

渭河流域水利水保措施 对泥沙、径流影响分析计算

王 宏 杨国礼 王瑞芳

(黄委会天水水土保持科学试验站·甘肃天水市·741000)

提 要

渭河流域水利水保措施对泥沙的影响作用,上中游地区主要以坡面水保措施为主,下游则主要是库坝、灌溉工程等水利措施,对径流的影响作用主要是农业灌溉引水。对实测的流域水文泥沙资料统计分析结果表明:该流域70年代所减水量中,降雨和流域治理的作用分别占22.6%和77.4%,所减沙量中,降雨和流域治理的作用分别占47.0%和53.0%;80年代所减水量中,降雨和流域治理的作用分别占21.3%和78.7%,所减沙量中,降雨和流域治理的作用分别占13.4%和86.6%。

关键词: 水利水保措施 减水减沙作用 渭河流域

Analysis and Calculation for Effect of Engineering Measures on Sediment and Runoff in Weihe Watershed

Wang Hong Yang Guoli Wang Ruifang

(scientific experiment station of water and soil conservation of
Tianshui cūg, water conservancy committee of the Yellow River, 741000)

Abstract

Water and soil conservation measures of slope influence mainly sediment in the region of the middle reaches and the upper reaches of Weihe watershed, but the measures of water conservancy such as reservoirs, dams and irrigation projects and so on, have an effect on sediment in the downreaches area. Agricultural irrigation affects primarily runoff. hydrology and sediment data of the watershed have been analysed statistically, the result shows: in 1970's the runoff amount which has been decreased by rainfall and watershed control is 22.6% and 77.4% respectively in the watershed. The sediment amount which has been decreased by rainfall and watershed control is 47.0% and 53.0% respectively. But in 1980's, the former are respectively 21.3% and 78.7%, the latter are respectively 13.4% and 86.6%.

Key words the measures of water conservancy and water and soil conservation the action to decrease runoff and sediment Weihe watershed

近30年来,渭河流域内开展了大量的水利水保工作,使整个流域的下垫面发生了很大的变化。这种变化在水沙方面,可以通过实测资料的变化来反映,从而推算出水利水保措施对流域的治理效益。

一、流域概况及水沙特性

渭河华县站以上流域面积(不包括泾河张家山站以上控制面积,下同)63 282km²,其中水土流失面积达47 461km²。上中游(林家村站以上)控制面积30 661km²,是渭河粗泥沙的主要产区,泥沙主要来源于流域地表土壤侵蚀,其多年平均侵蚀模数为4 954t/(km²·a)。

流域按地貌大致可分为黄土丘陵沟壑区、黄土高原沟壑区、土石山区及河谷川台四个类型区。黄土丘陵沟壑区主要分布在上中游北岸,土壤侵蚀强烈,年侵蚀模数可达8 000~15 000t/(km²·a),黄土高原沟壑区主要分布在下游北岸地区,水土流失较严重,年侵蚀模数为1 000~3 000t/(km²·a),土石山区主要分布在河流南岸,土壤侵蚀较轻,年侵蚀模数为200~1 000t/(km²·a)。

渭河流域从50年代初起步,已陆续开展了水土保持工作,50年代及60年代主要以培地埂、修条田、造林种草、挖水窖、涝池等治理形式为主,但时断时续,治理程度很低。1970年10月全国北方农业会议以后,流域内大力开展建库打坝、引水灌溉、引洪漫地、种树种草、连片兴修水平梯田等水利水保工程,其治理速度较快,质量较高。截止1989年底,共修水平梯田37.75万hm²,人工造林33.81万hm²,人工种草9.79万hm²,修建水库361座,塘坝2 666座,淤地坝2 003处,1 000亩以上灌区72处,有效灌溉面积达44.91万hm²,共治理水土流失面积8 136km²,治理度达17.1%。这些措施约90%以上是从70年代开始实施的,对泥沙、径流的变化起了重要的影响作用,流域的降水、径流、泥沙双累积曲线变化证明了这一点。

渭河流域多年平均降水量628.2mm,多年平均径流量和输沙量分别为65.28亿m³和1.497亿t。汛期5~10月降雨量、径流量和输沙量分别占年值的79.4%、75.5%和94.7%。表1分时段统计了流域水沙变化情况。

由此可知,渭河流域降雨、径流、泥沙主要集中于汛期,降雨又有大雨、暴雨和短历时高强度的阵雨出现;水沙变化大致以1970年为界,以前变化小,以后呈明显减少变化趋势;70年代与50年代及60年代比较,年径流量和年输沙量分别减少40.1%和26.0%;80年代与50年代及60年代比较,年径流量和年输沙量分别减少15.7%和43.3%。

表1 渭河流域降雨、径流、泥沙不同时期统计表

统计时段 (年)	年数 (年)	年降水量(mm)			年径流量(亿 m ³)			年输沙量(亿 t)		
		均值	与基准期相差		均值	与基准期相差		均值	与基准期相差	
			雨量	(%)		径流	(%)		泥沙	(%)
1954~1959	6	654.3	—	—	75.61	—	—	2.050	—	—
1960~1969	10	631.6	—	—	78.24	—	—	1.738	—	—
1970~1979	10	613.7	-26.4	-4.1	46.31	-30.94	-40.1	1.373	-0.482	-26.0
1980~1989	10	623.7	-16.4	-2.6	65.11	-12.14	-15.7	1.052	-0.803	-43.3
1954~1969	16	640.1	—	—	77.25	—	—	1.855	—	—
1970~1989	20	618.7	-21.4	-3.3	55.71	-21.54	-27.9	1.213	-0.642	-34.6
1954~1989	36	628.2	-11.9	-1.9	65.28	-11.97	-15.5	1.497	-0.358	-19.3

注:基准期指1954~1969年

二、水利水保措施影响泥沙变化的分析计算

流域产沙主要取决于流域内气象因素及下垫面条件相互作用的结果。气象因素主要是降雨,

而降雨随时间和空间分布也有不同。下垫面条件是制约泥沙运移的重要因素,影响下垫面变化的条件,一是自然因素;二是人为因素。自然因素包括地形、地貌、地质、土壤、植被等;人为因素有树种、修梯田、建库、打坝等水土保持措施,及开矿、修路、毁林毁草、垦荒等不注意保持水土工作的人为不合理的社会经济活动。由于人类活动只能改变下垫面的状况,而不能影响降雨,因此,可把整个实测水沙过程分为不受人活动影响和受人活动影响两个系列。用不受人活动影响系列的实测降雨、径流、泥沙资料建立经验公式,并以此公式为依据,用受人活动影响的实测降雨推算出相应的径流、泥沙系列,把计算值与同期实测值相比,得出人类活动影响径流、泥沙的数值;若以不受人活动影响的系列作为对比的基准期(1954~1969年),则计算的受人活动影响时期的径流和泥沙与基准期的差值,即为该时期由于降雨变化所引起的水沙变化量。

根据径流、泥沙特性,紧扣降雨强度和雨量,以日为统计时段,把降雨分解成各种不同等级降雨量,应用多元线性和非线性回归方程,建立经验关系。渭河流域治理,70年代以前的工程数量相对较少,从70年代开始发展很快,将1970年以前的资料系列通过水利水保措施影响量还原计算后,作为不受人活动影响的天然状态系列,利用这一系列资料,试算回归方程中的系数,建立经验公式,作为计算天然条件下产流、产沙量的计算依据。渭河流域不同地区降雨产流产沙经验公式见表2。用表2中降雨产沙经验公式计算的流域水利水保措施减沙效益结果见表3。

表2 渭河流域降雨产流产沙经验公式

类别	区域	经验公式	相关系数
产流	南河川以上	$W = 7.316 \times 10^{-5} P_N^{0.969}$	0.914
	林家村以上	$W = 1.033 \times 10^{-3} P_Y^{0.372} (P_N - P_Y)^{0.414}$	0.901
	华县以上	$W = 4.215 \times 10^{-3} P_Y^{1.190} (P_N - P_Y)^{0.501}$	0.909
产沙	南河川以上	$W_s = -0.08663P_1 + 1.3104P_2 + 0.01352P_3 - 0.1071P_4 - 0.1187P_5 + 9.1066P_6 - 0.6048$	0.970
	林家村以上	$W_s = 3.6627 \times 10^{-7} P_Y^{2.464} I_Y^{1.764}$	0.828
	华县以上	$W_s = 0.0111P_1 - 0.09712P_2 + 0.02497P_3 - 0.523P_4 + 0.002342P_5 - 0.330P_6 - 0.293$	0.713

注:表中:W——年径流量(亿 m³); W_s——年输沙量(亿 t); P_N——年降雨量(mm); P_Y——汛期日雨量 ≥ 9.0mm 的累计雨量; I_Y——有效降雨强度(mm/日); I_Y = P_Y/T_Y; T_Y——相应汛期日雨量 ≥ 9.0mm 的累计天数。P₁、P₂、P₃——分别表示汛期日雨量为 9.0~25.0mm、25.1~50.0mm、>50.0mm 不同级的累计雨量; P₄、P₅、P₆——相应前三级(P₁、P₂、P₃)雨量的累计天数。

表3 渭河流域各年代年均沙量变化

区域	时段 (年)	实测值 (亿 t)	计算值 (亿 t)	减沙量 (亿 t)	降雨引起的减沙量		人类活动引起的减沙量	
					绝对值(亿 t)	(%)	绝对值(亿 t)	(%)
南河川 以上	1954~1969	1.620	—	—	—	—	—	—
	1970~1979	1.353	1.542	0.2670	0.0780	29.2	0.1890	70.8
	1980~1989	0.8433	1.368	0.7767	0.2520	32.4	0.5247	67.6
林家村 以上	1954~1969	1.898	—	—	—	—	—	—
	1970~1979	1.494	1.706	0.4040	0.1920	47.5	0.2120	52.5
	1980~1989	0.9884	1.660	0.9096	0.2380	26.2	0.6716	73.8
华县 以上	1954~1969	1.941	—	—	—	—	—	—
	1970~1979	1.373	1.674	0.5680	0.2670	47.0	0.3010	53.0
	1980~1989	1.052	1.822	0.8890	0.1190	13.4	0.7700	86.6

注:基准期产沙量已经过还原计算。

从表3可知,渭河南河川以上地区在所减沙量中,人类活动影响70年代及80年代分别占70.8%和67.6%,减沙效益分别为12.2%和38.4%;上中游地区在所减沙量中,人类活动影响70年代及80年代分别占52.5%和73.8%,减沙效益分别为12.4%和40.5%;全流域在所减沙量中,人类活动影响分别占53.0%和86.6%,减沙效益分别为18.0%和42.3%。

渭河流域的泥沙主要来自南河川以上地区,其年输沙量占华县站年值的88.8%。据统计,渭河流域截止1989年底,坡面措施保存面积(梯田、人工林草地),上中游地区为57.42万 hm^2 ,下游为29.93万 hm^2 ;库坝工程总库容:上中游地区为3.69亿 m^3 ;下游为14.29亿 m^3 ;灌区有效灌溉面积,上中游地区为4.66万 hm^2 ,下游为40.28万 hm^2 。可见,该流域水利水保措施在地区上分布不匀,因此,人类活动对泥沙的影响作用也就不同。上中游地区主要以坡面水保措施为主,而下游以库坝工程、农业灌溉引水引沙等为主。分析结果表明:南河川以上地区受人类活动影响减沙量,70年代年均0.1890亿t,80年代年均0.5247亿t,而实测输沙量70年代比50~60年代系列年均减少0.2670亿t,;80年代比50~60年代系列年均减少0.7767亿t;华县站以上受人类活动影响减沙量,70年代年均0.3010亿t,80年代年均0.7700亿t;70年代比50~60年代系列年均减少0.5680亿t,80年代比前系列年均减少0.8890亿t。

综上所述,渭河流域减沙主要反映在南河川以上多沙区,即该区水利工程开展较早,各项坡面水保措施对水土流失起到了一定的控制作用。从时段上看,减沙效益80年代比70年代明显,这是因为70年代减沙作用主要是库坝工程及灌溉引水引沙,而80年代开展水土保持综合治理,各项水保措施均显示出效益,尤其造林种草措施效益明显,为水利水保措施全面发挥作用的阶段。

三、水利水保措施对径流变化影响分析计算

渭河是一条以降水补给为主的河流,河川径流的变化与降水关系密切。根据径流的成因,可用径流与降雨建立多元回归方程(见表2)进行计算各地区的减水量。

渭河流域的灌溉历史悠久,集中分布在下游,据统计,下游关中平原引渭灌溉,其年耗水量约13亿 m^3 ,占华县站实测年径流量的20%左右。可见灌溉引水是径流减少的主要原因。经用表2中降雨产流公式计算,得出渭河流域水利水保工程措施影响的减水量见表4。

表4 渭河流域各时段年均水量变化

区域	时段 (年)	实测值 (亿 m^3)	计算值 (亿 m^3)	减水量 (亿 m^3)	降雨引起的减水量		人类活动引起的减水量	
					绝对值(亿 m^3)	(%)	绝对值(亿 m^3)	(%)
南河川 以上	1954~1969	15.58	—	—	—	—	—	—
	1970~1979	13.67	15.13	1.91	0.45	23.6	1.46	76.4
	1980~1989	11.66	13.95	3.92	1.63	41.6	2.29	58.4
林家村 以上	1954~1969	29.68	—	—	—	—	—	—
	1970~1979	22.14	25.99	7.54	3.69	48.9	3.85	51.1
	1980~1989	22.69	25.95	6.99	3.73	53.4	3.26	46.6
华县 以上	1954~1969	84.63	—	—	—	—	—	—
	1970~1979	46.31	75.98	38.32	8.65	22.6	29.67	77.4
	1980~1989	65.11	80.48	19.52	4.15	21.3	15.37	78.7

注:基准期径流量已经过还原计算。

由表4可知,渭河上中游地区在所减水量中,人类活动影响,70年代及80年代分别占

51.1%和46.6%;华县站以上在所减水量中,人类活动影响70年代及80年代分别占77.4%和78.7%。

渭河流域人类活动对径流的影响作用主要是农业灌溉引水。据宝鸡峡、渭惠渠和交口抽渭三大灌区实测资料统计,年均毛引水量为12.60亿 m^3 。华县站以上流域计算减水量,70年代为29.67亿 m^3 ,80年代为15.37亿 m^3 ,70年代与80年代比还原后的50~60年代系列年均减少38.32亿 m^3 和19.52亿 m^3 。其中上中游地区计算减水量,70年代为3.85亿 m^3 ,80年代为3.26亿 m^3 ,70年代与80年代比还原后的50~60年代系列年均减少7.54亿 m^3 和6.99亿 m^3 。

综上所述,渭河流域的减水主要反映在下游地区,即农业灌溉引水是减少径流的主要原因。

四、结 语

水利水保措施对泥沙的影响是一个十分复杂的问题,在水文资料的收集和整理过程中,资料的精度和代表性对水文计算结果有很大影响。

在水文分析计算中,由于减水引起的水沙比例变化,对于泥沙输移的影响等问题,还有待进一步研究。

(上接第41页)

参 考 文 献

- [1] 陕西省土壤普查办公室.《陕西土壤》.北京:农业出版社,1993年
- [2] 徐樵利等.国土资源评价方法论.武汉:华中师范大学出版社,1989年