

80年代黄河中游来沙减少的原因分析

张胜利

王轶睿

(黄委会水利科学研究院·河南郑州市·450003) (黄委会榆次水文站·山西榆次·030600)

提 要

该文以黄河中游多沙粗沙区典型支流为例,对80年代来沙减少的原因进行了分析。笔者认为降雨量减少和降雨强度减小是80年代泥沙减少的主因,其对减沙的影响程度约为70%;而流域综合治理影响程度约占总减沙量的30%。

关键词: 黄河中游 多沙粗沙 减沙 综合治理

An Analysis of the Cause of Reduction of Incoming Sediments in the Middle Reaches of the Yellow River in the 1980s

Zhang Shengli et al.

(The Hydraulic Engineering Academy of Water Conservancy Committee of the Yellow River, Zhengzhou, Henan, 450003)

Abstract

Taking the typical tributaries in the sediment-rich area with more coarse ones in the middle reaches of the Yellow River as an example, this paper analysed the cause of reduction of incoming sediments in the 1980s. The authors hold that the reduction of rainfall and intensity of rainfall was the main cause of sediment reduction in the 1980s, whose effects upon sediment reduction were about 70%, while the effects of the comprehensive control over the watershed upon the degree of sediment reduction accounted for 30% of total sediment reduction.

Key words the middle reaches of the Yellow River rich sediments and more coarse sediments sediment reduction comprehensive control

一、水沙变化情况

(一) 黄河中上游来水来沙情况 黄河中上游来水来沙以龙门、华县、河津、淤头四站之和为代表,统计1919~1989年各年代实测水沙资料得表1,由表列成果可以看出,若以1919~1989年71年系列平均代表多年平均值并作为对比基准,那么,龙、华、河、淤四站之和,80年代减水10.9%、减沙46.1%,尤其值得指出的是地处多沙粗沙来源区的河龙区间,80年代减水43.6%、减沙55%。若以下垫面条件变化不大的70年代和80年代比较,河龙区间80年代较70年代减水31.2%、减沙50.8%,而龙、华、河、淤四站则增水2.5%、减沙41.2%,情况比较复杂,为说明来沙减少的原因,特选择河龙区间主要支流进行了分析

(二) 河龙区间主要支流水沙变化情况 统计河龙区间流域面积大于1 000km²且水文泥沙

表1 黄河中上游主要区段不同时段(年)径流泥沙特征值表

河段	项 目	1920—1929	1930—1939	1940—1949	1950—1959	1960—1969	1970—1979	1980—1989	1920—1949	1950—1989	1919—1989
兰州 以上	实测径流量 ($10^6 m^3$)	265	315	345	316	353	316	383	308	330	320
	实测输沙量 ($10^8 t$)	0.785	1.068	1.239	1.346	0.982	0.574	0.446	1.031	0.837	0.923
兰州~ 河口镇	实测径流量 ($10^8 m^3$)	-49.9	-55.5	-62.7	-73.4	-87.0	-86.4	-95.0	-56.0	-85.5	-72.7
	实测输沙量 ($10^8 t$)	0.274	0.448	0.366	0.187	0.807	0.563	0.536	0.362	0.532	0.448
河口镇 以上	实测径流量 ($10^6 m^3$)	215	259	282	243	266	230	238	252	244	247
	实测输沙量 ($10^8 t$)	1.059	1.515	1.604	1.533	1.790	1.137	0.982	1.393	1.360	1.371
河口镇 ~龙门	实测径流量 ($10^6 m^3$)	64.5	80.3	77.8	77.1	69.4	53.9	37.1	74.2	59.4	65.8
	实测输沙量 ($10^8 t$)	6.852	10.624	9.008	10.356	9.525	7.543	3.708	8.828	7.783	8.245
龙门 以上	实测径流量 ($10^6 m^3$)	280	340	360	320	335	284	275	327	304	313
	实测输沙量 ($10^8 t$)	7.911	12.140	10.612	11.889	11.315	8.680	4.690	10.221	9.144	9.616
华县 以上	实测径流量 ($10^8 m^3$)	56.4	83.0	93.7	85.1	95.8	59.2	78.9	77.7	79.8	78.7
	实测输沙量 ($10^8 t$)	3.333	4.436	4.849	4.287	4.361	3.842	2.760	4.207	3.812	3.993
淤头 以上	实测径流量 ($10^8 m^3$)	5.1	7.3	8.5	6.7	8.8	5.9	7.6	7.0	7.2	7.1
	实测输沙量 ($10^8 t$)	0.367	0.728	1.367	0.928	1.025	0.888	0.501	0.821	0.836	0.825
河津 以上	实测径流量 ($10^6 m^3$)	13.7	15.6	16.1	17.5	17.8	10.3	6.6	15.1	13.1	14.0
	实测输沙量 ($10^8 t$)	0.371	0.514	0.516	0.700	0.344	0.191	0.045	0.467	0.320	0.390
龙+华 +河+状	实测径流量 ($10^6 m^3$)	355	446	478	429	457	359	368	426	403	413
	实测输沙量 ($10^8 t$)	11.985	17.818	17.344	17.804	17.045	13.601	7.996	15.716	14.112	14.824

续表2 河口镇一龙门区间各主要支流减水减沙效益计算表

延水	甘谷驿	5 891	1953~1970 I	529.15	2.374	0.607	-7.57	-13.65	-22.87	4.682	5.28	-0.598	-11.33
			1970~1979 II	489.1	2.05	0.468 2	-3.60	-12.81	-47.41	3.192	5.163	-1.971	-38.18
			1980~1989 II'	510.1	2.07	0.319 2							
朱家川	后会村	2 914	1957~1970 I	481.69	0.516	0.273	-10.05	-56.76	-64.65	0.965	1.147	-0.182	-15.87
			1970~1979 II	433.3	0.223 1	0.098 5	-10.88	-73.62	-85.02	0.409	1.214	-0.805	-66.31
			1980~1989 II'	429.5	0.136 1	0.040 9							
岚漪河	裴家川	2 159	1956~1970 I	507.3	1.235	0.168 6	-2.27	-45.39	-53.08	0.791	0.789	0.002	0.25
			1970~1979 II	495.8	0.674 4	0.079 1	-11.61	-71.25	-73.55	0.446	0.679	-0.233	-34.32
			1980~1985 II'	448.4	0.355 1	0.044 6							
蔚汾河	碧村	1 476	1956~1970 I	496.07	0.889	0.150 3	→6.67	-32.08	-23.55	1.149	1.053	0.096	9.12
			1970~1979 II	463	0.603 8	0.114 9	-8.72	-68.94	-80.71	0.29	1.005	-0.715	-71.14
			1980~1989 II'	452.8	0.276 1	0.029							
湫水河	林家坪	1 873	1954~1970 I	500.3	1.196	0.308	-7.90	-80.45	-25.65	2.29	2.588	-0.298	-11.15
			1970~1979 II	460.8	0.831 8	0.229	-2.0	-56.76	-69.77	0.931	2.121	-1.19	-56.11
			1980~1989 II'	490.3	0.517 1	0.093 1							
三川河	后大成	4 102	1957~1970 I	536.96	3.209	0.36	-8.13	-23.0	-49.14	1.831	2.806	-0.975	-34.75
			1970~1979 II	493.3	2.471	0.183 1	-12.71	-40.51	-73.22	0.964	2.122	-1.153	-54.57
			1980~1989 II'	468.7	1.909	0.096 4							
昕水河	大宁	3 992	1955~1970 I	563.53	2.018 5	0.263 4	-3.59	-27.88	-29.23	1.864	2.27	-0.406	-17.89
			1970~1979 II	543.3	1.455 7	0.186 4	-12.23	-49.88	-71.83	0.742	1.446	-0.704	-48.69
			1980~1989 II'	494.6	1.011 6	0.074 2							
屈产河	裴沟	1 023	1963~1970 I	513.73	0.441	0.131	-4.46	-11.88	-12.29	1.149	1.188	-0.039	-3.285
			1970~1979 II	490.8	0.388 6	0.114 9	-9.43	-43.20	-60.99	0.511	0.9	-0.389	-43.22
			1980~1989 II'	465.3	0.250 5	0.051 1							
15条支流合计	建站~1970 I	74 596	1970~1979 II	466.6	45.049	7.795 3	-9.45	-18.14	-25.71	57.913	67.616	-9.703	-14.35
			1970~1979 II	422.5	36.879	5.791 3	-10.78	-36.66	-64.62	27.563	43.352	-15.789	-36.42
			1980~1989 II'	416.3	28.532 3	2.755 9							

资料观测系列较长的主要支流，包括皇甫川、孤山川、窟野河、秃尾河、佳芦河、无定河、清涧河、延河、朱家川、岚漪河、蔚汾河、湫水河、三川河、昕水河、屈产河等15条支流作为代表流域，这些支流水文站以上控制面积约7.5万km²，各支流不同时段降雨、径流、泥沙变化列于表2。从表列成果可以看出，河龙区间主要支流的水沙变化可分为两种情况，一种为减沙不明显或增沙的支流，如皇甫川、窟野河等；另一种为除皇甫川、窟野河、孤山川以外的减沙尤为明显的支流。现分述如下：

1. 减沙不明显或增沙的支流情况，以皇甫川和窟野河为代表。

(1) 皇甫川

图1为皇甫川1954~1989年历年降雨、径流、泥沙过程线。可以看出，在80年代的10年中，流域年平均降雨量有2年（1984年、1985年）超过多年平均值（400mm）；以最大1日降雨量代表降雨强度，则1988年、1989年都超过多年平均值。从洪水来看，在80年代出现了2次大水，1988年洪峰流量6790m³/s，排历年实测最大洪水第3位，1989年洪峰流量11600m³/s，排历年洪水第1位，而1987年则出现了最大洪峰流量仅167m³/s，为该站1954年建站以来的最枯洪峰流量，表现出了“两极分化”的特点，从径流量来看，1986年、1987年2年连续枯水，出现了建

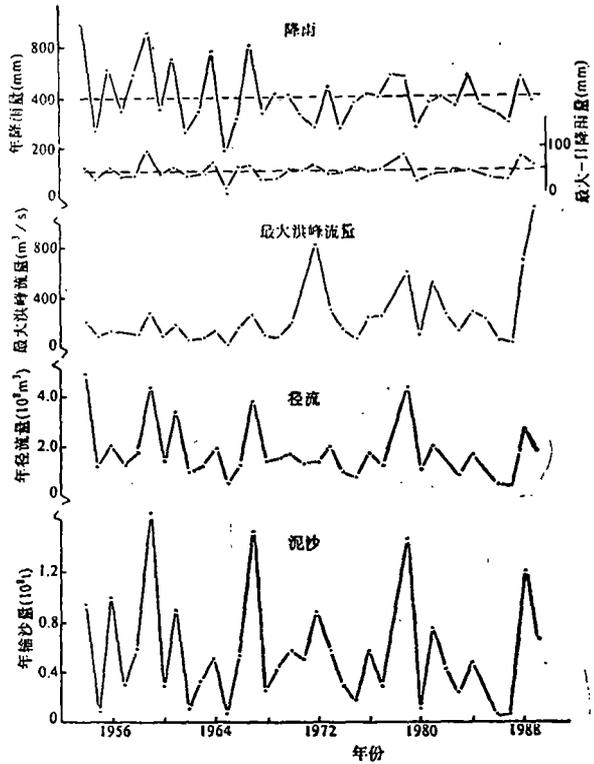


图1 皇甫川流域降雨、径流、泥沙过程线

站以来的最枯年份；从输沙量来看，1986年、1987年2年连续枯沙，而1988年泥沙又激增，输沙量为1.22亿t，为该站第4个大沙年，为说明其泥沙增加情况，选择年降雨量和汛期降雨量相近的年份进行对比分析（表3），由表3可见，1988年的汛期径流量和输沙量分别是1979年以外其它年份同时期的1.7~2.0倍和2.0~2.5倍，径流量和输沙量明显偏多，而且沙量偏多的程度甚于

表3 降雨量相近年份皇甫站水沙统计表

年 份	降雨量(mm)		径流量 (10 ⁸ m ³)		输沙量 (10 ⁸ t)		汛期平均含沙量 (kg/m ³)
	全 年	汛 期	全 年	汛 期	全 年	汛 期	
1958年	497.8	399.3	1.794	1.488	0.604	0.598	402
1964年	589.7	400.4	1.886	1.250	0.525	0.465	372
1979年	472.3	396.3	4.370	3.997	1.470	1.470	368
1984年	474.6	404.4	1.630	1.410	0.479	0.479	340
1988年	474.8	371.7	2.64	2.52	1.220	1.220	484
1954~1989年平均	400.0	315.9	1.761	1.409	0.563	0.553	371

水量,同时汛期平均含沙量较降雨量相近的其它年份都大,1988年沙量小于1979年,这是由于1979年8月11日~13日三天降雨量为251.8mm,比1988年8月3日~5日三天降雨量127mm偏

大近1倍,这次洪水冲毁大小水库36座,塘坝369座,淤地坝30座,共计435座,而1988年8月洪水仅冲毁水库2座,塘坝23座,淤地坝86座,合计111座,水毁增沙较1979年少。

(2) 窟野河

图2给出了窟野河历年降雨、径流、泥沙过程线,可以看出,降雨、径流、泥沙都有减少趋势,但分析80年代各年情况则有很大不同,特别是由于神府东胜煤田自1987年开始开矿以来,相近年径流量的输沙量增加约25%(表4)这种泥沙的增加并非是多水引起,主要是煤田开发造成。

尤其值得指出的是,1989年7月21日,由于内蒙古伊克昭盟一带骤降暴雨,中心在东宁市西北青达门,雨量为186mm,使窟野河发生了一场较大洪水,正在建设中的神府东胜煤田遭受了一场严重的洪水灾害,同时也对这一地区的水土流失和入黄泥沙带来较大影响。受此次暴雨影响,特牛川新庙水文站洪峰流量为8 750m³/s,为该站1966年建站以来的首位,乌兰木伦

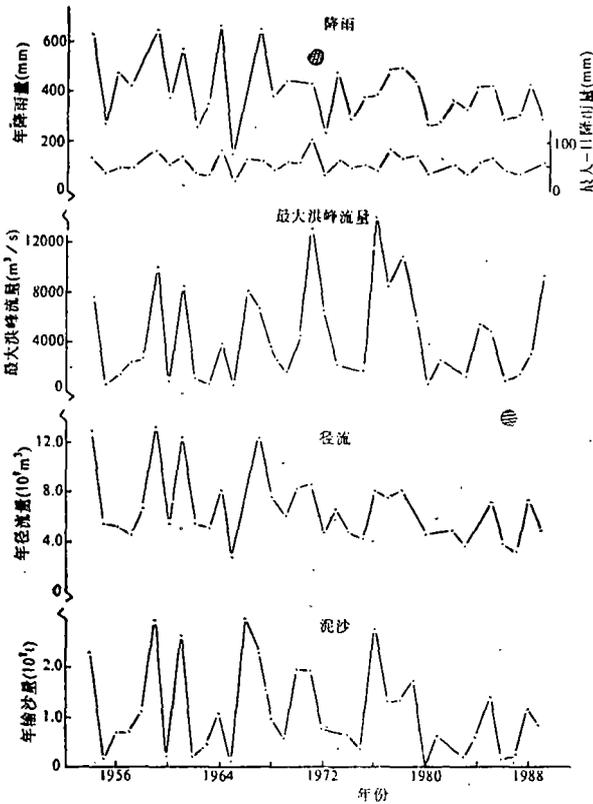


图2 窟野河流域降雨、径流、泥沙过程线

表4 温家川站开矿前后相近年径流量及输沙量变化表

开矿前后	对比年份 (年)	年径流量		年输沙量		年平均含沙量	
		10 ⁸ m ³	增减(%)	10 ⁴ t	增减(%)	kg/m ³	增减(%)
前	1983	3.97		0.292		73.6	
后	1987	3.73	-0.8	0.332	+13.7	89.0	+20.9
前	1968	7.77		0.979		126.0	
后	1988	7.72	-0.6	1.280	+30.7	165.8	+31.9
前	1981	4.89		0.741		151.5	
后	1989	4.92	+0.6	0.910	+22.7	185.0	+22.1
前	3年	5.543		0.671		121.1	
后	平均	5.457	-1.6	0.841	+25.3	154.1	+27.3

河王道恒塔水文站洪峰流量4 600m³/s,二支流传递到窟野河神木站相应洪峰流量11 000m³/s,为该站1951年建站以来的第3位洪水,窟野河出口站温家川水文站洪峰流量9 480m³/s,为该

表5 1980年前后窟野河流域相似降雨洪水产流产沙变化

项 目	1980年	1980—1989年		1980年	1980—1987年		1980年	1988—1989年	
	前	后	增 减 (%)	前	后	增 减 (%)	前	后	增 减 (%)
流域平均降雨量合计 (mm)	1 106.7	1 122.7	+1.4	806.6	801.8	-5.9	300.1	320.9	+6.9
降雨历时合计 (h)	381.0	369.1	-3.1	291.7	282.0	-3.3	89.3	87.1	-2.5
洪量合计 (10 ⁴ m ³)	121 190	158 471	+30.8	83 875	77 593	-7.5	37 315	80 878	+116.7
沙量合计 (10 ⁴ t)	55 692	67 960	+22.0	36 047	30 368	-15.8	19 645	37 592	+91.4
最大洪峰流量合计 (m ³ /s)	54 622	78 266	+43.3	36 306	30 503	-16.0	18 316	47 763	+160.8

注：“+”为增加“-”为减少。

站1953年建站以来的第5位洪水。为分析洪水对泥沙的影响,我们统计计算了窟野河流域1954~1989年共36年的200次洪水的降雨、径流、泥沙资料,挑选1980年前后降雨量和降雨历时基本相同或相近的洪水进行对比分析,计算得80年代不同时期的水沙变化(表5)。

由表5可以看出,在相似降雨情况下,1980~1989年增水30.8%、增沙22%,而这种增水增沙主要是由于1988~1989年发生了较大的暴雨洪水,而在煤田开发的同时又未搞好水土保持,任意堆放大量弃土弃石等原因造成的。综上所述,发生暴雨洪水和煤田开发以及治理的不平衡性是泥沙未能明显减少的主要原因。

2. 减沙显著的支流情况,以佳芦河、昕水河为代表。

除皇甫川、窟野河、孤山川等支流外,河龙区间其它支流减沙都非常显著,80年代与治理前(1970年前)相比,有11条支流减沙大于60%,其中有8条支流减沙在70%以上(见表2),为说明这些减沙支流80年代各年情况,以佳芦河和昕水

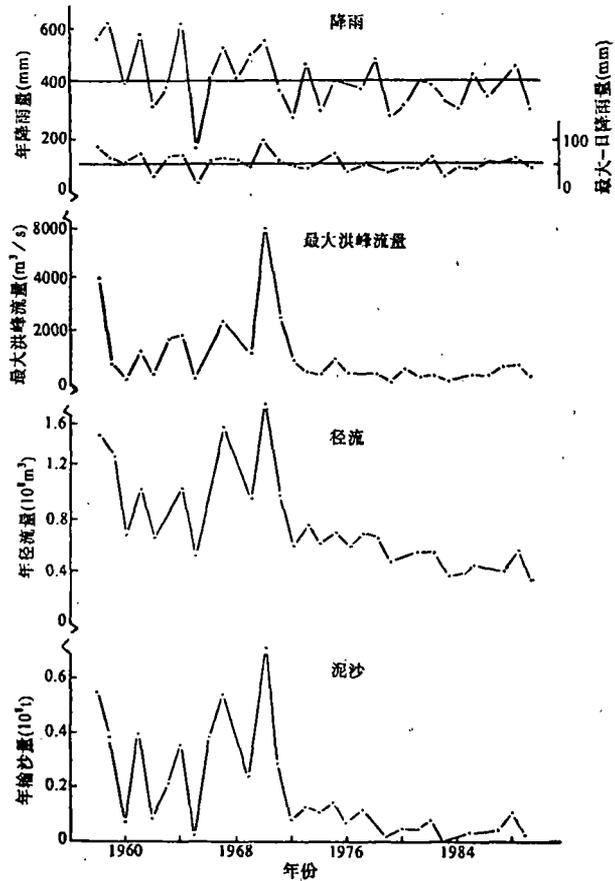


图3 佳芦河流域降雨、径流、泥沙过程线

河为代表分述如下:

(1) 佳芦河

佳芦河位于陕北榆林地区,是黄河干流吴堡以上右岸与皇甫川、孤山川、窟野河、秃尾河等支流并列的较大支流之一,河道长92.5km,流域面积1 134km²,申家湾水文站以上控制面积1 121 km²。点绘佳芦河流域降雨、径流、泥沙过程线(图3),可以看出,80年代径流、泥沙明显偏少,历年最小径流量发生于1989年(年径流量0.332亿m³)最小输沙量发生于1983年(年输沙量

0.002 9亿t),而且呈持续减少趋势,从历年最大洪峰流量过程线来看,最小洪峰流量(67.3m³/s)发生于1983年,80年代其它年份都比较小。80年代与治理前相比泥沙减少84.87%,降雨量减少19.18%。

(2) 昕水河

昕水河位于山西省临汾地区,河道长138km,流域面积4 326km²,大宁水文站以上控制面积3 992km²,流域上游为吕梁山石质山地森林区,面积1 592.21 km²,占流域总面积的35.3%,中下游为黄土残塬沟壑区,面积为2 796.79 km²,占64.7%。

点绘历年降雨径流量泥沙过程线(图4),可以看出,80年代,除1988年有较大暴雨洪水,径流泥沙有所增加外,其它年份水沙来量明显减少,而且降雨、径流、泥沙的最枯年份都发生在80年代。80年代与治理前相比泥沙减少71.83%,降雨减少12.23%。

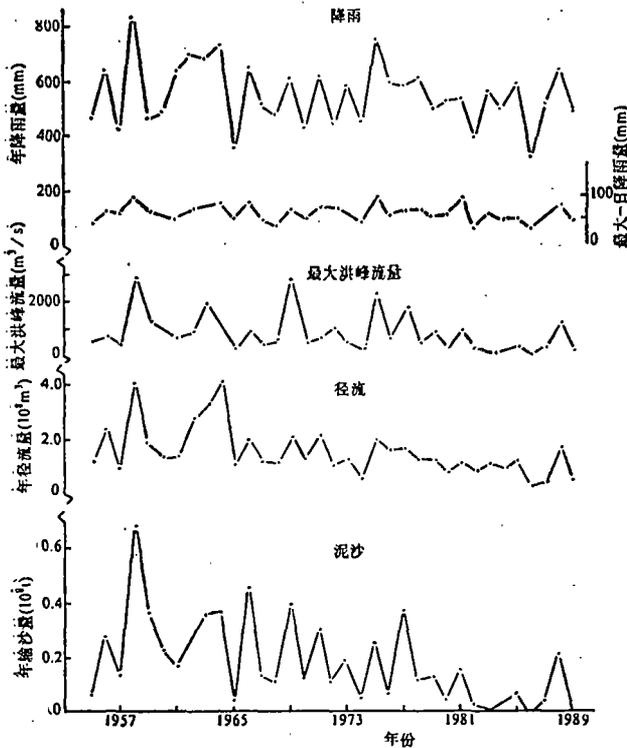


图4 昕水河流域降雨、径流、泥沙过程线

二、水沙变化的原因分析

河流水沙是气候(主要是降雨)和下垫面的产物,其动态变化,包括径流、泥沙的产生、汇集和输送等,均受其影响,但是也必须看到在这些影响因素中,必有一个主导影响因素,由于它的存在和变化,致使其它因素也同时发生作用,从而导致水沙变化。并且认为,如果下垫面因素变化不大,那么水沙变化主要是由于降雨因素的影响而造成的;反之,如果降雨因素变化大,水沙变化主要是下垫面因素的改变造成。

(一) 下垫面因素分析 影响河流下垫面因素可分为自然因素和人为因素。自然因素,如地形、地质、土壤等,是一个长期的演变过程,对于80年代来说,可以认为变化不大;但人为因素,如流域治理(坝库、梯田、林草建设等)和因流域内大规模人类活动(如煤田开发、铁路、公路建设等),移动大量土石,造成地表形态严重破坏,则可能使泥沙发生很大变化。现就影响减沙的主要因素分析如下:

1. 坝库拦沙作用分析。 黄河中游坝库建设主要是70年代初期和中期,由于水坠筑坝技术的推广应用,修建了大量坝库,至70年代末期,这些坝库淤积比较严重,据统计水库淤积占总库

容的30%~40%，淤地坝淤积量占总库容的50%以上，运用方式也由“拦”转“排”^[1]，进入80年代，由于农业实行联产承包责任制，坝库建设数量较少，国家为加速黄河中游多沙粗沙区的治理，进行了水土保持治沟骨干工程试点，据统计1986~1989年期间，先后安排治沟骨干工程249座，其中新建工程183座，旧坝加固工程66座，各省区试点工程分布情况见表6。这些坝库控制流域面积2 152.7km²，总库容3.3亿m³，其中拦沙库容2.1亿m³，据黄委会黄河中游治理局孟庆枚等分析^[2]，试点坝中的133座新建工程分布在多沙粗沙区的95条小流域，1987~1989年已拦沙2 554万t，占小流域总输沙量的26%，但对于整个黄河中游来说，由于坝库数量较少，分布不均，拦沙作用不大。今以地处白于山河源区的北洛河上游吴旗县为例，根据陕西省、延安地区、吴旗县联合调查组逐坝调查资料，其坝库建设历年变化如图5所示，可以看出，坝库主要是70年代所建，80年代仅修建5座。从该县中型水库孙台水库的淤积变化来看，该库1974年11月建成，总库容1 550万m³到1983年淤积640万m³，到1989年淤积1 070万m³，占库总容的69%，说明70年代修建的坝库80年代还有一定的拦沙作用，故可以认为，就坝库的拦沙作用而言，70年代和80年代相差不多。

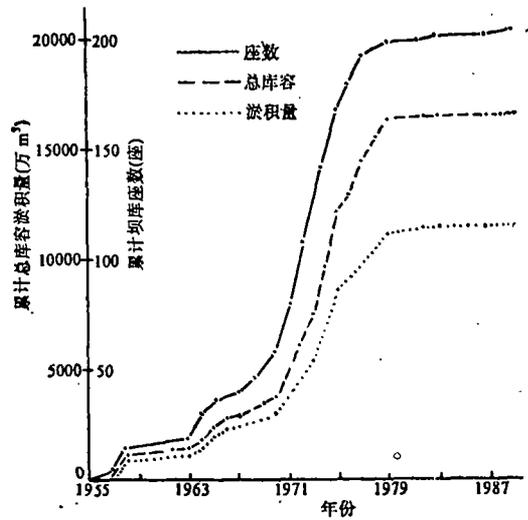


图5 吴旗县历年累计坝库座数、总库容淤积量过程线

表 黄河中游治沟骨干工程试点情况表

省(区)	安排工程座数			完成工程座数			在建工程座数		
	小计	新建	加固	小计	新建	加固	小计	新建	加固
陕 西	112	75	37	58	50	8	54	25	29
山 西	64	49	15	32	30	2	32	19	13
内 蒙 古	52	42	10	32	29	3	20	13	7
甘 肃	19	15	4	11	11	0	8	4	4
宁 夏	2	2	0	2	2	0	0	0	0
合 计	249	183	66	135	122	13	114	61	53

2. 林草拦沙作用分析。 据黄委会中游局统计^[3]，黄河中游七省(区)80年代共新增初步治理面积5.4万km²，年平均治理速度达到1.3%，到1989年底，在黄河中上游43万km²水土流失面积中，累计初步治理面积12.9万km²，占应治理面积的30%，与此同时，由于开矿修路等基本建设不注意水土保持，加上几次大开荒和滥伐、过度放牧等不合理的经营活动，大约新增水土流失面积5万km²，也就是说，在一方面治理的同时，又有近一半的水土保持治理面积被人为的新增流失面积抵销了。在治理措施内部结构上，80年代初期生物措施比重达到95%，而工程措施仅占5%，后期生物措施已下调到85%，工程措施上升到15%。可见，在治理面积中生物措施占很大比例，因此，人们不禁要问，80年代的减沙是否是林草建设的作用呢？现分析如下。

由于草地“一岁一枯荣”，而且面积变化较大，本文不做讨论。现就林地拦沙效益作如下分析：

(1) 当森林覆盖率在30%以下时拦沙作用很小。 位于子午岭林区的堡子沟（集水面积 2.86km²，森林覆盖率90%）、柳沟（集水面积 4.06km²，森林覆盖率30%）和魏家沟（集水面积 4.85km²，森林覆盖率2%），其森林覆盖率与径流深和侵蚀模数关系说明，当覆盖率小于30%时侵蚀模数急剧增加。

位于北洛河流域黄土丘陵沟壑区、林区的水文站水文泥沙观测资料也表明（图6），当森林覆盖率小于30%时，侵蚀模数也急剧增加。也就是说，目前黄河中游森林覆盖率均小于30%，因此拦沙作用不会很大。

(2) 森林对于一般性降雨拦沙作用较大，对

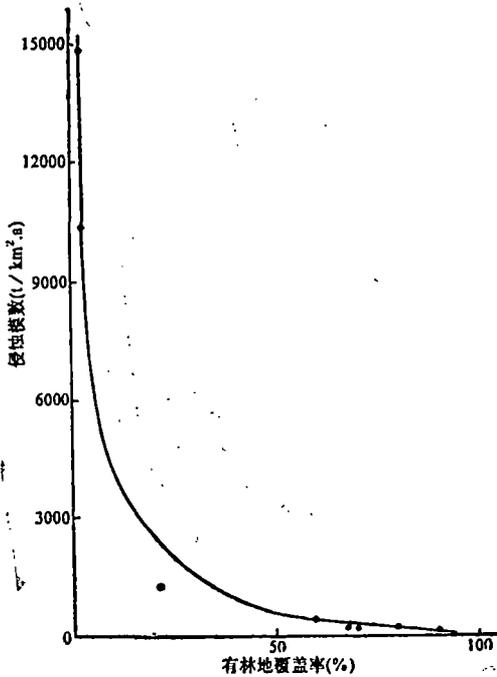


图6 北洛河流域侵蚀模数与有林地覆盖度关系

于破坏性大暴雨拦沙作用很小，甚至增沙。

图7是北洛河刘家河站（黄土丘陵沟壑区，森林覆盖率小于5%）和张村驿站（林区，森林覆盖率80%以上）的水沙关系。可以看出当降雨量一定时，刘家河的产沙量远比张村驿为大，即产沙量随覆盖率的增加而减少，说明了森林的减沙作用，但地处林区的张村驿站在遭受特大暴雨时也会产生较多的泥沙，例如，1977年，该流域二将城雨量站最大1日降雨量93.9mm；最大30日降雨量340.1mm，故其点据与刘家河站水沙关系一致，因此可以认为，森林的拦沙作用也是有一定限度的。

(3) 当林地地面有枯枝落叶层时拦沙效益大，纯林地拦沙效益小。 表7为不同植被类型小区径流泥沙观测成果，可以看出，在一定降雨条件下，林地保持水土作用，不在于树冠及树干本身，而在于树下植物及根系和枯枝落叶层，无树下植物及枯枝落叶层的纯乔木林地的面蚀比裸露土地还严重，因此，不能简单

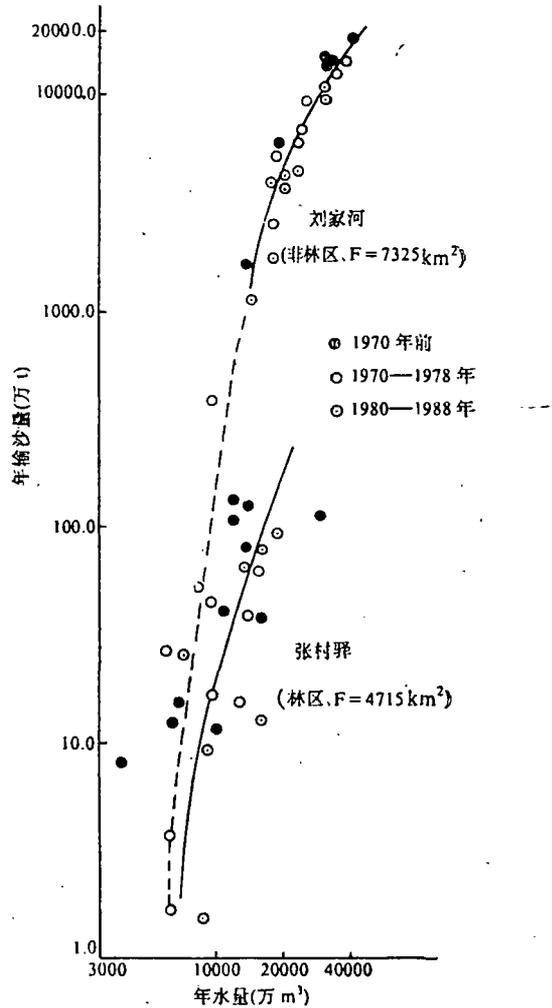


图7 北洛河流域刘家河和张村驿站水沙关系图

表7 不同植被类型小区径流泥沙观测成果

时间(月、日)		0802	0805	0806	0808	0809	0902	0916	总计
雨情	雨量(mm)	44.3	75	54.5	23.5	37.6	17.9	16.3	268.9
	历时(h:min)	4:40	12:03	15:30	3:40	2:26	1:05	1:10	41:15
	雨强(mm/min)	0.16	0.10	0.06	0.11	0.26	0.27	0.23	0.11
空白对照区	水量(m ³)	0.02	0.07	0.04	0.03	0.03	0.05	0.01	0.25
	含沙量(kg/m ³)	5.61	6.73	5.70	3.97	5.69	3.87	9.97	5.56
	侵蚀模数(g/m ³)	110	500	250	130	150	200	50	1390
纯乔木林区	水量(m ³)	0.03	0.07	0.04	0.04	0.03	0.05	0.01	0.27
	含沙量(kg/m ³)	2.87	6.01	7.64	7.68	2.89	3.44	2.61	5.22
	侵蚀模数(g/m ³)	90	450	300	270	80	190	30	1410
枯枝落叶层	水量(m ³)	0.02	0.03	0.03	0.01	0.02	0.02	0.002	0.132
	含沙量(kg/m ³)	0.85	1.28	0.67	0.98	0.75	0.60	1.23	0.79
	侵蚀模数(g/m ³)	17	30	20	10	15	10	2	104
灌草区	水量(m ³)	0.03	0.05	0.04	0.016	0.027	0.02	0.004	0.187
	含沙量(kg/m ³)	1.79	1.80	1.75	1.88	1.67	2.11	1.55	1.74
	侵蚀模数(g/m ³)	50	90	70	30	45	40	1	326
乔灌草区	水量(m ³)	0.012	0.02	0.014	0.006	0.01	0.004	0.004	0.07
	含沙量(kg/m ³)	0.42	0.40	0.43	0.50	0.40	0.62	0.50	0.44
	侵蚀模数(g/m ³)	5	80	6	3	4	2	2	30

地认为造了林就等于搞了水土保持。当前黄河中上游人工林地大多无枯枝落叶层，或者由于人为作用“砍光、扫光、烧光”，因此，拦沙作用不可能很大，更不会使泥沙减少发生质的变化。

(二) 降雨因素分析 降雨产流是流域产沙的直接动力，就黄河中游多沙粗沙区而言，由于受气候、地形和地质等诸多条件的限制，河川径流的补给主要是天然降雨量，而且有“雨多、水

表8 80年代与各年代相比降雨量变化表

河流	年代	最大1日降水		最大30日降水		汛期(6~9月)降水		全年降水	
		(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)
皇甫川	80年代	46.2		153.5		289.3		366.8	
	50年代	58.4	-20.9	230.7	-33.5	412.4	-29.8	497.0	-26.2
	60年代	47.4	-2.5	157.1	-2.3	292.8	-1.2	391.7	-6.4
	70年代	57.7	-19.9	168.5	-8.9	307.7	-6.0	383.1	-4.4
孤山川	80年代	44.7		150.0		290.7		374.0	
	50年代	56.4	-20.7	220.6	-32.0	392.4	-25.9	487.0	-23.2
	60年代	57.6	-22.4	179.5	-16.4	329.2	-11.7	427.4	-12.5
	70年代	61.6	-27.4	185.2	-19.0	330.0	-11.9	409.1	-8.6
窟野河	80年代	46.7		150.0		272.3		338.2	
	50年代	58.7	-20.4	215.4	-30.4	400.9	-32.1	497.0	-32.0
	60年代	53.5	-12.7	177.1	-15.3	317.8	-14.3	424.7	-20.4
	70年代	62.7	-25.5	183.7	-18.3	319.4	-14.7	403.4	-16.2
秃尾河	80年代	47.4		147.6		263.5		352.2	
	50年代	63.9	-25.8	244.5	-39.6	400.4	-34.2	504.8	-30.2
	60年代	60.0	-21.0	196.2	-24.8	339.1	-22.3	439.5	-19.9
	70年代	58.1	-18.4	165.0	-10.3	294.3	-10.5	374.7	-6.0
佳芦河	80年代	45.7		150.4		277.1		370.8	
	50年代	73.7	-38.0	307.4	-51.2	493.7	-43.9	605	-38.7
	60年代	49.7	-8.0	168.9	-11.0	323.3	-14.3	434.8	-14.7
	70年代	51.9	-11.9	167.8	-10.4	296.5	-6.5	390.0	-4.9
清涧河	80年代	47.4		162.7		336.3		450.2	
	50年代	49.3	-3.9	195.6	-16.8	377.2	-10.8	463.4	-2.8
	60年代	54.6	-13.2	183.9	-11.5	362.4	-7.2	514.0	-12.4
	70年代	53.1	-10.7	173.2	-6.1	347.9	-3.3	459.4	-2.0
延水河	80年代	56.9		187.8		374.4		510.1	
	50年代	48.0	18.5	190.0	-1.2	372.2	0.6	512.6	-0.5
	60年代	56.8	0.2	198.3	-5.3	385.1	-2.8	550.6	-7.4
	70年代	56.1	1.4	204.6	-8.2	372.6	0.5	489.1	4.3

续表8 80年代与各年代相比降雨量变化表

河流	年代	最大1日降水		最大30日降水		汛期(6~9月)降水		全年降水	
		(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)
岚漪河	80年代	51.3		164.4		324.9		448.4	
	50年代	70.8	-27.5	251.0	-34.5	461.6	-29.6	567.2	-20.9
	60年代	55.2	-7.1	201.7	-18.5	367.6	-11.6	489.7	-8.4
	70年代	47.7	7.5	187.6	-12.4	375.5	-13.5	495.8	-9.6
朱家川	80年代	49.3		158.0		324.8		429.5	
	50年代	70.5	-30.1	272.0	-41.9	477.5	-32.0	593.4	-27.6
	60年代	51.8	-4.8	187.5	-15.7	340.3	-4.6	455.6	-5.7
	70年代	43.2	14.1	165.2	-4.4	333.1	-2.5	433.3	-0.9
蔚汾河	80年代	51.8		167.6		342.3		452.8	
	50年代	63.0	-17.8	239.2	-29.9	443	-22.7	554.1	-18.3
	60年代	50.8	2.0	187.6	-10.7	352.7	-2.9	477.2	-5.1
	70年代	53.6	-3.4	190.1	-11.8	358.3	-4.5	463	-2.2
湫水河	80年代	49.0		176.8		358.4		490.3	
	50年代	49.0	0	197.3	-10.4	373.9	-4.1	474.7	3.3
	60年代	56.0	-13.4	198.4	-10.9	380.6	-5.8	516.0	-5.0
	70年代	57.7	-15.1	186.4	-5.2	353.1	1.5	460.8	6.4
三川河	80年代	51.1		169.1		345.7		468.7	
	50年代	68.1	-25.0	240.1	-29.6	401.6	-13.9	561.6	-16.5
	60年代	54.0	-5.4	194.6	-13.1	375.5	-7.9	539.3	-13.1
	70年代	55.9	-8.6	203.5	-17.3	384.4	-10.5	493.3	-5.0
昕水河	80年代	49.1		167		342.7		494.6	
	50年代	64.0	-23.3	238.5	-30.0	415.9	-17.6	562.6	-12.1
	60年代	58.3	-15.8	203.5	-17.9	405.5	-15.5	579.6	-14.7
	70年代	59.6	-17.6	198.5	-15.9	408.6	-16.1	543.3	-9.0
屈产河	80年代	51.8		171.0		336.8		465.3	
	60年代	56.5	-8.3	189.0	-9.5	366.7	-8.2	537.9	-13.5
	70年代	55.7	-7.0	181.1	-5.6	365.5	-7.9	490.8	-5.2
均值	80年代	49.2		162.6		319.9		429.4	
	50年代	61.1	-19.5	234.0	-30.5	417.1	-23.3	529.3	-18.9
	60年代	54.5	-9.7	187.4	-13.2	352.8	-9.3	484.1	-11.3
	70年代	55.3	-11.0	183.0	-11.1	346.2	-7.6	449.2	-4.4

表9 窟野河流域降雨产沙公式的验证计算

年 份	K	计算年输沙量 (10^8t)	实测年输沙量 (10^8t)
1954年	1.456	2.287	2.270
1955年	0.655	0.353	0.190
1956年	0.951	0.845	0.718
1957年	0.907	0.756	0.723
1958年	1.290	1.723	1.180
1959年	1.699	3.282	3.030
1960年	0.847	0.644	0.172
1961年	1.267	1.652	2.710
1962年	0.659	0.358	0.232
1963年	0.641	0.336	0.482
1964年	0.416	2.143	1.160
1965年	0.275	0.046	0.053
1966年	1.088	1.157	3.010
1967年	1.569	2.724	2.410
1968年	0.870	0.686	0.979
1969年	1.095	1.175	0.640
1970年	1.097	1.180	1.990
合 计		21.35	21.95

大、沙增”或“雨小、水小、沙减”的变化规律。

1. 降雨量减少和降雨强度减小的影响分析。统计河龙区间主要支流各年代最大1日、最大30日、汛期及年流域平均降雨量，然后将80年代各级降雨量与各年代进行对比得表8，由表8可见，除个别支流外，大部分支流80年代都呈减少趋势，今以70年代与80年代相比较，最大1日降雨量和最大30日降雨量减少11%，汛期降雨量减少7.6%，年降雨量减少4.4%，由此可见，主要是降雨强度减小，这也就是在70年代与80年代下垫面相差不多的情况下，为什么80年代比70年代泥沙来量显著减少的主要原因。

2. 降雨减少和流域综合治理对减沙的影响程度。为求得降雨减少对减沙的影响程度，我们首先利用1970年前的资料（相当于天然状态）建立了降雨产沙关系，然后将治理后的降雨条件代入求得相当于天然状况下的产沙量，再与实测输沙量比较求得流域综合治理减沙效益，每个支流都建立了这样的关系并进行了计算。例如窟野河，利用1970年前的资料建立了如下关系：

$$W_s = 0.95K^{2.339}$$

式中： W_s ——流域产沙量； K ——降雨指标（其物理意义见文献〔4〕）

利用上式对窟野河流域1954~1970年资料进行验证计算（表9），以看出其系列误差小于3%。

经对各支流1970~1989年进行计算，其成果见表2。由表2看出1980~1989年因综合治理减沙15.80亿t，平均每年减沙1.58亿t，而不同系列对比分析的1980~1989年平均每年减沙5.039亿t，并认为这种减沙是降雨减少和流域治理共同作用的结果，那末因降雨减少10.8%，而影响的泥沙减少为3.459亿t，占总减沙量的68.6%，而综合治理的减沙作用为31.4%。因此，可以认为80

（下转第60页）

工植被的盖度,并结合日人筑后的方法和实地调查得出的回归方程推算表明,森林地带盖度可达90%~100%,森林草原地带的植被盖度可达80%以上。

参 考 文 献

- 〔1〕张维邦.论黄土高原生态环境遭到彻底破坏的祸根.《水土保持通报》,1989年,第1期
- 〔2〕黄长春.兰州晚更新世后期的植被与古气候.《西北大学学报》,1986年,第4期
- 〔3〕朱志诚.陕北黄土高原上森林草原的范围.《植物生态学与地植物学丛刊》,1983年,第2期
- 〔4〕周光裕.试论中国暖温带落叶阔叶林区域的边界.《植物生态学与地植物学丛刊》,1981年,第4期
- 〔5〕邹厚远.陕北黄土高原的植被概况及各植被区农林牧业的发展.《植物生态学与地植物学丛刊》,1981年,第3期
- 〔6〕中华人民共和国林业部林业区划办公室.《中国林业区划》,北京:中国林业出版社,1987年
- 〔7〕邹厚远等.陕北杏子河流域森林草原区的植被特征.《西北植物学报》,1991年,第5期.

(上接第14页)

年代减沙的主要原因是降雨减少,同时,在这样的降雨条件下综合治理也有一定的作用。

三、结论与讨论

(一)降雨量和降雨强度减小是80年代泥沙减少的主因,其对减沙的影响程度约为70%,同时,在这样的降雨条件下,流域综合治理也有一定的减沙作用,其影响程度约占总减沙量的30%。

(二)鉴于降雨影响是80年代水沙变化的主因,今后水沙变化将更趋于“两极化”,即一般降雨年份,水沙将进一步减少,如遇特大暴雨洪水年份,来水来沙有可能激增。这是因为,降雨的波动变化规律是客观存在,降雨减少不会永久持续下去,今后还会出现雨量丰沛时期,而且随着治理工程的老化和人类活动破坏的加剧,有可能出现大水大沙年。

(三)河道冲淤变化对水沙变化的影响是一个值得注意的问题,目前一些支流河道存在着“小水淤、大水冲”的变化规律,在80年代小水情况下一些河道发生了不同程度的淤积,但是这些淤积总有一天要冲刷下排,1988年皇甫川、窟野河等支流河道在暴雨洪水期均拉出深槽,这也是1988年泥沙来量较多的一个原因。

(四)灌溉引水引沙是水沙来量减少的另一个原因,随着工农业的发展,小型水利工程发展较快,如吴旗县近年来在川道中共修自流引灌渠道16条,引水1.5m³/s;富县修建低坎短渠工程196处,灌溉面积发展到1万亩。又如工业用水也急剧增加,地处窟野河流域内的神府东胜煤田一、二期工程年用水量6 000万m³,远期可达1亿m³,这些都将对水沙变化带来影响。

(五)由于影响水沙变化的因素复杂,很多问题有待进一步深入研究,例如气候变化与水利水保措施蓄水拦沙的关系、在改革开放政策下工农业生产的发展对水沙变化的影响、自然和人为破坏对水沙变化影响等,本次研究还不能够深入,有待今后继续深入工作。

参 考 文 献

- 〔1〕张胜利等.黄河中上游来沙减少的因原分析.《山西水土保持科技》,1987年,第2期
- 〔2〕孟庆枚等.黄河中游治沟骨干工程试点工程总结.《中国水土保持》,1991年,第1期
- 〔3〕汪风瑞.黄河中游水土保持发展情况及基本经验.《人民黄河》,1981年,第2期
- 〔4〕张胜利等.黄河中上游水土保持及支流治理减沙效益初步分析.《人民黄河》,1986年,第1期