

起伏場的相关時間对水滴随机长大的作用*

温景嵩

(中国科学院地球物理研究所)

提 要

本文討論了云滴起伏增长中相关時間的作用。結果表明,起伏場的这个特征量是一个很重要的因素。

对湍流加速場的相关時間进行了研究。指出这个場的相关時間很短,不能在直接形成雨滴的过程中有重要貢獻。

对含水量起伏場的研究初步表明,它可以在形成30—50微米大云滴的过程中有重要貢獻。比以往均匀长大理論要快半小时以上。

一、引 言

近年来,暖云降水的微观理論有了重大的进展。周秀驥的工作^[1]初步建立了暖云降水的微观統計理論,他討論了在相关系数等于1的条件下起伏強度的影响。当这个特征量足够大时,可以解释許多过去理論所不能解释的事实。例如,在湍流加速度的起伏強度 δ_A 达到100%时($\delta_A = \sigma_A/\bar{A}$, $\bar{A} = g$, $\sigma_A = g$),可以說明在1千秒內形成的陣雨。当起伏強度只有1/3时,也可以說明在两千秒內形成的陣雨。生长時間比以往均匀长大理論要快半小时到1小时,这就証明了随机长大的重要性。

相关系数表示起伏場中两点关系的強弱。当 $H = 1$ 时,意味着起伏場各点完全相关。換句話說,水滴在云中某个时刻、某个地方、碰到某个量的某种大小以后,这量就一直是这样大小(至少在数千秒以內)。显然,这最有利于水滴的迅速长大。然而实际情况很可能并不这样理想:(1)其相关結構可能比較复杂;(2)其相关尺度可能比較小。需要进一步闡明,在不同的相关特性条件下,水滴的随机增长将具有什么特征。作为第一步,本文着重討論了湍流加速場的相关問題。也初步地探討了含水量起伏場的作用。

二、湍流加速場的相关特性对水滴随机增长的影响

水滴的重力碰并长大由下式描述:

$$\frac{dR}{dt} = \frac{Eq}{4\rho} \cdot \frac{\Delta u}{g} A(t). \quad (1)$$

式中 R 是水滴半径, E 是捕获系数, q 是云中含水量, Δu 是重力作用下水滴与云滴的平衡相对速度, g 是重力加速度, $A(t)$ 是重力場与湍流場合成的湍流加速場。当 $A(t)$ 是起伏量时,水滴半径 R 的函数 $z(t) = \int_{R_0}^R \frac{4\rho g}{Eq\Delta u} dR$ 将是一个随机过程,其方差是^[1]:

* 本文1963年12月11日收到。

$$\sigma_x^2(t) = \int_0^t \int_0^t \sigma_A(t') \sigma_A(t'') H(t', t'') dt' dt'' \quad (2)$$

式中 σ_A 是加速场的均方差, $H(t', t'')$ 是 t' 与 t'' 两个时间湍流加速度的相关系数。显然它对 σ_x 的大小有影响。以下, 取三种不同形式的相关系数来讨论。第一种是:

$$H_1(\tau) = \begin{cases} 1, & |\tau| \leq \tau_0 \\ 0, & |\tau| > \tau_0 \end{cases} \quad (3)$$

式中 $\tau = t' - t''$, τ_0 是粒子的拉格朗日相关时间。第二种相关系数是:

$$H_2(t', t'') = \begin{cases} 1, & n\tau_0 \leq t', t'' \leq (n+1)\tau_0 \quad (n = 0, 1, \dots) \\ 0, & \text{在上述区间以外} \end{cases} \quad (4)$$

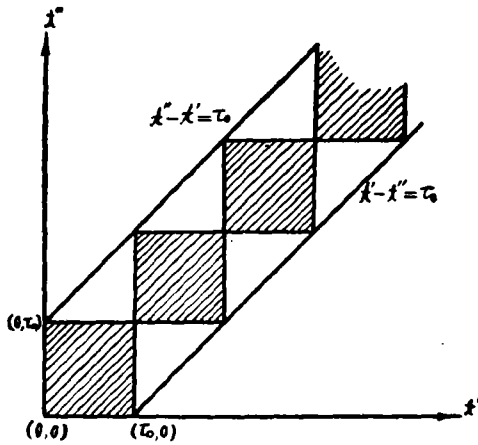


图1 相关系数 H_1 与 H_2 等于 1 的范围

$= \int_0^t \mathbf{X}(t) dt$ 当 $t = 2\tau_0$ 时, 按照文献[2]分两段数值积分后可得 \mathbf{Y} 的分布函数:

$$f(y, 2\tau_0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_x}\sqrt{2\tau_0}} \exp \left\{ -\frac{(y - 2\bar{x}\tau_0)^2}{2\sigma_x^2 \cdot 2\tau_0^2} \right\} \quad (6)$$

而按这里的公式(4)的相关形式, 一次积分其方差将是 $n\sigma_x^2\tau_0^2$ (见下面公式(9)), 其平均值是 $n\tau_0\bar{x}$, 由此马上可得 \mathbf{Y} 的分布函数:

$$f(y, n\tau_0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_x}\sqrt{n\tau_0}} \exp \left\{ -\frac{(y - n\tau_0\bar{x})^2}{2\sigma_x^2 n\tau_0^2} \right\} \quad (7)$$

令 $n = 2$, 可见(7)式与(6)式相同。因此 H_2 包括了分段进行积分的情况。

把 H_1, H_2, H_3 代入(2)式, 则得

$$\sigma_x^2(t) = \sigma_A^2 \tau_0 (2t - \tau_0), \quad (t > \tau_0) \quad (8)$$

$$\sigma_x^2(t) = \sigma_A^2 t^2, \quad (t < \tau_0) \quad (9)$$

$$\sigma_x^2(t) = 2\sigma_A^2 \tau_0 [t - \tau_0 (1 - e^{-t/\tau_0})]. \quad (10)$$

变换成无因次形式, 令 $\xi = t/\tau_0$, $\sigma_\xi^2 = \sigma_x^2/\sigma_A^2\tau_0^2$, 代入上式, 则(8)–(10)式变成:

$$\sigma_\xi^2(\xi) = 2\xi - 1, \quad (\xi > 1) \quad (11)$$

$$\sigma_\xi^2(\xi) = \xi, \quad (\xi < 1) \quad (12)$$

$$\sigma_\xi^2(\xi) = 2\xi - 2(1 - e^{-\xi}). \quad (13)$$

式中 τ_0 也是相关时间。(3)、(4)两式的不同在于其相关的区域不同。以图1来看, $|t' - t''| = \tau_0$ 的两条线中间部分是 H_1 完全相关的区域。而斜线复盖的地方则是 H_2 相关的区域。可见即使 τ_0 相同, H_2 的相关特性也要比 H_1 为弱。此外, 还取

$$H_3(\tau) = e^{-\frac{|\tau|}{\tau_0}} \quad (5)$$

作第三种相关系数。

需要指出, H_2 与文献[2]中采用的数值积分方法相同。那里的时间步长 Δt 有其物理意义。实际上它是该起伏场的相关时间。例如某随机函数 $\mathbf{X}(t)$ 的积分 $\mathbf{Y}(t)$, $\mathbf{Y}(t) =$

图 2 给出此三条曲线,在图上也绘出 $H = 1$ 的情况. 当 $\xi = 10$, 三种模式的 σ_c 已经只有 $H = 1$ 结果的 $1/5$, 出入较大. 而各种不同形式的相关系数之间却无大差别. 在 $\xi = 30$ 时, 各种相关的 σ_c 相差也不超过 $1/4$, 可见对 σ_c 而言, 相关的尺度 τ_0 影响是主要的, 而相关的结构影响不大.

用相关系数 H_1 计算了加速场起伏下的雨滴谱^[1], 得:

$$f(R, t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_A\sqrt{\tau_0(2t - \tau_0)}} \cdot \frac{4\rho g}{Eq\Delta u} \cdot \exp\left\{-\frac{\left(\int_{R_0}^R \frac{4\rho g}{Eq\Delta u} dR - gt\right)^2}{2\sigma_A^2\tau_0(2t - \tau_0)}\right\} \quad (14)$$

根据 (14) 式, 可以计算不同的相关时间对雨滴谱的影响. 计算中云滴半径取 10 微米, q 是 1 克/米³, $E, \Delta u$ 用 Langmuir 的结果^[3], 分别讨论了强起伏 ($\delta = 100\%$) 与弱起伏 ($\delta = 1/3$) 下的情况. 由于 τ_0 出现在滴谱的指数函数上, 所以它对谱的影响, 远较对 σ_x 的影响为大. 当 $\tau_0 = 300$ 秒时, 若 $t = 1000$ 秒, 由图 2 看其 σ_x 只比 $H = 1$ 的少 $1/3$, 但 500 微米半径的雨滴谱却比 $H = 1$ 的少了两个量级(强起伏情况, 见图 3). $\tau_0 = 10$ 秒时, 若 t 仍是 1 千秒, 此时 σ_x 是 $H = 1$ 的 $1/10$, 但雨滴增长却几乎与均匀长大相同. 这种影响在弱起伏条件下更为显著, 由图 4 看出, 当 $\tau_0 < 200$ 秒时, 对 $t = 2000$ 秒的降雨就作用不大了.

看来, τ_0 的影响很大. 现在采用两个相关尺度以做进一步分析. 我们把可使一般的大云滴浓度产生一般雨滴浓度的 τ_0 叫有效相关时间. 而只能使最多的大云滴浓度产

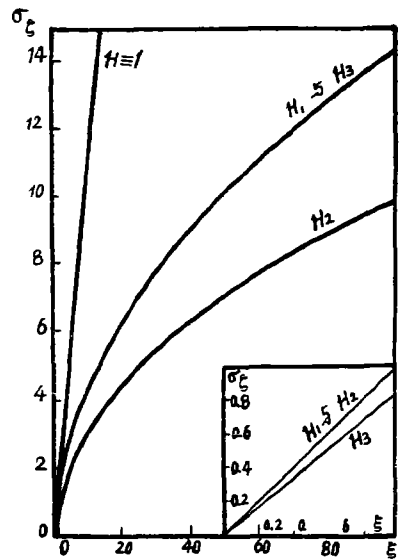


图 2 无因次均方差 $\sigma_c \left(= \frac{\sigma_x}{\sigma_A\tau_0} \right)$ 与无因次时间 $\xi \left(= \frac{t}{\tau_0} \right)$ 的关系曲线

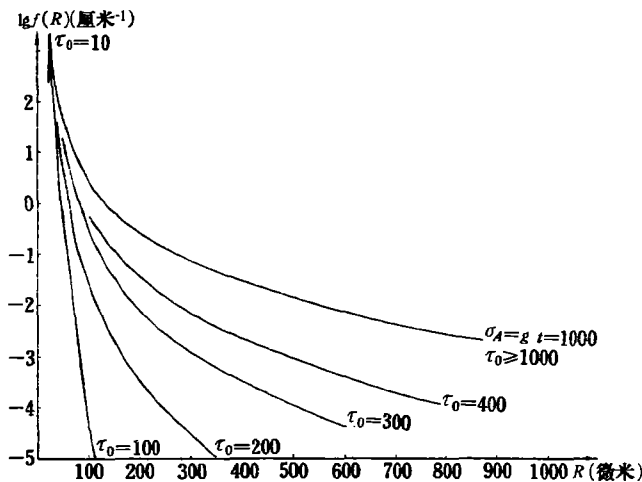


图 3 加速场的相关时间对雨滴谱的影响 (一)

生最少可测雨滴浓度的 τ_0 叫临界相关时间。起伏场的相关时间低于这个界限时, 将不会对阵雨的形成有直接的贡献。

一般较大云滴 ($R_0 = 20$ 微米) 浓度是 10^6 个/米³。一般雨滴 ($R = 500$ 微米) 谱密度

是 10 个/米³ · 50 微米。相应的有效谱密度是 $2 \cdot 10^{-3}$ 厘米⁻¹。最大云滴浓度不会超过 10^7 个/米³, 最少可测雨滴谱密度是 10^{-2} 个/米³ · 50 微米, 相应的临界谱密度是 $2 \cdot 10^{-7}$ 厘米⁻¹。根据 (14) 式计算了 $R = 500$ 微米雨滴在 $t = 1000$ 秒 ($\delta_A = 100\%$) 的谱密度, 也计算了弱起伏 $\delta = 1/3$ 下, $t = 2000$ 秒时的谱密度。显然, 不同的 τ_0 结果不同, 这种影响可在图 5 上看出。把有效谱密度与临界谱密度标在图上, 这样可以找出两种相关尺度的具体大小。

由图 5 可以得到如下结果:

1. 在强起伏条件下 ($\delta = 100\%$), 1 千秒内形成的阵雨需要有 450—930 秒的相关时间。而 τ_0 小于 150—300 秒后, 则不能在 1 千秒形成阵雨。

2. 在弱起伏条件下 ($\delta = 1/3$), 两千秒内形成的阵雨需要的相关时间更长 (1100—2000 秒), 而临界相关时间也提高到 400—700 秒。

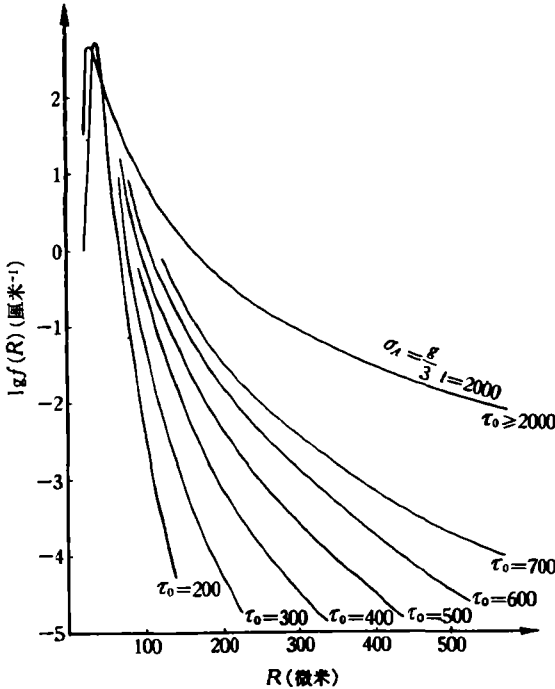


图 4 加速场的相关时间对雨滴谱的影响 (二)

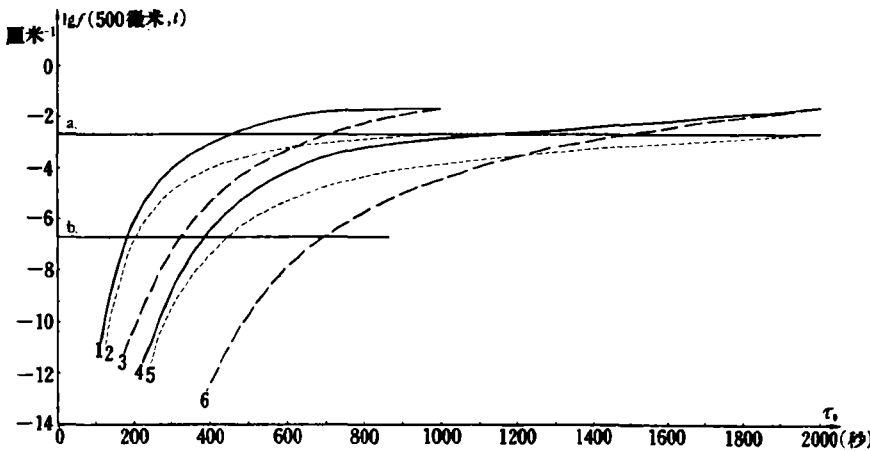


图 5 相关时间对半径 500 微米雨滴谱密度的影响

($\sigma_A = g$, $t = 1000$ 秒的谱密度, 1. $H = H_1$, 2. $H = H_2$, 3. $H = H_3$,
 $\sigma_A = g/3$, $t = 2000$ 秒的谱密度, 4. $H = H_1$, 5. $H = H_2$, 6. $H = H_3$,
 a. 有效的谱密度, b. 临界的谱密度)

3. 不同的相关形式, 它們的两种相关尺度差別較大。 H_1 形式要求的有效相关時間最短, 而 H_3 形式要求最高, 相差可达 7、8 分鐘乃至 15 分鐘。对临界相关而言, 以 H_1 要求最低, 而 H_2 最高, 相差也达 3、5 分鐘。

显然, 起伏强度越大, 所需要的相关時間越低。图 6 描繪了不同强度的起伏在形成 1 千秒或两千秒陣雨过程中所需要的相关時間及临界相关時間。(这是用 H_2 計算的)。由图 6 可見, 若强度超过 400% ($\sigma_A = 4g$) 时, 只要 τ_0 大于 20—40 秒, 就可在 1 千秒形成陣雨。当强度超过 200% ($\sigma_A = 2g$) 时, 若 τ_0 也超过几十秒时, 可以在两千秒內形成的陣雨。

三、湍流加速場的相关時間

上面的結果表明, 起伏場的相关時間, 在水滴的随机长大过程中, 也是一个重要特征量, 它的大小影响了这过程的快慢。为了要知道它們的实际大小, 本文先对湍流加速場的 τ_0 加以估計。

所謂相关時間是指水滴在場中的拉格朗日時間。水滴是重粒子, 因此这个量應該是空气質点的拉格朗日時間与欧拉相关時間綜合的結果。作为第一步, 这里分別进行估計, 而認為水滴的拉格朗日相关時間与这两个時間較小的一个同一量級。

1. 湍流加速場中空气質点的拉格朗日相关時間

空气質点的加速度 $A(t)$ 与速度 $W(t)$ 有如下关系:

$$W(t) = W_0 + \int_0^t A(t) dt. \quad (15)$$

W_0 是初始速度。当加速度 $A(t)$ 是一起伏量时, 由随机函数理論可以得到速度場方差与加速場方差的关系(关系式与 (8)、(9)、(10) 式相同)。因此, 知道了气流場的方差后, 可以估計不同强度下的加速場, 它們的相关時間應該是多大。为了比較, 还計算了正态的相关系数 H_4 。

$$H_4(\tau) = e^{-\left(\frac{\tau}{\tau_0}\right)^2}. \quad (16)$$

在 H_4 条件下 σ_w 与 σ_A 的关系是

$$\sigma_w^2(t) = \sigma_A^2 \left[2\sqrt{\pi} \tau_0 t \cdot \text{erf} \left(\sqrt{2} \frac{t}{\tau_0} \right) + \tau_0^2 \left\{ \exp \left(-\frac{t^2}{\tau_0^2} \right) - 1 \right\} \right]. \quad (17)$$

由 Пинус 的觀測^[4], 对流云中气流速度均方差一般是几个米/秒。并且最大值不大可能超过 100 米/秒, 我們在 $\sigma_w = 10$ 米/秒与 100 米/秒条件下估計了三种起伏强度下的

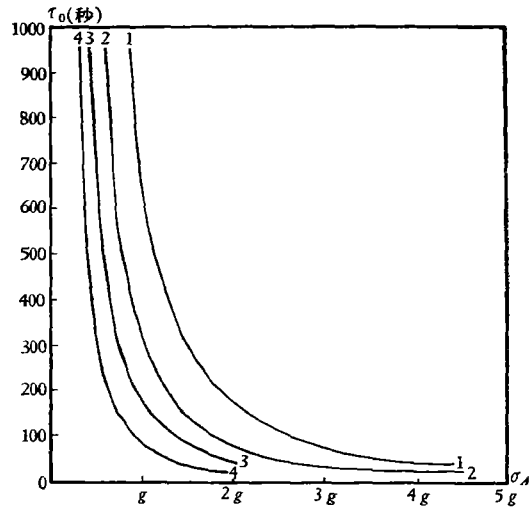


图 6 起伏强度对有效的与临界的相关時間影响

- 1, 2 是 1000 秒內形成陣雨的情况
 - 3, 4 是 2000 秒內形成陣雨的情况
- $\left\{ \begin{array}{l} 1 \sigma_A \text{ 与有效 } \tau_0 \text{ 关系} \\ 2 \sigma_A \text{ 与临界 } \tau_0 \text{ 关系} \end{array} \right.$
 $\left\{ \begin{array}{l} 3 \sigma_A \text{ 与有效 } \tau_0 \text{ 关系} \\ 4 \sigma_A \text{ 与临界 } \tau_0 \text{ 关系} \end{array} \right.$

相关时间(计算中 $t = 100$ 秒)。表 1 列出了计算的结果。

表 1 空气质点的加速度相关时间(秒)

相 关 系 数	$2g$		$1g$		$\frac{1}{3}g$	
	100 米/秒	10 米/秒	100 米/秒	10 米/秒	100 米/秒	10 米/秒
H_4	0.1	0.001	0.3	0.003	2.6	0.03
H_3	0.1	0.001	0.5	0.005	4.6	0.05
H_1	0.1	0.001	0.5	0.005	4.6	0.05
H_2	0.3	0.003	1.0	0.01	9.0	0.18

看来,不同的相关形式影响不大,而起伏的强弱有重要影响。起伏越强,其尺度越小。 $\delta = 200\%$ 的相关时间比 $\delta = 1/3$ 的要小一个量级。所以,强度越大,虽然越有利于迅速形成降水,但它的尺度却减小得很快,只有这两个特征量的乘积达到一定程度时,才会在足够短的时间内形成降雨。由表 1 得到另一个重要的结果是空气质点的拉格朗日相关时间非常小,一般只有 $10^{-2} - 10^{-3}$ 秒。在极端情况下,当起伏强度很弱、气流均方差很大时,也只有 10 秒。

2. 湍流加速场中水滴的欧拉相关时间

湍流加速场是一种均匀各向同性的起伏场,对它可以直接计算空间各点的相关曲线。A. M. Яглом^[5] 计算过这种相关函数,其结果如图 7 所示。纵坐标是相关系数,横坐标是无因次空间尺度。当对流云中 $\epsilon = 10^3$ 厘米²/秒³时,利用作者所给数据,其有因次空间尺度是 $r = 9x$ (毫米)。由图 7 可见,当 $x = 2$ 时,加速场相关特性削弱很大,因此加速场空间相关尺度 l_0 只有两厘米。用水滴重力末速去除 l_0 (依文献[6]中的数据),可得水滴在加速场中的欧拉相关时间。(图 8)显然,这个时间也非常小,在初始时 $R_0 = 20$ 微米, τ_0 最大也只有 10^{-1} 秒。长到 200 微米时, τ_0 已只

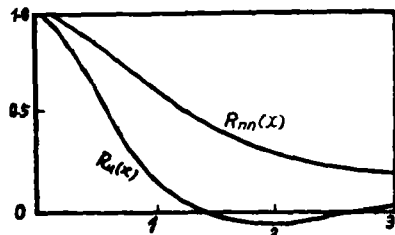


图 7 湍流加速场欧拉空间相关曲线 (引自文献[5])

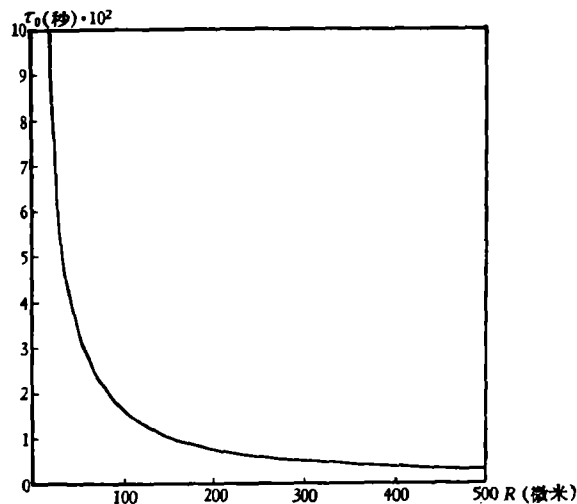


图 8 尺度是 1 厘米的加速场欧拉相关时间

有 10^{-3} 秒了。大体上欧拉时间的量级是 10^{-2} 秒。

如上所述,可以初步确定水滴在湍流加速场中的相关时间很小,量级一般是 $10^{-2} - 10^{-3}$ 秒。这在物理意义上也很清楚。湍流理论已经阐明,湍流加速场与湍流场十分不同。

后者随尺度加大而增加其湍流強度。而前者却相反,它們在內尺度才达到最大值。因此,湍流加速場的相关曲綫衰減十分迅速是容易理解的。但是,与上节結果对照一下,易知湍流加速場不能对直接长成雨滴的过程中起重要的作用。然而,不能由此得出湍流加速場对云滴长大沒有任何作用的結論。問題在于当 $\tau_0 \ll t$ 时,这过程已不能用一般的随机函数理論去处理,它一般地属于馬尔科夫过程,其作用将在另外的文章中作專門的討論。

四、含水量起伏場的作用

第二节結果也可以适用于含水量起伏場。例如用 H_1 在含水量起伏条件下去积分(1)式可得雨滴譜如下^[1]:

$$f(R, t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_q\sqrt{\tau_0(2t-\tau_0)}} \cdot \frac{4\rho}{E\Delta u} \exp \left\{ -\frac{\left(\int_{R_0}^R \frac{4\rho}{E\Delta u} dR - \bar{q}t\right)^2}{2\sigma_q^2\tau_0(2t-\tau_0)} \right\}. \quad (18)$$

与(14)式比較,若 $\delta_q = \delta_A$, 則两式相同。因此, τ_0 的作用也是相同的。对流云中含水量起伏場的 δ 一般是 30% 左右^[7]。其相关時間如用云泡的生命来估計(最大可能值)是 200—300 秒。根据本文第二节的結果,它也不会在这两秒形成足够多的雨滴。然而含水量場的相关時間比湍流加速場的相关時間大 4、5 个量級,因此仍可用这个模式来估計一下它在形成大云滴方面的作用。

我們討論大云滴由 12.6 微米到 100 微米的生长过程,云滴的相对速度 Δu 在 50 微米以內的阶段用 Stokes 公式 $\Delta u = K(R^2 - a^2)$, 在 50 微米至 100 微米的阶段內用文献[8]的結果。 a 表示小云滴半径。 $\Delta u = \frac{R^2}{A + BR}$, 代入(18)式可得(相关用的是 H_2):

$$f(R, t) = \frac{4\rho}{E\Delta u} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_q\sqrt{\tau_0 t}} \exp \left\{ -\frac{\bar{q}^2(\bar{i} - t)^2}{2\sigma_q^2\tau_0 t} \right\}. \quad (19)$$

式中 \bar{i} 表示平均生长時間,

$$\bar{i} = \frac{4\rho}{E_1 K \bar{q}} \cdot \frac{1}{2a} \ln \left(\frac{R_0 - a}{R_0 + a} \right) \left(\frac{R_0 + a}{R_0 - a} \right) + \frac{4\rho}{E_2 \bar{q}} \left[A \left(\frac{1}{50\mu} - \frac{1}{R} \right) + B \ln \frac{R}{50\mu} \right]. \quad (20)$$

这里当討論的 $R \leq 50$ 微米时, (20) 式中只計算右边第一項; 当討論的 $R > 50$ 微米时, 右边第一項的 R 是一固定的半径, 它等于 50 微米。計算了两种強度的含水量場的作用。在計算中 \bar{q} 是 1 克/米³, a 是 10 微米, $K = 1.26 \times 10^6$ 厘米⁻¹秒⁻¹, 捕获系数 $E_1 = 0.5$, $E_2 = 0.8$ 。我們討論了三个过程: 12.6 微米 \rightarrow 30 微米, 12.6 微米 \rightarrow 50 微米, 12.6 微米 \rightarrow 100 微米(半径), 其結果列在表 2 上。

显然, 含水量起伏时对大云滴的形成远較均匀模式有利。在均匀模式中一般需要一个半小时, 而在含水量起伏条件下可提前半小时到 50 分钟。例如对形成半径 50 微米的大云滴而言, 原来需要 5570 秒, 現在則只需要 2570 秒(較強的起伏)到 3650 秒(較弱的起伏)。

从表中看到另一个特点是, 这种加速的过程主要是在前一阶段(12.6 \rightarrow 30 微米), 而后来增加不显著。例如当 $\delta = 1/3$ 时, 由 12.6 \rightarrow 30 微米在起伏条件下可提前 30—35 分钟。而 12.6 \rightarrow 100 微米这一过程提前 33—38 分钟, 增加的不多。也就是說起伏生长机制最有利是在前一阶段完成的。

表 2 含水量起伏时大云滴的生长时间(秒)

生长过程		12.6 → 30 微米	12.6 → 50 微米	12.6 → 100 微米
平均生长时间		4670	5570	5850
起伏场特征		含水量起伏条件下的生长时间*		
$\sigma_q = 1/3$	$\tau_0 = 200$	2870	3650	3870
	$\tau_0 = 300$	2570	3350	3570
$\sigma_q = 1/2$	$\tau_0 = 200$	2270	2950	3210
	$\tau_0 = 300$	1970	2570	2790

* 初始较大云滴浓度是 10 个/厘米³, 在起伏长大中若在某时刻, 各指定大云滴的谱密度达到了 1 个/升· μ , 则这段时间可叫该大云滴的起伏生长时间。

五、結 論

(1) 云中起伏场的强度与相关尺度两个特征量, 对大水滴的随机生长有重要作用。 $\sigma^2\tau_0$ 越大就越有利, 近似地是指数关系。而这两个量之间又有一定的相互制约关系。因此, 研究起伏场本身的物理机制, 弄清楚这些特征量的大小, 才能确定它们在水滴随机生长中的作用。

(2) 当起伏强度一定时, 需要一定的相关时间, 才能对降雨形成有重大贡献。例如对 1000—2000 秒内形成的降雨需要有 500—2000 秒长的相关时间。具体大小还要由起伏强度与相关结构而定, 这里面相差还是很大的。

(3) 存在着一个临界线, 当相关时间低于这尺度时, 就不能对形成雨滴有直接的作用。这临界线对 1000—2000 秒形成的降雨而言, 大体上是 150—700 秒。它们也受起伏强度和重要影响。

(4) 湍流加速场主要是内尺度的湍流场。因此相关时间只有 10^{-2} — 10^{-3} 秒。尽管它们的强度可能达到几个 g ^[5], 然而不会对降雨的形成有直接的作用。这种场的作用将在另外的不连续变化的马尔科夫过程中去阐明。

(5) 含水量起伏场的相关时间可能是几百秒(云泡尺度)。它们可能在形成 30—50 微米大云滴中有重要作用, 初步估计较均匀模式快半小时以上。

致謝: 对和周秀驥、徐华英等同志的有意义的讨论, 謹致謝意。

参 考 文 献

- [1] 周秀驥, 气象学报, **33** (1963), 97—107.
- [2] 徐华英、顾震湖, 气象学报, **33** (1963), 108—114.
- [3] Langmuir, I., J. Meteor., **5** (1948), 175.
- [4] Пинус, Н., Док. АН СССР, т 150 (1963) 788—790.
- [5] 奥布霍夫、雅格洛姆, 湍流底微结构, 中国科学院出版, 1953 年, 25—39.
- [6] Mason, B., The Physics of Clouds, 1957.
- [7] Хуан Мэй-Юань, Изв. АН СССР. серия геофиз., № 2 (1963), 362—376.
- [8] 顾震湖、詹丽珊, 气象学报, **32** (1962), 301—307.

ВЛИЯНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННОГО ВРЕМЕНИ ФЛЮКТУАЦИОННОГО ПОЛЯ НА СТОХАСТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ РОСТА ОБЛАЧНЫХ КАПЕЛЬ

Вэнь Цзин-сун

(Институт геофизики АН Китая)

Резюме

В работе рассматривается вопрос о влиянии корреляционного времени на флюктуационный рост облачных капель.

Результаты показывают, что важную роль в образовании ливневых осадков играет корреляционное время. Для образования капель дождя за время 1000 или 2000 сек корреляционное время должно превышать примерно 500—2000 сек в зависимости от интенсивности и корреляционной структуры флюктуационного поля.

Кроме того, существует критическое значение в пределах 150—700 сек, ниже которого флюктуационное поле оказывает малое влияние на рост облачных капель.

Показывается, что корреляционное время поля турбулентного ускорения очень мало, таким образом, турбулентное ускорение не является важным фактором в образовании капель дождя.

Также показано, что поле флюктуационной водности приобретает статистическую структуру с большим корреляционным временем и может играть важную роль в образовании больших облачных капель радиусом 30—100 μ . При этом время флюктуационного роста капель на 30—50 мин короче, чем время для однородного роста.