

# 黄河中游多沙粗沙区输沙模数变化分析

林银平 钱云平 张培德 徐建华

(黄河水利委员会水文局·郑州市·450004)

摘 要 该文根据绘制的黄河中游输沙模数与粗泥沙模数等值线图,研究分析了黄河中游多沙粗沙区输沙模数与粗沙模数变化规律。 中图分类号: P333.5

关键词: 黄河中游 多沙粗沙区 输沙模数 粗泥沙模数 水土保持

## Variation of Sediment Transportation Modulus at Heavy and Coarse Sediment Areas in the Middle Reaches of Yellow River Basin

*Lin Yinping Qian Yunping Zhang Peide Xu Jianhua*  
(Hydrologic Bureau of the Yellow River Commission, Zhengzhou, 450004, PRC)

**Abstract** In the middle reaches of Yellow river basin, a lot of projects have been built. Human activities have changed the land surface and erosion process, they have also alleviated erosion intensity and retained runoff and sediment. Isograms of sediment transportation modulus and coarse sediment modulus are drawn up based on the obtained data. The variation law of sediment and coarse sediment transportation modulus at areas with more and coarse sediment was analysed.

**Keywords:** the middle reaches of Yellow river; areas with more and coarse sediment; modulus of sediment transportation; modulus of coarse sediment transportation; soil and water conservation

黄河中游的径流、泥沙主要受降雨及下垫面的影响。70年代以前,流域人类活动影响较小,流域基本上处于天然侵蚀状态;70年代以后,黄河中游兴建了大量水利工程,在水土流失严重的地区开展了卓有成效的水土保持治理工作,水利水保措施不同程度地起到了提高生产,减少侵蚀,改善生态环境的作用。同时人类活动也改变了流域的下垫面,改变了流域侵蚀过程,减缓了侵蚀强度,起到了拦截径流、泥沙的作用,多沙粗沙区输沙模数与粗泥沙模数也发生了相应的变化。

为详细了解黄河中游多沙粗沙区输沙模数与粗泥沙模数的变化情况,作者根据已有资料,分别绘制了1954~1969年、1970~1979年、1980~1989年、1990~1995年4个时期的输沙模数等值线图及大于0.05 mm粗泥沙模数等值线图(限于篇幅,仅列出1954~1969年黄河中游输沙模数图及大于0.05 mm粗泥沙模数图,见图1,图2)。

根据多沙粗沙区界定标准:输沙模数大于 $5\,000\text{ t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 属多沙区,粗泥沙模数大于 $1\,300\text{ t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ ( $d \geq 0.05\text{ mm}$ )属于粗沙区。

# 1 输沙模数变化分析

从图1中可以看出,黄河中游多沙区集中分布于河口镇至龙门区间及泾、洛、渭河中上游地区。其中以河口镇至无定河河口区间各入黄支流中下游的黄土丘陵沟壑区输沙模数为最大,最高的为窟野河神木至温家川区间,输沙模数高达  $40\ 000\ \text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$  以上,是黄河流域高产沙区,输沙量占黄河流域总产沙量的30%以上。

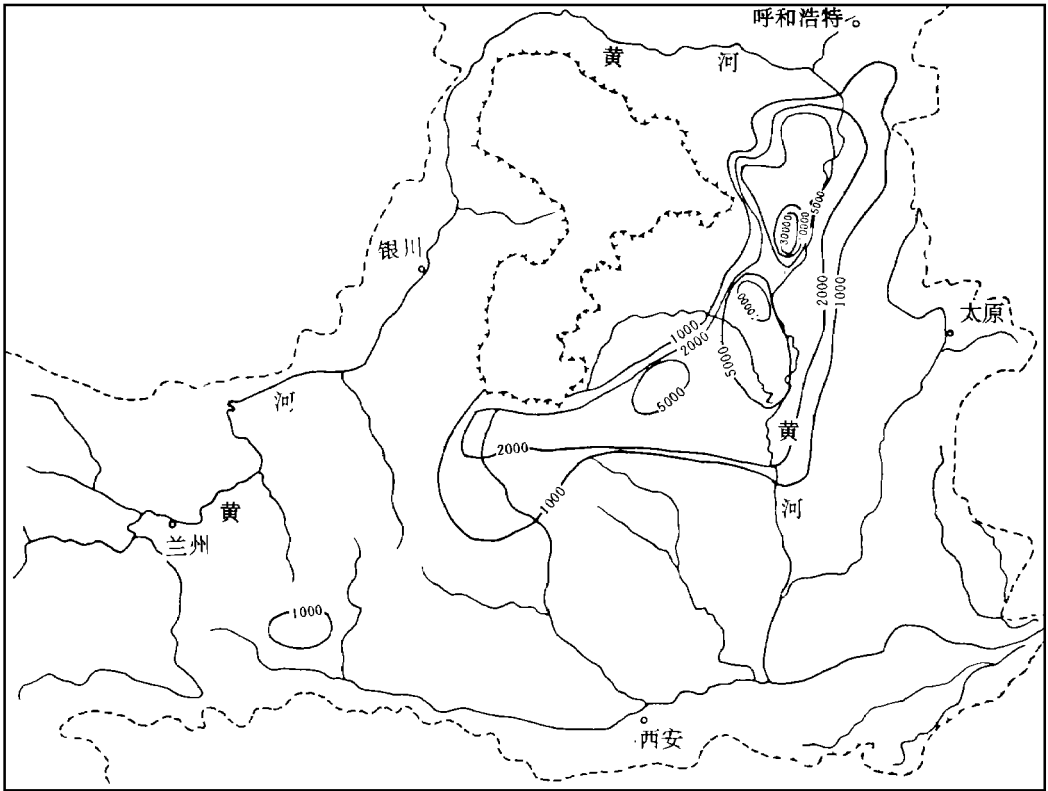


图1 黄河中游1954~1969年输沙模数等值线图

## 1.1 河龙区间输沙模数变化分析

1954~1969年的输沙模数等值线图反映了黄河中游在天然状态下的土壤侵蚀状况。从图上可以看出:除位于皇甫川、窟野河、无定河上游的沙地草原区,靖边—榆林一带盖沙区,吕梁山、子午岭一带的石山林区、丘陵林区输沙模数低于  $2\ 000\ \text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$  外,河龙区间的黄土丘陵沟壑区、台状土石丘陵区输沙模数基本上都大于  $5\ 000\ \text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ ,其中皇甫川、孤山川、窟野河、无定河、偏关河、佳芦河等流域输沙模数高达  $20\ 000\ \text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$  以上,是黄河中游水土流失最严重的地区,其中窟野河神木至温家川区间输沙模数高达  $40\ 400\ \text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ ,为黄河流域高产沙区。

70年代以后黄河中游发生了较大变化,流域开展了水利水保工程措施。由于水利水保工程措施的拦水、拦沙作用,流域输沙量减小,河龙区间输沙模数大于  $5\ 000\ \text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$  (多沙区)

的范围较 1954~1969 年明显减小,其中 70 年代较 1954~1969 年减小 14.1%,80 年代减小 39.5%,1990~1995 年减小 17.5% (见表 1)。其中大于  $10\,000\text{ t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$  等值线范围减少较大;变化最明显的是大于  $20\,000\text{ t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$  区域 (见表 2),70 年代无定河中游和佳芦河的输沙模数由 70 年代以前大于  $20\,000\text{ t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$  降低到  $20\,000\text{ t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$  以下,只有皇甫川、孤山川、窟野河 3 条河的输沙模数仍然维持在  $20\,000\text{ t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$  以上。

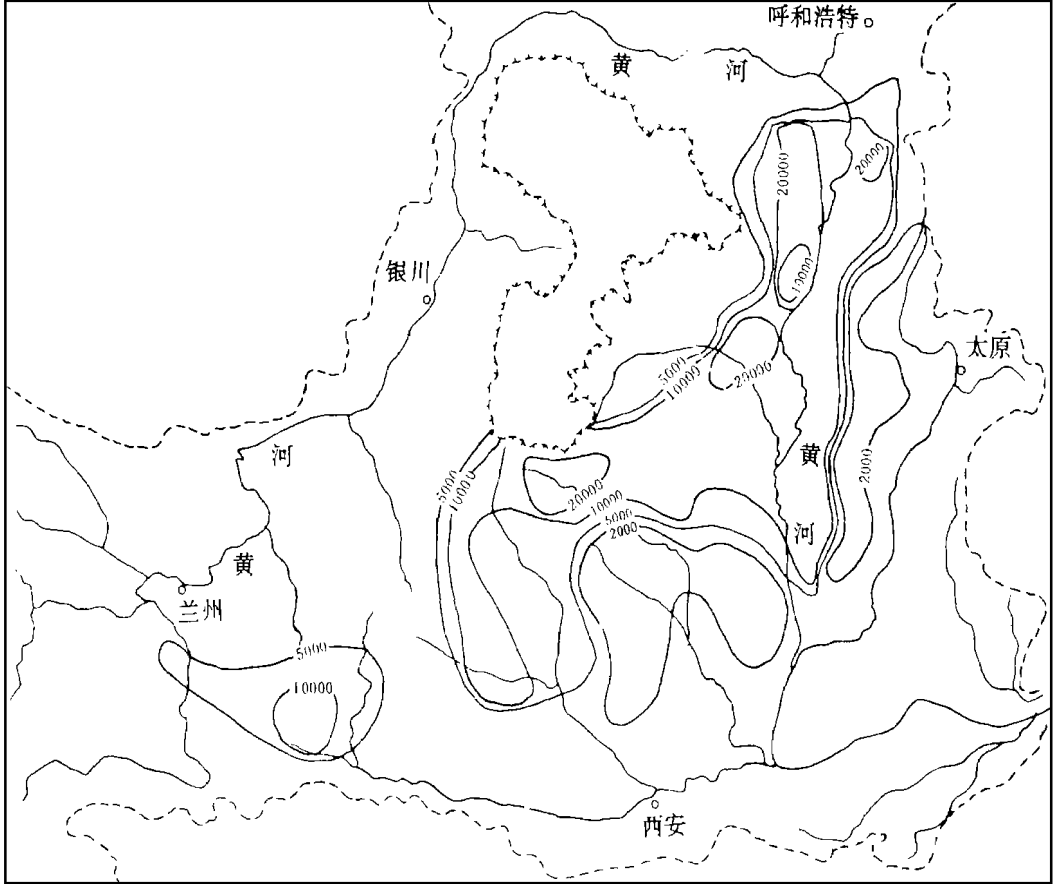


图 2 黄河中游 1954~1969 年大于  $0.05\text{ mm}$  粗泥沙模数等值线图

80 年代输沙模数变化更明显,输沙模数大于  $5\,000\text{ t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$  范围线由 70 年代以前清水河口附近缩小到清涧河口附近,特别是大于  $10\,000\text{ t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$  范围大大缩小,仅局限在皇甫川、孤山川、窟野河 3 条支流,而且输沙模数峰值区由  $20\,000\text{ t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$  以上下降到  $10\,000\sim 15\,000\text{ t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$  之间,最大输沙模数仅为  $15\,600\text{ t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ ,可以说,无论是输沙模数值还是高值区范围,80 年代均是最小的,这与 80 年代气候偏干有很大关系。

1990~1995 年输沙模数又有较大变化,黄河中游特别是无定河、窟野河流域发生了几场较大暴雨,输沙模数大于  $5\,000\text{ t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$  范围线从 80 年代清涧河口附近又增大到清水河口附近,大于  $10\,000\text{ t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$  范围较 80 年代明显扩大,主要分布在窟野河及无定河中下游地区,其中心区域输沙模数增大到  $20\,000\text{ t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$  以上,其中窟野河神木至温家川区间输沙模数高达  $34\,000\text{ t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ ,说明气候因素对流域产沙影响仍然较大。

表 1 黄河中游不同时期多沙粗沙区面积变化统计

10<sup>4</sup> km<sup>2</sup>

分 级	区 间	项 目	1954~ 1969	1970~ 1979	1980~ 1989	1990~ 1995
全 沙	河—龙区间	面积	6.80	5.844	4.116	5.61
		减少(%)		- 14.1	- 39.5	- 17.5
	泾河及北洛河上游	面积	3.32	2.758	2.422	2.702
		减少(%)		- 16.9	- 27.1	- 18.6
	渭河上游(即六盘山以西)	面积	1.07	1.083	0.485	0.514
减少(%)			+ 1.6	- 54.5	- 51.8	
中游区合计		面积	11.19	9.68	7.023	8.826
		减少(%)		- 13.5	- 37.2	- 21.1
> 0.05 mm	河—龙区间	面积	5.43	4.259	2.762	3.565
		减少(%)		- 21.6	- 49.1	- 34.3
	泾河及北洛河上游	面积	1.53	1.016	0.91	1.883
		减少(%)		- 33.6	- 40.5	+ 23.1
	渭河上游(即六盘山以西)	面积				
减少(%)						
中游区合计		面积	6.96	5.275	3.672	5.448
		减少(%)		- 24.2	- 47.2	- 21.7

注: (1) “-”表示减少,“+”表示增加; (2) “减少(%)”为较 1954~ 1969 年的减少量

从输沙模数高值区变化情况来看, 70 年代以来输沙模数高值区范围呈减小趋势, 而其输沙模数峰值变化则不明显, 最大值均出现在窟野河神木至温家川区间(见表 2)。除 80 年代由于降水偏少, 最大输沙模数仅为 15 600 t/(km<sup>2</sup>·a) 外, 70 年代输沙模数峰值超过了 1954~ 1969 年的峰值 40 440 t/(km<sup>2</sup>·a), 达 40 770 t/(km<sup>2</sup>·a)。1990~ 1995 年为 34 000 t/(km<sup>2</sup>·a), 这是由于窟野河流域产沙主要受自然水文条件的影响, 受水利水土保持工程影响较小的原因。

1.2 泾、洛、渭河流域

表 2 河—龙区间输沙模数大于 20 000 t/(km<sup>2</sup>·a) 的流域范围

时 段	输沙模数> 20 000 的流域	最大值	最大值出现区域
1954~ 1969	皇甫川	20 750	沙圪堵以上
	孤山川	22 020	高石崖以上
	窟野河	40 400	神木—温家川
	偏关河	25 200	偏关以上
	佳芦河	29 840	申家湾以上
1970~ 1979	皇甫川	26 500	沙圪堵以上
	孤山川	24 850	高石崖以上
	窟野河	40 770	神木—温家川
1980~ 1989	无	15 600	沙圪堵以上
1990~ 1995	窟野河	34 000	神木—温家川
	无定河	22 800	丁家沟、绥德—白家川区间

注: 大于 20 000 t/(km<sup>2</sup>·a) 输沙模数不包括沙地草原区。

从 1954~ 1969 年输沙模数等值线图可以看出: 六盘山、子午岭一带石山林区输沙模数低于 2 000 t/(km<sup>2</sup>·a); 泾河下游黄土台塬区、六盘山边沿植被较差地区输沙模数在 2 000~ 5 000t/(km<sup>2</sup>·a) 之间; 输沙模数大于 5 000 t/(km<sup>2</sup>·a) 区域大致分布于渭河上游地区即六盘山以西地区、泾河上游和中游地区及北洛河发源地白于山一带; 输沙模数在 10 000~ 20 000 t/(km<sup>2</sup>·a) 之间的区域主要分布在甘肃镇原附近及泾河的黑河、洪河一带及马莲河洪德以上地区; 20 000t/(km<sup>2</sup>·a) 以上区域主要分布在北洛河上游吴旗一带。渭河上游地区即六盘山以西地区输沙模数 10 000 t/(km<sup>2</sup>·a) 以上区域分布在散渡河甘谷以上地区;

泾、洛河流域 70 年代输沙模数 10 000 t/(km<sup>2</sup>·a) 以上区域主要分布在蒲河、内河、洪河及

北洛河上游吴旗一带;80 年代输沙模数在  $10\ 000\ t/(km^2 \cdot a)$  以上区域缩小明显, 仅局限在北洛河上游吴旗一带;1990~ 1995 年输沙模数  $10\ 000\ t/(km^2 \cdot a)$  以上区域又扩大到马莲河洪德以上及北洛河上游吴旗一带。80~ 90 年代泾河及北洛河上游地区大于  $5\ 000\ t/(km^2 \cdot a)$  面积变化也有所减小, 较 1954~ 1969 年减小 16.9%~ 27.1%。

渭河上游 70 年代以后输沙模数降低到  $10\ 000\ t/(km^2 \cdot a)$  以下, 且范围显著减小, 80~ 90 年代大于  $5\ 000\ t/(km^2 \cdot a)$  面积较 1954~ 1969 年减小近 1/2。

从输沙模数峰值来看: 渭河上游 1954~ 1969 年输沙模数最大为  $11\ 570\ t/(km^2 \cdot a)$ , 泾河最大为  $23\ 400\ t/(km^2 \cdot a)$ , 北洛河金佛坪以上达  $20\ 950\ t/(km^2 \cdot a)$ , 具体见表 3。70 年代后由于水利水保工程影响, 渭河输沙模数峰值降到  $10\ 000\ t/(km^2 \cdot a)$  以下, 70 年代为  $9\ 180\ t/(km^2 \cdot a)$ , 80~ 90 年代为  $8\ 600\ t/(km^2 \cdot a)$  左右; 泾河输沙模数峰值 70 年代降低到  $12\ 000\ t/(km^2 \cdot a)$  左右, 80 年代最小, 为  $8\ 120\ t/(km^2 \cdot a)$ , 90 年代又增大到  $13\ 780\ t/(km^2 \cdot a)$ ; 北洛河最大输沙模数 70~ 80 年代也下降到  $15\ 000\ t/(km^2 \cdot a)$  以下。

## 2 粗泥沙模数变化分析

黄土高原各地都有粗泥沙分布, 但主要集中分布在河口镇至龙门区间, 泾、洛、渭河上游的黄土丘陵沟壑区。大量研究表明, 黄河的粗泥沙对下游河道危害严重。

由图 2 可见, 1954~ 1969 年河一龙区间粗泥沙模数大于  $5\ 000\ t/(km^2 \cdot a)$  的面积集中在皇甫川至无定河之间的几条支流, 其中皇甫川、孤山川、窟野河、佳芦河 4 条支流粗泥沙模数在  $7\ 000\ t/(km^2 \cdot a)$  以上(见表 4), 其中神木至温家川区间高达  $30\ 250\ t/(km^2 \cdot a)$ ; 泾河及北洛河上游地区粗泥沙模数各年代都低于  $3\ 000\ t/(km^2 \cdot a)$ 。渭河粗泥沙模数各年代也都低于  $1\ 300\ t/(km^2 \cdot a)$ 。说明河一龙区间是黄河粗泥沙来源的主要区域。

表 3 渭河流域输沙模数峰值变化分析

		t/(km <sup>2</sup> ·a)	
区 间	时 段	最大值出现区域	最大值
渭河	1954~ 1969	散渡河甘谷以上	11 570
	1970~ 1979	首阳—武山区间	9 180
	1980~ 1989	首阳—武山区间	8 560
	1990~ 1995	首阳—武山区间	8 678
泾河	1954~ 1969	泾川、杨阎、毛家河—杨家坪区间	23 400
	1970~ 1979	崆峒峡—泾川区间	12 070
	1980~ 1989	马莲河洪德以上	8 120
	1990~ 1995	马莲河洪德以上	13 780
北洛河	1954~ 1969	金佛坪以上	20 950
	1970~ 1979	金佛坪以上	15 660
	1980~ 1989	金佛坪以上	11 500
	1990~ 1995		

表 4 河一龙区间大于 0.05 mm 粗泥沙模数峰值变化特征

		t/(km <sup>2</sup> ·a)	
时 段	粗泥沙模数> 5 000 的流域	最大值	最大值出现区域
1954~ 1969	皇甫川	8 400	皇甫以上
	孤山川	7 450	高石崖以上
	窟野河	30 250	神木—温家川
	佳芦河	11 080	申家湾以上
	大理河	6 710	青阳岔
1970~ 1979	皇甫川	10 270	皇甫以上
	孤山川	10 300	高石崖以上
	窟野河	18 720	神木至温家川
	佳芦河	10 110	申家湾以上
1980~ 1989	皇甫川	6 440	皇甫以上
	窟野河王道恒塔以下	5 360	王、新一神木
1990~ 1995	窟野河神木—温家川区间	13 220	神木—温家川

70年代由于水利水土保持工程措施的影响,粗泥沙模数大于 $5\,000\text{ t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 的范围缩小,集中分布在皇甫川、孤山川、窟野河、佳芦河4条支流,神木至温家川区间粗泥沙模数也降低到 $18\,720\text{ t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 。

80年代由于降水偏少,粗泥沙模数大于 $5\,000\text{ t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 的范围显著缩小,主要分布在皇甫川和窟野河2条支流,最大粗泥沙模数峰值出现在皇甫站,仅为 $6\,440\text{ t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 。

1990~1995年粗泥沙模数大于 $5\,000\text{ t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 的范围仅分布在窟野河中下游,最大粗泥沙模数峰出现在神木至温家川区间,粗泥沙模数为 $13\,220\text{ t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 。但粗泥沙模数大于 $2\,000\text{ t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 的范围较80年代有所增大。80年代粗泥沙模数大于 $2\,000\text{ t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 的范围主要分布在皇甫川至窟野河之间的几条支流的中下游,1990~1995年粗泥沙模数大于 $2\,000\text{ t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 的范围不仅分布在皇甫川至窟野河之间的几条支流的中下游,而且扩大到无定河、清涧河流域的中下游。渭河上游六盘山以西地区,70年代以后粗泥沙模数均在 $1\,000\text{ t}/\text{km}^2$ 以下。

河龙区间70年代以后粗泥沙范围明显减小,70年代较1954~1969年减小21.6%,80年代减小49.1%,1990~1995年减小34.3%。泾河及北洛河上游70年代以后较1954~1969年减小33.6%,80年代减少40.5%,1990~1995年增加23.1%。说明在大力开展水利水土保持后黄河中游干支流的泥沙都有不同程度细化,但水保工程抗御大洪水的能力有限,且不同流域治理程度不同。水保效益也不一样,1990~1995年粗泥沙面积增大就说明了这个问题。

从粗泥沙模数值看,泾河及北洛河上游地区粗泥沙模数各年代都低于 $3\,000\text{ t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ ,70年代前和70年代后峰值变化不大。河龙区间70年代以后由于水利水保工程的作用,粗泥沙模数 $>10\,000\text{ t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 的面积正不断地缩小。可以认为水利水土保持措施在使黄河泥沙变细方面起着积极的作用。

### 3 结 论

综上所述,70年代以后,黄河中游输沙模数与粗泥沙模数变化较大,虽然与气候有一定关系,但主要是70年代以来开展的水利水保措施对黄河中游输沙模数及粗泥沙模数的变化影响所致。从总体变化趋势看,输沙模数与粗泥沙模数值变小,高值区范围在缩小,反映水土保持对流域减水减沙效益明显。同时分析表明,输沙模数与粗泥沙模数的变化在不同流域变化不一致,水利水保治理程度高的流域如无定河、三川河变化较大,输沙模数与粗泥沙模数值及变化范围减少明显,水保效益明显;而治理程度低,受水利水保影响小的流域如窟野河流域沙量变化主要决定于降水等自然因素的影响。

(上接第9页)

#### 参 考 文 献

- 1 中国科学院资源环境科学局主编. 黄土高原小流域综合治理与展望. 北京: 科学文献出版社, 1992
- 2 包为民. 水土保持措施减水减沙效果分析评估研究. 人民黄河, 1994(1)
- 3 万廷朝. 黄丘V副区降雨和地形因素与坡面水土流失关系. 中国水土保持, 1996(12)
- 4 朱兴平. 黄丘V副区小流域水土流失的时空变化. 中国水土保持, 1995(12)
- 5 陈永宗等. 黄土高原现代侵蚀与治理. 北京: 科学出版社, 1988
- 6 景可等. 晋西黄土高原土壤侵蚀规律实验研究文集. 北京: 科学出版社, 1990