

# 云南安宁市辐射雾大气扩散 参数研究

沈 鹰

(云南省人工降雨防雷办公室,昆明 650034)

## 提 要

利用三向风标探测资料,分析了安宁县辐射雾中的扩散参数,结果表明:平均风速对水平风向脉动标准差起着重要作用,是影响水平湍流扩散的关键因子;雾中的横向和铅直方向扩散参数分别相当于Pasquill B类和D类稳定度下的扩散参数,表明在辐射雾出现期间,虽然铅直方向上的扩散能力不强,但有较强的水平扩散能力。

**关键词:** 辐射雾 扩散参数 湍流

## 前 言

辐射雾是由于地面和近地层大气通过长波辐射的方式向外界输送能量,从而使地面和近地层大气迅速降温,最终使空气达到饱和状态、水汽凝结后形成的天气现象。在辐射雾形成和维持过程中,往往同时伴随着微风、逆温等情况出现,将加重地面的大气污染程度。据研究<sup>[1]</sup>,雾与空气中的污染物浓度是相互加强的,雾持续时间越长,污染物浓度往往越高。

云南是全国的多雾省份之一,气象观测结果表明,云南省98%的县均有雾出现。滇南、滇西南的思茅地区、西双版纳州、红河州南部、德宏州南部、临沧地区西南部、以及玉溪部分地方,多年平均雾日数均超过40天,接近我国“雾都”重庆的年均雾日数(47天)。思茅地区、西双版纳州的多年平均雾日数超过80天,云南省雾日数最多的红河州元阳县,多年平均雾日数达到180天。云南的雾绝大部分都是辐射雾,由此可见,辐射雾是云南省内普遍存在、经常出现的一种天气现象,要全面了解云南的大气扩散输送规律,就必须了解辐射雾中的湍流特征。

## 1 扩散参数

为了深入了解辐射雾对大气环境的影响,我们在安宁市(属昆明市)和景洪县(属西双版纳州)对辐射雾进行了大量的观测,其部分结果见文献<sup>[2,3]</sup>。

在安宁市(县城和云南化工厂)利用三向风标对辐射雾进行探测的结果见表1。

表1中的 $\sigma_y$ 和 $\sigma_z$ 是决定扩散参数的关键参数(见式(1)、(2))。为了分析观测地点、雾况、风速对它们的影响,我们分别统计了不同条件下的 $\sigma_y$ 值,而不同条件下的 $\sigma_z$ 值差别不大,在此不再分析。

由表2、表3、表4可以看出,不同条件下的 $\sigma_y$ 平均值具有明显差异。但综合分析比较这三张表的结果可以发现,影响水平风向脉动标准差的主要因子是平均风速,不同雾况和不同地点对 $\sigma_y$ 的影响可以通过平均风速对 $\sigma_y$ 的影响体现出来,风速越大, $\sigma_y$ 越小,风速越小, $\sigma_y$ 越大。我们认为这是由于微风条件下常有大范围水平湍流活动引起气流出现较大幅度的水平弯曲和偏转所致。实际观测资料表明,在风速很小时风向十分紊乱,有时甚至出现全方位风向记录。

表1 观测资料总表

地点	日期	时间	雾况	$\bar{u}$	$\bar{\varphi}$	$\sigma_{\varphi}$	$\bar{\theta}$	$\sigma_{\theta}$
AN	12.04	03:05-04:00	#	0.3	-2.2	17.8	24.2	32.5
AN	12.04	04:05-05:00	≡	0.5	-7.1	17.0	102.1	36.7
AN	12.04	05:50-06:00	≡	0.3	-5.4	31.1	40.8	47.9
AN	12.04	06:50-07:00	≡	0.9	-7.3	23.1	112.4	41.6
AN	12.04	07:50-08:00	≡	1.6	-2.9	6.5	219.7	16.6
AN	12.04	08:50-09:00	#	1.6	-6.2	12.5	10.8	40.8
AN	12.04	09:50-10:00	=	1.6	-4.5	20.4	150.5	33.2
AN	12.04	10:50-11:00	/	1.6	-16.3	13.9	354.3	13.7
AN	12.06	03:50-04:00	/	0.3	-3.2	10.5	316.8	46.7
AN	12.06	04:50-05:00	=	1.4	-2.6	5.0	2.2	4.8
AN	12.06	05:50-06:00	≡	0.2	-6.7	15.9	341.0	68.1
AN	12.06	06:50-07:00	≡	0.5	0.8	3.8	65.2	25.4
AN	12.06	07:50-08:00	≡	0.8	-11.6	16.9	0.3	29.0
AN	12.06	08:50-09:00	≡	0.5	-9.7	24.9	318.1	48.2
AN	12.06	09:50-10:00	#	0.3	-3.1	21.1	250.5	31.6
AN	12.06	10:50-11:00	=	0.6	-6.4	25.8	159.2	58.6
YH	12.22	03:50-04:00	=	0.5	0.0	1.2	222.9	52.8
YH	12.22	04:50-05:00	≡	0.1	-1.9	13.3	341.5	47.8
YH	12.22	05:50-06:00	≡	0.3	0.0	2.0	290.3	43.3
YH	12.22	06:50-07:00	≡	0.1	6.3	22.3	313.8	59.6
YH	12.22	07:50-08:00	≡	0.1	0.5	8.0	315.7	53.5
YH	12.22	08:50-09:00	≡	0.2	5.5	23.7	61.1	98.3
YH	12.22	09:50-10:00	/	0.2	1.0	26.8	190.1	110.1
YH	12.22	10:50-11:00	=	0.3	5.1	36.6	109.0	74.9
YH	12.23	03:50-04:00	/	0.6	1.1	5.2	311.1	23.7
YH	12.23	04:50-05:00	/	0.4	-0.1	0.5	301.3	63.2
YH	12.23	05:50-06:00	/	0.2	0.4	5.9	296.1	59.1
YH	12.23	06:50-07:00	/	0.1	-0.5	3.2	306.9	74.1
YH	12.23	07:50-08:00	/	0.4	0.0	0.8	267.3	54.3

AN, YH: 分别表示安宁城区和云南化工厂。

≡, #, =, /: 分别表示浓雾、雾、轻雾、无雾。

$\bar{u}$ : 为采样期间的平均风速。

$\bar{\varphi}, \bar{\theta}$ : 分别为采样期间的平均铅直风向倾角(度)和平均水平风向方位角(度)。

$\sigma_{\varphi}, \sigma_{\theta}$ : 分别为采样期间的铅直风向脉动标准差(度)和水平风向脉动标准差(度)。

表2 不同雾况下  $\sigma_{\theta}$ (度)的平均值

雾况	有雾					总计
	无雾	轻雾	雾	浓雾	(平均)	
观测次数	8	5	3	13	21	29
$\bar{u}$	0.48	0.88	0.73	0.47	0.61	0.57
$\sigma_{\theta}$	55.6	44.9	35.0	47.3	45.0	47.9

表3 不同地点  $\sigma_{\theta}$ (度)的平均值

观测地点	安宁市城	云南化工厂
观测次数	16	13
$\bar{u}$	0.81	0.27
$\sigma_{\theta}$	36.0	62.5

表4 不同风速下  $\sigma_{\theta}$ (度)的平均值

风速区间	0.1-0.2	0.3-0.4	0.5-0.6	0.7-1.0	1.1-1.6
观测次数	8	8	6	2	5
$\bar{u}$	0.15	0.33	0.53	0.85	1.56
$\sigma_{\theta}$	71.3	49.3	40.9	35.3	21.8

利用表1的观测资料,可由泰勒公式得到扩散参数与风向脉动的关系,进而求出当地的扩散参数为:

$$\sigma_y = \sigma_{\theta} X \frac{1}{1 + 0.0308X^{0.4548}} \quad (1)$$

$$\sigma_z = \sigma_y X \frac{1}{1 + 0.9 \left( \frac{X}{500u} \right)^{0.5}} \quad (2)$$

式(1)、(2)采用了 Pasquill 和 Draxler 的研究结果。

将观测到的  $\sigma_y$  和  $\sigma_z$  代入式(1)、(2)后计算出不同距离处的  $\sigma_y$ 、 $\sigma_z$ ，再拟合出  $\sigma_y$  和  $\sigma_z$  的关系式。通过计算，我们得到了安宁县有雾时的扩散参数表达式为：

$$\sigma_y = 0.98X^{0.76} \quad (3)$$

$$\sigma_z = 0.37X^{0.66} \quad (4)$$

由于样本数较少，因此，计算扩散参数时未考虑辐射雾不同发展阶段的湍流变化情况，式(3)和式(4)反映了辐射雾整个发生发展阶段的湍流扩散的平均状况。

同步观测资料表明，采样期间的大气扩散稳定度级别为 E 类(稳定类)，但将式(3)和式(4)与 Pasquill 对应级别的扩散参数相比较将发现，二者之间有较大差异。其中：式(4)的  $\sigma_z$  值与 Pasquill D 类稳定度的扩散参数相近，考虑到山区地形因素的影响，我们认为这个结果是合理的，与国家的有关规范也是一致的；而式(3)的  $\sigma_y$  值则已相当于 Pasquill B 类稳定度的扩散参数，即相当于向不稳定方向提高约三级，我们认为，这其中部分原因是地形因素引起的，但更主要的原因是由辐射雾出现时的小风稳定条件下的低频湍流运动引起的。

Cramer 建议用直接表征湍流强度的风向标准差划分扩散稳定度，Slade 综合这方面

的研究后给出了风向标准差与 Pasquill 稳定度等级之间的对应关系，而国内外的扩散试验也证实了风向标准差是直接反映湍流强度的参量，是划分大气稳定度类别的最佳指标。如果我们也采用观测到的风向标准差划分稳定度级别，其结果与计算出来的扩散参数具有较好的一致性。

由此可见，在辐射雾出现期间，由于风速普遍较小，低频湍流活动频繁，风向十分不稳定，常常有缓慢的大幅度偏转，因此，铅直方向的扩散能力虽然不强，却具有较强的水平扩散能力，它们之间有明显差异，不应划分在同一种稳定度类别中，这一结果与美国国立反应堆试验站、Leakey、Pearson 等人对小风逆温的试验研究结论是一致的。

## 2 小结

通过以上研究，可以认为安宁县辐射雾具有的扩散特征是：

辐射雾出现期间，风速普遍较小，低频湍流活动频繁，铅直向扩散能力与水平向扩散能力之间有明显差异，不能划分在同一种稳定度类别中处理。

## 参考文献

- 1 李长吉, 沈鹰. 雾的变化及其对大气环境的影响. 云南环境科学, Vol. 12(1).
- 2 黄玉生等. 工业区与非工业区辐射雾水的化学组成. 地理学报, Vol. 47(1).
- 3 黄玉生等. 西双版纳地区冬季辐射雾的初步研究. 气象学报, Vol. 50(1).
- 4 D. H. 斯莱德. 气象学与原子能. 张永兴等译. 北京: 原子能出版社, 1979.

# Study on Atmospheric Diffusion-Parameter of Radiation Fog in Anning City, Yunnan Province

Shen Ying

(Yunnan Office of Weather Modification, Kunming 650034)

## Abstract

Using the data of 3-dimension wind vane, the diffusion-parameter of radiation fog in Anning City is studied. Results show that the average velocity is a key factor that affects the horizontal turbulence and contributes much to the mean square deviation of wind-direction. It is also revealed that the horizontal turbulence is much stronger than the vertical turbulence while the radiation-fog appears.

**Key Words:** diffusion-parameter radiation-fog turbulence