

短时段水面蒸发量计算方法的选择

闵 騫

(江西省鄱阳湖水文气象实验站, 都昌 332600)

提 要

分别采用折算系数法、彭曼公式法、道尔顿公式法计算都昌蒸发站旬与日短时段水面蒸发量, 比较表明, 用道尔顿公式法计算短时段水面蒸发量的误差最小, 彭曼公式次之, 折算系数法的误差最大, 不宜用作短时段水面蒸发量的计算。

关键词: 短时段 水面蒸发量 折算系数法 彭曼公式法 道尔顿公式法

引 言

过去对水面蒸发量计算方法的研究, 都是以年或月为计算时段, 即研究的都是年或月水面蒸发量的计算方法。随着经济的不断发展, 对旬、日短时段水面蒸发量资料的需要日益突出, 特别在北方地区, 水利工程规划、农业生产部署及农业气象服务、农业水文计算等诸多工作中都要使用旬、日蒸发量资料。因此, 有必要研究短时段水面蒸发量的计算方法。

1 旬蒸发量计算方法的比较

1.1 用折算系数法计算旬蒸发量

用都昌蒸发站 1980—1987 年逐旬水面蒸发量资料, 统计地面观测场 Φ_{20} 小型蒸发器旬蒸发量对小东湖旬蒸发量(用文献[1]中的方法确定)的折算系数, 以各旬折算系数的多年平均值 \bar{R}_{20} 作为旬蒸发量的依据, 用它重新计算都昌蒸发站(小东湖, 下同)1980—1987 年逐旬蒸发量。结果表明, 用折算系数法计算旬蒸发量的误差很大(平均相对误差在 25% 以上, 相对误差在 $\pm 20\%$ 以内的合格率低于 50%), 达不到生产上的一般精度要求。

1.2 用彭曼公式法计算旬蒸发量

计算公式如下:

$$E_x = \frac{\Delta R_x + r E_{a(x)}}{\Delta + r} \quad (1)$$

式中 E_x 为旬蒸发量(mm); R_x 为旬辐射平衡值; $E_{a(x)}$ 为旬空气干燥力; Δ 为饱和水汽压曲线的斜率($\text{hPa} \cdot \text{K}^{-1}$); r 为干湿表常数($\text{hPa} \cdot \text{K}^{-1}$)。

其中的 R_x 采用下式计算:

$$R_x = (1 - \alpha) Q_x - F_x \quad (2)$$

式中, Q_x 为太阳辐射旬总量; F_x 为旬有效辐射值; α 为水面反射率, 取 $\alpha = 0.10$ (在鄱阳湖面航测实验中得到的结果)。

式(2)中的 Q_x 采用都昌蒸发站实测值, F_x 引用文献[2]公式计算:

$$F_x = \sigma \bar{T}_x^4 (0.32 - 0.026 \sqrt{\bar{e}_x}) (0.30 + 0.70 \frac{s_x}{s_{ax}}) \quad (3)$$

式中, \bar{T}_x 为旬平均气温(K); \bar{e}_x 为旬平均水汽压(hPa), s_x 为旬日照时数; s_{ax} 为旬理论日照时数。

为提高计算精度, $E_{a(x)}$ 参照文献[3]中的方法采用以下经验公式确定:

$$E_{a(x)} = 0.0086 (e_0 - e_{150})_x^{3.48} - 4.0 \quad (4)$$

式中的 $(e_0 - e_{150})_x$ 为用东湖表面水温计算的旬平均饱和水汽压力差(hPa)。

用式(1)~(4)计算都昌蒸发站 1980—1987 年逐旬蒸发量的误差见表 1。

表1 用彭曼公式计算旬蒸发量的误差

误差名称	均方误差/mm	平均相对误差/%	合格率	
			±10%以内	±20%以内
数值	4.2	12.2	40.0	73.8

由表1可见,用彭曼公式法计算旬蒸发量的误差也较大,但可以达到一般的精度要求。

1.3 用道尔顿公式法计算旬蒸发量

点绘旬蒸发量与旬平均饱和水汽压力差的比值 $A_x = E_x / (e_0 - e_{150})_x$ 和旬平均风速(1.5m高度的风速,下同) W_x 相关点聚图(图1),点群呈直线形带状分布,表明两者之间有较密切的线性关系,经验公式如下:

$$E_x = 0.171n(e_0 - e_{150})_x \cdot (1 + 0.427W_x) \quad (5)$$

式中 W_x 为旬平均风速($m \cdot s^{-1}$); n 为各旬的天数,即 $n=8-11$ 。

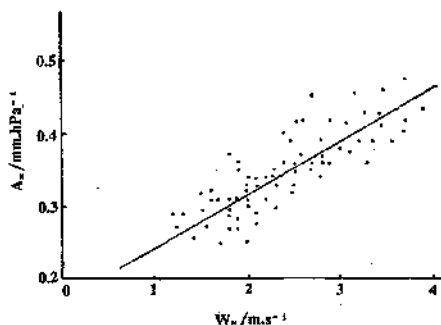


图1 A_x-W_x 相关图

用式(5)计算旬蒸发量的误差很小(见表2),完全可以满足生产上较高的精度要求。

1.4 三种方法的比较

表2 用道尔顿公式计算旬蒸发量的误差

误差名称	均方误差/mm	平均相对误差/%	合格率	
			±10%以内	±20%以内
数值	2.2	9.8	76.4	98.6

从上面的误差统计结果中可见,对于旬蒸发量的计算,道尔顿公式的精度最高,彭曼公式的精度尚可达到合格标准,折算系数法的精度很差。因此,选择道尔顿公式法计算旬蒸发量;彭曼公式法仅能在精度要求不高的旬蒸发量的计算中使用。

2 日蒸发量计算方法的比较

分析表明,用折算系数法计算水面蒸发量的误差随着计算时段的缩短而迅速加大^[4],故日蒸发量的计算更不能采用折算系数法。

2.1 用彭曼公式法计算日蒸发量

用彭曼公式法计算日蒸发量的均方误差达0.84mm,平均相对误差20.6%,相对误差在±10%、±20%以内的合格率分别为32.1%和58.1%,达不到生产上起码的精度要求。

2.2 用道尔顿公式法计算日蒸发量

将逐日资料按日平均风速 $W_x=0-0.5; 0.6-1.0; \dots; 4.6-5.0; 5.1-5.5 m \cdot s^{-1}$ 分成11组,统计各组内日蒸发量与日平均饱和水汽压力差的比值的平均值 $A_x = E_x / (e_0 - e_{150})_x$ 和风速的平均值 W_x ,点绘 A_x-W_x 相关图(图2),相关点群成线性分布,经验公式

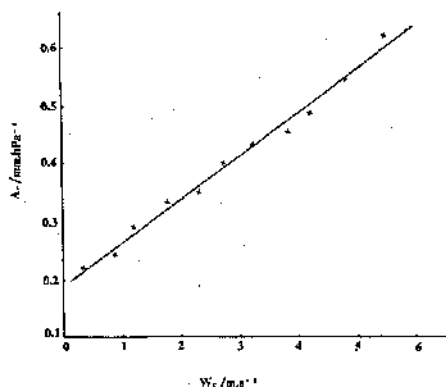


图2 A_x-W_x 相关图

为:

$$E_r = \frac{0.187(e_0 - e_{150})_r}{(1 + 0.392W_r)} \quad (6)$$

式中, E_r 为日蒸发量(mm); $(e_0 - e_{150})_r$ 为日

平均饱和水汽压力差(hPa); W_r 为日平均风速($m \cdot s^{-1}$)。

用式(6)计算都昌蒸发站 1980—1987 年逐日蒸发量,其误差见表 3。

表 3 用道尔顿公式计算日蒸发量的误差

误差名称	均方误差/mm	平均相对误差/%	合格率	
			±10%以内	±20%以内
数值	0.47	10.3	61.1	87.5

由表 3 可见,用式(6)计算日蒸发量的误差较小,可以达到生产上较高的精度要求。

2.3 两种方法的比较

以上分析表明,对于日蒸发量的计算,道尔顿公式法的精度较高,彭曼公式法的精度较低(折算系数法的精度很低),因此,应选择道尔顿公式法计算日蒸发量。

3 几点看法

3.1 水面蒸发量计算方法的评定标准

对于如何评定水面蒸发量计算方法,水利、气象部门到目前为止都未制定统一的标准。作者根据水面蒸发量变化特征及其计算方法的发展水平,结合水利部门对水资源评价中水量平衡计算精度的要求,提出以下评定标准:(1)平均相对误差(即 $\bar{\delta} = \sum_1^n \left| \frac{\hat{E} - E}{E} \times 100\% \right| / n$, \hat{E} 为水面蒸发量的计算值, E 为水面蒸发量的实际值)在 10% 以下,相对误差在 ±20% 以内的合格率($\left| \frac{\hat{E} - E}{E} \times 100\% \right| \leq 20\%$ 的次数占总次数的百分比)达 80% 以上,该计算方法达到较高的精度要求,为良好计算方法。(2)平均相对误差在 10%—20% 内,相对误差在 ±20% 以内的合格率达 60%—80%,该计算方法达到一般的精度要求,为合格计算方法。(3)平均相对误差在 20% 以上,相对误差在 ±20% 以内的合格率在 60% 以下,该计算方法达不到一般的

精度要求,为不合格计算方法。

3.2 道尔顿公式法精度较高的原因

用道尔顿公式法计算旬、日短时段水面蒸发量的误差较小,原因在于它包含了影响水面蒸发的最主要的因素温度、湿度和风速,而且温度、湿度和风速都是用仪器直接测定的,旬、日平均值统计准确。

3.3 折算系数法误差很大的原因

用折算系数法计算旬、日短时段水面蒸发量的误差很大,主要原因在于折算系数是用两种蒸发器测得的水面蒸发量计算的,而短时段水面蒸发量的观测误差较大,使得用它们统计的折算系数的误差较大。此外,不同蒸发器短时段水面蒸发量之间的差异随时间的变化很大,致使短时段水面蒸发量折算系数变幅很大,很不稳定,难以综合。

3.4 彭曼公式法误差较大的原因

用彭曼公式法计算旬、日短时段水面蒸发量的误差较大,原因主要在于短时段辐射平衡值(R_s 和 R_n)难以确定,例如,目前各种文献中给出的 Q_s 、 F 计算公式都是用长时段(年或月)资料建立的,用以计算短时段太阳辐射总量(Q_s 和 Q_n)和辐射平衡值(R_s 和 R_n)的误差必然很大。

3.5 水面蒸发量计算误差大小与时段长短的关系

时段越短,水面蒸发量的观测误差就越

大,折算系数或水面蒸发量与气象要素的关系就越不稳定,故无论是折算系数法还是彭曼公式法或道尔顿公式法,都是计算的时段越短、计算误差越大。

3.6 减小短时段水面蒸发量计算误差的途径

短时段水面蒸发量观测误差较大,使得不同蒸发器水面蒸发量之间的关系和水面蒸发量与气象要素之间的关系难以揭示,是影响短时段水面蒸发量计算精度的最主要因素,所以,减小短时段水面蒸发量观测误差,是减小短时段水面蒸发量计算误差的主要途径。其中最关键的是要发展高精度仪器,提高大型蒸发池和 E_{601} 型水面蒸发器内水面高度的观测精度。

其次,要研制短时段(旬或日)太阳辐射总量、辐射平衡值的计算公式,以提高彭曼公式在短时段水面蒸发量计算中的应用效果。

4 结语

折算系数法、彭曼公式法及道尔顿公式法是水面蒸发量的常用计算方法,在年、月长时段水面蒸发量计算中应用效果良好,发挥

了重要作用。能否应用在旬、日短时段水面蒸发量计算中,需要试验分析。本文通过比较,表明折算系数法不能用以计算旬、日短时段水面蒸发量;彭曼公式法不能用以计算日蒸发量,只能用以计算旬蒸发量;道尔顿公式法既可用以计算旬蒸发量,也可用以计算日蒸发量,是计算旬、日短时段水面蒸发量最好的方法。

旬、日短时段水面蒸发量计算要比年、月长时段水面蒸发量计算困难得多,且对前者的研究极少,需要从理论和实验上作深入的探讨,建议气象部门设立短时段水面蒸发量计算方法专项科研课题。

参考文献

- 1 闵寿. 小型蒸发器蒸发资料的应用与仪器的改进. 气象, 1990年第9期.
- 2 邓根云. 水面蒸发量的一种气候学计算方法. 气象学报, 1979年第3期.
- 3 闵寿. 彭曼公式应用中的两个问题的探讨. 气象, 1992年第11期.
- 4 闵寿等. 水面蒸发计算中几个问题的研究. 武汉水利电力大学学报, 1993年第2期.

The Choice of Methods of Calculation of Water Surface Evaporation for a Short Range

Min Qian

(The Poyang Lake Hydrometeorological Station, Duchang, Jiangxi Province 332600)

Abstract

Daily and ten-day water surface evaporation are respectively calculated with the conversion coefficient algorithm, the Penman formula and the Dalton formula. The results show that the errors of Dalton are the smallest; that of conversion coefficient algorithm are the greatest, and therefore, the method is unsuitable for the calculation of the water surface evaporation for a short range.

Key Words: water surface evaporation conversion coefficient algorithm Dalton formula Penman formula