

## 鄱阳湖水面蒸发量的计算与变化趋势分析(1955-2004年)\*

闵 骞<sup>1</sup>, 刘 影<sup>2</sup>

(1:江西省鄱阳湖水文局,九江 332800)

(2:江西师范大学鄱阳湖生态环境与资源研究教育部重点实验室,南昌 330027)

**摘 要:**利用器测折算法与气候模式法,分别计算鄱阳湖周围康山、棠荫、都昌、星子、湖口5站的单站水面蒸发量,以5站两种方法计算值的平均值代表鄱阳湖大湖面的水面蒸发量,求得鄱阳湖1955-2004年各月的水面蒸发量和蒸发水量,结果为:多年平均年蒸发量1081.2 mm,年蒸发水量 $27.06 \times 10^8 \text{ m}^3$ .对年、月水面蒸发量在近50年来的变化趋势进行了分析,表明除5月份外,其他各月蒸发量和年蒸发量均呈逐渐减少趋势,年蒸发量平均每年减小2.79 mm,年蒸发水量平均减少 $0.05 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,对湖区水资源持续利用和湖泊环境将产生明显影响.对水面蒸发量递减原因进行了初步探讨.

**关键词:**水面蒸发量;变化趋势;气候变化影响;鄱阳湖

### Calculation of lake evaporation and trend analysis of Lake Poyang: 1955-2004

MIN Qian<sup>1</sup> & LIU Ying<sup>2</sup>

(1:Hydrological Bureau of Lake Poyang, Jiangxi Province, Jiujiang 332800, P. R. China)

(2:Key Laboratory of Eco-environment and Resources of Lake Poyang, MOE, Jiangxi, Normal University, Nanchang 330027, P. R. China)

**Abstract:** Lake evaporations of Kangshan, Tanyin, Duchang, Xingzi and Hukou Stations in adjacent Lake Poyang are calculated individually by using instrumental reduction method and climatic model. The mean of the calculated results of the two methods calculations in 5 stations could be regarded as the lake evaporation in Lake Poyang. In 1955-2004, the average evaporation of Lake Poyang reached an annual 1081.2 mm and evaporative quantity of  $27.06 \times 10^8 \text{ m}^3$ . In addition, the trend of yearly and monthly evaporation were analysed, i.e. a gradual decrease of evaporation in the past 50 years was noticed except for May, with an annual dropdown of 2.79 mm and a quantity of  $0.05 \times 10^8 \text{ m}^3$ , which could have great impact on the utilization of water resources and aquatic environment in lake districts. Finally, possible reasons are suggested.

**Keywords:** Lake Poyang; evaporation; trend analysis; climatic impact

水面蒸发是湖泊水、热循环与平衡的重要因素之一,湖泊水面蒸发研究,历来受到湖泊科学工作者的重视.对于鄱阳湖水面蒸发,虽然在20世纪80年代初做过一些分析研究<sup>[1,2]</sup>,但只是初步的,况且时过20多年,有必要利用更长序列的实测资料,开展一次新的、较为深入的分析与研究.

本文将实测资料序列延长到2004年,对鄱阳湖年、月水面蒸发量进行了重新计算,并用以分析年、月水面蒸发量在近50年来的变化规律,供湖泊科学工作者参考.

### 1 水面蒸发量的计算

到目前为止,一直未对鄱阳湖水面蒸发量进行直接观测,只在湖周围设置了多个地面小型蒸发器观测点,对湖面蒸发进行间接测量;为了利用这些间接资料较准确地计算出鄱阳湖水面蒸发量,在北岸的都昌县城郊东湖(由鄱阳湖港汊堵口而成的小湖泊)设立了一处水面蒸发专项实验站——都昌蒸发实验站;该站

\* 鄱阳湖生态环境与资源研究教育部重点实验室开放基金项目(PK 2004017). 2005-05-17 收稿;2005-11-10 收修改稿. 闵骞,男,1958年生,工程师;E-mail: minqian1958@sina.com.

分别在东湖水面和岸边陆地设置漂浮观测场和地面观测场,进行水面蒸发量及辅助气象项目的同步观测.此外,还在鄱阳湖南岸半岛上设立了康山水文气象站、湖中间岛屿上设立了棠荫水文气象站两个辅助专用站;湖周各县还设有多个气象站.这些站点均积累了长序列资料,为本文工作提供了极大便利.

1.1 标准蒸发量与基本资料

都昌蒸发站在漂浮筏上安装了  $E_{601}$  型蒸发器,进行漂浮水面蒸发观测,同时还在浮筏上开展水面气温、湿度、风速与不同深度的器内、外水温观测.

漂浮蒸发器周围即为自然水体,且处于自然水体气候条件中,因而可以认为,漂浮蒸发器观测的水面蒸发量比安装在岸边陆地上的地面蒸发器观测的水面蒸发量更接近自然大水体的水面蒸发量.但由于器壁的阻隔,使得漂浮蒸发器内温湿特征与器外自然水体仍有明显差异,造成漂浮蒸发器观测的蒸发量与器外自然水体的蒸发量之间存在一定的差异,需要进行温湿改正.作者曾对两者差异进行过专题研究,并提出其改正公式<sup>[3]</sup>为  $E = 0.9353E_{漂} \times \Delta e / \Delta e_{漂}$ ,其中  $\Delta e$  和  $\Delta e_{漂}$  分别为自然水体和漂浮蒸发器内水体的表面饱和水汽压差(hpa).鉴于此,本文以漂浮  $E_{601}$  蒸发器蒸发量的改正值,作为自然水体的水面蒸发量,用以推求地面小型蒸发器折算系数和建立自然水体水面蒸发经验公式的标准蒸发量.

鄱阳湖湖面辽阔,故用单站水面蒸发量代表整个湖面水面蒸发量的误差较大.为提高鄱阳湖水面蒸发量计算的精度,增加湖南岸半岛上的康山站、湖中央岛屿上的棠荫站及湖西北岸星子县气象站、湖北端湖口县气象站,加上都昌站,用5站水面蒸发量的算术平均值,代表鄱阳湖(大湖面)的水面蒸发量.各站不同年份收集到的水面蒸发资料不尽相同(见表1),但各站地面气象资料是一致的.

表1 鄱阳湖周围5站水面蒸发资料情况

Tab.1 Data range of evaporation monitoring in adjacent 5 stations, Lake Poyang

站名	水面 $E_{601}$	地面 $E_{601}$	地面 $\Phi_{80}$	地面 $\Phi_{20}$
湖口				1955-2004年
星子				1955-2004年
都昌	1980-1987年	1962-1963年		1955-1961年
		1980-1999年		2000-2004年
棠荫		1964-1968年	1962-1963年	1969-1980年
		1981-2004年		
湖口		1964-1968年	1955-1963年	1969-1979年
		1980-2004年		

1.2 计算方法的设计

为了尽可能多地使用已有的实测水面蒸发实验资料,选择先计算出各站相应于地面  $E_{601}$  蒸发器的水面蒸发量  $E_{601}$ ,再折算成各站相应于自然水体的水面蒸发量  $E$ ,尔以后以5个站  $E$  值的算术平均值,作为鄱阳湖大湖面的水面蒸发量.为提高各站水面蒸发量计算的可靠性,另利用都昌蒸发站水面蒸发经验公式,计算各站历年逐月的水面蒸发量,也以5站水面蒸发量的算术平均值作为鄱阳湖大湖面的水面蒸发量.最后以两种方法计算的水面蒸发量的平均值,作为鄱阳湖历年各月水面蒸发量的最终结果.

1.2.1 器测折算法 器测折算法是一种常用的水面蒸发量确定方法,其计算公式为

$$E' = K_{\Phi} \times E_{\Phi} \tag{1}$$

式中,  $E$  为标准蒸发器的水面蒸发量;  $E_{\Phi}$  为地面小型蒸发器的水面蒸发量;  $K_{\Phi}$  为地面小型蒸发器的折算系数;  $\Phi$  为蒸发器的型号.因本文先计算各站地面  $E_{601}$  蒸发器的水面蒸发量,故  $E' = E_{601}$ ; 地面小型蒸发器有  $\Phi = 20\text{ cm}$  和  $\Phi = 80\text{ cm}$  两种,所以  $K_{\Phi}$  分别为地面  $20\text{ cm}$  口径和  $80\text{ cm}$  口径蒸发器蒸发量对地面  $E_{601}$  蒸发器蒸发量的折算系数(表2).将相应于地面  $E_{601}$  蒸发器的蒸发量  $E_{601}$ ,转换成自然水体的蒸发量(即自然大体的水面蒸发量)  $E$ ,也使用折算法,即  $E = K \times E_{601}$ ,其中的  $K$  为漂浮  $E_{601}$  蒸发量的改正值与地面  $E_{601}$  蒸发量的比值,即  $K = E / E_{601}$ .各站  $K$  值的来源如下:

(1) 都昌站 1988 - 1999 年的  $K$  值, 采用都昌蒸发站 1980 - 1987 年水、陆资料得出的多年平均  $K$  值, 见表 2.

(2) 都昌站 1955 - 1979 年和其他各站 1955 - 2004 年的  $K$  值, 由都昌蒸发站 1980 - 1987 年资料建立的地面  $E_{601}$  蒸发器多年平均折算系数的经验公式计算:

$$K = 2.374(1 - r_p') \cdot (T_p')^{1/4} \quad (2)$$

式中:  $K$  为地面  $E_{601}$  蒸发器各月的多年平均折算系数;  $r_p'$ 、 $T_p'$  分别为相应月份地面相对湿度、气温的多年平均值,  $T_p'$  以  $^{\circ}\text{C}$  计.

表 2 鄱阳湖周围各站的  $K_{80}$ 、 $K_{20}$  及  $K$  值 ( $\times 10^{-2}$ )

Tab. 2 Values of  $K_{80}$ ,  $K_{20}$  and  $K$  ( $\times 10^{-2}$ ) in adjacent stations, Lake Poyang

站点		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	资料年份
康山	$K_{80}$	78	74	66	62	67	67	71	71	72	73	75	74	1984 - 1991 年
	$K_{20}$	78	78	73	66	69	66	71	72	77	77	79	76	1965 - 1968 年 1983 - 2004 年
棠荫	$K_{80}$	86	72	68	64	65	66	67	71	73	76	83	87	1984 - 1991 年
	$K_{20}$	79	76	73	68	67	67	70	73	76	77	81	82	1964 - 1968 年 1983 - 2004 年
都昌	$K_{20}$	74	69	68	63	63	66	70	75	76	76	78	73	1980 - 1999 年
	$K$	72	81	73	82	98	103	101	107	113	111	95	84	1980 - 1987 年

1.2.2 气候模式法 用都昌蒸发站漂浮筏上 1980 - 1987 年资料, 建立湖区月水面蒸发量计算的气候学模式为:

$$E = 2.33B(1 - f \cdot r) \exp(0.06782T) \quad (3)$$

式中:  $E$  为月水面蒸发量 (mm);  $B$  为每个月的天数;  $r$  为水面月平均相对湿度;  $T$  为水面月平均气温 ( $^{\circ}\text{C}$ ).

式(3)是在质量转移公式  $E = NW(e_o - e_d)$  基础上经过简化与概化得到的, 其推导过程见文献[4]与[5]. 此公式只适用于月、旬长时段水面蒸发量的计算, 不可用于日以下短时段水面蒸发量的计算<sup>[4,5]</sup>.  $f$  为随季节而变化的参数,  $f = e_T/e$ . 为水面气温  $T$ 、表面水温  $t$  对应的饱和水汽压的比值, 可近似地表示为  $f \approx S \cdot \exp[z(T - t)]$ , 而  $T$  与  $t$  之间可用线性函数  $t = a + bT$  表示, 因此,  $f$  与  $t$  或  $T$  密切相关; 但点绘  $f - t$  或  $f - T$  相关曲线, 均呈绳套型曲线分布, 表明难以建立单值关系, 用以确定  $f$  值; 分析表明,  $f$  有显著的季节变化规律, 分月统计  $f$  的多年平均值, 用以月水面蒸发量计算, 可获得较满意的结果, 故用都昌蒸发实验站 1980 - 1987 年资料, 确定各个月的  $f$  值 (表 3), 供湖区各站计算各月水面蒸发量时引用.

此外, 式(3)中的  $r$  和  $T$  都是水面上的气象因子, 而在其他各站是没有水面气象因子观测资料的, 因而需要对式(3)中的  $r$  与  $T$  进行水、陆转换. 令水面与地面相对湿度的差值为  $\Delta r$  ( $\Delta r = r' - \Delta r$ ,  $r'$  为地面月平均相对湿度), 水面与地面气温的比值为  $q$  ( $q = T/T'$ ,  $T'$  为地面月平均气温), 用都昌站 1980 - 1987 年水面与地面同步观测资料确定的多年平均  $\Delta r$ 、 $q$  值列于表 3, 供鄱阳湖周围其他各站引用.

表 3 都昌蒸发站各月  $f$ 、 $\Delta r$ 、 $q$  值 ( $\times 10^{-2}$ )

Tab. 3 Monthly values of  $f$ ,  $\Delta r$ ,  $q$  ( $\times 10^{-2}$ ) in Duchang Station

月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$f$	91	92	92	91	88	88	91	87	84	85	86	90
$\Delta r$	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2
$q$	106	102	102	101	101	101	101	101	101	101	102	106

用式(3)计算都昌站 1980 - 1987 年各月水面蒸发量, 绝对误差均方差为 0.26 mm/d, 平均相对误差为

7.9%,相对误差在±5%、±10%、±20%以内的合格率分别为45.6%、77.2%和94.9%,可见其拟合误差较小,精度较高,说明由质量转移公式经过简化与概化得到的月水面蒸发量的计算公式,可以在实际工作中使用.本文以式(3)作为鄱阳湖周围各站点月水面蒸发量计算公式,其结果应该是可靠的.

1.3 水面蒸发量计算结果与季节分配特征

采用上述两种方法计算出湖口、星子、都昌、棠荫、康山5站的点水面蒸发量(两种方法计算的月水面蒸发量的误差均在15%以内,故可以采用两种方法计算结果的平均值作为点蒸发量)后,取历年各月5站点蒸发量的平均值,作为鄱阳湖大湖面相应月份的蒸发量.求得的鄱阳湖1955-2004年平均年、月水面蒸发量( $E$ )和蒸发水量( $W$ )同列于表4之中.

表4 鄱阳湖多年平均年、月蒸发量( $E$ )与蒸发水量( $W$ )

Tab.4 Monthly- and yearly-mean evaporation and capacity of Lake Poyang

项 目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年
$E(\text{mm})$	32.7	39.7	42.6	57.3	93.2	109.0	159.1	169.5	152.4	114.6	66.9	44.7	1081.2
占年百分比	3.0	3.6	3.9	5.3	8.6	10.1	14.8	15.7	14.1	10.6	6.2	4.1	100
$W(10^8\text{m}^3)$	0.07	0.15	0.43	1.21	2.31	3.30	5.15	5.77	4.96	2.99	0.60	0.12	27.06
占年百分比	0.3	0.6	1.6	4.5	8.5	12.2	19.0	21.3	18.3	11.0	2.2	0.5	100

由表4可见,鄱阳湖的水面蒸发以8月份最强盛,7-9月水面蒸发量占年蒸发量的44.6%,为水面蒸发旺盛期;以1月份最微弱,12-2月水面蒸发量占年蒸发量的10.7%,是水面蒸发衰弱期.将各月多年平均蒸发量乘以都昌水位站1955-2004年逐月平均水位对应的湖面面积( $F$ ),即得到鄱阳湖多年平均年、月蒸发水量,结果表明,蒸发水量的年内分配特点与蒸发量相似,但集中程度较蒸发量更高,例如7-9月的蒸发水量占年蒸发水量的比例高达58.6%,而12-2月仅占1.4%.8-10月湖面的蒸发水量达 $13.72 \times 10^8 \text{m}^3$ ,是湖区(指入湖各河控制水文站以下、湖口水文站以上的集雨区域)同期水资源总量的1.7倍.

2 近50年来水面蒸发量的变化趋势

2.1 月水面蒸发量的多年变化特点

月水面蒸发量越大,其年际变化也越大,如月水面蒸发量在1955-2004年内的变幅以8月份的149.2mm最大,1月份的27.5mm最小.但月水面蒸发量的年际变化强度(用变幅与多年平均值的比值表示)则以12月最大,6月最小(表5).可以看出,除5月份的蒸发量呈增大趋势( $\delta > 0$ )外,其他11个月的蒸发量均呈减小趋势( $\delta < 0$ ).这种减少趋势,从1955-1979年与1980-2004年前、后25年平均年、月水面蒸发量的比较中,得到了相同的验证.年、月蒸发量逐渐减小的变化趋势,在1965-2004年的后40年内表现得更加明显(图1).

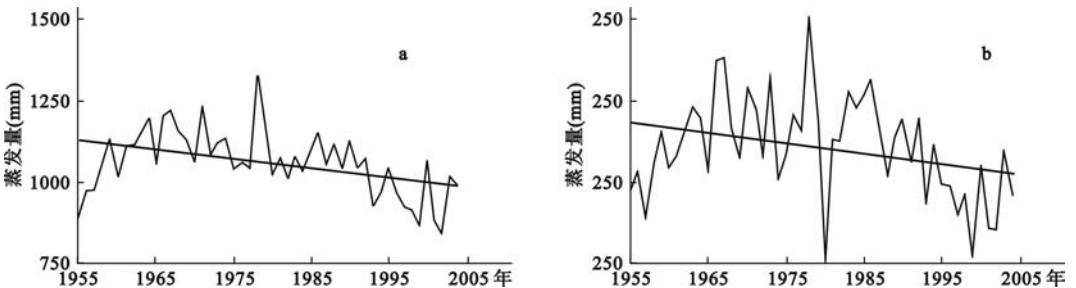


图1 鄱阳湖水面蒸发量年过程线(a)及8月过程线(b)

Fig.1 Evaporation process in the whole year(a) and August (b), Lake Poyang

鄱阳湖水水面蒸发量逐渐减小的趋势在7-9月蒸发旺盛期表现得最为突出,各月水面蒸发量的递减率均在0.5 mm/a以上,其中以8月份最强,月蒸发量的递减率达0.63 mm/a(图1b),对于缓解湖区旱情与取水困难有一定作用.11-2月水面蒸发量递减,对保持湖滩潮湿性、减缓洼地水位降低速度均有一定作用,有利于越冬候鸟栖息地鸟类生存所需适宜环境的维持.

表5 鄱阳湖年、月水面蒸发量的多年变化(mm)  
Tab. 5 Variations of yearly and monthly-mean evaporation in Lake Poyang

项 目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均
最大蒸发量	47.4	57.9	63.2	78.9	126.3	137.0	230.7	250.8	219.7	163.5	97.2	71.1	1373.4
年份	1971	2000	1959	1974	1986	1981	1978	1978	1966	1978	1979	1973	1978
最小蒸发量	19.1	25.1	27.8	38.4	59.0	65.6	92.0	101.6	108.2	82.2	50.0	28.4	856.1
年份	1955	1984	1955	1955	2002	1998	1993	1980	1973	1957	1981	2002	2002
1955-2004年	32.7	39.7	42.6	57.3	93.2	109.0	159.1	169.5	152.4	114.6	66.9	44.7	1081.2
1955-1964年	33.4	41.4	44.7	60.0	84.7	109.4	169.7	165.1	154.7	107.6	64.8	43.9	1079.4
1965-1974年	38.4	39.7	47.0	59.0	99.0	114.9	162.2	187.3	167.6	122.7	73.7	49.5	1161.0
1975-1984年	33.3	37.4	39.9	55.7	94.3	112.2	163.3	182.4	152.5	120.4	72.4	49.2	1113.0
1985-1994年	29.4	38.8	41.6	55.0	99.2	113.8	159.6	175.9	146.0	117.7	62.5	41.7	1081.2
1995-2004年	29.0	38.4	39.9	56.7	88.6	94.6	141.6	137.4	141.3	104.3	61.2	38.9	971.9
1955-1979年	35.6	41.1	44.9	58.9	91.1	111.3	166.9	180.0	161.4	118.8	71.0	47.4	1128.4
1980-2004年	29.7	37.1	40.5	55.8	95.3	106.7	151.6	159.2	143.4	110.0	62.8	42.0	1034.1
变化速率 (mm/a)	-0.18	-0.08	-0.10	-0.07	0.07	-0.30	-0.59	-0.63	-0.50	-0.06	-0.17	-0.18	-2.79

## 2.2 年水面蒸发量的多年变化特点

鄱阳湖年水面蒸发量以1978年的1373.4 mm为最大,2002年的856.1 mm为最小,其多年变化幅度虽然高达517.3 mm,但其变化剧烈程度低于任何月份的月蒸发量变化强度.

年水面蒸发量在近50年中也呈递减趋势,递减率为2.79 mm/a,尤其在后40年中的递减趋势更加明显(图1a),是绝大多数月份的月水面蒸发量呈递减趋势所决定的.

## 3 水面蒸发量递减原因的探讨

鄱阳湖年、月水面蒸发量的上述变化(递减)趋势,与我国长江流域、黄河流域及东、南部很多地方水面蒸发量在近40年来的变化趋势是一致的<sup>[6-8]</sup>,表明水面蒸发量的逐渐减少是一种大范围的自然现象,值得关注.

根据鄱阳湖周边南昌、余干、都昌、星子、湖口五个县气象站(康山、棠荫两站气象资料在1996年之后停测,无法参加分析)1955-1979年与1980-2004年统计资料对比,表明前、后25年的风速变化不明显;气温呈上升趋势,但升幅很小(绝大多数月份为0.05-0.1℃,个别月份0.2℃);相对湿度加大幅度较大(多数月份1%-2%,个别月份3%).说明鄱阳湖年、月水面蒸发量呈递减变化,主要是相对湿度加大造成的.

这一结论还可以通过计算来加以说明:分别将以上五站1955-1979年和1980-2004年平均气温 $T$ 、平均相对湿度 $r$ (经过表3中 $q$ 、 $\Delta r$ 变换后的数值)代入前面的式(3),计算出前、后25年各月的平均蒸发量,统计其差值 $\Delta E$ ( $\Delta E$ =后25年平均蒸发量-前25年平均蒸发量),得到的结果与表5中的统计值基本一致(表6).

表6 鄱阳湖水面蒸发量增量计算结果\*  
Tab.6 Calculations of evaporation increase in Lake Poyang

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	年
$\Delta T(^{\circ}C)$	0.1	0.2	0.2	0.1	0.05	0.1	0.05	0.1	0.1	0.05	0.05	0.2	0.11
$\Delta r(\%)$	2	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	3	1.6
$\Delta E(mm)$	1.7	0.5	0.9	3.8	5.8	6.7	9.7	3.6	2.3	2.0	1.3	2.7	41.0

\* 表中的  $\Delta E$  为负值,

此外,将式(3)分别对  $r$ 、 $T$  微分,得到  $(dE/dr)/(dE/dT) = -14.745[1/(1/f-r)]$ , 其中的  $1/(1/f-r) > 1$ , 所以  $dE/dr$  的绝对值与  $dE/dT$  的比值大于 10, 表明相对湿度加大 1% 引起的水面蒸发量的减小值, 大于气温上升  $1^{\circ}C$  引起的水面蒸发量的加大值. 从这一角度, 也充分说明在气温有所升高 ( $1^{\circ}C$  以下)、相对湿度明显加大 (1% 以上) 的情况下, 水面蒸发量会呈现出减小的演变趋势.

综上所述, 引起鄱阳湖水面蒸发量逐渐减小的主要原因, 是相对湿度呈逐渐加大趋势. 而相对湿度逐渐加大的根源, 可能与大气污染造成的悬浮颗粒增多、云层加厚、云量增大密切相关.

气候变化的根本原因是大气污染不断加剧引起的持续温室效应. 从温室效应理论上讲, 在气温显著升高的同时, 必然会伴随相对湿度的明显加大. 由此可见, 鄱阳湖水面蒸发量递减极可能与温室效应密切相关, 是对气候变化的同步响应. 这一认识与最近美国学者报道的大西洋和太平洋洋面水汽在全球气候变化作用下近几十年内一直呈现增多趋势, 洋面年平均相对湿度大约升高了 2%, 洋面蒸发呈相应的减小趋势也是一致的.

#### 4 结语

本文采用最新实测资料和作者提出的月水面蒸发量简化气候学模型, 计算了鄱阳湖 1955-2004 年历年各月的水面蒸发量, 据此分析了鄱阳湖年、月水面蒸发量在近 50 年内的变化趋势, 是过去从未涉及的内容. 对于造成鄱阳湖年、月水面蒸发量递减的深层次原因, 这种趋势是否会继续维持及将持续多长时间, 年、月水面蒸发量的自然递减与气候变化是否有关及两者的关系将如何演化、会造成何种结果等问题, 本文均无法涉及, 需收集资料做进一步的研究.

致谢: 江西省鄱阳湖水文局的朱建平同志参加了部分计算工作, 谨致感谢.

#### 5 参考文献

[1] 尹宗贤, 闵 骞. 鄱阳湖大水体蒸发实验研究. 海洋与湖沼, 1990, 21(1): 70-79.  
 [2] 闵 骞. 鄱阳湖水面蒸发规律初探. 水文, 1994, 14(6): 35-41.  
 [3] 闵 骞. 水库(湖泊)水面蒸发量推求方法的探讨. 水文, 1991, 11(5): 39-43.  
 [4] 闵 骞. 水面蒸发量的预测. 水资源研究, 2004, 25(2): 24-26.  
 [5] 闵 骞. 水面蒸发预测模型研究. 见: 张建云主编. 中国水文科学与技术研究进展——全国水文学术讨论会论文集. 南京: 河海大学出版社, 2004: 707-713.  
 [6] 万晓凌等. 江苏省蒸发能力特性分析. 见: 黄河水利委员会水文局等单位主编. 全国水文水资源科技信息成果论文集. 2004: 160-164.  
 [7] 姜 彤, 苏布达, 许崇育. 长江流域近 40 年蒸散(发)量变化趋势. 气候变化研究进展, 2005, 1(2): 65-68.  
 [8] 邱新法, 刘昌明, 曾 燕. 黄河流域近 40 年蒸发皿蒸发量的气候变化特征. 自然资源学报, 2003, 18(4): 437-447.