第1卷 第4期　　应用气象学报　　Vol. 1, №4
1990年11月　　QUARTERLY JOURNAL OF APPLIED METEOROLOGY　　November 1990

层状云云滴尺度谱分布及其谱参数计算

严采蘩　　陈万奎

（国家气象局气象科学研究院）

提　要

本文对飞机实测的层状云云滴尺度谱用不同谱分布公式进行拟合试验表明：用伽玛分布 $n(D)=AD^{\alpha}e^{-\lambda D}$拟合实测云滴谱较好。并提出用实测云滴谱特征直径比值求取谱分布参数 α 的方法，求出 α 后，按 $\ln n(D)-\alpha\ln D=\ln A-\lambda D$ 线性回归，求出其它谱参数 A、λ。此法比矩法[1,2]更简便、精确。

一、引　　言

在云和降水人工影响、数值摸拟、微波传播研究中，都需要云滴尺度谱分布公式。由于云滴尺度谱受云内外温度场、动力场和微物理过程相互影响，加上这些过程的高度复杂性，造成了云滴尺度谱分布形式的多样性；若引入偏径 ΔD($\Delta D=D_1-D_m$，D_1 是算术平均直径，D_m 是众数直径)，谱分布形式分为两大类；正偏型 $\Delta D>0$ 和负偏型 $\Delta D\leqslant 0$。尽管如此，云滴尺度谱基本形式仍是数浓度密度 $n(D)$随直径 D 增大而趋于减小。

国内曾用 $n(D)=AD^2e^{-\lambda D}$[3]（以下简称 X-M 分布）拟合云底云滴谱资料，结果表明：拟合值和实测值偏离较大，若在 $D=20\mu$ 左右分段拟合，偏离减小[4]。近年来国内机载仪器（FSSP-100）取得了大量云中云滴尺度谱资料，本文就这些资料寻求更适合的分布公式和求取谱参数的方法。

二、谱参数 α 计算方法

拟合计算表明，实测云滴尺度谱用伽玛分布 $n(D)=AD^{\alpha}e^{-\lambda D}$拟合较好；相关显著水平均在1%以上，相关系数 $R>0.9$。谱参数 α、λ 通常用矩法[1,2]求取，即要求计算二、三阶或更高阶中心矩（分别用 μ_2、μ_3、μ_k 表示）。如对规一化的伽玛分布 $n(D)=\frac{\lambda^{\alpha+1}}{\Gamma(\alpha+1)}D^{\alpha}e^{-\lambda D}$，可用 μ_2、μ_3 按下式

$$\alpha=4\mu_2^3/\mu_3^2-1 \tag{1}$$

$$\lambda=2\mu_2/\mu_3 \tag{2}$$

本文1988年10月19日收到，1989年4月25日收到修改稿。

求取谱参数 α、λ。当实测云滴尺度谱与伽玛分布有偏离时，由(1)、(2)式求得的 α、λ 拟合值并不一定是最佳值(见表 1)，特别是和伽玛分布偏离较大时更是如此。为了求得最佳拟合值应对不同 α、λ 值多次迭代，即使这样也主要对数浓度拟合较好，而对特征值亦并不一定是最佳值，在理论计算中，特征直径有时比数浓度更重要。为此，本文提出由实测云滴尺度谱特征直径比值 $K_1=D_1/D_2$、$K_2=D_2/D_3$(下称比值法)求取谱参数 α 的原理和方法，求得 α 后再按 $\ln n(D)-\alpha\ln D=\ln A-\lambda D$ 线性回归，求取 A、λ。比值法求取谱参数不要求增加 μ_2、μ_3、μ_k 计算，和多次迭代，而求得的数浓度和特征值拟合值与实测值很接近。表 1 列出了一个计算实例(资料取自 1982 年 11 月 18 日 10 时 29 分 23—28 秒实测云滴谱，为方便起见将云滴直径范围 2—47μ 左移为 0—45μ，使之满足直径在 0—∞范围变化)，可清楚看出比值法拟合值($\alpha=4$)明显优于矩法；由比值法求得的拟合值与实测值相对误差小于 10.3%，而矩法(未经迭代)拟合值和实测值相对误差大于 30.4%，最大可达 54.1%。

表 1 矩法、比值法拟合值比较

特征值*	N (cm^{-3})	D_1 (μ)	D_2 (μ)	D_3 (μ)	S ($10^{-3}\cdot m^{-1}$)	Q ($10^{-3}\cdot g\cdot m^{-3}$)
实测值	342	4.27	4.67	5.03	11.720	22.760
矩法拟合值 ($\alpha=0.06$)	466	1.96	2.72	3.50	5.420	10.460
相对百分误差 f(%)	−36.26	54.10	41.75	30.42	53.75	54.04
比值法拟合值 ($\alpha=4$)	307	4.44	4.87	5.28	11.440	23.720
相对百分误差 f(%)	10.23	−3.98	−4.28	−4.97	2.39	−4.22

* 特征值 N 为云滴数浓度，D_1、D_2、D_3 各为云滴算术平均直径、均方根直径、均立方根直径，S 为云滴消光切面积，Q 为云滴含水量。

比值法求取谱参数 α 的原理如下：若实测云滴谱可用伽玛分布 $n(D)=AD^{\alpha}e^{-\lambda D}$拟合，当云滴直径 D 在 0—∞范围变化时，各特征值可由谱参数 A、λ、α 决定，而比值 K_1'、K_2' 仅由谱参数 α 决定：

$$N'=\frac{A}{\lambda^{\alpha+1}}\Gamma(\alpha+1) \tag{3}$$

$$D_1'=\frac{1}{\lambda}(\alpha+1) \tag{4}$$

$$D_2'=\frac{1}{\lambda}[(\alpha+1)(\alpha+2)]^{\frac{1}{2}} \tag{5}$$

$$D_3'=\frac{1}{\lambda}[(\alpha+1)(\alpha+2)(\alpha+3)]^{\frac{1}{3}} \tag{6}$$

$$K_1'=D_1'/D_2'=(\alpha+1)/[(\alpha+1)(\alpha+2)]^{\frac{1}{2}} \tag{7}$$

$$K_2'=D_2'/D_3'=[(\alpha+1)(\alpha+2)]^{\frac{1}{2}}/[(\alpha+1)(\alpha+2)(\alpha+3)]^{\frac{1}{3}} \tag{8}$$

$$S'=\frac{\pi}{2}N'(D_2')^2=\frac{\pi}{2}\frac{A}{\lambda^{\alpha+3}}\Gamma(\alpha+3) \tag{9}$$

$$Q' = \frac{\pi}{6}N'(D_3')^3\rho = \frac{\pi}{6}\frac{A\cdot\rho}{\lambda^{\alpha+4}}\Gamma(\alpha+4) \tag{10}$$

式中 $\Gamma(\alpha+4)\cdots\Gamma(\alpha+1)$ 为伽玛函数，$\Gamma(\alpha+1)=\alpha\Gamma(\alpha)$，$\rho$ 为水密度（$\rho = 1\mathrm{gcm}^{-3}$）。

由于实测云滴谱直径变化范围不是 0—∞区间，而是 D_0—D_M 有限区间，因而不能直接用公式(3—10)计算特征值和比值。但是 D_M(仪器能测到的最大直径)一般比 D_0(仪器能测到的最小直径)大几倍、几十倍，加上数浓度密度 $n(D)$ 随 D 增加多数减小很快，因而积分区间 D_0—D_M 可近似用 D_0—∞代替，这时特征值和比值不仅与谱参数 A、λ、α 有关，还与实测最小直径 D_0 有关；

$$N = \frac{A}{\lambda}e^{-\lambda D_0}\sum_{p=0}^{\alpha}\frac{\Gamma(\alpha+1)}{\Gamma(\alpha+1-p)}\cdot\frac{D_0^{\alpha-p}}{\lambda^p} = \frac{A}{\lambda}e^{-\lambda D_0}\cdot B \tag{11}$$

$$D_1 = \sum_{p=0}^{\alpha+1}\frac{\Gamma(\alpha+2)}{\Gamma(\alpha+2-p)}\cdot\frac{D_0^{\alpha+1-p}}{\lambda^p}/B \tag{12}$$

$$D_2 = \left[\sum_{p=0}^{\alpha+2}\frac{\Gamma(\alpha+3)}{\Gamma(\alpha+3-p)}\cdot\frac{D_0^{\alpha+2-p}}{\lambda^p}/B\right]^{\frac{1}{2}} \tag{13}$$

$$D_3 = \left[\sum_{p=0}^{\alpha+3}\frac{\Gamma(\alpha+4)}{\Gamma(\alpha+4-p)}\cdot\frac{D_0^{\alpha+3-p}}{\lambda^p}/B\right]^{\frac{1}{3}} \tag{14}$$

$$S = \frac{\pi}{2}ND_2^2 = \frac{\pi}{2}\frac{A}{\lambda}e^{-\lambda D_0}\sum_{p=0}^{\alpha+2}\frac{\Gamma(\alpha+3)}{\Gamma(\alpha+3-p)}\cdot\frac{D_0^{\alpha+2-p}}{\lambda^p} \tag{15}$$

$$Q = \frac{\pi}{6}ND_3^3\rho = \frac{\pi}{6}\rho\sum_{p=0}^{\alpha+3}\frac{\Gamma(\alpha+4)}{\Gamma(\alpha+4-p)}\cdot\frac{D_0^{\alpha+3-p}}{\lambda^p} \tag{16}$$

$$K_1 = D_1/D_2 \tag{17}$$

$$K_2 = D_2/D_3 \tag{18}$$

式中 $B = \sum_{p=0}^{\alpha}\frac{\Gamma(\alpha+1)}{\Gamma(\alpha+1-p)}\cdot\frac{D_0^{\alpha-p}}{\lambda^p}$

表 2 不同 α 值时 ΔK_1、ΔK_2 及 α_1、α_2 值

观测日期	α	1	2	3	4	5	6
1983/4/14 8:51′06″—08″ 降水云 $K_2<K_1$	ΔK_1	0.0680	0.0300	0.0140	0.0065	0.0031	0.0014
	α_1	2.6	3.1	3.7	4.4	5.3	6.2
	ΔK_2	0.0370	0.0160	0.0070	0.0034	0.0016	0.0007
	α_2	2.0	2.7	3.4	4.3	5.2	6.1
1983/4/14 9:04′36″—38″ 降水云 $K_2>K_1$	ΔK_1	0.0169	0.0037	0.0014	0.0004	0.0001	0.0000
	α_1	1.3	2.1	3.1	4.0	5.0	6.0
	ΔK_2	0.0073	0.0020	0.0006	0.0002	0.0000	0.0000
	α_2	1.2	2.1	3.0	4.0	5.0	6.0

实测云滴谱特征直径 D_1、D_2、D_3 是云滴谱计算的常规输出量，因而可方便地求出比值 K_1、K_2，但是要由 K_1、K_2 从公式(17)、(18)求取 α 却十分困难。分析计算表明，当实测谱与伽玛分布偏离不是很大时，比值 K_1' 与 K_1 及 K_2' 与 K_2 是接近相等的，仅当实测谱与伽玛分布偏离较大($K_2<K_1$)时，差值 $\Delta K_1=K_1-K_1'$、$\Delta K_2=K_2-K_2'$ 才较大。表 2 列出了一实

测计算结果。

从表 2 看出：差值 ΔK_1、ΔK_2 随 α 值增大而减小，K_1、K_2 偏离 K_1'、K_2' 引起偏离 α 值亦随 α 增大而减小，即使是 $K_2<K_1$ 情况，在 $\alpha\geqslant4$ 时，α_1、α_2（由 K_1、K_2 按式(7)、(8)求出）偏离 α 值已小于 0.5（四舍五入取整数已和伽玛分布 α 值相同），而在 $K_2>K_1$ 时，仅当 $\alpha\geqslant1$ 时，α_1、α_2 与 α 已相等（四舍五入取整数）。因而仅在 $K_2<K_1$ 例子中，近似关系 $K_1=K_1'$、$K_2=K_2'$ 有较大误差外，在 $K_2>K_1$ 例子中，均可用近似关系 $K_1=K_1'$、$K_2=K_2'$ 求取 α 值，则

$$K_1=(\alpha+1)/[(\alpha+1)(\alpha+2)]^{\frac{1}{2}} \tag{19}$$

$$K_2=[(\alpha+1)(\alpha+2)]^{\frac{1}{2}}/[(\alpha+1)(\alpha+2)(\alpha+3)]^{\frac{1}{3}} \tag{20}$$

由(19)、(20)求得 α 值后，按关系 $\ln n(D)-\alpha\ln D=\ln A-\lambda D$ 线性回归求出谱参数 A、λ，再按公式(11—16)求出拟合值。上述全部计算由作者编制的“云参数计算程序”在计算机上实现。

符合伽玛分布 $n(D)=AD^{\alpha}e^{-\lambda D}$ 的特征直径比值具有如下性质；①$K_2>K_1$；②由 K_1、K_2 按公式(19)、(20)求出的 α_1、α_2 应相等。

然而实际的云滴尺度谱并不都是伽玛分布，而多是近似伽玛分布、用伽玛分布来拟合较好。实测谱和伽玛分布偏离程度可表现为差值 $\Delta\alpha=|\alpha_2-\alpha_1|$ 大小。计算表明，$\Delta\alpha$ 小，实测谱偏离伽玛分布较小，而 $\Delta\alpha$ 大，偏离较大。对不同性质层状云（降水与不降水）云滴谱计算表明：多数实测云滴谱 $\Delta\alpha<1$，它占总数 73.07%，少数实测云滴谱 $\Delta\alpha>2$，但仅占总数 5.57%（表略）。大的 $\Delta\alpha$ 值多和负偏态分布（$\Delta D\leqslant0$）相连（对于非降水云尺度谱接近正态，而降水云多为双峰、多峰）；在 87 组 $\Delta\alpha\geqslant1$ 实例中，$\Delta D\leqslant0$ 有 36 组，占总数 41.38%，而在 236 组 $\Delta\alpha<1$ 实例中 $\Delta D\leqslant0$ 仅 47 组，占总数 19.92%。可见实测云滴谱多数是较好符合伽玛分布的。

三、计算结果举例

本文计算了 323 组层状云实测资料，其中 $K_2>K_1$ 为 252 组，$K_2\leqslant K_1$ 为 71 组，分别举例如下：

1. $K_2>K_1$

①$\Delta\alpha<1$，用 $\alpha=\alpha_1=\alpha_2$ 或 $\alpha=\alpha_1+1=\alpha_2$（按四舍五入取整数）拟合均可获得最佳结果。如 1983 年 5 月 24 日 9:00′—01′实测资料，取自降水层状云中下部、单峰形谱，$D_m=9.5\mu$，$\Delta D=1.0\mu$，$K_1=0.925$，$K_2=0.936$，$\alpha_1=4.9$，$\alpha_2=5.4$，用 $\alpha=\alpha_1=\alpha_2=5$ 拟合可获得最佳结果。为了和 $\alpha=2$ 的 X-M 分布拟合值比较还列出了拟合值与实测值相对误差 $f(R)$（见表 3）。从表 3、图 1 可看出：由比值法求出谱参数 α 后，线性回归求出谱参数 A、λ，由此而得的拟合值（公式 11—16）和实测值最接近，而且相关系数也最大，也明显优于用 $\alpha=2$ 的 X-M 分布拟合值。

表 3 1983 年 5 月 24 日计算实例($\alpha=5$ 最佳)

特征值名称	实测值	拟合值					
		$\alpha=2$	$f(R)$	$\alpha=4$	$f(R)$	$\alpha=5$	$f(R)$
$N(cm^{-3})$	118	118	0.00	109	7.63	111	5.93
$D_1(\mu)$	8.49	6.73	20.73	7.99	5.89	8.48	0.12
$D_2(\mu)$	9.18	7.60	17.21	8.73	4.90	9.15	0.33
$D_3(\mu)$	9.80	8.50	13.27	9.46	3.47	9.81	−0.10
$S(10^{-3}\cdot m^{-1})$	15.620	10.756	31.14	13.037	16.54	14.657	6.17
$Q(10^{-3}g\cdot m^{-3})$	58.151	38.097	34.49	48.295	16.95	55.113	5.22
相关系数 R		−0.989		−0.997		−0.999	

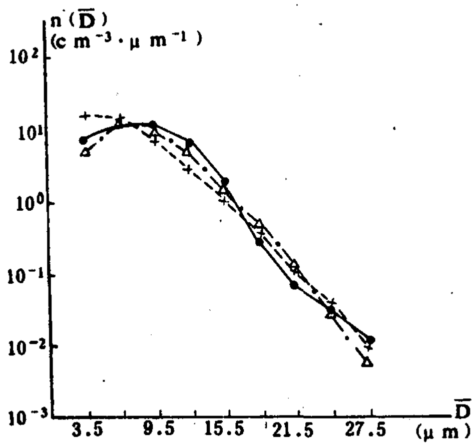

图 1 1983 年 5 月 24 日西安降水云 9：00′00″—01′00″测值
(•——• 实测值，+－－－+ $\alpha=2$ 拟合值，△－•－△ $\alpha=5$ 拟合值)

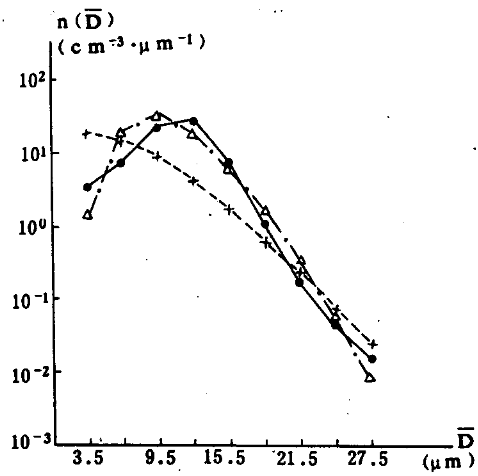

图 2 1983 年 4 月 15 日四川降水低云 8：50′46″—48″测值
(•——• 实测值，+－－－+ $\alpha=2$ 拟合值，△－•－△ $\alpha=9$ 拟合值)

②$\Delta\alpha\geqslant1$，这类型谱表示和伽玛分布有较大偏离，在 323 组实测谱中有 87 组，占总数 26.94%。用 $\alpha=\alpha_1$—α_2 间值拟合时，均可获得较好拟合结果，但很少有各特征值相对误差均为最小值情况；用 $\alpha=\alpha_1$ 或 $\alpha=\alpha_1-2$ 拟合数浓度较好，但对特征直径和 S、Q 拟合较差，用 $\alpha=\alpha_2$ 拟合特征直径较好，但偏离实测数浓度较大，特别是在 α_1，α_2 值较大、$\Delta\alpha$ 亦大时更为明显。为兼顾各特征值相对误差较小，选用 $\alpha=(\alpha_1-2)$—(α_1+2)之间值($\alpha_1>10$ 时用 $\alpha=(\alpha_1-2)$—α_1，$\alpha_1<10$ 时用 $\alpha=\alpha_1$—(α_1+2))均能取得较好拟合结果。如 1982 年 11 月 18 日 12：32′18″—23″实测资料，取自过冷低云中上部，双峰形谱，$D_m=9.5\mu$，$\Delta D=0.3\mu$，$K_1=0.954$，$K_2=0.963$，$\alpha_1=9.3$，$\alpha_2=11.4$，用 $\alpha=\alpha_1=9$ 拟合最好。表 4 列出的是 1983 年 4 月 14 日 8：50′44″—46″实测资料，取自有降水的低云中部，单峰形谱，$D_m=12.5\mu$，负偏态型

分布，$\Delta D=-1.15\mu$，$K_1=0.961$，$K_2=0.967$，$\alpha_1=11.1$，$\alpha_2=12.8$，用 $\alpha=\alpha_1-2=9$ 拟合最好。

表 4　1983 年 4 月 14 日计算实例($\alpha=\alpha_1-2=9$ 最佳)

特征值名称	实测值	拟合值					
		$\alpha=2$	$f(R)$	$\alpha=9$	$f(R)$	$\alpha=13$	$f(R)$
$N(cm^{-3})$	228	148	35.09	237	−3.95	410	−79.82
$D_1(\mu)$	10.95	7.81	28.67	10.48	4.29	11.02	−0.64
$D_2(\mu)$	11.38	8.87	22.06	11.00	3.34	11.40	−0.17
$D_3(\mu)$	11.77	9.96	15.38	11.50	2.29	11.79	−0.17
$S(10^{-3}\cdot m^{-1})$	43.381	18.296	57.82	44.930	−3.57	83.748	−93.05
$Q(10^{-3}\cdot g\cdot m^{-3})$	194.654	76.409	60.75	188.421	3.20	351.553	−80.60
相关系数 R		−0.950		−0.996		−0.992	

从表 4、图 2 看出：$K_2>K_1$、$\Delta\alpha\geqslant1$ 实例中，不论正偏或负偏态谱($\Delta D>0$ 或 $\Delta D\leqslant0$)，用 $\alpha=(\alpha_1-2)—(\alpha_1+2)$ 拟合均能获得较好结果，相关系数亦是最大值或接近最大值。而 $\alpha=2$ 的 X-M 分布拟合值和实测值偏离较大，特别是 α_1 值较大时，偏离更大(含水量相对误差大于 60%)。

2. $K_2<K_1$

这类型谱特征值比值与伽玛分布特征值比值不符，谱形特点是 D 为 2—8μ 云粒子数浓度很高，$D>8\mu$ 云粒子数浓度减少很快，主要出现在云底或云顶与自由大气交界处，无论 $\Delta\alpha<1$、或 $\Delta\alpha\geqslant1$ 的较好拟合值均不出现在 α_1—α_2 间，而是在小于 α_1 一端，用 $\alpha=(\alpha_1-2)—(\alpha_1-4)$ 可获得较好拟合结果。表 5 是 $\Delta\alpha<1$ 的例子，取自 1984 年 4 月 10 日 9:51′08″—13″无降水低云底部，单峰形谱，$D_m=3.5\mu$，$\Delta D=1.28\mu$，$K_1=0.894$、$K_2=0.889$，$\alpha_1=3.0$，$\alpha_2=2.3$，用 $\alpha=\alpha_1-2=1$ 拟合最好。表 6 是 $\Delta\alpha\geqslant1$ 例子。取自 1984 年 4 月 10 日 9:51′13″—18″无降水低云底部，单峰形谱，$D_m=3.5\mu$，$\Delta D=0.69\mu$，$K_1=0.938$、$K_2=0.925$、$\alpha_1=$

表 5　1984 年 4 月 10 日计算实例($\alpha=\alpha_1-2=1$ 最佳)

特征值名称	实测值	拟合值			
		$\alpha=1$	$f(R)$	$\alpha=2$	$f(R)$
$N(cm^{-3})$	105	104	0.95	95	9.52
$D_1(\mu)$	4.77	4.77	0.00	5.11	−7.12
$D_2(\mu)$	5.34	5.36	−0.37	5.67	−6.18
$D_3(\mu)$	6.01	6.03	−0.33	6.28	−4.49
$S(10^{-3}\cdot m^{-1})$	4.703	4.681	0.47	4.805	−2.17
$Q(10^{-3}\cdot g\cdot m^{-3})$	11.935	11.874	0.51	12.301	−3.07
相关系数 R		−0.988		−0.991	

6.4、$\alpha_2=4.4$，用 $\alpha_2=\alpha_1-4=2$ 拟合最好。

由表5、6可看出：当实测谱比值不符合伽玛分布比值关系时，仍可用伽玛分布拟合，最佳值 $\alpha=(\alpha_1-2)—(\alpha_1-4)$，多数取值为1和2。如1984年4月10日云底11组 $K_2<K_1$ 测值中，$\alpha=1$ 有6组，$\alpha=2$ 有5组。因而在一些云底X-M分布有时可获得较好拟合结果。

表6　1984年4月10日计算实例($\alpha=\alpha_1-4=2$ 最佳)

特征值名称	实测值	拟合值			
		$\alpha=1$	$f(R)$	$\alpha=2$	$f(R)$
$N(cm^{-3})$	182	208	−14.29	177	2.75
$D_1(\mu)$	4.19	3.82	8.83	4.10	2.15
$D_2(\mu)$	4.47	4.17	6.71	4.46	0.22
$D_3(\mu)$	4.83	4.57	5.38	4.86	−0.62
$S(10^{-3}\cdot m^{-1})$	5.712	5.685	0.47	5.558	2.70
$Q(10^{-3}\cdot g\cdot m^{-3})$	10.738	10.414	3.02	10.699	0.36
相关系数 R		−0.990		−0.999	

3. 整层云计算结果举例

表7是降水云和非降水云整层云实测值、用比值法求出的拟合值和X-M公式计算值的平均结果。从表可清楚看出：用比值法求出的拟合值和实测值很接近，而X-M公式计算值和实测值偏离较大，如无降水低云中，含水量和消光切面积均仅为实测值的0.4倍。

表7　整层云计算结果

云性质	计算方法	$\overline{N}$ (cm^{-3})	S_N (cm^{-3})	Q (g/m^3)	S_Q (g/m^3)	S (m^{-1})	S_S (m^{-1})
非降水云(1982/11/24)	实测	210	31	0.114	0.048	0.030	0.010
	比值法	215	42	0.111	0.048	0.030	0.011
	$\alpha=2$	153	38	0.047	0.016	0.013	0.003
降水云(1983/4/14)	实测	142	59	0.209	0.123	0.037	0.020
	比值法	141	63	0.180	0.098	0.034	0.017
	$\alpha=2$	118	64	0.138	0.075	0.024	0.012

注：表中 S_N、S_Q 和 S_S 分别为云滴数浓度、含水量和消光切面积的标准偏差。

四、结　　论

1. 我国层状云云滴谱可用伽玛分布拟合，相关系数 $R>0.9$、相关显著水平高于0.01。谱参数 α 由实测谱特征直径比值 K_1、K_2 求出，然后按 $\ln n(D)-\alpha\ln D=\ln A-\lambda D$ 线性回归求取谱参数 A、λ。它比由矩法决定 A、λ、α 简便，而且对特征直径拟合更接近实测值。

2. X-M分布拟合一些层状云底部、顶部云滴谱资料较好外，多数拟合值低于实测值，

特别是特征直径、光学切面积、含水量明显低于实测值(有的仅为实测值的 0.4 倍),因此在理论和实际计算中应取高于 $\alpha=2$ 的伽玛分布。

参 考 文 献

[1] 林少宫编,基础概率与数理统计,人民教育出版社,1963 年。

[2] Tampieri F. ,C. Tomasi,Size distribution models of fog and cloud droplets in terms of the modified gamma function,*Tellus*, **28**,4,333—347,1976.

[3] Хргиан. А. Х. ,Физика Облаков,Ленинград,1961.

[4] 陈万奎等,庐山云雾微结构特征初步分析,气象科学技术集刊,2,气象出版社,1982。

THE STRATUS CLOUD DROPLET NUMBER/SIZE DISTRIBUTIONS AND SPECTRAL PARAMETERS CALCULATION

Yan Caifan　Chen Wankui

(*Academy of Meteorological Science,SMA*)

Abstract

The numerical experiments on stratus cloud droplet number/size distributions show that the Gamma function ($n(D)=AD^{\alpha}e^{-\lambda D}$) can be well fitted into the measured spectra. The method of calculating distribution parameters is proposed, and it is simpler and more accurate than the moment method.