

植被覆盖度与沙尘暴形成条件分析

陈志刚, 周坚华

华东师范大学地理信息科学教育部重点实验室, 上海 200062

摘要: 以归一化差值植被指数 (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) 为指标分析了我国 1981 年到 1998 年期间植被覆盖变化情况, 给出了植被急剧减少产生新沙源的实例。通过对 1998 年 4 月强沙尘暴的分析, 指出影响沙尘暴产生和运移的因素除了地形、风速、风向、大气稳定度外, 当地植被覆盖和土壤因素也是关键因素之一。并通过对植被覆盖度 (NDVI) 与浮尘指数 (Aerosol Index) 进行定量分析, 发现二者之间存在明显的负相关关系, 表明植被的存在可以从一定程度上抑制浮尘现象的产生。因此, 在沙尘运移路径上, 采取封山封荒, 植树种草, 增加植被覆盖度以固结当地土壤和泥沙的措施, 可以在一定程度上抑制沙尘暴灾害的发生。

关键词: 沙尘暴; 植被指数; 浮尘指数; 变换探测; 遥感

中图分类号: Q948

文献标识码: A

文章编号: 1674-5906 (2010) 04-0870-07

沙尘暴是我国北方地区春季常见的一种恶劣天气现象。其形成因素主要有三个: 大风、丰富的沙尘源和不稳定天气^[1], 一些学者通过对某些沙尘暴过程的时空模拟和气候条件分析, 认定由大气运动状态决定的大风和不稳定大气, 是沙尘暴形成的驱动因子, 它主要决定了沙尘暴的强度、移动路径和持续时间^[2-9]。而沙尘源则为沙尘暴的形成提供了丰富的沙粒和尘埃, 主要决定了沙尘暴的源地和空间分布; 一些研究表明人类的生产方式对沙源地的变化具有重要影响^[10-12]。在沙尘暴的控制方面, 许多专家学者认同通过植树种草、增加地表植被覆盖率来防风固沙的重要性^[13-16], 植树种草可以减弱近地表风力, 减少扬沙, 还可以固沙和减少沙源面积; 更可以防止水土流失、增加降水期截留, 而促进水热循环和增加降水。

一般认为沙尘暴的强弱与植被覆盖度具有明显负相关关系, 但这些研究多数为定性描述, 二者之间定量关系研究相对较少。在定量分析方面仅有学者做了植被覆盖与沙尘暴日数分布关系的研究^[17], 发现沙尘暴发生次数与植被覆盖度存在明显负相关关系。而沙尘暴研究中, 沙尘暴发生强度与植被覆盖度之间的定量关系更为重要。因此本文主要分析了我国从 1981 年到 1998 年期间的植被覆盖状况及其变化, 并试图通过对 1998 年 4 月强沙尘暴的分析给出两者之间的定量关系。

1 数据和试验

1.1 基本数据源

本文使用美国 NASA 网站上发布的亚洲地区 NDVI (归一化植被指数) 图像来获得植被分布和

变化的信息, NDVI 越高, 指示植被覆盖情况越好。NDVI 的计算方法如下:

$$NDVI = (c2 - c1) / (c2 + c1) \quad (1)$$

(1) 式中, $c1$ 和 $c2$ 分别为 NOAA 卫星甚高分辨率辐射计 1 通道和 2 通道的反射率。

另外, 在植被覆盖程度描述方面, 本文主要使用“覆盖度”一词, 以区别于常用的“覆盖率”。覆盖率指植被覆盖面积与土地面积之比; 覆盖度在覆盖率的基础上增加了植物空间密集度的概念, 该量与 NDVI 有更好的对应性。

考虑到季节变化对植被的影响, 在量化和分析植被变化时, 选用了同季节的 4 幅 NDVI 图像 (1983.7, 1988.7, 1993.7, 1998.7); 在分析植被与沙尘暴的关系时, 选用了与沙尘暴同月份的 1998 年 4 月的 NDVI 图像。

本文的浮尘数据从美国 NASA 网站上的 TOMS 浮尘指数 (aerosol index) 图像提取而得。该图像显示的是紫外吸收对流层中悬浮微粒 (尘或烟雾 dust/smoke) 的浓度和分布。该数据可以指示沙尘暴的浮尘浓度、分布、运移和消亡。

1.2 图像处理方法

NASA 网站发布的 NDVI 图像和 Aerosol 图像均为彩色图像, 不利于多时相定量比较。本文在数据分析前先把彩色图像转化为灰度图像, 方法是: 先建立与彩色图像色调标尺相对应的灰度标尺, 再根据这两种标尺间的彩色—灰度对应关系 (参见图 1), 将 NDVI 的彩色编码转化为灰度。图 2 为转化后的 1998 年 4 月 NDVI 灰度图像。图中灰色调越深表示 NDVI 值越高, 植被覆盖度越高。同理, 也

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (40671177)

作者简介: 陈志刚 (1981 年生), 男, 博士研究生, 主要从事环境遥感研究。E-mail: bjzz1981@163.com

收稿日期: 2010-01-28

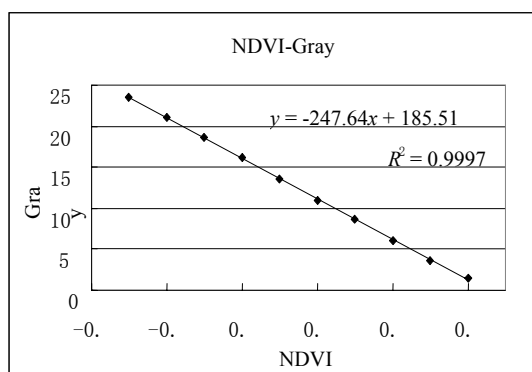


图1 NDVI 彩色标尺与灰度标尺间的彩色-灰度对应关系
Fig.1 The corresponding relation between colorized NDVI scale and grey NDVI scale

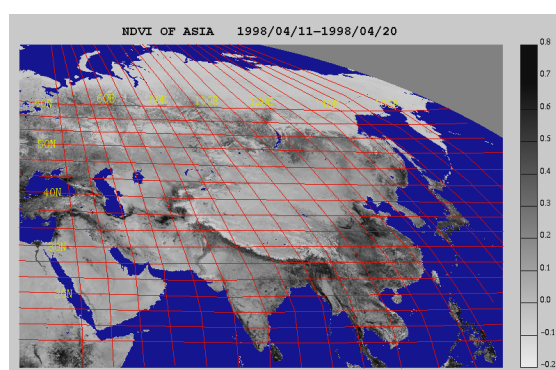


图2 1998年4月NDVI灰度图像
Fig.2 The grey NDVI image originally gotten in April of 1998

用类似的方法将浮尘指数的 Aerosol 彩色图像转换为灰度图像。

1.3 植被变换和沙尘运移探测

为了描述东亚地区植被覆盖率 20 年间的变化,由上述时间的 4 幅夏季 NDVI 灰度图像复合成了 NDVI 变化图。具体做法是把前一时段的图像反相后叠加到下一时段的图像上,并把上层图像透明度设为 50%。图 3 和图 5 是用该法制成的植被变换探测图,图中的灰色调(灰度为 127 或 128)显示植被无变化或变化轻微,越亮的白色(灰度>128)表示植被减少越多,越暗的黑色(灰度<128)表示植被增加越多。

NDVI 和 Aerosol 图像采用不同的投影,为了能把二者放在同一个位置和尺度系统里比较和定量分析,这里先对 Aerosol 图像上的经纬网内插加密,再将加密后的经纬网转绘到 NDVI 图像上。然后通过灰度平均得到每个网格的 NDVI 或 Aerosol 量化值。

2 结果和分析

2.1 植被分析

浮尘量与当地当时植被覆盖度有关。所以本文

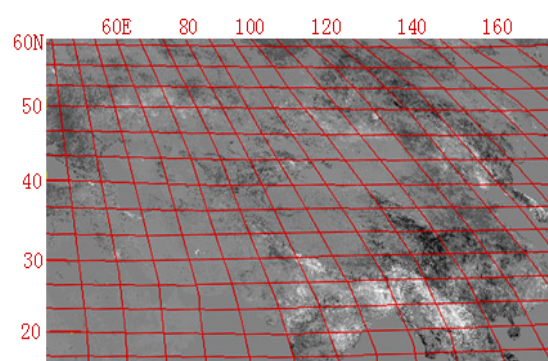


图3 15年(1998-1983)NDVI变化
Fig.3 The changes through 15 years(1998-1983)

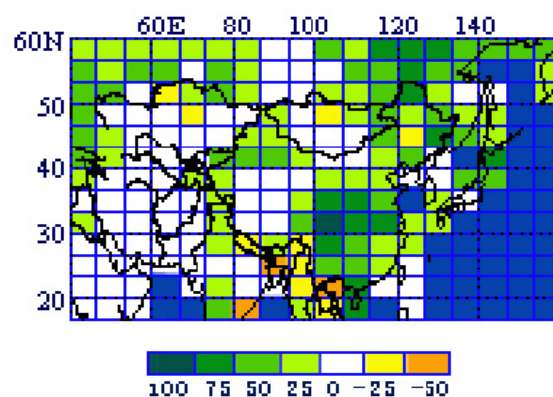


图4 15年(1998-1983)NDVI变化率
Fig.4 The changing rate through 15 years(1998-1983)

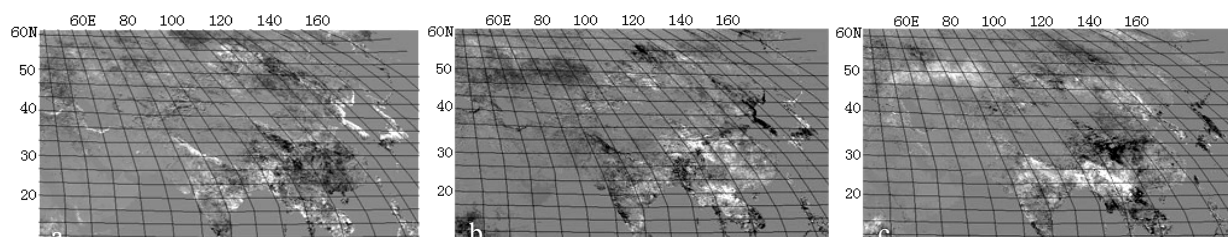
提供植被分布与变化的分析。

2.1.1 植被分布分析

本文所用的与沙尘暴数据时相相匹配的植被数据为 1998 年 4 月的 NDVI 图像,参见图 2。因为季节关系,我国大部分地区落叶植物尚未返绿,故植被指数整体较低。植被覆盖度水平东南部比西北部好。植被指数较低的区域分布于我国西部的大部分地区和、西南沿国境线一带、以及青藏高原东南部的横断山区一直延伸到中南半岛北部。沙源地一般具有低植被覆盖的特点,但低植被覆盖地区还要在其他条件具备的情况下,才可能形成沙源。

2.1.2 植被变化分析

本文根据 1983 到 1998 年的 NDVI 图像,分析了东亚地区植被 15 年的长期变化(参见图 3、4);并以 5 年为间隔,研究了植被的阶段性变化(参见图 5)。图 4 显示植被覆盖度的变化情况,图例中的数字为植被变化面积与相应单元陆地面积之比的百分率。如 25 代表植被增加占陆地面积的 25%, -50%代表植被减少占陆地面积的 50%等。0 代表植被变化率小于 25%。由图可见,位于新疆、西藏等地的植被低覆盖区,15 年来植被覆盖没有大的变化,在低覆盖区的边缘,植被覆盖度略有提高;东



a. 1988 年相对于 1983 年; b. 1993 年相对于 1988 年; c. 1998 年相对于 1993 年。

图 5 NDVI 变化图 (根据 <http://disc.gsfc.nasa.gov> 数据整理)

Fig.5 The changes of NDVI

北平原东部、横断山脉南部到中南半岛北部地区植被显著减少;其余地区植被覆盖度都有提高。

下面以横断山脉南部到中南半岛北部地区为例(图 5 中 $20^{\circ}\sim 30^{\circ}\text{N}$, $80^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$ 之间的地区),分析该地区植被的阶段性变化。1983—1988 年间,大部分地区植被减少不显著,减少率略高于增加率;1988—1993 年间,大部分地区植被稳中略增;1993—1998 年间,大部分地区植被剧烈减少。这种阶段性变化是否与气候条件的变化有关,还有待商

榷。从 15 年的长期变化来看,该地区植被减少剧烈,图 4 中的橙、黄色显示该地区 NDVI 的变化率为 $-25\%\sim -50\%$ 。该减少过程主要发生在 1993—1998 年间。

2.2 沙尘过程分析

这里使用 1998 年 4 月 TOMS 的 Aerosol 图像来观察该月的一次较强沙尘暴的起尘和运移情况。图 6 显示这次沙尘暴的每日变化。由图可知,这次沙尘暴在我国境内的部分从 1998 年 4 月 10 日起,直

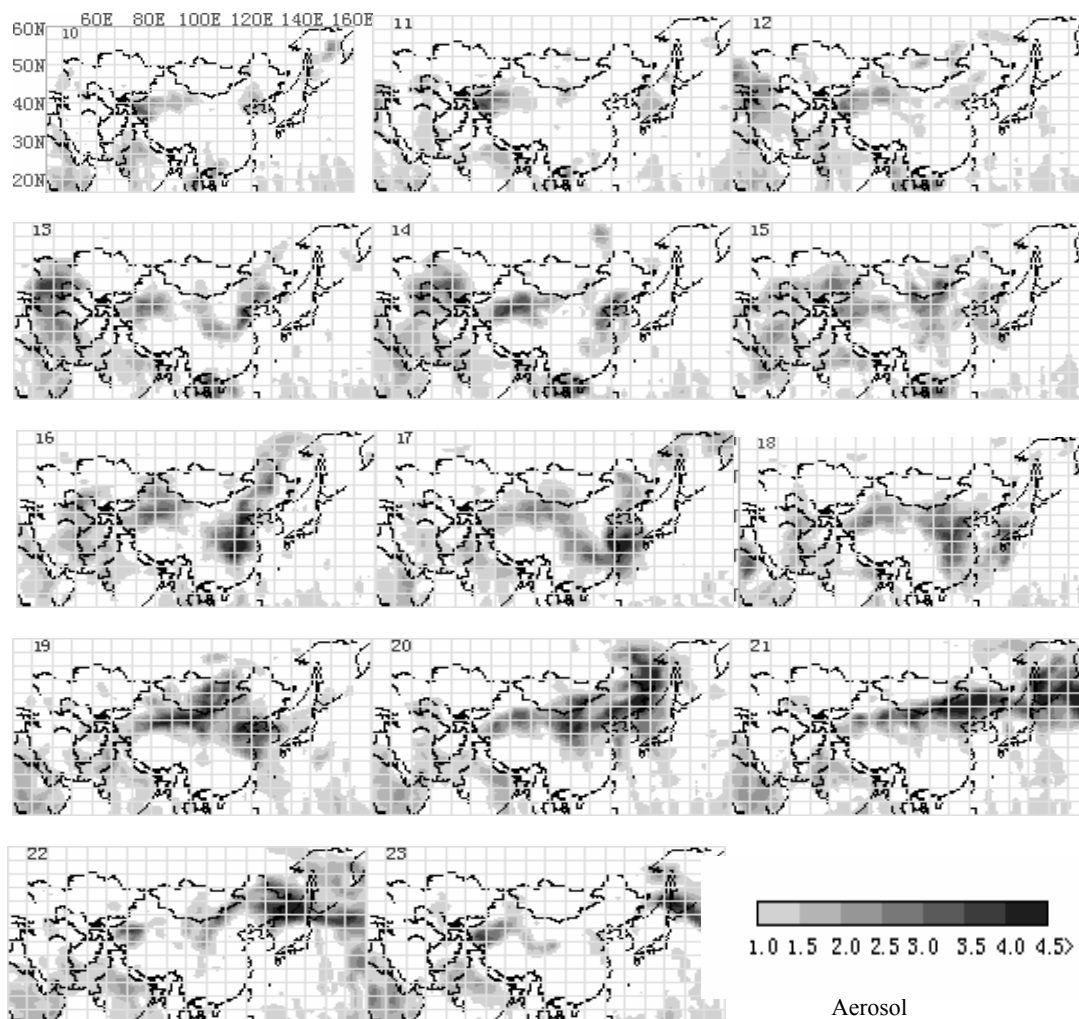


图 6 1998 年 4 月 10 日-23 日沙尘暴的逐日变化 (根据 <http://disc.gsfc.nasa.gov> 数据整理)

Fig.6 The daily changes of a sandstorm from April 10 to 23 in 1998

到 23 日移出我国边境。图中的经纬网格与图 3—图 5 中 NDVI 图像的经纬网格一致。

由图 6 可见,在这次强沙尘暴过程中,主导风向在 4 月 12、15、17、19 日经过了 4 次比较明显的变化,初始沙源和后续供沙沙源比较清晰。4 月 10 日主风向为西风,初始沙源为位于新疆西南部的塔克拉玛干沙漠,11 日在近沙源的下风方向形成了一个沙尘高浓集区。4 月 12 日起,主风向转为西偏北,蒙古境内的沙源有补沙情况,到 13 日在京津地区快速形成了另一个沙尘高浓集区。14、15 日随着北风进一步增强,东北平原和内外蒙边境附近的沙源开始大量补沙;到 16 日已经在长江中下游和华北平原形成了一个直径约 1 300 km 的沙尘高浓集区。17 日起主风向开始转向西北,西和北的 2 条沙龙在东海和黄海海域会合,18 日起西风越加强劲,19 日转西略偏南,使内外蒙边境附近的沙源大量补沙,曾一度在华北平原北部和东北大部分地区形成直径高达 2 000 km 以上的巨大沙尘团。随后几天,西风一直是主导风向,直到 23 日巨大的沙尘团全部移出我国境内,随后的一周里,该沙尘团分成若干团竟跨越太平洋进入太平洋西岸的美国和加拿大接壤地区。

2.3 沙尘规律分析

通过对这次沙尘暴的分析可以给出我国境内沙尘暴的几点规律:

(1) 主风向与供沙区:由图 6 可知,西风盛行时,新疆的塔克拉玛干沙漠是主要供沙区,北风盛行时,内外蒙边境附近的沙源是主要供沙区,华北北部和东北平原的一些新沙源也有补沙的情况。从 4 月 14 日起北风逐渐增强,其后两天的图像显示内蒙边境和东北平原三个明显的补沙点(图 7 中较

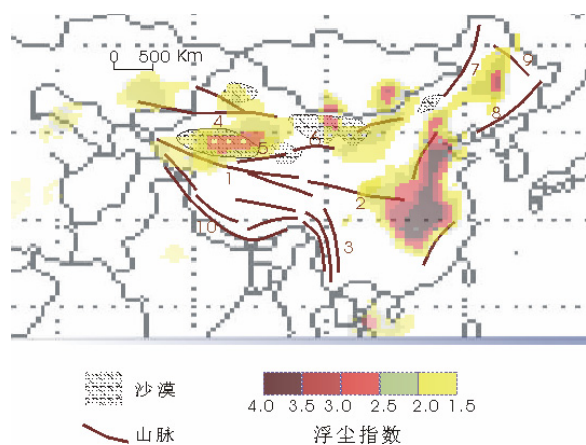
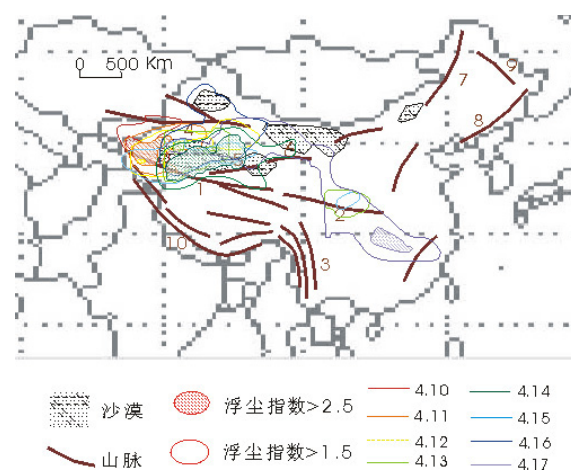


图 7 北风盛行时的供沙点:
1998 年 4 月 15、16 日 Aerosol 数据复合图像
Fig.7 The sand sources as the north wind prevails:
the Aerosol data complex picture of April 15 and 16 of 1998

小的红色图斑);如为略偏南的西风占主导时,新疆、内外蒙边境、东北平原都有供沙现象,风动力条件适合时有可能形成扬沙量最大的沙尘暴。

(2) 地形与沙尘运移路径:由图 8 可见,沙尘运移路径主要受地形控制,地形通过控制风向来控制沙尘运移方向。由塔克拉玛干沙漠扬起的沙尘只能沿着一条东西向的狭长“槽谷”运移,该槽谷相对平坦,由昆仑山脉、阿尔金山脉、祁连山脉形成槽谷的南壁,由天山山脉形成槽谷的北壁。到 4 月 15 日转西北风向时,沙尘也只能通过祁连山脉与阴山山脉之间一个狭窄的“山门”南下。



图中: 1 昆仑山脉、2 秦岭、3 横断山脉、4 天山山脉、5 阿尔金山脉、6 祁连山脉、7 大兴安岭、8 长白山脉、9 小兴安岭、10 喜马拉雅山脉、11 阴山山脉。

图 8 1998 年 4 月 10 日-17 日新疆塔克拉玛干沙漠沙尘暴的运移路径

Fig.8 The sand transportation path of the sandstorm from TaKalamagan desert in XinJiang from April 10 to 17 of 1998

(3) 补沙地点和补沙量:初始扬沙地一般为面积较大的沙漠。而补沙地点通常在沙尘运移路径或上风方向上,补沙量主要受风动力条件和沙源自身条件的双重控制。图 9 是 4 月 17、18 两天的 Aerosol 数据复合图像,从 17 日的图像上看,新疆、内外蒙边境附近沙源供沙的沙团已经大部分移入东海,后续供沙也已经减弱,在老沙团西面新形成的浓集沙团主要来自华北平原新沙源的补沙。

2.4 沙尘暴对沙尘路径区域的影响

沙尘暴影响范围与强度一方面与沙源的供沙量有关,另一方面还与沙尘暴路径区域有关。而沙尘暴移动路径和方向主要受与地形有关的风动力条件影响。在沙尘暴形成后的若干天里,在适当的风动力条件下,除了从沙源地继续获得沙尘补充外,还会刨蚀途经区域地表裹挟起更多的沙尘,风动力不足时颗粒较粗的浮尘沙又会在移动路径区沉降,这种刨蚀和沉降作用会使主要沙尘路径区域

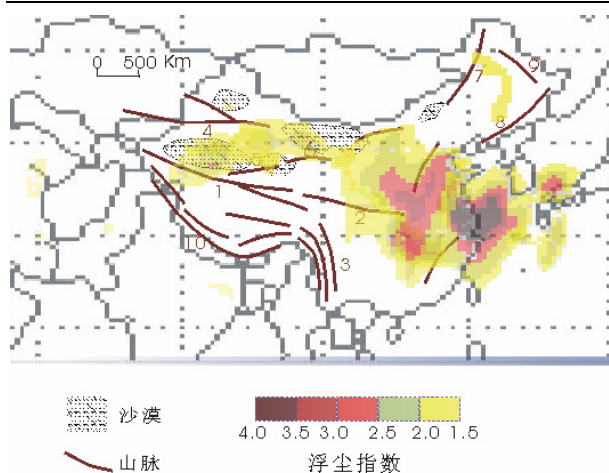


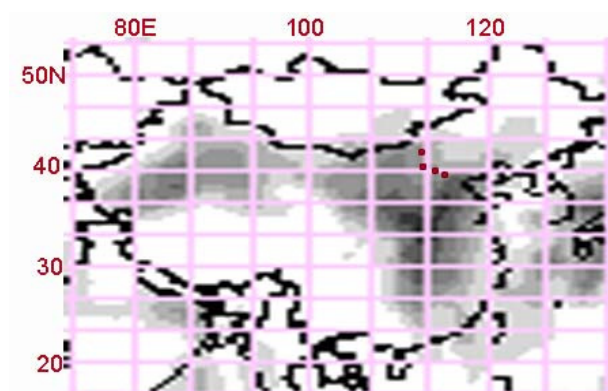
图9 本地沙源补沙情况:

1998年4月17、18日 Aerosol 数据复合图像

Fig.9 The complementarities of sand from local place: the Aerosol data complex picture of April 17 and 18 of 1998

快速沙化。

关于主要沙尘路径区域快速沙化的一个典型的例子是河北省怀来县,距北京市中心仅 70 km^[18]。是北和西北风向沙尘暴入京的必经之地。近十年来,在沙尘暴过往的影响下,土壤急剧沙化,形成了数千公顷的沙地。另一个例子是在同一方向上距北京约 110 km 的张家口,在洋河中段不足百公里的范围内,分布着总面积在 14 000 hm² 以上沙地,每年向北京输沙近百万吨。再远一些的还有河北坝上地区和内蒙古浑善达克沙地,河北坝上地区近 50 年来草原面积减少了 40% 以上,而蒙古浑善达克沙地近 50 年来流动沙地面积增加了 17 倍。因为这些地方都处于内蒙古沙尘入侵京津的主要通道上(参见图 10),所以快速沙化,成为该方向沙尘暴的主要原沙源或后续补沙源。



120E 左/40N 附近的 4 个红点,由东南向西北依次为:北京市、怀来县、张家口市、浑善达克沙地,背景为 1998 年 4 月 18 日浮尘指数图。

图 10 沙尘主要路径区域快速沙漠化的例子

Fig.10 A sample of desertification in short time at the main sand path

2.5 植被与沙尘关系分析

从较小的区域来看,植物的根系具有固沙作用,树冠可以增大地表摩擦,降低风速。从而减少扬沙和根本改善风沙地区的生态环境。经测定,在沙丘上造林经若干年后,当植被覆盖率达到 60% 以上时,流动沙丘便转化为固定沙丘。林内风速减低 5%~15%,昼夜温差减少 3~5 °C,如福建省平潭县建防风固沙林后,年均风速由造林前的 7.7 m·s⁻¹,降低到 6.4 m·s⁻¹; 8 级以上大风的年均日数由造林前的 126 d 降低为 71.6 d^[18]。

但要大范围获得植被与沙尘暴扬沙量的定量关系不是一件容易的事,原因主要有: a. 植被覆盖度只是决定扬沙量大小的一个因素,扬沙量还要受地形、土壤沙化程度、风力、风向、大气稳定度等气象和其他因素的影响; b. 起尘后沙尘走向不定。在一次沙尘暴过程中,有时很难确认某个浓集沙尘团是本地扬沙引起,还是从别处漂移过来,或者二者兼有; c. 沙尘有自己的运行路径,影响范围,特别当漂浮高度较高时,地表植被可能很难对其浓集轮廓产生显著影响。

考虑到以上影响因素,相关分析选择 4 月 10 日新疆塔克拉玛干沙漠地区的 Aerosol 图像数据。从图 6 可以看出,该地区是一个明显的初始沙源。考虑到当天 Aerosol 数据获取时间略迟于起尘时间,这里根据当天的气象数据,把沙尘数据逆风向做了回移处理。考虑到原始数据的网格单元比较大,不利于显示沙尘浓度的细微变化,这里按 1/4 单元网格量化沙尘数据。植被数据取自 1998 年 4 月的 NDVI 图像。然后根据这些数据做了一些相关分析。

首先是沙尘全范围回归分析(包括沙尘浓集区的边缘),由于沙尘浓集区边缘的数据与植被几乎不相关,所以总体相关性不好(参见图 11)。此后去掉了边缘点,再作回归分析。结果见图 12。由此给出沙源区浮尘指数 y 与植被指数 x 之间的相关关系:

$$y = -3.8644x + 2.8448 \quad (2)$$

$$R^2 = 0.8791 \quad (\text{样本数 } 5, R^2 \text{ 限值为 } 0.8730 (f=3, \alpha=0.02))$$

它指示在沙源地区植被覆盖度与沙尘显著负相关。即改善沙源地的植被覆盖有助于减少扬尘。

另外,又取 1998 年 4 月 18 日长江下游地区数据分析。该地区没有大规模沙源,沙尘主要是别处来的飘尘。这里的沙尘数据也基本不包括浓集区边缘数据。仍按 1/4 单元网格量化沙尘数据。图 13 是回归分析的结果。由此给出非沙源区浮尘指数 y 与植被指数 x 之间的相关关系:

$$y = -2.558x + 2.8272 \quad (3)$$

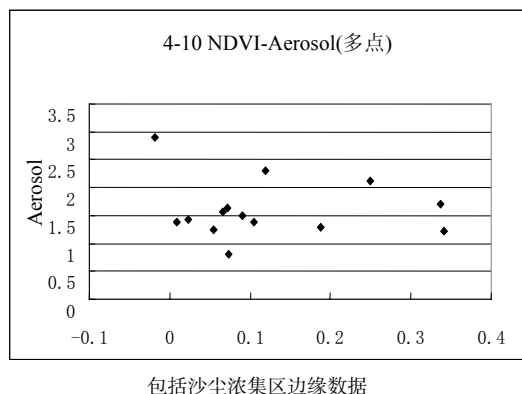


图 11 4 月 10 日沙源区 NDVI - Aerosol 相关图
Fig.11 The NDVI-Aerosol correlation picture in the sand source in April 10

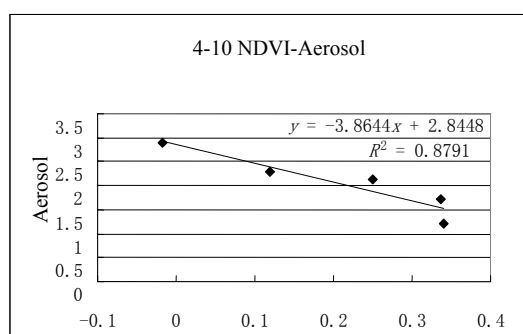


图 12 4 月 10 日沙源区 NDVI - Aerosol 相关图
Fig.12 The NDVI-Aerosol correlation picture in the sand source in April 10

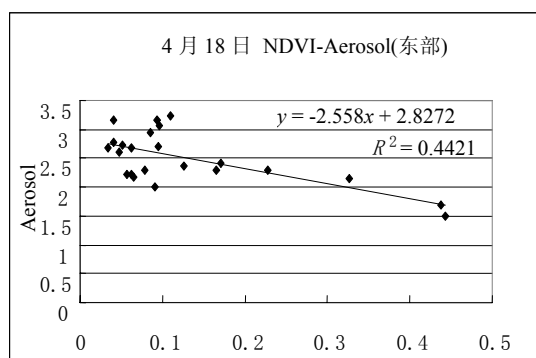


图 13 1998 年 4 月 18 日沙尘漂浮区 NDVI - Aerosol 相关图
Fig.13 The NDVI-Aerosol correlation picture in the sand floating region in April 18

$R^2=0.4421$ (样本数 23, R^2 限值为: $0.4256(f=20, \alpha=0.001)$)

它指示在非沙源地区植被覆盖度也与沙尘呈显著负相关。它初步证明了植物对风沙的摩擦减速促降作用、植物蒸腾对浮尘的促沉降作用等良性控制机制。

2.6 植被变化与沙尘关系分析

前面提到,每隔 5 年的植被变化分析指出在我国横断山区南部一直延伸到中南半岛中北部地区有一块植被减少非常明显的地区。从 4 月份的沙尘暴图像中,可以看出该地区和其下风向地区出现了明显的沙尘天气(4 月 10 日 - 15 日),可以初步判定这是一个因为植被减少而形成的新沙源区。该地区气候分干湿两季,干季从每年 11 月至次年 4 月,湿季为 5 月至 10 月。干季该地区盛行从大陆吹向海洋的东北风,降水稀少。而这次沙尘暴出现的时间恰好在干季的末期,此时地表最干旱,容易起尘。

另一个由于植被显著减少形成新沙源的地区在东北平原东部。由图 4 可见,该地区 15 年(1998—1983)的 NDVI 变化率为-25%。由图 7 可见,该地区已经是一个供沙量很大的沙源(图 7 中山脉 7、8、9 所围的红色图斑)。

3 结论

(1) 通过沙源区浮尘指数与植被指数的相关分析,发现在沙源地区植被覆盖度与沙尘呈显著负相关,即植被覆盖状况对起沙量有很大影响,植被覆盖率好的地表要比植被覆盖率低、沙化、干旱的地表不易起沙。这种相关性也在防沙造林的实践中得到了证实^[18]。

(2) 通过 NDVI 图像变换探测分析,对我国沙尘暴主要沙源地区的植被变化情况做了调查分析,可知西北部大部分干旱区植被覆盖度一直很低,而且相对稳定,自 1983 年来植被覆盖度稳中略有增加,但总体覆盖水平仍然很低;植被覆盖度的这种改善,对沙尘暴目前还不能表现出明显的遏制作用。所以还需要继续封山、封荒,大力植树种草,增加地表植被覆盖,以固结泥沙。

(3) 与西北部干旱区形成对照的是我国横断山区南部一直延伸到中南半岛中北部,以及东北平原东部各有一块植被减少非常明显的地区。并通过与沙尘暴供沙源的对照认定它们已经形成供沙量很大的沙源。必须找出引起这些地区土壤沙漠化的主因,采取相应的措施遏制沙漠化的持续扩张。

(4) 沙尘运移路径主要受地形控制,补沙地点通常在沙尘运移路径上,补沙量主要受风动力条件和沙源自身条件的双重控制。对于地形以及由此决定的风向和动力条件等人类可能无能为力,但人类还是有可能通过植树种草等改善沙源自身条件来减少供沙量。沙尘运移路径地区是防尘固沙的重点之一,但这种地区的沙丘通常处于活动期,所以又是植树种草特别难以成活的地区。必须花大力气研究适合这类地区植树种草的技术。比如对于严重沙化区的流动沙丘,可以采取机械治沙与生物治沙相

结合的方式, 先建非植物沙障, 再采取深穴客土栽种、滴灌养护等措施, 提高苗木的成活率。应选择耐旱、易成活、速生的苗木品种, 宜乔则乔, 宜灌则灌, 宜草则草, 建设乔、灌、草以及机械沙障结合的防风固沙体系。在沙漠边缘地带, 要建阻沙林带, 遏制流沙蔓延。

参考文献:

- [1] 李耀辉. 近年来我国沙尘暴研究的新进展[J]. 中国沙漠, 2004, 24(5): 616-622.
LI Yaohui. New advances of research on sand-dust storm during recent years in China[J]. Journal of Desert Research, 2004, 24(5): 616-622.
- [2] CHUNG Y S. Atmospheric loadings, concentrations and visibility associated with sandstorms satellite and meteorological[J]. Analysis, Water, Air, and Soil Pollution, 2003, 3: 21-40.
- [3] CHUNG Y S. On East Asian sand and duststorms and associated significant dustfall observed from January to May 2001[J]. Water, Air, and Soil Pollution, 2003, 3: 259-277.
- [4] CHUNG Y S. On sand and duststorm and associated significant dust-fall observed in Chongju-Chongwon, Korea during 1997-2000[J]. Water, Air, and Soil Pollution, 2003, 3: 5-19.
- [5] 陈玉福, 唐海萍. 近50年首都圈沙尘暴的变化趋势及其与气温、降水和风的关系[J]. 环境科学, 2005, 26(1): 32-37.
CHEN Yufu, TANG Haiping. Dust storms trend in the capital circle of China over the past 50 years and its correlation with temperature, precipitation and wind[J]. Environmental Science, 2005, 26(1): 32-37.
- [6] 邱新法, 曾燕, 缪启龙. 我国沙尘暴的时空分布规律及其源地和移动路径[J]. 地理学报, 2001, 56(3): 316-322.
QIU Xinfu, ZENG Yan, MIU Qilong. Temporal-spatial distribution as well as tracks and source areas of sand-dust storms in China[J]. Acta Geographica Sinica, 2001, 56(3): 316-322.
- [7] 周自江. 近47年中国沙尘暴气候特征研究[J]. 应用气象学报, 2002, 13(2): 193-200.
ZHOU Zijiang. Climate characteristics of sandstorm in China in recent 47 years[J]. Journal of Applied Meteorological Science, 2002, 13(2): 193-200.
- [8] 许东蓓. 1998年“4.18”强沙尘暴分析及数值模拟[J]. 气象, 2002, 28(8): 9-14.
XU Dongbei. Analysis and numerical simulation for a strong dust devil occurred on 18 April, 1998 in northwest China[J]. Meteorological Monthly, 2002, 28(8): 9-14.
- [9] 王劲松. “4.12”沙尘暴天气的数值模拟及诊断分析[J]. 高原气象, 2004, 23(1): 89-96.
WANG Jinsong. Numerical simulation and diagnosis analysis of “4.12” sand-dust storm[J]. Plateau Meteorology, 2004, 23(1): 89-96.
- [10] 胡金明. 中国沙尘暴时空特征及人类活动对其发展趋势的影响[J]. 自然灾害学报, 1999, 8(4): 49-56.
HU Jinming. Temporal and spatial characteristics of sandstorm in China and the influences of human activities on its development trend[J]. Journal of Natural Disaster, 1999, 8(4): 49-56.
- [12] 李丽. 沙尘暴的基本特征和成因初探[J]. 甘肃环境研究与监测, 2001, 14(3): 131-133.
LI Li. Research on the basic characteristics of sandstorm and its form[J]. Gansu Environmental Study and Monitoring, 2001, 14(3): 131-133.
- [13] 申源村. 中国沙暴、尘暴及其防治[J]. 干旱区资源与环境, 2000, 14(3): 11-14.
SHEN Yuancun. Sand-storm and dust-storm in China and prevention and control[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2000, 14(3): 11-14.
- [14] LI Xinrong. Study on shrub community diversity of Ordos Plateau, Inner Mongolia, Northern China[J]. Journal of Arid Environments, 2001, 47: 271-279.
- [15] 张庆阳. 我国沙尘暴灾害及其治理对策初步研究[J]. 干旱环境监测, 2001, 15(4): 199-203.
ZHANG Qingyang. Study on sand-storm and dust-storm in China and prevention and control[J]. Arid Environment Monitoring, 2001, 15(4): 199-203.
- [16] 郭亚萍. 沙尘暴的成因及防止措施初探[J]. 干旱环境监测, 2000, 14(3): 167-171.
GUO Yaping. Research on the form of sandstorm and its prevention and control[J]. Arid Environment Monitoring, 2000, 14(3): 167-171.
- [17] 顾卫. 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.
GU Wei. Study on relationship between vegetation cover and distribution of days of sandstorm-taking central and western inner Mongolia for example[J]. Advance in Earth Sciences, 2002, 17(2): 273-277.
- [18] 朱俊凤, 朱振达. 中国沙漠化防治[M]. 北京: 中国林业出版社, 1999: 29-256.
ZHU Junfeng, ZHU Zhenda. The Prevention and Control of Desertization in China[M]. Beijing: Chinese Forestry Press, 1999: 29-256.

NDVI and the conditions of generating sandstorm

CHEN Zhigang, ZHOU Jianhua

Key Lab of GIS, Educational Ministry, East China Normal University, Shanghai 200062, China

Abstract: The change of vegetation cover from 1981 to 1998 in China was analyzed using normalized difference vegetation index as the indicator, then the situation that new sand source formation caused by the drastic reduction of vegetation cover was presented. Local vegetation cover and soil factor are the key factors affecting the generation and migration of sandstorm besides terrain, wind speed and direction, atmospheric stability by the analysis of sandstorm in April 1998. And the quantitative analysis of NDVI and Aerosol Index showed there is a negative correlation between them, and the presence of vegetation can inhibit the generation of dust phenomena to some extent. Therefore, measures like mountain closure and trees planting can be taken to improve the vegetation cover and the soil consolidation, which help decrease the sandstorm to some extent.

Key words: sandstorm; NDVI; Aerosol; detecting change; remote sensing