

预测水面蒸发量的简易方法

闵 骞

(江西省都昌蒸发实验站, 江西 都昌 332600)

摘要:以气温和中雨以上降水天数为因子, 建立两个预测月、旬水面蒸发量的简易公式. 检验表明, 其拟合误差和预测误差都较小, 可以应用在水资源分析与预测等实际生产中.

关键词:水面蒸发量; 预测; 气温; 中雨以上降水天数

中图分类号: P333.1

文献标识码: A

文章编号: 1006-7647(2002)03-0021-02

近几年来, 随着水资源科学管理水平与要求的不断提高, 水面蒸发量的预测已引起人们的重视. 预测方法主要有时间序列分析法和气候模型法, 前者依据水面蒸发随时间的变化规律, 建立外延型预测模型; 后者根据水面蒸发量与气象因子间的经验关系, 利用气象部门发布的气象因子预报值, 估算水面蒸发量预测值, 即以经验公式作为水面蒸发量预测模型. 前者操作简便, 但不确定性大, 精度较低; 后者需要以气象预报结果为依托, 其精度主要依赖于气象预报的准确程度. 一般认为后者比前者的物理机制更明确, 预测结果的可靠性更高.

作者曾以彭曼公式为基础, 建立了一个预测水面蒸发量的气候学模型^[1]. 其优点是充分利用了水面蒸发实验中取得的各项资料及它们之间关系的信息, 但公式结构较复杂, 中间环节较多, 因此, 该预测模型的不确定性影响因素也较多.

本文试图利用与文献[1]中相同的气象预报因子, 建立结构更简便的水面蒸发量气候学预测模型, 目的在于从公式结构上尽可能减少中间计算环节和影响预测模型精度的不确定性因素.

1 模型与因子的选择

目前我国广泛应用的水面蒸发量计算模型, 除彭曼公式之外, 还有道尔顿公式和质量转移公式, 它们的表达式分别为^[2]:

$$E = \Delta e (A + BW^\alpha) \quad (1)$$

$$E = C\Delta e W \quad (2)$$

式中: E 为水面蒸发量; Δe 为饱和水汽压差; W 为风速; A, B, α, C 为经验系数.

将以上两式对 W 求导, 得到:

$$\frac{dE}{dW} = \alpha BW^{\alpha-1} \Delta e \quad (3)$$

$$\frac{dE}{dW} = C\Delta e \quad (4)$$

由式(3)和式(4)可见, 水面蒸发量 E 随风速 W 的变化(即 W 对 E 的影响)受到饱和水汽压差 Δe 的制约, 说明 Δe 不仅是 E 的主要影响因素, 还是影响 $E \sim W$ 关系的重要因素; 另外, 各地在水面蒸发实验资料的分析中均发现, $E \sim \Delta e$ 的相关密切程度远远高于 $E \sim W$, 表明 Δe 对 E 的作用明显大于 W 对 E 的作用, Δe 是影响 E 的最重要因子.

前面已经说过, 使用气候模型法预测水面蒸发量的基础, 是首先要知道有关气象因子的预报结果. 因此, 水面蒸发量预测模型的结构及其所包含的因子(自变量)均由气象预报所给出的条件决定. 目前我国气象部门对月、旬的气候预报, 一般只给出气温与降水(包括降水量和各级降水的的天数)的预报值, 而不给出风速预报值, 故水面蒸发量预测模型中不能包含风速. 取消风速后(相当于以一个常数代替 W), 式(1)和式(2)可以统一写成:

$$E = s\Delta e \quad (5)$$

其中 $\Delta e = e_0 - e$, e_0 为表面水温对应的饱和水汽压, e 为水面以上空气的实际水汽压, 它们分别由以下两式确定:

$$e_0 = 6.1 \exp\left(\frac{L}{273R_v} \cdot \frac{t}{273+t}\right) \quad (6)$$

$$e = \rho_v R_v (273 + T) \quad (7)$$

式中: t 为表面水温; T 为空气温度; ρ_v 为水汽密度; L 为水的蒸发潜热; R_v 为水汽的比气体常数.

一般情况下, 表面水温 t 与气温 T 之间呈线性

关系^[3],因而, Δe 与 T 的关系可以概化为

$$\Delta e = a \exp(bT) \quad (8)$$

式中: a 和 b 均为系数.将式(8)代入式(5),并令 $m = Sa$,成为

$$E = m \exp(bT) \quad (9)$$

如果进一步考虑不同季节之间相对湿度 r 的差异及其对水面蒸发的影响,可以加入相对湿度函数 $g(r)$ 对式(9)进行修正,成为

$$E = m' g(r) \exp(b'T) \quad (10)$$

式(9)和式(10)即为本文采用的水面蒸发量预测模型.

2 预测公式的确定与检验

对式(9)两边取对数,得 $\ln E = \ln m + bT$,由 $\ln E \sim T$ 相关分析,求出 $m = 0.7525$, $b = 0.06782$,得出以下经验公式:

$$E = 0.7525 N \exp(0.06782 T) \quad (11)$$

式中: E 为月或旬水面蒸发量,mm; T 为月或旬平均气温, $^{\circ}\text{C}$; N 为月或旬的天数,d.

式(10)中的参数 m' 、 b' 和函数 $g(r)$ 是在式(11)基础上经辗转相关分析得到的,步骤如下:

a. 假定 $m' = 4m$ (经试验决定取用 $\frac{m'}{m} = 4$), $b' = b$,将式(11)代入式(10)得 $g(r) = \frac{E}{4 \times 0.7525 \exp(0.06782 T)}$.

b. 点绘 $g(r) \sim r$ 相关点群分布图,表明两者的关系可以用 $g(r) = q + u(1 - r^2)^{1/2}$ 函数描述,由 $g(r) \sim (1 - r^2)^{1/2}$ 相关分析求得 $q = 0.09$, $u = 0.2567$,即 $g(r) = 0.09 + 0.2567(1 - r^2)^{1/2}$.

c. 将 $g(r) = 0.09 + 0.2567(1 - r^2)^{1/2}$ 代入式(10),有 $\frac{E}{g(r)} = m' \exp(b'T)$,即 $\ln \frac{E}{g(r)} = \ln m' + b'T$,经过 $\ln \frac{E}{g(r)} \sim T$ 相关分析,求得 $m' = 3.2806$, $b' = 0.06373$,得到第2个经验公式:

$$E = 3.2806 [0.09 + 0.2567(1 - r^2)^{1/2}] N \exp(0.06373 T) \quad (12)$$

式(11)和式(12)就是本文提出的两个水面蒸发量简便预测公式.其中式(12)中的 r 为月或旬平均相对湿度(用小数表示),它的确定方法在文献[1]中已作讨论,是由每个月或旬内的中雨以上天数 n 查算而得的.

利用式(11)和(12)计算江西都昌蒸发实验站1980~1995年逐月、旬水面蒸发量,与实测蒸发量进行比较,得出其拟合误差,见表1.

表1 式(11)和式(12)拟合误差统计(1980~1995年)

公式	时段	均方误差 /mm	平均相对 误差/%	合格率/%	
				$\pm 10\%$ 以内	$\pm 20\%$ 以内
式(11)	月	13.1	12.4	53.0	81.7
	旬	5.5	13.7	52.1	80.1
式(12)	月	10.4	10.1	64.4	89.9
	旬	4.6	11.8	63.2	87.8

由表1可见,式(11)的误差稍大于式(12)的误差,且均大于文献[1]中修正彭曼公式的拟合误差,但差别不大,表明式(11)和式(12)的拟合效果与修正彭曼公式相当,可用作水面蒸发量的预测.

根据江西省都昌县气象站1996~1999年逐月、旬发布的中长期气象预报(公告)资料,利用式(11)和式(12),计算各月、旬水面蒸发量的预测值,与都昌蒸发站水面蒸发量实测值进行对比,表明其预测误差仅稍大于文献[1]中修正彭曼公式的预测误差,可以达到生产上的基本精度要求,见表2.

表2 式(11)和式(12)预测误差统计(1996~1999年)

公式	时段	均方误差 /mm	平均相对 误差/%	合格率/%	
				$\pm 10\%$ 以内	$\pm 20\%$ 以内
式(11)	月	13.6	14.4	42.0	69.8
	旬	5.7	15.6	41.3	70.1
式(12)	月	10.8	13.8	51.2	73.6
	旬	5.1	14.9	52.7	76.2

3 结 语

我国水面蒸发量的预测目前仍处在试验研究阶段.各地在水资源规划和调度工作中,多以水面蒸发量的多年平均值作为未来年、月、旬水面蒸发量的估计值,这与社会经济发展对水资源科学管理要求日益提高的形势不相适应.

但由于水面蒸发量难以准确测量,加上其影响因素众多,影响机制十分复杂,而且受微地形、微气象条件的影响极为敏感,致使水面蒸发量的计算直到今天依然非常困难,因而水面蒸发量的预测就更加困难,是水文、水资源科学领域亟待解决的复杂技术难题,希望引起有关部门的高度重视.

参考文献:

- [1] 闵寿.利用彭曼公式预测水面蒸发量[J].水利水电科技进展,2001,21(1):37~39.
- [2] 施成熙,卞毓明,朱晓原.确定水面蒸发模型[J].地理科学,1984(1):1~10.
- [3] 施成熙,汪宪枢,窦鸣身,等.中国湖泊概论[M].北京:科学出版社,1989.69~75.

(收稿日期:2001-02-27 编辑:熊水斌)