

由 GMS 资料估算夏季青藏高原地区地面总辐射[※]

陈渭民¹⁾ 缪英好¹⁾ 高庆先²⁾

(1) 南京气象学院大气物理学系; 2) 南京气象学院应用气象学系, 南京 210044)

摘 要 用辐射理论导得了 卫星测值与地面总辐射的关系, 据此建立了用 卫星资料估算地面总辐射的七种模式, 选择效果最佳的一种估算了 青藏高原地面总辐射, 结果表明, 这种方法能弥补高原地区资料不足的缺憾。
关键词 GMS 资料, 估算模式, 地面总辐射
分类号 p422. 4, p405

青藏高原由于其独特的地理位置和地形构造, 影响着全球的天气和气候, 其上的太阳辐射加热是决定云系生消的主要原因之一, 对我国气候和中短期天气预报有重要意义。但是青藏高原上测站稀少, 辐射分布用常规气象测站资料和经验模式来估计, 难以获取这一地区的实际辐射分布。60 年代初出现的气象卫星在空间测量地气系统反射的太阳辐射及其自身发射的红外辐射, 有较高的空间分辨率, 地面代表性好。静止卫星以半小时间隔对地球上某一固定区域作连续观测, 其观测资料是估算地面太阳辐照度的有力工具。在国外, 这方面的工作主要有统计法和物理法两种。统计法依据某区域内卫星测值与地面测值的拟合关系估算地面太阳辐射^[1~4]; 物理法是依据地气系统的传输模式由卫星资料推算地面太阳辐照度^[5, 6]。作为世界气候影响计划(W CIP) 的一个重要部分, 国际卫星陆面气候计划(ISLSCP) 的一个重要内容是利用卫星资料反演入射地面的太阳辐射。国内这方面工作尚是空白。本文先建立卫星测值与地面总辐射的物理关系, 然后根据这种关系选择因子, 建立多个反演模式, 并进行比较分析, 最后得出一个最佳的反演统计模式。同时还讨论了利用红外资料估计地面总辐射的方法。

1 基本原理

1. 1 卫星接收地气系统的反射辐射

若入射至大气顶的太阳辐射为 πF_0 , 太阳天顶角为 θ_0 , 且 $\mu_0 = \cos \theta_0$, 卫星的天顶角为 θ , $\mu = \cos \theta$, 大气的反射函数和透射函数分别为 $R(\mu, \varphi, \mu', \varphi')$, $T(\mu, \varphi, \mu', \varphi')$, 地面为各向同性, 地面对太阳的漫反射辐射为 L_s , 大气是水平均匀的, 略去各辐射量的下标波长 λ , 卫星在可见光区接收的辐射为大气对太阳辐射的漫反射及地面漫反射太阳辐射的漫透射和直接透射之和, 表示为

$$L_{sat}^{vis} = L_r + L_t + L_u$$

收稿日期: 1996- 03- 29; 改回日期: 1997- 03- 27

※ 中国气象局气象科学研究基金资助项目
第一作者简介: 陈渭民, 男, 1942 年 1 月生, 副教授

$$\begin{aligned}
 &= \mu_0 F_0 R(\mu, \varphi, \mu_0, \varphi) + \frac{1}{\pi} \int_0^\pi \int_0^\pi T(\mu, \varphi, \mu', \varphi') L_s \mu \, d\mu \, d\varphi' + L_s e^{-\tau_1/\mu} \\
 &= \mu_0 F_0 R(\mu, \varphi, \mu_0, \varphi) + L_s \mathcal{Y}(\mu)
 \end{aligned} \quad (1)$$

式中, $L_r = \mu_0 F_0 R(\mu, \varphi, \mu_0, \varphi)$ 为大气对太阳辐射的反射辐射; $L_t(0; \mu, \varphi) = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi \int_0^\pi T(\mu, \varphi, \mu', \varphi') L_s \mu \, d\mu \, d\varphi'$ 是卫星在 (μ, φ) 方向接收到的大气对地面漫反射辐射 L_s 的漫透射辐射; $L_u = L_s e^{-\tau_1/\mu}$ 是卫星在 (μ, φ) 方向接收到的大气对地面漫反射辐射 L_s 的直接透射辐射; τ_1 是大气顶到地面的光学厚度; $e^{-\tau_1/\mu}$ 是透过率; $\mathcal{Y}(\mu) = e^{-\tau_1/\mu} + t(\mu)$, $t(\mu) = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi \int_0^\pi T(\mu, \varphi, \mu', \varphi') \mu \, d\mu \, d\varphi'$ 是漫透射率。

1.2 到达地面的太阳辐照度

到达地面的太阳辐照度包括三部分, 它们是直接透射、漫透射辐射和被大气反射的地面对太阳辐射的漫反射 L_s 。

1.2.1 直接透射辐射通量密度 E_{g1}

$$E_{g1} = \pi \mu_0 F_0 e^{-\tau_1/\mu_0} \quad (2)$$

式中 $e^{-\tau_1/\mu_0}$ 为太阳辐射方向 μ_0 的大气透过率, 记为 $T_g(\mu_0)$, 则 $T_g(\mu_0) = T_R(\mu_0) \cdot T_a(\mu_0) \cdot T_o(\mu_0) \cdot T_m(\mu_0)$, 为分子散射、气溶胶散射和吸收、水汽吸收、臭氧吸收、均匀混合气体 (CO_2 、 O_2) 吸收等透过率的乘积。

1.2.2 漫透射辐射通量密度 E_{g2}

到达地面的漫透射辐射通量密度为^[1]

$$\begin{aligned}
 E_{g2} &= \int_0^\pi \int_0^\pi L_t(\pi; -\mu, \varphi) \mu \, d\mu \, d\varphi \\
 &= \int_0^\pi \int_0^\pi \mu_0 F_0 T(\mu, \varphi, \mu_0, \varphi) \mu \, d\mu \, d\varphi \\
 &= \pi \mu_0 F_0 t(\mu_0)
 \end{aligned} \quad (3)$$

式中, $t(\mu_0) = 2 \int_0^\pi \int_0^\pi T(\mu, \mu_0) \mu \, d\mu \, d\varphi$ 为漫透射率; $L_t(\pi; -\mu, \varphi) = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi \int_0^\pi T(\mu, \varphi, \mu', \varphi') L(-\mu', \varphi') \mu' \, d\mu' \, d\varphi' = \mu_0 F_0 T(\mu, \varphi, \mu_0, \varphi)$ 为到达地面的漫透射辐射。

1.2.3 被大气反射的地面对太阳辐射的漫反射 L_s

由地表向上的各向同性漫辐射 L_s 受到大气反射, 由互易性原理 $R(\mu, \varphi, \mu', \varphi') = R(\mu', \varphi', \mu, \varphi)$, 向下辐射为

$$L_s^R(-\mu) = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi \int_0^\pi R(\mu, \varphi, \mu', \varphi') L_s \mu' \, d\mu' \, d\varphi' = L_s r(\mu) \quad (4)$$

式中, $R(\mu, \varphi, \mu', \varphi')$ 是大气的反射函数, $r(\mu) = 2 \int_0^\pi \int_0^\pi R(\mu, \mu') \mu' \, d\mu' \, d\varphi'$ 为大气反射比(局地反照率), 则向下的辐射通量密度为

$$E_{g3} = \int_0^\pi \int_0^\pi L_s^R(-\mu) \mu \, d\mu \, d\varphi = \pi L_s \bar{r} \quad (5)$$

式中, $\bar{r} = 2 \int_0^\pi \int_0^\pi r(\mu) \mu \, d\mu \, d\varphi$ 为球面反照率。故地面的总辐射为

$$\begin{aligned}
 E_g &= E_{g1} + E_{g2} + E_{g3} \\
 &= \pi \mu_0 F_0 e^{-\tau_1/\mu_0} + \pi \mu_0 F_0 t(\mu_0) + \pi L_s \bar{r} \\
 &= \pi \mu_0 F_0 \mathcal{Y}(\mu_0) + L_s \bar{r}
 \end{aligned} \quad (6)$$

其中 $\mathcal{Y}(\mu_0) = e^{-\tau_1/\mu_0} + t(\mu_0)$ 为 μ_0 方向的透射函数。

1.3 卫星测值与地面总辐射的关系

若地面反射是各向同性的, 则向上的辐射通量密度必须等于向下的辐射通量密度乘以地面反照率 r_s , 于是有

$$\pi L_s = r_s E_g$$

或是

$$L_s = \frac{r_s}{\pi} E_g \quad (7)$$

将(7)式代入(1)式有

$$L_{\text{sat}}^{\text{vis}}(\mu, \vartheta) = \mu_0 F_0 R(\mu, \vartheta, \mu_0, \vartheta) + \frac{r_s}{\pi} Y(\mu) E_g$$

即

$$E_g = \frac{\pi}{r_s Y(\mu)} [L_{\text{sat}}^{\text{vis}}(\mu, \vartheta) + \mu_0 F_0 R(\mu, \vartheta, \mu_0, \vartheta)] \quad (8)$$

从(8)式可看到以下几点: (1) 地面总辐射 E_g 与地面反照率 r_s 、大气的透射函数 $Y(\mu)$ 和反射函数 $R(\mu, \vartheta, \mu_0, \vartheta)$ 有关, 而 $Y(\mu)$ 、 $R(\mu, \vartheta, \mu_0, \vartheta)$ 与太阳天顶角 θ 和卫星视线 (μ, ϑ) 、大气层光学厚度有关; (2) 在一定的天气条件下, E_g 与卫星测值 $L_{\text{sat}}^{\text{vis}}$ 存在线性关系, 这表明可以采用线性回归方法求解; (3) 对静止气象卫星而言, 卫星相对任一点的观测方向 (μ, ϑ) 是固定不变的, 从(1)式看出, 卫星测值与反射函数和透射函数有关, 实际上 $L_{\text{sat}}^{\text{vis}}$ 包含了大气光学厚度的信息, 因此, 某一点 E_g 主要与 μ_0 、 $L_{\text{sat}}^{\text{vis}}$ 因子有关, 故在建立统计模式时, 可将 μ_0 和 $L_{\text{sat}}^{\text{vis}}$ 作为拟合因子。

2 资料和方法

资料为 1994 年 6~7 月份 GMS 的每小时 1 次的可见光 ($0.5 \sim 0.75 \mu\text{m}$) 和红外 ($10.5 \sim 12.5 \mu\text{m}$) 云图资料, 及同时期青藏高原地区拉萨、格尔木、西宁、那曲、玉树等 13 个站的逐时地面总辐射实测资料, 共 3 000 多个观测值。GMS 云图资料是数值化的, 可见光编码计数为 6 比特 ($2^6 = 64$ 等级), 红外编码计数为 8 比特 ($2^8 = 256$ 等级)。GMS 可见光波段是一个较窄的大气窗波段, 位于太阳辐射峰值波段附近, 该波段内太阳辐射占整个的 30%, 与全波段的太阳辐射能有很高的相关性。到达地面的太阳总辐射受大气中分子的散射, 水汽和臭氧等气体的吸收, 气溶胶的散射, 后又被地面反射, 受大气中各种气体和粒子的作用到达卫星。若采用(8)式估算地面总辐射要涉及许多实际大气参数和地表参数, 而要得到这些参数的精确的时空分布是困难的。为方便起见, 在上文分析的基础上, 选择合理的因子, 采用回归统计法求取地面总辐射。

2.1 使用 GMS 可见光资料和太阳天顶角估算入射地面总辐射

为得到估算地面总辐射的最佳模式, 选用下面 7 种地面总辐射与卫星测值和太阳天顶角间的回归拟合关系, 比较其相关系数的值, 取值最高的为最佳模式。

(1) 地面总辐射与可见光计数值的拟合

$$\hat{E}_g(1) = a_0 C_{\text{vis}} + a_1 \quad (9)$$

式中, a_0 、 a_1 是回归系数; C_{vis} 是可见光计数值。经计算, 复相关系数最大值在兰州站, 为 0.481 7, 最小在蒙自站, 仅为 0.100 4, 表明模式不理想。

(2) 地面总辐射与可见光计数值和太阳天顶角余弦的线性关系

$$\hat{E}_g(2) = a_0 C_{\text{vis}} + a_1 \mu_0 + a_2 \quad (10)$$

结果比模式 1 要好, 复相关系数 MR 有显著提高, 大都在 0.50 以上, 少数站小于 0.50, 个别站象兰州、刚察的复相关系数在 0.80 以上。表明太阳天顶角对估算地面总辐射有明显影响。但

结果仍不理想, 不实用。

(3) 模式 3

$$\hat{E_g(3)} = a_0C_{vis} + a_1\mu_0 + a_2\mu_0^2 + a_3 \tag{11}$$

结果见表 1。从表 1 中看出, 只有拉萨站的复相关系数很低, 其他站大都在 0.5 以上, 表明引入 μ_0 和 μ_0^2 后, 估算效果有所改进。

表 1 模式的拟合系数和复相关系数

Table 1 Fitting and multi-correlation coefficients of model 3

站 名	a_0	a_1	a_2	a_3	MR
兰 州	-5.023×10^{-2}	4.553	0.498	0.197	0.873
拉 萨	-4.842×10^{-2}	4.943	-2.715	1.273	0.085
格尔木	-4.590×10^{-2}	3.546	-0.167	0.998	0.766
丽 江	1.823×10^{-2}	-0.753	2.037	0.548×10^{-1}	0.534
昌 都	2.280×10^{-2}	8.069	-6.334	-0.992	0.504
阿 里	0.103	5.070	-3.333	5.550	0.791
那 曲	-3.082×10^{-2}	-3.773	5.264	2.205	0.645
民 勤	-5.093×10^{-2}	-7.298	7.805	3.642	0.777
蒙 自	6.067×10^{-3}	-7.086	6.624	2.584	0.738
玉 树	-4.759×10^2	6.726	-3.261	-0.654	0.722
西 宁	1.062×10^{-2}	-8.529	7.767	2.693	0.741
刚 察	-2.446×10^{-2}	-3.112	3.855	2.011	0.470
果洛州	-8.159×10^{-2}	4.023	-2.041	1.083	0.684
13 站 ¹⁾	-2.850×10^{-2}	6.345	1.138	1.504	0.456

1): 13 站是指将青藏高原上 13 个站的数据合并为一组所得的回归系数

2.2 用红外资料估算地面总辐射

投射到地气系统的太阳辐射, 被大气吸收的很少, 大部分被地面吸收, 加热地表, 提高地面的温度, 地表又以自身温度发射红外辐射透过大气进入太空。入射至地面的太阳辐射越强, 地面增温越大, 发射的红外辐射也就越强。因而白天红外辐射的强度与地面总辐射有关。将地面总辐射与卫星测值的关系写为

$$\hat{E_g(4)} = a_0C_{IR} + a_1\mu_0 + a_2\mu_0^2 + a_3 \tag{12}$$

式中 C_{IR} 为红外计数值。结果如表 2。除刚察和昌都外, 复相关系数值多在 0.7 以上, 而且各站点的复相关系数值差异不大, 这表明用白天的红外资料估算地面总辐射是可行的。

2.3 使用可见光和红外数字卫星资料估算地面总辐射

同时使用可见光和红外数字资料估算地面总辐射, 拟用 3 种模式, 讨论其效果。

1) 模式 5

以 C_{vis} 和 C_{IR} 为估计因子, 有

$$\hat{E_g(5)} = a_0C_{vis} + a_1C_{IR} + a_2 \tag{13}$$

结果表明复相关系数普遍不高, 还不如模式 4, 那曲和昌都仅为 0.133 和 0.342, 最高的兰州站也只有 0.703, 表明这模式不宜采用。

表 2 模式 4 的拟合系数与复相关系数

Table 2 Fitting and multi-correlation coefficient of model 4

	a_0	a_1	a_2	a_3	MR
兰 州	-1.298×10^{-2}	5.916	-2.357	0.881	0.768
拉 萨	-1.803×10^{-2}	5.205	-3.277	3.279	0.687
格尔木	-1.680×10^{-2}	4.627	-1.453	2.475	0.768
丽 江	-1.435×10^{-1}	-4.433	4.831	3.997	0.663
昌 都	6.629×10^{-3}	5.859	-4.813	-0.804	0.421
阿 里	1.283×10^{-3}	5.809	-3.611	1.866	0.709
那 曲	-5.802×10^{-2}	-2.922	4.345	2.461	0.607
民 勤	-1.521×10^{-2}	-7.079	7.125	5.085	0.829
蒙 自	-1.017×10^{-2}	5.598	5.650	3.732	0.819
玉 树	-2.330×10^{-2}	7.515	-4.492	3.012	0.778
西 宁	4.949×10^{-3}	-7.928	7.335	2.139	0.753
刚 察	-1.702×10^{-2}	1.043	-7.383	1.158	0.468
果洛州	-2.669×10^{-2}	0.901	1.078	4.798	0.764
13 站	-1.616×10^{-2}	0.771	0.806	3.449	0.599

2) 模式 6

考虑 C_{vis} 、 C_{IR} 和 μ_0 、 μ_0^2 为因子的估算模式

$$\hat{E_g(6)} = a_0C_{vis} + a_1C_{IR} + a_2\mu_0 + a_3\mu_0^2 + a_4 \tag{14}$$

结果表明,在引入 μ_0 因子后,复相关系数值有明显提高,一般在 0.75 以上,兰州站达 0.893,只有昌都站较小,为 0.518。这说明了引入 μ_0 的重要性。实际情况是,入射某一点的太阳辐射的强度与太阳天顶角有关。在早晚时刻,太阳天顶角大,到达地面的太阳辐射弱,而在午间,太阳天顶角小,入射地面的太阳辐射强。估算地面总辐射时,必须要考虑 μ_0 。

3) 模式 7

在模式中增加了 C_{vis}^2 、 C_{IR}^2 , 引进非线性关系,以 C_{vis} 、 C_{vis}^2 、 C_{IR} 、 C_{IR}^2 、 μ_0 、 μ_0^2 为估算因子,有关系式

$$\hat{E_g(7)} = a_0C_{vis} + a_1C_{vis}^2 + a_2C_{IR} + a_3C_{IR}^2 + a_4\mu_0 + a_5\mu_0^2 + a_6 \tag{15}$$

结果见表 3,复相关系数基本上在 0.7 以上,兰州站达 0.919,表明复相关性较好。但也有少数站如西宁、阿里为 0.7 以上,昌都站仅为 0.423。所有模式中,昌都站的复相关系数都较低,可能是由于昌都地区处在青藏高原东南侧山地地面起伏大的地方,测站是单点观测,而卫星测量的是一个区域内的反射太阳辐射,对地形平坦区域相关性较好,但对地形复杂地区就相对差一些。加上该地区云系多变,气象条件复杂,对估算地面总辐射造成一定难度。但与其他模式的结果相比较,不难发现这是个较佳的模式。

表 3 模式 7 的拟合系数和复相关系数

Table 3 Fitting and multi-correlation coefficient of model 7

站 名	a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	MR
兰 州	1.083×10^{-1}	-1.274×10^{-3}	1.789	1.484	-3.242×10^{-3}	-1.842×10^{-5}	-0.079	0.919
拉 萨	-1.960×10^{-1}	0.140	5.701	-3.568	-3.809×10^{-3}	-4.085×10^{-4}	7.773	0.830
格尔木	2.847×10^{-1}	-1.590×10^{-2}	4.357	-0.628	-6.096×10^{-3}	2.715×10^{-5}	-1.458	0.819
丽 江	2.627×10^{-1}	-1.166×10^{-1}	-2.768	3.933	-6.650×10^{-3}	3.485×10^{-4}	8.349	0.803
昌 都	6.911×10^{-2}	-1.190×10^{-2}	5.991	-4.893	-1.613×10^{-3}	6.067×10^{-5}	-0.230	0.423
阿 里	4.771×10^{-1}	-3.300×10^{-2}	4.540	-2.868	-9.840×10^{-2}	1.296×10^{-4}	-0.773	0.702
那 曲	-1.961×10^{-1}	-8.216×10^{-1}	-3.491	4.889	3.376×10^{-3}	-2.650×10^{-4}	3.802	0.893
民 勤	7.816×10^{-4}	-8.590×10^{-2}	-1.106	10.340	-4.009×10^{-4}	2.374×10^{-4}	0.107	0.889
蒙 自	7.658×10^{-3}	5.540×10^{-2}	-3.750	4.232	2.399×10^{-4}	2.162×10^{-4}	9.098	0.833
玉 树	0.142	-9.892×10^{-3}	9.612	-5.492	2.986×10^{-3}	3.599×10^{-5}	-6.596	0.839
西 宁	-1.245×10^{-1}	8.789×10^{-2}	-7.709	6.822	2.651×10^{-4}	-2.947×10^{-4}	4.757	0.732
刚 察	0.334	9.113×10^{-2}	4.856	-3.147	5.600×10^{-2}	-1.954×10^{-4}	-2.177	0.772
果洛川	2.358×10^{-2}	2.179×10^{-2}	1.208	0.152	-6.517×10^{-4}	1.436×10^{-4}	0.496	0.872
13 站	9.167×10^{-2}	4.719×10^{-2}	0.673	1.033	-2.240×10^{-3}	1.103×10^{-4}	4.679	0.674

3 模式的检验和误差分析

3.1 回归拟合模式的分析

比较模式 1 与模式 2、3、模式 5 与模式 6、7 的复相关系数可以发现, μ_0 及 μ_0^2 的引入对估算模式的结果有重要作用, 而用 C_{vis} 和 C_{IR} 的作用不如 C_{vis}^2 和 C_{IR}^2 的效果好。究其原因是 C_{vis} 、 C_{IR} 不是辐射值 $L_{\text{sat}}^{\text{vis}}$, 它们之间存有某种非线性关系, 虽在 (8) 式中 E_g 与 $L_{\text{sat}}^{\text{vis}}$ 存有某种线性关系。在仪器标定中, C_{vis} 与 $L_{\text{sat}}^{\text{vis}}$ 的关系为^[8]

$$A = \frac{L_{\text{sat}}^{\text{vis}}}{\pi F_0} = \left[\frac{(C_{\text{vis}} - \beta_1)^2}{\beta_2^2} - V_{\text{sp}} \right] \left(\frac{0.5}{V_{\text{sun}} - V_{\text{sp}}} \right) \tag{16}$$

式中, V_{sp} 、 V_{sun} 是卫星对宇宙空间、太阳方向观测时仪器的输出电平。由 (16) 式看到 $L_{\text{sat}}^{\text{vis}}$ 与 C_{vis} 不仅有一次方, 且有二次方的关系, 这说明了为什么引入 C_{vis}^2 后相关系数会明显提高。另外, 模式 4 的结果表明, 白天用红外资料, 也可以得到比较好的估算结果。

3.2 误差产生的原因分析

由 (8) 式看出, 估算地面总辐射与地面反照率和大气透射函数有关, 其引起地面总辐射的偏差为

$$\begin{aligned} \Delta E_g^{\wedge} &= \left(\frac{\partial E_g}{\partial s} \right)_{\gamma, R} \Delta r_s + \left(\frac{\partial E_g}{\partial (\mu)} \right)_{r_s, R} \Delta \mathcal{Y}(\mu) + \left(\frac{\partial E_g}{\partial R} \right)_{r_s, \gamma} \Delta R \\ &= - \left(\frac{\Delta r_s}{r_s \mathcal{Y}(\mu)} + \frac{\Delta r(\mu)}{r_s \mathcal{Y}^2(\mu)} \right) \left[L_{\text{sat}}^{\text{vis}} - \mu_0 F_0 R(\mu, \mathcal{Q}, \mu_0, \mathcal{Q}) \right] + \\ &\quad \frac{\pi}{r_s \mathcal{Y}(\mu)} \mu_0 F_0 \Delta R(\mu, \mathcal{Q}, \mu_0, \mathcal{Q}) \end{aligned} \tag{17}$$

由 (17) 式右边第一项看到, 若偏差仅由 r_s 引起, 则 ΔE_g 随 Δr_s 增大向负方向增加, 其偏差与

r_s^{-2} 成正比,即对于 r_s 小的地区, r_s 的改变会造成较大的 $\hat{E_g}$ 估算偏差,而 $\gamma(\mu)$ 小的地区, $\gamma(\mu)$ 的改变会造成较大的 $\hat{E_g}$ 估算偏差。当有云时, $\gamma(\mu)$ 较小, 云层越厚, $\gamma(\mu)$ 越小,可引起较大的 $\Delta \hat{E_g}$, 因此对地面反照率较大, 大气中水汽少的青藏高原北侧, $\hat{E_g}$ 的估计误差比云系多变, 水汽含量大, 反照率小的青藏高原东南侧明显要小。从模式的复相关系数 MR 也可看到, 兰州站不管在哪个模式中结果都较好, 而昌都站的结果都较差。

3.3 估算实例

为说明估算模式的有效性, 图 1 给出了 1994 年 6 月 1 日 12 时(北京时) 青藏高原地区地面实测总辐射和由模式 7 估算的地面总辐射分布。

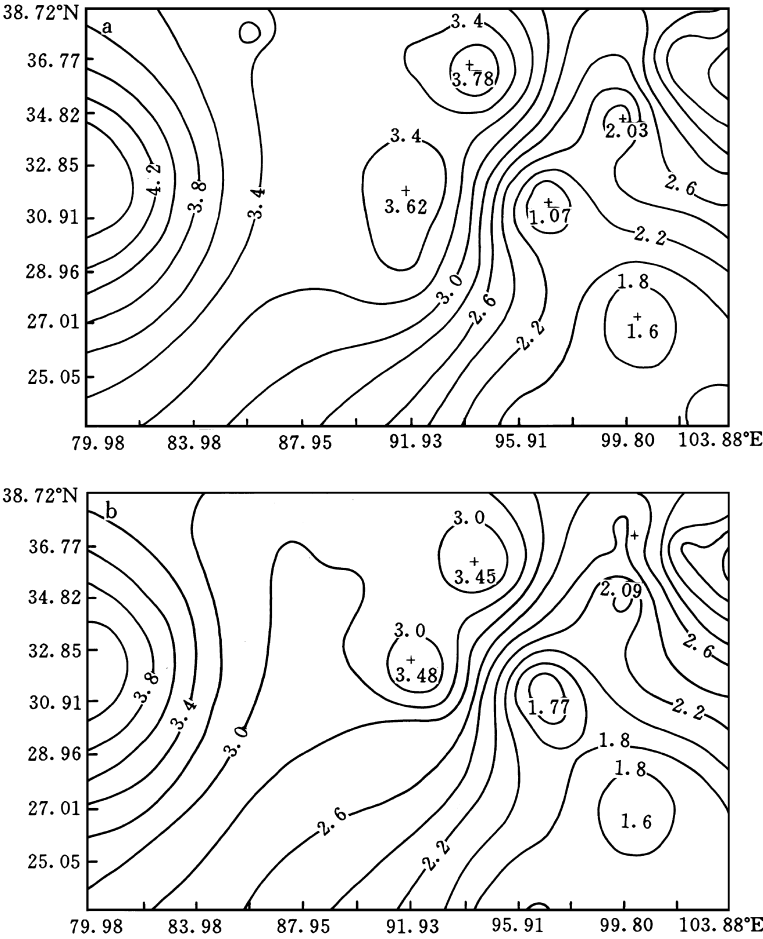


图 1 1994 年 6 月 1 日 12 时青藏高原地面总辐射(单位: $0.01 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$)

a. 地面实测总辐射; b. 模式 7 估算地面总辐射

Fig. 1 Measured (a) and model 7 - given GGR (b) in units of $0.01 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$

由图可见, 两者分布基本吻合, 少数站误差较大, 达 22%。本例说明模式 7 是可用的。一些站存有较大误差的原因, 除上面讨论的外, 还有卫星视线的倾斜, 资料的定位等。

4 结 论

根据卫星测值与地面总辐射的理论关系, 导得了用卫星资料估算地面总辐射的估算模式, 经与实测资料比较, 说明是可行的. 而且, 用白天红外资料估算地面总辐射, 也可得到比较好的结果. 对地面反照率小, 大气透过函数小的地区容易产生较大的误差.

参 考 文 献

1 Hay J E, Hanson K J. A satellite-based methodology for determining solar irradiance at the ocean surface during GATE. Bull American Meteorology Soc, 1978, 59: 1549

2 Tarpley J D, Schneider S, R, Money R L, et al. Estimating solar radiation at surface from geostationary data. J Appl Meteor, 1979, 18: 1172~1181

3 Justus C, Paris M V, Tarpley J D. Satellite-measured insolation in the United States, Mexico, and South America. Remote Sensing Environment, 1986, 20: 57~83

4 Cano D, Monget J M, Albuissou M, et al. A method for the determination of the global solar radiation from meteorological satellite data. Solar Energy, 1986, 37: 31~39

5 Gautier C, Diak G, Masse S. A simple physical model to estimate incident solar radiation at the surface from GOES satellite data. J Appl Meteor, 1980, 19: 1005~1012

6 Dedieu G, Deschamps P Y, Kerr Y H. Satellite estimation of solar irradiance at the surface of the Earth and surface albedo using a physical model applied to meteosat data. J Clim Appl Meteor, 1987, 26: 79~87

7 廖国男(美). 大气辐射导论. 周诗健, 阮忠家, 陶丽君, 等译. 北京: 气象出版社, 1985. 238~241

8 加藤一靖. 静止气象卫星の画像データ为气象要素の抽出. 气象研究ノート, 1983: 148 号 4

GMS DATA-ESTIMATED QINGHAI-XIZANG
GROUND GLOBAL RADIATION

Chen Weimin Miao Yingyu

(Department of Atmospheric Physics, NIM, Nanjing 210044)

Gao Qingxian

(Department of Applied Meteorology, NIM, Nanjing 210044)

Abstract Following radiation theory, the relation is derived of GMS measurements to ground global radiation(GGR), whereupon are built 7 models for the satellite data estimation of GGR, of which optimal is sorted out for our purpose. Evidence suggests that the method is suitable for such areas like the Qinghai-xizang plateau where stations are far between.

Keywords GMS data, estimation model, global radiation