



蒸发观测与资料应用中的 几个问题

闵 齐

(江西省都昌蒸发试验站)

水面蒸发观测是水文、气象部门站网共同观测的要素。为了互通信息，交流经验，统一认识，下面就其中的几个问题谈些看法，供参考。

1. 观测场地的要求

这里指的是对观测场地四周障碍物的限制。在过去的水文、气象观测规范中，都是以障碍物距离与高度的比值作为定量指标，来提出具体限制要求的。例如，有关的国际标准中提出其比值必须大于4；水文观测规范中规定其值不小于5—10；地面气象观测规范中则规定它至少在3—10以上。尽管这些资料都采取了定量限制，但由于没有考虑障碍物的宽度和空隙大小，不能真实地反映出障碍物对观测场地的遮挡程度，因而难以确切地反映出障碍物对场内蒸发的影响。

为了寻求解决这一问题的办法，水文部门分别在河北、湖南、辽宁等省开展了障碍物对蒸发观测值影响的实验研究工作。结果表明，由于障碍物的存在，明显地削弱了场内的风速、缩短了场内的日照时数，直接影响到场内空气乱流扩散条件和热能的来源，从而减小了安装在场内的蒸发器的蒸发量。

观测场地四周各障碍物（一般系指1000m范围以内，高度与距离之比大于0.05的障碍物）遮挡率之和，即为该场地的遮挡率。计算公式如下：

$$S = \sum_i^m \frac{H_i}{L_i} \cdot \frac{\beta_i}{360} \cdot C_i \quad (1)$$

式中 S 为观测场地的遮挡率， H_i 为第 i 个障

碍物的平均高度； L_i 为第 i 个障碍物距场地中心的距离； β_i 为第 i 个障碍物两侧与场地中心形成的夹角； C_i 为第 i 个障碍物空隙的折实率。

场地遮挡率 S 与场内 E_{60} 型蒸发器蒸发量的偏小率 ΔE 之间的定量关系见表1。

表 1 蒸发量偏小率与场地遮挡率的关系

S%	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35
$\Delta E\%$	0.005	0.050	0.100	0.144	0.175	0.223	0.258

从表1中可知，障碍物对观测场内器测蒸发量的减小程度是很显著的，必须予以重视。对于计划建造的观测场，必须要求四周障碍物的总遮挡率在10%以下，使其对器测蒸发量的影响在5%以下。对于已建造的观测场，都应准确地测算出它们的遮挡率：遮挡率在15%以上（蒸发量偏小值在10%以上）的观测场应停止使用；遮挡率在15%以下的观测场可以继续使用，但已取得的蒸发资料要进行订正，订正公式是：

$$E = (1 + \Delta E) \cdot E' \quad (2)$$

式中 E 为订正后的蒸发量； E' 为原来测得的蒸发量。

对于口径为20cm的小型蒸发器蒸发量的订正，可以近似地借用表1中列出的 ΔE 值。

实验结果表明障碍物对蒸发的影响主要表现为对风速的削减，因此，观测场地一年内主要风向的上、下方应尽可能无障碍物。另外，由于障碍物对观测场内蒸发影响的机

制复杂，各地、各种气候条件下的 $\Delta E-S$ 关系均有差异，当S值较大时，用(2)式作器测蒸发量订正的误差也较大。

2. 蒸发器的选择

绝大多数气象（台）站在仍然采用口径20cm的小型蒸发器（以下简称 ϕ_{20} 蒸发器）观测蒸发量，而国内外众多的实验结果都已证明它是现用各种蒸发器中性能最差的一种蒸发器，故已在逐步淘汰或改进（改用隔热、蔽光的材料制作）。水文部门已在1989年新颁布的《水面蒸发观测规范》中规定统一采用改进后的 E_{601} 型蒸发器作为水面蒸发观测的标准仪器，停止使用口径80cm的套盆式蒸发器， ϕ_{20} 蒸发器也仅在结冰期与 E_{601} 型蒸发器一道作冰面蒸发同步观测，非冰期不采用 ϕ_{20} 蒸发器。

冰冻期 E_{601} 型蒸发器只观测一次蒸发总量，该时期的日蒸发量采用每日 ϕ_{20} 蒸发器蒸发量的时程分配比求得，即：

$$E_{601}(\text{日}) = \frac{\sum E_{601}}{\sum E_{20}} \cdot E_{20}(\text{日}) \quad (3)$$

式中， E_{601} (日)、 E_{20} (日) 分别为 E_{601} 、 ϕ_{20} 蒸发器的同日蒸发量； $\sum E_{601}$ 、 $\sum E_{20}$ 分别为 E_{601} 、 ϕ_{20} 蒸发器的冰期蒸发总量。

稳定封冻期较长的北方地区，必须注意 E_{601} 蒸发器的防冻裂。防冻裂可采用钻孔抽水减压的方法，即在结冰初期，在冰面钻1—2个小孔，通过小孔抽出一定的水量，使冻结的冰层下面留有一定的空隙，以备冰层增厚所产生的体积膨胀，达到减小对器壁的压力，防止器壁破裂的目的。现在我国已设计出一种专供 E_{601} 型蒸发器使用的防冰裂器，成功地解决了使用 E_{601} 型蒸发器观测冰期蒸发量的关键问题。

采用 ϕ_{20} 蒸发器测得的蒸发量，应折算成 E_{601} 型蒸发器对应的蒸发量，其公式为

$$E_{601} = R \cdot E_{20} \quad (4)$$

式中的R是 ϕ_{20} 蒸发器蒸发量对 E_{601} 型蒸发器蒸发量的折算系数。现将我国各气候区的

表 2 中国各气候区的R(1960—1988年)

区域	月份												平均
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
东北区						0.68	0.72	0.72	0.75	0.78	0.72		(0.72)
华北区				0.83	0.83	0.87	0.91	1.00	1.02	0.97	1.06		(0.94)
华中区	0.97	0.92	0.85	0.87	0.91	0.92	0.94	0.97	1.01	1.03	1.04	1.02	0.95
华南区	0.91	0.87	0.84	0.89	0.96	0.99	1.03	1.03	1.05	1.05	1.02	0.97	0.97
康滇区				0.86	0.88	0.88	0.92	0.93	0.96	1.01	0.99		(0.93)
青藏区				0.73	0.76	0.78	0.80	0.84	0.95	1.03	0.99		(0.86)
蒙新区				0.83	0.78	0.79	0.80	0.85	0.87	0.87			(0.83)

R值列于表2，供各地参考或引用。

E_{601} 型蒸发器过去都是采用钢板制作的。通过对比实验研究，现已发现改用玻璃钢制作的 E_{601} 型蒸发器的性能更佳。所以水文部门从1990年起已在全国水文测站逐步将钢板 E_{601} 型蒸发器更换成玻璃钢 E_{601} 型蒸发器。

3. 蒸发资料的应用

目前尚无直接测定水库、塘坑、湖泊等天然水体水面蒸发量的方法。通常采用的是器测法。但器测法所得到的蒸发量不能直接代表天然水体的水面蒸发量，要与代表天然水体的蒸发量进行折算，才能得到水库、塘坑、湖泊等自然大水体的蒸发量。

国内外一致公认，20m²蒸发池是当前已有的各种蒸发器中性能最好的蒸发器，可

表 3

中国各气候区站网蒸发器的折算系数(1960—1988年)

区域	种类	月份												平均
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
东北区	R ₆₀₁				0.81	0.85	0.93	1.02	1.07	1.08				(0.96)
	R ₂₀				0.55	0.61	0.67	0.77	0.83	0.77				(0.70)
华北区	R ₆₀₁			0.83	0.82	0.87	0.91	1.00	1.02	0.97	1.06			(0.94)
	R ₂₀			0.44	0.44	0.58	0.50	0.55	0.57	0.55				(0.52)
华中区	R ₆₀₁	0.97	0.92	0.85	0.87	0.91	0.92	0.94	0.97	1.01	1.03	1.04	1.02	0.95
	R ₂₀	0.76	0.65	0.59	0.57	0.59	0.62	0.63	0.70	0.80	0.83	0.87	0.83	0.70
华南区	R ₆₀₁	0.91	0.87	0.84	0.89	0.96	0.99	1.03	1.03	1.05	1.05	1.02	0.97	0.97
	R ₂₀	0.71	0.64	0.57	0.55	0.60	0.65	0.68	0.71	0.76	0.78	0.80	0.73	0.68
康滇区	R ₆₀₁			0.86	0.88	0.88	0.92	0.93	0.96	1.01	0.99			(0.93)
	R ₂₀	0.48	0.53	0.55	0.56	0.64	0.63	0.64	0.65	0.68	0.71	0.62	0.57	0.61
青藏区	R ₆₀₁			0.72	0.76	0.78	0.80	0.84	0.95	1.03	0.99			(0.86)
	R ₂₀			0.51	0.52	0.54	0.54	0.56	0.59	0.63	0.73	0.71		(0.60)
蒙新区	R ₆₀₁			0.83	0.78	0.79	0.80	0.85	0.87	0.87				(0.83)
	R ₂₀			0.47	0.56	0.51	0.52	0.58	0.66	0.61	0.68			(0.56)

注：表中均为各区域内多站的平均值。

用它来得出小水域开阔水面的蒸发量。因此世界气象组织规定以20m²蒸发池的蒸发量作为科学的研究目的的使用。我国水文部门从本世纪60年代起在全国各气候区不同地区先后设置了30多个20m²（或10m²）蒸发池。用近30年的资料得出了各气候区站网蒸发器（E₆₀₁或φ₂₀）的折算系数（见表3）。将站网蒸发器观测到的蒸发量乘以折算系数，即可估计相应气候条件下天然水体的水面蒸发量。

4. 蒸发量计算模式的选用

确定水面蒸发量的方法，除器测法外，用得较多的还有经验公式法。建立蒸发的数学模型时，一般采用道尔顿（Dalton）提出的模式

$$E = f(w)(e_s - e_d) \quad (5)$$

式中E为蒸发量；e_s为蒸发表面的饱和水汽压；e_d为空气水汽压；f(w)为风速的函数。

水文部门现行使用的是线性风速函数f(w) = A + BW，而且采用离地面或水面150

cm高处的风速(W₁₅₀)和空气水汽压(e₁₅₀)，例如施成熙教授1984年根据我国各地大型蒸发池蒸发资料建立的公式为

$$E = 0.16(e_0 - e_{150})(1 + 0.56W_{150}) \quad (\text{mm}/\text{d}) \quad (6)$$

笔者根据我国东、南部地区漂浮蒸发资料建立的经验公式是

$$E = 0.23n(e_0 - e_{150})(1 + 0.21W_{150}) \quad (\text{mm/month}) \quad (7)$$

式中的n是每个月的天数，e₀ - e₁₅₀以hPa计，W₁₅₀以m/s计。

由于气象站网没有作自然水体表面或蒸发器内表面水温观测，而且只有地面上1000cm高度的风速资料。因此以上经验公式均无法直接使用，有必要根据气象部门的实际情况，建立适用于气象部门现有资料体系的蒸发经验公式。

笔者分析了我国东部和南部地区35个蒸发实验站的资料，发现直接用空气饱和差

（下转封三）

(上接第57页)

d_{150} 代替 $e_0 - e_{150}$ 建立蒸发公式的精度很低,无法满足生产需要,但 d_{150} 与 $e_0 - e_{150}$ 有良好的定量关系,可用下式表示

$$e_0 - e_{150} = ad_{150} + b \quad (8)$$

也可以用线性模式描述它们的关系

$$e_0 - e_{150} = a + bd_{150} \quad (9)$$

风速 W_{150} 改用 W_{1000} , 则有

$$E = (a + bd_{150})(A + BW_{1000}) \quad (10)$$

为应用方便, 将(10)式写成

$$E = Ad_{150} + BW_{1000} + Cd_{150}W_{1000} + D \quad (11)$$

用(11)式可以分别建立 E_{601} 和 ϕ_{20} 蒸发器蒸发量的公式, 既可供无资料的地区推求蒸发量, 又可用以插补缺测时段的蒸发量及检验蒸发资料的代表性和可靠性。

现将笔者根据鄱阳湖地区气象(台)站资料建立的 E_{601} 、 ϕ_{20} 蒸发器蒸发量的公式列出, 供参考。

$$\begin{aligned} E_{601} = & 0.362d_{150} + 0.045W_{1000} \\ & + 0.043d_{150}W_{1000} + 0.38 \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \phi_{20} = & 0.542d_{150} + 0.400W_{1000} \\ & + 0.039d_{150}W_{1000} - 0.67 \end{aligned} \quad (13)$$