

含水量、温度与云中能见度的关系¹⁾

江祖凡

(中国气象科学研究院庐山云雾试验站, 332900)

我国有很多高山气象站, 有大量的云中能见度与云中温度资料, 能否将云中能见度、温度与云含水量之间建立起一种关系? 本文试图解决这两个宏观物理量与一个微观物理量之间的关系问题。有了这种经验关系, 就可以根据已有的云中能见度与气温资料来估算云中含水量。

1 观测的地点位于庐山太乙峰、小天池、大月山、含鄱口和日照峰, 测点位于山顶或山坡, 海拔高度 800—1400m。

用三用滴谱仪观测云雾中含水量, 用视角大于 20 分的黑体当目标物, 目测能见度, 用通风干湿表或百叶箱干湿表观测云雾中温度。

观测对象为蔽光层积云、积云性层积云和透光层积云。测站处于云中的部位有下部、中部和上部。资料选用 1963 年到 1982 年观测的 363 份。

2 含水量(Q)为云中单位体积中所含的液态含水总量:

$$Q = \frac{\pi}{6} \rho \sum_i n_i d_i^3 \quad (1)$$

其中 ρ 为水的密度, n_i 为第 i 区间直径为 d_i 的云滴个数。

设 \bar{d} 为云滴平均体积直径(大于和小于此直径的体积各占一半), 式(1)可近似改写为:

$$Q = \frac{\pi}{6} \rho \bar{d} \sum_i n_i d_i^2 \quad (2)$$

白天将一个不小于 20 分视角的绝对黑体投影在无云的天空背景上, 其能见度(V)为:

$$V = \frac{C_1}{k} \quad (3)$$

C_1 为 3.91, k 为减弱系数, 在可见光范围内, 云滴直径大于 $5\mu\text{m}$ 时:

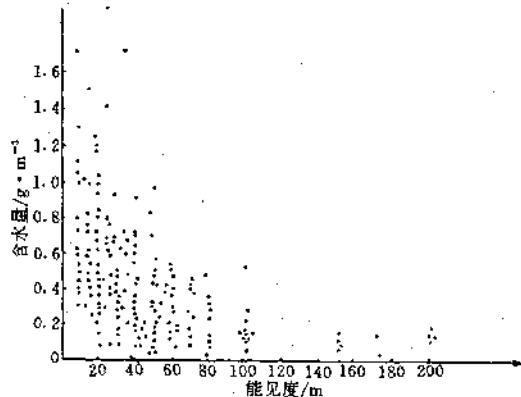
$$k \cong \frac{\pi}{4} \sum_i n_i d_i^2 \quad (4)$$

将式(3)、(4)代入式(2):

$$Q = K(\bar{d})/V \quad (5)$$

含水量与能见度之间为双曲线关系, $K(\bar{d})$ 为平均体积直径(\bar{d})的一次线性函数。

我们将能见度与含水量全部资料点在附图上, 由图可见, Q 与 V 为双曲线关系, 通过回归计算得到:



附图 能见度与含水量的关系

* 李炎辉、俞香仁等参加观测。

$$Q = 18/V \quad (6)$$

其中 Q 的单位为 $\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, V 的单位为 m 。

式(6)代表的是平均状态。为了方便应用, 我们列出了各种能见度下的含水量区间, 见表 1。

表 1 各种能见度下含水量区间及平均值/ $\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$

能见度/m	Q_{\min}	Q_{\max}	$Q_{\text{平均}}$
200	0.02	0.17	0.09
150	0.02	0.17	0.12
100	0.02	0.28	0.18
50	0.03	0.81	0.36
30	0.08	1.80	0.60
20	0.10	1.95	0.90

3 考虑温度与能见度, 由这两个量来推出含水量极值。具体做法为根据现有资料, 取纵坐标为温度, 横坐标为能见度, 标出坐标中每一个点的含水量值(图略), 从中绘出含水量极值等值线, 从而求出各种温度与能见度下的含水量极值, 见表 2。

表 2 不同温度与能见度下的含水量/ $\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$

温度	能见度				
	150m	100m	50m	30m	20m
20°	0.61	1.15	1.65	1.85	1.95
15°	0.28	0.82	1.43	1.75	1.86
10°		0.48	1.10	1.49	1.66
5°		0.15	0.66	0.95	1.20
0°			0.20	0.50	0.65

表 2 中的含水量极值都小于该温度下的绝热含水量值。

赫尔吉安推导出 Q 、 V 和 r_1 的关系式为

$$Q = 2.61 \frac{r_1}{V} \quad (7)$$

其中:

$$r_1 = \sum_i n_i r_i^3 / \sum_i n_i r_i^2 \quad (8)$$

为便于比较, 将式(7)中的半径改为直径:

$$Q = 1.305 \frac{d_3}{V} \quad (9)$$

实际上式(5)中的 $K(\bar{d})$ 就包括了平均直径 \bar{d} , 故式(5)与(9)的差别在于常数。

我们统计云雾资料使用均立方直径(d_3)

$$d_3 = \sqrt[3]{\frac{\sum n_i d_i^3}{\sum n_i}} \quad (10)$$

我们将现有资料按 d_3 分为四类:

$$d_3 < 10.0$$

$$10.0 \leq d_3 \leq 13.9$$

$$14.0 \leq d_3 \leq 17.9$$

$$d_3 \geq 18.0$$

令: 式(5)的 K 值为 K_1 , 式(9)的 K 值为 K_2 。

将每类中 Q 、 V 资料各自点图(方法同附图, 略)。从图上求出 K_1 平均值, 根据每类中 d_3 平均值(\bar{d}_3)求出 K_2 , 同时求出每类温度平均值(\bar{T})和含水量平均值(\bar{Q}), 列于表 3。

表 3 不同 d_3 时的含水量平均值($\bar{Q}/\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$)

样本数	$d_3 < 10.0$	$10.0 \leq d_3 \leq 13.9$	$14.0 \leq d_3 \leq 17.9$	$d_3 \geq 18.0$
	51	120	76	23
K_1	10.8	13.4	18.6	24.4
K_2	1.31	1.13	1.22	1.18
\bar{d}_3	8.2	11.9	15.2	20.6
\bar{T}	8.9	12.1	13.2	16.1
\bar{Q}	0.24	0.37	0.54	0.82

从表 3 中可以看出: K_2 值从 1.13 到 1.31, 与赫尔吉安的理论值很接近。高温类 \bar{d}_3 大, \bar{Q} 也大; 低温类 \bar{d}_3 小, \bar{Q} 也小。