

# NOAA-AVHRR 图像大气影响校正 方法研究及软件研制\*

## 第二部分: 软件研制

秦 益 田国良

(中国科学院遥感应用研究所 北京 100101)

**摘 要** 本文重点介绍平面平行大气多次散射方程的求解及 TOVS 资料与图像的配准等问题。对于散射方程的求解本文吸取了众多的研究成果,但由于我们已知的是大气顶的辐射,而未知的是地表反射率,因此直接利用正演方法将存在问题。为此,本文引进地面总波谱辐射与直接波谱辐射的比值作为中间变量,并提出了一种有效的解决办法。本文将重点介绍程序设计,并对一些结果进行了讨论,指出了进一步的工作。经过一年多的试运行,证明该软件运行可靠,时效较高,已达到常规运行的要求。

**关键词** AVHRR, 大气影响校正, TOVS

本文第一部分已阐明我们对 AVHRR 图像进行大气影响校正所采用的原理和方法,说明了所涉及的大气及地表模型,并说明将引入 TOVS 资料来进行辐射场的计算。为了实现这一思想,我们研制了全部所需软件,这些程序包括:

- (1) TOVS 文件读入, TOVS 网格生成及与图像的配准;
- (2) 米散射计算;
- (3) 平面平行大气多次散射计算及地表反射率的反演;
- (4) 平面平行大气热红外辐射传输计算及地表温度的反演;

本文除对第(2)点不赘述外,其余各点的有关问题将给予讨论。

## 1 多次散射及热红外辐射计算

第一部分中我们已用平面平行大气多次散射传输方程及热红外辐射传输方程对可见光、近红外及热红外波段的大气辐射传输过程进行了描述。经前人的不懈努力,对多次散射传输方程已提出了近似求解及精确求解的多种算法。Larocca 和 Turner 在其报告中<sup>[1]</sup>对 12 种算法在求解精度、时间效率及适应性和可行性方面进行了总结和比较(表 1)。其中离散纵标法的求解精度很好,且具有良好的可行性及适应能力,但这种方法计算量较大。经过权衡,我们决定采用这种方法,其好处在于能够灵活调整辐射流数,可以在求解

\* 国家自然科学基金资助项目

收稿日期: 1993 年 8 月 24 日,收到修改稿日期: 1993 年 11 月 24 日

精度和时效上取得平衡,对于时间消耗问题,由于计算机速度极快,如果在软件设计上给予较充分考虑,将不会存在问题,我们的实践已经表明了这一点。

表 1 AVHRR 通道中心波长

Table 1 Central wave length of AVHRR

温度范围 (K)	中心波数 (cm <sup>-1</sup> )	
	CH4	CH5
180—225	926.81	841.40
225—275	927.36	841.81
275—320	927.83	842.20
270—310	927.75	842.14

其中第 4 段温度用于海面温度监测,  
NOAA-H/11 AVHRR FM203

因此计算量将大大减少。Stamnes 和 Swanson<sup>[6,7]</sup> 在此基础上进一步提出改进的方法使求解结果大为改善,稳定性得到增强。汪宏七等<sup>[8]</sup>对散射相函数和辐射强度展开的项数进行了专门研究,他们认为,展开项数不必受辐射流数的限制,这一点对于具有强前向散射峰的散射相函数尤其重要。他们的研究表明,对于这种情况,即使用较少的辐射流数也能获得好的结果并保证获得稳定的解。

为完成整个地气系统辐射场的计算,我们首先将大气分成许多小薄层。这里我们将大气分成了 40 个标准 TOVS 层。对每一薄层大气求解传输方程,代入上下边界条件及连续性条件可得:

$$\sum_{j=-n}^n L_j^l \Phi_j^l(-\mu_i) = -Z^l(-\mu_i) \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

$$\begin{aligned} & \sum_{j=-n}^n [L_j^l \Phi_j^l(\mu_i) e^{-k_j^l \tau^l} - L_{j+1}^l \Phi_{j+1}^l(\mu_i) e^{-k_{j+1}^l \tau^{l+1}}] \\ & = [Z^{l+1}(\mu_i) - Z^l(\mu_i)] e^{-\tau^l / \mu_0} \end{aligned} \quad (2)$$

$$l = 1, 2, \dots, Nl - 1; i = \pm 1, \pm 2, \dots, \pm n$$

$$\sum_{j=-n}^n L_j^{Nl} \Phi_j^{Nl}(+\mu_i) e^{-k_j^{Nl} \tau^{Nl}} = \frac{A_s}{\pi} (F_{d_{if}}^{\downarrow} + F_{d_{ir}}^{\downarrow}) - Z^{Nl}(+\mu_i) \exp(-\tau^{Nl} / \mu_0) \quad (3)$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

上述方程中  $L$  为待定系数,由于(3)式中含有未知量  $A_s$ , 即地表反射率,因此上述方程无法求解,为此,我们引入:

$$g = \frac{F_{d_{ir}}^{\downarrow}(\tau^{Nl}) + F_{d_{if}}^{\downarrow}(\tau^{Nl})}{F_{d_{ir}}^{\downarrow}(\tau^{Nl})} \quad (4)$$

因此(3)式成为:

$$\sum_{j=-n}^n L_j^{Nl} \Phi_j^{Nl}(+\mu_i) e^{-k_j^{Nl} \tau^{Nl}} = \frac{A_s}{\pi} g F_{d_{ir}}^{\downarrow}(\tau^{Nl})$$

离散纵标法自 Chandrasekhar<sup>[2]</sup> 提出后得到了很大发展。廖国男<sup>[3]</sup> 首先将这种方法推广到垂直非均匀的一维大气,使这一方法具有了更大的应用价值。他将整层垂直非均匀的大气分成一系列的气层,而将每一层视为均匀大气,因此可以将原有的离散纵标法应用到每一层中,而在层与层之间则由连续性条件联系。廖国男还发现<sup>[4]</sup>, 由 Chandrasekhar 给出的用于计算特征值的特征方程的求解可以被转化成一个线性代数的特征值解决。Asano<sup>[5]</sup> 进一步表明,可以将特征方程的阶数降低一半,

$$-Z^{Nl}(+\mu_i)\exp(-\tau^{Nl}/\mu_0) \quad i=1,2,\dots,n \quad (5)$$

由(1)(2)(5)式可构成一个线性方程组,我们专门为这个方程组设计了算法,保证求解的完成。求解结果为:

$$I^l(+\mu_i) = D_1^l(+\mu_i) + D_2^l(+\mu_i)gA_i \quad (8)$$

$$I^{Nl}(+\mu_i) = D_1^{Nl}(-\mu_i) + D_2^{Nl}(-\mu_i)gA_i \quad (9)$$

$$i=1,2,\dots,n$$

其中各系数  $D$  已求得,  $g$  和  $A_i$  皆未知。将(8)、(9)及(5)式相结合,最后可得:

$$I^l(+\mu_i) = D_1^l(+\mu_i) + D_2^l(+\mu_i)gA_i \quad (10a)$$

$$g = \frac{E_1}{1 - E_2A_i} \quad i=1,2,\dots,n \quad (10b)$$

其中  $D_1^l, D_2^l, E_1$  和  $E_2$  皆为仅依赖于大气状况的常数,而且除  $A_i$  被假定为在波段上为常数外,其它所有量都依赖于波长。至此,我们已完成多次散射计算并建立了地表反照率  $A_i$  与卫星测量值的关系。由于在晴朗大气条件下,  $E_2$  远小于1,且  $A_i$  通常小于0.5,因此(10b)式可简化为:

$$g \approx E_1(1 + E_2A_i + E_2^2A_i^2) \quad (10c)$$

对于(10a),在卫星观测方向  $\mu_i$  插值后得:

$$I_i^l(\lambda) = D_{1i}(\lambda) + D_{2i}(\lambda)gA_i \quad (10d)$$

将(10c)代入(10d)中,并在波段上与卫星传感器响应函数加权积分得:

$$I_s = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} I_i^l(\lambda)R(\lambda)d\lambda / \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} R(\lambda)d\lambda \quad (10e)$$

其中  $R_\lambda$  为传感器响应函数,最后可得:

$$I_s = H_1 + H_2A_i + H_3A_i^2 + H_4A_i^3 \quad (11)$$

上式表示了  $A_i$  与大气顶处卫星观测方向辐射强度  $I_s$  的关系。为了避免考虑传感器视场等一系列与卫星接收能量绝对值有关的问题,我们在(11)式两端除以一个参考值  $I_r$  后,可得:

$$A = P_1 + P_2A_i + P_3A_i^2 + P_4A_i^3 \quad (12)$$

得到了大气顶处整个地气系统的波段反照率。其中,  $P_i = H_i/I_r (i=1,2,3,4)$ ,  $I_r$  的获得是一个模拟的过程。它是在与  $I_s$  具有完全相同的日照条件、太阳入射角、卫星观测角及波段范围和传感器响应,但无大气存在且地表为完全反射的情况下,到达传感器入口处的辐射强度。因此,(12)式左端即是仪器定标后所能获得的地气系统反照率,它建立了卫星测量值与地表反照率之间的关系并将被应用于图像的校正。

为了系统的完整性,我们按系统结构设计的要求编写了 MIE 散射计算及相关函数勒让得多项式展开的程序。这部分程序主要参照了 Collins 和 Wells<sup>[16]</sup> 给出的有关公式,为计算方便和数值计算的稳定做了少许改动和调整,这里不再多介绍。

对于热红外波段,忽略散射的作用后,其辐射传输过程变得相对简单并已由第一部分给出传输方程。将其离散化为:

$$L_\lambda = \varepsilon_\lambda B_\lambda[T(P_s)]\tau_\lambda(P_s, \theta) + \frac{1 - \varepsilon_\lambda}{\pi} \left( \sum_{l=Nl}^1 B_\lambda[\bar{T}_l] \Delta\tau_\lambda^l \right) \tau_\lambda(P_s, \theta)$$

$$+ \sum_{l=1}^{NI} B_{\lambda}[\bar{T}_l] \Delta \tau_{\lambda l}(\theta) \tag{13}$$

其中  $NI$  为大气分层数,  $\tau_{\lambda l}$  表示第  $l$  层到地面的大气透过率,  $T_l$  为  $l$  层大气平均温度。在计算中, 我们使用了密度加权平均值以尽可能近似表示这一层大气热辐射的贡献。

对(13)式中各波长计算完成后, 将在传感器响应区内以响应函数为权重积分。由于(13)式中  $T(P_s)$  未知, 直接用普朗克函数积分比较困难, 因此, 先在足够宽的温度范围内 ( $\pm 60^\circ\text{C}$ ) 将普朗克函数拟合成多项式, 即:

$$B_{\lambda}(T) = a_{0\lambda} + a_{1\lambda}T + a_{2\lambda}T^2 + \dots$$

然后再进行积分。我们已经检验, 在 AVHRR 第 4、5 通道上, 所有波长都有极好的拟合精度。

完成(13)式的计算后, 可得:

$$L_{\lambda} = \varepsilon_{\lambda} P_{\lambda}(T_s) + (1 - \varepsilon_{\lambda}) P_{d\lambda} + P_{0\lambda} \tag{14}$$

其中:  $T_s$  为地表温度;  $P_{d\lambda} = \frac{1}{\pi} \left( \sum_{l=NI}^1 B_{\lambda}(\bar{T}) \Delta \tau_{\lambda l}(\theta) \right) \tau_{\lambda}(P_s, \theta)$ ;  $P_{0\lambda} = \sum_{l=1}^{NI} B_{\lambda}(\bar{T}_l) \Delta \tau_{\lambda l}(\theta)$ ;

$P_{\lambda}(T_s) = B_{\lambda}(T_s) \tau_{\lambda}(P_s, \theta)$  已被拟合成多项式。

在波段上积分:

$$L_{band} = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_{\lambda} R_{\lambda} d\lambda \tag{15}$$

其中,  $\lambda_1, \lambda_2$  为波段上下限,  $R_{\lambda}$  为归一化响应函数, 即:

$$\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} R_{\lambda} d\lambda = 1$$

设波段平均发射率为  $\bar{\varepsilon}$ , 则有:

$$L_{band} = \bar{\varepsilon} \bar{P}(T_s) + (1 - \bar{\varepsilon}) \bar{P}_d + \bar{P}_0 \tag{16}$$

在热红外波段经仪器定标后将得到通道辐射强度值, 用普朗克反函数在通道中心波长处将其转换成亮度温度  $T_b$ , 因此:

$$B_{\lambda_0}(T_b) = \bar{\varepsilon} \bar{P}(T_s) + (1 - \bar{\varepsilon}) \bar{P}_d + \bar{P}_0 \tag{17}$$

其中  $\lambda_0$  为通道中心波长, 其值由 NOAA 给出, 这个波长最大可能地近似了整个波段的情况。NOAA11 CH4 和 CH5 中心波长的取值如表 1 所示<sup>[11]</sup>。直接使用(17)式很不方便, 我们模拟计算了 7 种模型大气后发现下面极好的近似关系:

$$T_s = g_1(T_b) + g_2(T_b) \bar{\varepsilon} \tag{18}$$

其中  $g_1$  和  $g_2$  可取为任意形式的函数, 在这里我们使用了多项式。图 1 是对 US-1976 标准大气拟合的结果及误差。对于全部 7 种模型大气误差不大于  $0.2^\circ\text{C}$ 。

需要说明的是, 由于在传输方程中已考虑到了卫星观测角以及由此引起的光线路径加长, 衰减加重的影响, 因此没有必要再进行临边变暗订正。

至此, 我们已完成大气影响的订正, 但还没有考虑到发射率的影响, 这对地表真实温度的反演会产生误差。但要考虑发射率的问题非常困难。先对图像进行分类然后代入各有关地物典型发射率值来计算地表温度也能在一定程度上对发射率影响进行订正, 但由于目前准备不足, 因此只根据季节和地区选择合适的常数代入作为初步订正。

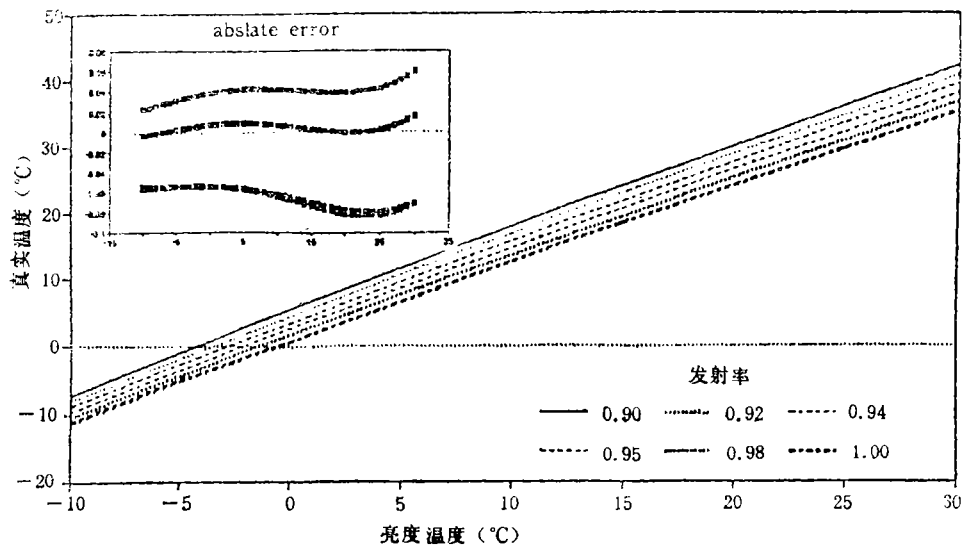


图 1 对 US-1976 标准大气模拟并拟合的结果及误差

Fig. 1 Result and absolute error for fitting of US-1976 standard model atmosphere

## 2 TOVS 资料与图像的配准

前面介绍了可见光和近红外波段以及热红外波段辐射传输的计算,并使地面未知量即地表反照率和地表温度、地表发射率与卫星测量值联系在一起。上面计算已获得各波段在各离散的 TOVS 点上的校正系数,这些系数只在这些点邻近很小范围内才适用。

在对 NOAA 垂直探测资料进行反演时,将在 HIRS 的 9 个  $3 \times 3$  像元上取平均,反演的最后产品平均分辨率约 7.5km。在理论上,我们首先应该将 TOVS 资料内插,然后进行辐射场的计算并进行图像校正,但实际上这种做法很难进行。我们采用了先在单个 TOVS 网点上进行计算,然后再在每个像元上内插,获得各像元的校正系数。

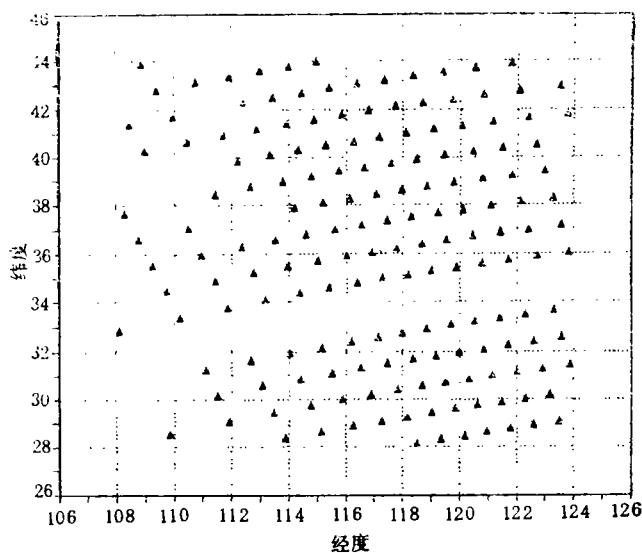


图 2 TOVS 资料分布示例

Fig. 2 Example of TOVS data distribution

图 2 所示为一个小地区 TOVS 点的分布,TOVS 资料的原始存放顺序是按扫描线

方向从低经度(东经)到高经度方向,从高纬度到低纬度方向顺序排列。为将 TOVS 资料与图像配准并便于内插校正系数,我们需要完成以下几步工作:

- (1) 将连续存放的 TOVS 资料分裂成行(图 2);
- (2) 计算每个 TOVS 点的扫描角;
- (3) 按扫描角的大小将 TOVS 资料按列排齐,同时缺少的 TOVS 点也被空出;
- (4) 将 TOVS 点坐标(经纬度)转换成图像坐标(行列像素数)。

完成上述第(4)步时,已在图像和 TOVS 点之间建立起确定的位置关系,也就完成了 TOVS 资料与 AVHRR 图像的配准。下面对上述各步作必要的解释:

(1) 分裂行:这一步是为后面两步作准备。这一步的方法很简单,从图 2(这是升轨情况)中可以看出,在同一扫描行内相邻两点的经度和纬度都是增加的,因此我们只判断相邻两点经纬度的增减情况就可断定这两点是否属于同一行。对于降轨情况,不同的只是同一扫描行内相邻两点经度增加而纬度却是减小的。

表 2 TOVS 定位坐标及扫描角  
Table 2 Location of TOVS data and scan angle

经纬度及扫描角								平均 间隔	最大 误差
38.97	39.19	39.38	39.55	39.72	39.88	40.04	40.20		
113.77	114.78	115.73	116.66	117.57	118.48	119.43	120.43	5.37	0.137
21.36	16.04	10.75	5.37	0.00	-5.35	-10.80	-16.26		
37.88	38.08	38.27	38.45	38.61	38.77	38.93	39.08		
114.20	115.19	116.14	117.04	117.94	118.84	119.78	120.76	5.37	0.200
21.27	16.01	10.63	5.33	-0.04	-5.42	-10.89	-16.30		
36.78	36.98	37.17	37.34	37.50	37.66	37.81	37.96		
114.61	115.60	116.53	117.42	118.31	119.20	120.11	121.08	5.37	0.182
21.28	15.95	10.60	5.29	-0.07	-5.48	-10.84	-16.28		
35.68	35.88	36.06	36.23	36.39	36.55	36.70	36.85		
115.02	115.99	116.91	117.79	118.66	119.54	120.45	121.40	5.36	0.177
21.28	15.98	10.64	5.32	-0.02	-5.43	-10.86	-16.27		
34.58	34.77	34.95	35.12	35.28	35.43	35.58	35.73		
115.42	116.38	117.28	118.15	119.01	119.88	120.77	121.71	5.35	0.107
21.31	16.02	10.72	5.39	0.03	-5.36	-10.74	-16.17		
21.30	16.01	10.67	5.34	-0.02	-5.43	-10.83	-16.26		
0.033	0.036	0.057	0.036	0.034	0.048	0.052	0.045		

(2) 计算扫描角:扫描角不仅被用于将 TOVS 点按列排齐从而形成 TOVS 网格,同时在大气透过率等计算中也都需要用到。表 2 是我们计算的一个实例。扫描角计算过程是,首先计算扫描线与卫星轨迹线的交点,即星下点,然后根据星下点,扫描(TOVS 点)坐标及卫星高度即可计算出卫星对该 TOVS 点的扫描角。

(3) TOVS 网格形成:按卫星扫描方式 TOVS 网格中同一列上的点应该有相同的扫描角而且相邻点间有相同的间隔,我们先计算全部相邻 TOVS 点间的平均间隔,然后

根据平均间隔和每点的扫描角来形成 TOVS 网格。

(4) TOVS 网格与图像配准。上面三步形成了一个有规律的 TOVS 网格, 我们只将 TOVS 点的坐标转换成图像坐标, 那么就能够很容易地在图像像元与 TOVS 点之间相互查找索引, 便于进行内插。TOVS 点的坐标是以经纬度来表示的, 因此转换过程随图像投影方式不同而不同。如目前我们使用的图像为正射投影, 像元数与经纬度值之间具有线性关系, 因此转换较简单, 对于其它投影只要搞清楚投影关系即可完成。

由于我们只在离散的 TOVS 网格点上计算了校正系数, 为了对每个像元进行校正, 我们还必须进行内插。所采用的内插方法可概述如下:

(1) 参加内插的 TOVS 点数可调, 最少为  $2 \times 2$  个点, 也可以采用  $3 \times 3$  或更多的点, 设  $P$  为待内插点,  $T_{ij}$  为 TOVS 网格点。采用点的多少影响到内插的平滑性, 点越多整体上越平滑, 但计算时间会增加很多。目前我们多采用相邻 4 点(即  $2 \times 2$  个点)来内插。

(2) 待内插点  $P$  的值为:

$$Z_p = \sum_{i=i_1}^{i_2} \sum_{j=j_1}^{j_2} W_{ij} Z_{ij}$$

其中  $W_{ij}$  为 TOVS 点  $T_{ij}$  上的权重,  $Z_{ij}$  为  $T_{ij}$  点的值。 $i_1, i_2, j_1, j_2$  的值与参加内插的点数有关。

(3) 权重系数  $W_{ij}$  的确定, 我们以距离倒数为权重, 即:

$$W'_{ij} = 1/S_{ij}$$

$$W_{ij} = W'_{ij} / \sum_k \sum_l W'_{kl}$$

其中  $S_{ij}$  为  $T_{ij}$  到  $P$  点的距离, 若  $P$  点与某个 TOVS 点重合, 则该点权重取为 1, 其它点取为 0。我们采用这种内插方式可以很方便地控制影响范围。

### 3 程序设计

根据第一部分提出的方案, 我们设计了相应的程序, [图 3(a) 及图 3(b)]。其程序结构灵活, 容易修改以适应变化。在使用上也比较方便, 所有必要的输入都集中放在一个 ASCII 响应文件中, 可用任何编辑程序修改。至于响应文件的内容, 这里不再详述。由于我们采用的算法计算量较大, 因此我们除对算法进行改进外, 在进行程序设计时也充分考虑到时效问题。目前采用该软件校正 AVHRR 4 个通道  $1024 \times 1024 (10^\circ \times 10^\circ)$  的图像, 在 386 微机(主频 25M)上需要两个小时, 而在 486 微机(主频 33M)上仅需一个小时, 已达到常规运行的要求, 经过进一步优化, 性能可望得到进一步改善。

### 4 问题及建议

大气影响校正对遥感图像量化应用具有重要意义。我们从发展实用化的 NOAA-AVHRR 图像大气影响校正软件系统的目的出发, 对国内外遥感和大气科学的有关研究

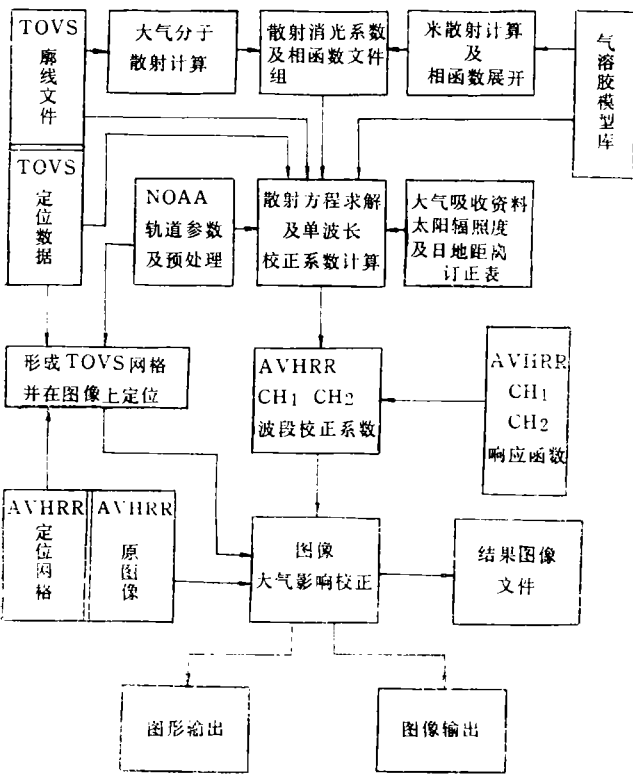


图 3(a) 波段 1、2 大气校正程序框图

Fig. 3 (a) Flowchart of CH1 and CH2 program

(reflectance) =  $-0.024 + 1.31$  (raw date)。对于第 4 通道(如图 5(a) 及 5(b)), 我们假定地面发射率为 0.97, 对图 5(b)线性回归的结果是:  $corrected\ date(^{\circ}C) = -0.76 + 1.34$  (raw date)。

尽管我们初步完成这一软件, 对算法中一些假设尚需深入考虑, 仍存在一些问题需要在将来的工作中加以解决:

(1) 气溶胶是可见光通道大气影响的主要因素之一, 因此应尽可能获取实时气溶胶资料, 但目前还存在很大困难, 鉴于这点, 建立尽可能详尽的气溶胶模型库并根据当时当地的大气状况选择库中的某一模型来进行大气校正, 我们认为这

进行了认真和系统的分析总结, 在综合这些研究成果的基础上, 提出了有效的 AVHRR 图像大气影响校正方案, 并已研制了完整的软件系统, 它将能完成 AVHRR1、2 及 4、5 通道图像的所有大气影响的校正。已经用这套软件处理了多个时次的图像, 校正后图像的对比度增强, 层次更丰富, 图像质量有了明显改善。对校正结果的分析表明了进行大气校正的必要性, 同时也验证了程序的稳定和可行性。图 4(a) 及 4(b) 所示为 1993 年 5 月 9 日图像校正前后第 2 通道的变化。当地面反射较低时, 程辐射的影响使反射率升高, 但当地面反射高时, 大气衰减将使反射率降低。对图 4(b) 线性回归的结果是:  $corrected\ date$

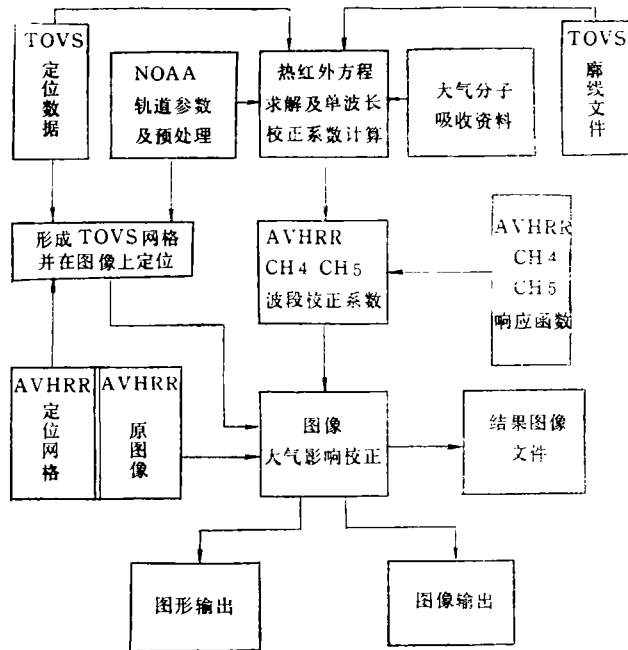


图 3(b) 波段 4、5 大气校正程序框图

Fig. 3(b) Flowchart of CH4 and CH5 program

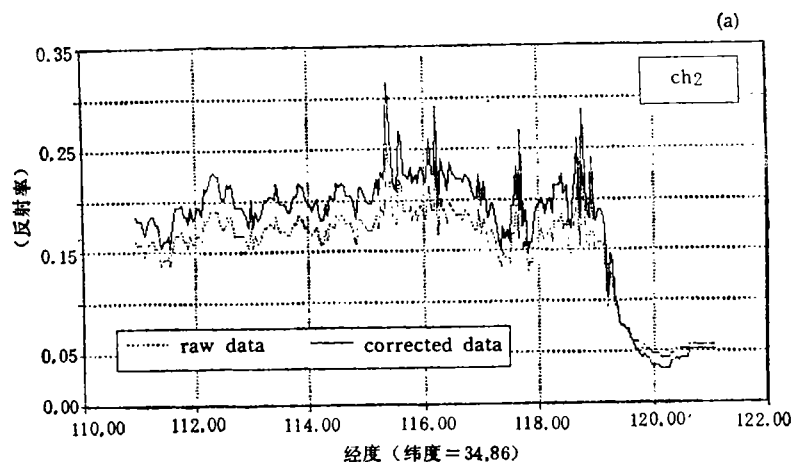


图 4(a) 对大气影响校正结果的比较(通道 2)

Fig. 4(a) Comparison between raw data and corrected data(ch2)

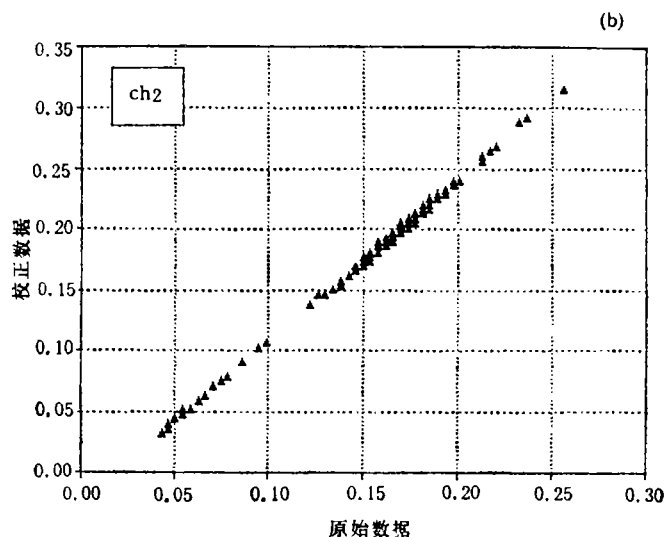


图 4(b) 对大气影响校正结果的比较 (ch2)

Fig. 4(b) Comparison between raw data and corrected data (ch2)

是一种可能的途径。

(2) 完善地表反射模型, 包括波谱反射模型及双向反射模型。对我国典型地物反射波谱已进行大量测量<sup>[12]</sup>, 对地表双向反射, 我们也开展了大量野外工作, 将为解决这一问题打下基础。

(3) 考虑云的影响。这方面工作也已有许多报道<sup>[13,14]</sup>, 我们将在吸收已有成果的基础上, 考虑合适的方法去解决。

(4) TOVS 资料的引进为实时进行大气影响的校正开辟了道路, 但 TOVS 资料反演误差的存在使其在这方面的应用受到影响。为此需要进一步研究, 考虑更有效的办法来利用这些已有的实时大气的信息。

# 微机大面积水稻遥感信息提取研究\*

高 峰

(中国科学院南京地理与湖泊研究所 南京 210008)

**摘 要** 本文探讨了大面积遥感图像的区划问题,提出了专题信息提取的最佳波段组合选择方法,实现了基于地理信息系统的遥感图像的分类,同时针对微机遥感图像处理的特点设计了一系列高效处理算法,并在无锡县水稻专题信息提取中得到了应用检验。

**关键词** 遥感,图像处理,地理信息系统,微机应用

## 1 问题的提出

水稻是我国主要粮食作物之一。其产量的丰欠,对全国粮食总产量,国民经济的发展,对外进出口贸易,以及人民生活社会安定均有十分重要的影响。由于水稻在生长期受多种自然灾害及人为因素的影响,在种植面积和产量上经常出现波动现象,加上全国实行联产责任制以后,用常规的方法难以精确统计水稻产量,而遥感技术的发展为水稻估产提供了可能性,使得我们可以利用遥感信息较为精确地提取出大面积的水稻分布及水稻种植面积<sup>[1]</sup>。

近年来,微机的性能价格比不断提高,利用微机进行遥感图像处理也是目前国内外遥感研究的方向之一。在微机上提取大面积水稻遥感信息会受到微机内外存容量及运行速度的限制,能否突破这些限制直接关系到攻关项目的成败以及遥感技术的进一步普及、推广、实用。

## 2 遥感背景区划及试验区选定

遥感以其在大面积范围内所发挥的作用而著称,而另一面遥感应应用模型往往仅限于局部范围,对于复杂环境条件下的目标及其影像特征的多变性尚缺乏足够的理解<sup>[2]</sup>,这种矛盾使得遥感技术在从实验阶段到生产阶段的转化中遇到了很大的障碍。目视解译专家可以凭他们丰富的地学知识及对本地区的了解有意识或无意识地更换其应用模型,而目前利用计算机进行图像处理工作还难以实现这种对人类专家知识的真正模拟,所以在现阶段的遥感应应用中一种切实可行的方法是将两者进行有机结合,从而得出更为客观、精确的结果。

本文以无锡县作为试点,选择了1991年7月23日的TM磁带数据作为遥感信息源,图版I图1所示为无锡县TM图像假彩色合成图,对遥感图像进行初步解译,可以看

\* 本文得到了浙江大学赵元洪教授和中国科学院南京地理与湖泊研究所赵锐研究员的指导。

收稿日期:1993年4月16日,收到修改稿日期:1993年10月15日

### 参 考 文 献

- [1] J. Larocca and R. E. Turner. Atmospheric transmittance and radiance: method of calculation. ERIM technique report. ERIM-10760-10-T.
- [2] S. Chandrasekhar. Radiative transfer. Dover. New York, 1950.
- [3] Kuo-Nan Liou. Applications of the discrete-ordinate method for radiative transfer to inhomogeneous aerosol atmospheres, *J. Geo. Res.*, 1975, 80. (24).
- [4] K. N. Liou. A numerical experiment on Chandrasekhar's discrete-ordinate method for radiative transfer: applications to cloudy and hazy atmosphere, *J. Atmos. Sci.*, 1973, 30:1303—1326.
- [5] S. Asano. on the discrete ordinate method for the radiative transfer, *J. Meteo. Soc. Japan*, 1975, Vol. 53:92—95.
- [6] Kunt Stamnes, Roy A. Swanson. a new look at the discrete ordinate method for radiative transfer calculation in anisotropically scattering atmospheres. *J. Atmo sci.*, 1981, Vol. 38: 387—399.
- [7] Kunt Stamnes and P. Conklin. a new multilayer discrete ordinate approach to radiative transfer in vertically inhomogeneous atmospheres, *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer*, 1984, 31 (3): 273—282.
- [8] 汪宏七, 赵高祥。在强烈各向异性散射大气中用离散坐标法进行辐射强度计算。中国科学 B 辑, 1985, (12)。
- [9] K. N. Liou. (周诗健等译)。大气辐射导论。北京: 气象出版社出版, 1985。
- [10] D. G. Collins and M. B. Wells. computer procedure for calculating time dependent light scattering in spherical-shell atmospheres. Part 4, AD722713, 1971.
- [11] NOAA, Appendix B to NOAA TM107 for NOAA-H/11.
- [12] 童庆禧等。中国典型地物波谱及其特征分析。北京: 科学出版社, 1990。
- [13] Y. J. Kaufman. The effect of subpixel clouds on remote sensing. *Int. J. Rem. Sens.*, 1987, Vol. 8, 839—857.
- [14] R. W. SAUNDERS, A automated scheme for the removal of cloud contamination from AVHRR radiances over western Europe. *Int. J. Rem. Sens.*, 1986, 7(7).

## A Research on the Method and Computer Program of Correction of Atmospheric Effects on NOAA-AVHRR Image

### Part 2: Programming

Qin Yi Tian Guoliang

(Institute of remote sensing application)

**Abstract** This paper is the second part of "Correction of the effects of atmosphere on NOAA-AVHRR image". In the first part, we have introduced the principle and model. In this part, we will introduce the method for solving multiscattering equation and the match between TOVS data and AVHRR image. About the solving of multiscattering equation, we have absorbed many research result, but, because we have known the radiation at the top of atmosphere and the reflectance of the surface is unknown, so it is difficult to use the forward calculation method. To solve this problem, a variable of ratio between total radiance and direct radiance has been introduced and a efficacious method has been proposed. In chapter 3 of this paper we will discuss the program and in chapter 4 some experiment results will be analysed and some future work which may be important will be proposed. After more than one year's experiment, it is proved that the program is dependable and efficient and can be used routinely.

**Key words** AVHRR, Correction of atmospheric effects, TOVS