

水资源评价中应注意的两个水面蒸发问题

闵 騫¹, 罗小平², 曾春如³

(1. 江西省鄱阳湖水文局, 江西 九江 332800 ; 2. 江西省南昌县赣抚平原管理站, 江西 南昌 330200 ; 3. 江西省赣抚平原工程管理局, 江西 南昌 330201)

摘要 通过对鄱阳湖区多站点、长序列水面蒸发资料的统计与分析, 指出近 40 年来水面蒸发量呈逐渐递减的趋势, 而利用有关资料, 估算气候变化对鄱阳湖区水面蒸发影响量, 表明年蒸发量将增多 73.6 mm。提出水资源评价中应关注和考虑实测水面蒸发量递减与气候变化对水面蒸发的显著影响两个问题, 应加强两者之间的内在关系及其机理的研究。建议将近 40 年来水面蒸发量变化趋势的分析, 追加为全国水资源综合规划中水资源评价的工作内容, 以弄清全国各地实测水面蒸发量的变化趋势及其空间变化特征。

关键词 水面蒸发 ; 自然递减 ; 气候变化 ; 水资源评价

中图分类号 TP332 **文献标识码** : A **文章编号** : 1004-6933(2007)02-0029-05

Two water surface evaporation problems in water resources evaluation

MIN Qian¹, LUO Xiao-ping², ZEN Chun-ru³

(1. Hydrological Bureau of Poyang Lake in Jiangxi Province, Jiujiang 332800, China ; 2. Management Station of Ganfu Plain in Nanchang County of Jiangxi Province, Nanchang 330200, China ; 3. Administrative Bureau of Ganfu Plain in Jiangxi Province, Nanchang 330201, China)

Abstract Statistical analyses on the long series of water surface evaporation data of multi stations in Poyang Lake indicate that the water surface evaporation capacity is gradually decreasing in the latest 40 years. The effects of climate change on the Poyang Lake were estimated, and it was predicted that the annual water evaporation capacity would increase 73.6mm. Two problems in the water resources evaluation should be concerned, i. e. the gradual decrease of water surface evaporation capacity and the influence of climate change on the evaporation capacity, and the study on the internal relationships and mechanisms of the problems should be enhanced. It is suggested that the analysis of water surface evaporation in the latest 40 years should be a part of water resources assessments of the national water resources planning, which would be useful for finding out the change trend and spatial variation of surface water evaporation capacity in China.

Key words water surface evaporation ; natural decreasing ; climatic change ; water resources assessment

水面蒸发作为蒸发能力的表征, 是水资源评价工作必须涉及的分析内容, 一般以地面 E_{601} 型蒸发器的水面蒸发量为分析依据。地面 E_{601} 蒸发器的使用, 我国各地多始自 20 世纪 60 年代初期, 已积累了 40 余年的实测资料, 这不仅为历次全国水资源调查评价提供了重要依据, 还为水面蒸发量多年变化规律的研究奠定了基础。

在鄱阳湖区(指环鄱阳湖周围地区)自 1964 年起先后在康山、棠荫、都昌 3 处设置了地面 E_{601} 蒸发器, 周围各县气象站自 20 世纪 50 年代起便开展了口径 20 cm 小型蒸发器(简称 Φ_{20} 蒸发器)的水面蒸发量观测。本文利用康山、棠荫、都昌、星子、湖口 5 站水面蒸发量观测资料, 对 1965 ~ 2004 年湖区水面蒸发变化规律进行统计与分析。利用区内都昌蒸发

实验站试验资料,建立月水面蒸发经验公式,用以估算气候变化对鄱阳湖区水面蒸发影响的数量(影响值)。从气象学角度,探讨近 40 年来鄱阳湖区实测水面蒸发量呈递减变化的成因,及其与气候变化之间的可能关系,供水资源评价工作参考。

1 近 40 年鄱阳湖区水面蒸发量变化趋势

1.1 资料来源及处理

以鄱阳湖南岸半岛上的康山站、湖中间岛上的棠荫站、湖北岸的都昌站、湖西北岸的星子站、湖北端的湖口站 5 站水面蒸发量的平均值代表鄱阳湖区的面水面蒸发量。其中都昌站为专门的水面蒸发实验站,康山、棠荫为专设水文气象站,星子、湖口为县级气象站,各站水面蒸发观测仪器与各种蒸发器(指设置在地面观测场内的水面蒸发器,下同)和蒸发资料(指水面蒸发资料,下同)积累情况(年代与年份)见表 1。

表 1 鄱阳湖区各站水面蒸发器及蒸发资料积累情况

蒸发器 名称	资料系列				
	康山站	棠荫站	都昌站	星子站	湖口站
地面 E_{601}	1964 ~ 1968 年 1981 ~ 2004 年	1964 ~ 1968 年 1981 ~ 2004 年	1980 ~ 1999 年		
地面 Φ_{80}	1955 ~ 1963 年 1981 ~ 1991 年	1962 ~ 1963 年 1981 ~ 1991 年	1980 ~ 1994 年		
地面 Φ_{20}	1955 ~ 2004 年	1962 ~ 2004	1980 ~ 1999 年	1955 ~ 2004 年	1955 ~ 2004 年

鄱阳湖区历年各月水面蒸发量的统计,以地面 E_{601} 蒸发器的蒸发量为标准。从表 1 中可见,康山、棠荫两站缺 1969 ~ 1980 年地面 E_{601} 蒸发器的蒸发资料,由本站地面 Φ_{20} 小型蒸发器蒸发量经折算而插补 ($E = K_{20} E_{20}$, E 为地面 E_{601} 蒸发器的蒸发量 ; K_{20} 为地面 Φ_{20} 蒸发器月蒸发量对地面 E_{601} 蒸发器月蒸发量的折算系数, $K_{20} = E/E_{20}$; E_{20} 为地面 Φ_{20} 蒸发器的蒸发量),折算系数 K_{20} 由本站 1964 ~ 1968 年和 1981 ~ 2004 年 E_{601} 、 Φ_{20} 蒸发资料确定(采用多年平均值) 都昌站缺 1965 ~ 1979 年和 2000 ~ 2004 年地面

E_{601} 蒸发量资料,但在该站西北 3 km 处设有都昌县气象站,故可用都昌县气象站 1965 ~ 1979 年和 2000 ~ 2004 年 Φ_{20} 蒸发资料进行插补。插补中用到的 K_{20} 由都昌蒸发实验站 1980 ~ 1999 年地面 E_{601} 、 Φ_{20} 蒸发资料推求 星子、湖口两站均没有地面 E_{601} 蒸发资料,采用本站地面 Φ_{20} 蒸发量与都昌蒸发站折算系数 K_{20} 进行折算法插补 各站地面 Φ_{20} 蒸发器的折算系数见表 2。

表 2 康山、棠荫、都昌三站 K_{20} 值统计

站名	K_{20}											
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
康山	0.78	0.78	0.73	0.66	0.69	0.66	0.71	0.72	0.77	0.77	0.79	0.76
棠荫	0.79	0.76	0.73	0.68	0.67	0.67	0.70	0.73	0.76	0.77	0.81	0.82
都昌	0.74	0.69	0.68	0.63	0.66	0.66	0.65	0.70	0.75	0.76	0.78	0.73

1.2 资料统计与分析

求出各站历年各月地面 E_{601} 蒸发量后,以 5 站的平均值代表湖区面蒸发量,统计鄱阳湖区 1965 ~ 2004 年每 10 a、20 a 及 40 a 平均蒸发量,结果见表 3。

由表 3 可知,除 2 月份外,其他各月的水面蒸发量在近 40 a 来均呈现减小趋势,以 8 月减幅最大,1 月和 6 ~ 7 月及 9 ~ 12 月的减幅均较大,3 ~ 5 月的减幅较小。年水面蒸发量后 20 a 较前 20 a 平均减少 111.6 mm,占 40 年平均蒸发量的 10.1%,可见鄱阳湖区的水面蒸发量在近 40 年来的递减趋势极为显著。

1.3 水面蒸发量变化趋势的衡量指标与计算

水面蒸发量的多年变化趋势,可以用变化率作为衡量指标,它既可反映年、月水面蒸发量的变化趋向(增大或减小),还可以刻画年、月水面蒸发量的变化快慢(增大或减小速度)。变化率的计算公式为

$$K_E = \frac{12 \sum mE - 6(n+1) \sum E}{n(n-1)(n+1)} \tag{1}$$

式中 : K_E 为年、月水面蒸发量的多年变化速率,mm/a ; n 为序列长度,本文 $n = 40$; m 为序号, $m = 1, 2, \cdots, n$; E 为年、月水面蒸发量,mm。

将 $n = 40$ 代入式(1),得到鄱阳湖区年、月水面

表 3 不同时期的鄱阳湖区多年平均蒸发量

时段	蒸发量												年均 蒸发量
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
1965 ~ 1974	53.1	49.1	66.8	75.5	99.6	111.1	161.3	175.8	149.0	110.9	77.5	59.3	1189.0
1975 ~ 1984	46.0	46.2	54.6	71.1	96.8	108.4	162.4	171.2	135.6	108.8	76.1	59.0	1136.2
1985 ~ 1994	40.9	48.0	56.7	70.4	102.0	109.7	159.0	165.2	130.0	106.4	65.7	50.0	1104.0
1995 ~ 2004	40.4	47.4	54.3	72.3	91.2	91.1	141.0	129.1	125.9	94.3	64.1	46.7	997.8
1965 ~ 1984	49.6	47.6	60.7	73.3	98.2	109.7	161.9	173.5	142.3	109.9	76.8	59.1	1162.6
1985 ~ 2004	40.6	47.7	55.5	71.4	96.6	100.4	150.0	147.1	128.0	100.4	64.9	48.4	1051.0
1965 ~ 2004	45.1	47.7	58.1	72.3	97.4	105.1	155.9	160.3	135.1	105.1	70.9	53.7	1106.7
后 20 a 与 前 20 a 之差	-9.0	0.1	-5.2	-1.9	-1.6	-9.3	-11.9	-26.4	-14.3	-9.5	-11.9	-10.7	-111.6

蒸发量变化率的计算公式为 $K_E = (12 \sum mE - 246 \sum E) / 63\,960$ 。

由历年年、月水面蒸发量计算出 $\sum mE$ ($m = \text{年份} - 1965 + 1$) 和 $\sum E$, 即可求出鄱阳湖区年、月水面蒸发量在 1965 ~ 2004 年 40 年中的变化率, 结果见表 4。

表 4 鄱阳湖区年、月水面蒸发量变化率 mm/a

月份	K_E	月份	K_E	月份	K_E
1	-0.44	6	-0.55	11	-0.49
2	-0.07	7	-0.71	12	-0.46
3	-0.34	8	-1.46	年均	-6.41
4	-0.04	9	-0.87		
5	-0.26	10	-0.45		

从表 4 可知, 鄱阳湖区年水面蒸发量以每年 6.41 mm 的速度递减; 月水面蒸发量的递减速度以 8 月最快, 达 1.46 mm/a, 1 月与 6 ~ 12 月水面蒸发量的减速都在 0.4 mm/a 以上; 仅 2 月和 4 月水面蒸发量的减速较小, 在 0.1 mm/a 以下。年、月水面蒸发量的递减趋势, 在其多年变化过程线上, 可以得到直观、清晰的验证, 见图 1、图 2。

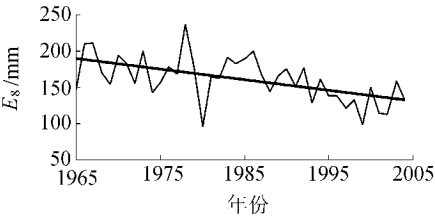


图 1 鄱阳湖区不同年份 8 月蒸发量变化过程线

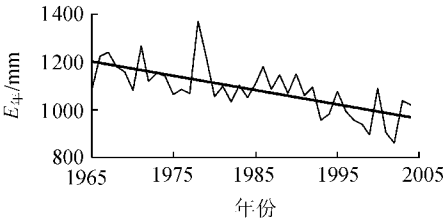


图 2 鄱阳湖区不同年份年蒸发量变化过程线

2 气候变化对鄱阳湖区水面蒸发的影响

近十几年来, 气候变化对水文水资源的影响及应对策略研究备受国家有关部门和社会各界的关注, 目前仍是方兴未艾。水面蒸发作为水文、水资源的基本要素, 主要受气象条件控制。气候变化对水面蒸发必然造成一定影响, 对其进行分析与研究, 是气候变化对水文、水资源影响研究的重要组成部分。目前, 国内外用于气候变化预测的模型, 给出的一般只有气温和降水变化的情景值^[1], 而不给出湿度和风速变化的情景值, 故气候变化对水面蒸发影响值的计算, 是类似于未来月或旬水面蒸发量预测

的问题, 均为无风速资料情况下的长时段水面蒸发量计算问题, 因而可以应用作者过去提出的水面蒸发量预测模型进行计算, 其形式为 $E = SN(1 - fR) \exp(mt)$ ^[2]。本次工作中, 利用鄱阳湖区康山、棠荫、都昌 3 站地面观测场取得的 E_{601} 蒸发量及有关气象因子观测资料, 重新率定模型参数 S 、 m 和 f , 用以估算气候变化对地面 E_{601} 蒸发量的影响值。获得的经验公式为

$$E = 3.60N(1 - fR) \exp(0.0578t) \tag{2}$$

式中: E 为月水面蒸发量, mm; N 为各月的天数, $N = 28, 29, 30, 31$; R 为月平均相对湿度; t 为月平均气温, $^{\circ}\text{C}$; f 为随季节更替而变化的系数, 其各月取值见表 5。

利用式(2)推求气候变化对水面蒸发影响的数量, t 的数值可由气候变化预测模型直接给出, 但气候变化预测模型不直接给出 R 的数值, 所以计算中无法采用气候变化中的 R 的情景值, 但由降水量变化引起的相对湿度的改变量, 可用历史资料反映的相对湿度与降水量关系进行确定, 估计公式为

$$\Delta R = \alpha \Delta P / \bar{P} \tag{3}$$

式中: ΔR 为某月平均相对湿度与其多年平均值的差值, 即距平差 $\Delta R = R - \bar{R}$, $\bar{R}$ 为 R 的多年平均值; ΔP 为同月降水量的距平值, 即 $\Delta P = P - \bar{P}$, P 为该月降水量, $\bar{P}$ 为 P 的多年平均值; α 为经验系数, 由鄱阳湖区 5 站资料求出, 多年平均 α 值列于表 5。

表 5 鄱阳湖区多年平均 f 、 α 值

月份	f	α		月份	f	α	
		$\Delta P > 0$	$\Delta P < 0$			$\Delta P > 0$	$\Delta P < 0$
1	0.90	0.05	0.04	7	0.95	0.03	0.08
2	0.92	0.08	0.08	8	0.94	0.03	0.04
3	0.93	0.05	0.05	9	0.93	0.02	0.03
4	0.94	0.06	0.07	10	0.92	0.04	0.08
5	0.93	0.04	0.12	11	0.90	0.03	0.08
6	0.93	0.02	0.03	12	0.90	0.04	0.08

文献[3]中给出了与鄱阳湖区相邻的赣江流域 2021 ~ 2050 年气温和降水的情景值及其相对于 1961 ~ 1990 年的增量 Δt 和 ΔP , 由于鄱阳湖区的北界距赣江流域的北部边缘 (与鄱阳湖区的交界) 在 100 km 以内, 故可将文献[3]中提供的赣江流域的 Δt 和 ΔP 值, 用以估算气候变化对鄱阳湖区水面蒸发量影响的数值 ΔE 。计算步骤为: 先由各月的 ΔP 通过式(3)计算出相应的 ΔR , 得到 2021 ~ 2050 年湖区各月的平均相对湿度为 $\bar{R} + \Delta R$, 同时期各月的平均气温为 $\bar{t} + \Delta t$, 再将 $\bar{t} + \Delta t$ 和 $\bar{R} + \Delta R$ 代入式(2), 即可计算出 2021 ~ 2050 年湖区各月的水面蒸发量 $\bar{E} + \Delta E$, 及气候变化对湖区各月水面蒸发量的影响量 ΔE ($\Delta E = (\bar{E} + \Delta E) - \bar{E}$)。其中 $\bar{R}$ 、 $\bar{P}$ 、 $\bar{t}$ 、 $\bar{E}$ 为现阶段

(1980~1999 年)各月的平均相对湿度、降水量、气温和蒸发量,即以 1980~1999 年 R 、 P 、 t 、 E 的平均值 $\bar{R}$ 、 $\bar{P}$ 、 $\bar{t}$ 、 $\bar{E}$ 作为比较基准。计算结果见表 6。

表 6 气候变化对鄱阳湖区水面蒸发影响量计算结果

月份	$\Delta t/^{\circ}\text{C}$	$\Delta P/\text{mm}$	$\Delta R/\%$	$\Delta E/\text{mm}$	$(\Delta E/\bar{E})/\%$
1	1.5	4	0.4	2.8	7.6
2	1.5	8	0.7	2.3	6.1
3	2.1	-10	-0.4	6.2	14.3
4	1.3	29	0.9	6.9	12.0
5	1.1	-12	-0.7	8.7	9.2
6	1.0	-18	-0.2	6.9	6.4
7	1.2	31	0.6	6.5	4.7
8	1.1	24	-0.1	11.2	7.0
9	1.2	34	0.7	5.7	4.8
10	1.4	31	0.2	6.5	7.3
11	1.3	34	1.5	1.8	2.7
12	1.4	-12	-2.6	8.1	16.4
年均变化量	1.4	117	0.4	73.6	7.4

由表 6 可见,在只考虑气候变化中的气温升高和降水量增减(Δt 和 ΔP)的情况下,鄱阳湖区各月的水面蒸发量均会增大,2021~2050 年年水面蒸发量将比现在平均每年增大 73.6 mm,增幅为 7.4%,表明气候变暖和降水量增减对水面蒸发有显著影响。

3 亟须研究的两个重大问题

3.1 实测水面蒸发量递减原因与机理

从表 3、表 4 可知,鄱阳湖区实测水面蒸发量在 1965~2004 年的 40 年里呈现出快速递减的趋势,是各测站水面蒸发量递减的反映。这种现象不仅在鄱阳湖区和江西省出现,在我国东部乃至全国均出现了地面 E_{601} 实测水面蒸发量在近 40 年里来快速减小的现象^[4]。例如文献[4]列举的江苏省 20 个蒸发观测站地面 E_{601} 年蒸发量 1981~2000 年较 1961~1980 年平均减小 142.5 mm,占 1981~2000 年平均年水面蒸发量的 16.6% 前、后 20 年平均年蒸发量减少最多的站达 296.4 mm,降幅为 26.1%。

将鄱阳湖区 5 站年、月平均气温、相对湿度、风速等影响水面蒸发的主要气象因子,进行 1965~1984 年与 1985~2004 年前、后 20 年平均值比较,结果表明:风速的变化不明显;气温呈上升趋势,但升幅很小(绝大多数月份为 0.1~0.2℃)相对湿度呈较大幅度(1%~3%)的加大趋势。说明鄱阳湖区年、月水面蒸发量递减,主要是相对湿度加大造成的。这一结论还可以用一个算例来加以说明,令 $t=20^{\circ}\text{C}$, $R=0.80$, $f=0.90$, $\Delta t=0.2^{\circ}\text{C}$, $\Delta R=0.02$,

由式(2)计算的月(令 $N=30$)水面蒸发量的增量 $\Delta E = -5.2\text{ mm}$ 。

相对湿度的加大,极有可能与大气污染造成的空气中悬浮颗粒增多,云量增加,云层增厚密切相关。这种认识,与近 20 年来人们议论最多的温室效应是一致的。限于资料,作者暂无法对全国各地水面蒸发量递减与影响水面蒸发的主要气象因子的变化之间的关系进行深入的分析,因此,上面对实测水面蒸发量递减原因与机理的认识是否完全正确,还有待进一步考证。呼吁有关部门、有关专家加强对实测水面蒸发量递减现象的调查,以及对其成因与机理的深入研究。

3.2 水面蒸发量递减与气候变化的关系

近十几年来水面蒸发量呈递减变化,气候朝气温升高、降水量有增有减(有的地方降水增多,有的地方降水减少,有的月份降水增多,有的月份降水减少)方向变化,均得到了实测资料的验证,是无须争辩的事实。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,在气温显著提高的同时,必然会伴随相对湿度的明显增大;又从鄱阳湖区实测水面蒸发量递减主要由相对湿度增大而造成的事实上看,水面蒸发量递减与温室效应密切相关。综合上述分析,可以得到以下结论:近 40 年来鄱阳湖区等地实测水面蒸发量的递减,实际上就是气候变化的反映,即水面蒸发量递减是对气候变化的同步响应。

但由于目前建立的气候变化预测模型只给出气温与降水两个气象因子的增量 Δt 和 ΔP ,而不给出其他气象因子的变化值。众所周知,影响水面蒸发的主要气象因子有 3 个,分别为温度(常用气温表示)、湿度(常用相对湿度表示)和风速,气候模型只给出了其中的温度 1 个因子的情景值,而未给出另外两个因子的情景值。尤其是相对湿度的变化值,是气候变化中对水面蒸发量影响值计算的关键因子之一(另一个关键因子是气温的变化值),没有此因子的参与,气候变化对水面蒸发影响量计算必然会得出不合理的结果。前面利用式(2)和 ΔP 、 Δt 计算出的鄱阳湖区各月的 ΔE 为正值(表示气候变化使湖区各月水面蒸发量增大),与在气候变化背景下实测水面蒸发量递减的统计结论相反,即是这一结果的体现。出现计算结果与统计事实相互矛盾的具体原因,在于参加计算的相对湿度的改变量 ΔR 中,只包含了月降水量变化引起的相对湿度的改变(用 ΔR_p 表示),而未包含温室效应引起的相对湿度的改

变(用 ΔR_w 表示)前者一般较小,后者可能较大,一般情况下 $\Delta R_w > \Delta R_p$ 。也就是说气候变化下相对湿度的改变量应包含 ΔR_w 和 ΔR_p 两部分,即 $\Delta R = \Delta R_p + \Delta R_w$ 。而前面的计算中采用的是 $\Delta R = \Delta R_p$ 。从式(2)中可见,气温升高使水面蒸发量增大,相对湿度加大使水面蒸发量减小,气候变化对水面蒸发量影响值为两者之和,由此可知,用 Δt 和 $\Delta R = \Delta R_p$ 计算的 ΔE_1 ,远大于由 Δt 和 $\Delta R = \Delta R_p + \Delta R_w$ 计算的 ΔE_2 ,甚至出现 $\Delta E_1 > 0, \Delta E_2 < 0$ 的相反结果。如前面计算的 ΔE 即为 ΔE_1 ,得到的即是 $\Delta E = \Delta E_1 > 0$ 的结果。如果以 $\Delta t = 0.5^\circ\text{C}$ 与 $\Delta R = 1\%$ 或 $t = 1.0^\circ\text{C}$ 与 $\Delta R = 2.1\%$,或 $\Delta t = 1.5^\circ\text{C}$ 与 $\Delta R = 3\%$ 计算 ΔE ,得到的即是 $\Delta E = \Delta E_2 < 0$ 的结果。表明如果能综合考虑气候变化中气温升高、降水增减及相对湿度加大(指温室效应引起的相对湿度的加大)对水面蒸发的共同影响,即由 Δt 和 $\Delta R = \Delta R_p + \Delta R_w$ 计算气候变化造成的水面蒸发量的增量 ΔE ,则得到的 ΔE 不应是正值,而是与实测资料统计得出的水面蒸发量递减一致的负值(即 $\Delta E < 0$)。这一结论在鄱阳湖区和江苏省已得到了实测资料的检验。

根据以上几点认识,可以得出以下一个重要的推论:随着气候变化的继续,水面蒸发量递减趋势不仅在过去几十年一直持续存在,而且在今后仍会维持。这一推论对当前科学界普遍流行的“气候变化使水面蒸发加剧,水循环增强”的观点提出了质疑。事关重大,希望水文、水资源领域的专家和学者积极参与对此质疑的讨论与争论。

从江苏省沿海地区(如海安、阜宁、盐城、大丰闸、遥望闸、石梁河水库等测站)地面 E_{601} 实测年蒸发量 1981 ~ 2000 年较 1961 ~ 1980 年平均减小 139.6 mm 上看,海面蒸发量也呈减小趋势,这为作者提出上述质疑提供了一定的支持。但中国近海洋面与世界洋面蒸发的变化是否与此一致,还有待研究。

(上接第 28 页)

[2] 蔡明,白丹. 遗传算法在水污染控制系统最优规划中的应用[J]. 西安理工大学学报,2002,18(1): 58-61.
[3] 云庆夏,黄光球,王站权. 遗传算法和遗传规划——一种搜索寻优技术[M]. 北京:冶金工业出版社,1997: 32-50.
[4] 卢名高,刘庆吉. 最优化应用技术[M]. 北京:石油工业出版社,1997.
[5] 周明,孙树栋. 遗传算法原理及应用[M]. 北京:国防工业出版社,1999.

以上仅为作者通过部分工作得到的结论,暂未得到大范围实测水文、气象资料的验证,因此,对于水面蒸发量递减与气候变化之间究竟存在怎样的关系,不仅需要收集大范围实测水文、气象资料作全面的论证,更需要从理论上做深入的研究。

4 结 语

本文以鄱阳湖区为例,通过资料分析与模拟计算,提出了实测水面蒸发量递减与气候变化对水面蒸发影响两个问题,认为两者之间可能存在着必然关系,需要对其进行全面论证与深入研究。建议水文部门与气象部门合作,研制能直接给出相对湿度变化或水面蒸发量变化情景值的气候变化预测模型。同时,建议有关部门将全国各地近 40 年来水面蒸发量变化趋势及其空间分布规律分析追加为全国水资源综合规划中水资源评价的工作内容。

此外,如果本文提出的结论与推论成立,则过去几十年在气候变化对江河径流影响方面的研究成果需要进行全面校核与更改;气候变化对水循环影响方面的已成认识,也需要重新斟酌。

参考文献:

[1] 张建云,章四龙,李岩. 水文科学面临的气候变化问题 [C]//张建云. 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: 3-13.
[2] 闵骞. 水面蒸发预测模型研究 [C]//张建云. 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.
[3] 陈德亮,高歌. 气候变化对长江流域汉江和赣江径流的影响[J]. 湖泊科学,2003,15(增刊): 105-114.
[4] 万晓凌,马倩. 江苏省蒸发能力特征分析 [C]//黄河水利委员会水文局. 全国水文水资源科技信息成果论文集. 郑州:黄河水利委员会,2004: 160-164.

(收稿日期:2005-08-01 编辑:高渭文)

[6] WOLFGANG R,POUAL H. Genetic algorithms in real time control applied to minimize transient pollution from urban wastewater systems [J]. Water Resource, 1999,33(5): 1265-1277.
[7] 程声通,陈毓龄. 环境系统分析[M]. 北京:高等教育出版社,1990: 143-145.
[8] 张文修,梁怡. 遗传算法的数学基础[M]. 西安:西安交通大学出版社,2000: 9-12.

(收稿日期:2005-00-00 编辑:高渭文)