

春季沙尘暴强度的 NOAA-14 气象卫星监测研究

张 杰, 郭 锐

(中国气象局兰州干旱气象研究所, 甘肃 兰州 730020)

摘要:以 2000~2001 年发生在我国西部的春季沙尘暴为例, 利用 NOAA-14 卫星 AVHRR 资料, 对西北 80 个气象站点所对应的卫星数据进行了 5 个通道的信息提取。根据沙尘粒子的辐射特性, 分析了 AVHRR 数据确定的沙尘指数和地面气象站的能见度、风速等气象要素的关系, 进而将沙尘指数进行了级别划分来确定沙尘暴的强度, 得出沙尘暴强度的一种定量分析方法。结果表明, 这种方法在利用气象卫星监测沙尘暴强度方面具有较好的效果。

关 键 词:NOAA-14 卫星; 沙尘指数; 沙尘暴强度; 气象要素

中图分类号: TP 79 文献标识码: A 文章编号: 1004-0323(2002)06-0289-04

1 引言

沙尘暴是一种灾害性天气现象, 不同强度的沙尘暴对交通、航天、工农业生产以及人民生活造成不同程度的影响, 并引发一系列气候学效应, 引起国内外一些专家和政府部门的重视。目前, 人们对沙尘暴发生、发展的机理研究已经很多。胡隐樵等^[1]对黑风暴形成的机理、干线与强沙尘暴的发展关系进行了研究; 周秀骥等^[2]对春季沙尘暴的起沙、传输的动力学机制进行了研究; 钱正安等^[3]对 93.5.5 特强沙尘暴进行了调查和综合分析。

国内外已经有许多学者和专家将卫星数据应用到沙尘暴的监测和研究中, Griggs^[4]、Carlson^[5]、Norton^[6]等利用卫星单通道信息在监测沙尘暴方面做了大量工作; 之后, 有人开始用多通道信息监测沙尘暴, 如: Steren^[7]利用 3.75 μm 和 11 μm 波长亮温差来监测沙尘暴发展的路径; 郑新江等^[8]在利用 3.75 μm 和 11 μm 波长亮温与 1.06 μm 波长反射率的统计关系监测沙尘暴方面做了一些尝试工作, 并对影响北京沙尘暴过程的沙源和可能路径方面取得了较好效果; 郭锐^[9]等对沙尘天气的云、沙尘以及下垫面进行波谱分析来判别沙尘暴, 并提出了沙尘指数的概念。目前对沙尘暴强度监测的研究特别少, 卫星图像信息在点面结合方面具有不可替代的优势, 是沙尘暴强度监测研究的有效手段。本研究对沙尘指数做了进一步的研究, 将其进行划分并应用到沙

尘暴强度的监测中。

2 方法与资料

2.1 资料来源

气象资料来源于甘肃、宁夏及青海的 80 个气象站点的常规观测资料。

卫星资料为 NOAA-14 2000 年 4 月 9 日、2001 年 4 月 5 日、2001 年 4 月 6 日和 2001 年 4 月 29 日的资料, 来源于兰州卫星遥感中心。资料未经统计挑选, 具有普遍性。

2.2 原理和方法

沙尘粒子的辐射特性主要体现在粒径大小、质地上, 其中粒径大小和它的散射特性有重要的关系^[8]。随着沙尘暴强度的不同, 沙尘粒径差异也较大, 其散射特性也差异较大, 因此沙尘粒径的属性可以反映沙尘强度。气象卫星在监测沙尘暴强度过程中主要考虑沙尘粒子的发射和散射特性。

NOAA 卫星 AVHRR 探测器有 5 个通道, 第一通道 (0.58~0.68 μm) 和第二通道 (0.725~1.10 μm) 反映了地物对太阳光的反射特征, 第三通道 (0.3.55~3.93 μm) 反映对地观测数据, 包括辐射和反射两部分, 第四通道 (10.3~11.3 μm) 和第五通道 (11.5~12.5 μm) 反映地物的辐射特性。

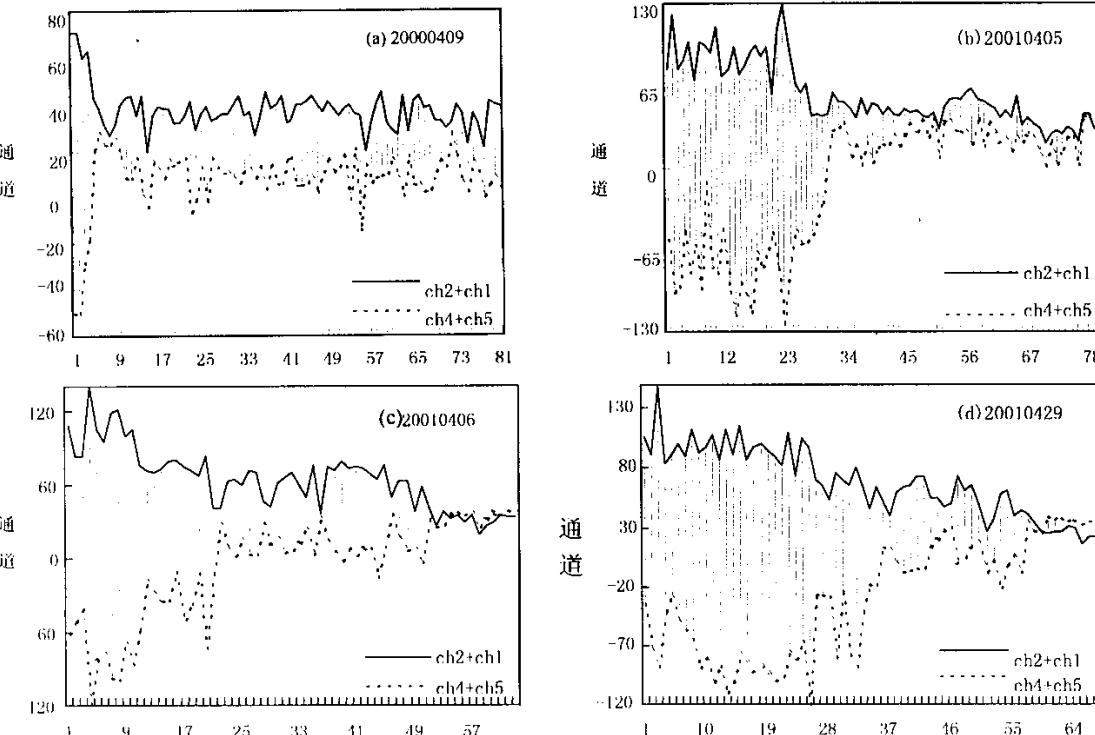
卫星单通道信息在判别沙尘暴信息时比较困难, 应用多通道信息组合判别沙尘暴信息可以获得较好的效果。郭锐^[9]等对沙尘天气的云、沙尘以及下

垫面进行波谱分析来判别沙尘暴，并提出了多通道数学组合的沙尘指数概念，反映沙尘特性的无量纲数值范围。

$$SI = (CH_2 + CH_1) - (CH_4 + CH_5)$$

图 1 为甘肃和宁夏部分站点的通道组合值 $CH_1 + CH_2$ (实线)与 $CH_4 + CH_5$ (虚线)的变化曲线，两条曲线的变化趋势具有反相性。

从两条线之间的幅度变化可以看出：云区最大，其次是沙尘，晴空下垫面的最小。云区变化反映云系的强弱，沙尘区的变化幅度则代表沙尘指数 $(CH_1 + CH_2) - (CH_4 + CH_5)$ 的值。图 1(a)为 2000 年 4 月 9 日 17 时的沙尘暴发生的状况，所选站点大部分处在沙尘天气发生区内。当日沙尘指数变化幅度较为稳定，说明大部分地方为均匀的沙尘暴天气，其中有个别站点为弱的沙尘天气。图 1(b)为 2001 年 4 月 5 日 16 时的沙尘天气状况，当时有较强的云系，部分站点为较弱的沙尘天气，和当天的气象观测记录较为一致。图 1(c)为 4 月 6 日 16 时的沙尘天气状况，反映了卫星过境时云系相对 4 月 5 日弱，沙尘天气的强度较大，但范围较小。图 1(d)为 2001 年 4 月 29 日 17 时的沙尘天气状况，有较强的云系，沙尘天气的强度较大，但范围较小。



从图 1 中各个沙尘天气过程中站点的沙尘指数变化对比分析，发现沙尘指数所表示的沙尘区域内的沙尘天气变化比较复杂，它包含了不同强度的沙尘特性。为了定量描述不同对象的光谱特征，需对沙尘指数进行等级划分。

3 沙尘强度的确定

沙尘指数在监测沙尘暴发生时具有较好的效果，它包括了沙尘等级从浮尘到强沙尘暴的所有范围，为了区分沙尘暴不同强度之间的相互关系，本文结合气象站的观测资料，对 2001 年 4 月 6 日 16 时的一些有沙尘的站点进行分析，并划分出等级，如图 2 所示。

图 2 中将沙尘强度根据水平能见度和最大风速可分为 5 个等级如表 1 所示，1 为浮尘、2 为扬沙、3 为沙尘暴、4 为强沙尘暴，本研究用 0 表示晴空区。沙尘强度的等级曲线表明当时境内的天气状况较为复杂，9% 的站点有强的沙尘暴，39% 的站点有沙尘暴，11% 的站点为扬沙浮尘天气，还有 41% 的站点为无沙尘的晴空天气状况。沙尘指数曲线反映了所有站点的沙尘指数变化范围，沙尘指数的变化范围在 $-5 \sim 90$ 之间，大部分站点在 <30 和 $50 \sim 70$ 之

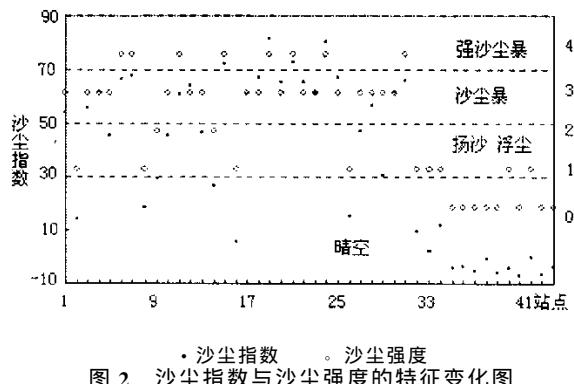


图 2 沙尘指数与沙尘强度的特征变化图

间,沙尘指数为 70~90 范围的较少,这和沙尘等级曲线的变化趋势基本一致,说明沙尘指数可以反映沙尘强度的等级变化。根据沙尘强度的等级值,将沙尘指数 SI 划分为 4 个等级,如表 1 所示。

表 1 沙尘指数的划分范围

沙尘强度等级	0 晴空	1 和 2 扬沙浮尘	3 沙尘暴	4 强沙尘暴
能见度(m)	>10000	1000~10000	500~1000	50~500
风速(m/s)			10	20
沙尘指数范围	<30	30~50	50~70	70~90

4 结果及检验

为了对沙尘强度进行定量划分并对不同站点沙

尘强度进行验证,下面对与卫星过境时间比较接近的 17 时地面能见度资料进行分析。如图 3 为 2001 年 4 月 6 日 17 时的地面能见度场分布,从图中可看出:能见度小于 1 000 m 的区域主要在武威—白银—银川—毛乌素一带,为沙尘暴区;而巴丹吉林沙漠、腾格里沙漠能见度在 1 000~10 000 m 以内,为扬沙、浮尘天气,原因是冷锋云系已经过境,风速减小,能见度相对较小。在沙尘前沿和后面能见度在 1 000~10 000 之间,为扬沙浮尘天气,如兰州—庆阳—吴旗一带、民勤—金昌—张掖一带都为扬沙浮尘天气。

根据上述的沙尘指数划分,在遥感图像处理软件 ENVI 环境下对 2001 年 4 月 6 日 16 时沙尘暴发生的状况进行反演,如图 4(见图版 I),反演结果 4(b)与反演前 4(a)的实际图像进行对比,二者反映的信息基本吻合,强沙尘暴都集中在强云系附近范围内;沙尘暴集中于甘肃中东部一带、腾格里沙漠—银川—毛乌素沙漠东南一带,云系过境的前沿有扬沙浮尘,主要在天水—庆阳—毛乌素、玉门—巴丹吉林沙漠一带,天水东南方、敦煌以北和马鬃山以西地方为无沙晴空区。图 4(b)和图 3 所表示的下垫面状况基本一致,说明本研究对沙尘指数的等级划分具有较好的效果。

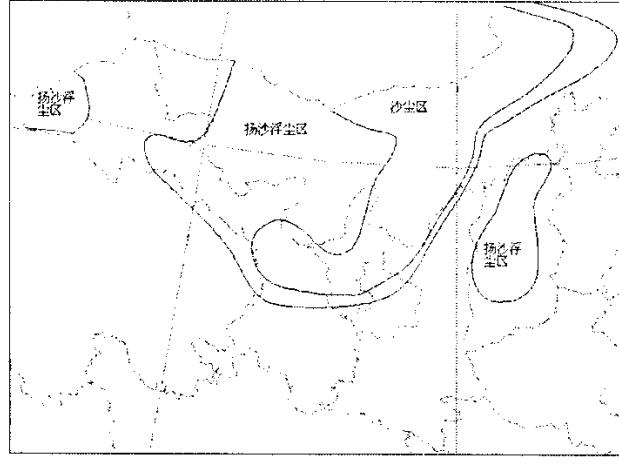


图 3 2001 年 4 月 6 日 17 时地面能见度场分布图

5 结 论

(1) 在确定沙尘强度变化时从定义沙尘指数的范围出发,而不仅是对图像作目测,在遥感图像定量化处理上向前迈进了一步。

(2) 本文引用多通道信息组合的沙尘指数来确

定沙尘暴强度,具有一定的实用意义。

(3) 用境内气象站的观测资料对卫星过境的沙尘天气进行分析,增加了卫星资料分析的同步性,减少了分析的误差。

(4) 研究中误差主要是水平能见度确定的人为性引起的误差,随着大气能见度仪的广泛应用,误差

将会大大减小。

参考文献：

- [1] 胡隐樵,光田宁. 强沙尘暴微气象特征和局地触发机制[J]. 大气科学,1997,21(5):581~589.
- [2] 周秀骥,徐祥德,颜鹏,等. 2000 年春季沙尘暴动力学特征[J]. 中国科学(D辑),2002,32(4):327~334.
- [3] 钱正安,胡隐樵,龚乃虎,等.“93.5.5”特强沙尘暴的调查报告及其分析[A]. 方宗义等主编. 中国沙尘暴研究[C]. 气象出版社,1997. 37~43.
- [4] Griggs M. Measurements of Atmospheric Aerosol Optical Thickness Over Water Using ERTS-1 Data[J]. Air Pollution Control Assoc. 1975,25:622~625.
- [5] Carlson T N. Atmospheric Turbidities in Saharan Dust Out-

breaks As Determined by Analysis of Satellite Brightness Data [J]. Mon Wea Rev,1979,107:322~335.

- [6] Norton C, Mosher F R, Hinton B, et al. A Model for Calculating Desert Aerosol Turbidity Over the Oceans from Geostationary Satellite Data[J]. Journal of Applied Meteorology, 1980,19:633~644.
- [7] Steven A A. Using the Radiative Temperature Difference at 3.7um and 11um to Track Dust Outbreaks[J]. Remote Sensing of Environment,1989,27:129~133.
- [8] 郑新江,陆文杰,罗敬宁. 气象卫星多通道信息监测沙尘暴的研究[J]. 遥感学报,2001,5(4):300~305.
- [9] 郭铌,倾继祖. NOAA 卫星沙尘暴光谱特征分析及沙尘信息提取研究[J]. 待发表.

Study on Monitoring Sand Storm Intensity in Spring by Using NOAA-14 Satellite Data

ZHANG Jie, GUO Ni

(Lanzhou Institute of Arid Meteorology, China Meteorological Administration, Lanzhou 730020, China)

Abstract: This paper obtained the satellite information derived from 5 channels of AVHRR data, which correspond to the 80 meterologic stations in the north-west of China, and researched the relationship between SI(sandy Index) and visibility, wind speed based on radiative properties of sand particle. The intensity of sand storm is confirmed by the levels of SI, which form a quantitative method to research the sand storm. The result showed that this method is effective for monitoring sand storm intensity.

Key words: NOAA-14 satellite, Sandy index, Sand storm intensity, Weather factor

张杰等：春季沙尘暴强度的 NOAA-14 气象卫星监测研究

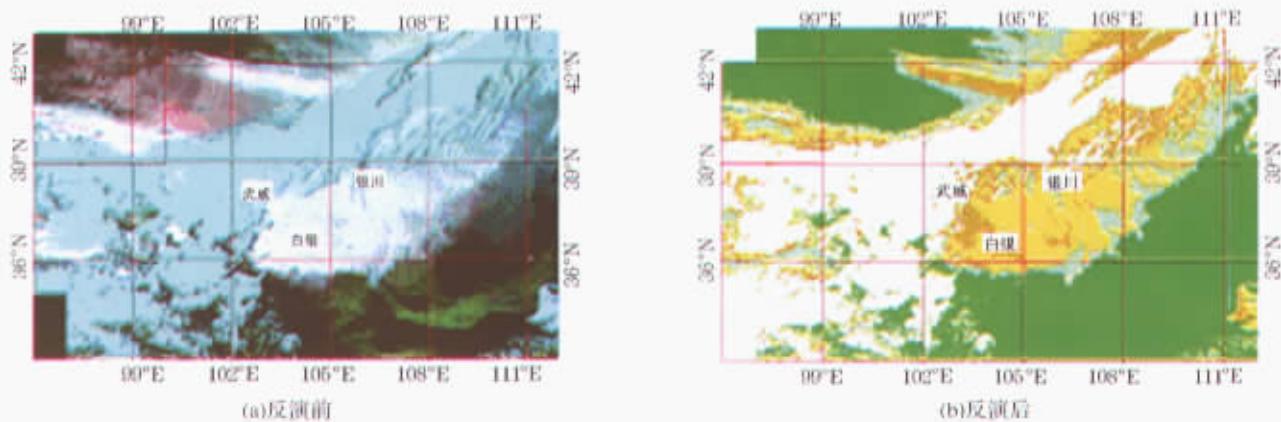


图 4 2001 年 4 月 6 日 16 时沙尘区分布

梁芸：利用 EOS/MODIS 资料监测森林火情

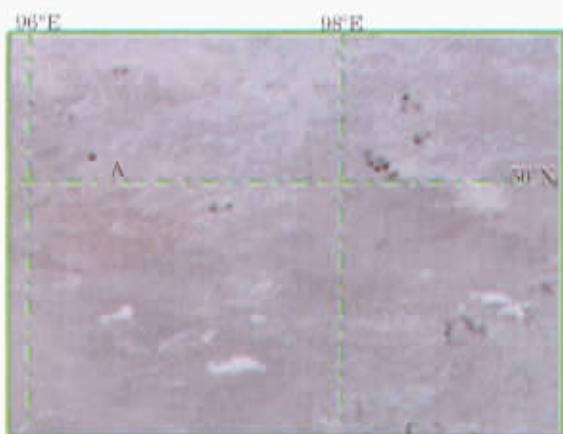


图 1 2002 年 9 月 22 日 12 时(北京时)俄罗斯境内火情

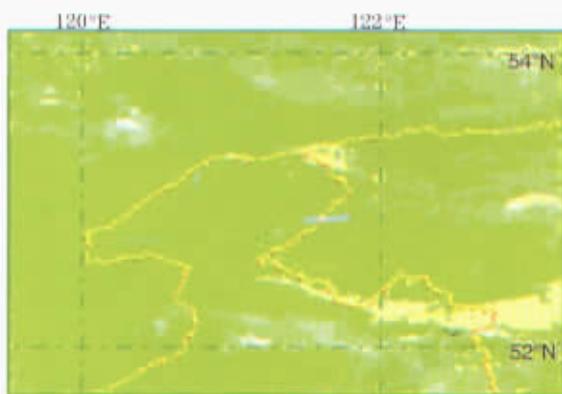


图 2 2002 年 8 月 12 日 14 时(北京时)大兴安岭火情

廖伟华：基于 GIS 的甘肃省可持续发展研究初探

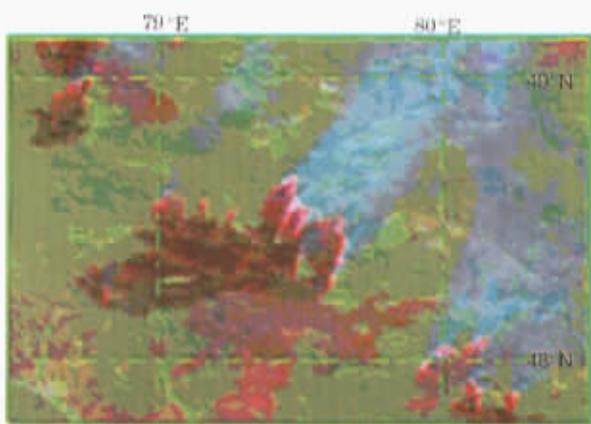
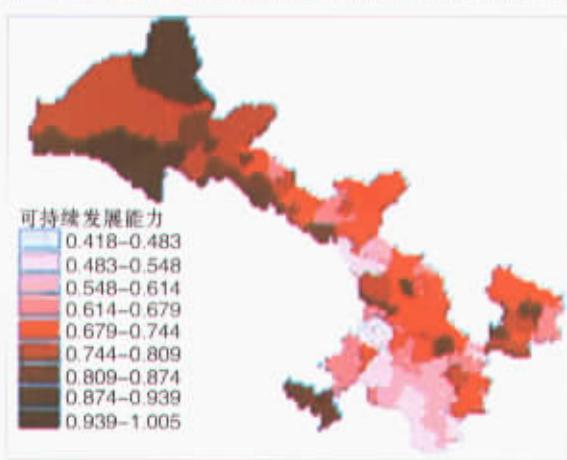
图 3 2002 年 9 月 21 日 13 时(北京时)哈萨克斯坦境内火情
万方数据

图 1 甘肃省可持续发展能力总图