

陆地上空大气温度的卫星红外遥感

赵 高 祥

(中国科学院大气物理研究所)

摘要——本文研究了 ϵ 和 T_s 对大气温度反演的影响, 以及同时得出 ϵ 、 T_s 与大气温度的可能性。数值试验结果表明, 在地面气压已知和当地面是灰体的情况下, 若 ϵ 和 T_s 中有一个已知, 我们就在得出大气温度的同时, 精确地确定另一个地面参数; 若 ϵ 和 T_s 都未知, 也能把它们与大气温度一起很好地反演出来。

一、引 言

卫星遥感能够提供全球(包括陆地和海洋)从地面到平流层顶之间的大气温度廓线。但由于地面的性质比海面复杂得多, 地面的热辐射效率和地面温度不易预先确定, 陆地上空的大气温度反演相应地也困难得多。

对一组卫星测温通道来说, 第 i 个通道测到的向上辐射强度可表示为:

$$R_i = [\epsilon_i B_i(T_s) + (1 - \epsilon_i) \hat{R}_i \downarrow] \tau_i(P_s) + \int_{\tau_i(P_s)}^1 B_i(T) d\tau_i(P), \quad (1)$$

$$(i=1, 2, \dots, M)$$

这里, M 为通道数, ϵ 为地面热辐射效率, B 为普朗克函数, $\hat{R}_i \downarrow$ 为有效向下天空辐射强度, $\tau(P)$ 为从气压 P 处到大气顶的透射率, 下标 i 表示第 i 个通道的量, T 是气压 P 处的气温, T_s 和 P_s 分别表示地面温度和地面气压。

以往从辐射传输方程式(1)解得大气温度廓线时, 假定地面热辐射效率是已知的(通常把地面作为黑体, 取 $\epsilon=1$), P_s 取平均海平面气压, T_s 由窗区通道测出, 均作为已知量^[1~3]; 或者把 T_s 作为未知量, 与大气温度一并求出^[4, 5]。对于海面, 其热辐射效率十分接近于 1(至少对选用的一组遥感通道, 热辐射效率可以作为已知的常数), 因此, 上述处理方法是适用的。陆地情况则不同, 虽然地面气压 P_s 可根据各地的地形高度定出, 或者可在卫星上用激光雷达直接测出^[6], 但热辐射效率随地表性质的不同而有明显变化, 数值上可与 1 相差较大, 同时它还随波长的不同而不同^[7~10], 显然不是一个常数; 地面热辐射效率无法正确确定, 还影响到用窗区通道测定地面温度^[11~15], 使推算得到的 T_s 产生误差。因此, 陆地上的大气温度反演比海面更为困难, 对非统计反演方法来说尤其如此。

本文 1981 年 7 月 8 日收到。

目前, 美国泰罗斯 N 系列卫星使用分区统计回归法作温度反演, 它把全地球分成纬度 60° 到极地和 30° 到 60° 各两个纬度带, 以及 30°S 到 30°N 一个纬度带, 共五个纬度带。然后求出各自的回归系数, 这些回归系数要根据无线电探空和卫星得到的一致的资料不断地进行修正^[16]。另一方面, 人们正在研究不依赖于常规资料, 但所得精度可与使用常规资料的方法相比的反演方法。

文献 [17] 的作者利用文献 [4] 的反演方法研究了把非黑体地面当作黑体处理, 对地面温度和大气温度反演的影响。数值试验中所取的地面热辐射效率, 在 $4.3\ \mu\text{m}$ 带为 0.85 和 0.95, 在 $15\ \mu\text{m}$ 带为 0.95 和 0.98。结果表明, 所造成的误差是不能忽略的。

本文研究 ϵ 和 T_s 对温度反演的影响, 并考察了将 ϵ 和 T_s 与大气温度一同求得之可能性。

二、数学处理

把测温通道选在 $15\ \mu\text{m}\ \text{CO}_2$ 带, 则式 (1) 右边的地面反射天空辐射项与地面发射项相比是一个小项, 因而用适当的模式来近似不会造成明显的误差。文献 [17] 得出, 有效向下天空辐射强度 $\hat{R}_i\downarrow$ 可表示为:

$$\hat{R}_i\downarrow \doteq F'_i B_i(T_s) (1 - \tau_s(P_s)), \quad (2)$$

式中, 因子 F'_i 可看作为一个只与通道有关的常数, 在不同的大气温度层结下, 它的差别很小, 因而可以预先用逐线算法对一组遥感通道确定相应的一组常数 $[F'_i]$ 。这样, 式 (1) 就可改写成:

$$R_i = \{\epsilon_i + F'_i (1 - \epsilon_i) [1 - \tau_i(P_s)]\} B_i(T_s) \tau_i(P_s) + \int_{\tau_i(P_s)}^1 B_i(T) d\tau_i(P), \quad (3)$$

假定地面气压 P_s 已知, 对选定的一组通道所在的波段, 地面可看作灰体 (即 $\epsilon_i = \epsilon$, $i = 1, 2, \dots, M$), 则由式 (3) 可以得到:

$$R_i = R_i^{(l)} + \Delta R_i^{(l)}, \quad (4)$$

式中:

$$R_i^{(l)} = [\epsilon^{(l)} + F'_i (1 - \epsilon^{(l)}) (1 - \tau_{is}^{(l)})] B_i(T_s^{(l)}) \tau_{is}^{(l)} + \int_{\tau_{is}^{(l)}}^1 B_i(T^{(l)}) d\tau_i^{(l)}(P), \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \Delta R_i^{(l)} = R_i - R_i^{(l)} = & [1 - F'_i (1 - \tau_{is}^{(l)})] B_i(T_s^{(l)}) \tau_{is}^{(l)} \Delta\epsilon^{(l)} \\ & + [\epsilon^{(l)} + F'_i (1 - \epsilon^{(l)}) (1 - \tau_{is}^{(l)})] \tau_{is}^{(l)} \frac{\partial B_i(T_s)}{\partial T_s} \Big|_{T_s^{(l)}} \Delta T_s^{(l)} \\ & + \int_{\tau_{is}^{(l)}}^1 \frac{\partial B_i(T)}{\partial T} \Big|_{T^{(l)}} \Delta T^{(l)} d\tau_i^{(l)}(P), \end{aligned} \quad (6)$$

在式 (5) 和式 (6) 中, $\tau_{is} \equiv \tau_i(P_s)$ (下同)。将地面以上的整个大气层分成 N 个薄层, 应用数值积分公式, 式 (6) 可表示为:

$$\Delta R_i^{(l)} = R_i - R_i^{(l)} = \sum_{j=1}^{N+2} A_{ij}^{(l)} \Delta X_j^{(l)}, \quad (i = 1, 2, \dots, M) \quad (7)$$

式中, $A_{ij}^{(l)} = \frac{\partial B_i(T)}{\partial T} \Big|_{T^{(l)}} [\tau_i^{(l)}(P_{j-1}) - \tau_i^{(l)}(P_j)], \quad (j = 1, 2, \dots, N)$

$$A_{i,N+1}^{(l)} = [\epsilon^{(l)} + F'_i (1 - \epsilon^{(l)}) (1 - \tau_{is}^{(l)})] \tau_{is}^{(l)} \frac{\partial B_i(T_s)}{\partial T_s} \Big|_{T_s^{(l)}}$$

$$A_{i,N+2}^{(l)} = [1 - F_i^l (1 - \tau_{is}^{(l)})] B_i(T_s^{(l)}) \tau_{is}^{(l)},$$

$$\begin{cases} \Delta X_j^{(l)} = \Delta T_j^{(l)}, & (j=1, 2, \dots, N), \\ \Delta X_{N+1}^{(l)} = \Delta T_s^{(l)}, \\ \Delta X_{N+2}^{(l)} = \Delta \epsilon^{(l)}, \end{cases}$$

$P_0 \equiv 0$, $\tau_i(P_0) \equiv 1$, T_j 为第 j 层大气的平均温度。利用文献[5]的方法, 式(7)可有矩阵形式的解:

$$\Delta \mathbf{X}^{(l)} = (\mathbf{A}^{(l)})^* [\mathbf{A}^{(l)} (\mathbf{A}^{(l)})^* + r \mathbf{I}]^{-1} \Delta \mathbf{R}^{(l)}, \quad (8)$$

$$\mathbf{X}^{(l+1)} = \mathbf{X}^{(l)} + \Delta \mathbf{X}^{(l)}, \quad (9)$$

式(8)中的 \mathbf{I} 为 $M \times M$ 维单位矩阵, r 为光滑因子, 角码 l 表示迭代次数, $l=0$ 为相应于初值的量。迭代过程到

$$|\Delta R_i^{(l)}| \leq \epsilon, \quad (i=1, 2, \dots, M)$$

时终止, ϵ 为观测误差。

三、数值试验结果和讨论

我们用文献[5]中的两组三角形响应函数的通道(见表1), 在假定地面气压为1000 mb、测量误差为 $0.3 \text{ erg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{ster}^{-1}$ 、地面热辐射效率在0.8到0.99之间变化, 以及在下列几种不同的地面条件下, 进行了温度反演的数值试验:

表1 两组测温通道之通道数和各通道中心频率

序号	通道数	各通道中心频率 (cm ⁻¹)
第一组	7	668, 679.5, 692, 704.5, 717, 732, 747
第二组	17	668, 672, 677, 682, 687, 692, 697, 700.3, 702, 707, 712, 717, 722, 732, 747, 752, 757

1. ϵ 和 T_s 已知; 这时 $\Delta \epsilon^{(l)} \equiv 0$, $\Delta T_s^{(l)} \equiv 0$, 系数矩阵 $\mathbf{A}^{(l)}$ 退化为 $M \times N$ 维的矩阵。
2. 假定地面为黑体 ($\epsilon^{(l)} \equiv 1$), T_s 未知; 这时 $\Delta \epsilon^{(l)} \equiv 0$, 系数矩阵 $\mathbf{A}^{(l)}$ 为 $M \times (N+1)$ 维的矩阵。
3. ϵ 已知, T_s 未知; 这时 $\Delta \epsilon^{(l)} \equiv 0$, 系数矩阵 $\mathbf{A}^{(l)}$ 为 $M \times (N+1)$ 维的矩阵。
4. ϵ 未知, T_s 作为已知, 但假定与“真实”地面温度间有 0°C 、 2°C 和 5°C 之偏差; 这时 $\Delta T_s^{(l)} \equiv 0$, 系数矩阵 $\mathbf{A}^{(l)}$ 退化为 $M \times (N+1)$ 维的矩阵。
5. ϵ 和 T_s 都作为待求的未知数; 这时系数矩阵 $\mathbf{A}^{(l)}$ 为 $M \times (N+2)$ 维的矩阵。

在各种不同的地面条件下进行数值试验得到的结果列于表2, 包括: 从10 mb到地面共三十七个压力层上总的大气温度均方根偏差 RMS($^\circ\text{C}$); 其中十九个层上和地面的温度均方根偏差($^\circ\text{C}$); 以及地面热辐射效率的均方根偏差 $\Delta \epsilon$ 。

从表2可以看到, 用十七个通道得到的结果明显地优于用七个通道得到的结果, 这与海面上空大气温度反演的结果一样^[5]。下面让我们考察用十七个测温通道得到的结果。在地面参数 ϵ 和 T_s 都精确知道的情况下, 大气温度反演的结果最好。但是, 在只知道 ϵ 和 T_s 中的一个时, 我们也得到了同样好的结果, 而且同时能精确地得出另一个地面参数(在 T_s 已知时得到的热辐射效率的均方根偏差为 0.0022 ; 在 ϵ 已知时, 得到的 T_s 的均方根偏差为 0.15°C)。不过, 当已知的一个地面参数有误差时, 反演出的另一个地面参数也有误差, 同

表 2 数值试验的部分结果

层 次	压 力 (mb)	通 道 数 据 及 地 面 条 件																									
		7					17					17 ($T'_{10}=0.9T'$)															
		ϵ' $T'_s=T_s$	ϵ 未知 T_s 未知	$\epsilon'=1$ T'_s 未知	$\epsilon'=e$ T'_s 未知	ϵ 未知 T_s 未知	$\epsilon'=1$ T_s 未知	$\epsilon'=e$ T_s 未知	ϵ	ϵ 未 知	$T'_s=T_s+2$	$T'_s=T_s+5$	$\epsilon'=e$	ϵ 未知	T'_s 未知	$\epsilon'=e$	ϵ 未知	T'_s 未知	$\epsilon'=e$	ϵ 未知	$T'_s=T_s$	$\epsilon'=e$	ϵ 未知	$T'_s=T_s$			
15	16.50	5.56	4.73	5.42	5.52	5.48	1.95	1.92	2.18	1.92	1.94	1.90	1.86	1.95	1.91	1.91	1.95	1.94	1.91	1.91	1.95	1.95	1.91	1.91	1.94	1.94	1.96
17	24.98	2.90	2.48	2.78	2.87	2.83	2.35	2.34	2.50	2.34	2.34	2.30	2.25	2.33	2.32	2.32	2.33	2.34	2.30	2.25	2.32	2.33	2.32	2.36	2.36	2.35	
19	36.17	2.60	2.41	2.52	2.60	2.57	2.67	2.71	2.72	2.71	2.71	2.70	2.67	2.70	2.71	2.71	2.70	2.71	2.70	2.67	2.71	2.70	2.71	2.71	2.71	2.71	
21	50.56	2.22	2.14	2.23	2.24	2.25	1.89	1.91	1.93	1.91	1.92	1.92	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91	1.92	1.92	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91	1.92	
23	68.64	3.91	3.46	3.90	3.94	3.92	1.95	1.96	1.99	1.96	1.97	1.95	1.97	1.96	1.96	1.96	1.96	1.97	1.95	1.97	1.96	1.96	1.95	1.96	1.96	1.97	
25	90.92	4.70	4.24	4.57	4.67	4.63	1.84	1.83	1.92	1.83	1.84	1.81	1.76	1.85	1.85	1.85	1.85	1.84	1.81	1.76	1.85	1.85	1.85	1.84	1.84	1.85	
27	117.94	3.98	3.71	3.81	3.91	3.86	1.98	1.99	2.13	1.99	1.99	1.95	1.88	2.00	2.00	2.00	2.00	1.99	1.95	1.88	2.00	2.00	1.96	2.00	2.00	2.00	
29	150.26	2.08	2.07	2.02	2.10	2.09	1.92	1.93	2.02	1.93	1.93	1.90	1.85	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.90	1.85	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.94	
31	188.45	3.18	2.81	3.17	3.24	3.22	2.30	2.31	2.39	2.31	2.31	2.28	2.20	2.32	2.32	2.32	2.32	2.31	2.28	2.20	2.32	2.32	2.30	2.32	2.32	2.32	
33	233.12	3.99	3.63	3.89	3.98	3.94	2.64	2.66	2.56	2.36	2.64	2.62	2.52	2.37	2.37	2.37	2.37	2.64	2.62	2.52	2.37	2.37	2.51	2.37	2.58	2.58	
35	284.89	2.94	3.04	2.84	2.99	2.89	1.32	1.33	1.56	1.33	1.35	1.32	1.30	1.34	1.34	1.34	1.34	1.35	1.32	1.30	1.34	1.34	1.33	1.35	1.35	1.36	
37	344.38	2.97	2.88	3.13	3.17	3.17	2.61	2.64	2.73	2.64	2.64	2.60	2.51	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.60	2.51	2.64	2.64	2.59	2.65	2.65	2.65	
39	412.26	3.22	3.21	3.44	3.39	3.43	2.36	2.26	2.64	2.41	2.44	2.38	2.22	2.40	2.40	2.40	2.40	2.44	2.38	2.22	2.40	2.40	2.27	2.43	2.45	2.45	
41	489.20	2.23	2.36	2.20	2.44	2.38	1.90	1.87	1.70	1.88	1.85	1.95	2.18	1.86	1.86	1.86	1.86	1.85	1.95	2.18	1.86	1.86	1.88	1.84	1.82	1.82	
43	575.89	2.96	2.65	3.55	3.38	3.58	2.14	2.14	2.14	2.39	2.15	2.54	2.94	2.30	2.30	2.30	2.30	2.15	2.54	2.94	2.30	2.30	2.18	2.33	2.20	2.20	
45	673.03	2.66	2.56	3.37	2.93	3.02	2.42	2.42	2.78	2.48	2.45	2.46	2.44	2.44	2.44	2.44	2.44	2.45	2.46	2.44	2.44	2.44	2.34	2.48	2.46	2.46	
47	781.34	2.41	2.55	2.33	2.61	2.45	2.20	2.24	3.07	2.18	2.14	2.48	3.65	2.13	2.13	2.13	2.13	2.14	2.48	3.65	2.13	2.13	2.28	2.10	2.09	2.09	
49	901.56	3.69	4.41	3.88	4.23	3.97	2.10	2.87	3.39	2.10	1.94	3.73	7.67	2.08	2.08	2.08	2.08	1.94	3.73	7.67	2.08	2.08	2.74	2.01	1.99	1.99	
50	966.38	1.86	1.66	2.80	1.99	2.03	1.11	1.56	1.19	1.11	1.04	1.20	1.63	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.20	1.63	1.04	1.04	1.05	1.00	0.98	0.98	
地面	1000.0	0	4.50	5.47	0.51	0	0	1.13	6.76	0.15	0	2	5	0	0	0	0	0	2	5	0	0	1.79	0.17	0	0	
RMS(°C)		3.16	2.92	3.21	3.27	3.22	2.05	2.08	2.59	2.06	2.04	2.18	2.65	2.05	2.05	2.05	2.05	2.04	2.18	2.65	2.05	2.05	2.08	2.05	2.05	2.04	2.04
$\Delta\epsilon$		0	0.0776	0.1033	0	0.0082	0	0.0155	0.1033	0	0.0022	0.0282	0.0697	0	0	0	0	0.0022	0.0282	0.0697	0	0	0.0237	0	0	0.0023	0.0023

1) 有 * 号的列是 210 次数值试验的结果, 其余为 280 次数值试验的结果;

2) ϵ 和 T_s 分别为地面热辐射效率和地面温度, ϵ' 和 T'_s 分别为假定已知的地面热辐射效率和地面温度。

时,会使大气温度反演的误差增大。这种影响主要发生于接近地面的一些层上。

从表 2 还可看出,当 T_s 和 ϵ 都未知时,大气温度的反演精度也与 T_s 和 ϵ 已知的情况下相当,而且同时能精确地求出 T_s 和 ϵ (两者的均方根偏差分别为 1.13°C 和 0.0155)。图 1 是以一个模式大气和两个无线电探空的温度廓线作为“真实”情况时,分别用 T_s 、 ϵ 已知和 T_s 、 ϵ 未知的两种不同地面条件进行反演的结果的比较。两种条件下的反演结果只是在接近地面的层上有一些小的差别,再往上去,两者几乎完全相同。

在精确知道地面对出射辐射的贡献时,地面参数对大气温度反演是没有影响的。当地面参数 ϵ 和 T_s 已知时,就近似于这种情况。在其他情况下,大气温度的反演结果与上述情况有差别,这个差别主要是由地面参数的误差造成的。但是,相对来说,地面参数的误差对大气温度差别的影响并不显著,而从表 2 可见,在 ϵ 和 T_s 之间,它们的误差的影响是接近于成比例的。式(5)中地面的贡献主要来自地面发射项,这也意味着 ϵ 和 T_s 的作用在很大程度上能相互补偿,说明在两个地面参数之间有着比它们与大气温度之间更密切的关系。正是地面参数和大气温度之间的这种既有内在联系,又有相对独立性的关系,使我们有可能在得出大气温度的同时,很好地确定地面参数。

我们知道,大气影响经订正后,可由一个窗区通道在地面参数 ϵ 和 T_s 中有一个已知的情况下,把另一个确定下来。在有二个热辐射效率相同的窗区通道时,可以同时确定 ϵ 和 T_s 。在这类情况下,不考虑其他误差,得出的地面参数的误差是由对大气影响的订正正确与否而决定的。在我们所用的测温通道中,那些地面透射率不等于零的通道也都包含着地面参数的信息,只是这些通道处在吸收带,大气影响很大,要作订正就更困难。不过,由于在温度反演中,得到的温度廓线与实际廓线相比,往往在一些层上有正偏差时,在相邻的一些层上就有负偏差,从而整层大气的贡献(式(3)右端的最后一项)仍可能接近于实际值。同时,对地面透射率来说,大气温度层结不同的影响是不太大的;这样,由式(3)可以得出关于地面参数的方程,有可能象在窗区那样把 ϵ 和 T_s 确定下来。但是,这些通道所包含的关于地面参数的信息量比在窗区情况下小,而大气影响订正的误差则可能较大;再考虑到观测误差的存在,则在同样的通道数目下,不可能象在窗区情况下那样好地确定地面参数。为了对此加以补偿,就需要采用更多的包含地面和大气信息的通道,用十七通道比用七通道取得更好的结果就说明了这一点。

表 2 的最后四列是在反演过程中用的一组系数 $[F'_i]$ 比实际值小 10% 时(在表中用 F''_i 表示)得到的结果。可以看出,它们与相应条件下用正确的系数 $[F'_i]$ 所得到的结果差别很小,只是在 ϵ 和 T_s 都未知时,反演得到的地面温度和热辐射效率有稍大的误差(分别为 1.79°C 和 0.0237),但即使在这种情况下,对大气温度反演的影响也不大。这说明由于地面反射天空辐射项与地面发射项相比是小项,因而在计算系数 $[F'_i]$ 中有一些误差将不至于对反演造成严重的影响,这一点对实际应用来说是有利的。

在地面气压为其他值的情况下,也可以得到类似的结果,图 2 为在地面气压 $P_s=700$ mb 时的结果。可以看出,在地面参数 ϵ 和 T_s 未知的情况下,仍可以得到很好的结果(图 2(a)是一个个例,图 2(b)是 289 次数值试验得到的 10 mb 以下各层上的温度均方根偏差)。

由于地面情况随地点和季节而变化,地面热辐射效率又随波长而变化,因此要在大气温度反演时预先用其他手段把地面参数 ϵ 和 T_s 正确地确定下来,本身就是一个十分困难的问题。但从上面的结果看,当选用的一组测温通道所在的光谱区域中(实际上只要在地面透射

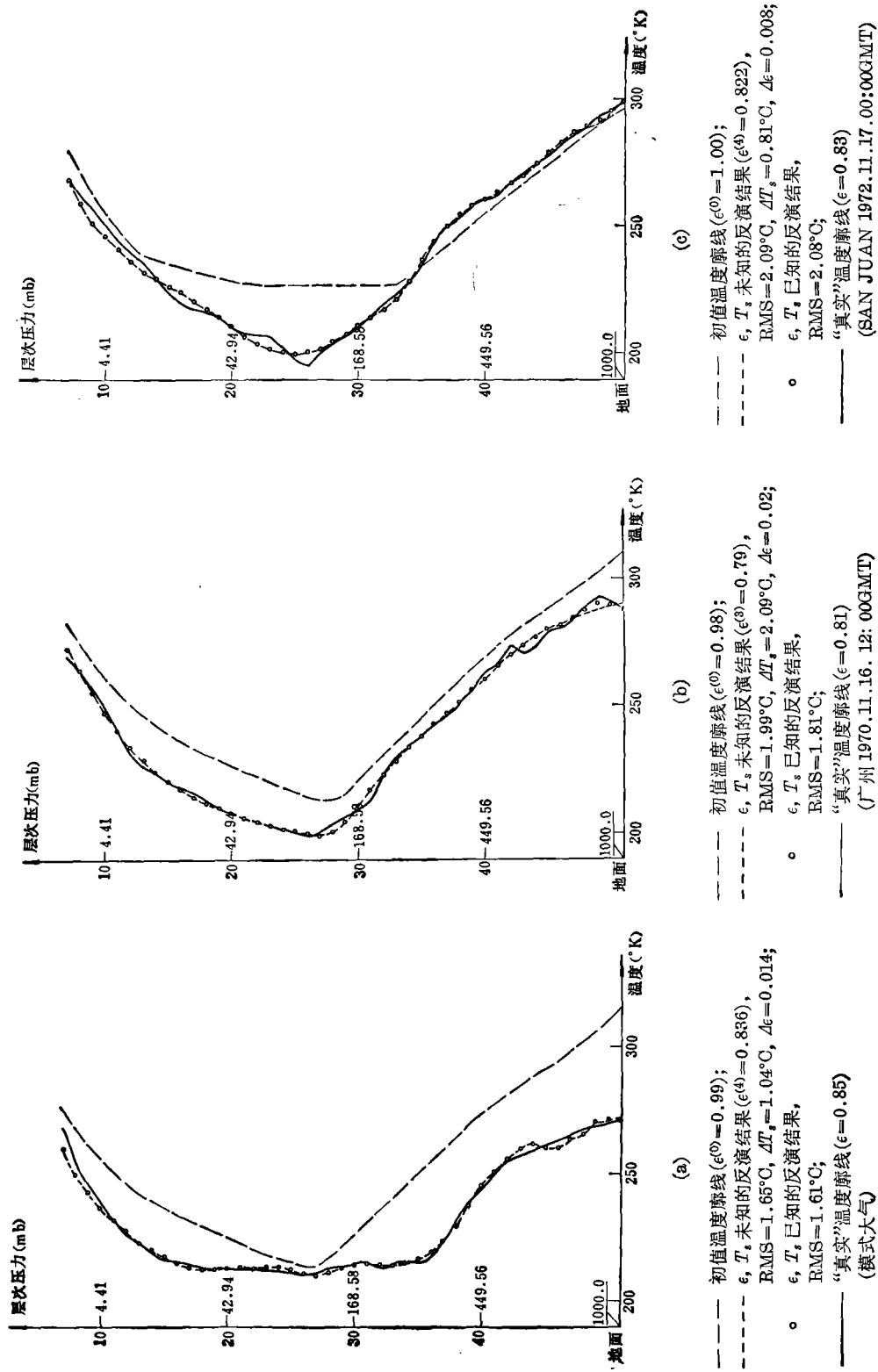


图 1 反演结果与“真实”温度廓线的比较

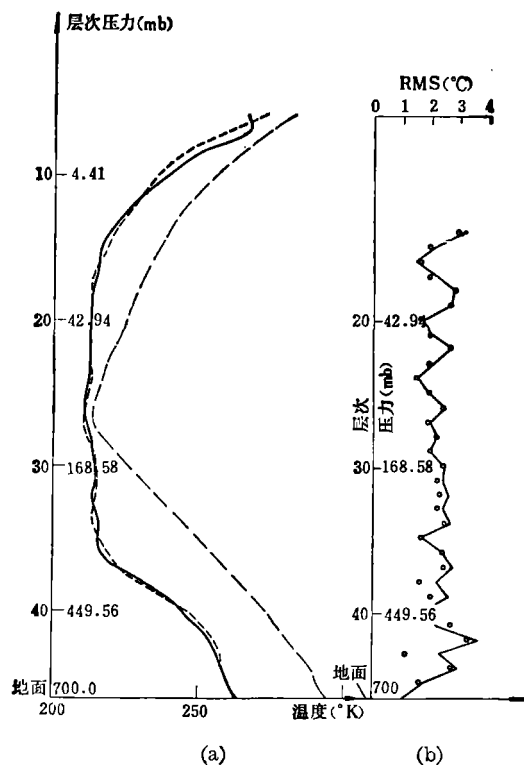


图2 地面气压 $P_s=700$ mb 时的温度反演结果

- (a) ——— 初值温度廓线 ($\epsilon^{(0)}=0.99$);
 - - - - ϵ 、 T_s 未知的反演结果,
 ($\epsilon^{(4)}=0.852$), $RMS=1.33^\circ C$, $\Delta T_s=0.18^\circ C$, $\Delta \epsilon=0.002$;
 —— “真实”温度廓线 ($\epsilon=0.85$), 地面气压 $P_s=700$ mb.
 (b) 实线是 ϵ 、 T_s 未知时的结果, 总的均方根偏差为 $2.19^\circ C$,
 $\Delta \epsilon=0.0139$, $\Delta T_s=1.03^\circ C$
 圆点 (c) 为 ϵ 、 T_s 已知时的结果, 总的均方根偏差为 $2.10^\circ C$.

率不为零的几个通道所在的范围内), 可以把地面看作灰体时, 就不需要用另外的手段去预先得到关于地面参数 ϵ 和 T_s 的知识, 而可直接由这些测温通道把大气温度和地面参数同时很好地得出, 这是十分有意义的。

致谢——本文承周秀骥同志审阅并提出宝贵的意见, 特此致谢。

参 考 文 献

[1] 曾庆存, 大气红外遥测原理, 科学出版社, 1974.
 [2] 袁重光和曾庆存, 气象卫星的红外遥测及反演(一), 科学出版社, 1977, 19.
 [3] Wark D. Q. and Fleming, H. E. *Mon. Weather. Rev.*, **94** (1966), 6, 351.
 [4] Chahine M. T., *J. Opt. Soc. Am.*, **58** (1968), 12, 1634.
 [5] 赵高祥, 科学通报, **25** (1980), 23, 1079.
 [6] Singer S. F., *Appl. Opt.*, **7** (1968), 6, 1125.
 [7] Buettner K. J. and Kern, C. D. *J. Geophys. Res.*, **70** (1965), 6, 1329.
 [8] Vincent R. K. et al., *Remote Sens. Environ.*, **4** (1975), 3, 199.
 [9] Griggs M., *J. Geophys. Res.*, **73** (1968), 24, 7545.

- [10] Hovis W. A. Jr. et al., *Appl. Opt.*, **7** (1968), 6, 1137.
- [11] Weiss M., *Appl. Opt.*, **10** (1971), 6, 1280.
- [12] Lorenz D., *Appl. Opt.*, **7** (1968), 9, 1705.
- [13] Sutherland R. A. et al., *J. Appl. Meteorol.*, **18** (1979), 9, 1165.
- [14] Hovis W. A. Jr., *Appl. Opt.*, **5**(1966), 5, 815.
- [15] Shaw J. H., *J. Atmos. Sci.*, **27** (1970), 6, 950.
- [16] Phillips N. et al., *Bull. Amer. Meteorol. Soc.*, **60** (1979), 10, 1188.
- [17] Kornfield and J. Susskind, *J. Mon. Weather. Rev.*, **105** (1977), 12, 1605.

INFRARED REMOTE SENSING OF OVER-LAND ATMOSPHERIC TEMPERATURE PROFILES FROM SATELLITE

ZHAO GAOXIANG

(Institute of Atmospheric Physics, Academia Sinica)

ABSTRACT

The effects of the surface parameters, ϵ and T_s , on atmospheric temperature retrievals, and the possibility of recovering simultaneously both ϵ , T_s and atmospheric temperature profiles are studied. The results of numerical simulations show that, when one of the two surface parameters is known, atmospheric temperature profiles can be derived and at the same time the other surface parameter can be determined accurately; and even if both ϵ and T_s are unknown, atmospheric temperature profiles and the two parameters can still be recovered with good accuracies.