

# 沙尘源区 LST/Albedo 时序 变化与 TSP 的对比分析 ——以 2001 年春季中国北方强沙尘过程为例

韩秀珍<sup>1 2</sup>, 刘志丽<sup>1</sup>, 马建文<sup>1</sup>, 张小曳<sup>3</sup>

(1. 中国科学院遥感应用研究所, 北京 100101; 2. 中国气象局国家卫星气象中心, 北京 100081;  
3. 中国科学院地球环境研究所, 西安 710054)

**摘要:** 2001 年春季, 中国北方多次受到沙尘天气的影响, 给人们的生产、生活带来严重的威胁, 引起了亚洲国家的广泛重视。利用卫星监测数据采集沙尘云图变化、运移路径、地表覆盖和沙尘过程中的地面反照率、温度、湿度、粗糙度等物理参数反演实验结果, 可以弥补地面观测站点稀少、数据不连续的缺陷。本文以 2001 年 3 月到 5 月的几次沙尘天气为例, 介绍基于地表覆盖的 AVHRR 的 LST/Albedo 反演结果与 TSP(沙尘干量)对比分析, 发现它们具有较好的相关性。从而反映了沙尘暴发生前后地表能量的变化状况, 能为预测预警沙尘天气的危害提供及时客观的空间信息。

**关键词:** 沙尘源区; 地表温度/反照率; 沙尘干量(TSP)

**中图分类号:** P208; P445+.4      **文章编号:** 1000-0585(2004)01-0019-10

## 1 前言

沙尘暴是一种主要由于局部地区气流系统和所经过地区的地表覆盖状况综合作用而形成的灾害性天气过程。它具有突发性、局地性, 一般历时较短, 春季较为常见。NOAA、SEAWIFES、TOMS 和我国的风云卫星监测图像表明: 蒙古戈壁、河西走廊及阿拉善高原区、内蒙古中部农牧交错带及草原区、塔克拉玛干沙漠周边地区、蒙陕宁长城沿线旱作农业区是亚洲沙尘天气的主要沙源地。2001 年春季, 中国北方地区出现了 18 次沙尘天气过程, 沙尘天气总日数达 41 天, 平均每两天就有一次明显沙尘天气, 4 月初的一次强沙尘过程将亚洲的沙尘输送到了太平洋彼岸的美国。强烈的沙尘天气给人们的生产、生活带来严重的威胁, 引起了亚洲国家的广泛重视。

近年来, 不同领域的专家从大气物理、气象、环境和遥感等方面广泛开展了对沙尘天气的机理、数值模拟及预测等的研究工作。沙尘产生的主要机理在于风力侵蚀。沙尘暴天气的发生、发展就是一次强烈的风蚀过程。Westphal 等和 Joussaume 分别提出了风蚀模型<sup>[1 2]</sup>; Shao 等和 Lu 等发展了一种综合的风蚀模型<sup>[3 4]</sup>, 它可以模拟风蚀的所有阶段, 包括起沙、传输到沉积。风蚀模型包括大气、地表状况、风蚀、传输和沉积及 GIS 等五个部分。地表状况中物理模型包括: 土壤水分、地表温度(LST)、能量。地表反照率(Albe-

收稿日期: 2003-04-08; 修订日期: 2003-08-11

基金项目: 中科院亚洲沙尘暴机理研究(KZCX20305)和数字地球(KZCSX2-312)项目资助

作者简介: 韩秀珍(1974-), 女, 蒙古族, 辽宁阜新新人, 博士。主要从事遥感图像处理、数据模型和 GIS 等方面的研究。E-mail: hanxz3@hotmail.com

do)、地表温度和地表粗糙度在地—气之间的物质、能量和动量交换过程中是三个非常重要的物理参数。它们对沙尘暴的产生能够起到抑制或促进作用。尤其是地表反照率/地表温度直接反映地表能量的分布变化。地表反照率模型有直接反演模型<sup>[5~7]</sup>和间接反演模型<sup>[5]</sup>。反演地表温度的代表性文章有 Zhaoliang Li<sup>[8]</sup>, Jose A. Sobrino<sup>[9]</sup>, Francois<sup>[10]</sup>, 柳钦火<sup>[11]</sup>。反演地表温度考虑覆盖地表条件改进的模型有 Griend<sup>[12]</sup>。

亚洲沙尘暴实验研究从 2001 年春夏启动<sup>[13~16]</sup>, 包括地面和空中两个系统。在中国北部沙源区布设了包括测空雷达、风速和 TSP( 沙尘干量 )和 Si( 硅 )自动记录仪; 利用卫星监测数据采集沙尘云图变化、运移路径、地表覆盖和沙尘过程的地面反照率、温度、湿度、粗糙度等物理参数反演实验结果, 可以来弥补地面观测站点稀少、数据不连续的缺陷。本文以 2001 年 3 月到 5 月的几次沙尘天气为例, 介绍基于地表覆盖的 AVHRR 地表 LST/Albedo 的反演结果与 TSP 和 Si 对比分析, 发现它们具有较好的相关性。

2 数据准备与图像预处理

2.1 数据准备

沙尘源区 NOAA - 16/AVHRR 数据。NOAA 气象卫星系列, 携带传感器有效载荷为 5 个通道的 AVHRR 10bit 数据。本研究购置了从 2001 年 3 月 19 日到 5 月 5 日白天/夜间共 92 轨数据, 1 轨覆盖宽度范围约为 2000km, 像元大小为 1000m × 1000m。Albedo 是采用通道 1( CH1 )和通道 2( CH2 )通过改进模型反演的, LST 参数采用了通道 4( CH4 )和通道 5( CH5 )分裂窗算法反演的。

将 1: 10 万 2000 年中国土地覆盖数据重采样成 1: 100 万作为分类本底数据 ( 图 1, 见图版 4 )。

2.2 工作流程图

图 2 表示了数据处理的工作流程。

2.3 图像处理

图像配准 为了图像更精确, 用重采样的 1: 100 万的土地利用/土地覆盖本底数据对 NOAA 遥感图像进行配准。配准的方法是利用 ERDAS 图像处理软件在土地利用/土地覆盖本底图和 NOAA 遥感图像上找出同名地物点, 典型的地物点, 如河流、湖泊、道路的交叉点等。

图像定标 通过定标 AVHRR 的计数值换算为物理量<sup>[17~19]</sup>。可见光采用类似的定标公式:

$$E_i = A_i I_i + B_i \quad (i = 1 \ 2 \ 3 \ 4 \ 5) \quad (1)$$

式中,  $A_i$ 和  $B_i$ 为定标系数,  $I_i$ 为 AVHRR 探测值,  $E_i$ 为经标定后的物理量值。

大气校正 用 6S 大气校正软件进行校正, 太阳照射到地面目标的反射能量和卫星传感器接收到的能量是不相同的。卫星传感器接收到的能量要大于地面目标的反射能量, 这种效应称为散射效应。分解散射效应能量极为复杂。包括下垫面的复杂性、沙尘后向散射和大气中

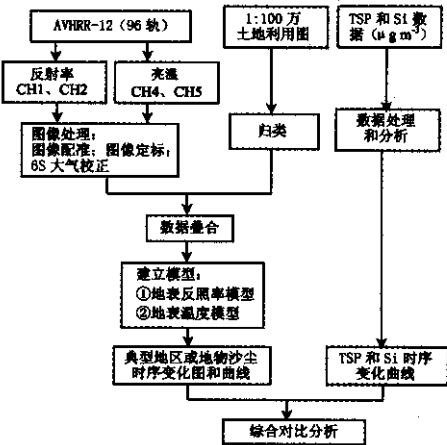


图 2 工作流程图

Fig. 2 Flow chart on data processing

水汽、气溶胶等。对卫星数据影响最大的是可见光波段和近红外波段，如 CH1( 可见光 ) 和 CH2( 近红外 )。研究中我们采用了 6S 大气校正公式如下：

$$y = xa \times (\text{measured radiance}) - xb ; acr = y / (1.0 + xc \times y) \quad (2)$$

式中， $xa$ 、 $xb$ 、 $xc$  代表三个系数； $y$  为中间参数；measured radiance 为大气校正前反射率； $acr$  为校正后的反射率系数。

### 3 沙尘源区 LST/Albedo 反演模型与时序变化图像

#### 3.1 Albedo 反演模型与时序变化图像

西北部地处干旱区、半干旱区，因此需要采用沙漠、荒漠及荒漠有植被覆盖地区反照率计算方法。在 NOAA/AVHRR 观测数据五个通道中，CH1(  $0.58 \sim 0.68 \mu\text{m}$  ) 和 CH2(  $0.725 \sim 1.10 \mu\text{m}$  ) 能够反映下垫面的反射率值，不同的下垫面，两个通道的反射率大小和物理含义是不同的。植被在  $0.45 \sim 0.725 \mu\text{m}$  波段范围对电磁波具有较强的吸收，因而呈现出较低的反射率，在  $0.74 \sim 1.3 \mu\text{m}$  波段，由于细胞的作用，则呈现出较高的反射率，在  $1.3 \mu\text{m}$  之后，由于水份和  $\text{CO}_2$  吸收作用，反射率明显下降。

在干燥的大气条件下，可见光、近红外和中红外在总太阳能中所占的比重基本固定，其中可见光部分占 52.6%，近红外部分占 36.2%，中红外部分占 11.2%。NOAA - AVHRR 第一、二通道分别位于可见光和近红外区域，而且它们只反映植被反射波谱中两个狭窄波段的平均反射率。根据 Brest<sup>[5]</sup> 研究结果，中红外部分的反照率约为近红外反射率的一半，因而在沙漠和荒漠有植被地区采用反照率计算公式(5)。

在干旱地区，反照率变化很小，反照率一般在 0.30 以上，影响其变化的因素主要是降水量。无植被覆盖下垫面的波谱特性总体较为单调，可以将近红外和中红外合并，简单地分为两部分，通过加权平均计算反照率。对于沙漠而言，与其它下垫面的波谱差别在于：一般下垫面在紫外区域反射率空间变化不大，而沙漠则要大一些<sup>[20 21]</sup>。

反照率是生态环境的重要参数之一。通过卫星数据，应用统计模型反演地表反照率，本质上是根据所应用的各波段在太阳辐射中所处位置及所占权重来反演全波段反照率。

根据(1)式，各波段总入射能  $E$  为：

$$E = E_1 + E_2 + \dots + E_i \quad (3)$$

假设下垫面各波段的反射率为  $\rho_i$ ，相应能量为  $E_i$ ，总反射能  $E_r$  为：

$$E_r = E_1 \times \rho_i - E_2 \times \rho_i + \dots E_i \times \rho_i \quad (4)$$

当下垫面为 Lambertain 体、 $E$  为地表能量时，反照率  $A$  为：

$$A = \frac{E_r}{E} = \frac{E_1}{E} \times \rho_i + \frac{E_2}{E} \times \rho_i + \dots + \frac{E_i}{E} \times \rho_i \quad (5)$$

则反照率计算模型为以下三种：

有植被覆盖的沙漠地区：

$$A = 0.526 \rho_{CH1} \times acr_1 + 0.362 \rho_{CH2} \times acr_2 + 0.112 [0.5 \rho_{CH2} \times acr_2] \quad (6)$$

无植被覆盖的荒漠地区：

$$A = 0.526 \rho_{CH1} \times acr_1 + 0.474 \rho_{CH2} \times acr_2 \quad (7)$$

积雪覆盖地区：

$$A = 0.526\rho_{CH1} \times acr_1 + 0.232\rho_{CH2} \times acr_2 + 0.130 [ 0.630\rho_{CH2} \times acr_2 ] + 0.112 [ 0.065\rho_{CH2} \times acr_2 ] \quad (8)$$

式中,  $acr_1 = y_1 / (1.0 + xc_1 \times y_1)$ ,  $y_1 = (\rho_{CH1} / 1000) \times xa_1 - xb_1$ ;  $acr_2$  同  $acr_1$  相似;  $\rho_{CH1}$ ,  $\rho_{CH2}$  分别代表 NOAA 卫星第一(可见光)和第二(近红外)通道的反射率。

由于不同的地表覆盖类型对地表起沙的贡献是不一样的, 本研究将 1: 100 万的沙尘源区土地利用/土地覆盖数据按照中国生态环境本底数据调查分类系统归类, 归成 4 大类, 分别是: 植被、沙漠和戈壁、水体、积雪。将归类后的土地利用数据与 AVHRR 数据叠合, 再利用模型提取地面反照率数据, 如图 3 (见图版 4) 所示。

反照率反演结果大致可分为强、中、弱三种。(1) 强 - 红色调表示了积雪和云; (2) 中 - 黄色调是受沙尘暴影响产生的地表能量变化; (3) 弱 - 绿色调展现出无云, 受沙尘暴影响较少的地区。

### 3.2 LST 反演模型与时序图像

假设大气的下行辐射是各向相等的, 地表可以看成近似均质的郎伯体, 则我们可以得到简化的热红外辐射传输方程:

$$I_i = R_i \times \tau_i + R_{at\uparrow} \quad (9)$$

$$R_i = B_i(T_{gi}) = \varepsilon_i B_i(T_s) + (1 - \varepsilon_i) R_{at\downarrow} \quad (10)$$

公式(9)和(10)中,  $I_i$  为传感器所接收的波长为  $i$  的热红外辐射能量;  $R_i$  为地表接收到的波长为  $i$  的辐射值;  $\tau_i$  为波长  $i$  的大气总传输;  $R_{at\uparrow}$  为在通道  $i$  的上行大气辐射;  $B_i(T_{gi})$  为在通道  $i$  地表亮温为  $T_{gi}$  时测得的黑体辐射值;  $B_i(T_s)$  为假设地表是均质的郎伯体在波长为  $i$  时当地表温度是  $T_s$  时测得的辐射值;  $\varepsilon_i$  为波长为  $i$  时的地表比辐射率;  $R_{at\downarrow}$  为波长为  $i$  时的下行大气辐射值。

直接预算方程的各个分量, 是及其复杂的。在热红外波段大气吸收过程中, 水蒸汽是影响辐射传输的最重要的因子, 许多研究者基于各自简化的辐射传输方程提出了许多修正的分裂窗算法, 获取陆地表面温度。通过比较不同方法, 认为 Becker and Li 的算法由于使用 4、5 通道的平均  $\varepsilon$  和差值  $\Delta\varepsilon$  比使用单独的  $\varepsilon_4$  和  $\varepsilon_5$  计算陆地表面温度更准确, 故采用 Becker and Li 的算法计算陆地表面温度  $T_s$ 。其计算模型如下所示:

$$T_s = A_0 + P \frac{T_4 - T_5}{2} + M \frac{T_4 - T_5}{2} \quad (11)$$

$$A_0 = 1.274$$

$$P = 1 + 0.15616 \frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon} - 0.482 \frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon^2}$$

$$M = 6.26 + 3.98 \frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon} + 38.33 \frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon^2}$$

从公式(11)中可以看出, 已知了 4、5 通道的比辐射率, 陆地表面温度 LST 很容易提取出来。通过大量的地面实验, Griend and Owe 发现地表比辐射率与 NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) 有很高的相关性, 其相关系数达到 0.94<sup>[22]</sup>。可以通过 NDVI 近似计算像元的等效比辐射率, 其方程为:

$$\varepsilon = 1.0094 + 0.047 \ln(\text{NDVI}) \quad (12)$$

公式(12)中,  $\varepsilon$  是相同温度下地表的辐射与黑体辐射的比值, 即比辐射率。

在分波段的比辐射率，Josef 等在已有的工作的基础上，计算出 AVHRR 的  $\varepsilon_4$  和  $\Delta\varepsilon$ ，方程为：

$$\begin{aligned}\varepsilon_4 &= 0.9897 + 0.029\ln(\text{NDVI}) \\ \Delta\varepsilon = \varepsilon_4 - \varepsilon_5 &= 0.01019 + 0.01344\ln(\text{NDVI})\end{aligned}\tag{13}$$

由于光谱在热区域的反射发生在叶片的表层，在物理上它只是间接地与红光部分的色素吸收相关。红光部分吸收越多则叶子看起来越绿。因此可以将 NDVI 定义为：

$$\text{NDVI} = \frac{r_{\text{NIR}} - r_R}{r_{\text{NIR}} + r_R}\tag{14}$$

公式(14)中， $r_{\text{NIR}}$ 和  $r_R$ 分别代表光谱的红波段和近红外波段的发射辐射百分率。由于 NDVI 因子与地表高差有关，因此此模型被称为局地分裂窗算法模型。按此方法反演的沙尘源区 2 轨 AVHRR 数据的夜间地表温度 LST 的 3D 数据，按时间序列排列。2 轨数据的时间间隔是 2 ~ 3 小时，见图 4。图中最黑的部分 LST 值是 0K，最亮的部分 LST 值是 280K。图 4 中沙尘源区地表温度 LST 随色调由暗到亮而由低到高变化。箭头指向的强亮区为沙尘过程前后的 LST 相对变化过程。

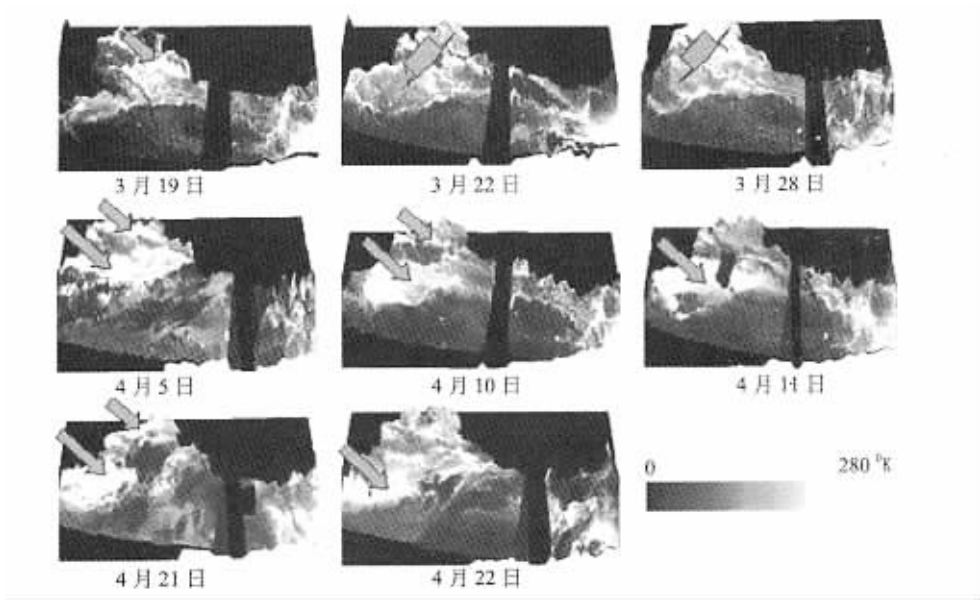


图 4 沙尘过程中沙尘源区夜间地表温度图

Fig. 4 LST map at night in dust source area during the course of dust storm

4 LST/Albedo 遥感反演结果与地面 TSP/Si 数据对比分析

4.1 TSP/Si 数据收集

地面实测数据 TSP 和 Si 由中科院地球环境研究所提供。中日沙尘暴合作项目根据沙尘暴的起沙、传输以及降沉模型系统分别在沙尘暴的起沙区、传输区和降沉区布设站点，实时接收有关沙尘数据。表 1 是沙尘过程中在长武站点地面观测塔自动实时接收的有关沙尘数据。其中 TSP 和 Si 的单位都是微克/立方米(  $\mu\text{g m}^{-3}$  )。TSP 和 Si 的平均值并做出两者的时序变化曲线如图 6 所示。

4.2 遥感数据采样

根据土地利用类型图分别在塔里木盆地、准噶尔盆地、敦煌采样，采样点见图 5。

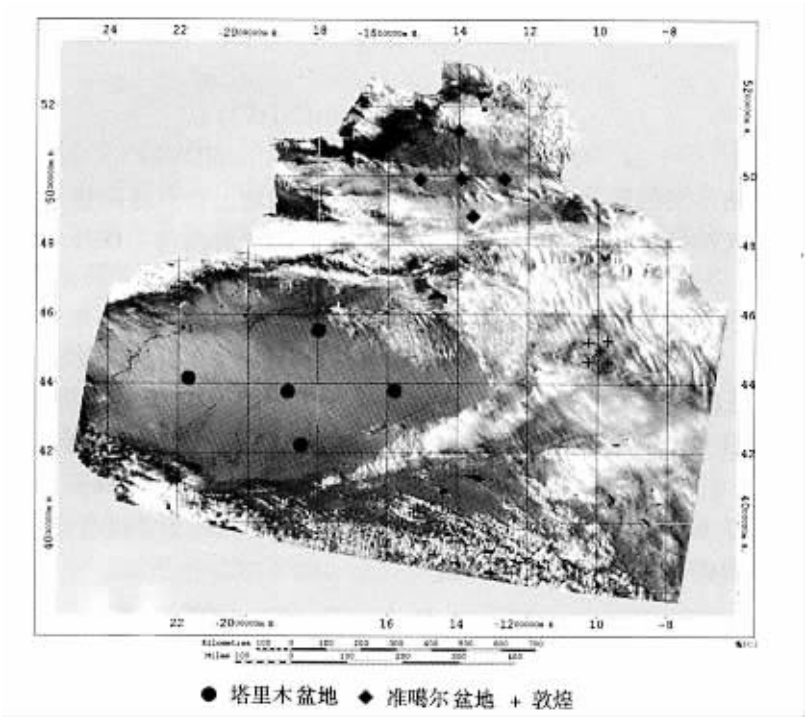


图5 样区采点示意图

Fig. 5 Sample areas

4.3 LST/Albedo 遥感反演结果与地面 TSP/Si 数据相关性分析

4.3.1 LST/Albedo 遥感反演结果与地面 TSP/Si 采样曲线分析

根据历史数据记载，2001 年 3~5 月份期间共有三个时段的沙尘天气即：3 月 21~28 日；4 月 7~20 日；4 月 28 日~5 月 2 日。图 6~9 中，TSP/Si 和 LST/Albedo 曲线基本上与沙尘过程日期是一致的。如图中阴影部分均值以上的数据是沙尘或沙尘暴天气过程，可以看出有沙尘暴的日期两者的值都高于平均值；反之都低于平均值。表明沙尘过程中地表 LST/Albedo 和沙尘干量 TSP 有较好的对应关系。

4.3.2 LST/Albedo 遥感反演结果与地面 TSP/Si 采样曲线相关性分析

将不同地类地表 LST/Albedo 数据与 TSP 数据汇总，选取典型地物的地表 LST/Albedo 时序变化与 TSP 数据对比分析其相关性，分别选取了塔里木盆地、准噶尔盆地、敦煌的地表 LST/Albedo 时序变化数据列表，见表 1。

表 1 中的塔里木盆地 LST/Albedo 是 5 个样点 LST/Albedo 平均后的结果，准噶尔盆地、敦煌也是。分析 TSP 与不同地类地表 LST/Albedo 的相关性，其相关关系公式为：

$$r_{ig} = \frac{\sum_{i=1}^n f_i g_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n f_i^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n g_i^2}}$$

( 15 )

公式 (15) 中， $f_i$  表示  $f$  数组中的第  $i$  个值； $g_i$  表示  $g$  数组中的第  $i$  个值。将表 1 中的 TSP 列看成是  $f$  数组，将塔里木盆地 LST/Albedo、准噶尔盆地 LST/Albedo、敦煌 LST/Albedo 列分别看成是  $g$  数组，分别求相关系数。求得 TSP 与塔里木盆地 LST/Albedo 的相关系数： $r_{\text{LST/Albedo}}$  为 0.8917/0.8892；与准噶尔盆地 LST/Albedo 的相关系数  $r_{\text{LST/Albedo}} = 0.8585/$

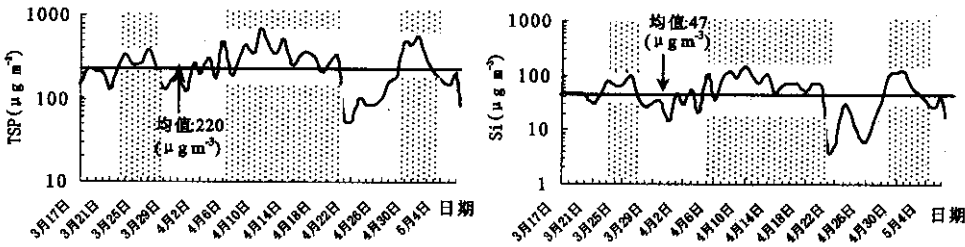


图 6 3~5 月地表 TSP/Si 时序变化  
Fig. 6 March-May surface TSP/Si curve

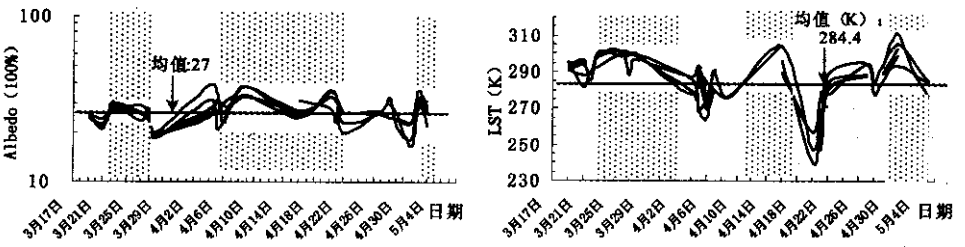


图 7 3~5 月塔里木盆地地表 LST/Albedo 时序变化  
Fig. 7 March-May Tarim surface LST/Albedo curves

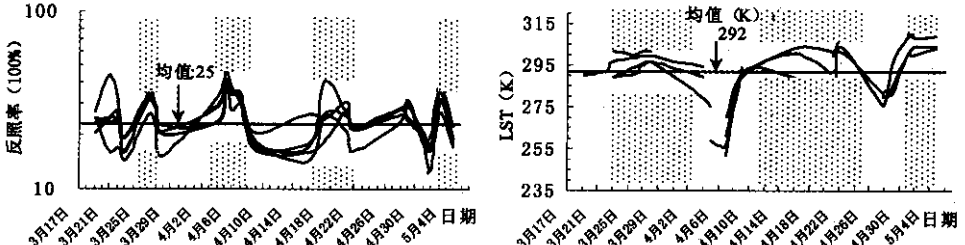


图 8 3~5 月准噶尔盆地地表 LST/Albedo 时序变化  
Fig. 8 March-May Junggar surface LST/Albedo curves

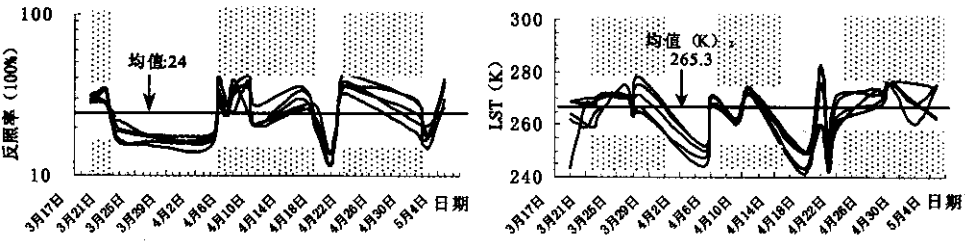


图 9 3~5 月敦煌地表 LST/Albedo 时序变化  
Fig. 9 March-May Dunhuang surface LST/Albedo curves

0. 8735；与敦煌 LST/Albedo 的相关系数  $r_{\text{LST/Albedo}}=0. 8618/0. 8127$ 。  
由此可知，遥感反演 LST/Albedo 数据与地面干沙尘含量 TSP/Si 数据大致有相同的变  
化趋势，具有较好的相关性，所以地表 LST/Albedo 能够基本上体现沙尘前后地表能量的

分布状况。

表 1 TSP 和地表 LST/Albedo 相关性分析  
Tab. 1 Data assembly of surface LST/Albedo and TSP Data

日期	TSP ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )	塔里木盆地		准噶尔盆地		敦煌	
		Albedo	LST	Albedo	LST	Albedo	LST
3 月 19 日	205. 15235	25. 47	293. 4	24. 37	290. 4	29. 90	261. 4
3 月 21 日	129. 96517	21. 99	291. 2	26. 53	287. 33	31. 69	265
3 月 22 日	251. 86849	28. 48	288. 4	24. 88	292	21. 76	265. 8
3 月 23 日	333. 35013	28. 49	298	17. 02	294. 8	18. 51	268. 8
3 月 26 日	394. 85792	26. 01	299. 6	31. 05	295. 8		163. 2
3 月 27 日	255. 53742	24. 85	297	26. 58	297. 8		266. 2
3 月 28 日	128. 36232	19. 33	298. 6	19. 99	298. 6	16. 79	271. 2
4 月 4 日	175. 16109	29. 70	282. 75	27. 93	288. 75	16. 83	
4 月 5 日	482. 68635	29. 42	283	40. 60	264. 33	32. 64	249
4 月 6 日	190. 6413	26. 26	274. 2	34. 39	257	25. 49	269. 4
4 月 7 日	285. 18042	30. 10	284. 6	32. 33	262. 4	32. 60	
4 月 9 日	356. 11601	35. 56	276. 5	18. 19	291. 8	34. 93	261. 4
4 月 10 日	701. 14672					22. 01	267
4 月 16 日	367. 11262	26. 92	299. 4	18. 46	300	30. 60	
4 月 18 日	209. 49313			27. 07		20. 99	246. 4
4 月 20 日	327. 39074	33. 05	248. 67			12. 59	272. 2
4 月 21 日	55. 107153	30. 61	262	26. 49	292. 6	30. 82	245. 4
4 月 22 日	53. 628159	24. 49	280. 6	20. 81	304. 4	37. 16	264. 2
4 月 27 日	168. 00162	26. 73	291. 75		281. 5		270. 6
4 月 28 日	183. 38028	29. 17	281	27. 16	281. 6		270. 6
4 月 29 日	500. 28897	24. 24	290. 2	28. 25	288. 75		276
5 月 1 日	560. 38873	20. 94	302. 8	19. 76	305. 2	25. 09	
5 月 2 日	296. 9813	32. 02	282	16. 98	305. 8	19. 49	268. 2
5 月 3 日	208. 76874	27. 35	292. 67	32. 91		18. 05	
5 月 5 日	152. 15343		282	19. 34	306. 75	34. 57	269. 8
相关系数		0. 8892	0. 8917	0. 8735	0. 8585	0. 8127	0. 8618

5 结 论

综上所述，基于地表覆盖的 LST/Albedo 及其典型地区塔里木盆地、准噶尔盆地、敦煌采样数据的曲线与 TSP/Si 曲线综合对比分析，具有较好的相关性，反映了沙尘暴发生前后地表能量的变化状况。地表 LST/Albedo 可以作为预测沙尘天气的灾害的空间信息源之一。

文中有些内容今后还需再深入研究。另外，利用卫星监测数据采集沙尘云图变化、运移路径、地表覆盖和沙尘过程的地表湿度、粗糙度等物理参数反演实验结果将另文发表。

致谢：本研究得到了中科院遥感所柳钦火研究员和刘强博士的热情指导和帮助，张增祥研究员提供了土地利用数据，在此表示衷心的感谢。  
万方数据



## 参考文献：

- [1] Westphal D L, Toon O B, Carson T N. A case study of mobilization and transport of Saharan dust. *J. Atmos. Sci.*, 1988, **45** :2145 ~ 2175.
- [2] Joussau S. Three-dimensional simulation of the atmospheric cycle of desert dust particles using a general circulation model. *J. Geophys. Res.*, 1990 **95** :1909 ~ 1941.
- [3] Shao Y, Leslie L M. Wind erosion prediction over the Australian continent. *J. Geophys. Res.*, 1997, **102** :30091 ~ 30105.
- [4] Lu H, Shao Y. Toward quantitative prediction of dust storms : an integrated wind erosion modeling system and its applications. *Environ. Modeling & Software*, 2001 **16** :233 ~ 249.
- [5] Brest C L, Samuel N Goward. Deriving surface albedo measurements from narrow band satellite data. *Int. J. Remote Sensing*, 1987 **8** (3) 351 ~ 367.
- [6] 田国良, 等. 用 NOAA-AVHRR 数字图像和地面气象站资料估算麦田的蒸散和土壤水分. 北京 : 科学出版社, 1990.
- [7] 祝汉文, 等. 青藏高原晴空行星反照率与地面反照率关系的研究. *气象学报*, 1993, **51** (1) 57 ~ 65.
- [8] Zhao-Liang Li, Francois Becker. Feasibility of land surface temperature and emissivity determination from AVHRR Data. *Remote Sens. Environ.*, 1993, **43** 67 ~ 85.
- [9] Jose A Sobrino, Zhao-Liang Li *et al.* Improvements in the split-window technique for land surface temperature determination. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 1994 **23** (2) 241 ~ 253.
- [10] Francosi Becker, Z-l Li. Surface temperature and emissivity at various scales : definition, measurement and related problems. *remote Sensing Reviews*, 1995, **12** :225 ~ 253.
- [11] 柳钦火. 地表温度的遥感反演方法及应用. 北京大学博士研究生学位论文, 1997.
- [12] Griend Owe. On the relationship between thermal emissivity and the normalized difference vegetation index for natural surfaces. *Remote Sensing*, 1993, **14** (6) :1119 ~ 1131.
- [13] Mikami Masao. Observation for the parameterization of dust outbreak used in the wind erosion sub-model, *Proceedings of Program for the First ADEC Workshop. Japan and China Joint Project on Aeolian Dust Experiment on Climate Impact. Japan* 2002. 4.
- [14] X Y Zhang, Z X Chen *et al.* Asian dust aerosol observations from some sites in the northern China during spring of 2001, *Proceedings of Program for the First ADEC Workshop. Japan and China Joint Project on Aeolian Dust Experiment on Climate Impact. Japan* 2002.
- [15] Ma Jianwen, Buheosir, Liu Zhili, *et al.* LST/Albedo retrieving and analysis in correspond with TSP temporal profile. *Proceedings of Program for the First ADEC Workshop. Japan and China Joint Project on Aeolian Dust Experiment on Climate Impact. Japan* 2002.
- [16] Yaping Shao. Numerical simulation of Asian dust storms. *Proceedings of Program for the First ADEC Workshop. Japan and China Joint Project on Aeolian Dust Experiment on Climate Impact. Japan* 2002.
- [17] 张仁华. 实验遥感模型及地面基础. 北京 : 科学出版社, 1996. 34 ~ 39.
- [18] 张霞, 等. 反演陆面温度的分裂窗口算法与应用分析. *中国图象图形学报*, 1999 **4** (7) 595 ~ 599.
- [19] 赵英时. 美国中西部沙山区环境变化的遥感研究. *地理研究* 2001 **20** (2) 213 ~ 219.
- [20] Briegleb, V Ramanathan. Spectral and diurnal variation in clear planetary albedo. *J. Climate Appl. Meteor.*, 1982, **21** :1160 ~ 1171.
- [21] Eck T F, Bhartia P K, Hwang P H, Stowe L L. Reflectivity of Earth's surface and clouds in ultraviolet from satellite observations. *J. Geophys. Res.*, 1987 **92** (D4) 4287 ~ 4296.
- [22] Zhengming Wan, Jeff Dozier. Land-surface temperature measurement from space : physical principles and inverse modeling. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 1989, **27** (3) :268 ~ 277.

# Comparison analysis of AVHRR LST/Albedo temporal changes and TSP data : a case study on strong duststorm process during March to May 2001

HAN Xiu-zhen<sup>1,2</sup>, MA Jian-wen<sup>1</sup>, LIU Zhi-li<sup>1</sup>, ZHANG Xiao-ye<sup>3</sup>

( 1. Institute of Remote Sensing Applications ,CAS , Beijing 100101 ,China ;

2. National Satellite Meteorological Center ,CMA ,Beijing 100081 ,China ;

3. Institute of Earth Environment ,CAS , Xi 'an 710054 ,China )

**Abstract** In the spring of 2001 , several duststorm events occurred in northern China which seriously threatened production and people 's life and caused troubles to air transportations in South Korea and Japan. The duststorm weather was a strong wind erosion process in terms of duststorm source , transportation and precipitation. The mechanism of duststorm process is the cornerstone for duststorm forecast model. Estphal( 1988 ) , Joussaume( 1990 ) and Gillette ( 1989 ) published a wind erosion based model Shao ( 1997 ) and Lu ( 2001 ) took five different factors into account developing an integrated model including climate condition , land cover/change , wind erosion , transportation as well as precipitation factors. The duststorm also had very close relation with surface physical parameters such as soil moisture , temperature roughness and radiation which were the very important parameters for land and air energy exchange. They also played important roles in duststorm process. Brest( 1987 ) , Tian( 1990 ) and Zu Hanwen( 1993 ) published their retrieving models for albedo and temperature using AVHRR data. By using remote sensing data to monitor dust clouds change , transportation road and to retrieve surface temperature , soil moisture , roughness in compensation to the shortcomings of sparsely located observation stations and discontinues data collection. The data retrieved from satellite has become very important data source for duststorm monitoring.

Chinese and Japanese-initiated a joint project in 2000 to set up ground observation stations along dust source areas such as transportation roads , precipitation areas for collecting TSP ( dry dust precipitation ) and utilizing AVHRR data to retrieve albedo( surface energy ). And then data were selected from retrieved albedo temporal imageries to make curves and comparison was made between albedo curves and TSP curves. The result showed that there were good correlation between the two kinds of curves. It was proved that the LST/Albedo could be one of the physical parameters for predicting duststorm in future monitoring systems.

**Key words** : dust source area ; surface LST/Albedo ; TSP data

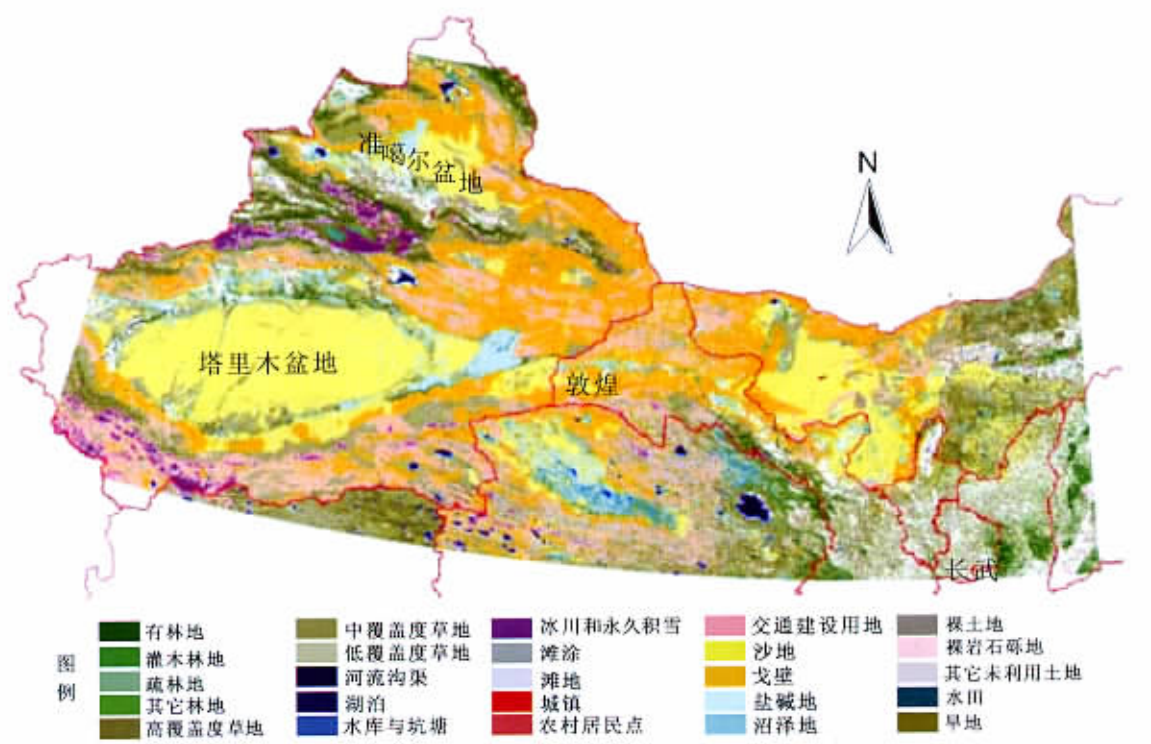


图1 2000 年 1:100 万土地利用/土地覆盖图  
Fig.1 1:1,000,000 scale map of land use/land cover in 2000

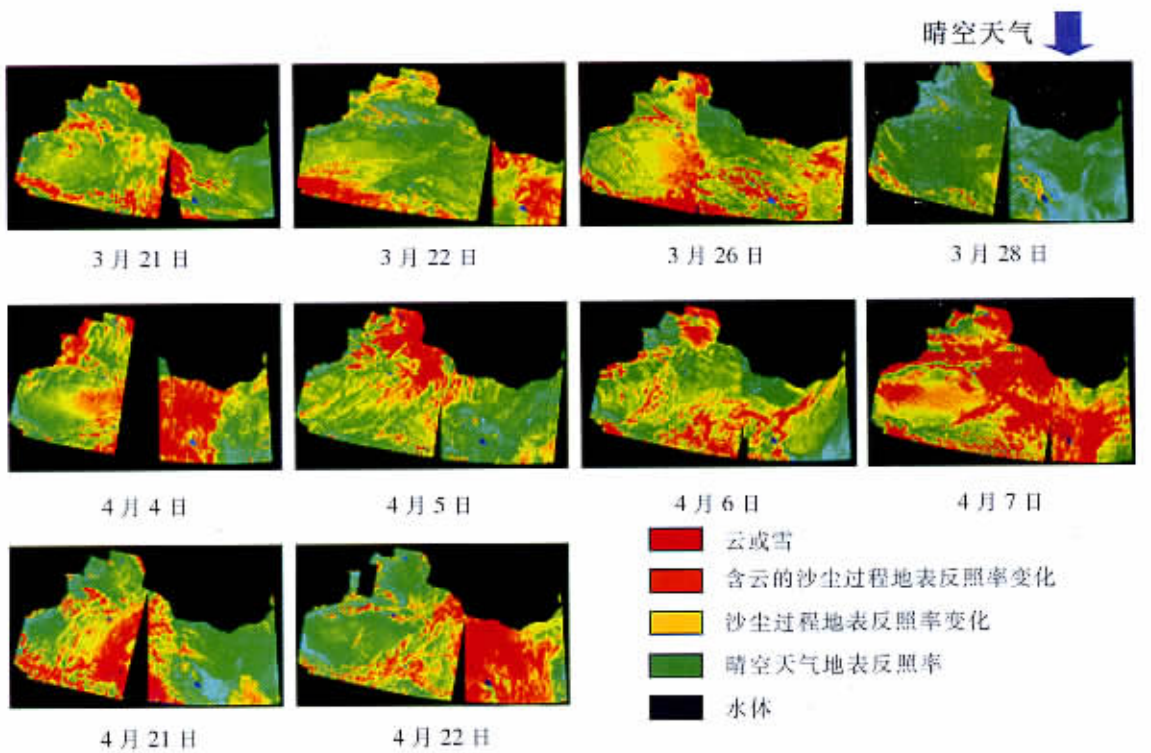


图3 2001 年 3、4 月份地表反照率时序变化图  
Fig.3 Surface albedo temporal imageries in March and April of 2001

万方数据