 287	3 287	3 287	3 287	3 287	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00

表 4 鄱阳湖全湖区水位~面积、水位~容积关系表

水位 /m	动态面积/km ²					动态容积/10 ⁸ m ³				
	3-6 月	7-8 月	9-10 月	11-2 月	综合线	3-6 月	7-8 月	9-10 月	11-2 月	综合线
4	210			210	210	6.19			6.19	6.39
5	231			226	231	7.82			7.32	7.32
6	313			256	283	9.76			8.76	9.01
7	500		345	321	430	12.66		11.01	10.18	11.27
8	822		472	397	667	17.48		14.19	12.55	15.11
9	1 254		728	568	1 026	23.52		18.19	15.52	21.02
10	1 625	1 368	1 157	912	1 390	32.90	28.95	24.67	20.95	28.45
11	2 083	1 850	1 709	1 451	1 846	45.00	40.43	35.87	31.30	39.50
12	2 614	2 422	2 334	2 121	2 375	61.24	56.34	51.44	46.54	54.74
13	3 091	2 951	2 870	2 776	2 875	82.78	78.05	73.31	68.58	75.28
14	3 498	3 454	3 428	3 438	3 438	109.76	106.26	102.83	99.56	102.36
15	3 904	3 912	3 912	3 912	3 912	141.51	139.48	136.31	134.48	135.48
16	4 152	4 152	4 152	4 152	4 152	173.16	173.16	173.16	173.16	173.16
17	4 347	4 347	4 347	4 347	4 347	216.19	216.19	216.19	216.19	216.19
18	4 519	4 519	4 519	4 519	4 519	261.18	261.18	261.18	261.18	261.18
19	4 664	4 664	4 664	4 664	4 664	307.17	307.17	307.17	307.17	307.17
20	4 812	4 812	4 812	4 812	4 812	354.90	354.90	354.90	354.90	354.90
21	4 950	4 950	4 950	4 950	4 950	404.48	404.48	404.48	404.48	404.48

(下转第 34 页)