

# 冰云短波辐射特性参数化\*

张国栋

(成都气象学院, 成都 610041)

## 提 要

该文对卷云和高层云分别构造了15种冰晶尺度分布, 3种云高和云厚, 总共30种冰水含量、90种冰水程长模式. 对尺度小于与大于 $30\ \mu\text{m}$ 的冰晶粒子的单次散射特性分别用表面等效冰球Mie理论和射线光学理论进行计算. 采用delta-Eddington法计算了在4种不同地面反射率下冰云的多重散射辐射传输特性, 提出了冰云辐射特性的参数化公式, 指出参数化公式可以用于气候模式或大气环流模式.

**关键词:** Mie理论 射线光学理论 辐射特性参数化

## 引 言

近20年来, 云对辐射和气候的影响、云的辐射特性参数化是国际上研究的一个热门课题, 业已取得很大的进展. 对水云的光学特性、辐射传输特性、短波加热率和红外冷却率等都有了规律性的认识, 提出了多种形式的参数化方法<sup>[1~7]</sup>. 然而, 对冰云的研究远不如水云那样系统和深入, 迫切需要从理论上和观测上继续开展系统、深入的研究. Liou、Cai和Liou等<sup>[8]</sup>发展的射线光学理论可以用来计算六角形冰晶组成的冰云的光学特性, 但其耗费比采用Mie理论计算要高出数千倍, 这是至今不少研究者仍然用等效冰球来处理冰晶的一个重要原因. 这种简单处理方法在很多情况下却是不“等效”的. 我们在文献[1]的基础上, 针对冰云的特点, 对云和气体吸收模式、云粒子尺度分布等作了必要的扩充和改进, 并采用射线光学理论来计算冰云的光学特性. 由于射线光学理论对小粒子不适用, 为确保计算精度, 对尺度小于 $30\ \mu\text{m}$ 的冰晶粒子, 仍用等效冰球Mie理论计算其光学特性.

## 1 基本模式和主要计算方法

### 1.1 大气模式

研究处在对流层中部或上部的云对太阳辐射传输的影响和云的辐射特性, 必须考虑

\* 本研究得到国家自然科学基金 NSFC-49375234 项目的部分资助.  
1996-05-10 收到, 1996-12-01 收到再改稿.

云层上下大气的作用. 为了与我国现行国家标准一致, 我们采用 1976 年美国制定的标准大气, 在 30 km 以下与我国标准大气相同. 大气对太阳辐射的影响主要是分子吸收, 平流层、对流层中气溶胶对太阳辐射的散射与吸收. 吸收气体成分主要考虑  $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $O_3$  和  $O_2$  等. 对流层和平流层中气溶胶都只考虑常年平均的背景情况. 均沿用 LOWTRAN 7<sup>[9]</sup> 的模式与计算方法.

## 1.2 冰云模式

建立了高云(如卷层云)和中云(如高层云, 高积云)这两类云模式, 各 15 种尺度分布. 由 Starr 和 Cox<sup>[10]</sup> 方法, 每种尺度分布用两个  $\Gamma$ -函数按权重相加而成, 其形式如下:

$$n(L) = w_s n_s(L) + (1 - w_s) n_l(L) \quad (1a)$$

$$n_i = C_i L^{\alpha_i} e^{-\beta_i L^{\gamma_i}} \quad (1b)$$

其中:  $i=s, l$ ;  $n_s(L)$  和  $n_l(L)$  分别表示尺度相对较小和较大的冰晶粒子的尺度分布;  $C_i$  是归一化常数;  $\alpha_i$ 、 $\beta_i$  和  $\gamma_i$  是控制尺度谱形状的参数;  $w_s$  是小冰晶分布的权重或丰度. 这种尺度分布称为双  $\Gamma$ -函数分布. 若用众数尺度  $L_i$  代替式(1b)中的  $\beta_i$ , 因  $\beta_i = \frac{\alpha_i}{\gamma_i} L_i^{-\gamma_i}$ , 于是方程(1b)可以改写为

$$n_i(L) = C_i L^{\alpha_i} e^{-\frac{\alpha_i}{\gamma_i} (L/L_i)^{\gamma_i}} \quad (1c)$$

冰云模式的谱参数见表 1.

表 1 卷云(Ci)和高层云(As)中冰晶尺度分布参数

Table 1 The ice crystal size distribution parameters in the cirrus and altostratus

Ci							As						
$\alpha_i$	$\gamma_i$	$L_i$	$\alpha_i$	$\gamma_i$	$L_i$	$w_s$	$\alpha_i$	$\gamma_i$	$E_i$	$\alpha_i$	$\gamma_i$	$L_i$	$W_i$
2.00	0.75	8	4.00	1.50	100	0.95	2.00	0.50	10	4.00	1.50	200	0.90
2.00	1.00	8	6.00	4.00	200	0.90	4.00	1.50	12	6.00	4.00	350	0.90
4.00	1.25	12	4.00	1.25	150	0.90	2.00	0.50	10	2.00	1.25	200	0.80
4.00	2.00	12	4.00	1.25	150	0.90	2.00	0.85	10	2.00	1.25	200	0.80
2.00	0.50	10	2.00	1.00	100	0.80	4.00	1.25	12	4.00	2.00	350	0.90
2.00	0.50	10	4.00	1.50	180	0.90	2.00	0.50	10	2.00	1.00	200	0.89
4.00	1.50	12	6.00	4.00	320	0.90	2.00	0.75	10	3.00	0.75	200	0.90
2.00	0.60	8	2.00	1.25	180	0.80	2.00	0.50	10	2.00	1.25	300	0.90
2.00	0.75	8	2.00	1.25	200	0.80	2.00	0.50	10	4.00	2.00	500	0.95
4.00	1.20	10	4.00	2.00	320	0.90	2.00	0.50	10	2.00	0.75	200	0.95
2.00	0.60	10	2.00	1.00	200	0.89	2.00	0.50	10	2.00	1.00	300	0.97
2.00	0.75	10	3.00	0.80	200	0.90	2.00	0.75	10	2.00	1.25	400	0.95
2.00	0.50	10	2.00	1.20	280	0.90	3.00	1.00	10	1.00	2.50	500	0.95
2.00	0.80	10	4.00	1.80	450	0.95	3.00	0.50	10	2.00	1.25	500	0.95
2.00	0.50	10	2.00	0.85	200	0.95	2.00	0.50	10	2.00	1.00	500	0.96

显然, 这种双  $\Gamma$ -函数比单一的  $\Gamma$ -函数表示的谱线形状更加灵活多样, 可以方便地构成单峰型或双峰型谱、宽谱或窄谱, 因而更容易接近云中真实的粒子尺度分布. 本文所考虑的冰晶形状包括六角形柱状和平板状, 而且冰晶在空间的取向是随机的. 按照 Pruppacher<sup>[11]</sup> 对于六角形柱状冰晶, 直径  $d$  与长度  $L$  的关系为

$$d = 0.260 L^{0.927} \quad (2)$$

对于六角形板状冰晶, 厚度  $h$  与直径  $d$  的关系为

$$h = 0.138 d^{0.778} \quad (3)$$

这里  $d$  为冰晶底面正六边形外接圆直径, 简称为冰晶直径.  $d$ 、 $h$  和  $L$  的单位都是 cm.

在上述冰云模式中, 卷云的冰水含量  $W$  在  $0.6 \times 10^{-5} \sim 0.16 \text{ g/m}^3$  之间变化, 冰晶浓度在  $5000 \sim 320000 \text{ m}^{-3}$  之间变化; 高层云的冰水含量在  $0.005 \sim 0.5 \text{ g/m}^3$  之间变化, 冰晶浓度在  $30000 \sim 360000 \text{ m}^{-3}$  之间变化. 六角柱状与板状冰晶的比例在中云和高云中分别为 3:1 和 8:2. 中云和高云的云顶高度分别为 5.9 km 和 9.7 km, 各有 3 种厚度范围, 从数百米到近 2 km 不等.

## 2 冰云单次散射, 云天大气多重散射辐射传输和云的辐射特性

云天大气多重散射辐射传输特性, 取决于云的光学特性和大气状态. 云的光学特性依赖于云粒子形状、尺度分布、云的厚度以及太阳辐射波长等.

### 2.1 冰云的光学特性

通常冰云短波辐射特性参数化需要对数量足够多的冰云进行数值模拟, 而且需要计算的波长必须包含整个太阳光谱, 计算量很大. 本文选用文献[12]提出的一种精度比较高、选用的波长比较少的宽带模式.

#### 2.1.1 谱带的划分和谱带的平均光学常数

根据文献[1]把从  $0.3 \sim 8 \mu\text{m}$  的太阳光谱分为 9 个光谱带. 每个谱带冰的平均光学常数按下式计算

$$\bar{m}_i = \int_{\lambda_{i1}}^{\lambda_{i2}} m_\lambda B_\lambda d\lambda / \int_{\lambda_{i1}}^{\lambda_{i2}} B_\lambda d\lambda \quad (4)$$

式中:  $i$  是谱带序号;  $B_\lambda$  为温度  $T=5777 \text{ K}$  时的普朗克函数;  $\lambda_{i1} \sim \lambda_{i2}$  是第  $i$  个谱带的带宽;  $m_\lambda = n_\lambda - jk_\lambda$  表示波长为  $\lambda$  时冰的复折射率,  $j$  是虚数单位, 其中实部和虚部称为冰的光学常数. 由于冰云中温度比较低, 使用文献[13]中经过温度订正后的光学常数.

#### 2.1.2 用 Mie 理论和射线光学理论计算冰云的光学特性

冰云的光学特性, 即单次散射反照率、不对称因子和光学厚度是多重散射辐射传输计算必不可少的输入参量. 云的光学厚度等于云粒子群的体积削弱系数与云厚的乘积, 所以云光学厚度的计算实质上归结为对 30 种冰晶尺度分布单次散射特性的计算. 由于小冰晶粒子不满足射线光学理论条件, 用等效冰球 Mie 理论计算它们的散射特性不会引起显著误差. 因此, 我们以  $30 \mu\text{m}$  为分界线, 冰晶尺度小于  $30 \mu\text{m}$  和大于  $30 \mu\text{m}$  分别用等效冰球 Mie 理论和射线光学理论计算它们的散射特性.

### 2.2 云天大气多重散射辐射传输和云的辐射特性

采用 Joseph 等<sup>[14]</sup>提出的 delta-Eddington 近似方法来解垂直非均匀平面平行大气的辐射传输方程, 并考虑了地面反射率  $A_g=0, 0.05, 0.1$  和  $0.2$  的 4 种情况. 得到云顶高度向上的辐射通量  $F_i^\uparrow(\tau_i)$ , 向下辐射通量  $F_i^\downarrow(\tau_i)$  和净辐射通量  $F_i(\tau_i)$ ; 云底高度向下辐射通量  $F_i^\downarrow(\tau_b)$  和净辐射通量  $F_i(\tau_b)$ . 由此得到云的反射率  $R_c$ 、透射率  $T_c$  和吸收率  $A_c$  分

别为:

$$R_c = \sum_i [F_i^\uparrow(\tau_i')/F_i^\uparrow(\tau_i)] S_i \quad (5)$$

$$\bar{T}_c = \sum_i [F_i^\uparrow(\tau_b')/F_i^\uparrow(\tau_i)] S_i \quad (6)$$

$$A_c = \sum_i \{ [F_i(\tau_i') - F_i(\tau_b')] / F_i^\uparrow(\tau_i') \} S_i \quad (7)$$

其中  $i$  是谱带序号,  $S_i$  是太阳光谱中第  $i$  个谱带所占的份额,  $\tau_i'$  和  $\tau_b'$  分别是云顶和云底所在高度上云天大气第  $i$  个谱带的光学厚度(在大气顶光学厚度为零), 于是

$$\begin{aligned} \tau_i' &= \tau_c'(z_i) \\ \tau_b' &= \tau_c' + \tau_i' \\ \tau_c' &= \tau_{cp}' + \tau_{ca}' \end{aligned} \quad (8)$$

式中,  $\tau_c'$  是云顶以上大气层的光学厚度,  $\tau_{cp}'$  是云粒子的光学厚度,  $\tau_{ca}'$  是云底到云顶之间气层的光学厚度(这里假定云中水汽对冰面是饱和的).

### 3 云的辐射特性参数化

云的辐射特性参数化不仅要以足够数量的云模式的数值模拟为依据, 而且最优参数的选择至关重要. 此外, 为了适用、方便, 所选用的参数还必须少而精. 云的光学厚度应当是首选因子, 因为它包含了云的宏、微观大量信息而成为影响云的辐射特性的一个最重要的物理量. 在参数化公式中选用的第二个参量  $x \equiv IWP/R_c$ ,  $IWP = \int_{z_b}^{z_t} W dz$  是冰水程长,  $R_c$  是冰晶尺度的有效半径.

冰云的光学厚度与波长有关, 不同的太阳辐射光谱带有不同的光学厚度. 对任何一个谱带, 云的光学厚度  $\tau$  可以表示为

$$\tau = \int_{z_b}^{z_t} (\beta_c + k_{gas}) dz \quad (9)$$

其中:  $\beta_c$  是冰云体积削弱系数(单位为  $m^{-1}$ ),  $k_{gas}$  是气体削弱系数(单位为  $m^{-1}$ ).

$$\beta_c = \int_0^{\infty} \sigma(L) n(L) dL \quad (10)$$

其中:  $\sigma(L)$  是尺度为  $L$  的冰晶粒子的削弱截面.

对于冰云, 冰晶粒子的尺度分布的有效半径  $R_c$  定义为

$$R_c = \frac{\pi}{2} \frac{\int_0^{\infty} (\frac{A_L}{\pi})^{\frac{1}{2}} n(L) dL}{\int_0^{\infty} A_L n(L) dL} \quad (11)$$

上式中  $A_L$  是尺度为  $L$  的冰晶粒子的表面积,  $R_c$  的单位是  $\mu m$ , 冰水程长  $IWP$  的单位是  $g \cdot m^{-2}$ , 所以组合参量  $x$  的单位是  $g \cdot m^{-2} \cdot \mu m^{-1}$ . 与水的密度  $\rho_w$  的单位相同, 即  $x$  与  $x/\rho_w$  的数值相同, 可以把  $x$  当作一个无量纲量来使用. 在 4 种不同地面反射率情况下用冰云的光学厚度  $\tau$  和组合参量  $x$  分别对卷云和高层云的辐射特性进行多项式拟合, 得到下列参数化公式:

当使用光学厚度  $\tau$  作自变量时

$$R_c = \sum_{n=0}^M a_{nk} \tau^n, \tilde{T}_c = \sum_{n=0}^M b_{nk} \tau^n, A_c = \sum_{n=0}^M c_{nk} \tau^n \quad (12)$$

当使用组合参量  $x$  作自变量时

$$R_c = \sum_{n=0}^M a'_{nk} x^n, \tilde{T}_c = \sum_{n=0}^M b'_{nk} x^n, A_c = \sum_{n=0}^M c'_{nk} x^n \quad (13)$$

式中,  $a_{nk}, a'_{nk}, b_{nk}, b'_{nk}, c_{nk}, c'_{nk}$  是  $M$  次多项式的系数,  $k=1, 2, 3, 4$  分别对应于  $A_g=0, 0.05, 0.1$  和  $0.2$  的 4 种地面反射率. 在式(12)和(13)中, 对于反射率,  $M$  等于 2 或 3, 对于透射率  $\tilde{T}_c$ ,  $M=3$ , 对于吸收率  $M=4$ . 上述参数化公式与数值模拟的最大相对误差  $<8\%$ .

### 4 结果分析和比较

#### 4.1 冰云辐射特性的基本特征

图 1 至图 3 表示当地面反射率  $A_g=0$  时, 冰云辐射特性与参数  $x$  或光学厚度  $\tau$  的关系. 这些图所反映的冰云辐射特性的基本特点是反射率和吸收率随光学厚度  $\tau$  或参数  $x$  增加而增大, 透射率则减小, 而且变化率由大逐渐变小, 该现象称为“饱和”现象. 吸收率最先达到饱和, 这是由于透射率的减小几乎被反射率的增加所抵消, 致使吸收率增加甚微. 意味着无论多厚的云都不可能造成很大的吸收, 这一点与观测事实是一致的.

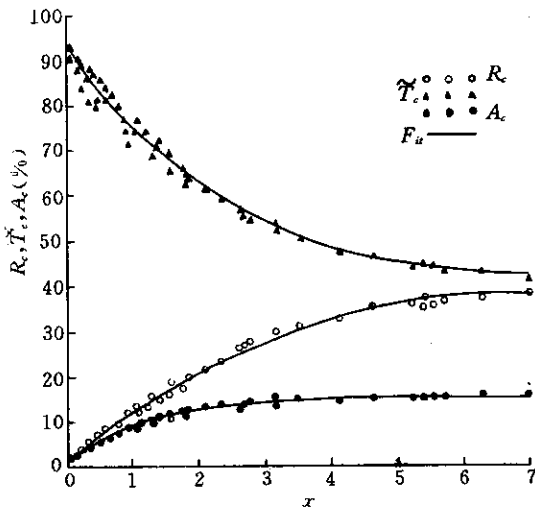


图 1 卷云反射率  $R_c$ , 透射率  $\tilde{T}_c$  和吸收率  $A_c$  随参数  $x$  的变化 ( $A_g=0$ )

Fig. 1 The reflectivity  $R_c$ , transmissivity  $\tilde{T}_c$  and absorptivity  $A_c$  of cirrus vs parameter  $x$  for  $A_g=0$

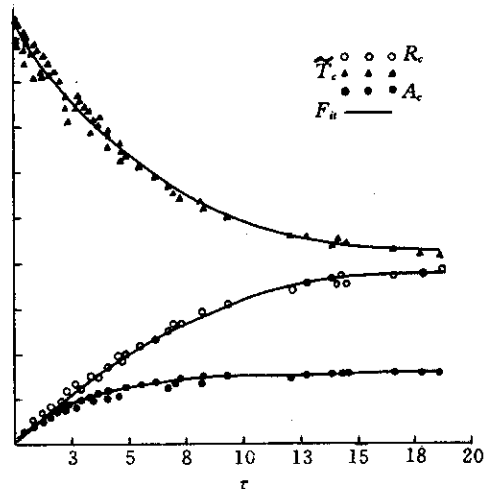


图 2 卷云反射率  $R_c$ , 透射率  $\tilde{T}_c$  和吸收率  $A_c$  随光学厚度  $\tau$  的变化 ( $A_g=0$ )

Fig. 2 As in Fig. 1, but for vs optical depth  $\tau$

### 4.2 卷云与高层云辐射特性的差别和地面反射率的影响

从图1和图3可看出,在 $x$ 相同的情况下,高层云的吸收率比卷云大,显然是由于高层云所处的位置比卷云低,水汽吸收比卷云更强所造成的.高层云的吸收率与文献[1]中水云吸收率相吻合.当然,高层云有效半径比卷云大,因而在 $x$ 相同的情况下,高层云的冰水程长比卷云大,这也是造成两者吸收率差别的重要原因.比较两者的反射、透射特性就可以证实这个论断的正确性.

由图4至图6清楚地看出,地面反射率使云的反射率增加、透射率减小,而且当光学厚度小时高层云透射率的减小比卷云更明显.这与高层云与地面之

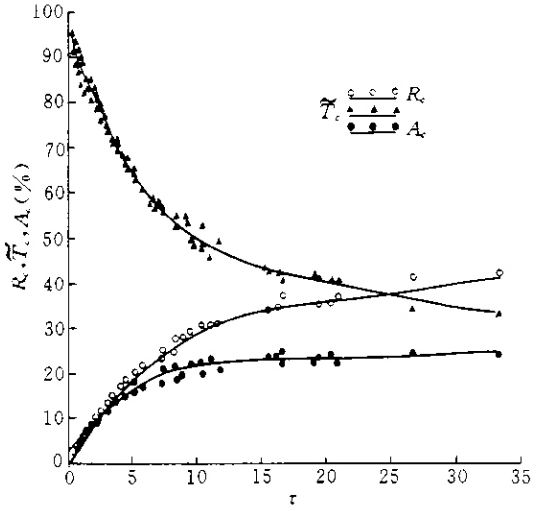


图3 高层云反射率  $R_c$ , 透射率  $\tilde{T}_c$  和吸收率  $A_c$  随参数  $x$  的变化 ( $A_g=0$ )

Fig. 3 As in Fig. 1, but for altostratus

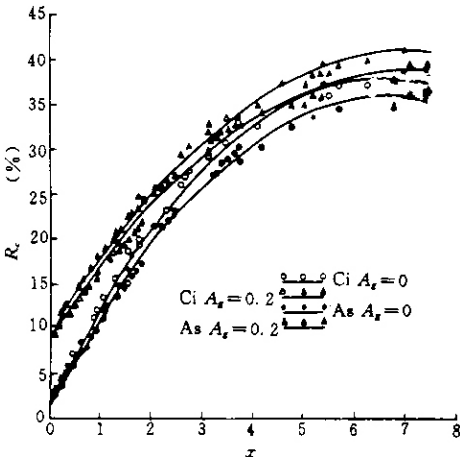


图4 在不同地面反射率情况下,卷云和高层云的反射率  $R_c$  随参数  $x$  的变化

Fig. 4 The reflectivity  $R_c$  of Ci and As vs parameter  $x$  for various ground surface albedo

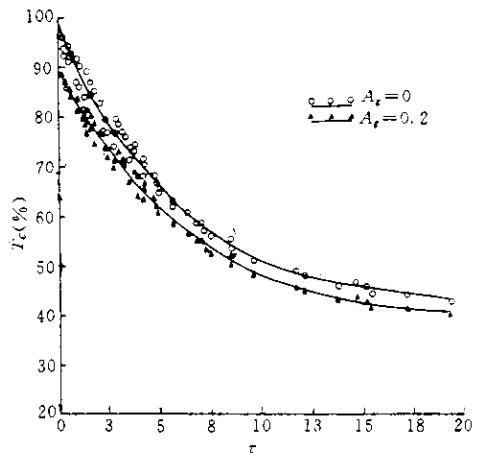


图5 在不同地面反射率情况下,卷云透射率  $\tilde{T}_c$  与光学厚度  $\tau$  的关系

Fig. 5 The transmittance  $\tilde{T}_c$  of Ci vs optical depth  $\tau$  for various ground surface albedo

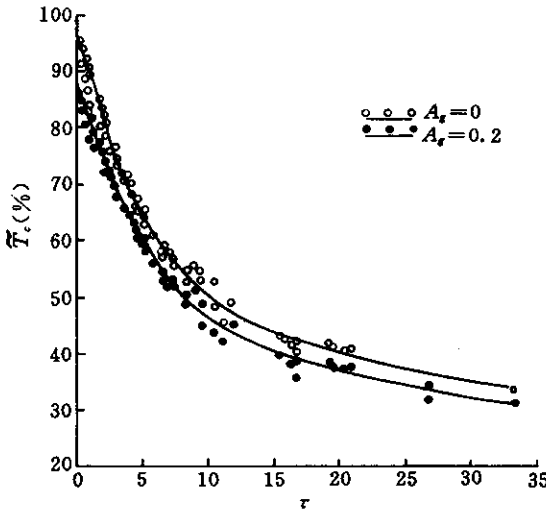


图 6 在不同地面反射率情况下，高层云透射率  $T_c$  与光学厚度  $\tau$  的关系  
 Fig. 6 As in Fig. 5, but for altostratus

率可达 40%，水云反射率为 43%；而相应的透射率水云为 41%，冰云为 40%~44%。差值基本上在参数化误差范围内。由此看来，对冰云、水云和混合云有可能建立统一的参数化公式。

### 5 讨论和结论

本文采用了射线光学理论计算六角形冰晶的单个散射特性和冰云的光学特性，并比较完善地考虑了大气成分(包括对流层和平流层气溶胶)的影响。在冰云模式中考虑了两种形状的冰晶粒子，所使用的尺度分布和冰水含量多达 30 种，模拟的云高、云厚也考虑了中纬度地区的气候均值和气候振动，试图覆盖绝大多数实际情况。对所得到的冰云辐射特性作了详细的分析和比较，指出地面反射率对冰云辐射特性的影响是不容忽视的，尤其是地面反射率比较大的情况。根据大量的数值模拟，分别按照 4 种不同地面反射率提出了新的参数化公式。参

间的气层相对较薄，气层对地面反射辐射的削弱小有关。在  $x$  相同的情况下，高层云反射率比卷云低与高层云吸收比卷云强有关。

### 4.3 冰云反射、透射特性与太阳天顶角的关系

图 7 表示冰云反射、透射特性与太阳天顶角的关系。反射率随太阳天顶角增加(其余弦值减小)而增大，透射率却减小。这是因为对指定的云而言，沿太阳辐射传输方向实际光程(光学厚度)是增加的缘故。将本文参数化与文献[1]中的水云参数化比较表明，两者是吻合的。例如，当  $x=8$  时，水云的反射率约 43%，冰云的反射率为 36%~41%；相应的透射率水云是 40%，冰云为 37%~41%。又如，当  $\tau=15$  时，冰云反射

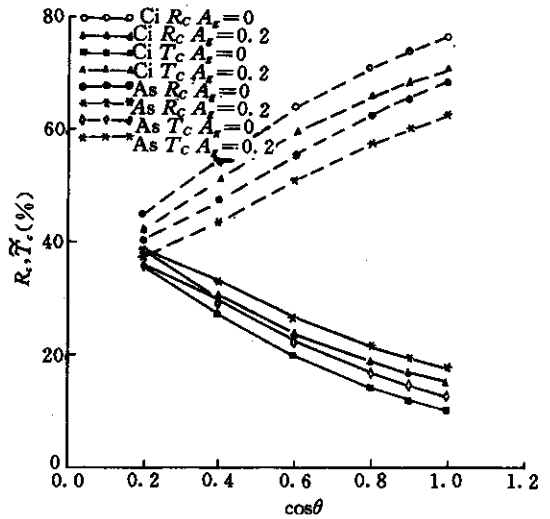


图 7 在不同地面反射率情况下，冰云的反射率  $R_c$ 、透射率  $T_c$  随太阳天顶角余弦的变化

Fig. 7 The reflectivity  $R_c$  and transmissivity  $T_c$  of ice clouds vs cosine of solar zenith angles for various ground surface albedo

参

数化结果与数值模拟比较,其相对误差 $<8\%$ ,并与水云短波辐射特性参数化基本吻合。

为了进一步验证参数化公式的可靠性,我们分别在卷云和高层云模式中各选出一对谱宽差异很大的尺度分布来组对。卷云对宽谱与窄谱有效半径比为 $2.1:1$ ,高层云对宽谱与窄谱有效半径比为 $3.4:1$ 。增加窄谱的冰晶数密度在1个数量级以上,使之与对照的宽谱具有相同的光学厚度(云厚与具有宽谱的冰云相同)构成新的“冰云”。然后用多重散射辐射传输程序计算新冰云的辐射特性,并与以 $x$ 为自变量的参数化公式计算得出的辐射特性进行比较,相对误差均不超过 $8\%$ 。就卷云对来看,相对误差不超过 $4\%$ 。这表明相对误差随组对的两种尺度分布有效半径比的增大而增加。这一事实在今后进一步深入研究中是值得注意的。必须指出,在实际大气中,无论是水云还是冰云,其含水量主要是大粒子的贡献,含水量大的云,粒子群有效半径大,通常云也较厚,光学厚度也比较大。因而,假如有效半径悬殊很大的两种云具有相同或相近光学特性的情况是十分罕见的。

由以上分析和讨论,我们认为,本文参数化可以用于气候模式或大气环流模式。

### 参 考 文 献

- 1 Zhang G T, Xu L S, Chen H B. A new parameterization scheme for shortwave properties of water clouds. *J. Appl. Meteor.*, 1995, **34**: 101~106.
- 2 Stephens G L. Radiation profiles in extended water cloud. I: Parameterization schemes, *J. Atmos. Sci.*, 1978, **35**: 2123~2131.
- 3 Slingo A. A GCM parameterization for the shortwave radiative properties of water clouds. *J. Atmos. Sci.*, 1989, **46**: 1419~1427.
- 4 Liou K N, Wittman G D. Parameterization of the radiative properties of clouds. *J. Atmos. Sci.*, 1979, **36**: 1261~1273.
- 5 Rockel B, Raschke E, Weyres B. A parameterization of broad radiative transfer properties of water, ice and mixed clouds. *Beitr. Phys. Atmosph.*, 1991, **64**: 1~12.
- 6 汪宏七,赵高祥.云微物理特性对云光学和云辐射特性的影响.应用气象学报,1996,7(1):36~44.
- 7 Ebert E E, Curry J A. A parameterization of ice cloud optical properties for climate models. *J. Geophys. Res.*, 1992, **97**(D4): 3831~3836.
- 8 Cai Q M and Liou K N. Polarization light scattering by hexagonal ice crystals; Theory. *Appl. Opt.*, 1982, **21**: 3569~3580.
- 9 Kneizys F X, et al. Users Guide to LOWTRAN 7. 1988, AFGL-TR-88-0177, 137.
- 10 Starr D O, Cox S K. Cirrus clouds. Part I: A cirrus clouds model. *J. Atmos. Sci.*, 1985, **42**: 2663~2681.
- 11 Pruppacher H R, Klett J D. Microphysics of clouds and precipitation. Boston: D. Reidel Publishing Company, 1980, 40.
- 12 Zdunkowski W G, Nielsen B C, Korb G. Prediction and maintenance of radiation fog. NJ: Fort Monmouth, USAEC, Tech. Rep. ECOM-0049-F, 1967, 178pp.
- 13 张国栋,许丽生.从紫外到中红外谱区冰的光学常数与温度关系的研究.应用气象学报,1992,3:(2)212~219.
- 14 Joseph J H, Wiscombe W J. The delta-Eddington approximation for radiation flux transfer. *J. Atmos. Sci.*, 1976, **33**: 2452~2459.



## PARAMETERIZATION OF SHORTWAVE RADIATION PROPERTIES OF ICE CLOUD

Zhang Guodong

*(Chengdu Meteorological Institute, Chengdu 610041)*

### Abstract

The 15 kinds of ice crystal size distributions, 3 kinds of cloud heights and thickness, 30 kinds of ice water contents and 90 kinds of ice water path models for cirrus (Ci) and altostratus (As) are constructed, respectively. The single scattering properties of ice crystal particles, with sizes larger or smaller than  $30 \mu\text{m}$ , are derived based on Mie theory and ray optical theory. The multiple scattering radiation transmission properties of the ice clouds for 4 kinds of ground surface albedos are calculated by using delta-Eddington method, and the new parameterization of ice cloud radiation characteristics is formulated. The formula can be used in climate model or atmospheric circulation model.

**Key words:** Mie theory Ray optical theory Parameterization of radiation properties