

宁夏中部干旱带生态变化与沙尘暴 发生的关系分析*

赵光平^{1,2)} 陈楠¹⁾ 杨建玲¹⁾
李艳春¹⁾ 吴加敏³⁾

¹⁾(宁夏气象防灾减灾重点实验室,银川 750002)

²⁾(中国气象局兰州干旱气象研究所,兰州 730020)

³⁾(宁夏地矿厅遥感中心,银川 750021)

摘 要

利用 TM 遥感资料,结合 8 大类土地详查资料,基本查清了位于宁夏中部干旱带具有代表性的沙尘暴高发区盐池县 20 世纪 90 年代年际变迁量化特征。分析表明,盐池县 90 年代初期的生态状况明显好于末期。气候干旱是导致生态变化的主要原因,但人为活动如大量开垦耕地、过牧及滥挖甘草等也是重要因子。依据沙尘暴的成因,通过对近 30 年盐池县沙尘暴个例多源资料综合分析,局部治理整体恶化的生态现状导致了沙尘暴起暴阈值的明显下降,即近 30 年来沙尘暴在宁夏中部的干旱地带发生机率已显著提高。由于造成我国西北地区土地荒漠化的气候、水资源短缺、土地资源超载等因素在可预见的一个相当长的时期将难以得到较大的改善,且干旱区的生态环境具有脆弱性、易损性、难复性等特点,该文通过较全面客观的量化分析,初次提出今后我国西北地区的沙尘暴发生机率应处在上升的态势之中。

关键词:荒漠化 沙尘暴 演变趋势

引 言

研究表明^[1],沙尘暴天气的产生必须具备两个基本物理条件和一个外部环境条件,即:气象动力条件;生态条件及区别一般性和强沙尘暴的锋区附近的中小尺度系统或能引发高空下击暴流产生的低层能量聚积。近年来国内科技工作者从不同角度,在沙尘暴大气观测、时空分布、形成机理、起沙降尘特征、监测预报方法及防灾减灾对策进行了初步研究^[2],但在生态变迁条件下的沙尘暴演变趋势、成灾规律、生态减灾效益评估及沙尘暴的防灾、减灾技术和整治对策领域基本还未做深入系统的分析研究。王式功等^[3]、杨东贞等^[4]依据天气事实分析,得出我国北方沙尘暴发生次数近几十年来总体呈减少趋势;我区陈楠等^[5]根据宁夏盐池、同心等 6 个代表站 1961~2001 年年均沙尘暴发生次数资料分析(见图 1),牛生杰等^[6]通过环贺兰山地区沙尘暴对比观测研究,得出宁夏沙尘暴在过去 40 年随年代际其发生频率处于波动中减少趋势。由于沙尘暴既是大范围土地荒

* 国家自然科学基金项目(40065002)资助。

2003-01-20 收到,2003-09-01 收到修改稿。

漠化的一个重要标志,又是大气环流与干旱荒漠化下垫面相互耦合作用的结果,它与生态环境和下垫面状况有着极为密切的关联,因此,上述分析结果显然无法解释我国北方地区的环境和植被覆盖总体趋于恶化,宁夏半干旱地带生态环境局部治理,整体恶化的这一客观事实^[7]。

近几十年及今后一个时期我国北方在大生态背景下的沙尘暴发生发展演变态势是目前国内外关注的重点和热点问题之一。我们以地面气象观测规范中 2 min 平均风速 ≥ 12 m/s 作为大风天气标准;以强风将地面尘沙卷起,使空气特别浑浊,水平能见度小于 1 km 作为沙尘暴天气标准,普查各站大风、沙尘天气。从天气事实分析结果可以看出,我区盐池县位于毛乌素沙漠的边缘,地处乌兰布和沙漠和腾格里沙漠的下风方,其地表以沙质土为主,由于它所处的特殊地理位置和环境因素,每年春季该站虽然大风相对较少,但却是我区扬沙和沙尘暴发生的最大高值区;与此形成强烈反差的是,我区春季大风天气最多、风力最强劲的惠农县,由于其上风方和周边地表多为砾质戈壁所构成,沙尘暴天气却相对较少(见图 2),可见生态环境和下垫面状况对沙尘暴的负反馈效应极为显著。本文主要探讨两个方面的问题,一是宁夏中部干旱带及沙尘暴多发区近 10 年来的生态年际变迁量化特征;二是在局部治理、整体恶化的生态背景下,利用多源资料,通过对沙尘暴起暴阈值与荒漠化间的量化相关分析,摸清我国北方特定区域沙尘暴今后一个时期发生演变的基本态势。

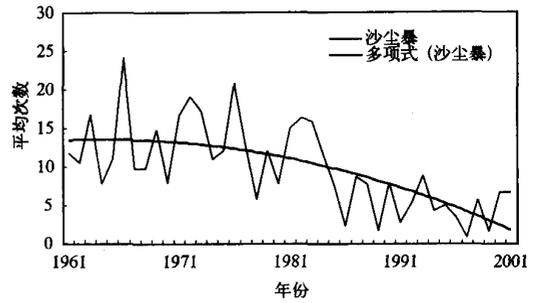


图 1 1961 ~ 2001 年宁夏 6 站沙尘暴年际变化曲线

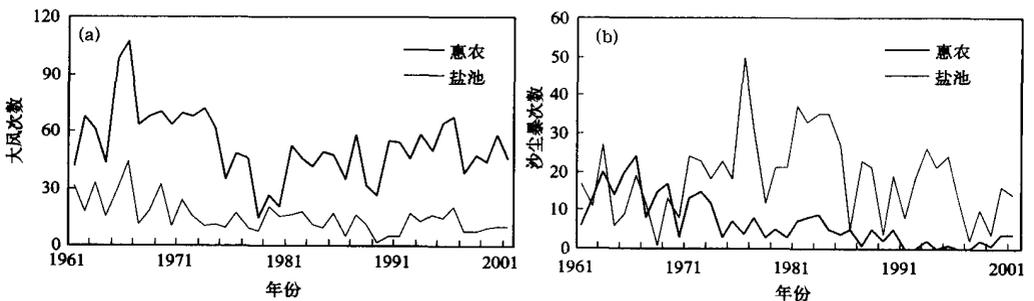


图 2 惠农、盐池站 40 年大风(a)、沙尘暴(b)年际变化图

1 资料

(1) 气象资料 本文所用的资料有 1961 ~ 2000 年 40 年宁夏各站点出现大风、浮尘、扬沙和沙尘暴的天气实况资料;有气象记录以来,宁夏各站点出现沙尘暴时 10 min 最大风速风向资料以及宁夏各站点出现 10 min 平均大风时,产生沙尘暴天气现象的资料;近 30 年来宁夏沙尘暴多发区和关键区(盐池—同心—中卫一带)标准天气个例(满足能见度

标准,并伴有 17 m/s 以上瞬时大风)的连续 2~10 min 平均风向、风速(气象自记资料)及对应的整点能见度观测资料;有气象记录以来,相关站点的降水、气温、风、蒸发量、空气相对湿度、日照及辐射总量等分析背景资料。

(2) 遥感资料与方法 不同年代际、同季相的 Landsat TM 资源卫星遥感 1991 年 8 月 30 日资料 2 景、2000 年 7 月 29 日 2 景。

鉴于本次遥感解译目标是土地利用/植被覆盖,因此,从时相上我们选择了 8~9 月份生态本底较好时期的遥感资料作为解译对象。遥感资料精校正控制点的数量分别为 17 和 18 个,精校正误差(RMS)低于 18 m(小于 0.6 个像元);精校正后的影像为 105°中央经线、6 度分带、高斯-克吕格投影、80 西安坐标系;影像判读解译合成方案为 R7G4B1 法。图斑识别与标志确定工作可归纳为如下流程:校正→合成(741)→初步判读→类型/变化、GCP 点→野外查证;观察→详细记录→光学/数字照相→采样→整理→建立标志库。

(3) 土地利用现状 8 大类详查资料 收集得到宁夏沙尘暴多发区、关键区盐池、同心、中宁、中卫、银川、陶乐、惠农各市县 1990 年至 2001 年的土地利用现状 8 大类详查资料(内部资料)。详查类别包括:耕地、园地、林地、牧草地、居民点及工矿用地、交通用地、水域和未利用土地。各类中又包含二级分类项目,其中与生态状况密切相关的牧草地又细分为天然草地、改良草地、人工草地;耕地细分为灌溉水田、望天田、水浇地、旱地和菜地;林地中也细分为有林地、灌木林、疏木林、未造成林林地、迹地、苗圃等。

2 宁夏沙尘暴高发区生态环境量化本底评估与特征

2.1 生态本底评估

宁夏处于干旱荒漠区向半干旱草原过渡区,是中国西北地区沙尘粉尘补充、东输的必经之地,从 1961~2000 年 3~5 月宁夏各站年平均沙尘暴分布图看到,干旱少雨、沙尘暴高发区的盐池县(见图 3)是这一地区的典型代表。盐池位于宁夏中东部,东邻毛乌素沙地,面积 6655 km²。其境内无大河系,大部分河沟属黄河支流苦水河水系,三水资源严重匮乏,宋时称旱海。植被以草地为主,草场质差,属荒漠草原区。

利用 ERSA 公司的 ERDAS 软件,通过图像处理、地理定标、通道叠加与各种数学解译处理、特征量提取、监督分类、制图等,已对我区盐池地区荒地草被状况、荒地上的沙生植物、沙

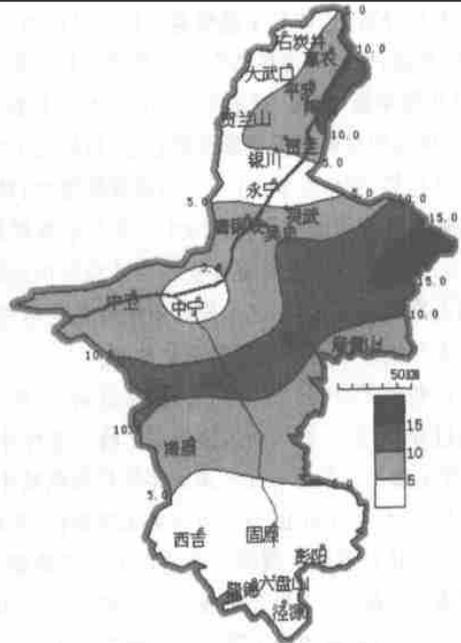


图 3 1961~2000 年 3~5 月宁夏沙尘暴年平均分布图

漠化与弃耕荒地、沙漠化增强、沙漠化状况、土地类型、土地沙化状况、新灌区土壤盐碱化分布图、新灌区植被分布图、新灌区作物分类等做了 1991 年和 2000 年同季对比分析图(见彩图 4),并形成 I 类动态变化数据汇总表(见表 1)。分析表 1 可得到:一级类别中,1991 年与 2000 年土地利用类型数量最多的均为自然/半自然植被(包括:牧草地、林地和园地);其次为农业用地(主要为耕地)。

表 1 宁夏盐池县生态环境遥感本底调查 I 级分类及动态变化数据汇总

I 级分类	宁夏盐池县(共 5 类)				增减 (±%)
	1991 年		2000 年		
	面积 (km ²)	占辖区 比例(%)	面积 (km ²)	占辖区 比例(%)	
1. 人工用地	85.7	1.3	92.8	1.4	+8.3
2. 农业用地	956.4	14.4	989.3	14.9	+3.4
3. 自然/半自然植被	5036.8	75.7	4757.2	71.5	-5.6
4. 水体	14.7	0.2	21.1	0.3	+43.5
5. 未利用土地	561.4	8.4	794.6	11.9	+41.5

2000 年农业用地中的耕地与 1991 年相比,数量增加;自然/半自然植被中的牧草地 2000 年与 1991 年相比,其分布范围虽略小于 1991 年,但草原资源退化严重。

综合分析后得出:盐池县 1991 年和 2000 年两个时相的卫星影像对比,1991 年的植被盖度明显好于 2000 年。

2.2 生态本底与启动风速年际演变特征

利用我区盐池县近 10 年所收集得到的土地利用现状 8 大类详查资料,通过年际间综合对比分析,选取其中能够基本精确反映出详查地的生态本底年际演变量化特征的牧草地、耕地、林地等资料制作了生态特征量年际演变趋势图(见彩图 5)。从盐池县 1990~2002 年牧草地、耕地、林地及未利用土地面积距平百分率的年际变化曲线看到,1990 年以来,牧草地的总面积呈逐渐下降趋势,特别是 1998 年后为显著下降;未利用土地面积为缓慢下降趋势;耕地面积 90 年代以来有所增加;林地面积 2000 年前基本稳定少变,随着国家退耕还林政策的实行,自 2001 年其呈明显增加趋势,尤其是 2002 年,林地面积增加近 100%,但由于盐池县林地面积占辖区总面积的百分比相对较小,且新增林地的生态调控作用近期难以发挥,加之水资源短缺等其它不利因素仍将长期存在,因此,我区中部干旱带生态环境总体呈退化态势不易改变。

以能见度 ≥ 600 m 为标准,从盐池站 90 年代 3~5 月每月各选取 3 例一般性沙尘暴天气过程,对沙尘暴启动风速的变化特征进行分析。从表 2 可以看出,在所选个例中,3~5 月沙尘暴发生前 2 min 风速随年际均逐渐减小;3 月和 4 月,沙尘暴前 10 min 风速也为减小趋势;5 月份前 10 min 风速呈无序变化,而开始后 10 min 及沙尘暴结束前、后 10 min 的风速变化没有明显规律。通过以上所选典型个例分析,90 年代以来,盐池站在春季沙尘暴多发时段,沙尘暴开始前 2 min 和 10 min 风速逐渐减小。即:在天气强度基本相同的前提下,启动风速的下降与上述对生态本底分析所得到的盐池县近 10 年来牧草地面积不断萎缩、质量显著下降,季节性荒漠化耕地面积不断扩大,土地逐年沙化的分析结果相吻合。

表 2 宁夏盐池县 90 年代以来 3~5 月间沙尘暴前后风速及持续时间变化表

日期	开始时间	结束时间	能见度 (m)	开始前	开始前	开始后	结束后	结束后	最大 风速 ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	极大 风速 ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)
				2 min 风速 ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	10 min 风速 ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)					
3 月	1990-03-18	06:00 11:45	600	2.0	8.7	10.3	9.0	8.0	10.7	17.9
	1995-03-10	17:20 11 日 02:18	700	1.3	8.0	9.0	6.0	5.7	11.5	17.7
	1998-03-18	10:10 17:06	600	1.0	2.7	10	6.0	5.0	11.6	17.7
4 月	1990-04-06	19:12 21:31	700	2.0	8.0	10	5.3	6.0	11.7	18.1
	1996-04-23	19:33 21:45	800	1.3	7.0	6.7	5.0	4.3	8.4	13.8
	1998-04-23	06:52 10:31	700	0.7	5.7	5.0	7.0	6.7	7.4	13.1
5 月	1990-05-14	19:27 23:35	700	10.1	5.0	5.0	5.0	5.0	7.3	
	1994-05-11	09:26 14:40	900	2.0	9	9.7	8.0	7.0	12.0	
	2000-05-14	20:05 21:33	800	1.3	8.7	6.7	6.0	4.3	8.0	

2.3 荒漠化成因

(1) 气候干旱 年际间降水不均衡和有效降水减少 分析盐池站自建站到 2000 年降水趋势发现(见图 6),该站年总降水量升降趋势不明显,结合其不同季节的降水配置特征分析,其春季降水趋势虽无大的升降变化,但自 90 年代初期,降水偏少年份居多(但总量仅在 50 mm 左右);夏季降水近年来有上升趋势,自 90 年代初期以来,偏多年份占多数,但突发性、灾害性强降水天气事件明显增多;秋季降水呈明显下降趋势,尤其 90 年代以来下降最为明显(图略)。同时近年来盐池年平均气温呈明显上升趋势,利用 N. N. 伊万诺瓦指标,对盐池湿润度趋势进行评估结果显示(见图 7),湿润度年际间虽有波动,但总的

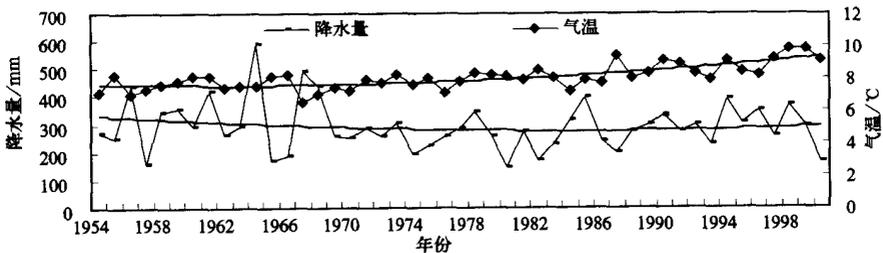


图 6 盐池年降水量及年平均气温变化趋势

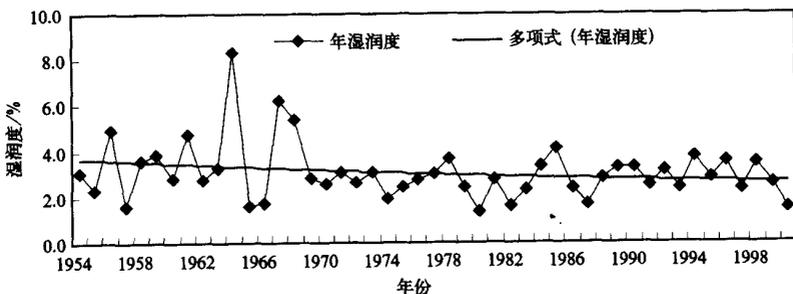


图 7 盐池年湿润度变化趋势

趋势是处在缓慢下降的进程中。换言之,随着气候变干、有效降水日趋不足,近年来地处我区中部干旱带的盐池县的气候条件趋于恶劣,生态自然恢复的难度加大。

(2) 滥垦荒地 过度放牧 滥挖甘草 据我区土地利用现状 8 大类详查资料,1990 年底,盐池县耕地面积基本保持在 95354 hm^2 左右;1996 年上升到 96051 hm^2 ;1999 年上升到 97827 hm^2 ;2000 年达到 100575 hm^2 ;2001 年为 99580 hm^2 ,2002 年由于未统计撂荒地面积,因此总面积有所减少为 92788 hm^2 ,13 年间增加 5.5% ,近 5221 hm^2 。据调查资料,目前盐池县农户平均每户开荒 $1.3 \sim 2 \text{ hm}^2$,广种薄收,天气干旱时,大量撂荒,天然植被遭到破坏以后就地起沙,季节性荒漠化程度近年来明显加大。据畜牧部门资料,1991 年时,盐池县共有羊只 38 万头,其中山羊少于 40% ,至 2000 年时,羊只激增至近 100 万头,尤其是对草场破坏严重的山羊的比例已超过 40% ,草场的承载力也由 90 年代以前的 $1.2 \text{ hm}^2/\text{羊单位}$,减至 2000 年的 $1.3 \text{ hm}^2/\text{羊单位}$;受暂时经济效益的驱使,以甘草为草原主要种类的盐池县,每年有当地,尤其是大量外地人来此掠夺式地挖取甘草,许多地方已被翻过几遍,造成土地严重沙化。

3 生态退化与沙尘暴演变规律

由于气象要素和观测等诸多客观条件的制约,不仅很难得出不同生态背景下所对应的精确沙尘暴起暴阈值,而且经过对比试验分析后发现,非数值模拟和大型风洞试验方法也难以得到所研究区域的生态本底年际变化特征量与起暴阈值间的量化对应关系。为了摸清生态退化状态下的我区沙尘暴演变趋势,我们首先依据近 30 年来我区最具代表性的几个气象站的全部沙尘暴个例细密自记风时序资料,通过不同年代际中所发生的相对较弱沙尘暴组进行启动风速比较,基本证实了我区及周边生态环境逐渐恶化已造成我区沙尘暴的启动风速随年代际呈下降状态(见彩图 8);同时,根据对盐池站自记风时序资料的综合分析,并以沙尘暴起暴后最近时次 10 min 平均风速近似作为起暴阈值,结合整点能见度观测及其它多源资料,通过对比不同年代际间起暴阈值与土地荒漠化的量化演变特征,基本摸清了我区中部干旱带不同生态背景下的沙尘暴演变趋势特征:

(1) 沙尘暴发生期间 10 min 风速平均值在 70 年代为 $9.6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,80 年代为 $8.3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,90 年代为 $8.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,风力随年代际呈下降趋势;(2) 沙尘暴发生期间 10 min 极大风速平均值在 70 年代为 $12.2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,80 年代为 $11.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,90 年代为 $11.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,也基本呈下降趋势;(3) 沙尘暴平均持续时间在 70 年代为 2 小时 10 分钟,80 年代为 3 小时 8 分钟,90 年代为 4 小时 34 分钟,随年代际呈延长趋势;(4) 沙尘暴发生期间能见度平均值在 70 年代为 0.7 km ,80 年代为 0.7 km ,90 年代 0.8 km ,年代际变化不明显;(5): ①70 年代可产生沙尘暴的起暴阈值为 $5.7 \sim 6.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,所对应沙尘暴的能见度为 0.7 km ;②80 年代可产生沙尘暴的起暴阈值在 $4.0 \sim 5.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 之间,所对应沙尘暴的能见度为 0.7 km ;③90 年代可产生沙尘暴的起暴阈值为 $3.7 \sim 4.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,所对应沙尘暴的能见度为 0.8 km ,起暴阈值随年代际显著下降。

结合近 40 年大风、沙尘暴时空分布特点可以得出,虽然 1970~1990 年 3 个年代际冷空气发生频数下降、平均强度降低,沙尘暴出现频数也在振荡中处于减少态势,但在能见

度基本无变化的前提下,同期的沙尘暴平均持续时间却显著延长,增加大约 2 小时 24 分钟,也即在同等或略差的气象条件下(动力条件降低),随着生态环境的退化或恶化,近 10 年来沙尘暴天气的强度在显著增强,其灾害影响也相应加大;同样,在能见度变化不大的前提下,受生态环境的退化或恶化影响,近 30 年来可致沙尘暴的起暴阈值也已明显下降,可致暴 10 min 平均风速从 70 年代的约 $5.7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 下降到 90 年代的约 $3.7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,也即 90 年代的起暴阈值仅相当于 60 年代起暴阈值的 65%,近 10 年来沙尘暴在宁夏的中部干旱地区发生机率在显著地提高,这与上述对生态本底分析所得到的盐池县近 10 年来牧草地面积不断萎缩,且草场质量显著下降,耕地面积不断扩大,土地逐年沙化的结果是一致的。

4 小 结

(1) 利用高分辨率的卫星遥感资料,结合地面实地调查,基本查清了宁夏盐池县 1991、2000 年两个时期的生态环境本底。工作比例尺为 $1 \diamond 5$ 万;

(2) 依据土地详查资料,通过生态环境年际特征量演变趋势分析,近 10 年来盐池县生态环境呈现日趋恶化和退化态势,并验证了我区中部干旱带局部治理、整体恶化的现状;

(3) 分析表明,盐池县 90 年代初期的生态状况明显好于末期。气候干旱是导致变化的主要原因,但人为活动如大量开垦耕地、过牧及滥挖甘草等也是重要因子;

(4) 局部治理整体恶化的生态现状导致了沙尘暴起暴阈值的明显下降,也即近 30 年来沙尘暴在宁夏的中部干旱地带发生机率已显著地提高;

(5) 在同等气象条件下,随着生态环境的退化或恶化,沙尘暴天气的影响时间会显著延长,即强度增强、灾害影响加大;

(6) 由于造成我国西北地区土地荒漠化的气候、水资源短缺、土地资源超载等因素在可预见的一个相当长的时期将难以得到较大的改善,因此今后我国西北地区的沙尘暴发生机率应处在上升的态势之中。

参 考 文 献

- 1 钱正安,贺慧霞,瞿章,等.我国西北地区沙尘暴的分级标准和个例谱及其统计特征.中国沙尘暴研究.北京:气象出版社,1997.1~10.
- 2 王式功,董光荣,陈惠忠,等.沙尘暴研究的进展.中国沙漠,2000,(4):349~356.
- 3 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.自然灾害学报,1996,5:86~93.
- 4 杨东贞,王超,温玉璞,等.对 1990 年春季两次沙尘暴特征的分析.应用气象学报,1995,6(1):18~26.
- 5 陈楠,陈豫英.宁夏近四十年大风、沙尘演变趋势分析.天气预报技术文集.北京:气象出版社,2001.226~230.
- 6 牛生杰,章澄昌,孙继明.贺兰山地区沙尘暴若干问题的观测研究.气象学报,2001,59(2):196~205.
- 7 赵光平,王凡,杨淑萍,等.宁夏区域性强沙尘暴天气成因及其预报方法的研究.中国沙尘暴研究.北京:气象出版社,1997.52~58.

AN ANALYSIS ON THE RELATIONSHIP BETWEEN THE ECOLOGICAL CHANGE AND SANDSTORM IN THE DROUGHT ZONE OF MIDDLE NINGXIA

Zhao Guangping¹⁾ Chen Nan¹⁾ Yang Jianling¹⁾ Li Yanchun¹⁾ Wu Jiamin²⁾

¹⁾ (*The Ningxia Laboratory for Meteorological Disaster Prevention and Reduction, Yinchuan 750002*)

²⁾ (*Remote Sensing Center, Geology-mine Office of Ningxia, Yinchuan 750021*)

Abstract

The year-to-year quantificational change characteristics in Yanchi county of the drought zone of the middle Ningxia where occurred sandstorm frequently in the 1990s were revealed on the whole by using TM remote sensing and land survey data. Analyzed results show that ecological condition in Yanchi county in the early 1990s was obviously better than that in the late 1990s. Drought was mainly reasons caused ecological change. Human activity, such as land over-cultivated on a large scale, over-pasturage and digging the liquorice in excess, however, was another important reason. It was the situation of ecological environment became worse and worse in whole and got better in part that caused the fall in threshold of dust-blowing. The probability of sandstorm occurrence had been increased remarkably in the drought zone of middle Ningxia in the past 30 years according to the analysis of the cause of sandstorm and by mean of synthetically analysis of individual cases of thirty-year sandstorms in Yanchi county. Due to those factors: climate, water resource shortage and land overloaded etc which caused desertification in western china would not be improved in predictable long-term period in future, moreover, ecological environment is frangible, easy to ruin and difficult to resume, and with the objective quantificational analysis on data, we put forward a point in the first time of that the probability sandstorm occurrence in western china would be in the ascending situation from now on.

Key words: Desertification Sandstorm Coupling relationship

赵光平等：宁夏中部干旱带生态变化与沙尘暴发生的关系分析

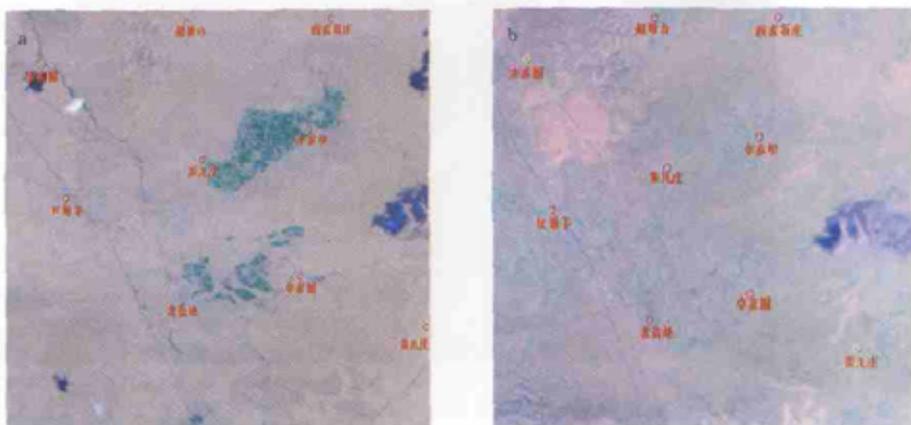


图4 2000年7月29日(a)和1991年8月30日(b) TM影像上盐池植被长势

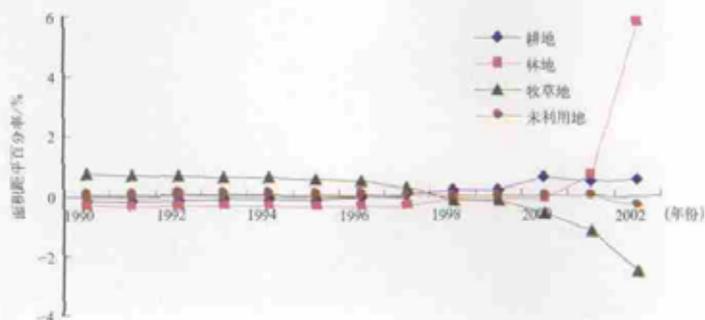


图5 1990~2002年盐池县主要生态本底年际演变化特征曲线

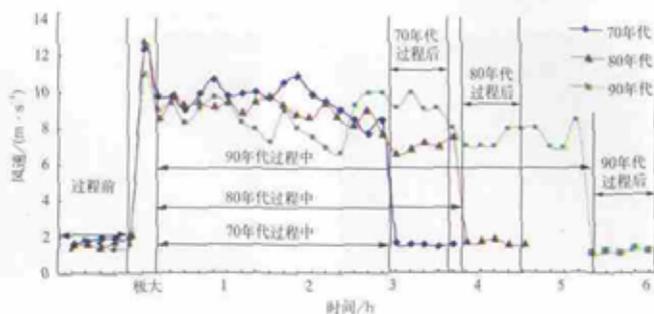


图8 70年代、80年代、90年代沙尘暴启动风速比较