

# 几种站网蒸发器的比较试验研究

裴步祥 邹耀芳 高淑东

(气象科学研究院大气探测研究所)

## 提 要

利用1981—1985年在广州、营盘蒸发实验站和北京市气象局观象台进行的几种站网蒸发器与标准蒸发器的比较试验资料, 研究和分析了几种蒸发器的性能, 得出了有意义的结果。

## 一、引 言

蒸发是水文气象站网观测的要素之一。蒸发资料在科研和业务工作中得到了广泛的应用。因此, 各国对蒸发器的设计、安装和使用做了很多工作。世界气象组织根据国际间蒸发器的比较结果<sup>[1][2]</sup>, 推荐苏联的ГГИ-3000和美国A级蒸发器为站网蒸发器, 20平方米蒸发池为水面蒸发的国际标准<sup>[3]</sup>, 以推动蒸发器的标准化, 提高蒸发的观测质量。多年来, 我国气象站网使用20厘米蒸发器测定水面蒸发量, 积累了大量资料。水文部门在ГГИ-3000的基础上, 研制了E601蒸发器, 并在水文、气象站网中逐步推广使用。

虽然蒸发器的研究取得了一些结果, 但也还存在不少问题; 如20厘米蒸发器的测定结果与实际水面蒸发量相差较大, 其测定精确度需通过试验来检验; 另在部分台站使用的E601蒸发器, 由于其器壁易锈蚀, 仪器的可靠性受到影响等。因此, 我们进行了几种站网蒸发器的比较试验, 以便为选择和改进站网蒸发器提供科学依据。

## 二、试验的仪器和方法

1981—1985年在北京市气象局观象台、广州和营盘蒸发实验站, 对20厘米、E601等几种蒸发器进行了比较试验, 取得了蒸发量及有关气象要素的比较完整的观测资料。

试验前购置或加工了9种水面蒸发器。它们可分为3种类型: 20厘米、E601和美国A级蒸发器(见表1)。每种类型包括常规的金属蒸发器和规格相同或相近的玻璃钢蒸发器。美国的X-3型蒸发器<sup>[4]</sup>的口径、深度均与E601蒸发器相近, 故把它列入E601蒸发器类型中。X-3型蒸发器内壁涂黑, 把它与不涂黑的同类型蒸发器进行比较, 以便得出

表 1 试验用9种蒸发器

类 型	名 称	规 格	安 装 和 观 测 方 法	备 注
20厘米蒸发器	金属蒸发器	同地面气象观测规范的规定	同地面气象观测规范的规定	
	玻璃钢蒸发器	深15厘米, 其余同上	观测后加水20毫米, 其余与规范的规定相同	在广州、营盘的试验中, 观测后加水40毫米
	深玻璃钢蒸发器	深20厘米, 其余同上	观测后加水40毫米, 其余与规范的规定相同	
E601蒸发器	金属蒸发器	与601标准规格相同	同地面气象观测规范的规定	
	玻璃钢蒸发器	筒为平底, 高60厘米, 其余同上	同上	
	X-3型(不涂黑)蒸发器	玻璃钢筒外包以泡沫塑料	蒸发器上缘离地面70厘米	
	X-3型蒸发器	内壁涂黑漆	同上	
A级蒸发器	金属蒸发器	直径1.21米, 深25.5厘米	器底距地面10厘米	
	玻璃钢蒸发器	同上	同上	

注: 表中玻璃钢蒸发器蒸发筒壁厚5—7毫米, 用玻璃丝布和环氧树脂加工制成。

内壁涂黑对蒸发量的影响。X-3型蒸发器已在一些国家进行了试验<sup>[5][6]</sup>。

在北京市气象局观象台的试验是在他们的地面观测场内进行的。除20厘米蒸发器外, 都配置了水面温度表, 用来观测蒸发器内的水面温度。在蒸发器附近还安装了风速表, 观测地面1.5米高处的风速。一般情况下, 每天观测一次各种蒸发器的蒸发量、水面温度和风速等。1981年夏季(7月)、秋季(10月)每天9时和16时各观测一次蒸发量, 并在9时、14时和16时观测三次水面温度。降水量使用观象台观测场内的观测值。仪器的安装和观测方法都符合地面气象观测规范和有关文献的要求。1982和1983年除A级蒸发器外, 继续进行了试验。在1981—1983年的冰期只用20厘米蒸发器进行了观测。

在广州、营盘蒸发实验站的试验是从1982年开始进行的。两站都有20平方米蒸发池、20厘米金属和E601金属蒸发器, 在试验中与20厘米玻璃钢和E601玻璃钢蒸发器做了比较试验。每天除按规范规定观测蒸发量外, 还观测蒸发器内的水面温度。两站还都做了气象要素和玻璃钢蒸发器机械性能的观测。此外, 营盘站在冬季11月到下一年4月的冰期, 只用20厘米蒸发器逐日观测蒸发量, 其余的蒸发器只给出这6个月的蒸发总量。

### 三、资 料 分 析

在广州、营盘和北京三个点所得到的观测资料中, 以广州的资料序列最长, 其仪器安装等也更符合要求。

北京、营盘因冬季结冰, 故除20厘米蒸发器外, 每年仅有5—10月的逐日观测资料。

因此，北京的年统计为 5—10 月资料的计算结果。营盘站在冬季冰期（11 月至下一年 4 月）有 20 平方米蒸发池、E 601 金属和玻璃钢蒸发器的 6 个月蒸发总量，其年统计不是 1—12 月的计算值，而是上一年 11 月至当年 10 月的结果。

营盘站的 E 601 玻璃钢蒸发器，未按规范规定抬高 30 厘米。根据该站得出的 E 601 蒸发器抬高 30 厘米与不抬高的折算关系，对 E 601 玻璃钢蒸发器的蒸发量做了订正。

对试验资料进行分析后，得出如下几点：

1. 用不同材料制成各种规格和用不同安装方法安装的蒸发器所得蒸发量的变化规律

用各种材料所制成不同规格的和用不同安装方法安装的蒸发器，在相同气象条件下的测定结果是不同的。图 1 为在北京进行比较的几种蒸发器各月的平均日蒸发量变化。一般情况下，小型（如 20 厘米）蒸发器各月的平均日蒸发量，比 E 601 等大型蒸发器各月

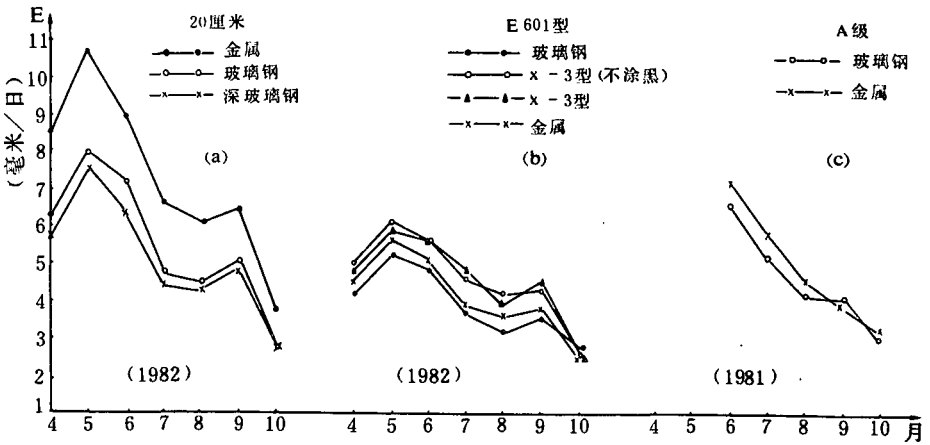


图 1 几种蒸发器逐月平均日蒸发量变化(北京)

的平均日蒸发量大，且其蒸发量的逐月变化也比较明显。20 厘米蒸发器随其深度和水量的增加，蒸发量及其逐月变化均减小。从相同规格的金属和玻璃钢蒸发器的蒸发量比较中，则可看出一般是玻璃钢蒸发器的蒸发量小于同时期金属蒸发器的蒸发量。

蒸发器的蒸发量与其安装方法有关。安装方法基本上可分为地面上(也称暴露型)和地面下两种。从图 1 几种 E 601 蒸发器的蒸发量比较中可以看出：地面上 X-3 型(包括内壁涂黑和不涂黑的)蒸发器的蒸发量，大于同类型地面下 E 601 金属和 E 601 玻璃钢蒸发器的蒸发量，这是因为地面上的蒸发器受近地层气象要素(如风等)的影响较大的缘故。

为便于比较，图 2 给出了 9 种蒸发器 1981 年 6 月中旬至 10 月的累积蒸发量。从图可以看出：20 厘米金属蒸发器的蒸发量最大，E 601 玻璃钢蒸发器的蒸发量最小，前者为后者的 1.7 倍。其余 7 种蒸发器的蒸发量虽有些差别，但比较接近。

一些文献指出，蒸发器的颜色对其蒸发量有较大的影响<sup>[7]</sup>。我们在 X-3 型和 X-3 型(不涂黑)蒸发器的比较中得出了结果。从 1981—1983 年三年的蒸发总量比较中看出，X-3 型大于 X-3 型(不涂黑)蒸发器的蒸发量，但这个差值比较小。

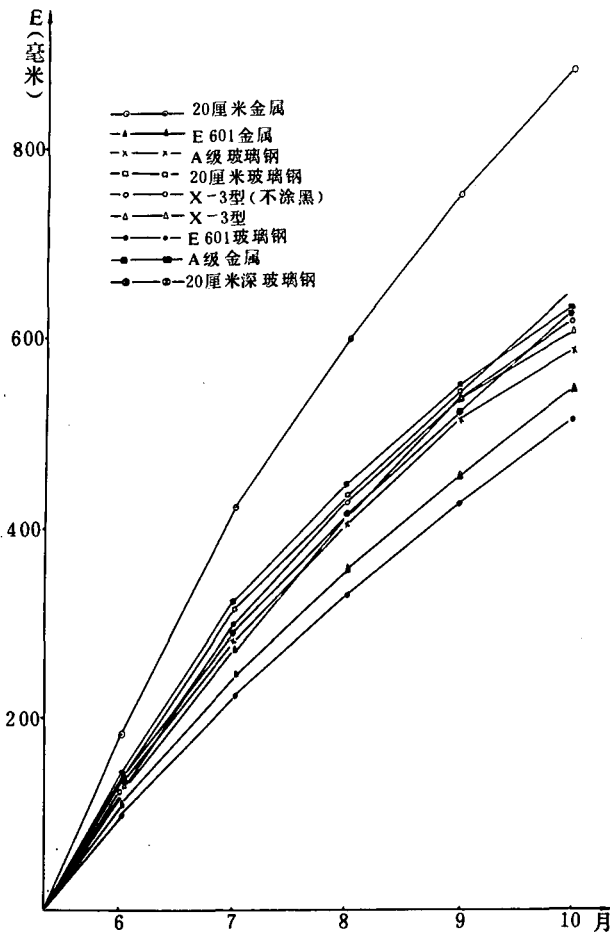


图 2 1981年6月中旬至10月9种蒸发器的累积蒸发量比较(北京)

各种蒸发器的蒸发量与其水温是密切相关的，所以在比较试验中做了蒸发器内水面温度的观测。根据北京1981年7月和10月E 601金属和E 601玻璃钢蒸发器水面温度的日变程比较可知：在白天，特别是晴天的中午前后，E 601玻璃钢蒸发器的水面温度明显地低于E 601金属蒸发器的水面温度，其差值可达 $1-2^{\circ}\text{C}$ ，原因是玻璃钢的导热系数比金属小得多。

## 2. 几种蒸发器折算系数的比较

蒸发器的折算系数可以用它与标准蒸发器的比较观测资料来计算得出。利用广州1983—1985年几种蒸发器与20平方米蒸发池的比较观测资料，计算得出它们的折算系数及其变异系数(见表2)。

从表2可以看出：

(1) 玻璃钢蒸发器的折算系数比同类型的金属蒸发器的折算系数大，尤其是20厘米蒸发器更明显。E 601玻璃钢蒸发器的折算系数接近1，即其蒸发量接近20平方米蒸发池的蒸发量。

(2) 从广州站得出的折算系数的变幅、变异系数的平均结果来看(营盘站结果类似)，E 601蒸发器比20厘米蒸发器折算系数的变幅、变异系数小，这说明E 601蒸发器

表 2 几种蒸发器的折算系数及其变幅和变异系数(广州)

蒸发器 项目	E 601金属	E 601玻璃钢	20厘米金属	20厘米玻璃钢
折算系数	0.93	0.98	0.68	0.78
变 幅	0.39	0.35	0.47	0.54
变异系数(%)	13.0	11.5	16.6	17.6

的折算系数比较稳定。如果将 E 601 和 20 厘米中的金属和玻璃钢蒸发器做比较, 则可看出 E 601 蒸发器中是玻璃钢蒸发器折算系数的变幅、变异系数小, 而在 20 厘米蒸发器中是金属蒸发器折算系数的变幅、变异系数小。

在北京市气象局观象台得到的比较观测资料, 因为没有标准蒸发器的同时观测结果, 无法直接计算折算系数, 故我们借用早年官厅水库得出的 E 601 蒸发器的折算系数, 计算了在北京进行比较试验的几种蒸发器的折算系数(见表 3), 其结果与表 2 的结果相近。

表 3 几种蒸发器的折算系数(北京)\*

蒸 发 器	E 601金属	E 601玻璃钢	20厘米金属	20厘米玻璃钢	X-3型(不涂黑)	X-3型
折算系数	0.93	0.95	0.56	0.74	0.83	0.83

\* 因 A 级蒸发器的资料序列较短, 故未列入。

蒸发器的折算系数除因不同地点而不同外, 也随时间而发生变化。图 3 给出了广州、营盘站各种蒸发器 1983、1984 年月折算系数的年变程。从图 3 a—d 可以看出两站 1983、1984 年各种蒸发器月折算系数的年变程有些差别, 但其趋势是相近的。一般情况下是春季折算系数最小, 秋季达最大值。这种变化是由于各种蒸发器与标准蒸发器内水的热状况在不同季节有差异而产生的。图 3 e 为 E 601 金属与 E 601 玻璃钢蒸发器月蒸发量比值的年变程。由图可见, 它的变化范围比较小, 其值都在 0.95—1.15 之间。

### 3. 几种蒸发器月蒸发量的相关关系

为了分析研究几种蒸发器蒸发量的相关关系, 我们利用统计方法计算了 20 平方米蒸发池与每种站网蒸发器的回归方程、相关系数和回归变异系数。回归变异系数是利用回归方程得出的水面蒸发量估算值得到的, 并以这个估算值的平均结果的百分数来表示, 故它也称为回归估值的相对标准误差。计算结果见表 4。表中广州站是用 1983—1984 年逐月平均蒸发量得出的, 营盘站是用 1983—1984 年 5—10 月平均蒸发量得出的。

从表 4 可以看出以下几点:

(1) 几种蒸发器与 20 平方米蒸发池月蒸发量的相关关系比较, E 601 蒸发器优于 20 厘米蒸发器。如果在 E 601 和 20 厘米两种类型蒸发器中进一步比较它们的相关时, 可看出 E 601 蒸发器中玻璃钢蒸发器的相关系数略高于金属蒸发器, 而 20 厘米蒸发器的相关系数是金属蒸发器略高于玻璃钢蒸发器, 这个结果在营盘站的试验结果中更明显些。

(2) 在各种蒸发器月蒸发量相关系数比较中, 广州和营盘两站的结果有明显的差别。由表 4 可知, 每种蒸发器的相关系数, 都是广州站优于营盘站。

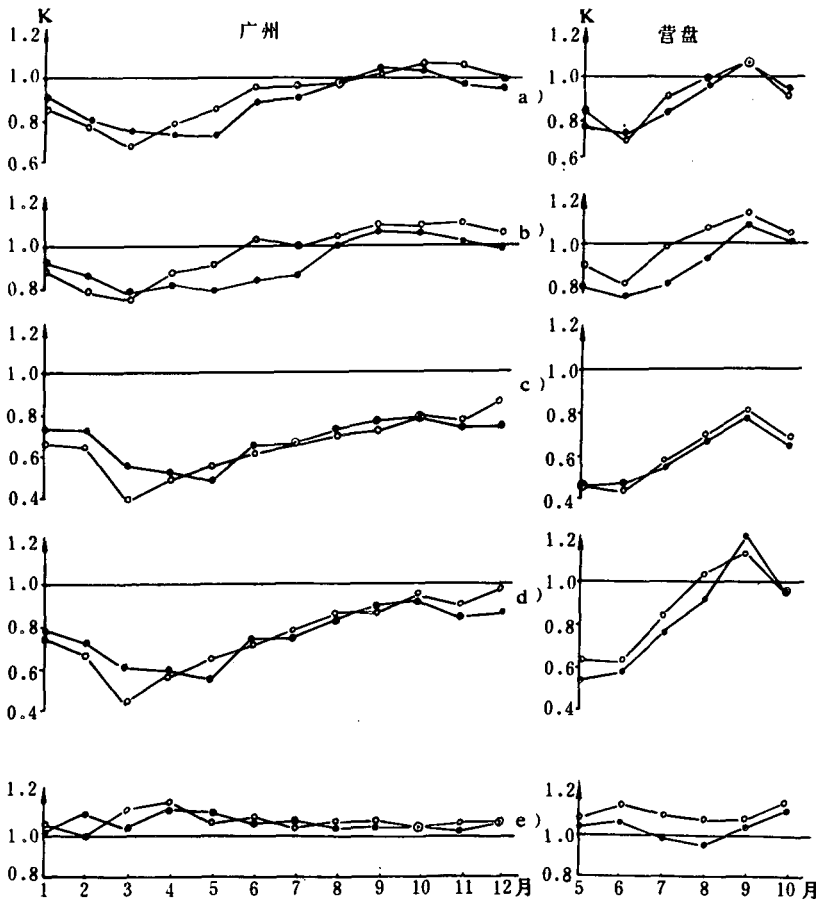


图 3 几种蒸发器月折算系数的综合过程

图例：a、b、c、d的纵座标相应为标准蒸发器月蒸发量与E601金属、E601玻璃钢、20厘米金属和20厘米玻璃钢月蒸发量的比值（月折算系数），e的纵座标为E601金属与E601玻璃钢蒸发器月蒸发量之比值。

—●— 1983    -○- 1984

表 4 几种蒸发器蒸发量的统计分析\*

站名	蒸发器项目	E601金属				E601玻璃钢			
		a	b	r	c.v.	a	b	r	c.v.
广州		1.076	-12.925	0.980	8.9	1.116	-11.399	0.984	7.9
营盘		0.443	45.681	0.603	12.3	0.474	45.257	0.650	11.8
平均值					10.6				9.9
站名	蒸发器项目	20厘米金属				20厘米玻璃钢			
		a	b	r	c.v.	a	b	r	c.v.
广州		0.733	-6.773	0.949	14.3	0.881	-10.597	0.946	14.6
营盘		0.164	65.925	0.502	13.3	0.151	74.707	0.420	14.0
平均值					13.8				14.3

\* 线性回归方程  $\hat{Y} = a + bX$ ，r为相关系数；c.v.为回归变异系数(%)，

即  $\left[ \sqrt{\frac{(Y - \hat{Y})^2}{n - 2}} / \bar{Y} \right] \times 100$

(3) 表 4 中几种蒸发器的回归变异系数与世界气象组织给出的 A 级和 Г Г И-3000 的回归估值的相对标准误差值(A 级蒸发器在少雨时为 10%, 多雨时为 17%; Г Г И-3000 蒸发器在少雨时为 12%, 多雨时为 13%) 比较是相近的。

#### 四、结 果

1. E601 蒸发器是性能较好的蒸发器, 其中 E601 玻璃钢是较适合站网使用的蒸发器。根据本试验的结果, 无论是资料的代表性或准确性, 在 Г Г И-3000 基础上研制成的 E601 蒸发器均优于 20 厘米蒸发器。

E601 玻璃钢蒸发器的折算系数较大, 且较稳定, 相关系数较高, 轻便, 价格较低, 强度高, 不易锈蚀, 机械性能较稳定, 所以 E601 玻璃钢蒸发器的性能优于 E601 金属蒸发器。

2. 20 厘米金属蒸发器虽然观测简便, 但由于它的代表性和准确性差, 故不适合站网使用。近年来, 世界气象组织推荐了站网蒸发器, 使用 20 厘米金属蒸发器的国家日趋减少, 日本等早已淘汰了这种蒸发器, 这与本试验的结果是一致的。

3. 20 厘米玻璃钢蒸发器也是性能较差, 不适于站网使用。前述资料表明, 与 20 厘米金属蒸发器比较, 虽然 20 厘米玻璃钢蒸发器的折算系数提高了, 但其它性能参数有的较接近, 有的略差一些。根据初步的试验结果来看, 20 厘米玻璃钢蒸发器还不宜在站网使用。

#### 参 考 文 献

- [1] Measurement and estimation of evaporation and evapotranspiration, WMO-No.83, Geneva, 1966.
- [2] The CIMO international evaporimeter comparisons, WMO-No. 449, Geneva, 1976.
- [3] Report of CIMO-VI, WMO-No. 363, Geneva, 1973.
- [4] Wang J. Y, Instruments for physical environmental measurements, I, M. lieu Informations Service, 1975.
- [5] T. Remana Rao, Performance of a.F. R. P. pan evaporimeter, *Indian J. Met. Hydrol. Geophys.* 29, 701-704, 1978.
- [6] L. Ambrus. E. Antal and H. A. Karsai, New electronic evaporation and rain measuring equipment, *Agri. Met.* 25, 35-43, 1981.
- [7] Chang Jen-hu, Climate and agriculture, An ecological Survey, Aldime Publishing Comp., 1968.

# A STUDY ON THE COMPARISON OF SEVERAL KINDS OF NETWORK EVAPORIMETERS

Pei Buxiang

*(Institute of Agricultural Meteorology, AMS)*

Zou Yaofang Gao Shudong

*(Institute of Atmospheric Sounding, AMS)*

## **Abstract**

Some types of network evaporimeters were compared with standard evaporimeter in Guanzhou, Yingpan evaporation experiment stations and Beijing Meteorological Observatory during 1981—1985. In this paper, the performance of these kinds of evaporimeters has been analyzed by using the experimental data. Some interesting results are presented.