

# 南四湖蒸发实验站蒸发器折算系数研究

杜占德 周辑泽

(山东省水文总站, 济南 250014)

**提要** 根据山东省南四湖蒸发实验站历年实测资料, 分析了大型蒸发池与各型号蒸发器水面蒸发量的折算系数及其变化规律, 并对影响蒸发量折算系数的蒸发器安装方式、结构及制作材料等进行了研究和探讨。在此基础上, 综合出了适合本地区的各型号蒸发器的蒸发量折算系数, 可在水资源分析评价和工程水文计算设计中应用。

**关键词** 南四湖 水面蒸发 蒸发折算系数

目前, 虽有许多公式可以计算出水面蒸发量, 但是这些公式中的参数难以确定, 普遍应用受到限制, 所以利用各型号蒸发器观测水面蒸发量仍然是取得蒸发资料的重要手段。在我国水文气象观测中, 这种方法的应用较为普遍, 而且观测年代较长, 但由于所使用的蒸发器型号不同, 受蒸发器安装方式、结构及制作材料等因素的影响, 因而在同一地点由不同型号蒸发器观测得到的蒸发量不同, 而且与天然水体实际的蒸发量也有差异。又因为蒸发器的折算系数是水文计算中的重要参数之一, 在水资源分析与评价中已被广泛应用, 所以, 研究各型号蒸发器蒸发量的折算系数是十分必要的。

南四湖蒸发实验站位于山东省微山县南四湖二级坝东段北侧(117°00'E, 34°53'N), 能较好地代表南四湖的蒸发环境。实验站筹建于1980年, 1985年建成投入使用。实验站设有口径面积100、20、5、3和1m<sup>2</sup>大型蒸发池5套, 设有标准化金属E-601(E-601-1)、器口与地面平行金属E-601(E-601-2)、标准化玻璃钢E-601(E-601-3)、标准化1111-3000、埋土一半1111-3000、套筒1111-3000、暴露地面1111-3000、美国A级皿、Φ-80cm套盆及Φ-20cm蒸发器各一套。为探讨蒸发与水文气象因子之间的关系, 同时开展了辅助项目的观测, 分别有气温、水温、地温、不同高度风速、气压、湿度、日照和降水等项目。

## 1 大型蒸发池与各型号蒸发器折算系数分析

### 1.1 折算系数的计算

以20m<sup>2</sup>蒸发池作为标准大型蒸发池, 与各型号蒸发器水面蒸发量折算系数用下式计算:

$$R = \frac{E_{池}}{E_{器}} \quad (1)$$

式中,  $R$  为折算系数;  $E_{池}$  为大型蒸发池蒸发量;  $E_{器}$  为各型号蒸发器蒸发量。

收稿日期: 1993-08-30; 接受日期: 1994-03-07。

作者简介: 杜占德, 男, 1961年生, 工程师, 1985年华东水利学院毕业, 主要从事水文水资源研究工作。

由(1)式计算得各型号蒸发器多年平均月折算系数(表1)。

表1 20m<sup>2</sup>蒸发池与各蒸发器多年平均月折算系数

Tab. 1 Yearly-mean reduction coefficients in 20m<sup>2</sup> evaporation pool and other evaporators

蒸发器型号	月 折 算 系 数										3~11月 平均值	年内 变幅
	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
E-601-1	0.93	0.89	0.92	0.94	1.00	1.04	1.08	1.05	1.08	1.08	0.99	0.24
E-601-2	1.00	0.96	1.02	1.00	1.06	1.13	1.20	1.13	1.16	1.16	1.07	0.24
E-601-3	0.88	0.84	0.88	0.90	0.97	1.05	1.13	1.04	1.07	1.07	0.98	0.29
TTI 3000	0.93	0.87	0.90	0.91	1.00	1.08	1.09	1.05	1.08	1.08	0.99	0.22
套筒 TTI-3000	0.84	0.86	0.89	0.87	0.92	1.02	1.08	0.99	1.05	1.05	0.95	0.24
埋土一半 TTI 3000	0.86	0.77	0.88	0.85	0.94	1.09	1.12	1.03	1.10	1.10	0.96	0.35
美国 A 级皿	0.81	0.68	0.75	0.73	0.81	0.92	1.01	0.95	1.15	1.15	0.87	0.47
Φ 80	0.78	0.70	0.75	0.73	0.81	0.97	1.07	0.98	1.07	1.07	0.88	0.37
暴露地面 TTI 3000	0.53	0.66	0.73	0.72	0.80	0.99	1.02	0.86	0.90	0.90	0.82	0.36
1m <sup>2</sup> 蒸发池	0.84	0.84	0.95	0.94	1.00	1.06	1.04	0.88	0.83	0.83	0.93	0.23
3m <sup>2</sup> 蒸发池	0.92	0.92	1.02	1.00	1.09	1.14	1.05	0.93	0.89	0.89	1.00	0.15
5m <sup>2</sup> 蒸发池	0.95	0.96	1.02	1.02	1.05	1.08	1.02	0.95	0.93	0.93	0.99	0.17
Φ 20	0.55	0.49	0.52	0.52	0.57	0.61	0.71	0.67	0.75	0.75	0.60	0.26

利用本次分析的各型号蒸发器多年平均月折算系数成果,分别计算历年逐月 20m<sup>2</sup> 蒸发池蒸发量与实测值比较进行误差分析。从计算结果看,采用多年平均月折算系数算得的蒸发量精度较高。计算值与实测值相比,以 E-601-1 误差最小,≤±10%的误差点据合格率为 90.7%;以 Φ-20cm 蒸发皿误差最大,≤±10%的误差点据合格率为 72.1%,其他蒸发器≤±10%的误差点据合格率都在 80%以上(表 2)。

表 2 多年平均月折算系数验算 20m<sup>2</sup> 池蒸发量误差

Tab. 2 Evaporation error of 20m<sup>2</sup> evaporation pool checked by yearly-mean reduction coefficients

蒸发器型号	验算月数	点据合格率(%)			相对误差(%)		
		≤±15%	≤±10%	≤±5%	最大	最小	平均
E-601	13	100.0	90.7	53.5	12.4	0.13	4.7
TTI-3000	13	95.3	81.4	46.5	15.7	0.09	5.4
美国 A 级皿	13	95.3	86.0	48.8	15.9	0.06	5.6
Φ-80	12	97.6	90.5	54.8	18.5	0.11	5.5
Φ-20	13	88.4	72.1	55.8	20.6	0.12	6.7

## 1.2 折算系数的年内变化

从表 1 可以看出,无论哪一型号蒸发器,其折算系数都具有明显的变化规律。且各型号蒸发器折算系数的变化趋势基本相同,一般在 3~4 月出现最小值,以后逐渐增大,在 8~9 月出现最大值。这是因为:3~8 月正值升温期或高温期,在这一时期,小型蒸发器相对于大型蒸发池升温快,易于蒸发。相反,9 月~次年 2 月,处在降温期或低温期,小型蒸发器比大

型蒸发池降温快,蒸发量偏小。这也是折算系数 3~8 月偏大,9 月~次年 2 月偏小的原因之一。从各型号蒸发器多年平均月折算系数年内差值看出,差别较大的是几个直接暴露地面的蒸发器,如  $\Phi$ -80cm 套盆蒸发器折算系数最大月与最小月相差 0.37,美国 A 级皿最大月与最小月相差 0.47,暴露地面 1111-3000 蒸发器最大月与最小月相差 0.36,E-601-1 最大月与最小月相差 0.24。差别较小的是几个蒸发池。

### 1.3 折算系数的年际变化

同时段折算系数年际间虽有变化,但幅度不大,这说明折算系数在同一地点年际间比较稳定。据统计各型号蒸发器年折算系数年际间变化幅度最大的为暴露地面 1111-3000 蒸发器,年变幅为 0.16,最小的为  $\Phi$ -20cm 蒸发器,年变幅为 0.06。

### 1.4 不同典型年折算系数分析

南四湖蒸发站 1985~1990 年实验期间,以 1985 年降水最丰,累计降水量 891.5mm,1988 年降水最枯,3~11 月累计降水仅 375.2mm,1985~1990 年 3~11 月平均降水量为 631.1mm,与 1990 年(625.5mm)比较接近。根据上面的分析,选择 1985 年为丰水年,1988 年为枯水年,1990 年为平水年。

以 E-601-1 蒸发器为例,丰(1985 年)、平(1990 年)、枯(1988 年)水年的 3~11 月蒸发量分别为 712.3、749.7 和 836.1mm。蒸发量丰水年比平水年相对偏小 5.0%,枯水年比平水年相对偏大 11.5%。而这 3 个典型年的年折算系数相对偏差为:丰水年与平水年相等,枯水年比平水年偏大 2%。从上述可知,不同典型年对折算系数的影响不大。这是由于同一典型年各种气象因子在相同时段上对大型蒸发池与小型蒸发器的综合影响程度是一致的,虽然同种蒸发器不同典型年蒸发量有比较大的差异,但是对折算系数的影响不大,因此,不同典型年可以采用同一折算系数。

## 2 蒸发器安装方式、结构及制作材料对折算系数的影响

### 2.1 蒸发器安装方式对折算系数的影响

在同一气象条件下,蒸发器型号相同或相近,由于安装方式不同,它们之间的折算系数也是有差异的。造成这种差异的原因,是由于不同的安装方式改变了蒸发器的边界条件,故在相同气象条件下蒸发器蒸发速率也不一样。埋入土中的蒸发器受风的影响小,因贴近地面的风受地面摩擦速度小,暴露地面的蒸发器受风的影响大,易于蒸发。使暴露地面的蒸发器比埋入土中蒸发器蒸发量偏大,而折算系数偏小。1111-3000 暴露地面比埋入土中折算系数,一般多年平均偏小 17.2%。对套筒蒸发器也有类似的规律,由于套筒蒸发器受内外筒间的水体的隔离,降低了热传导能力,减少了两者的偏离程度,一般多年平均偏小 7.3%。

### 2.2 蒸发器结构对折算系数的影响

在同一气象条件下,不同结构蒸发器折算系数虽有不同,但是差别不大。标准 1111-3000 蒸发器比带套筒 1111-3000 蒸发器折算系数平均偏大 4.2%。

### 2.3 蒸发器制作材料对折算系数的影响

在同一气象条件下,蒸发器的制作材料不同,其他条件相同,折算系数也是不同的。根据南四湖蒸发实验站金属与玻璃钢 E-601 蒸发器对比实验结果,由于受材料属性和热传导性能的影响,改变了水体内部的温度。一般当蒸发器向土壤输热时,金属壁易于传热,使水温比

玻璃钢蒸发器内的水温偏低;反之,则偏高。3~11月平均值折算系数基本相符。两种蒸发器的月折算系数可相差2~5%。

### 3 不同站点折算系数对比分析

通过南四湖蒸发实验站与禹城蒸发实验站实验资料对比分析可以看出,相同蒸发器折算系数在不同地点相同时段上虽然有变化,但是变化幅度不大,即折算系数在不同地点是相对稳定的。从4~10月多年平均折算系数来看,一般南四湖站比禹城站偏大,其最大偏差为7.6%,最小偏差为0。因此认为在同一气候区不同地点,若气象条件差别不大,折算系数的变化也不大,可以直接移用。

### 4 结语

通过以上分析,得出如下结论:

(1) 无论哪种型号蒸发器,其折算系数年内具有明显的变化规律,即最小值出现在3~4月,以后逐渐增大,在8~9月出现最大值。折算系数年际变化较小,比较稳定。

(2) 在不同典型年,尽管大型蒸发池与小型蒸发器蒸发量差别较大,但是对两者比值影响不大,即不同典型年的折算系数是相近的。

(3) 在相同气象条件下,由于蒸发器的安装方式、结构及制作材料不同,造成了折算系数的不同,且仪器间差别较大。同型号蒸发器暴露地面与埋入土中折算系数平均偏小7.3%~17.2%。不同结构蒸发器折算系数虽有不同,但是差别不大。蒸发器的制作材料不同,其他条件相同,折算系数也是不同的,在大多数月份玻璃钢蒸发器的折算系数大于金属蒸发器的折算系数。3~11月平均则基本相同。

(4) 在同一气候区或气象条件差别不大的不同地点,同型号蒸发器的折算系数在相同时段内虽有差异,但相对稳定,差别不大,在做估算时,折算系数可以直接移用。

### 参 考 文 献

- 1 洪嘉珪. 水面蒸发实验研究. 见: 农田蒸发研究. 北京: 气象出版社, 1991
- 2 王积强. 中国北方地区若干蒸发实验研究. 北京: 科学出版社, 1990
- 3 陈天珠. 水面蒸发计算方法的初步研究及E 601蒸发器安装方式和大雨溅水对蒸发影响的探讨. 见: 水文测验学术讨论论文集. 贵阳: 贵州人民出版社, 1983
- 4 裴步祥. 蒸发与蒸散的测定计算. 北京: 气象出版社, 1989

## REDUCTION COEFFICIENTS OF EVAPORATORS IN NANSIHU LAKE EVAPORATION STATION

Du Zhande    Zhou Jize

(*Shandong Provincial Hydrological Service, Jinan 250014*)

### Abstract

The reduction coefficient of water evaporation between evaporation tank and different kinds of evaporators and its varying rules are analyzed, based on the multi-year evaporative data in Nansihu Lake evaporation station in Shandong Province. The installments, the structure and the making-material of the evaporators, which may affect the reduction coefficient, are also studied. Finally, we find out that the coefficient between the evaporation tank and different types of evaporators useful to water resources analysis and evaluation as well as engineering hydrology calculation and design.

**Key Words**    Nansihu Lake, evaporation, evaporator reduction coefficient