

文章编号: 1004- 4574( 2010) 06- 0001- 07

# 我国北方沙尘暴与植被覆盖度关系研究

范 一 大<sup>1</sup>, 史培军<sup>2</sup>, 刘三超<sup>1</sup>

( 1. 民政部 国家减灾中心, 民政部 卫星减灾应用中心, 减灾与应急工程民政部重点实验室, 北京 100053  
2. 北京师范大学 资源学院, 北京 100875)

摘 要: 利用 NOAA /AVHRR 和 旬 归 一 化 植 被 指 数 NDVI 数 据, 计 算 了 1983 - 2000 年 中 国 北 方 13 省 市 区 的 植 被 覆 盖 度, 分 析 了 这 些 地 区 植 被 覆 盖 度 的 时 间 变 化 趋 势 和 空 间 分 布 规 律, 研 究 了 中 国 北 方 沙 尘 暴 与 植 被 覆 盖 度 之 间 的 关 系。 结 果 表 明: 我 国 北 方 沙 尘 灾 害 频 次 与 植 被 覆 盖 度 有 很 好 的 对 应 关 系, 1983 - 2000 年 的 18 年 间, 我 国 北 方 大 部 分 地 区 植 被 覆 盖 度 增 加, 这 段 时 期 沙 尘 灾 害 频 次 总 体 呈 降 低 趋 势, 其 中 20 世 纪 80 年 代 我 国 北 方 大 部 分 地 区 植 被 覆 盖 度 增 加, 这 一 时 期 我 国 北 方 沙 尘 暴 发 生 频 数 下 降; 20 世 纪 90 年 代, 我 国 北 方 大 部 分 区 域 植 被 覆 盖 度 呈 下 降 趋 势, 特 别 是 华 北 和 西 北 干 旱 与 半 干 旱 地 区, 下 降 趋 势 显 著, 这 一 时 期 我 国 北 方 沙 尘 暴 发 生 频 数 在 减 少 中 有 回 升 趋 势。 研 究 结 果 表 明, 植 被 覆 盖 度 是 影 响 中 国 北 方 沙 尘 暴 频 次 变 化 的 重 要 因 素。

关键词: 沙尘暴; 植被覆盖度; 中国北方

中图分类号: S424

文献标识码: A

## Relationship between dust storm disaster and vegetation fraction in northern China

FAN Yida<sup>1</sup>, SHI Peijun<sup>2</sup>, LU San-chao<sup>1</sup>

( 1. National Disaster Reduction Center of China Disaster Reduction Center of Satellite Application  
State Key Laboratory of Disaster Reduction and Emergency Engineering MCA, Beijing 100053, China  
2. College of Resource Science and Technology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

**Abstract** Dust storm is one important kind of natural disaster in northern China. This article used NOAA /AVHRR data and NDVI time series products to calculate vegetation fraction in 13 provinces, municipalities and autonomous regions in northern China from 1983 to 2000. Then the spatial and temporal change tendency of vegetation was analyzed. The results show that dust storm frequency has a good relationship with vegetation fraction. In the 1980s, the vegetation fraction was increased in the most area of northern China and the frequency of dust storm disasters was decreased in the northern China on the whole. In the 1990s, the vegetation fraction was decreased and the frequency of dust storm disasters was increased on the whole in the northern China, especially in the Northwest China and in the North China. Therefore, vegetation fraction is an important factor to influence dust storm frequency.

**Key words** dust storm; vegetation fraction; Northern China

我国北方是沙尘暴灾害多发区, 下垫面是影响沙尘暴灾害的主要因素之一。近年来人们利用遥感技术反演沙尘暴途经区域下垫面参数<sup>[1-4]</sup>, 分析其与沙尘天气形成和演化间关系, 通过借助 TM 和 NOAA / AVHRR 数据, 对下垫面参数进行提取或反演, 这些参数主要包括植被覆盖度、土地利用 / 覆盖、植被指数、土

收稿日期: 2009- 10- 16 修订日期: 2010- 08- 25

作者简介: 范一大 ( 1968- ), 男, 研究员, 主要从事自然灾害与风险管理和自然灾害遥感监测研究. E-mail: fanyida@ndrcc.gov.cn

壤含水量等,进而分析下垫面对沙尘暴形成、发展和尘降的贡献。植被覆盖是重要的下垫面因子,研究表明<sup>[5-8]</sup>,当植被覆盖度下降时,地表裸露部分增加,植被对表层土壤的保护能力降低,植被覆盖程度越差,表层土壤为强风提供沙尘的可能性就越高,因此植被覆盖状况的好坏与沙尘暴发生频度密切关联,它可以作为衡量植被覆盖状况的重要指标。

本文利用 NOAA /AVHRR和旬归一化植被指数 NDVI数据,建立相关数据集,通过相关处理,计算了中国北方 13 省市区植被覆盖度、多年平均年最大植被覆盖度和每年平均年最大植被覆盖度等参数,分析了这些地区植被覆盖度时间变化趋势和空间分布规律,揭示了我国北方地区沙尘暴与植被覆盖度关系。

1 数据与方法

1.1 数据来源

研究采用数据为覆盖中国北方 13 省市区 (新疆、甘肃、青海、宁夏、陕西、内蒙、山西、北京、天津、河北、吉林、辽宁、黑龙江)中国气象局卫星气象中心提供 NOAA /AVHRR 数据,以及美国 EROS (地球资源观测系统)提供的 1983– 2000 年中国每旬归一化植被指数 NDVI 空间分辨率为 8 km × 8 km。其它数据还包括 1: 100 万中国植被图。

1.2 计算方法

植被覆盖度可以作为衡量地表植被数量的重要指标<sup>[9]</sup>,而 NDVI 可以很好地反映地表植被的繁茂程度,因此植被覆盖度与 NDVI 有较好相关关系<sup>[10-11]</sup>。通过对旬 NDVI 进一步用最大合成法生成中国 1983– 2000 年月 NDVI 数据集。采用 Defries<sup>[12]</sup>方法计算植被覆盖度 (fv):

$$f_v = (NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min}). \tag{1}$$

式中,  $NDVI_{max}$  和  $NDVI_{min}$  为整个生长季植被 NDVI 的最大值和最小值。

为了分析方便,进一步计算多年平均年最大植被覆盖度和每年平均年最大植被覆盖度。多年平均年最大植被覆盖度计算方法如下:

$$f_{mean}^{max} = mean(f_i^{max}), f_i^{max} = max(f_{ij}). \tag{2}$$

式中:  $f_{mean}^{max}$ ,  $f_i^{max}$  分别表示多年平均年最大植被覆盖度和年最大植被覆盖度,  $f_{ij}$  是  $i$  年  $j$  月的植被覆盖度,  $i = 1, 2, \dots, 17, j = 1, 2, \dots, 12$ 。

每年平均年最大植被覆盖度 ( $M_f$ ) 计算方法如下:

$$M_f = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m f_{ij}^{max}. \tag{3}$$

式中:  $f_{ij}^{max}$  是坐标为 ( $i, j$ ) 像元的年最大植被覆盖度,  $N$  表示影像中有效像元总数。

2 结果分析

2.1 我国北方植被覆盖度变化

图 1 为北方 13 省市区 1983– 1999 年多年平均年最大植被覆盖度的空间分布图。

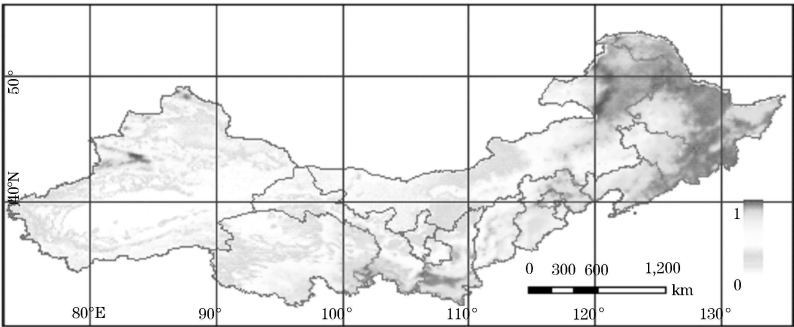


图 1 1983– 1999 年中国北方多年平均最大植被覆盖度空间分布

1983– 1999年我国北方平均年最大植被覆盖度数值东部高于西部, 南部高于北部。大于 0.8的高值区分布在大小兴安岭、长白山、太行山、秦岭、天山; 0.7~ 0.8区域主要分布于青海南部和新疆北部、三江平原、东北平原、华北平原、关中盆地; 0.4~ 0.7区域主要分布于农牧交错带、河套平原、土默川平原; 覆盖度小于 0.4区域主要分布于内蒙古中西部和西北沙漠戈壁地区。

为进一步分析我国北方春季和夏季植被覆盖度变化强度, 对时间序列影像数据中相同空间坐标植被覆盖度特征值<sup>[3]</sup>, 按下式计算标准差。

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^k (FV_i - \overline{FV})^2 / (k - 1)}.$$

(4)

其中,  $FV_i$  为第  $i$  年春季或夏季的植被覆盖度特征值,  $\overline{FV}$  为对应季节 18 a 植被覆盖特征值的平均,  $k=18$

标准差大, 说明多年来该像元植被覆盖度波动变化强烈, 相反, 说明植被覆盖度数值变化较小。根据计算结果直方图, 将植被覆盖度变化强度分为 4 类, 具体如式 (7):

$$\begin{cases} \sigma \leq 0.02 & \text{微变化;} \\ 0.02 < \sigma \leq 0.06 & \text{低变化;} \\ 0.06 < \sigma \leq 0.10 & \text{中变化;} \\ \sigma > 0.10 & \text{高变化.} \end{cases}$$

(5)

图 2(a), (b)为植被覆盖度变化强度图。

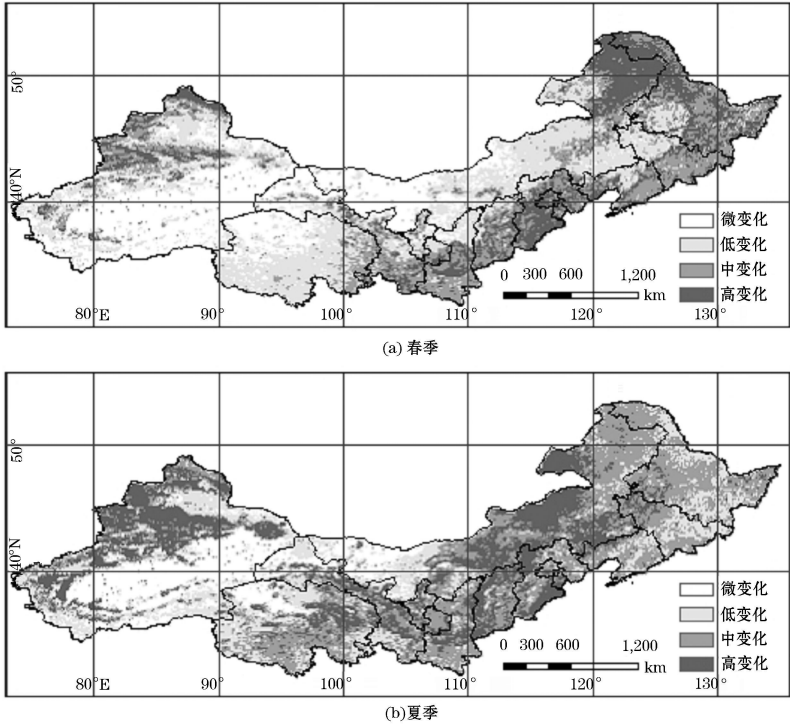


图 2 中国北方 1983– 2000年春季和夏季植被覆盖度变化强度分布

Fig 2 Distribution of variation intensities of vegetation fraction in northern China in Springs and Summers from 1983 through 2000

从图 2可以看出: (1)春季植被覆盖度变化强度与植被覆盖度空间分布有较好一致性, 即植被覆盖度高、中、低、微变化区与植被覆盖度从高到低对应; 夏季植被覆盖度变化强度相对春季出现整体西移; (2)随季节不同, 植被覆盖度微变化区在空间上保持相对稳定; (3)春季高、中、低、微变化面积比例分别为 17.6%, 22.5%, 30.1%和 29.8%, 夏季分别为 26.1%, 34.3%, 22.6%和 17.0%, 表明夏季植被覆盖度强度变化大于春季。

根据我国北方 1983– 2000年春季和夏季植被覆盖度特征值图像, 取每年春季和夏季植被覆盖度特征值平均, 得到植被覆盖度变化趋势图(图 3)。

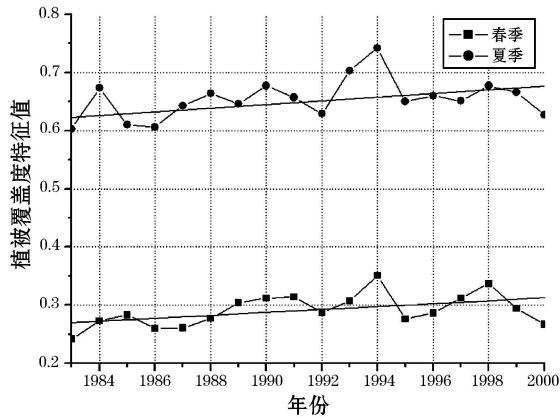
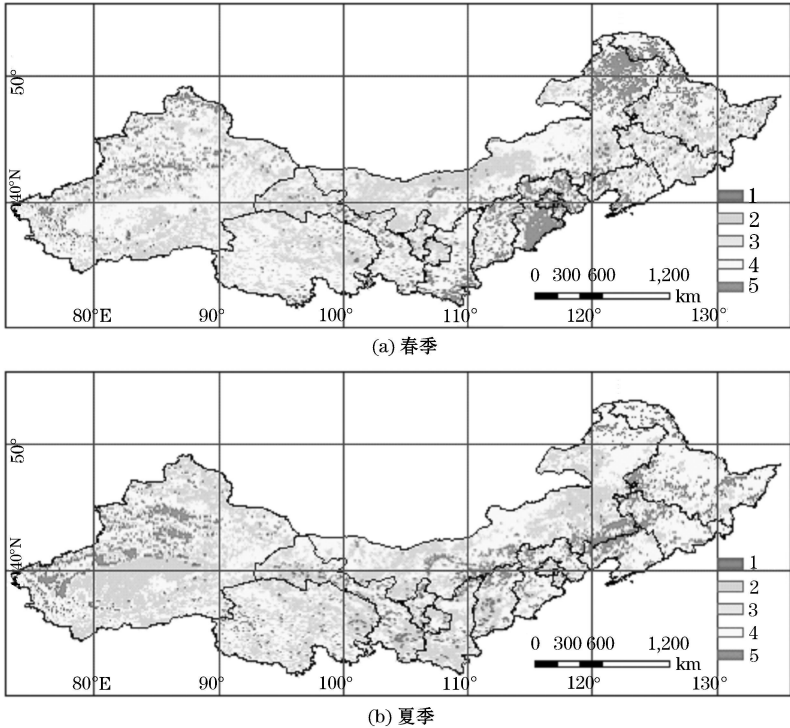


图 3 1983– 2000中国北方植被覆盖度春季、夏季特征值平均值年际变化  
Fig 3 Inter annual variation of average characteristic value of vegetation  
fraction in Springs and Summers in northern China from 1983 through 2000

从图 3可以看出: ( 1)我国北方春季和夏季植被覆盖度整体上呈上升趋势, 1994 年达到最高值; ( 2)春季和夏季植被覆盖度波动特点基本一致, 但夏季波动强于春季; ( 3) 1998 年开始春季和夏季植被覆盖度特征值持续下降, 2000 年接近最低值。

用每年春季和夏季植被覆盖度图像与年份进行回归, 得到相关系数 ( $R$ ),  $R$  小于 0 表示植被覆盖度减小,  $R$  大于 0 表示植被覆盖度增加,  $R$  等于 0 则趋势不确定, 如果  $R$  值通过 0.05 的显著性水平 ( $P < 0.05$ ), 则说明变化趋势显著。图 4( a), ( b)分别为 1983– 2000 年春季和夏季我国北方植被覆盖度的变化趋势。



( 1 显著减小 2 不显著减小 3 趋势不确定 4 不显著增加 5 显著增加 )  
图 4 1983– 2000年春季和夏季植被覆盖度变化趋势

Fig 4 Variation trend of vegetation fraction in Springs and Summers from 1983 through 2000

从图 4( a), ( b)可以看出: ( 1)春季占北方 13 省市区面积 67. 4% 的地区植被覆盖度增加, 其中 11. 7% 的地区增加趋势显著。植被覆盖度下降地区主要集中在干旱、半干旱区, 其中显著减少地区仅占 0. 8%; ( 2)夏

季 61.7% 地区植被覆盖度增加, 显著增加地区占 10.3%, 夏季减少地区比例大于春季, 主要分布在西北干旱、半干旱地区, 显著减少区域占 1.1%。

分别以 1983–1990 年和 1991–2000 年数据表示 20 世纪 80 年代和 90 年代时间序列的植被覆盖度, 用同样方法分析植被覆盖度的变化趋势, 结果见图 5(a)–(d)。

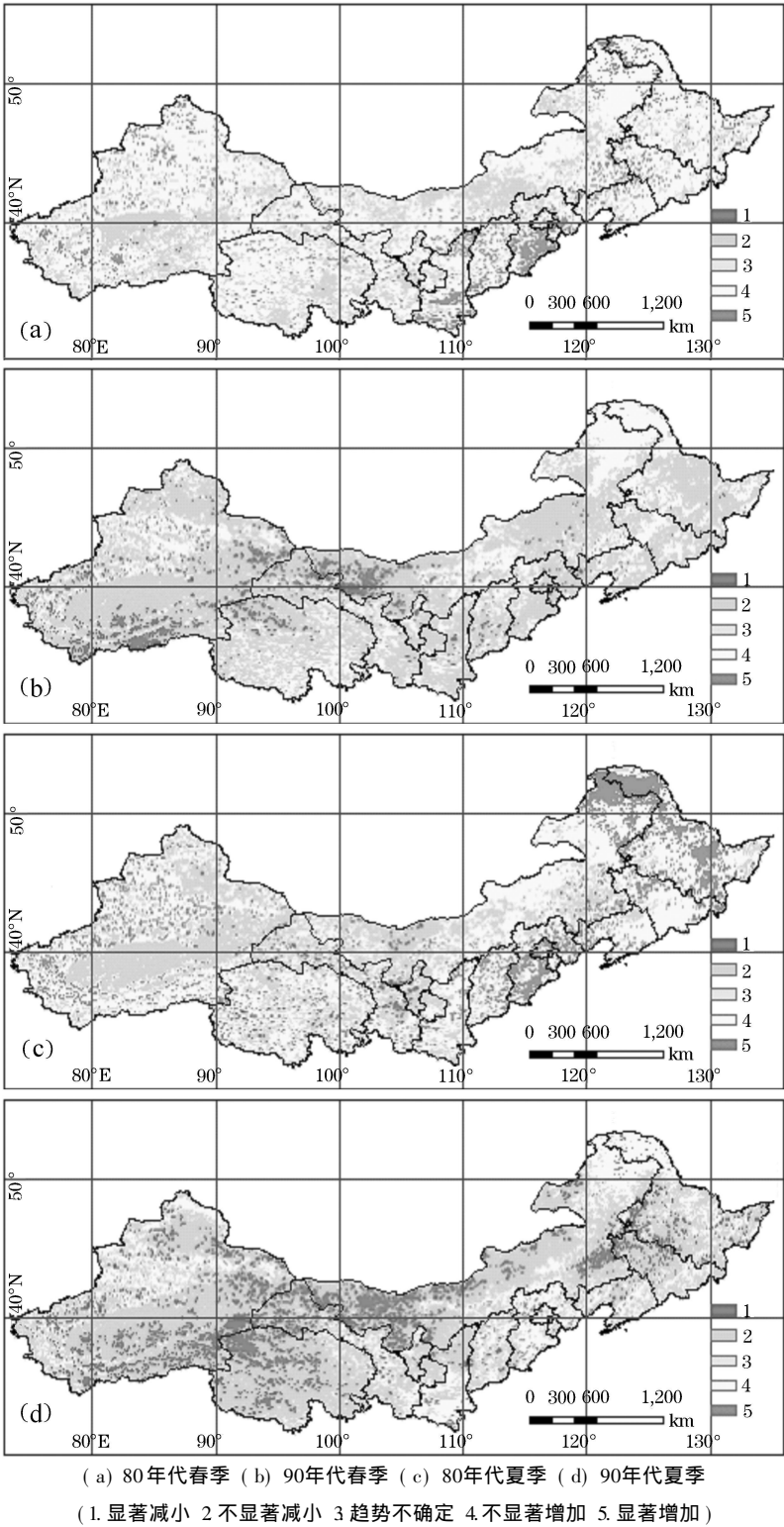


图 5 中国北方 20 世纪 80 和 90 年代春季和夏季植被覆盖度变化趋势空间分布

Fig 5 Spatial distribution of variation trend of vegetation fraction in northern China in Springs and Summers of 1980' and 1990'

图 5(a)和图 5(b)分别是 20 世纪 80 年代和 90 年代我国北方春季植被覆盖度变化趋势。20 世纪 80 年代,中国北方大部分地区植被覆盖度增加,占总面积 73.4%,其中显著增加地区占 8.5%,20.5%地区植被覆盖度减小,显著减小地区仅占 0.2%;20 世纪 90 年代,中国北方 63.3%的地区植被覆盖度呈下降趋势,其中显著下降地区占 4.9%;植被覆盖度显著增加地区仅占 0.8%。

20 世纪 80 年代和 90 年代我国北方夏季植被覆盖度变化趋势与春季有相同规律,但强度高于春季(图 5(c), 5(d)): 20 世纪 80 年代夏季,中国北方大部分地区植被覆盖度增加,占总面积的 63.8%,显著增加地区占 13.8%,高于同期春季显著增加比例(8.5%);20 世纪 90 年代夏季中国北方大部分地区植被覆盖度减小,占 70.3%,其中显著减小地区占 11.6%,比例高于春季显著减小地区。

2.2 我国北方沙尘暴与植被覆盖度关系

近几十年来,我国北方沙尘灾害频次总体呈下降趋势,其中 20 世纪 50 年代呈增加趋势,60、70 年代沙尘暴发生频繁,80 年代开始下降,90 年代在减少中有回升趋势,但北疆西部、青海西北部、青海东部和内蒙古中部等四个范围较小区域呈上升趋势。图 6 显示了 1983–1999 年我国北方 13 省年平均最大植被覆盖度的年际变化,以及北方 156 沙尘暴站点沙尘暴日数平均值的年际变化。

1983–1999 年,来我国北方地区的植被覆盖度总体上呈波动中增加趋势,范围为 0.395~0.487,1983 年地表植被覆盖度最低,为 0.395,1994 年地表植被覆盖度最高,为 0.487。图 6 可以看出,中国北方植被覆盖度增长趋势与沙尘暴发生日数呈下降趋势有很好对应关系。18 a 间植被覆盖度的总趋势为增长,这段时期沙尘灾害频次总体上呈降低趋势;20 世纪 80 年代我国北方大部分地区植被覆盖度增加,这一时期我国北方沙尘暴发生频数下降;20 世纪 90 年代我国北方大部分区域植被覆盖度呈下降趋势,特别是华北和西北的干旱与半干旱地区,下降趋势显著,这一时期我国北方沙尘暴发生频数在减少中有回升趋势。因此,中国北方植被覆盖状况是影响沙尘暴频次变化的重要因素。

3 结论和讨论

1983–1999 年我国北方低植被覆盖地区为沙尘暴天气储备了丰厚的沙尘源,同时也是沙尘灾害多发区。本文研究表明植被覆盖度的动态变化与沙尘暴有重要关系,其中 1983–2000 年 18 a 间,中国北方地区植被覆盖度整体呈增加趋势,与这一区域沙尘暴日数下降趋势相耦合,20 世纪 80 年代大部分区域植被覆盖度增加,20 世纪 90 年代大部分区域下降,尤其是华北和西北的干旱、半干旱地区(尤其是内蒙古中西部地区)下降趋势显著,与 20 世纪 90 年代后期这一区域沙尘暴灾害的增加有必然联系。可以认为,植被覆盖状况是影响中国北方沙尘暴频次变化地重要因素。

沙尘暴既是自然灾害,也是人为灾害,同时也是环境灾害和生态灾害。本文限于篇幅,主要研究沙尘暴与植被覆盖度的关系,今后需进一步研究沙尘暴与其他下垫面因子的关系,以及研究沙尘暴变化规律与气候因子、环境因子和人类活动共同作用的关系。

参考文献:

[ 1 ] 张增祥,周全斌,刘斌,等. 中国北方沙尘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  
[ 2 ] 张国平,张增祥,赵晓丽,等. 2000 年华北沙尘天气遥感监测 [ J ]. 遥感学报, 2001, 5(6): 466–471  
[ 3 ] 范一大,史培军,王秀山,等. 中国北方典型沙尘暴的遥感分析 [ J ]. 地球科学进展, 2002 17(2): 289–294  
[ 4 ] 高尚玉,史培军,哈斯,等. 我国北方风沙灾害加剧的成因及沙化过程的中长期发展趋势 [ J ]. 自然灾害学报, 2000 9(3): 31–37  
[ 5 ] 顾卫,蔡雪鹏,谢峰,等. 植被覆盖与沙尘暴日数分布关系的探讨 – 以内蒙古中西部地区为例 [ J ]. 地球科学进展, 2002 17(2): 273–277  
[ 6 ] 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.

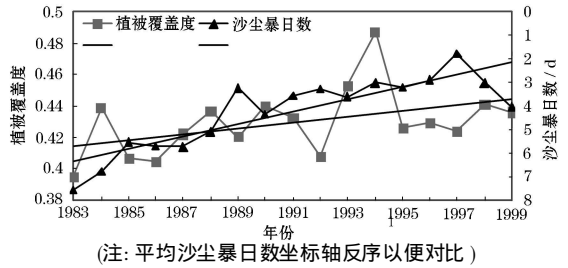


图 6 1983–1999 年中国北方平均年最大植被覆盖度和平均沙尘暴日数变化

Fig 6 Variation of annual average maximum vegetation fraction and average day's number of dust storm in northern China from 1983 through 1999

[ 7] 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

[ 8] 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, 自然灾害学报, 2001, 10( 4): 46– 51

[ 9] Gutan G, Ignatov A. The derivation of the green vegetation fraction from NOAA /AVHRR data for use in numerical weather prediction models [ J]. International Journal of Remote Sensing 1998, 19 1533– 1543

[ 10] Asrar G, Kanemasu E T, Jackson R D, et al Estimation of total above– ground phytomass production using remotely sensed data[ J]. Remote Sensing of Environment 1985 17 211– 220

[ 11] Tucker C J, Holben B N, Elgin H J et al Remote Sensing of total dry matter accumulation in winter wheat[ J]. Remote Sensing of Environment 1981, 11 171– 190.

[ 12] Defries R S, Hansen M C, Townshend J R G. Global continuous fields of vegetation characteristics a linear mixture model applied to multi– year 8km AVHRR data[ J]. International Journal of Remote Sensing 2000 21( 6– 7): 1389– 1414