

# 1985—2020年黄河中游多沙粗沙区水土流失动态变化

殷宝库, 苏鹏飞, 张建国, 曹夏雨

(黄河水利委员会 黄河上中游管理局, 陕西 西安 710021)

**摘要:** [目的] 掌握黄河中游多沙粗沙区水土流失空间分布状况, 为黄河流域水土流失治理、生态环境保护和高质量发展提供数据支撑和科学建议。[方法] 利用2020年水土流失动态监测和1985、1999年全国水土流失遥感普查成果, 开展黄河中游多沙粗沙区水土流失动态变化分析。[结果] ①研究区域水土流失面积减少43.22%, 高强度水土流失面积减少90.80%, 水土流失状况明显改善; 1985—1999年和1999—2020年两个时段, 前时段变化相对较小, 后时段变化较大。②两个时段内水土流失强度均降低, 1999—2020年降低幅度明显大于1985—1999年且高强度水土流失面积大幅减少。1985—1999年以剧烈侵蚀面积减少为主, 1999—2020年强烈、极强烈、剧烈侵蚀等高强度侵蚀面积下降明显。[结论] 研究区生态环境状况改善的主要驱动力是区域水土保持监督管理工作的加强, 预防保护与水土保持综合治理的协同推进, 经济社会的发展, 保护环境和生态政策的引导等。虽然研究区水土流失日趋严重的态势得到了遏制, 但其依然是黄土高原乃至中国水土流失最严重的地区, 后续仍需持续采取适宜措施保护好生态环境。

**关键词:** 水土流失动态变化; 防治对策; 黄河中游多沙粗沙区; 黄土高原

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-288X(2021)05-0123-04

**中图分类号:** S157.1

**文献参数:** 殷宝库, 苏鹏飞, 张建国, 等. 1985—2020年黄河中游多沙粗沙区水土流失动态变化[J]. 水土保持通报, 2021, 41(5): 123-126. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2021.05.017; Yin Baoku, Su Pengfei, Zhang Jianguo, et al. Dynamic changes of soil and water loss in rich and coarse sediment areas of Middle Yellow River basin from 1985 to 2020 [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2021, 41(5): 123-126.

## Dynamic Changes of Soil and Water Loss in Rich and Coarse Sediment Areas of Middle Yellow River Basin From 1985 to 2020

Yin Baoku, Su Pengfei, Zhang Jianguo, Cao Xiayu

(Upper and Middle Yellow River Bureau, Yellow River Conservancy Commission, Xi'an, Shaanxi 710021, China)

**Abstract:** [Objective] The spatial distribution of soil erosion in the rich and coarse sediment areas of the Yellow River basin was studied in order to provide data support and scientific suggestions for soil erosion control, ecological environmental protection, and high-quality development in the Yellow River basin. [Methods] Dynamic changes of soil and water loss in rich and coarse sediment areas of the middle reaches of the Yellow River basin were analyzed based on dynamic monitoring of soil erosion in 2020 and the results of the national remote sensing surveys of soil erosion in China in 1985 and 1999. [Results] ① The area of regional soil and water loss decreased by 43.22%, the area of high-intensity soil and water loss decreased by 90.80%, and the status of soil erosion has been improved significantly over time. The changes in 1985—1999 were relatively small, while the changes in 1999—2020 were relatively large. ② The intensity of soil and water loss decreased in both periods. The decrease in 1999—2020 was significantly greater than in 1985—1999, and high-intensity soil erosion decreased significantly. In 1985—1999, the area of severe erosion mainly decreased, while in 1999—2020, the areas classified as intensive, extremely intensive, and severe erosion decreased significantly. [Conclusion] The main driving forces for the improvement of the ecological environment in the study area were the strengthening of the supervision and management of regional soil and water conservation, coordinated promotion of preventive protection and comprehensive management of soil and water conservation, economic and social development, environmental protection, and ecological policy guidance. Although the increasingly serious conditions resulting in soil and water loss in the Loess Plateau have been controlled, the region is still considered to be under the most severe soil erosion threat in China. It is still necessary to

continue to take appropriate measures for the protection of the ecological environment.

**Keywords:** dynamic change of soil and water loss; prevention and control measures; rich and coarse sediment areas of the Middle Yellow River basin; Loess Plateau

黄河中游多沙粗沙区是黄河流域主要的产沙区,也是黄土高原地区水土流失最严重的区域,严重的水土流失导致土壤退化、生产力降低,恶化了当地生产生活环境,造成了河道淤积,加重了旱涝灾害,影响着社会经济的可持续发展<sup>[1-3]</sup>。很多学者从土地利用、植被覆盖、水土流失等不同角度对研究区进行了研究。张含玉<sup>[2]</sup>利用 NDVI,水文等数据分析了研究区侵蚀产沙变化特征及主控因子,王光谦等<sup>[4]</sup>根据 80,90 年代遥感影像及水文数据分析了研究区植被覆盖变化与其减水减沙效益之间的规律,陈劲锋等<sup>[5]</sup>探索了研究区自然和人文要素对侵蚀产沙的作用,杨胜天等<sup>[6]</sup>利用中分辨率卫星影像研究了研究区土地利用的转型和渐变与促进植被盖度恢复的关系。这些研究一般利用研究区的一部分作为研究对象,且间隔一般较短,而根据长序列数据研究其变化趋势与规律具有重要指导意义,可为预防保护和水土流失综合治理等提供依据。本研究选取整个黄河中游多沙粗沙区为研究对象,利用覆盖整个研究区 1985—2020 年的长序列水土流失数据对其水土流失时空变化特征及变化原因进行分析,以期防治黄土高原地区水土流失,推动黄河流域生态保护和高质量发展提供有益参考。

## 1 研究区概况

黄河中游多沙粗沙区位于黄河河口镇至龙门区间及泾河、洛河上游,面积约  $7.86 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,介于东经  $106^\circ 57' - 111^\circ 58'$  和北纬  $35^\circ 54' - 40^\circ 15'$  之间<sup>[4]</sup>,主要为黄土丘陵沟壑和黄土高塬沟壑地貌,沟壑密度大且坡陡沟深,区内地表土壤以易蚀性的沙黄土主。属于旱半干旱区,降雨较少而又非常集中,多年平均

降水量 450 mm 左右,由东南至西北递减,全年 60% 以上降水发生在 7—9 月且以常以暴雨形式出现<sup>[1,4]</sup>。

## 2 数据来源与研究方法

本研究基于 2020 年水土流失动态监测和 1985,1999 年土壤侵蚀遥感调查数据,3 期成果均采用遥感技术利用卫星遥感影像等资料获取基础数据,且各年份土壤侵蚀的定义没有实质性变化,其水力和风力侵蚀强度分级前后一致<sup>[7]</sup>。2020 年土壤侵蚀采用中国土壤流失方程(CSLE 模型)<sup>[8]</sup>计算水力侵蚀模数,采用风力侵蚀模型<sup>[9]</sup>计算风力侵蚀模数,基于土壤侵蚀分类分级标准<sup>[10]</sup>分析土壤侵蚀强度。利用 Arcgis 的裁切功能获取研究区土壤侵蚀空间数据,利用其栅格计算功能对 1985,1999,2020 年土壤侵蚀数据进行统计分析,对 1999,2020 年的土壤侵蚀强度数据进行转移分析,获取研究区水土流失时间和空间变化特征。

## 3 结果与分析

### 3.1 不同年份水土流失状况

1985 年,研究区内水土流失面积为  $7.52 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,占总面积的 95.67%;水土流失强度以极强烈和剧烈为主,极强烈和剧烈侵蚀面积达  $5.76 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,占水土流失面积比例达 76.60%(表 1,图 1)。

表 1 1985—2020 年黄河中游多沙粗沙区水土流失面积  $10^4 \text{ km}^2$

年份	水土流失面积	轻度	中度	强烈	极强烈	剧烈
1985	7.52	0.20	0.89	0.67	2.01	3.75
1999	7.32	0.64	1.11	2.35	1.97	1.25
2020	4.27	1.59	1.46	0.69	0.45	0.08

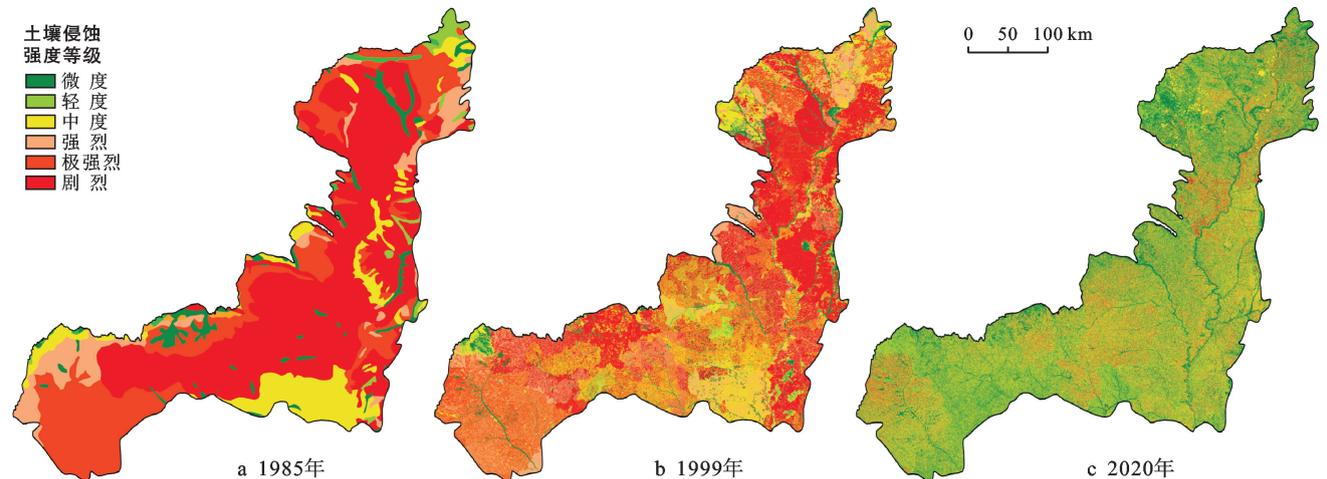


图 1 1985—2020 年黄河中游多沙粗沙区土壤侵蚀特征

1999年,研究区内水土流失面积为 $7.32 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 占总面积的93.13%;水土流失强度以强烈及以上侵蚀为主,强烈及以上侵蚀面积达 $5.57 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,占水土流失总面积的76.10%(表1,图1)。

2020年,研究区内水土流失面积为 $4.27 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 占总面积的54.33%;水土流失强度以轻度和中度侵蚀为主,面积达 $3.05 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,占水土流失总面积的71.43%;强烈及以上侵蚀面积为 $1.22 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,占水土流失总面积的28.58%(表1,图1)。

### 3.2 不同时段水土流失动态变化特征

3.2.1 面积动态变化特征 研究期内研究区水土流失状况明显改善,水土流失面积减少 $3.25 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,降幅达43.22%,年均减少1 000  $\text{km}^2$ 。其中,剧烈和极强烈侵蚀面积减少最多,减少面积达 $5.23 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,减少幅度达90.80%;强烈侵蚀转为比其等级低的侵蚀强度面积和由极强烈及剧烈转来的面积基本持平,研究期内面积基本未变;轻度和中度侵蚀面积均明显增加,特别是轻度侵蚀面积增加 $1.39 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,增幅近700%(表2)。

表2 不同时段水土流失面积动态变化情况  $10^4 \text{ km}^2$

时段/年	水土流失面积	轻度	中度	强烈	极强烈	剧烈
1985—1999	-0.20	0.44	0.22	1.68	-0.04	-2.5
1999—2020	-3.05	0.95	0.35	-1.66	-1.52	-1.17
1985—2020	-3.25	1.39	0.57	0.02	-1.56	-3.67

研究区1985—1999年和1999—2020年两个时段内,水土流失面积先缓慢减少后加速减少。1985—1999年14 a间研究区水土流失总面积处于相对稳定

状态,仅减少2 000  $\text{km}^2$ ,降幅2.66%,年均减少水土流失面积仅100  $\text{km}^2$ ,水土流失严重的状况没有根本改变。1999—2020年21 a间研究区水土流失面积快速减少,水土流失严重的状况得到明显改善,减少水土流失面积达 $3.05 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,降幅达41.67%,年均减少1 500  $\text{km}^2$ (表2)。

研究区两个时段内水土流失强度总体上均明显变轻。前一时段内水土流失强度变轻以剧烈侵蚀面积减少为主,降幅达66.67%,强烈及轻度水土流失面积增幅较多;后一时段内强烈、极强烈、剧烈侵蚀面积协同下降且下降显著,降幅均超过70%,其中剧烈侵蚀面积降幅达93.60%,年均减少面积分别为800,700,600  $\text{km}^2$ ,轻度和中度水土流失面积有所增加(表2)。

3.2.2 空间变化特征分析 对研究区1999年和2020年土壤侵蚀空间数据进行计算和转移分析(表3),20 a多来研究区土壤侵蚀强度等级转移最多的是轻度以上土壤侵蚀强度面积转为微度,也就是研究区水土流失面积减少的部位,面积达 $3.26 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,占总面积的41.48%;其次是发生中度以上土壤侵蚀强度降级但未降到微度的部位,面积为 $3.01 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,占总面积的38.31%。土壤侵蚀未减轻的区域面积为 $1.59 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,其中侵蚀强度未变化的面积为9 500  $\text{km}^2$ ,比例为12.09%;土壤侵蚀强度等级加剧的面积为6 400  $\text{km}^2$ ,占比为8.14%。在土壤侵蚀强度等级加剧的区域中,非水土流失面积变为水土流失面积1 900  $\text{km}^2$ ,比例2.42%;水土流失加剧的面积为4 500  $\text{km}^2$ ,比例5.72%。

表3 1999—2020年黄河中游多沙粗沙区土壤侵蚀强度空间动态变化统计  $10^4 \text{ km}^2$

项目	土壤侵蚀强度等级转移变化				
	强度未变	轻度以上转微度	微度转轻度以上	强度降级(不含微度)	强度变强(不含微度)
面积	0.95	3.26	0.19	3.01	0.45
比例/%	12.09	41.48	2.42	38.29	5.72

1999—2020年研究区土壤侵蚀强度空间分布变化具有明显的整体向好和少数部位强度变强特征,强度变轻、广泛分布的“绿色调”为研究区主基调,强度变强的“棕色调”呈零星片状或零散分布(图2)。由水土流失面积转为非水土流失面积的部位在研究区北部的呼和浩特、鄂尔多斯、忻州和榆林(北部)表现突出,成片区域降为非水土流失面积,榆林中部、延安中部及庆阳市、吴忠市表现较差。由微度变为轻度及以上水土流失面积的部位集中分布在吴忠市、延安市东北部、吕梁市临县与兴县交界处的中部和方山县外边缘附近,榆林市东北角也有较连片的分布(图2)。

### 3.3 水土流失变化原因分析

(1) 从人类活动影响来看,随着社会经济的发展 and 国民素质的提高,在退耕还林还草等宏观政策引导、水土流失预防保护和综合治理等防治方略指引下,随着大规模的人口从农村转移到城镇,大量的水土保持治理工程被实施,各地实施严格的水土保持监督制度,毁林毁草开荒、滥挖乱堆乱弃等现象急剧减少,植被得以修复,水土流失减轻,生态环境持续改善。

(2) 结合研究区地形、坡耕地和人为水土流失地块分布情况分析,研究区土壤侵蚀强度1999—2020年未减轻的区域主要位于研究区沟道、新增坡耕地和

人为水土流失地块上。该区沟壑纵横、水土流失严重、耕地资源稀缺,在 1999 年开始退耕还林还草政策之后一段时间还存在开垦坡耕地的现象;同时该区主要位于煤、石油、天然气等能源的富集区,是中国重要的能源产业基地集中区,大规模的资源集中开发与基础设施建设对区域水土流失也造成了一定的影响。

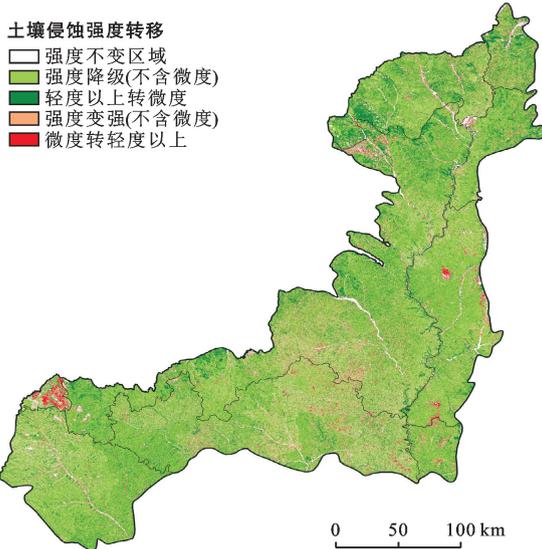


图 2 1999—2020 年黄河中游多沙粗沙区土壤侵蚀强度转移特征

(3) 从自然条件来看,研究区植被覆盖范围的扩大和覆盖等级的提高是研究区后一时段水土流失面积和高强度侵蚀面积双降的重要影响因素。研究区降水、地形等条件并未发生根本性变化,植被覆盖面积 2020 年比 1999 年增加了近  $1.00 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,覆盖比例提高了 18.52%。且高覆盖和中高覆盖面积大幅提升,由 1999 年的  $900 \text{ km}^2$  提高为 2020 年的  $1.67 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,中和中低覆盖占比由超过 90% 降为仅占一半。植被覆盖范围的扩大和植被覆盖等级的提高可有效降低水土流失强度等级和面积。

## 4 结论

(1) 研究区 35 a 来水土流失状况明显改善,水土流失恶化态势得到有效遏制,水土流失面积由 1985 年的 95.67% 降至 2020 年的 54.33%,区域水土流失面积减少 43.22%;极强烈和剧烈侵蚀占总面积比例由 73.28% 降至约 6.74%,减幅达 90.80%。在 1985—1999 年和 1999—2020 年两个研究时段内,1985—1999 年水土流失面积相对稳定,年均减少水土流失面积仅  $100 \text{ km}^2$ ;1999—2020 年水土流失面积和极强烈、剧烈侵蚀面积快速减少,水土流失面积减少达  $3.05 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,年均减少面积达  $1500 \text{ km}^2$ ,水土流失严重的态势得到遏制。

(2) 研究区两个时段内水土流失强度总体上均变轻,但 1999—2020 年明显好于 1985—1999 年且极强烈和剧烈侵蚀面积均大幅下降。1985—1999 年内水土流失强度变轻以剧烈侵蚀面积减少为主,减少面积达  $2.5 \times 10^4 \text{ km}^2$ ;1999—2020 年内强烈、极强烈、剧烈等侵蚀面积均大幅减少,减少面积达  $4.35 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,减幅达 78.10%。

(3) 研究区生态环境状况改善的主要原因是:①区域水土保持监督管理工作的加强有效遏制了生产建设活动产生的水土流失;②预防保护与水土保持综合治理的协同推进使得自然恢复与水土保持措施共同改善了区域植被覆盖和水土流失状况;③经济社会的发展使得第一产业地位下降,对耕地的需求减少;④一系列保护环境和生态的政策引导使得人们更加重视保护生态环境,如 1999 年开始实施的大规模退耕还林还草政策,研究区植被覆盖度明显提高。

(4) 经过多年的预防保护与治理,虽然研究区水土流失面积与强度大幅降低,水土流失日趋严重的态势得到了遏制,水土流失状况大幅改善,但是其水土流失仍然广泛分布,且占总面积一半以上,远高于全国平均值;另外,研究区千沟万壑,受技术条件限制未考虑沟道侵蚀,水土流失强度尚存在一定程度的低估。因此,研究区依然是黄土高原乃至全国水土流失最严重的地区,其生态环境脆弱的局面并未得到根本改变,仍需持续采取适宜措施保护好研究区生态环境,维护好研究区乃至黄土高原地区来之不易的大好局面。

## 【参考文献】

- [1] 李敏,王白春,许林军.多沙粗沙区综合治理规划与减沙作用[J].人民黄河,2013,35(10):124-126.
- [2] 张含玉.黄河中游多沙粗沙区侵蚀产沙变化特征及影响因素分析[D].陕西 杨凌:中国科学院教育部水土保持与生态环境研究中心,2016.
- [3] 赵辉,黎家作,李晶晶.中国水土流失动态监测与评价的现状与对策[J].水土保持通报,2016,36(1):115-119.
- [4] 王光谦,张长春,刘家宏,等.黄河流域多沙粗沙区植被覆盖变化与减水减沙效益分析[J].泥沙研究,2006(2):10-16.
- [5] 陈劲锋,刘全友,陆中臣,等.黄土高原多沙粗沙区侵蚀产沙的多维临界[J].生态学报,2007,27(8):3277-3285.
- [6] 杨胜天,周旭,刘晓燕,等.黄河中游多沙粗沙区(渭河段)土地利用对植被盖度的影响[J].地理学报,2014,69(1):31-41.
- [7] 王正兴,李芳.中国分省土壤侵蚀变化数据集(1985—2011)[J].全球变化数据学报(中英文),2018,2(1):51-58.
- [8] 刘宝元,谢云,张科利.土壤侵蚀预报模型[M].中国科学技术出版社,2001.
- [9] 水利部水土保持监测中心.区域水土流失动态监测技术规程[S].2018.
- [10] 中华人民共和国水利部.SL190—2007 土壤侵蚀分类分级标准[S].北京:中国水利水电出版社,2008.