

文章编号:1001-8166(2002)02-0289-06

中国北方典型沙尘暴的遥感分析

范一大¹, 史培军¹, 王秀山², 潘耀忠¹

(1. 北京师范大学资源科学研究所, 北京师范大学中国沙漠研究中心, 北京师范大学环境演变与自然灾害教育部重点实验室, 北京 100875; 2. 中国农业科学院资源区划研究所, 北京 100081)

摘要:综述了沙尘暴研究的领域和进展,提出了利用 NOAA/ AVHRR 数据提取沙尘暴信息和沙尘暴信息密度分割的方法,经与气象数据对比验证,结果比较满意。结合沙尘暴途经区域的土地覆盖类型和植被覆盖度,对我国北方典型沙尘暴与下垫面之间的关系进行了分析,认为在同样的气象条件下,沙尘暴途经地区下垫面的土地利用/覆盖状况和植被覆盖程度决定着沙尘暴的形成与强度的变化。

关键词:沙尘暴;土地利用/覆盖;植被覆盖度

中图分类号: P425⁺5 **文献标识码:** A

沙尘暴是严重的生态环境问题^[1,2]。在气象学中,沙尘暴系指强风从地面卷起大量沙尘,使空气很浑浊,水平能见度小于 1.0 km 的灾害性天气现象。2000 年春季,中国北方地区多次受到沙尘灾害的影响,给我国北方地区的社会经济发展、交通运输、大气环境及人民生命财产和健康带来了不利影响,特别是对首都及其周边地区造成了严重的危害,引起了社会各界的关注。

沙尘暴多发区主要位于沙漠附近。中亚、北美、中非及澳大利亚是世界上四大沙尘暴区,我国北方地区是中亚沙尘暴区的一部分^[3];在地质时期和历史时期,这里是沙尘暴的主要成灾地区和“雨土”释放地;近年来,由于生态环境的退化,这一区域强与特强沙尘灾害频繁发生^[1]。

1 沙尘暴研究的主要领域

国外对沙尘暴的研究起步较早,我国从 20 世纪 70 年代才开始对沙尘暴天气案例开展较为系统的研究^[4],与此同时,国际上对沙尘天气的研究也仅限

于对辐射和热量收支的影响分析^[5,6]。从 80 年代起,开始对沙尘暴形成的天气类型特征、沙尘暴的时空分布特征^[7]、沙尘暴导致的一系列环境结果和灾害^[8]进行系统研究;同时,沙尘天气对大尺度气候和环境的影响也开始受到重视^[9~11]。

目前,沙尘暴的研究领域主要包括:

(1) 从天气气候学角度,研究沙尘暴的分级标准和时空分布特征。该领域主要用数理统计方法对沙尘暴日数及有关的气候要素进行分析,以此揭示沙尘暴的时空变化、形成原因和发展趋势^[7,12,13]。

(2) 从分析和预报的角度,研究沙尘暴的天气成因和天气系统的结构特征^[4]。

(3) 从数值模拟和数值预报的角度,模拟沙尘暴发生、发展的机制和演变结构^[14]。

(4) 从成分分析的角度,分析沙尘暴的源地、输送量和沉降机制,同时分析沙尘物质的成分和含量^[15~20]。这些研究发现,在沙尘气溶胶的化学成分中,以 SiO₂ 含量最高,其次是 Al₂O₃,二者之和超过了总量的 60%,沙尘气溶胶的密度约 1~100/cm³,粒径范围

收稿日期:2001-12-07;修回日期:2001-12-28.

*基金项目:国家重点基础研究发展规划项目“中国北方沙漠化过程及其防治研究(编号:G2000048701)”;“草地与农牧交错带生态系统重建机理及优化生态—生产范式(编号:G2000018604)”;“我国生存环境演变和北方干旱化趋势预测研究(编号:G1999043404)”资助。

作者简介:范一大(1968-),男,内蒙古呼和浩特人,博士生,主要从事资源与环境信息管理和自然灾害遥感监测研究。

E-mail:fyd@irs.bnu.edu.cn

一般大于 $0.02\ \mu\text{m}$,以 $0.1\sim 50\ \mu\text{m}$ 为最多见^[21];有研究发现土壤类型、沙尘颗粒的大小、潜在蒸散和平均风速与我国沙尘输送量有很大关系,两个强输送区分别位于塔克拉玛干沙漠和内蒙古高原,其中春天输送量超过了年输送量的一半^[16]。

(5) 从生态学和土地利用/覆盖的角度,提出了防沙治沙的区域生态建设和产业发展模式^[11],结合沙尘暴途经区域下垫面的土壤质地、土地利用、风蚀类型与强度等状况,全面分析了风沙天气的成因和对策^[22],并说明了中国北方沙尘暴的形成与发展除了天气原因外,直接受到下垫面资源与环境状况的影响^[23]。

(6) 从沙尘物质条件的角度,研究沙尘暴的沙尘源地。研究表明:我国沙尘暴日数分布情况为西北多于东北地区,平原(和盆地)多于山区,沙漠多于其它地区^[12],从全球尺度透视,主要的沙尘源地在北非的撒哈拉沙漠和中亚的戈壁——塔克拉玛干沙漠^[24],中国北方地区是沙尘天气频次最高的区域,并且出现时间最早,主要在每年的4月份^[7]。

(7) 从卫星遥感监测的角度,确定沙尘暴在某时刻的影响范围和动态变化状况。

目前沙尘暴的遥感监测主要利用GMS和NOAA/AVHRR数据,研究表明:GMS的红外通道数据有利于确定沙尘暴的位置,同时它具有的高时间分辨率(1 h),更有利于大尺度监测沙尘暴的运动轨迹^[22,25~27];由于NOAA/AVHRR数据不但可以监测到沙尘暴反射辐射特性^[28,29],而且可以在较大尺度上监测到沙尘暴时间和空间分布^[22,25],因此是目前沙尘暴研究和监测的主要遥感信息源。

沙尘暴的发生发展是特定的天气背景和垫面条件综合作用的结果。尽管前人已经对沙尘暴与垫面之间的关系进行了一些研究,但很少具体的将沙尘暴与其途经区域的地势、土地覆盖类型和植被覆盖度联系起来,对沙尘暴的强度变化进行深入分析。本文将利用遥感技术,通过对沙尘暴信息的提

取,结合沙尘暴途经区域下垫面的土地利用和覆盖状况,试图更进一步地探讨沙尘暴与垫面之间的关系。

2 沙尘暴信息的提取和密度分割

2.1 数据来源

本文研究所利用的NOAA/AVHRR遥感数据来源于中国气象局卫星气象中心,时间为2000年4月6日16时和1999年7月下旬(5条轨道),其中2000年4月6日的数据用于沙尘暴监测研究,1999年7月的数据用于调查沙尘暴途经区域的土地利用/覆盖状况和计算植被覆盖度,全部数据均由NOAA-14卫星获得。

2.2 沙尘暴信息的提取和密度分割

利用遥感技术提取沙尘暴信息是从定性到定量研究沙尘灾害的关键。由于下垫面组成成分复杂多样,导致光谱特性也复杂多样,这给沙尘暴信息的提取增加了困难。从图像分类看,沙尘暴信息的提取仅需要将图像分为沙尘暴信息与非沙尘暴信息两类,因此其关键在于类型的分解,而不是图像分类,需要解决沙尘暴边界的过渡性问题,以便准确地确定沙尘暴的影响范围。

本文提出了沙尘暴信息的分层提取方法,即针对遥感图像中沙尘、垫面和云系等信息的特点,通过图像处理方法,由易到难分别进行处理。当一种地物成功提取后,将其从原始图像中去除,以避免它对其它地物提取的影响,从而为以后的信息提取创造了纯净的环境。这样在每层处理时,目标明确,只对一类目标进行提取,问题相对简单,提高了单个目标的提取精度,从而提高最终沙尘暴信息提取的精度。通过对2000年春季发生在中国北方地区的10余场沙尘暴遥感图像(NOAA/AVHRR)进行分析,得出沙尘暴发生时提取不同遥感信息的判断条件(如表1)。利用这些条件对2000年4月6日的NOAA/AVHRR数据进行分层提取处理,取得了满意的效

表 1 提取不用遥感信息的判断条件

Table 1 Judgement condition of extracting the different remote sensing information

判断条件	目 标	效 果
$\text{Ch1} > \text{Ch2}$ 且 $\text{Ch1} > 34$ 或 $\text{Ch4} < 251$	去除云	可去除云和多数水体信息
$\text{Ch1} < 24$ 或 $\text{Ch4} > 276$	去除下垫面	不能去除海水信息,去除了背景为低植被覆盖区域的低密度沙尘暴信息
$21 < \text{Ch1} < 24$ 且 $276 < \text{Ch4} < 286$	提取低密度沙尘暴信息	适合提取低植被覆盖区域上空的低密度沙尘暴信息(高植被覆盖区域不适合)
$0 < \text{GVI} < 87$	去除海面信息	效果理想

果。

采用密度分割方法^[30]将提取出的沙尘暴信息分为高密度、中密度和低密度三个区域(图1;图版)。高密度区表示沙尘暴系统强度和沙尘物质积聚的中心,中密度区域次之,低密度区域相对最弱。

3 区域沙尘暴的性质

3.1 沙尘暴的空间范围及强度

分析图1(图版)可知:2000年4月6日的沙尘暴主要覆盖了我国内蒙古的锡林郭勒盟、乌兰察布盟、赤峰市等地区,山西和河北省的东北部地区,辽宁省的西南部,北京和天津。涉及120多个旗县,空间跨度长达1000 km以上,沙尘暴的前沿弥漫在了渤海湾的上空,已影响到了辽东半岛,并继续随天气系统向朝鲜半岛和日本国推进。

沙尘暴信息的密度和沙尘暴的强度是相关的。分析沙尘暴信息密度分割图像,发现此刻沙尘暴强度中心位于河北省境内,中心位置约为116.5°E,41.5°N,包括内蒙古锡林郭勒盟西南部、坝上高原和北京北部,延伸到辽宁省境内;在中蒙边界处的二连浩特到朱日和气象站以及渤海一带是沙尘暴强度相对较弱的两个区域。

这场沙尘暴形成于内蒙古的二连浩特市,沿朱日和、浑善达克沙地、坝上高原一路增强,从北京到渤海又逐步减弱。经统计计算,提取出的沙尘暴信息总面积为 $4.9 \times 10^5 \text{ km}^2$,其中高密度区面积为 $0.9 \times 10^5 \text{ km}^2$,中密度区面积为 $2.1 \times 10^5 \text{ km}^2$,低密度区面积为 $1.8 \times 10^5 \text{ km}^2$ 。

3.2 沙尘暴过境区域的能见度和风速

风速和能见度是衡量沙尘暴强弱等级的重要气象指标。在本文的研究过程中,参考了这场沙尘暴过程上游的24个气象站点实测数据,包括地面极大瞬时风速和能见度两项指标,观测时间为2000年4月6日14时(北京时间)。出现风速大于等于25 m/s的站点共6个,分别是锡林浩特、镶黄旗、多伦、巴林右旗、宝国图和开鲁县,其中最大瞬时风速出现在巴林右旗(30 m/s);这些站点能见度在400~900 m范围内,其中那仁宝力格、阿巴嘎旗和太仆寺旗3站的能见度最低,都是400 m,属于强度沙尘暴。从二连浩特至兴和县(途经朱日和、化德、太仆寺)作断面分析,发现极大瞬时风速趋势在微弱下降的同时,能见度趋势也在下降(如图2),表明这个方向上沙尘暴强度是增加的。

由于这个观测数据比用来监测沙尘暴的遥感数据

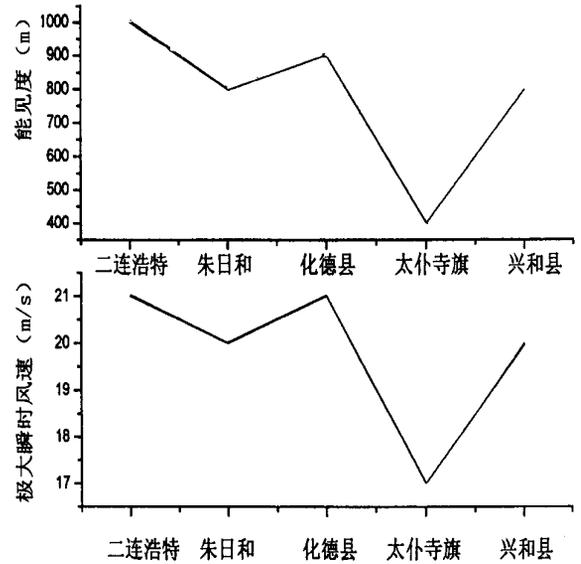


图2 二连浩特—兴和县能见度和极大瞬时风速变化
Fig. 2 Visibility and wind speed changes from Erianhot to Xinghe

早2个小时,于是假设这一时段平均风速维持25 m/s,那么2小时后沙尘暴将向前推进约80 km。在这个前提下,对比分析二连浩特—兴和断面的气象数据分析结果与NOAA/AVHRR数据的遥感监测结果,发现二者吻合程度比较高,证明这种沙尘暴信息提取方法是可行的。

3.3 沙尘暴途经区域下垫面的性质

3.3.1 沙尘暴途经区域的土地覆盖类型

近年来,中国北方的土地利用/覆盖变化发生了很大的变化。为了探讨地表土地覆盖状况与沙尘暴之间的关系,本文利用1999年7月的NOAA/AVHRR 1 km遥感数据,对这场沙尘暴过境区域的地表覆盖类北京型进行了分类。分类前首先对NOAA/AVHRR数据进行预处理,然后对多条轨道进行拼图处理以消除云的影响。以1:5万的地形图为准,利用二次多项式和双线性内插法对图像进行了几何校正,经重新选点检验,误差在一个像元内。在现有1:100万中国土地利用图、1:400万中国植被类型图和2000年野外调查的基础上,利用最大似然法将2000年4月6日沙尘暴途经区域的土地覆盖类型划分为:林地、草地、退化草地、耕地、沙地、戈壁、城镇用地和水体,共8大类(如图3;图版)。参考同期的地面资料,对分类结果进行精度检验, $Kappa = 0.76$ 。

3.3.2 沙尘暴途经区域的植被覆盖度空间分布

植被覆盖度(植被的垂直投影面积与单位面积之比)是一个十分重要的生态气候参数,计算它的遥

感模型为:

$$f_g = \frac{NDVI - NDVI_0}{NDVI_g - NDVI_0} \quad (1)$$

式中 NDVI 是混合像元 (包含植被覆盖部分和非植被覆盖部分) 的归一化植被指数, $NDVI_0$ 是像元中非植被覆盖部分的 NDVI 值, $NDVI_g$ 是像元中植被覆盖部分的 NDVI 值。

根据亚像元植被覆盖的特点, 陈云浩等^[31]进一步将混合像元的亚像元结构分为密度和非密度两种情况, 分别建立了相应模型, 对 $NDVI_g$ 的取值根据密度、非密度两种情况给出。利用这种方法对 1999 年 7 月 NOAA/ AVHRR 1km 遥感数据进行计算, 得出沙尘暴过境区域的植被覆盖度分布图 (图 4; 图版)。

3.3.3 沙尘暴强度变化与下垫面的关系

2000 年 4 月 6 日, 在中国华北发生了较严重的沙尘暴天气, 覆盖内蒙古、辽宁、河北、山西、北京、天津等地, 这场沙尘暴是 2000 年北京和天津受沙尘灾害影响最严重的一次。这场沙尘暴由西北到东南途径了草原带、农牧交错带和京津周边地区, 下垫面中戈壁、沙漠化土地和低植被覆盖土地遍布, 著名的有浑善达克沙地和科尔沁沙地及河北坝上和内蒙古后山的沙漠化土地。地势从二连浩特 (海拔 965.9 m) 逐渐上升, 到化德县达到最高 (海拔 1484.6 m), 然后平缓过渡到河北省的张北地区; 从张北经张家口到北京这一段, 在不到 200 km 的水平距离上, 下落了 1000 m 以上。这一区域常年干旱少雨, 近 50 年来, 受全球气候变化的影响, 气温明显升高, 降水量减少, 尤其在春季, 地表植被覆盖程度非常低, 甚至有大片土地裸露成为裸地, 加之人类的不合理开发利用, 这一区域生态环境逐年恶化, 为沙尘暴的发生、发展提供了气候、地貌和生态背景。

分析图 1、图 3 和图 4 (图版) 可以看出, 这场沙尘暴过程是典型的累加型沙尘暴, 在沙尘暴的开始阶段, 沙尘暴密度分割图像上体现为低密度沙尘区, 下垫面以退化草地和戈壁为主, 植被覆盖度低, 是这场沙尘暴的起沙阶段; 沙尘暴过程经过浑善达克沙地后, 沙尘暴强度显著增加并达到高密度阶段; 接着在河北坝上地区的沙漠化土地上, 沙尘密度稳定在了最高峰; 此后, 随着土地覆盖类型的变化和植被覆盖度的增加, 以及地势的下降, 沙尘暴的强度开始逐渐下降, 进入以降尘为主的阶段, 直到渤海上空, 遥感图像上沙尘密度降为最低。

可见, 沙尘暴的发生和强度变化除了与风力等气象条件有着密切关系外, 同时还受风沙过境区域

下垫面的土地利用/覆盖状况的影响。沙尘暴的发生需要下垫面有充足的沙源物质, 有植被覆盖的地表, 风沙活动相对于裸地必然要减弱。由这个过程不难看出, 戈壁、沙漠化土地和低植被覆盖的土地是沙尘暴形成和加强的主要沙源区, 为这场沙尘暴过程提供了丰富的沙源物质。因此, 加快沙漠、戈壁尤其是沙漠化土地的治理, 提高地表植被覆盖率, 是抑制和减轻沙尘暴发生的重要环节。

4 结论和讨论

(1) NOAA/ AVHRR 数据作为获得空间信息的重要手段, 是目前沙尘暴信息提取、沙尘暴途经区域地表土地利用/覆盖状况等与沙尘暴形成、发展有关的重要地表参数提取的重要信息源, 因此, 结合气象条件, 利用 NOAA/ AVHRR 数据对沙尘暴频发地区的下垫面状况进行动态监测和分析, 对于分析沙尘暴天气的发生条件和合理规划沙尘暴防治的下垫面生态安全格局有重要的意义。

(2) 中国北方地区, 沙尘暴天气的形成具有多源性。沙尘暴的形成是天气过程和下垫面状况综合作用的结果。在同样的气象条件下, 沙尘暴途经区域下垫面的土地利用/覆盖状况和植被覆盖程度直接影响着沙尘暴的形成与强度的变化。

(3) 中国北方地区是中国生态环境状况非常脆弱的区域之一, 尤其在春季, 较低的地表覆盖状况为沙尘暴的发生和发展提供了丰富的物质基础, 其中, 戈壁、沙漠化土地和低植被覆盖土地是沙尘暴形成和加强的主要沙源区, 北方农牧交错带不仅未能起到应有的生态屏障作用, 而且已成为生态环境保护应该治理的重点区域。

致谢: 在本项研究过程中, 高青竹、陈云浩等给予了许多帮助, 在此表示感谢。

参考文献 (References):

- [1] Shi Peijun, Zhang Hong, WANG Ping, *et al.* The regional patterns for combating sandification in sandy disaster affected area in china [J]. *Journal of Natural Disasters*, 2000, 9(3): 1-7. [史培军, 张宏, 王平, 等. 我国沙区防沙治沙的区域模式 [J]. *自然灾害学报*, 2000, 9(3): 1-7.]
- [2] Shi Peijun, Yan Ping, Gao Shangyu, *et al.* The duststorm disaster in china and its research progress [J]. *Journal of Natural Disasters*, 2000, 9(4): 71-77 [史培军, 严平, 高尚玉, 等. 我国沙尘暴灾害及其研究进展与展望 [J]. *自然灾害学报*, 2000, 9(4): 71-77.]
- [3] Pyke K. *Aolian Dust and Dust Deposits* [M]. London: Academic Press Inc Ltd, 1987. 113-126.

- [4] Fang Zhongyi, Zhu Fukang, Jiang Jixi, *et al.* The Research of Duststorm in China[M]. Beijing: Meteorology Press, 1997. 1-6. [方宗义, 朱福康, 江吉喜, 等. 中国沙尘暴研究[M]. 北京: 气象出版社, 1997. 1-6.]
- [5] Isdo S. Thermal blanketing: a case for aerosol - induced climatic alteration[J]. *Science*, 1974, 186:50-51.
- [6] Isdo S, Brazel A. Planetary radiation balance as a function of atmospheric dust: climatological consequences[J]. *Science*, 1977, 198:731-733.
- [7] Littmann T. Dust storm frequency in Asia: Climatic control and variability[J]. *Inter J Climatology*, 1991, 11:393-412.
- [8] Goudie A S, Middleton N J. The changing frequency of dust storms through time[J]. *Climatic Change*, 1992, 20:197-225.
- [9] Goudie A. Dust storms in space and time[J]. *Progr Phys Geogr*, 1983, 7:502-530.
- [10] Pye K. Aeolian Dust and Dust Deposits [M]. London: Academic Press, 1987.
- [11] Littmann T, Steinrucke J. Atmosphere boundary conditions of recent Saharan dust influx into central Europe[J]. *Geo Journal*, 1989, 18:399-406.
- [12] Wang Shigong, Dong Guangrong, Yang Debao. A Study on sand-dust storms over the desert region in north China[J]. *Journal of Natural Disasters*, 1996, 6(2):31-37. [王式功, 董光荣, 杨德保, 等. 中国北方地区沙尘暴变化趋势初探[J]. *自然灾害学报*, 1996, 6(2):31-37.]
- [13] Quan Linsheng, Shi Shaoying, Zhu Yafen, *et al.* Temporal-spatial distribution characteristics and causes of dust-day in China[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2001, 56(4):477-485. [全林生, 时少英, 朱亚芬, 等. 中国沙尘天气变化的时空特征及其气候原因[J]. *地理学报*, 2001, 56(4):477-485.]
- [14] Ji Fei, Qin Yu. The numerical simulation on dust-storm over east Asia, A case analysis [J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 1998, 34(5):639-645. [纪飞, 秦瑜, 东亚沙尘暴数值模拟: 一个案例分析[J]. *北京大学学报(自然科学版)*, 1998, 34(5):639-645.]
- [15] Jie Xuan, Guoliang Liu, *et al.* Dust emission inventory in Northern China[J]. *Atmospheric Environment*, 2000, 34:4565-4570.
- [16] Jie Xuan. Dust emission factors for environment of Northern China [J]. *Atmospheric Environment*, 1999, 33:1767-1776.
- [17] Fang M, Zheng M. The long-range transport of aerosols from northern China to Hong Kong—a multi-technique study [J]. *Atmospheric Environment*, 1999, 33:1803-1817.
- [18] Thomas Pettke, Alex N, Halliday, *et al.* Dust production and Deposition in Asia and the north Pacific Ocean over the past 12 Ma [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2000, 178:397-413.
- [19] Liu H, Sun D. Pathway of dust input to the chinese Loess Plateau during the last glacial and interglacial periods[J]. *Catena*, 2000, 40:251-261.
- [20] Nilgun Kubilay, Slobodan Nickovic. An Illustration of the transport and deposition of mineral dust onto the eastern Mediterranean[J]. *Atmospheric Environment*, 2000, 34:1293-1303.
- [21] Qian Yun, Fu Congbin, Wang Shuyu, *et al.* Mineral Dust and Climate Change[J]. *Advance in Earth Sciences*, 1999, 14(4):391-394. [钱云, 符淙斌, 王淑瑜, 等. 沙尘气溶胶和气候变化[J]. *地球科学进展*, 1999, 14(4):391-394.]
- [22] Ye Duzheng, Chou Jifan, Liu Jiyuan, *et al.* Causes of sand-stormy weather in Northern China and contral measures[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2000, 55(5):513-521. [叶笃正, 丑纪范, 刘纪远, 等. 关于我国华北沙尘暴天气的成因与治理对策[J]. *地理学报*, 2000, 55(5):513-521.]
- [23] Zhang Zengxiang, Zhou Quanbin, Liu Bin, *et al.* Monitoring of the characters and ground-surface of dust storm area in North China remote sensing[J]. *Journal of Remote Sensing*, 2001, 5(5):377-382. [张增祥, 周全斌, 刘斌, 等. 中国北方沙尘暴灾害特点及其下垫面状况的遥感监测[J]. *遥感学报*, 2001, 5(5):377-382.]
- [24] Bergametti G. Encyclopedia of Earth System Science [M]. San Diego: Academic Press, 1992, 171-182.
- [25] Fang Zhongyi, Zhang Yungang, Zheng Xinjing, *et al.* The method for monitoring dust devil using satellite and preliminary results[J]. *Quaternary Research*, 2001, 21(1):48-54. [方宗义, 张运刚, 郑新江, 等. 用气象卫星遥感监测沙尘暴的方法和初步结果[J]. *第四纪研究*, 2001, 21(1):48-54.]
- [26] Jiang Jixi, A Study of formation for "black storm" using gms - 4 imagery[J]. *Quarterly Journal of Applied Meteorology*, 1995, 6(2):177-184. [江吉喜. 一次沙尘暴成因的卫星云图分析[J]. *应用气象学报*, 1995, 6(2):177-184.]
- [27] Shao Yaping. Physics and Modelling of Wind Erosion [M]. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2000. 135-136
- [28] Wei Li, Shen Zhibao. The Radiative characteristics of atmospheric dust observed from Satellite[J]. *Plateau Meteorology*, 1998, 17(4):347-355. [魏丽, 沈志宝. 大气沙尘辐射特性的卫星观测[J]. *高原气象*, 1998, 17(4):347-355.]
- [29] Zhou M Y, Chen Y, *et al.* Effects of two dust storms on solar radiation in the Beijing-Tianjin area[J]. *Geophys Res Lett*, 1994, 21:2697-2700.
- [30] Fan Yida, Shi Peijun, Pap Yaozhong, *et al.* Monitoring the intensity of regional dust storm using NOAA/ AVHRR data [J]. *Journal of Natural Disasters*, 2001, 10(4):46-51. [范一大, 史培军, 潘耀忠, 等. 基于 NOAA/ AVHRR 数据的区域沙尘暴强度监测[J]. *自然灾害学报*, 2001, 10(4):46-51.]
- [31] Chen Yuhao, Li Xiaobing, Shi Peijun, *et al.* Estimating vegetation coverage change using remote sensing data in Haidian district, Beijing [J]. *Acta Phytocologica Sinica*, 2001, 25(5):588-593. [陈云浩, 李晓兵, 史培军, 等. 北京海淀区植被覆盖的遥感动态研究[J]. *植物生态学报*, 2001, 25(5):588-593.]

THE ANALYSIS OF TYPICAL DUST STORM IN NORTHERN CHINA BY REMOTE SENSING

FAN Yi-da¹, SHI Pei-jun¹, WANG Xiushan², PAN Yao-zhong¹

(1. *Institute of Resources Science, Beijing Normal University, China Center of Desert Research at Beijing Normal University, Key Laboratory of Environmental Change and Natural Disaster, Ministry of Education of China, Beijing Normal University, Beijing 100875, China*; 2. *Institute of Natural Resources & Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China*)

Abstract : This article summarizes the field and progress about the research of dust storm. The methods of extracting dust storm information and dividing dust storm information by density based on (NOAA/AVHRR data is provided. Compared with meteorological data, the result is satisfactory. By analysis the relationship between dust storm and surface (land cover and vegetables coverage degree) in Northern China, it is proved that the land cover and vegetable coverage degree have more relationship with the form of dust storm and change of its intensity in same meteorological conditions.

Key words : Dust storm; Land use/cover; Vegetation coverage.

农业对气候的影响

根据一项新预测,由于世界人口数量越来越大和人们越来越富裕,使得人类对事物的需求成为请求环境改变的一个主要因素。农业影响生态系统的主要方式有:氮和磷的排放、灌溉和杀虫剂的使用以及自然生态系统向耕地和牧场的转变。通过对将来人口数量和经济增长的推断,David Tilman 和同事们估计到 2050 年,氮和磷的排放、灌溉土地的面积和杀虫剂的使用将增加到两倍。而到那时,自然生态系统农业转化所吞噬的土地的面积将比美国还要大。该项的研究者说,缺氧水、栖息地破坏、物种灭绝以及饮用水和碳贮备等生态系统供给的损失,这些因素增加的后果将引起“一个可与气候改变相比较并与之相互作用的环境挑战”。研究人员指出,防止这些所预测的问题需要一个环境可承受的“更绿色”的革命。

图版IV

陈云浩等：不同地表覆盖条件下区域水分盈亏的遥感分析——以中国北方为例

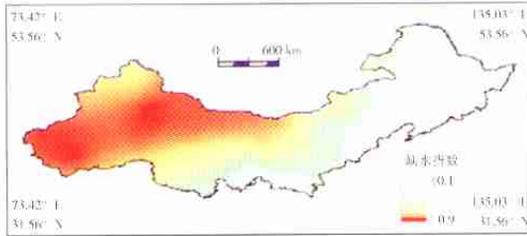


图4 研究区1999年7月缺水指数计算结果

Fig.4 The result of RWSI estimation over Northwest China in July, 1999

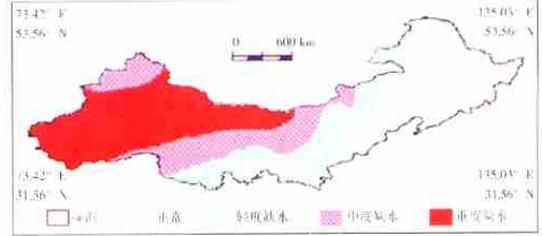


图6 研究区1999年7月区域水分盈亏状况等级图

Fig.6 The distribution of RWSI grades over Northwest China in July, 1999

范一天等：中国北方典型沙尘暴的遥感分析

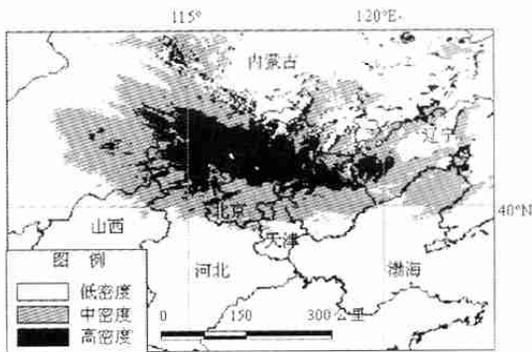


图1 沙尘暴信息密度分割图(2000年4月6日16时)

Fig.1 Distribution map of dust storm density

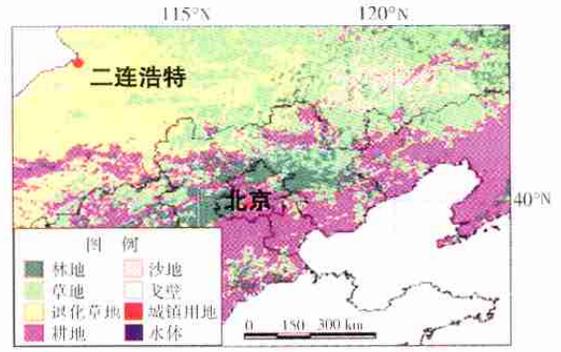


图3 基于NOAA/AVHRR影像的沙尘暴途经区域土地覆盖分类

Fig.3 Land cover classification of influenced region by dust storm based on NOAA/AVHRR

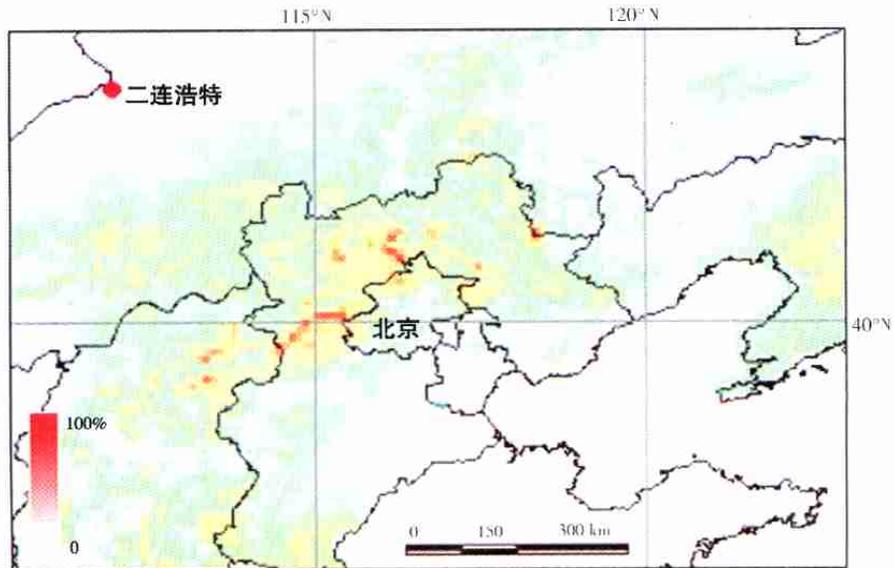


图4 基于NOAA/AVHRR影像的沙尘暴过境区植被覆盖度分布图

Fig.4 The distribution of vegetation coverage degree of influenced region by dust storm based on NOAA/AVHRR