

# 晋陕蒙接壤区 1990—2020 年水土流失动态变化

曹夏雨<sup>1</sup>, 张亚琳<sup>2</sup>, 赵妍<sup>1</sup>, 苏鹏飞<sup>1</sup>, 王帆<sup>1</sup>

(1. 黄河流域水土保持生态环境监测中心, 陕西 西安 710021;

2. 黄河流域水土保持生态环境监测临潼分中心, 陕西 西安 710600)

**摘要:** [目的] 分析晋陕蒙接壤区 1990—2020 年水土流失年际动态变化情况及其原因, 为该区水土保持工作的有效开展提供科学支撑。[方法] 利用 1999, 2018, 2019 和 2020 年水土流失监测数据, 获得 4 a 晋陕蒙接壤区水土流失动态监测成果, 分析研究区水土流失年际间动态变化情况。并通过 2020 与 1999 年监测成果对比, 进行动态变化及其原因分析。[结果] 得力于国家和地方政府层面水土保持方针、政策、措施以及相关监管部门工作的有效落实, 1999—2020 年晋陕蒙接壤地区水土流失面积由  $4.71 \times 10^4 \text{ km}^2$  减少至  $2.45 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 减幅达 47.98%。[结论] 研究区 1990—2020 年水土流失强度明显减弱, 由以强烈及以上侵蚀强度为主转变为以轻中度为主, 生态环境显著改善。今后应根据区域水土流失特点, 进一步加大投入和实施更有效的水土保持措施。

**关键词:** 水土流失; 动态监测; 动态变化; 晋陕蒙接壤区

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-288X(2021)06-0133-06

**中图分类号:** S157.1

**文献参数:** 曹夏雨, 张亚琳, 赵妍, 等. 晋陕蒙接壤区 1990—2020 年水土流失动态变化[J]. 水土保持通报, 2021, 41(6): 133-138. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2021.06.019; Cao Xiayu, Zhang Yalin, Zhao Yan, et al. Dynamic changes of soil and water loss in contiguous area of Shanxi, Shaanxi and Inner Mongolia during 1999—2020 [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2021, 41(6): 133-138.

## Dynamic Changes of Soil and Water Loss in Contiguous Area of Shanxi, Shaanxi and Inner Mongolia During 1999—2020

Cao Xiayu<sup>1</sup>, Zhang Yalin<sup>2</sup>, Zhao Yan<sup>1</sup>, Su Pengfei<sup>1</sup>, Wang Fan<sup>1</sup>

(1. Monitoring Center for Soil and Water Conservation and Ecological Environment of

Yellow River Basin, Xi'an, Shaanxi 710021, China; 2. Lintong Monitoring Subcenter for Soil and

Water Conservation and Ecological Environment of Yellow River Basin, Xi'an, Shaanxi 710021, China)

**Abstract:** [Objective] The interannual dynamic changes and causes of soil and water loss in the contiguous area of Shanxi, Shaanxi and Inner Mongolia during 1990—2020 was analyzed, in order to provide scientific support for the development of effective soil and water conservation in this area. [Methods] Based on the monitoring data of soil and water loss in 1999, 2018, 2019 and 2020, the interannual dynamic changes of soil and water loss in the study area were analyzed. By comparing the monitoring results in 2020 and 1999, the dynamic changes and their causes were analyzed. [Results] Due to the effective implementation of water and soil conservation guidelines, policies and measures formulated at the national and local government levels, the area of soil and water loss in the study area decreased from  $4.71 \times 10^4 \text{ km}^2$  to  $2.45 \times 10^4 \text{ km}^2$  during 1990—2020, reduced by 47.98%. [Conclusion] The intensity of soil and water loss in this area has been significantly decreased from strong and above erosion intensity to light and medium erosion intensity, and the ecological environment has been significantly improved. In the future, in accordance with the characteristics of regional soil erosion, further investment and more effective soil and water conservation measures should be implemented.

**Keywords:** soil and water loss; dynamic monitoring; dynamic change; contiguous area of Shanxi, Shaanxi and Inner Mongolia

土壤是植物生长繁育和生物生产的重要基地,是人类赖以生存和发展的基础。土壤侵蚀造成严重的水土流失不但导致土地损毁,更是给地球生态环境和人类生存发展带来严重危害。研究水土流失中长期变化可为科学研究和有效治理提供数据支撑。近年来,晋陕蒙接壤区水土流失已有一系列研究,文子祥<sup>[1]</sup>通过研究晋陕蒙接壤区土地退化情况及土地退化程度评价方法,对该区土地退化损失进行评估及预测,结果显示该区水土流失强度世界罕见,提出对于该区域必须进行重点治理;查轩<sup>[2]</sup>等系统分析了晋陕蒙接壤区土地荒漠化现状、起因及能源开发和人为活动对加速土地荒漠化的影响,结果表明该区土地荒漠化问题加剧,并提出了需加大力度予以重视大面积治理工作;王丽云<sup>[3]</sup>等以该区内的神东矿区为例,利用遥感技术定量推算 2005—2018 年神东矿区土壤侵蚀模数,对其水土流失变化进行研究,发现水土流失面积明显减少,生态环境显著改善。但是,较高分辨率、较长时间序列的分析比较缺乏,不便全面认识该区水土流失特征。

晋陕蒙接壤区位于黄河中游的山西省、陕西省和内蒙古自治区交接地带,地处鄂尔多斯高原与陕北、晋西北黄土高原的接壤地区。区内主西北部以风沙滩地地貌为主,东南部以黄土丘陵沟壑地貌为主。该区能源丰富,尤以煤炭、石油、天然气储量丰富而著称,在全国能源工业发展和能源基地建设布局中占据重要地位。由于自然条件受限,区内植被稀少,水、旱、风沙、霜冻等自然灾害频繁,生态环境极其脆弱,而且,随着西部大开发战略的实施和深化,区内以煤炭资源开发为主的建设项目不断增加、规模持续扩大,更是加剧了水土流失状况<sup>[4]</sup>。使得该区成为黄土高原强烈侵蚀中心之一。

水土保持监测作为一项重要的基础性工作,近年来重视进一步加强,监测手段不断丰富、监测范围不断扩大、监测精度不断提高,有效支撑了水土保持监管、目标责任考核等工作。从 2018 年开始,又实现了全国水土流失动态监测全覆盖。该区多年来不断开展水土流失动态监测,用于长期监测本区水土流失情况,掌握水土流失空间变化动态,为该区生态环境保护与修复提供科学依据。本文利用 1999, 2018, 2019 和 2020 年水土流失监测数据,得到 4 a 的水土流失动态监测成果,分析该区水土流失年际动态变化及其原因,旨在为水土保持工作有效开展提供有力支撑。

## 1 研究区概况

研究区包括山西省忻州市河曲县、保德县、偏关

县和吕梁市的兴县,陕西省榆林市神木县、府谷县、榆阳区和横山区,内蒙古自治区呼和浩特市托克托县和鄂尔多斯市达拉特旗、准格尔旗、伊金霍洛旗、东胜区和康巴什区,涉及 3 省(自治区)、5 市、14 县(旗、区、市)<sup>[5]</sup>,面积约  $5.44 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。研究区属中半干旱大陆季风性气候,干旱少雨多风,蒸发量大,年平均降水量为 300~500 mm,局部地区暴雨较多,再加上植被稀疏,拦蓄能力差,雨季常导致洪水泛滥,自然灾害频发,生态环境脆弱,水土流失严重。根据资料<sup>[6]</sup>,该区沙地面积近 6 500  $\text{km}^2$ ,占总土地面积的 12%,主要集中在内蒙古和陕西。年平均输沙量  $4.90 \times 10^8 \text{ t}$ ,平均侵蚀模数 9 000  $\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ ,局部地区高达  $3.00 \times 10^4 \sim 4.00 \times 10^4 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ ,是黄河流域水土流失最严重的地区和黄河粗泥沙的主要来源区,属于国家级水土流失重点治理区。研究区自然资源丰富,尤其是煤炭资源,煤质好,埋藏浅,易开发,煤田面积达  $3.30 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,已探明储量  $2.80 \times 10^{11} \text{ t}$ ,是我国“西电东送”的重要起点、“北煤南运”的核心源地和重要的能源重化工基地。

## 2 数据与方法

### 2.1 数据说明

本研究所用到的 1999 年土壤侵蚀数据来源于黄河流域水土保持遥感普查;2018, 2019 和 2020 年数据都来源于全国水土流失动态监测项目。研究区采用资料收集、遥感监测、野外调查、模型计算和统计分析等方法进行土壤侵蚀计算分析。①采用数据基础。投影:高斯—克吕格(Gauss-Kruger),坐标系统:CGCS2000 国家大地坐标系,高程基准:1985 国家高程基准,基准面:D\_China\_2000。②土地利用类型。通过遥感解译获取。基于遥感影像,结合野外调查建立的遥感影像解译标志,在室内采用人机交互的方法获得。重点关注土地利用变化图斑。③水土保持措施情况。通过资料收集、遥感解译、调查和统计分析获取。利用土地利用数据评价梯田、淤地坝的数量等遥感影像上可识别的水土保持措施情况,利用收集的统计数据评价经果林、封禁、淤地坝的淤地面积、小型蓄水保土工程等其他预防保护措施情况。④植被覆盖状况。采用 2017—2020 年 250 m 分辨率 MODIS NDVI 指数产品,经坐标转换和综合分析获取植被覆盖度。

### 2.2 研究方法

1999 年土壤侵蚀数据以分辨率 30 m TM 卫星影像为主要信息源,以 1:10 万地形图和 1:25 万数字化地图为基本工作底图,结合野外调查、典型样方调查,采用三因子(土地利用、植被覆盖、坡度)方法

(SL190-96)计算水土流失面积。2018, 2019 和 2020 年数据都来源于全国水土流失动态监测项目主要是基于 2018—2020 年 2 m 分辨率多源遥感影像, 按照《2020 年度水土流失动态监测技术指南(水保监(2020)42 号)》, 通过基础资料收集、解译标志建立、遥感解译及专题信息提取、野外复核验证、土壤侵蚀模数计算和强度判定、结果统计与动态变化分析等, 获得区域土壤侵蚀、土地利用、植被覆盖、水土保持措施等空间数据。

在土壤侵蚀计算时, 可分为水力侵蚀区和风力侵蚀区进行。

2.2.1 水力侵蚀区 在水力侵蚀区采用中国土壤流失方程 CSLE 模型:

$$A = RKLSBET \quad (1)$$

式中:  $A$  为土壤侵蚀模数 [ $t/(hm^2 \cdot a)$ ];  $R$  为降雨侵蚀力因子 [ $MJ \cdot mm/(hm^2 \cdot h \cdot a)$ ];  $K$  为土壤可蚀性因子 [ $t \cdot hm^2 \cdot h/(hm^2 \cdot MJ \cdot mm)$ ];  $L$  为坡长因子, 无量纲;  $S$  为坡度因子, 无量纲;  $B$  为植被覆盖与生物措施因子, 无量纲;  $E$  为工程措施因子, 无量纲;  $T$  为耕作措施因子, 无量纲。

(1) 降雨侵蚀力因子  $R$ 。基于各站点多年日降雨量数据, 得到 24 个半月降雨侵蚀力占年降雨侵蚀力比例的栅格数据。

(2) 土壤可蚀性因子  $K$ 。采用第一次全国水利普查水土保持情况普查土壤可蚀性因子成果, 分辨率 250 m。

(3) 坡长因子  $L$  和坡度因子  $S$ 。采用比例尺为 1:50 000 的 DEM 数据, 通过 LS 计算工具(V2.2)软件生成 LS 栅格数据。

(4) 生物措施因子  $B$ 。采用 72 期半月 MODIS NDVI 数据产品, 生成 24 期半月植被覆盖度, 进而计算生物措施因子  $B$  值。

(5) 水土保持工程措施因子  $E$ 。根据解译获取的水土保持措施, 查表获取水土保持工程措施因子值, 无措施区域  $E$  因子取值 1。

(6) 耕作措施因子  $T$ 。选择解译土地利用成果中的耕地类型, 根据全国轮作区划分确定耕作措施因子值, 其他土地利用类型耕作措施  $T$  因子取值 1。

2.2.2 风力侵蚀区 采用风力侵蚀模型[耕地、草(灌)地、沙地(漠)风力侵蚀模型]计算:

(1) 耕地风力侵蚀模型基本形式为:

$$Q_{fa} = 0.018(1-W) \sum_{j=1}^{35} T_j \cdot \exp \left\{ -9.208 + \frac{0.018}{Z_0} + 1.955(0.893U_j)^{0.5} \right\} \quad (2)$$

式中:  $Q_{fa}$  为每半个月内耕地风力侵蚀模数 [ $t/(hm^2 \cdot a)$ ];  $W$  为每半个月内表土湿度因子, 介于 0~1 之间;  $T_j$  为每半个月内各风速等级的累计时间 (min);  $Z_0$  为地表粗糙度 (cm);  $j$  为风速等级序号, 在 5~40 m/s 内按 1 m/s 为间隔划分为 35 个等级, 取值 1, 2, ..., 35;  $U_j$  为第  $j$  个等级的平均风速 (m/s), 如风速等级为 5~6 m/s 时,  $U_1 = 5.5$  m/s。

(2) 草(灌)地风力侵蚀模型基本形式为:

$$Q_{fg} = 0.018(1-W) \sum_{j=1}^{35} T_j \cdot \exp \left( 2.4869 - 0.0014V^2 - \frac{61.3935}{U_j} \right) \quad (3)$$

式中:  $Q_{fg}$  为每半个月内草(灌)地风力侵蚀模数 [ $t/(hm^2 \cdot a)$ ];  $V$  为植被覆盖度 (%)。

(3) 沙地(漠)风力侵蚀模型基本形式为:

$$Q_{fs} = 0.018(1-W) \sum_{j=1}^{35} T_j \exp \left\{ 6.1689 - 0.0743V - \frac{27.9613 \ln(0.893U_j)}{0.893U_j} \right\} \quad (4)$$

式中:  $Q_{fs}$  为每半个月内沙地风力侵蚀模数 [ $t/(hm^2 \cdot a)$ ]。

研究区属于水风交错区, 在水风交错区的土壤侵蚀计算方法为比较每个栅格的水力侵蚀和风力侵蚀强度, 仅保留强度高的侵蚀类型, 而不再保留另一种侵蚀类型。

## 3 结果与分析

### 3.1 水土流失动态监测结果

根据水土流失动态监测结果(图 1), 研究区 1999 年水土流失面积达到  $4.71 \times 10^4$  km<sup>2</sup>, 占到该区域土地总面积的 86.58%, 侵蚀强度等级以强烈、极强烈和剧烈为主, 分别占水土流失面积的 24.84%, 19.53%, 21.02%。2018 年水土流失面积达到  $2.50 \times 10^4$  km<sup>2</sup>, 占到该区域土地总面积的 45.96%, 侵蚀强度等级以轻度和中度为主, 分别占水土流失面积的 50.8%, 26%。2019 年水土流失面积达到  $2.47 \times 10^4$  km<sup>2</sup>, 占到该区域土地总面积的 45.4%, 侵蚀强度等级以轻度和中度为主, 分别占水土流失面积的 51.82%, 25.91%。2020 年水土流失面积达到  $2.45 \times 10^4$  km<sup>2</sup>, 占到该区域土地总面积的 45.04%, 侵蚀强度等级以轻度和中度为主, 分别占水土流失面积的 52.6%, 25.97%。

从不同土地利用类型上的水土流失面积来看, 以 2020 年为例(图 2), 2020 年研究区主要水土流失土地利用类型为林地、草地和耕地, 水土流失面积分别

为  $1.27 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,  $5\ 100 \text{ km}^2$ ,  $4\ 500 \text{ km}^2$ , 分别占总水土流失面积的 51.84%, 20.82% 和 18.37%, 主要分布在研究区的北部内蒙古自治区和东南部陕西省境内。其他土地利用类型中, 园地水土流失面积为  $100 \text{ km}^2$ , 占总水土流失面积的 0.41%; 建设用地水土流失面积为  $1\ 200 \text{ km}^2$ , 占总水土流失面积的 4.9%; 其他土地水土流失面积为  $900 \text{ km}^2$ , 占总水土流失面积的 3.66%。

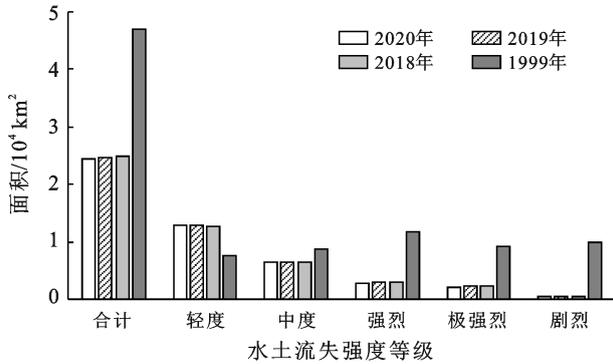


图 1 晋陕蒙接壤区不同年度土壤侵蚀强度面积比例

### 3.2 水土流失动态变化与分析

与 1999 年黄河流域水土保持遥感普查结果相比, 2020 年度研究区水土流失面积减少  $2.26 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 减幅达 47.98%, 其中: 轻度侵蚀面积增加  $5\ 300 \text{ km}^2$ , 增幅 69.74%; 中度、强烈、极强烈、剧烈侵蚀面积分别减少  $2\ 300, 8\ 900, 7\ 200$  和  $9\ 500 \text{ km}^2$ , 减幅分别为 26.44%, 76.07%, 78.26%, 95.96%。与 2018 年全国水土流失动态监测结果相比, 2020 年度水土流失面积减少  $500 \text{ km}^2$ , 减幅达 2%, 其中: 轻度侵蚀面积增加  $200 \text{ km}^2$ , 增幅 1.57%; 中度、强烈、极强烈、剧烈侵

蚀面积分别减少  $100, 200, 300$  和  $100 \text{ km}^2$ , 减幅分别为 1.54%, 6.67%, 13.04%, 20%。与 2019 年全国水土流失动态监测结果相比, 2020 年度水土流失面积减少  $200 \text{ km}^2$ , 减幅达 0.81%, 其中: 轻度侵蚀面积增加  $100 \text{ km}^2$ , 增幅 0.78%; 强烈、极强烈侵蚀面积分别减少  $100$  和  $200 \text{ km}^2$ , 减幅分别为 3.54%, 9.09% (表 1)。

根据以上结果对比, 研究区 1999 年土壤侵蚀强度以强烈、极强烈和剧烈侵蚀为主, 到 2018 年以后则以轻度侵蚀为主, 主要分布在西北部和东南部的低覆盖林地、草地及部分耕地。研究区水土流失主要以水力侵蚀为主。其中, 1999 年该区内水力侵蚀面积为  $2.72 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 到 2020 年则降低至  $1.82 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 降幅达 2%; 1999 年该区内风力侵蚀面积为  $1.99 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 到 2020 年则降低至  $6\ 300 \text{ km}^2$ , 年平均降幅达 5.4% (表 2)。

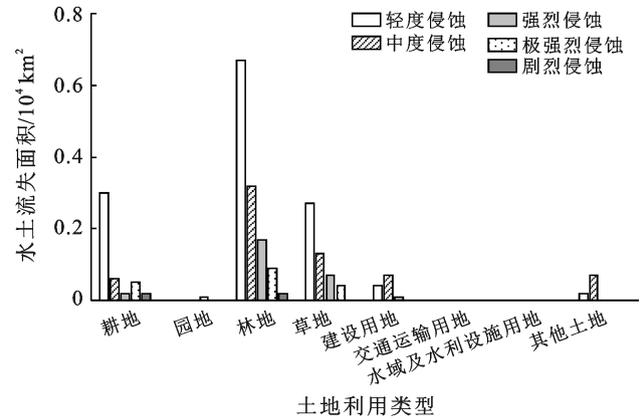


图 2 晋陕蒙接壤区 2020 年度不同土地利用类型水土流失面积分布

表 1 晋陕蒙接壤区 1999—2020 年不同强度水土流失面积变化

年份	项目	水土流失面积	轻度侵蚀	中度侵蚀	强烈侵蚀	极强烈侵蚀	剧烈侵蚀
1999—2020	动态变化/ $10^4 \text{ km}^2$	-2.26	0.53	-0.23	-0.89	-0.72	-0.95
	变幅/%	-47.98	69.74	-26.44	-76.07	-78.26	-95.96
2018—2020	动态变化/ $10^4 \text{ km}^2$	-0.05	0.02	-0.01	-0.02	-0.03	-0.01
	变幅/%	-2	1.57	-1.54	-6.67	-13.04	-20
2019—2020	动态变化/ $10^4 \text{ km}^2$	-0.02	0.01	0	-0.01	-0.02	0
	变幅/%	-0.81	0.78	0	-3.45	-9.09	0

表 2 晋陕蒙接壤区 1999—2020 年度不同侵蚀类型不同强度水土流失面积统计

侵蚀类型	年份	水土流失面积/ $10^4 \text{ km}^2$					小计
		轻度侵蚀	中度侵蚀	强烈侵蚀	极强烈侵蚀	剧烈侵蚀	
水力侵蚀	2020	0.76	0.54	0.28	0.2	0.04	1.82
	1999	0.37	0.39	0.79	0.68	0.49	2.72
风力侵蚀	2020	0.53	0.1	0	0	0	0.63
	1999	0.39	0.48	0.38	0.24	0.5	1.99

对比该区1999和2020年的土壤侵蚀空间数据(图3,表3),2a间水土流失强度等级变化以下降为主。等级降低的面积占比为75.01%,其中,强度等级降低2级以上的面积占比为42.84%,强度等级降低2级的面

积占比为16.73%,强度等级降低1级的面积占比为15.44%。等级未变化的面积占比为16.36%。该区域1999—2020年水土流失强度等级总体呈下降趋势,等级降低或未变化面积占总面积的91.37%。

表3 晋陕蒙接壤区1999—2020年度水土流失强度等级变化情况

项目	降低2级以上	降低2级	降低1级	未变化	加剧1级	加剧2级	加剧2级以上
面积/ $10^4 \text{ km}^2$	2.33	0.91	0.84	0.89	0.32	0.09	0.06
比例/%	42.84	16.73	15.44	16.36	5.88	1.65	1.1

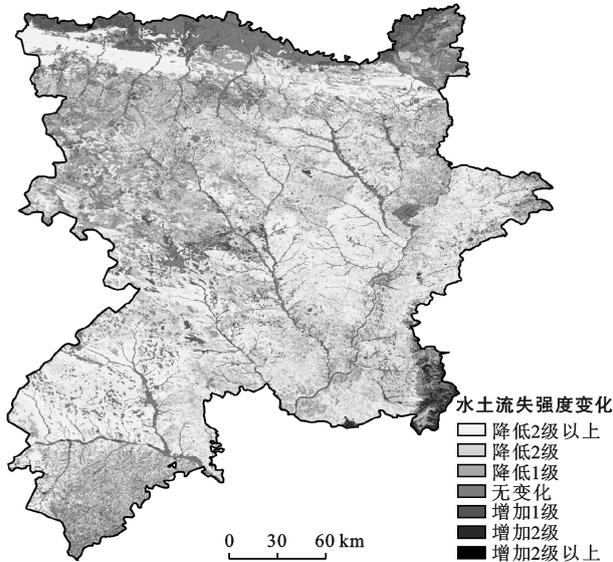


图3 晋陕蒙接壤区1999—2020年水土流失强度等级变化

### 3.3 动态变化原因分析

根据动态监测结果,该区域在1999年土壤侵蚀强度以强烈、极强烈和剧烈侵蚀为主,主要分布在内蒙古达拉特旗的西南部、准格尔旗的东部、山西省的河曲县、陕西省的东部和西部。截至2018年,研究区土壤侵蚀强度转变为以轻度侵蚀为主,在全区域均有分布,主要分布在林草地及耕地上;其次为中度侵蚀,主要分布在植被覆盖低的林草地上;强烈及以上侵蚀所占的比例较小。该区域水土流失强度降低的区域主要集中于该区的东南部,具体来说主要集中于内蒙古准格尔旗的东南部,陕西省神木县东南部、横山县东南部、府谷县全部,山西省兴县—保德—河曲—偏关县的全部。

从各土地利用类型的土壤侵蚀面积来看,现阶段林地上的土壤侵蚀面积仍然较大,主要是由于过去研究区大力开发煤矿等生产建设项目以及人为活动扰动的影响,水土流失严重,经过一系列的植树造林、退耕还林还草等水土保持措施的实施,水土流失面积减少,而新种植的林草产生效益需要一定的生长期,幼苗期植被覆盖度较低、林下盖度较低,黄河多沙粗沙

区降雨量较低,植被养护难度大,成活率有限,生长较慢。从时间序列变化来看,该区域水土流失面积持续减少,同时呈现侵蚀强度由高强度向低强度明显转化的趋势。通过查阅相关资料,该区域水土流失特征变化的原因可归结为以下几方面内容:①水土流失综合治理程度不断提高。国家和地方政府高度重视,在该区域持续开展了扎实的水土流失治理工作。实施的退耕还林还草、人工造林、坡改梯和小流域综合治理等工程,促进土地结构合理调整,充分发挥了农林牧各业相互促进效应,多部门共同发力,使晋陕蒙接壤地区水土流失明显减少,生态环境状况持续好转,加快推进了区域水土保持生态建设高质量发展。

②生产建设项目监督管理工作成效显著。黄河上中游管理局和晋陕蒙接壤地区水土保持监督局按照高标准、严要求的规范化建设思路,创造性的开展预防监督工作,在普法宣传、监督执法管理、人为水土流失防治等方面做了大量卓有成效的工作,不断提高监督执法效能,消除监管漏洞和盲点,全面提升监管水平,使得生产建设项目造成的人为水土流失状况得到有效遏止。据《2020年晋陕蒙接壤地区水土保持监督管理公报》,截至2020年9月底,该区域内水利部审批水土保持方案215个,地方各级水行政主管部门审批中小型生产建设项目水土保持方案4700余个。

③城镇化快速发展,农村人口不断减少。根据国家统计局发布的2020年中国统计年鉴,研究区2020年各省城镇化率分别为:山西省59.55%,陕西省59.43%,内蒙古自治区63.4%;而1999年全国城镇化率仅为30.89%。1999—2020年各省城镇化发展较快,大量农村人口向城市转移,生产方式由乡村型向城镇型不断转变,集约、智能、绿色、低碳的新型城镇化建设,使得人对自然环境的干预破坏减少,有效减少了人为水土流失面积。④公众及企业的水土保持意识和自觉性不断提高。地方煤炭等能源企业以身作则,高度重视生态环境治理工作,积极探索煤矿环境综合治理方法,不断加大生态环境治理工作投入力度。如神东煤炭集团累计投入生态治理资金达20亿元(截止2018

年 12 月),荒漠和沉陷区面积治理面积达 331 km<sup>2</sup>,植被覆盖率从开发建设初期的 3%~11%提高到 60%以上,不仅在荒漠化地区建成一片绿洲,而且取得了显著的生态效益、经济效益和社会效益。目前,神东上湾、哈拉沟等 6 座煤矿被命名为国家级“绿色矿山”;保德煤矿成为国家级“绿色矿山试点单位”;大柳塔煤矿被评为陕西省水土保持科技示范园,2017 年,被水利部命名为国家水土保持科技示范园。⑤各地重视水土保持工作,出台相关法律法规。如 1990 年山西省人民政府颁布实施了《山西省开发建设河保偏地区水土保持实施办法(试行)》,1988 年国务院发布了《开发建设晋陕蒙接壤地区水土保持规定》,有效减少了该区人为水土流失,保护了生态环境。为深入贯彻落实新水土保持法,山西省积极制定相关配套法规制度,先后颁发了《山西省实施〈中华人民共和国水土保持法〉办法(修正)》《山西省水土保持补偿费征收使用管理实施办法》等<sup>[7]</sup>,完善了当地水土保持法配套法规制度。加之各种水土保持相关法律法规出台后的大力宣传,水土保持科学知识的普及,以及水土保持示范项目的迅速增加,都切实增强了全社会的水土保持意识,为水土保持事业的稳固发展,创造了良好的社会氛围。

## 4 结论

1999—2020 年晋陕蒙接壤地区水土流失面积总体呈减少趋势,减幅达 47.98%,超过了该区域总土地面积的 1/3 多;1999—2020 年该区域水土流失强度明显减弱,土壤侵蚀等级很大程度上进行了转变,由高强度侵蚀等级为主转变为以非高强度侵蚀等级为

主。对比该区 1999 年和 2020 年的水土流失强度等级,等级之间变化以下降为主,近 3/4 的面积等级降低。对于以煤炭资源富集,能源资源开发建设项目为主的水土流失严重区,20 a 来能取得如此成效,与国家 and 地方政府制定的水土保持方针与政策、相关监管部门工作落实到位息息相关的。

尽管该区域水土流失状况在近 20 a 里得到改善,但结合该区域自然环境条件及目前生产建设规模及经济发展需求,认为该区域仍为水土流失严重区,对其生态环境的保护及恢复需要通过较大的投入和有效的水土保持措施才能实现。该区域水土流失防治和生态建设高质量发展刻不容缓,要根据该区域水土流失特点,探索建立具有区域特色的生态环境补偿机制,解决生态保护的深层次机制问题,解决接壤区生态保护问题。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 文子祥.晋陕蒙接壤区土地退化及其治理预测[J].自然资源,1995(5):52-57.
- [2] 查轩,黄少燕,唐克丽.晋陕蒙接壤区土地荒漠化问题及其防治对策[J].水土保持通报,1998(S1):28-32.
- [3] 王丽云,王小燕,王义,等.神东矿区 2005—2018 年水土流失动态变化研究[J].中国水土保持,2021(1):60-62.
- [4] 颜长珍,吴炳方.晋陕蒙接壤区林草覆盖变化的遥感分析[J].地理科学,2004,24(4):465-471.
- [5] 张永江,刘琼海,田博,等.晋陕蒙接壤地区生产建设项目水土保持成效[J].中国水土保持,2021(5):5-7.
- [6] 吴冠宇,晋陕蒙接壤地区煤矿矿区水土流失防治探索[J].陕西水利,2010(6):95-96.
- [7] 冯也,常温花.晋陕蒙接壤地区(山西片)水土保持法律法规贯彻情况与存在问题[J].中国水土保持,2017(9):9-11.
- [11] 张修宇,秦天,孙菡芳,等.基于层次分析法的郑州市水安全综合评价[J].人民黄河,2020,42(6):42-45.
- [12] 张华侨,窦明,赵辉,等.郑州市水安全模糊综合评价[J].水资源保护,2010,26(6):42-46.
- [13] 韩宇平,阮本清,解建仓.多层次多目标模糊优选模型在水安全评价中的应用[J].资源科学,2003,25(4):37-42.
- [14] Bosch P, Gabrielson P. Environmental indicators: Typology and use in reporting [J]. European Environment Agency, Copenhagen, 2003.1-20.
- [15] 韩宇平,阮本清.区域水安全评价指标体系初步研究[J].环境科学学报,2003,23(2):267-272.
- [16] Hou Y, Zhou S, Burkhard B, et al. Socioeconomic influences on biodiversity, ecosystem services and human well-being: A quantitative application of the DPSIR model in Jiangsu, China [J]. Science of the Total Environment, 2014,490:1012-1028.
- [17] 赵丽,朱永明,付梅臣,等.主成分分析法和熵值法在农村居民点集约利用评价中的比较[J].农业工程学报,2012,28(7):235-242.
- [18] 张志强,左其亭,马军霞.基于人水和谐理念的“三条红线”评价及应用[J].水电能源科学,2015,33(1):136-140.
- [19] 张修宇,秦天,杨淇翔,等.黄河下游引黄灌区水安全评价方法及应用[J].灌溉排水学报,2020,39(10):18-24.
- [20] 王浩.我国水安全战略和相关重大政策研究[M].北京:科学出版社,2019.

(上接第 132 页)