

综合治理

渭河主要支流产流产沙规律及 水土保持措施减水减沙效益*

王 宏 张智忠

(黄委会天水水土保持科学试验站·甘肃天水市·741000)

摘 要 通过对渭河流域 12 条主要支流的产流、产沙规律探索和对降雨、径流、输沙资料的统计分析,应用数理统计原理分别建立了各支流的降雨—径流和降雨—产沙经验公式,并用该公式计算了各支流 70~80 年代水土保持措施的减水减沙效益,取得了比较可靠的初步结果。从而,为流域治理规划、合理开发利用水土资源提供了科学依据。

关键词 产流产沙规律 经验公式 水土保持 效益分析

Regulation on Runoff and Sediment Discharge of Main Branches Located in Weihe Watershed and Benefits of runoff and Sediment Decrease Under Control Measures of Soil and Water Conservation

Wang Hong Zhang Zhizhong

(Tianshui Soil and Water Conservation Science Experiment Station of the Yellow River
Water Conservancy Committee, 741000, Tianshui, Gansu)

Abstract By application of statistic theory, we provide experiment formulas of rainfall-runoff and rainfall-sediment for different branches based on the study of regulation on runoff and sediment discharge of main twelve branches located in Weihe watershed and statistic analyses of rainfall, runoff and sediment data. We apply the formulas to calculation of the benefits of decreasing runoff and sediment of control measures of soil and water conservation under each branch from 1970s to 1980s, a reliable preliminary result has been obtained. It provide scientific basis for control planning, reasonable development and utilization soil and water resources.

Key words runoff and sediment discharge; experiment formula; measures of soil and water conservation; benefit calculation

渭河流域面积大,下垫面地质地貌构造比较复杂,降雨、径流、泥沙的时空分布极不均匀,很难建立一个理想的单一模型来拟合全流域产流、产沙特性。笔者以渭河流域 12 条主要一级支流较完整的资料为基础,分别对治理前的产流、产沙作了深入探讨,给出了各支流的降雨—径流和

降雨—产沙经验公式,为正确计算该类型区水利水保措施减水减沙效益提供了比较可靠的依据。

1 基本情况

渭河流域 12 条主要支流共控制流域面积 32 335km²,占渭河流域面积的 51.1%。按流域地貌大致可分为 3 个类型区,位于中上游(林家村水文站以上)北岸的秦祁河(包括武山水文站以上控制面积)、散渡河、葫芦河、牛头河以黄土丘陵沟壑区为主(称Ⅰ区),其土壤侵蚀强烈;位于下游北岸的千河、漆水河等以黄土高原残塬沟壑区为主(称Ⅱ区);位于南岸的藉河、石头河、黑河、灞河、沔河等以土石山区为主(称Ⅲ区),该区土壤侵蚀较轻微。

Ⅰ区沙多水少,是渭河泥沙、粗沙的主要来源区。其多年平均降水量 300~600mm,径流量 6 868~66 250 万 m³,输沙量 533~6 519 万 t,径流总量和输沙总量分别占渭河径流量和输沙量的 20.1%和 79.4%,多年平均年输沙模数 2 887~8 221t/(km²·a)。

Ⅱ区多年平均降水量 400~700mm,径流量 3 267~45 290 万 m³,输沙量 70~438 万 t,径流模数和输沙模数分别为 1.305~4.901 L/(km²·s)和 695~1 619 t/(km²·a)。

Ⅲ区水量比较丰富,泥沙较少。该区多年平均降水量 600~900mm,径流量 9 640~66 360 万 m³,输沙量 30~355 万 t,径流总量和输沙总量分别占渭河流域的 30.8%和 5.1%。径流模数和年输沙模数分别为 3.042~19.07 L/(km²·s)和 201~1 662 t/(km²·a)。

2 基本资料及处理

本文分析选用渭河 12 条支流把口水文站和控制面积以内的雨量站作为基本资料站,分析时段为 1954~1989 年。

对于 50 年代至 60 年代雨量站数偏少(个别支流只有一个站)的部分支流都逐一进行插补,确保所选资料的完整性。其方法是按 $y = kx + b$ 型,用同期多站与少站观测的流域平均

表 1 部分支流雨量资料插补情况

河名	站名	起迄年限(年)	雨量站数 (个)	相关系数		插补 情况
				年降水	汛降水	
渭河	武山	1954~1966	2	0.29	0.95	插补 相关
		1977 以后	20			
散渡河	甘谷	1959~1965	1	0.90	0.93	插补
		1966~1976	3	0.98	0.99	插补
		1977 以后	8			相关
藉河	天水	1959~1965	1	0.96	0.96	插补 相关
		1966 以后	5			
牛头河	杜棠	1959~1965	2	0.95	0.95	插补 相关
		1966 以后	6			
漆水河	好时河	1959~1973	1	0.97	0.96	插补 相关
		1974 以后	6			

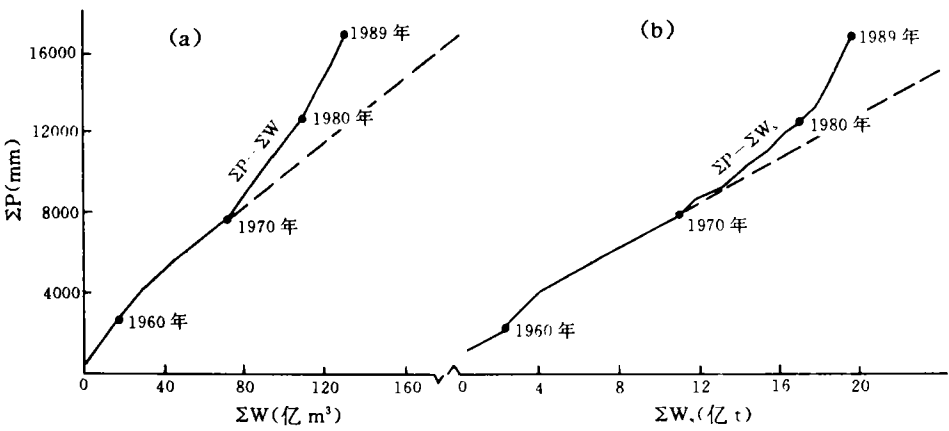
降水量在计算机上通过分析确定 k, b 值,然后再逐一对少站(或单站)雨量进行插补。插补情况见表 1。

3 降雨—径流和降雨—产沙经验公式的建立

3.1 降雨—径流关系

点绘各支流累积年降雨量—累积年径流量和累积年降雨量—累积年输沙量曲线图(见附图)。从图可以看出,水利水保措施对径流、泥沙的影响大致从 1970 年以后开始显现出来。其余支流的双累积曲线与葫芦河基本相似。因此,可以选择 1970 年以前的降雨、径流资料点绘流域降

雨—径流散点图,得出年降水量 P 与年径流量 W 间具有 $W = \beta P^\alpha$ 型的相关关系。



附图 葫芦河流域降雨—径流和降雨—输沙双累积曲线

利用 1970 年以前的实测资料,通过回归分析,可求得 β, α 值,各支流降雨—径流经验公式见表 2。

表 2 降雨—径流经验公式

类型区	河 流	站 名	控制面积(km ²)	经验公式	相关系数
I	渭 河	武 山	8 080	$w = 9.649 \times 10^{-5} P^{2.1479}$	0.92
	散渡河	甘 谷	2 484	$w = 3.388 \times 10^{-2} P^{0.0661} N_p^{0.8153}$	0.80
	葫芦河	秦 安	9 805	$w = 1.725 \times 10^{-6} P^{2.3695}$	0.90
	牛头河	社 棠	1 846	$w = 1.960 \times 10^{-6} P^{2.1699}$	0.92
II	千 河	千 阳	2 935	$w = 9.326 \times 10^{-5} P^{2.200}$	0.96
	漆水河	好时河	1 007	$w = 9.805 \times 10^{-10} P^{3.176}$	0.97
	漆水河	耀 县	797	$w = 2.943 \times 10^{-9} P^{2.916}$	0.89
III	藉 河	天 水	1 019	$w = 1.239 \times 10^{-8} P^{2.834}$	0.92
	石头河	斜峪关	713	$w = 4.720 \times 10^{-3} P^{1.022}$	0.90
	黑 河	黑峪口	1 481	$w = 1.547 \times 10^{-5} P^{1.943}$	0.91
	灞 河	马渡王	1 602	$w = 1.519 \times 10^{-5} P^{1.904}$	0.91
	沔 河	秦渡镇	566	$w = 1.262 \times 10^{-5} P^{1.814}$	0.90

注: w —年径流量(亿 m³); P —年流域平均降水量(mm); N_p —汛期降雨产流系数, $N_p = P'/P \times 100\%$; P' —汛期各次洪水对应的降水量之和(mm)。

3.2 降雨—产沙关系

由于渭河的泥沙约有 87.1%来源于中上游区域,因此,笔者着重对中上游区域内的支流及区间进行产沙探讨及沙量变化分析。

流域产沙是流域内气象因素及下垫面条件相互作用的结果。但对于某一特定流域而言,则产沙量主要取决于降雨、径流,特别是汛期有效雨量、雨日、降雨强度等。据各支流统计资料表明:汛期(5~10月)降雨量、径流量分别占年值的 70%以上,而输沙量占年值的 90%以上。因此,汛期降雨因子是流域产沙的主要动力因子。通过对各支流降雨因子与输沙量进行单因子优选分析及

不同因子组合的回归分析,建立了渭河主要产沙支流及区间的降雨—产沙经验公式见表 3。

表 3 渭河主要支流降雨—产沙经验公式

河 流	经 验 公 式	复相关系数
渭河 (武山)	$w_i = -1.113 \times 10^{-3}x_1 + 2.121 \times 10^{-2}x_2 + 1.938 \times 10^{-2}x_3 - 0.5043x_4 - 1.870 \times 10^{-3}x_5 + 0.4333x_6 - 0.03925$	0.937
散渡河	$w_i = 1.69 \times 10^{-4}x_1 - 1.615 \times 10^{-2}x_2 - 7.85 \times 10^{-3}x_3 + 0.1837x_4 - 3.113 \times 10^{-2}x_5 + 2.426x_6 + 0.5432$	0.970
葫芦河	$w_i = 5.873 \times 10^{-3}(x_1 + x_3) + 4.552 \times 10^{-3}x_5 - 1.1125$	0.971
武山~南 河川区间	$w_i = 7.638 \times 10^{-4}(x_1 + x_3) + 1.458 \times 10^{-2}x_5 - 0.6743x_6 - 0.0424$	0.862
渭河 (南河川)	$w_i = -8.663 \times 10^{-2}x_1 + 1.310x_2 + 1.352 \times 10^{-2}x_3 - 0.1071x_4 - 0.1187x_5 + 9.1066x_6 - 0.6048$	0.970
藉 河	$w_i = 35.12(x_2 + x_4) - 25.85x_5 + 1865.5x_7 - 292.4$	0.927
牛头河	$w_i = 9.287 \times 10^{-3}P_1^{1.1368}(P_{30} - P_1)^{0.5342}(P_x - P_{30})^{0.6838}$	0.817
灞 河	$w_i = 8.312 \times 10^{-6}x_1 - 1.809 \times 10^{-3}x_2 + 4.187 \times 10^{-4}x_3 - 1.11 \times 10^{-2}x_4 + 3.214 \times 10^{-3}x_5 - 0.2058x_6 + 0.04659$	0.925

注:表中, w_i ——年输沙量(亿 t,其中藉河流域为万 t); P_1 ——最大一日流域平均降雨量(mm); P_{30} ——最大 30 日流域平均降雨量(mm); P_x ——汛期(5~10 月)流域平均雨量(mm); x_1, x_3, x_5 ——汛期日雨量为 9.0~24.9mm, 25~49.9mm, ≥ 50 mm 的累计有效雨量; x_2, x_4, x_6 ——相应前二级雨量的有效降雨日数。

4 减水、减沙效益计算

应用降雨—径流和降雨—产沙经验公式,根据 1970~1989 年的降雨观测资料,可以分别计算各年无措施状况下流域可能产生的径流量和输沙量。若把计算的径流量 w' 和输沙量 w'_i 与同期的实测值 w 和 w_i 进行比较,两者之差即为流域水利水保措施的减水、减沙量,即: $w' - w$ 和 $w'_i - w_i$,其减水减沙效益分别为 $\frac{w' - w}{w'} \times 100\%$ 和 $\frac{w'_i - w_i}{w'_i} \times 100\%$ 。利用表 2 中降雨—径流、表 3 中降雨—产沙经验公式计算的各支流减水减沙效益结果分别见表 4 和表 5。

表 4 渭河支流各年代减水效益计算表 亿 m³

河 流	1970~1979 年				1980~1989 年			
	w	w'	$w' - w$	效益(%)	w	w'	$w' - w$	效益(%)
渭河(武山)	64.75	71.37	6.62	9.3	61.20	63.61	2.41	3.8
散渡河	6.303	8.849	2.546	28.8	5.365	7.852	2.487	31.7
葫芦河	37.96	40.53	2.57	6.3	26.91	37.53	10.62	28.3
牛头河	13.56	20.98	7.42	35.4	15.27	21.46	6.19	28.8
千 河	35.63	44.41	8.78	19.7	28.05	30.28	2.232	7.4
漆水河	6.141	8.099	1.958	24.2	8.129	9.823	1.694	17.2
漆水河(耀县)	2.54	3.53	0.99	28.1	3.71	4.86	1.15	23.6
藉 河	7.716	9.814	2.098	21.4	8.065	10.335	2.27	22.0
石头河	23.98	38.47	14.49	37.7	20.75	25.42	4.67	18.4
黑 河	50.38	56.63	6.25	11.0	76.07	85.47	9.40	11.0
灞 河	44.84	53.61	8.77	16.4	60.44	65.02	4.58	7.0
泮 河	22.60	24.89	2.29	9.2	28.83	31.55	2.72	8.6

由表 4 可知,12 条支流减水量,70 年代为 64.78 亿 m³,80 年代为 50.42 亿 m³,分别占渭河同期实测径流量的 14.0%和 7.7%。另外,还可以看出,散渡河、牛头河、石头河等支流的减水效益比较明显。

由表 5 可知,分析的 6 条支流和武山——南河川区间共计减沙量为 70 年代 2.226 亿 t,80 年代 5.597 亿 t,70~80 年代共计减少沙量 7.823 亿 t,占渭河同期实测输沙量的 32.3%。减沙效益比较明显的支流有散渡河、藉河等。

表 5 渭河主要支流各年代减沙效益计算表

河 流	1970~1979 年				1980~1989 年			
	w_s	w'_s	$w'_s - w_s$	效益(%)	w_s	w'_s	$w'_s - w_s$	效益(%)
渭河(武山)	3.113	3.360	0.247	7.6	2.432	2.871	0.439	15.3
散渡河	1.938	2.955	1.017	34.4	1.434	3.079	1.641	53.3
葫芦河	6.584	6.909	0.325	4.7	3.205	5.459	2.254	41.3
武山~南河川区间	1.891	2.286	0.445	19.5	1.358	2.101	0.743	35.4
渭河(南河川)	13.530	15.418	1.618	10.7	8.433	13.675	5.242	38.3
藉 河	0.288	0.342	0.054	15.8	0.272	0.504	0.232	46.0
牛头河	0.579	0.703	0.124	17.6	0.424	0.600	0.176	29.3
灃 河	0.219	0.233	0.014	6.0	0.332	0.444	0.112	25.2

5 讨 论

用经验公式法计算水利水保措施减水减沙效益的关键在于公式的适用性、代表性和精度等。本文所建立的各支流降雨—径流和降雨—产沙经验公式,是以 1970 年以前流域实测的降雨、径流、输沙资料为依据,通过单因子优选及不同因子的回归分析求得的,因而它们能够比较确切的反映流域降雨、径流、泥沙间的内在联系。所依据的资料系列中包括了丰、平、枯不同降雨情况,具有较好的代表性。其复相关系数均>0.80,多数在 0.90 以上,计算值与实测值间的平均相对误差 5.6%~22.8%,多数在 10%左右,具有一定的精度。因此,用其计算的各支流的减水、减沙效益是比较可靠的。

通过对渭河主要支流的产流、产沙特性及其水沙变化分析,基本弄清了产流产沙规律和渭河流域径流、泥沙分布、来源部位及其减水减沙效益等,从而为今后流域水土保持规划、水土资源合理开发利用提供了较可靠的依据。

本文承蒙黄委会农水局于一鸣高级工程师指导,特此致谢。