

气溶胶对 AVHRR 通道反照率的影响^{*}

赵高祥 汪宏七

(中国科学院大气物理研究所, 北京, 100029)

提 要

通过数值模拟, 考察了大气气溶胶对 AVHRR 通道 1, 2 和整个太阳光谱区的行星反照率和地面反照率的影响, 并研究了气溶胶对行星反照率和地面反照率之间关系的影响。

关键词: 气溶胶; 反照率; 辐射。

一、引 言

太阳辐射的行星反照率和地面反照率是辐射平衡和气候研究中的重要参数, 行星反照率可以通过卫星测量来得到, 地面反照率则不能由卫星测量直接得到, 但它可以用测量到的行星反照率, 对大气的影响作适当的订正后, 间接地得到。通常, 把整个太阳光谱区的行星反照率 α_p 与地面反照率 α_s 用简单的线性关系联系起来^[1-4], 得

$$\alpha_p = a + b\alpha_s, \quad (1)$$

其中 a 表示地面反照率 $\alpha_s = 0$ 时的行星反照率, b 为大气的太阳辐射通量密度透过率。对整个太阳光谱区, Chen 和 Oring^[2] 对各种地表反照率和不同的纯分子模式大气, 由数值模拟得到 $a = 0.0587$, $b = 0.730$ 。这时, 应用(1)式时, 行星反照率的标准误差为 0.028。当考虑到截距 a 和斜率 b 是随太阳天顶角而改变的, 从而对不同的太阳天顶角分别确定系数 a 和 b , 这样, 标准误差可减小到约 0.02 以下, 但当行星反照率较小时 (< 0.1), 其相对误差仍可达到百分之几十。在实际情况中, 大气中是有气溶胶的, 而地面高度也可以有很大差别, 因而, 实际的误差就可能大得多。Zhong 等^[4] 指出了系数 a , b 随地形高度可以有很大的变化, 说明考虑地形高度影响的必要性。Koepke 和 Kriebel^[3] 则指出了气溶胶的光学厚度对系数 a , b 的影响, 说明了在应用(1)式时考虑大气气溶胶影响的重要性。下面我们将就气溶胶对整个太阳光谱区和 NOAA-11/AVHRR 通道 1 和 2 的行星反照率、地面反照率以及行星反照率与地面反照率的关系的影响作进一步的研究。

二、行星反照率

利用 δ 二流近似方法^[5], 我们对整个太阳光谱区域 ($0.2 - 3.58 \mu\text{m}$) 和 NOAA-11/

1991 年 6 月 20 日收到, 8 月 7 日收到修改稿。

^{*} 国家自然科学基金资助项目。

AVHRR 通道 1 (0.55—0.75 μm)和通道 2 (0.70—1.05 μm)在不同的地面反照率，不同的太阳天顶角和不同的大气状况下的辐射传输进行了计算，在计算中考虑了地面反照率的光谱变化，但假定地面反射是各向同性的。

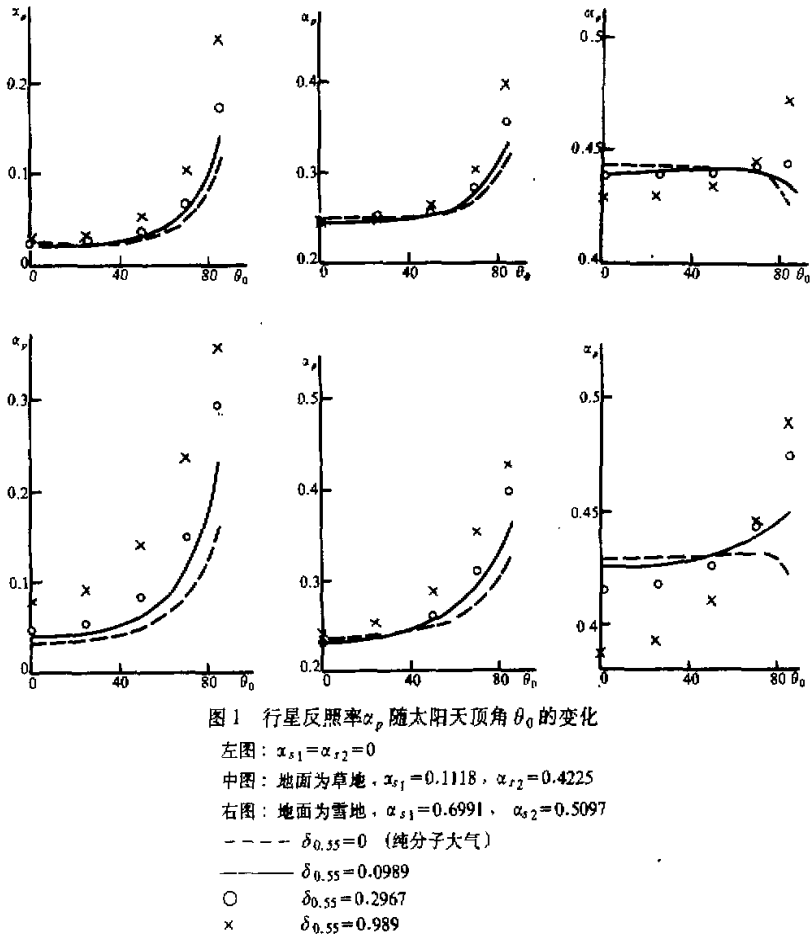


图 1 行星反照率 α_p 随太阳天顶角 θ_0 的变化

左图： $\alpha_{s1}=\alpha_{s2}=0$
中图：地面为草地， $\alpha_{s1}=0.1118$ ， $\alpha_{s2}=0.4225$
右图：地面为雪地， $\alpha_{s1}=0.6991$ ， $\alpha_{s2}=0.5097$
----- $\delta_{0.55}=0$ (纯分子大气)
————— $\delta_{0.55}=0.0989$
○ $\delta_{0.55}=0.2967$
× $\delta_{0.55}=0.989$

图 1 给出了在不同大气和地面状况下，行星反照率随太阳天顶角的变化，图 1 上部是对 AVHRR 通道 1 (ch1)，下部是对通道 2 (ch2)、图 1 的左边是地面反照率为零的情况；右边是下垫面为雪地，对通道 1 和 2 在没有大气时的地面反照率分别为 $\alpha_{s1}=0.6991$ 和 $\alpha_{s2}=0.5097$ ；中部是地面为草地的情况，相应的地面反照率为 $\alpha_{s1}=0.1118$ 和 $\alpha_{s2}=0.4225$ 。计算中用中纬度冬季模式大气，整层大气垂直方向的水汽量为 0.85 cm，臭氧量为 0.3955 atm·cm^{*}。图中虚线为纯分子大气的情况，实线为 0—2 km 用海洋气溶胶模式，2—10 km 用大陆气溶胶模式，10—50 km 用平流层气溶胶模式^[6]，整层大气垂直方向上在 0.55 μm 处总气溶胶光学厚度 $\delta_{0.55}=0.0989$ 的

* atm·cm 为习惯用非法计量单位，1atm=101325Pa

情况, 符号 $\circ$ 和 $\times$ 则分别相应于 $\delta_{0.55}=0.2967$ 和 0.989 的情况。

由图 1 的左图可以看到, 随着太阳天顶角的增加, 大气本身的行星反照率随之增加, 这是由于辐射传输路径上大气分子和气溶胶散射光学厚度增加所致。气溶胶对行星反照率的影响十分明显, 并且随其光学厚度增加, 其影响也越大。中图则表明对地面反照率较小的通道 1, 气溶胶的影响与右图相似, 但对具有较高地面反照率的通道 2, 在太阳天顶角 θ_0 小于约 40° 时, 气溶胶的作用是使行星反照率变小, 气溶胶光学厚度越大, 减小量也越大; 但在太阳天顶角更大时, 气溶胶的作用又使行星反照率增加。这是由气溶胶增加大气本身的反照率和降低大气透过程, 从而削弱地面反照率对行星反照率的贡献这二种相反的作用造成的。图 1 的右上图是通道 1 的地面反照率高达 0.7 的雪地的情况, 这时大气削弱地面反照率对行星反照率贡献的作用在所有太阳天顶角时都超过了它对行星反照率的贡献。大气中气溶胶光学厚度越大, 越使行星反照率减小, 在天顶角较小时表现更为明显。在天顶角很大时, 气溶胶的作用又可使行星反照率比纯分子大气有所增加, 但其差别很小。图 1 右下图是通道 2 在地面反照率为 0.5097 时的情况, 这时气溶胶的影响与图 1 的中下图类似。

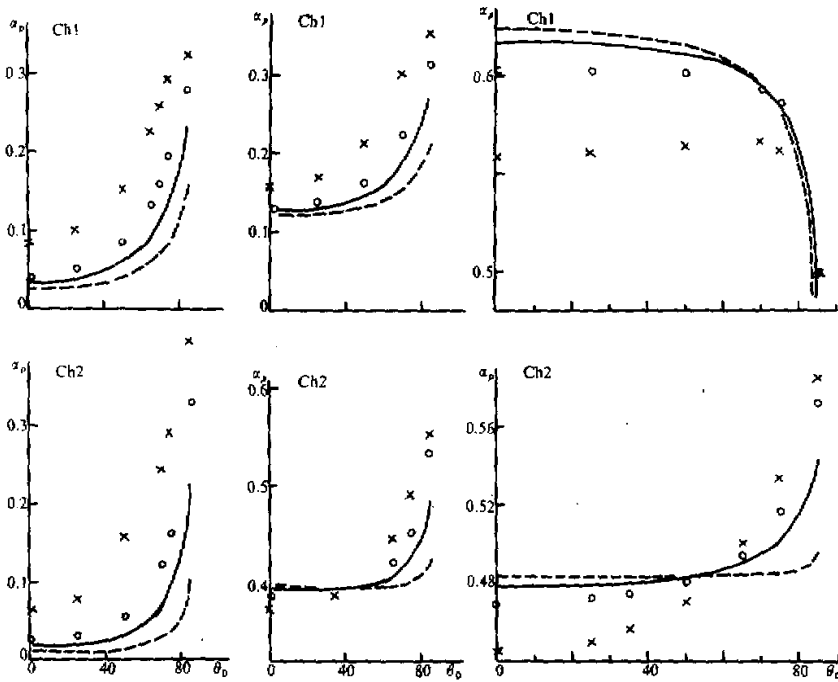


图2 同图1, 但对 $0.2-3.58\mu\text{m}$ 波段

--- $\delta_{0.55}=0$ (纯分子大气)

— $\delta_{0.55}=0.0989$ (0.019)

$\circ$ $\delta_{0.55}=0.2967$ (0.057)

$\times$ $\delta_{0.55}=0.989$ (0.190)

图2与图1类似,只是对整个太阳光谱区域的.图2的上部是地面高度 $Z_s=5\text{km}$,下部是 $Z_s=0\text{km}$ 的情况.图2的左中右图分别相应于整个太阳光谱区的地面反照率 $\alpha_s=0; 0.2477$ 和 0.4838 .在 $Z_s=5\text{km}$ 时,图中实线和符号 $\circ$ 和 $\times$ 相应的气溶胶在大气中的光学厚度 $\delta_{0.55}$ 分别为 $0.019, 0.057$ 和 0.190 .图2表明,对整个太阳光谱区,气溶胶对行星反照率的影响与通道1和2的情况类似,也与气溶胶光学厚度、地面反照率和太阳天顶角都有关系.图2的中图还表明,对整个太阳光谱区,在地面反照率为 0.2477 时,对较小的太阳天顶角,气溶胶的增加大气本身的反照率和减小地面反照率对行星反照率的贡献这两种相反的作用几乎是相互抵消的,从纯分子大气到大气中气溶胶光学厚度很大,在地面高度为 0km 和 5km 的各种不同的情况下,行星反照率的差别都很小,且接近于地面反照率,这与Chen和Oring^[12]指出的在地面反照率为 0.22 时,行星反照率与地面反照率相等的结论基本上一致.

三、行星反照率与地面反照率的关系

设大气顶入射的太阳辐射通量密度为 F_0 ,到达地面的总辐射通量密度为 F_s ,地面反照率为 α_s ,地气系统行星反照率为 α_p ,大气中吸收的太阳辐射通量密度为 F_a ,则辐射平衡方程可表示为

$$F_a = F_0 - F_0\alpha_p - F_s + F_s\alpha_s. \quad (2)$$

无论对单色辐射,某一波段或整个太阳光谱区,(2)式都适用.这样,行星反照率 α_p 与地面反照率 α_s 的关系可表示为

$$\begin{aligned} \alpha_p &= \frac{F_0 - F_a - F_s}{F_0} + \frac{F_s}{F_0} \alpha_s \\ &= (1 - A - \tau) + \tau \alpha_s, \end{aligned} \quad (3)$$

其中 A 为大气对太阳辐射的吸收率, τ 为透过率.由于地面和大气之间多次反射的影响, A 和 τ 不仅与大气本身有关,还与地面反照率有关,设地面反照率 $\alpha_s=0$ 时的大气吸收率和透过率为 A_0 和 τ_0 ,则(3)式可改写成

$$\begin{aligned} \alpha_p &= (1 - A_0 - \tau_0) + (\tau\alpha_s - \Delta A - \Delta\tau) \\ &= \alpha_{p0} + \left(1 - \frac{\Delta A}{\tau\alpha_s} - \frac{\Delta\tau}{\tau\alpha_s}\right)\tau\alpha_s, \end{aligned} \quad (4)$$

式中 α_{p0} 为地面反照率为零时的行星反照率, A_0 和 τ_0 为 $\alpha_s=0$ 时的吸收率和透过率, $\Delta A = A - A_0$, $\Delta\tau = \tau - \tau_0$.用 $A_L = \Delta A / \tau\alpha_s$ 和 $\alpha_L = \Delta\tau / \tau\alpha_s$ 分别表示大气对来自地面的反射辐射的吸收率和反射率, $\tau_L = 1 - A_L - \alpha_L$ 为大气对地面反射辐射的透过率,则(4)式写成

$$\alpha_p = \alpha_{p0} + \tau\tau_L\alpha_s. \quad (5)$$

这样, α_p 可看作大气本身的贡献 α_{p0} 和与地面反照率有关的贡献 $\tau\tau_L\alpha_s$ 两部分之和.比较(1)与(3)式,令 $a = (1 - A - \tau)$, $b = \tau$,则 a 和 b 都不仅与大气有关,还与地面反

照率有关; 比较(1)与(5)式, 令 $a = \alpha_{p0}$, $b = \tau \tau_L$, 则截距 a 只与大气有关, 而斜率 b 仍与大气和地面反照率都有关, 通常把 b 称为“双向透率”。

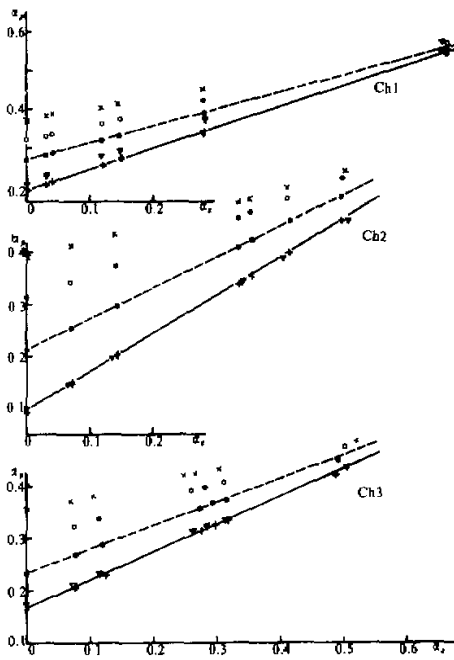


图3 行星反照率 α_p 与地面反照率 α_s 的关系 ($\theta_0 = 85^\circ$)

- + $\delta_{0.55} = 0.0$ (中纬度冬季模式大气)
- ▽ $\delta_{0.55} = 0.0$ (热带模式大气)
- $\delta_{0.55} = 0.0989$
- $\delta_{0.55} = 0.2976$
- × $\delta_{0.55} = 0.989$

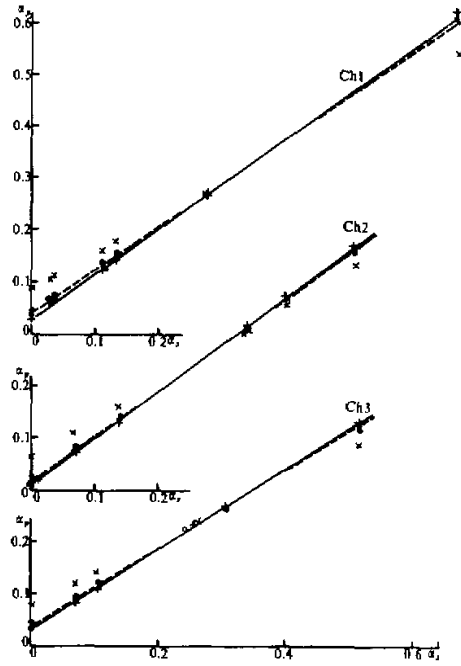


图4 同图3, 但 $\theta_0 = 0^\circ$

在图3和4中分别给出了太阳天顶角 $\theta_0 = 85^\circ$ 和 0° 时 AVHRR 通道1和2以及整个太阳光谱区 α_p 与 α_s 之间的关系。图中的符号“+”, “●”, “○”, “×”分别表示中纬度冬季模式大气中, $0.55 \mu\text{m}$ 处气溶胶光学厚度 $\delta_{0.55} = 0, 0.0989, 0.2976$ 和 0.989 的情况。图中的实线和虚线分别为用(1)式的线性关系描述 $\delta_{0.55} = 0.0$ 和 0.0989 时的 α_p 与 α_s 之间关系的直线。图3中的▽号为纯分子热带模式大气的情况。图3和4表明, 对一定的太阳天顶角, 一定的大气状况, 线性关系(1)不仅适用于整个太阳光谱区, 对 AVHRR 通道1和2也适用, 并且, α_s 对斜率 b 的影响很小, 可以不考虑。但若 θ_0 不同, 大气状况不同, 则斜率和截距可以有很大差别, 大气中的气溶胶对三个波段都有不可忽视的影响, 且其影响随光学厚度的增加而增大。在 $\delta_{0.55} = 0.0989$ 时, 气溶胶的影响已显著超过热带和中纬度冬季大气之间, 由于温度和压力分布的差别造成的瑞利散射不同, 以及两者的水汽和臭氧含量不同(它们在大气中垂直方向上的水汽总量分别为 $W_{\text{H}_2\text{O}} = 4.08 \text{ g cm}^{-2}$ 和 0.85 g cm^{-2} ; 臭氧总量分别为 $W_{\text{O}_3} = 0.2456 \text{ atm} \cdot \text{cm}$ 和

0.3955 atm · cm)造成的吸收不同产生的差别. 图 3 和图 4 还表明, 气溶胶的影响随 θ_0 的增加而变大, 就气溶胶影响的相对误差而言, 则对截距的影响比对斜率的影响更显著.

根据 (3) 式, 定义量 f 为

$$f = \frac{F_0 - F_a - F_s}{F_0} \bigg/ \frac{F_0 - F_s}{F_0}.$$

有些工作在应用 (1) 式时, 把 a 和 b 用下式联系, 即

$$a = (1 - b)f. \quad (6)$$

并把 f 作为常数, Preuss 和 Ggleyn^[1] 对全球平均得到 $f=0.25$, Zhong 等^[4] 把这一值用到青藏高原求地面反照率, 但实际上, f 是随地面反照率、大气状况和太阳天顶角而变的. 对不同的地面状况、大气状况和太阳天顶角, 把 f 作为常数是不合理的. 应用 (6) 式到 (1) 式, 可以得到

$$b = (\alpha_p - f) / (\alpha_s - f). \quad (7)$$

若取 f 为常数, 在 $\alpha_s > f$ 时, 对较大的 θ_0 , 就可能有 $\alpha_p > \alpha_s$, 这时有 $b > 1$; 而当 $\alpha_s \leq f$ 时, 在 θ_0 较大时, 也可能有 $\alpha_p > \alpha_s$, 且 $\alpha_p > f$, 这时有 $b < 0$. 这二种情况, 对整个太阳光谱区, 在 $\alpha_s = 0.4838$ 和 $\alpha_s = 0.2477$, 并取 $f = 0.25$ 时, 就分别出现. 由于 b 的物理意义是“透速率”, 因而 $b > 1$ 和 $b < 0$ 都是不合理的, 出现这种不合理是由于取 f 为常数之故.

四、气溶胶对截距 a 和斜率 b 的影响

图 5 为通道 1、2 和整个太阳光谱区在一些不同大气状况下, a 和 b 随 θ_0 的变化. 图中实线、虚线和点划线分别为中纬度冬季模式大气中, $\delta_{0.55} = 0.0, 0.0989$ 和 0.2967 的情况, 符号 ∇ 为热带模式大气中 $\delta_{0.55} = 0$ 的情况. 图的左边为 a 随 θ_0 的变化, 右边为 b 随 θ_0 的变化. 对各种大气状况, 随 θ_0 增大, 都有 a 增大而 b 减小. 这是由于 θ_0 增加, 大气的散射和消光光学厚度都增加之故. 热带大气中 O_3 量为 0.2456 atm · cm, 小于中纬度冬季大气中的 0.3955 atm · cm, 因而对通道 1, 大气吸收较少, 透速率较大, 散射回大气顶的也稍大, 因而 a 和 b 值都稍高. 水汽吸收则影响到通道 2, 这二种大气的水汽量分别为 4.08 和 0.85 g cm^{-2} , 因而热带大气的 b 值明显小于中纬度冬季大气, 但反射回大气顶的辐射的光谱成分主要在水汽吸收带之外, 故 a 值差别很小, 对整个太阳光谱区, 纯分子大气的不同对 a 值影响很小, 但对 b 仍有较明显的影响.

在图 6 中给出在不同 θ_0 时, 中纬度冬季大气中, 通道 1 的 a 和 b 随大气中气溶胶光学厚度的变化, 在 θ_0 较小和 $\delta_{0.55}$ 较小时, 随 $\delta_{0.55}$ 增加, a 和 b 分别呈线性增加和减小, 而在 θ_0 大时, 当 $\delta_{0.55}$ 较小时, a 和 b 随 $\delta_{0.55}$ 的增加变化很快, 随后其变化趋于平缓, 这与 θ_0 很大时, 直接太阳辐射在大气中的有效路径大大增加有关, 对通道 2 和整个太阳光谱区, 有与图 6 类似的关系.

除了光学厚度外, 气溶胶的其它光学参数对行星反照率, 及其与地面反照率的关

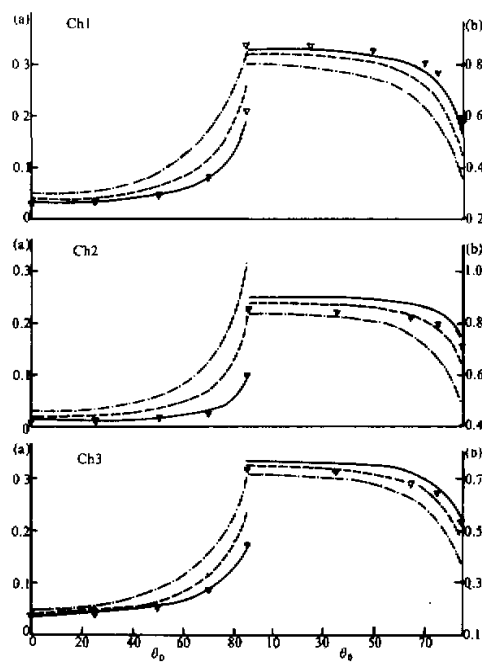


图 5 截距 a 和斜率 b 随太阳天顶角 θ_0 的变化(上图为通道 1, 中图为通道 2, 下图为 0.2—3.58 μm)

$\nabla \delta_{0.55}=0$ (热带模式大气)
—— $\delta_{0.55}=0$ (中纬度冬季模式大气)
--- $\delta_{0.55}=0.0989$
- · - $\delta_{0.55}=0.2967$

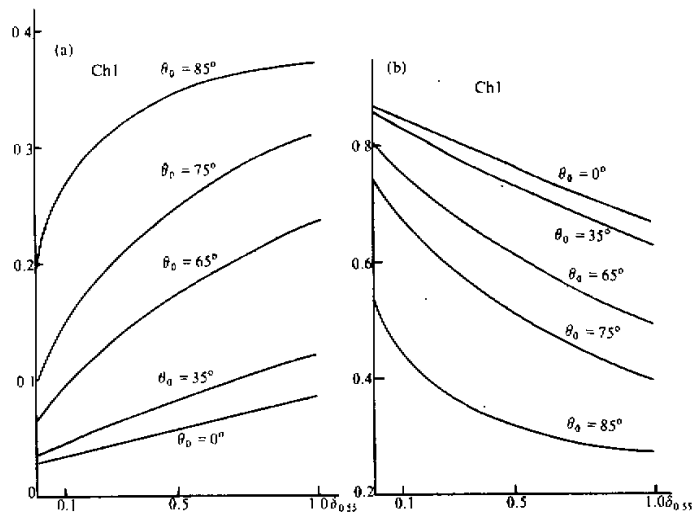


图 6 对 AVHRR 通道 1, a 和 b 与气溶胶光学厚度 $\delta_{0.55}$ 的关系

系也有影响. 图 7 表示气溶胶的单次散射反照率 ω 和不对称因子 G 对系数 a 和 b 的影响. 图中实线为中纬度冬季模式大气中, 0—2km 为海洋气溶胶模式, 2—10km 为大陆气溶胶模式, 10—50km 为平流层气溶胶模式^[6]. 在 $0.55\ \mu\text{m}$ 气溶胶总光学厚度 $\delta_{0.55}=0.0989$ 时, (1) 式中的系数 a 和 b 随 θ_0 的变化, 上图是对通道 1, 下图是对整个太阳光谱区. 图中的符号“○”和虚线则分别表示气溶胶光学厚度不变, 但单次散射反照率 ω 分别为 1 和 0.5 的情况, 可以看到, 在光学厚度相同时, 气溶胶有吸收 ($\omega < 1$) 比气溶胶没吸收 ($\omega = 1$) 在所有的太阳天顶角下, 使 a 和 b 都减小. 图 7 还给出了气溶胶光学厚度相同, 但不对称因子 G 分别为 0.8 (× 号) 和 0.4 (点划线) 的情况. 不对称因子的定义是对归一化的人射辐射, 粒子的前向和后向散射通量密度之差. G 越小, 后向散射就越大, 因而大气本身的行星反照率 a 也越大, 而双向透过率 b 则减小. 这些情况表明, 气溶胶对行星反照率及其与地面反照率的关系的影响是复杂的, 它不仅与气溶胶的光学厚度有关, 也与气溶胶的其它光学参数有关.

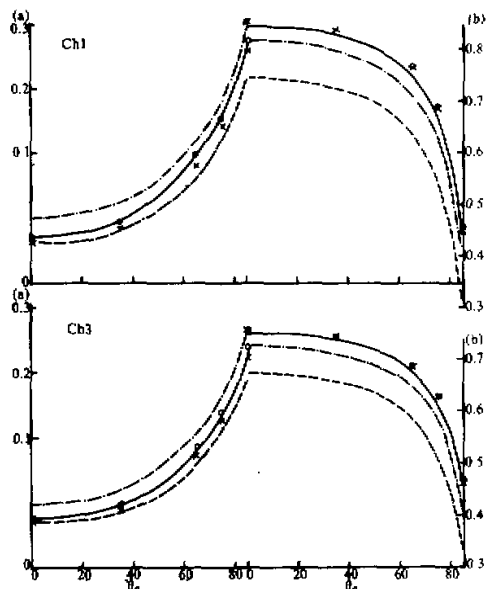


图 7 气溶胶单次散射反照率 ω 和不对称因子 G 对系数 a 和 b 的影响 (上图通道 1, 下图为 $0.2-3.58\ \mu\text{m}$)

五、气溶胶对通道地面反照率的影响

气溶胶不仅影响到行星反照率, 由于到达地面的太阳辐射光谱组成受气溶胶的影响而改变, 可导致某一波段上平均的地面反照率发生改变, 表 1 给出了 AVHRR 通道 1、2 和整个太阳光谱区, 在二个太阳天顶角 θ_0 和 5 种不同地面状况下, 不同大气状况对地面反照率的影响. 表中“T”和“M”分别表示热带和中纬度冬季大气. 表 1 结果表明, 对通道 1, 大气状况对地面反照率影响很小, 相对没有大气的情况来说, 最大的相对变化是在 $\theta_0=85^\circ$ 和地面为草地和针叶林的情况, 达到将近 5%, 但在 $\theta_0=0^\circ$ 时, 则最大相对变化也不超过 1%. 对通道 2, 最大相对变化出现在热带大气和地面为黑土时, 对 $\theta_0=0^\circ$ 和 85° , 分别达到 -3.1% 和 -4.4%, 太阳天顶角不同造成的差别不是很大. 大气中的水汽变化是造成通道 2 地面反照率变化的一个主要因素, 气溶胶的影响则很小. 对整个太阳光谱区, 对有的地表, 大气可引起地面反照率有相当大的

变化，如在 $\theta_0=85^\circ$ 和草地时，中纬度冬季大气使地面反照率的增加可达到 20%，而这时，当大气中的气溶胶光学厚度增加到 $\delta_{0.55}=1.0$ 时，又可使地面反照率减小约 10%。

表 1 不同大气状况下的地面反照率

通道	大气	θ_0 地面 $\delta_{0.55}$	0°					85°				
			黑土	草地	针叶林	沙漠	雪地	黑土	草地	针叶林	沙漠	雪地
1	无	0	0.0305	0.1118	0.0251	0.2758	0.6991	0.0305	0.1118	0.0251	0.2758	0.6991
	T	0	0.0305	0.1121	0.0252	0.2759	0.6992	0.0308	0.1157	0.0259	0.2774	0.6989
	M	0	0.0305	0.1123	0.0252	0.2759	0.6991	0.0308	0.1171	0.0263	0.2780	0.6987
	M	0.1	0.0305	0.1123	0.0252	0.2759	0.6991	0.0308	0.1166	0.0262	0.2778	0.6987
	M	0.2	0.0305	0.1123	0.0252	0.2760	0.6991	0.0308	0.1161	0.0261	0.2775	0.6987
	M	0.3	0.0305	0.1123	0.0252	0.2760	0.6991	0.0307	0.1157	0.0261	0.2774	0.6988
	M	1.0	0.0305	0.1125	0.0253	0.2760	0.6991	0.0307	0.1148	0.0259	0.2770	0.6989
2	无	0	0.0572	0.4225	0.1386	0.3305	0.5097	0.0572	0.4225	0.1386	0.3305	0.5097
	T	0	0.0554	0.4174	0.1360	0.3291	0.5157	0.0547	0.4185	0.1362	0.3289	0.5169
	M	0	0.0563	0.4204	0.1375	0.3298	0.5126	0.0557	0.4226	0.1381	0.3297	0.5129
	M	0.1	0.0563	0.4205	0.1375	0.3298	0.5127	0.0559	0.4233	0.1384	0.3299	0.5124
	M	0.2	0.0563	0.4206	0.1375	0.3298	0.5128	0.0559	0.4230	0.1383	0.3298	0.5125
	M	0.3	0.0563	0.4207	0.1376	0.3298	0.5129	0.0559	0.4224	0.1381	0.3298	0.5129
	M	1.0	0.0564	0.4218	0.1378	0.3299	0.5132	0.0557	0.4204	0.1371	0.3294	0.5147
0.2—3.5 μ m	无	0	0.0718	0.2477	0.1066	0.3081	0.4838	0.0718	0.2477	0.1066	0.3081	0.4838
	T	0	0.0665	0.2499	0.1001	0.3022	0.5313	0.0740	0.2850	0.1139	0.3137	0.5064
	M	0	0.0695	0.2571	0.1046	0.3062	0.5173	0.0776	0.2982	0.1206	0.3182	0.4900
	M	0.1	0.0695	0.2574	0.1047	0.3063	0.5176	0.0770	0.2923	0.1189	0.3163	0.4974
	M	0.2	0.0696	0.2579	0.1049	0.3064	0.5176	0.0757	0.2854	0.1164	0.3141	0.4975
	M	0.3	0.0697	0.2584	0.1051	0.3066	0.5175	0.0743	0.2805	0.1141	0.3121	0.5027
	M	1.0	0.0707	0.2627	0.1067	0.3081	0.5163	0.0701	0.2682	0.1074	0.3067	0.5215

一般来说，大气状况引起的地面反照率的变化不是很大，气溶胶的影响也不很大，大气造成的地表反照率的变化是由改变到达地面的太阳辐射的光谱组成造成的，但其变化的大小和变化的方向则不仅与大气本身有关，还与波段、地面的光谱反照率和太阳天顶角都有关。

六、结 论

(1) 在一定的大气状况下，行星反照率与地面反照率之间简单的线性关系不仅对整个太阳光谱区是合适的，对窄波段，如 AVHRR 通道 1 和 2 也同样适用。地面反照率不同对线性关系 (1) 中的系数 a 和 b 的影响可以忽略不计。

(2) 大气中的气溶胶对各通道的行星反照率可有显著的影响，这种影响不仅与太阳天顶角有关，还与地面反照率有关。与纯分子大气相比，大气中的气溶胶在低地表反

照率时总是使行星反照率增大; 在高原地表反照率和太阳天顶角 θ_0 不是很大时, 则使行星反照率减小; 在中等地面反照率和 θ_0 不大时, 气溶胶的影响很小; 在地面反照率较高, 但 θ_0 很大时, 气溶胶的作用仍可使行星反照率比纯分子大气时大。

(3) 气溶胶对行星反照率的影响不仅与其光学厚度有关, 还与它的其它光学性质(如单次散射反照率和后向散射参数)有关。

(4) 行星反照率与地面反照率之间的线性关系(1)中的系数 a 和 b 不仅与太阳天顶角和地面高度有关, 大气中的气溶胶对它们也有显著影响。

(5) 气溶胶对地面反照率的影响较小, 但在某些情况下也可出现较大影响, 这取决于大气对相应通道到达地面的太阳辐射光谱成分的改变和地面光谱反照率的情况。

上面我们考察了大气气溶胶对 AVHRR 通道 1、2 和整个太阳光谱区行星反照率、地面反照率及它们之间的关系的影晌, 说明在由卫星测量的行星反照率导出地面反照率时, 考虑大气气溶胶作用的重要性, 在大气参数(包括气溶胶)已知的情况下, 对大气影响作订正并不是困难的, 但在大气参数不知道、或不完全知道的情况下, 如何对包括气溶胶在内的大气影响作订正, 还需进一步研究。

参 考 文 献

- [1] Preuss, H. J. and Geleyn, J. F., 1980, Surface albedos derived from satellite data and their impact on forecast models, *Arch. Meteor. Geophys. Bioklim.*, A29, 345-356.
- [2] Chen, T. S. and Oring, G., 1984, On the relationship between clear-sky planetary and surface albedos, *J. Atmos. Sci.*, 41, 156-158.
- [3] Koepke, P. and Kriebel, K. T., 1987, Improvements in the shortwave cloud-free radiation budget accuracy. Part I: Numerical study including surface anisotropy, *J. Clim. Appl. Meteor.*, 26, 374-395.
- [4] Zhong, Q. and Li, Y., 1988, Satellite observation of surface albedo over the Qinghai-Xizang plateau region, *Adv. Atmos. Sci.*, 5, 57-65.
- [5] Kerschgens, M., Pilz, U. and Raschke, E., 1978, A modified two-stream approximation for computations of the solar radiation in a cloudy atmosphere, *Tellus*, 30, 429-435.
- [6] Shettle, E. P. and Fenn, R. W., 1976, Models of the atmospheric aerosol and their optical properties, AGARD Conference Proceedings, No. 183, AGARD-CP-183.

The Effects of Atmospheric Aerosols on the Albedo in AVHRR Channels

Zhao Gaoxiang Wang Hongqi

(Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)

Abstract

Through numerical simulations the effects of atmospheric aerosols on the planetary and surface albedos and the relationship between them in the AVHRR channels 1 and 2 and the whole solar spectral region from 0.2 to $3.58\mu\text{m}$ are investigated.

Key words: Aerosol; Albedo; Radiation.