

基于遥感数据的陕西省荒漠化土地动态变化研究

朱刚, 高会军, 曾光

(中煤航测遥感局 遥感应用研究院, 陕西 西安 710054)

摘要: 采用 1975 年 MSS 数据, 2000 年 TM 数据, 2007 年 TM 数据为遥感信息源, 通过建立科学的荒漠化分类体系与遥感解译标志, 并结合地理信息系统方法, 对陕西省荒漠化现状与 1975—2007 年近 32 a 来的动态变化特征进行了研究。结果表明, 截止 2007 年, 陕西省荒漠化土地面积 $8.23 \times 10^4 \text{ km}^2$, 占全省面积的 40.15%。荒漠化类型多, 包括沙质荒漠化、水蚀荒漠化与盐碱质荒漠化 3 类, 以水蚀荒漠化为主, 3 种荒漠化类型分别占陕西省面积的 7.48%, 32.37% 和 0.3%; 近 32 a 来, 荒漠化土地面积持续逆转, 2000—2007 年的逆转幅度大于 1975—2000 年。陕北长城沿线的沙质荒漠化与黄土高原的水蚀荒漠化出现明显逆转, 陕南秦巴山地的水蚀荒漠化在总体逆转的同时, 部分地区出现发展的态势。

关键词: 荒漠化; 陕西省; 遥感; 动态变化

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2014)05-0109-05

中图分类号: X87

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2014.05.027

Analysis on Desertification Change in Shannxi Province Based on Remote Sensing Data

ZHU Gang, GAO Hui-jun, ZENG Guang

(Aerial Photogrammetry and Remote Sensing Bureau of China,

National Administration of Coal Geology, Xi'an, Shaanxi 710054, China)

Abstract: Using MSS data in 1975, TM data in 2000 and 2007 as the source of information, the current situation and change of desertification of Shaanxi Province were studied from 1975 to 2007 through a scientific desertification classification system and interpretation symbol, and supported with the geographic information system. The results showed that the total area of desertification was $82\,300 \text{ km}^2$, accounted for 40.15% of Shaanxi Province by the end of 2007. The desertification types include sandy desertification, water erosion desertification and salinization desertification. The main type was the water erosion desertification. The three types of desertification accounted for 7.48%, 32.37%, 0.3% of Shaanxi Province area, respectively. The desertification area kept reversing during the past 32 years, and the reversed amplitude of 2000—2007 was more than that of 1975—2000 years. The sandy desertification land along the Great Wall in Northern Shaanxi Province and the water erosion desertification land in Loess Plateau reversed obviously, the water erosion desertification land in Qinba Mountains of Southern Shaanxi Province reversed on the whole, at the same time, some areas was developed.

Keywords: desertification; Shannxi Province; remote sensing; dynamic change

荒漠化问题是制约中国经济、社会发展的主要环境问题之一^[1-3]。陕西省作为中国荒漠化土地分布面积较大的省份之一, 截止 2007 年, 荒漠化土地总面积达 $8.23 \times 10^4 \text{ km}^2$, 占全省面积的 40.15%, 荒漠化类型多, 强度大, 造成了诸如土地退化, 沙尘天气频发与水土流失等一系列环境问题。近年来随着人类经济社会活动的增强, 全省面临的土地荒漠化压力愈来愈

大, 尤其在以森林植被覆盖为主的陕南秦巴山地, 荒漠化土地所占的比例较高, 并在部分地区出现了发展与加重的趋势, 对作为陕西省重要的天然生态屏障及水源地的秦岭产生了严重威胁。目前, 针对荒漠化的时空演化及驱动力研究成为荒漠化研究的热点^[4-9], 遥感技术是进行荒漠化调查与监测的主要手段^[10-14]。本文应用遥感技术, 通过对陕西省近 32 a 来的荒漠

收稿日期: 2013-09-11

修回日期: 2013-11-04

资助项目: 国土资源部地质调查计划项目“全国区域地质环境遥感调查与监测”(1212010911089)

作者简介: 朱刚(1980—), 男(汉族), 陕西省渭南市人, 硕士, 工程师, 主要从事环境遥感工作。E-mail: zhugang-2005@163.com。

化土地变化特征进行研究,分析陕西省荒漠化土地的变化特征与趋势,旨在为该地区进行荒漠化防治与环境保护提供科学依据。

1 数据来源与研究方法

1.1 研究区概况

陕西省自北向南依次为陕北黄土高原、中部关中平原、南部秦巴山地。陕北黄土高原地区年均降水量 400 mm,年降水变率大,主要集中于 7、8、9 月,且多以暴雨形式,植被类型单调,以灌草结构为主,覆盖度低,是全省水蚀荒漠化的主要发生区域,其北部的长城沿线地区为毛乌素沙地的南缘,处于毛乌素沙地与黄土高原的过渡地带,气候冬春季“旱风同季”现象明显,风沙活动强烈,为沙质荒漠化的主要发生区域,同时,陕北的煤炭、石油等矿产开发活动均集中于该地区,加剧了当地的荒漠化问题。关中平原地区是陕西省主要的农业区,年均降水量 600~800 mm,植被类型以栽培植被为主,该地区荒漠化土地分布较少,仅分布于北部的黄土台塬地区及东部的洛河入渭口地区。陕南秦巴山地地区年均降水量 800~1 200 mm,植被覆盖度高,以林地为主,该地区水蚀荒漠化土地主要分布于盆地与丘陵地区,坡耕地开垦与工程建设活动是该地区水蚀荒漠化发生的主要原因。

1.2 研究方法

1.2.1 数据源的选取与处理 本研究选取的卫星数据为 1975 年的 MSS 数据,2000 年的 ETM 数据与 2007 年的 TM 数据,3 期数据各期均为 16 景,共计 48 景。为使提取的 3 期荒漠化信息具有可比性,选取数据的时相均分布于 5—10 月,该时间段地表植被信息丰富,地表景观变化易于识别,同时避免了因数据时相的差别造成的变化信息提取误差。MSS 数据有 4 个波段,空间分辨率为 79 m;TM 数据有 7 个波段,除第 6 波段空间分辨率为 120 m 外,其他波段为 30 m;ETM 数据有 8 个波段,除第 6 波段空间分辨率为 60 m,全色波段为 15 m 外,其他波段为 30 m,对荒漠化信息的提取比例尺为 1:25 万,卫星数据源满足荒漠化信息提取精度。应用 Eardas 软件对图像进行波段合成、几何精校正与色彩增强等处理,为使 3 期遥感数据反映的地表荒漠化信息具有一致的遥感影像特征,波段合成方案采用接近自然色彩的真正色彩合成方案,MSS 数据的合成波段为 3,2,1,ETM 数据的合成波段为 5,4,3+8,TM 数据的合成波段为 7,4,1,处理后的图像色彩丰富、纹理清晰,有利于对荒漠化信息的提取。

1.2.2 荒漠化类型的划分 参考“全国沙化和荒漠化监测技术规定”中荒漠化分类、分级方案,根据陕西省荒漠化发生的地表物质成分的差别、外动力条件及地表景观综合特征,荒漠化分为沙质荒漠化、盐碱质荒漠化与水蚀荒漠化 3 类,其程度分为重度、中度与轻度 3 类^[15]。遥感方法对地表微地貌变化、植被覆盖度变化的信息的识别具有较强的可操作性与较高的准确性,荒漠化信息主要是通过上述两因子的变化来反映的。沙质荒漠化强度的分级根据风积、风蚀地表形态所占的比例及植被覆盖情况来实现,在遥感影像上主要表现为沙丘形态与色彩的变化;水蚀荒漠化强度的分级根据劣地或石质坡地所占比例、现代沟谷(细沟、切沟、冲沟)所占比例及植被覆盖情况来实现,劣地或石质坡地、植被覆盖情况在遥感影像上表现为色彩的变化,现代沟谷的切割深度在遥感影像上主要通过沟谷形态、阴影与水系形态来反映,例如在黄土地区沟谷上游多未切割至基岩,形态以“V”型沟谷为主,水系形态多为羽状;中下游多切割至基岩,沟谷形态以“U”型为主,水系形态多为树枝状,同时随着切割深度的变化阴影逐渐显著,而在陕南石质山区,水蚀荒漠化景观主要表现为劣地或石质坡地面积增大、植被覆盖度降低,在遥感影像上主要通过微地貌形态与色彩信息来判断;盐碱质荒漠化强度的分级根据盐碱化地表所占的比例及植被覆盖情况来实现,地表积盐地区遥感影像上表现为在低洼地、河流、湖泊和农田等处出现斑点状、片状,白色、灰白色次生盐(碱)化学沉积物,呈高亮色彩。荒漠化地区植被覆盖度特征在遥感图像上的提取主要是通过 NDVI 指数的计算来实现的,应用 Eardas 软件对遥感数据进行 NDVI 计算,得到研究区 3 期 NDVI 灰度图,按照像元灰度值的分布特征,根据不同类型、程度的荒漠化植被覆盖度级别,将灰度值分段与不同级别植被覆盖度对应,得到研究区各类型、程度荒漠化的植被覆盖度特征,用轮廓线图斑叠加于遥感图像之上,作为荒漠化信息提取过程中的植被覆盖背景^[16-17]。不同类型、程度的荒漠化地表景观及遥感影像特征如表 1—3 所示。

变化类型包括程度与面积间的变化,通过两期数据对比,对于程度之间如重度转化为中度或轻度、面积对比若减小,认为荒漠化减弱,其分布区域为荒漠化逆转区;对于程度或面积未发生变化,则认为荒漠化稳定,其分布区域荒漠化稳定区;对于轻度或中度转化为重度,面积对比若增大,认为荒漠化加重,其分布区域为荒漠化发展区。

表 1 沙质荒漠化土地信息遥感提取方法

沙质荒漠化程度 代号	名称	风积、风蚀地表形态 占该地面积/%	植被覆盖度/%	沙质荒漠化地表景观呈现的遥感影像特征
SH ₁	轻度	10~30	20~40	风沙活动较明显,原生地表已开始被破坏,出现片状、点状沙地,主要为固定的灌丛沙堆;原生植被有所退化,与沙生植被混杂分布,农田适耕性下降。在遥感图像上呈绿色色彩,沙丘形态不明显,纹理较细密,局部具褐色斑点状影纹
SH ₂	中度	30~50	10~20	风沙活动频繁,原生地表破坏较大,半固定沙丘与滩地相间分布,丘间地和滩地一般较开阔,多为灌草;耕地中有明显的风蚀洼地、残丘,地表植被稀少。在遥感图像上呈绿色、褐色色彩,有稀疏的白色斑片状影纹,沙丘形态较明显
SH ₃	重度	>50	<10	风沙活动强烈,密集的流动沙丘和风蚀地表,沙生植被稀少或基本没有植被生长。在遥感图像上呈黄褐色色彩,具白色波状或蜂窝状影纹,沙丘形态清晰可见,高大沙丘或沙丘链间具深色阴影

表 2 水蚀荒漠化土地信息遥感提取方法

水蚀荒漠化程度 代号	名称	劣地或石质坡地 占该地面积/%	现代沟谷(细沟、切沟、 冲沟)占该地面积/%	植被覆盖度/%	水蚀荒漠化地表景观呈现的遥感影像特征
SS ₁	轻度	<10	<10	70~50	斑点状分布的劣地或石质坡地,沟谷切割深度在 3 m 以下,片蚀及细沟发育,零星分布的裸露沙石地表。在遥感图像上呈绿色色彩,具褐色锯齿状影纹,沟谷地区阴影不明显
SS ₂	中度	10~30	10~30	50~30	有较大面积分布的劣地或石质坡地。沟谷切割深度在 1~3 m,较广泛的分布在裸露沙石地表。在遥感图像上呈褐色色彩,具稀疏白色斑片状影纹,沟谷地区阴影较明显
SS ₃	重度	>30	>30	≤30	密集分布的劣地或石质坡地。沟谷切割深度 3 m 以上,地表切割破碎。在遥感图像上呈浅棕色色彩,具密集的白色、褐色斑点状影纹,沟谷地区阴影明显

表 3 盐碱质荒漠化土地信息遥感提取方法

盐碱质荒漠化程度 代号	名称	盐碱化地表占 该地面积/%	植被覆盖度/%	盐碱质荒漠地表景观呈现的遥感影像特征
YZ ₁	轻度	<30	>35	地表有一定面积的植被生长,有的地段可生长较大面积的乔灌木林、耕地和草地中可见小块盐斑裸地。在遥感图像上,呈绿色色彩,具白色云雾状影纹,色调亮度较低,能见土壤的基本特征
YZ ₂	中度	30~50	10~35	地表有少量植被生长,主要为乔灌木林和灌木林,草地已被耐盐植物代替。在遥感图像上色彩不均匀,绿、白相间,色调亮度相对较低
YZ ₃	重度	>50	<10	地表无植被或局部有少量耐盐植被零星分布。在遥感图像上呈高亮度色调,具连续白色斑片状影纹,局部由于反光形成阴影

1.2.3 荒漠化信息遥感提取 在 GIS 软件支持下,采用人机交互式解译的方法对荒漠化信息进行提取,比例尺 1:25 万,提取精度不小于 4 mm²,编制 1975,2000,2007 年 1:25 万荒漠化土地类型分布图。以 1975,2000,2007 年 1:25 万荒漠化土地类型分布图为基础,分别以 1,2,3,4 为非荒漠化土地、重度质荒漠化土地、中度荒漠化土地和轻度荒漠化土地的属性代码,对 1975,2000,2007 年 1:25 万荒漠化土地类型分布图进行两两叠加,首先,将非荒漠化转化为荒漠化的图斑确定为明显发展区,荒漠化转化为非荒漠化的图斑确定为明显逆转区,其次将叠加结果进行矩

阵转换,分为发展区、稳定区、逆转区 3 个区域类型(表 4),将明显发展区并入发展区,明显逆转区并入逆转区中,获取不同类型荒漠化土地在不同时间段内的面积变化与空间位置变化特征。

表 4 陕西省荒漠化区域类型与分级

区域类型	发展区	稳定区	逆转区
等级转换矩阵	1→2 3→2 4→3	2→2 3→3 4→4	2→1 2→3 3→4

注:以 1,2,3,4 为非荒漠化土地、重度质荒漠化土地、中度荒漠化土地和轻度荒漠化土地的属性代码。

2 结果与分析

2.1 荒漠化分布现状

荒漠化包括水蚀荒漠化、沙质荒漠化与盐碱质荒漠化 3 种类型,其面积分别为 66 356.86,

15 335.9 和 621.22 km²,分别占陕西省面积的 32.37%,7.48%和 0.3%,以水蚀荒漠化土地为主,沙质荒漠化土地也有较大面积分布,盐碱质荒漠化土地面积很小。陕西省 1975,2000,2007 年荒漠化土地分布及变化面积统计结果见表 5。

表 5 陕西省 1975,2000,2007 年荒漠化土地分布及变化面积统计结果

km²

类型与时间		1975 年	2000 年	2007 年	1975—2000 年 变化量	2000—2007 年 变化量
沙质荒漠化	重度	4 857.15	5 072.09	4 906.84	+214.94	-165.25
	中度	7 064.05	7 195.21	7 533.47	+131.16	+338.26
	轻度	3 179.75	3 472.27	2 895.59	+292.52	-576.68
	小计	15 100.95	15 739.57	15 335.9	+638.62	-403.67
水蚀荒漠化	重度	3 889.37	3 326.37	785.38	-563	-2 540.99
	中度	35 833.72	34 472.25	29 735.5	-1 361.47	-4 736.75
	轻度	33 581.43	34 860.96	35 835.98	+1 279.53	+975.02
	小计	73 304.52	72 659.58	66 356.86	-644.94	-6 302.72
盐碱质荒漠化	重度	131.04	124.73	124.73	-6.31	0
	中度	108.55	175.58	183.65	+67.03	+8.07
	轻度	379.7	305.05	312.84	-74.65	+7.79
	小计	619.29	605.36	621.22	-13.93	+15.86
合计		89 024.76	89 004.51	82 313.98	-20.25	-6 690.53

注:“+”表示面积增大;“-”表示面积减小。

陕西省荒漠化土地分布具有两方面特点,第一是不同类型荒漠化的分布与地表物质组成密切相关,陕北长城沿线沉积的第四系风积物、冲洪积物、黄土等是沙质荒漠化发生的主要物质来源,其中以上更新统萨拉乌素组粉沙土为主要地表组成物质的滩地地区是盐碱质荒漠化分布的主要地区;更新统黄土耐水蚀性差,其分布区域是陕北黄土高原与关中平原北部水蚀荒漠化发生的主要区域;陕南秦巴山地的残坡积物与花岗岩分布地区是陕南水蚀荒漠化分布的主要地区。从分布区域上看,沙质荒漠化主体位于毛乌素沙地的东南部,主要分布于长城沿线以北,由于沙地的东侵南扩,形成典型的覆沙黄土丘陵过渡地貌,同时地貌的差异造成沙地东侵南扩速度不同,沿窟野河、秃尾河等形成典型的锯齿状沙带,在洛河入渭口也有小面积分布;水蚀荒漠化土地主要分布于陕北黄土高原与陕南秦巴山地,黄土高原分布面积大于秦巴山地,富县—宜川以北地区是其主要分布地区,陕南的丹江盆地、安康盆地与汉中盆地是秦巴山地水蚀荒漠化的主要分布地区;盐碱质荒漠化土地分布面积很小,其分布区域主要为陕北榆林市以北毛乌素沙地的滩地,地下水埋藏较浅,地表主要为抽取地下水灌溉的水浇地,为毛乌素沙地中农业条件最好的地区,地下水中含盐量高,水分蒸发后盐分累积是该地区盐碱

质荒漠化发生的主要原因。

第二是荒漠化程度总体较轻,除沙质荒漠化土地中中度沙质荒漠化土地面积占比例较大外,总体以轻度为主,轻度荒漠化土地面积占荒漠化土地面积的 47.43%,表明尽管荒漠化土地分布面积大,但是一旦改变不合理的人类活动,这些土地容易得到逆转,在短期内可以恢复。

2.2 荒漠化动态变化特征

32 a 来,陕西省荒漠化土地出现明显逆转,具体表现为面积的减小与程度的减弱。荒漠化面积持续减小,总共减小了 6 710.78 km²,其中,1975—2000 年,荒漠化面积减小幅度较小,减小了 20.25 km²,年均减小面积 0.81 km²;2000—2007 年,荒漠化面积减小幅度较大,减小了 6 690.53 km²,年均减小面积 955.79 km²(表 5)。荒漠化程度减弱,沙质荒漠化的程度由加重变化为减弱,水蚀荒漠化的程度持续减弱,而盐碱质荒漠化的程度持续加重。

2.2.1 1975—2000 年荒漠化动态变化特征

沙质荒漠化与盐碱质荒漠化处于发展状态,水蚀荒漠化处于逆转状态。

沙质荒漠化面积增加幅度较大,增加了 638.62 km²,各种程度荒漠化面积均增大,其中,轻度增加面积最大,其次为重度与中度,从沙质荒漠化动态变化的空

间分布来看,发展区面积 1 049.26 km²,稳定区面积 14 550.89 km²,逆转区面积 265.77 km²(表 6),发展区面积远大于逆转区面积,表明沙质荒漠化土地在

该时间段内处于发展状态,其中,非荒漠化地区发展成荒漠化地区是沙质荒漠化土地面积发展的主要原因。

表 6 1975—2007 年陕西省荒漠化土地变化类型统计结果

km²

时间	沙质荒漠化面积			水蚀荒漠化面积			盐碱质荒漠化面积		
	发展区	稳定区	逆转区	发展区	稳定区	逆转区	发展区	稳定区	逆转区
1975—2000 年	1 049.26	14 550.89	265.77	4 700.51	64 083.49	10 399.92	77.29	519.68	0.03
2000—2007 年	1 234.97	13 058.27	1 525.21	5 134.76	55 476.17	15 362.72	21.65	559.72	26.91

水蚀荒漠化面积减小幅度较大,减小了 644.94 km²,重度与中度荒漠化面积均减小,而轻度荒漠化面积增加,并且增加幅度较大,从水蚀荒漠化动态变化的空间分布来看,发展区面积 4 700.51 km²,稳定区面积 64 083.49 km²,逆转区面积 10 399.92 km²。水蚀荒漠化土地在该时间段内处于逆转状态,程度减弱是该时间段水蚀荒漠化逆转的主要原因,表明在 20 世纪 90 年代末实施退耕还林政策的生态效应逐步显现,尤其在黄土高原地区水蚀荒漠化出现明显逆转,具体表现在水蚀荒漠化区植被得到逐步恢复,荒漠化程度减弱。

盐碱质荒漠化面积减少幅度较小,减小了 13.93 km²,除中度面积增加外,重度与轻度荒漠化面积均减小,发展区面积 77.29 km²,稳定区面积 519.68 km²,逆转区面积 0.03 km²。表明盐碱质荒漠化面积虽然减小但其程度增强,主要是轻度转变为中度,荒漠化程度加重,对盐碱质荒漠化土地的治理带来困难。

2.2.2 2000—2007 年荒漠化动态变化特征 除盐碱质荒漠化处于发展状态外,沙质荒漠化与水蚀荒漠化均处于逆转状态,其中水蚀荒漠化逆转幅度较大。

沙质荒漠化面积小幅度减小,减小了 403.67 km²,除中度沙质荒漠化土地面积增大外,重度与轻度面积均减小,其中,发展区面积 1 234.97 km²,稳定区面积 13 058.27 km²,逆转区面积 1 525.21 km²(表 6)。沙质荒漠化小规模逆转,具体表现为程度减弱、面积减小。陕北长城沿线地区是陕北能源矿产开发的主要地区,煤矿、石油的开发加剧了当地的荒漠化问题。自 2000 年后,部分矿山企业在开发过程中,注重植被恢复,加强环境治理,地表植被覆盖度得到显著提高,有效遏制了当地沙质荒漠化的发生与发展。

水蚀荒漠化面积大幅度减小,减小了 6 302.72 km²,除轻度水蚀荒漠化土地面积增加外,中度与重度水蚀荒漠化土地面积均减小,其中,发展区面积 5 134.76 km²,稳定区面积 55 476.17 km²,逆转区面积 15 362.72 km²。水蚀荒漠化出现较大规模逆转,具体表现在面积的减小与程度的减弱,但在许多地区,尤其在陕南秦巴山

地的丹江盆地与安康盆地中,发展与逆转现象并存,表明水蚀荒漠化所处的状态具有一定的脆弱性,在外部条件发生变化的条件下,存在向可逆方向发展的可能。

盐碱质荒漠化面积增加幅度较小,增大了 15.86 km²,除重度面积未发生变化外,中度与轻度面积均增大,其中,发展区面积 21.65 km²,稳定区面积 559.72 km²,逆转区面积 26.91 km²。盐碱质荒漠化的变化表现为程度减弱,面积增大,总体处于发展阶段,对陕北滩地有限的耕地资源的威胁进一步增大。

3 结论

(1) 近 32 a 来,陕西省的荒漠化土地呈持续逆转特征,2000—2007 年的逆转幅度大于 1975—2000 年,各荒漠化类型中,水蚀荒漠化土地大幅度逆转,沙质荒漠化先发展而后逆转,盐碱质荒漠化持续发展。

(2) 从分布区域上看,陕北黄土高原的水蚀荒漠化总体逆转特征显著,这与退耕还林(草)政策的实施密切相关,而陕南秦巴山区在水蚀荒漠化中所占比重较大,尤其在盆地、丘陵地区的分布面积较大,作为全省林地覆盖度最高的地区,荒漠化土地所占比重大,与当地人类活动方式密切相关,尤其是大型工程建设,坡耕地开垦,不合理樵采等活动。

(3) 近年来,随着全省城镇化进程的加快、陕南移民搬迁、矿产资源开发力度的加大,人类活动对地表的扰动逐步增强,土地面临的荒漠化威胁增大,尽管全省荒漠化总体呈现持续逆转的特征,但不排除局部区域出现发展的可能,尤其在陕南秦巴山地区,应重点注意工程建设与植被保护之间的关系,该地区土层较薄,一旦发生荒漠化,很难恢复,同时,关中原地区尤其在渭河冲积平原沿线,灌溉农业高度发达,加之该地区地下水埋深较浅,存在潜在盐碱质荒漠化的威胁,同时,东部的洛河入渭口周边为沙质荒漠化区,已对周边环境造成了影响,应引起足够重视。

(下转第 117 页)

表 2 华县站 1996—2006 年总氮点源、非点源负荷量占总负荷的比重

年份	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	多年平均
点源	0.56	0.92	0.49	0.44	0.48	0.36	0.58	0.18	1.61	0.19	0.88	0.52
非点源	0.44	0.08	0.51	0.56	0.52	0.64	0.42	0.82	0.39	0.81	0.12	0.48

3 结论

(1) 1998—2002 年渭河径流量趋于减小,2003—2006 年径流量变化不稳定,但总体大于 1996—2002 年。

(2) 氨氮、亚硝氮和硝氮的年平均浓度在 1996—2006 年内呈减小趋势,1996—2000 年三氮平均浓度分别为 7.31,0.74 和 2.25 mg/L,而 2001—2006 年分别减小到 6.88,0.71 和 1.99 mg/L,水质有所好转。

(3) 研究年内氨氮年平均浓度 > 硝氮年平均浓度 > 亚硝氮平均浓度。枯水期的氨氮浓度均比平水期和丰水期高,这主要是因为河流径流减少和流域废污水增加所致。

(4) 1996—2006 年点源贡献的氮污染都呈现减小趋势,非点源贡献的氮污染呈上升趋势。但总体上点源污染贡献突出,这和流域废污水排放量及氮肥施用量增加有关。

[参 考 文 献]

[1] 国家发展改革委农村经济司. 渭河流域近期重点治理规

划[R]. 2004.

- [2] 夏星辉,周劲松,杨志峰. 黄河流域河水氮污染分析[J]. 环境科学学报,2001,21(5):564-573.
- [3] 韩涛,李怀恩,李贵宝. 渭河临潼断面以上氮污染分析[J]. 人民黄河,2004,26(12):22-23.
- [4] 韩凤朋,郑纪勇,王云强,等. 黄河支流非点源污染物(N,P)排放量的估算[J]. 环境科学学报,2006,26(11):1893-1990.
- [5] 李越,李怀恩,刘振中,等. 渭河河水氮污染特征分析[J]. 水资源与水工程学报,2007,18(1):41-44.
- [6] 李家科. 流域非点源污染负荷量化研究:以渭河流域为例[D]. 西安:西安理工大学,2009.
- [7] 朱蓓丽. 环境工程概论[M]. 北京:科学出版社,2001.
- [8] 李怀恩. 估算非点源污染负荷的平均浓度法及其应用[J]. 环境科学学报,2000,7(4):397-400.
- [9] 严旭世. 给水工程 [M]. 4 版. 北京:中国建筑工业出版社,1999.
- [10] 陈友媛,惠二青,金春姬,等. 非点源污染负荷的水文估算方法[J]. 环境科学研究,2003,16(1):10-13.
- [11] 蔡明. 渭河陕西段氮污染及控制规划研究[D]. 西安:西安理工大学,2004.

(上接第 113 页)

[参 考 文 献]

- [1] 高会军,姜琦刚,霍晓斌. 陕北长城沿线沙质荒漠化遥感研究[J]. 自然资源学报,2005,20(3):471-475.
- [2] 朱震达. 中国土地荒漠化的概念、成因与防治[J]. 第四纪研究,1998(2):145-155.
- [3] 杨晓晖,张克斌,慈龙骏. 中国荒漠化评价的现状、问题及解决途径[J]. 中国水土保持科学,2004,2(1):22-28.
- [4] 聂浩刚,李智佩,岳乐平,等. 内蒙古西部额济纳盆地土地荒漠化发展态势及其成因[J]. 地质通报,2008,27(8):1335-1343.
- [5] 李香云,杨君,王立新. 干旱区土地荒漠化的人为驱动作用分析:以塔里木河流域为例[J]. 资源科学,2004,26(5):30-37.
- [6] 李金霞,殷秀琴,包玉海. 农牧交错带土地荒漠化及其影响因子研究:以扎鲁特旗为例[J]. 干旱区研究,2007,24(2):146-152.
- [7] 王涛,吴薇,薛娴,等. 中国北方沙漠化土地时空演变分析[J]. 中国沙漠,2003,23(3):230-235.
- [8] 赵存玉,王涛,封建民. 草原与荒漠过渡地带土地荒漠化特征分析:以库布齐沙漠及毗邻地区为例[J]. 干旱区地理,2005,28(5):621-625.
- [9] 任朝霞,杨达源. 近 50 a 西北干旱区气候变化趋势及对荒漠化的影响[J]. 干旱区资源与环境,2008,22(4):91-95.
- [10] 高会军,谭克龙,姜琦刚,等. “3S”技术在沙质荒漠化土地动态监测中的应用[J]. 地质灾害与环境,2005,16(2):182-185.
- [11] 高会军,姜琦刚,霍晓斌. 中国北方沙质荒漠化土地动态变化遥感分析[J]. 灾害学,2005,20(3):36-40.
- [12] 李晓琴,张振德,张佩民. 格尔木土地荒漠化遥感动态监测研究[J]. 国土资源遥感,2006,68(2):61-63.
- [13] 朱金花,黎劲松. 基于遥感与 GIS 技术的吉林省西部土地沙漠化现状及发展趋势研究[J]. 地理科学,2001,21(2):140-144.
- [14] 孙永军,周强,杨日红. 黄河流域土地荒漠化动态变化遥感研究[J]. 国土资源遥感,2008,76(2):74-78.
- [15] 刘淑珍,柴宗新,范建荣. 中国土地荒漠化分类系统探讨[J]. 中国沙漠,2000,20(1):35-39.
- [16] 周兆叶,储少林,王志伟,等. 基于 NDVI 的植被覆盖度变化分析:以甘肃省张掖市甘州区为例[J]. 草业科学,2008,25(12):23-29.
- [17] 秦伟,朱清科,张学霞,等. 植被覆盖度及其测算方法研究进展[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2006,34(9):163-166.