

大通江、平洛河水保措施减水减沙分析

沈燕舟, 张明波, 黄 燕
(长江水利委员会水文局, 武汉 430010)

摘 要: 嘉陵江流域水土流失严重,“长治”工程首批治理的四大片区中,嘉陵江上游的陕南陇南地区和中下游土石山区两大片区名列其中。自 20 世纪 80 年代末开始实施水土保持治理以来,对控制流域内水土流失现象起到了较为明显的积极作用。选择了分别位于两大片区的大通江和平洛河两条典型河流,以实测水沙资料为依据,采用水文学方法,着重分析研究两个典型流域水保措施实施以来的水沙变化。
关键词: 嘉陵江;大通江;平洛河;水土保持;水沙变化
中图分类号: S 157 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-3409(2002)01-0034-04

Analysis of the Soil and Water Conservation Measures Reducing Runoff and Sediment in the Datong and Pingluo River Basins

SHEN Yan-zhou, ZHANG Ming-bo, HUANG Yan
(The Water Conservation Commission of the Yangtze River, Wuhan 430010, Hubei Province, China)

Abstract: The Datong River is the fourth-order tributary of the Jialing River. The river basin lies in humid semitropical monsoon climate region with a catchment area of 160 000 km². The Pingluo River is one of the largest tributaries of the Xihanshui River with a catchment area of 741 km². The climate condition of the Pingluo River basin is different from that of the Datong River. It has arid climaate and less precipitaion. Both river basins are typical catchments of the Jialing River with different geological, physiographic and climatic conditions. They are the main sediment sources of the Jialing River basin. After implementation of the soil and water conservation measures in the upper Yangtze River, the total area that has brought under control reached 25. 8 percent of the total soil and water loss area before 1996. The soil and water losses have been greatly reduced. The change in runoff, sediment, and their relationship are analyzed on the basis of measured hydrologic data in the two typical catchments of the Jialing River.
Key words: the Jialing River; the Datong River; the Pingluo River; soil and water conservation; the change in runoff and sediment

1 概 况

嘉陵江是长江上游左岸主要支流,发源于秦岭南麓,流经陕、甘、川三省,于重庆市汇入长江。干流全长 1 120 km,流域面积约 16 万 km²。流域气候属中亚热带季风气候区,上游山区地势较高,气温低而雨量少;中、下游盆地区,气候温和,湿润多雨。上游略阳以上地区年降水量在 800~500 mm,西汉水支

流平洛河即位于此区内。流域东部渠江的渠县以上地区,多年平均降水量为 1 100~1 400 mm,大通江就位于此区。
嘉陵江流域水土流失严重,截止 20 世纪 80 年代末,全流域水土流失面积达 82 830 km²,占总面积的 52. 1%。其中中度以上流失区近 5 万 km²,水土流失区多年平均侵蚀总量 3. 66 亿 t/a。自上世纪 80 年代末、90 年代初以来,开始了大规模的“长治”工程,

¹ 收稿日期: 2001-10-13
作者简介: 沈燕舟,男,(1970-),工程师,主要从事水文分析计算、泥沙研究及计算机应用等方面的工作。

对长江流域上游水土流失严重四大片区进行重点治理。其中,两大治理片区分别位于嘉陵江上游的陇南、陕南地区和嘉陵江中下游土石山区。到 1996 年底,实施 7 年来,两大片区共治理水土流失面积 21 361 km²,占流域内水土流失面积的 25.8%,对控制流域水土流失、固土蓄水起到了积极作用。大通江和平洛河分别位于两大片区内的两个典型的土石山区小流域。

2 平洛河减水减沙效益

平洛河为西汉水下游支流,位于甘肃省康县境内,地质构造复杂,属西礼断陷盆地的褶皱断裂带,地质构造松散,风化严重。土壤以山地褐色土为主,红土和黄土次之。气候条件介于南北气候特性之间。区内土地耕作率较高,植被破坏严重,水土流失较重。

2.1 治理前后实测水沙比较

平洛河出口控制站平洛站控制流域面积 741 km²,多年平均径流量 1.8 亿 m³,汛期 5~10 月径流量 1.4 亿 m³,占年径流总量的 77.8%。多年平均输沙量 93.8 万 t,汛期 6 个月输沙量 91.2 万 t,占年输沙总量的 97.2%。流域内多年平均降水量 594.3 mm,汛期降水量 490.2 mm,占年降水量的 82.5%。

“长治”工程实施水土保持治理前后比较,流域内降水量没有显著差别。治理前,多年平均年降水量 594.1 mm,汛期降水量 488.3 mm;治理后的 1990~1996 年多年平均降水量 594.6 mm,汛期降水量 496.9 mm。实测径流量比较,治理前多年平均径流量 1.8 亿 m³,汛期 1.4 亿 m³,治理后的 7 年平均径

流量 1.7 亿 m³,比治理前减少 5.5%;汛期径流量 1.34 亿 m³,比治理前减少 4.3%。输沙量比较,治理前多年平均输沙量 109.3 万 t,汛期输沙量 106 万 t;治理后,实测多年平均输沙量 40.5 万 t,比治理前减少 68.8 万 t,减幅达 62.3%,汛期输沙量 40.2 万 t,比治理前减少 65.8 万 t,减幅达 62.1%。因此,水土保持治理前后水沙系列对比表明,多年平均降水量一致,治理前后径流量变化较小,在 5% 左右,而输沙量变幅达 60% 以上。

2.2 降雨径流和降雨输沙关系

以 1989 年以前的实测径流、输沙资料与降雨量建立关系,根据治理后的实测降水资料,求出治理后在没有实施水保治理情况下所应产生的径流量和输沙量,来分析其水沙变化。降雨量为平洛站以上的面平均雨量。

2.2.1 降雨径流关系 治理前年降雨径流关系:

$$W=0.0069P-2.315$$

式中:W——年径流量(亿 m³);P——年降雨量(mm)。

2.2.2 降雨输沙关系 治理前汛期降雨和年输沙量关系:

$$W_s=4.16\times10^{-5}P_{汛}^3-0.0585P_{汛}^2+26.94P_{汛}-3982.2$$

治理前年降雨输沙关系:

$$W_s=4.44\cdot10^{-5}P^3-0.076P^2+42.81P-7851.7$$

式中:W_s——年输沙量(万 t),P_汛——汛期降雨量(mm),P——年降雨量(mm)。

以治理前的水沙关系计算平洛 1966~1996 年径流量和输沙量及与实测值对比如表 1。

表 1 平洛站计算与实测水沙系列比较表

年份	降雨量/mm		径流量/亿 m ³		输沙量/万 t		计算年径流		计算输沙量/万 t			
	汛期	年	汛期	年	汛期	年	/亿 m ³	/%	式 4.11	/%	式 4.12	/%
1966~1989 平均	488.3	594.1	1.4	1.8	106.0	109.3	1.78	-1.31	109.3	0.02	109.2	0.02
1990~1996 平均	496.9	594.9	1.34	1.7	40.2	40.5	1.79	5.03	168.3	315	172.9	315

2.2.3 减水减沙效益分析 从表 1 计算结果看,治理前多年平均情况,实测与计算径流量相差 1.3%,实测与计算输沙量相差 0.02%,拟合的水沙关系可靠。治理后实测与计算径流量比较,计算 1990~1996 年 7 年平均径流 1.79 亿 m³,比实测径流量 1.70 亿 m³大 0.09 亿 m³,减水率 5.03%,表明平洛河流域没有因水保治理而使径流量有所减少;输沙量比较,计算治理后平均输沙量 168.3~172.9 万 t,比实测输沙量大 3 倍以上,减沙率达 75%,表明水保治理减沙效果显著。

3 大通江减水减沙效益分析

3.1 效益分析

大通江为渠江水系通江支流。地质构造上处于扬子地台北部边缘,属四川台地向秦岭地槽褶皱带过渡地区。出露地层以古生界的二叠系、中生界的侏罗系、白垩系下统——城墙岩群为主。岩性主要为棕紫色砂泥岩。南部达县的地质构造属新华夏系第三沉降带,是四川盆地东平行岭谷区,处于丘陵区、低

山区连接地带。岩性以泥岩为主,砂质泥岩和紫色砂岩次之。气候属亚热带湿润季风气候区,具有气候温和、雨量充沛等特点。由于地理位置和地势的不同,降雨呈现出北大于南,气温南高于北,无霜期南长北短的特点。

大通江流域因山高坡陡,夏秋多暴雨,兼之植物覆盖度不均衡,地表土壤以中生界棕紫色砂泥岩为主,岩性松软破碎,抗风化能力弱,水土流失严重。人口的急剧增加,乱垦滥伐等,更加剧了水土流失,通江县局部地区的侵蚀模数达 6 820 万 t/(km²·a)。

3.2 治理前后实测水沙比较

大通江为嘉陵江四级支流,流域出口站碧溪水文站控制流域面积 1 970 km²。该站自 1958 年设站以来已有 40 余年的实测水沙资料。碧溪站实测水沙情况如表 2。从表中可看出,治理前的 1960~1989 年平均年降水为 1 290.6 mm,治理后的 1990~1996 年平均年降水为 980.6 mm,后者比前者少 310 mm,减少 24%;1960~1989 年平均径流量为 16.7 亿 m³,1990~1996 年平均径流量为 11.58 亿 m³,后者比前者减少 5.2 亿 m³,减幅 31.1%;1960~1989 年平均输沙量为 138.7 万 t,1990~1996 年平均输沙量为 61.0 万 t,后者比前者输沙减少 77.7 万 t,减幅达 56%。

表 2 碧溪站降雨、径流、输沙情况表

年份	平均降雨		平均径流量		输沙量	
	/mm		/亿 m ³		/万 t	
	汛期	年	汛期	年	汛期	年
1990~1996 平均	907.5	980.6	9.91	11.58	59.8	61.0
1960~1989 平均	1104.2	1290.6	14.5	16.7	136.8	138.7

为了进一步分析水保治理减水减沙作用,选择碧溪站以上治理前面平均降水量与 1990~1996 年降水相近的 13 年资料对比分析,结果如表 3。选取的 13 年年平均降水量 1 028.1 mm,汛期平均降水 844.6 mm,治理后的 7 年平均降水 980.6 mm,汛期平均降水 907.5 mm。两相比较,年平均降水量相差 4.6%,汛期平均降水相差 6.9%;径流比较,年径流量基本一致,相差不到 1%,汛期径流相差 5%;输沙量比较,年输沙量治理后的 1990~1996 年比治理前减少 31.5 万 t,减幅达 34.1%,汛期输沙比治理前减少 30.4 万 t,减幅达 33.7%。因此,根据实测资料结果分析表明,大通江流域水保治理减水效益不明显,减沙效益显著,7 年的水保治理,减沙效益达 30% 以上。

表 3 碧溪站治理前后相近降雨量情况下水沙变化比较

年份	面平均降雨/mm		平均径流量/亿 m ³		输沙/万 t	
	汛期	年	汛期	年	汛期	年
1960	916.7	1088.2	9.73	11.10	42.0	42.4
1966	733.7	908.7	6.45	8.10	10.8	12.6
1969	857	1074.3	10.29	13.37	56.4	67.8
1970	761.6	931.9	7.49	9.11	11.3	11.7
1971	930.7	1122.6	7.76	10.15	18.3	19.2
1972	755.6	996.3	7.76	10.59	47.5	59.1
1976	809.2	1034.1	9.38	11.76	38.6	41.4
1977	680.5	905.7	7.28	9.43	182.8	183.2
1978	909.4	1062.4	11.89	12.93	341.8	340.6
1979	867.2	1049.1	9.81	10.82	228.9	228.3
1982	924.9	1107	10.76	13.09	26.9	28.4
1986	846.2	1004.3	9.65	11.32	47.4	47.9
1989	986.6	1080.9	13.74	16.21	119.4	119.8
1990	798.1	959.6	9.97	12.46	36.2	39.7
1991	949.3	977	10.17	11.29	119.4	119.5
1992	998.3	1074.2	12.10	13.76	68.0	68.6
1993	934.3	984.2	12.83	14.35	57.1	59.3
1994	775.3	896.8	7.84	10.00	36.2	38.2
1995	949.2	985.8	9.33	10.44	83.6	83.6
1996	948.3	986.5	7.11	8.06	18.1	18.3
1989 年以前平均	844.6	1028.1	9.4	11.4	90.2	92.5
1990~1996 平均	907.5	980.6	9.9	11.5	59.8	61.0

3.3 降雨径流和降雨输沙关系

为进一步分析研究大通江流域水保治理减水减沙效益,同平洛河一样,也采用水文分析法,来着重分析嘉陵江重点产沙区大通江流域水保减水减沙效益。以碧溪水文站 1989 年以前的实测径流、输沙资料与降雨量建立关系,根据治理后的实测降水资料,求出治理后的径流和输沙量,以分析其水沙变化。降雨量为碧溪水文站以上的面平均雨量。

3.3.1 降雨径流关系 汛期降雨量与年径流量关系:

W= 0.0197P_汛- 5.03

年降雨量与年径流量关系:

W= 0.0195P_年- 8.46

式中:W——年径流量(亿 m³);P_汛——汛期面平均降雨量(mm);P_年——面平均年降雨量(mm)。

3.3.2 降雨输沙关系 汛期降雨量与年输沙量关系:

W_s= 0.2889P_汛- 194.94

年降雨与年输沙量关系:

W_s= 0.2719P_年- 225.67

式中:W_s——年输沙量(万 t)。

根据降雨径流和降雨输沙关系计算的年径流量和年输沙量与实测径流和输沙量比较如表 4 所示。

表 4 碧溪站实测与计算年径流、输沙量比较表

年份	降雨/ mm		实测径流/ 亿 m ³		实测输沙/ 万 t		计算径流/ 亿 m ³		计算输沙/ 万 t	
	汛期	年	汛期	年	汛期	年	汛- 年 (%)		汛- 年 (%)	
1960 ~ 1989 平均	1104. 2	1290. 6	14. 5	16. 7	136. 8	138. 7	16. 72	0. 11	134. 13	- 3. 3
1990 ~ 1996 平均	907. 5	980. 6	9. 9	11. 5	59. 8	61. 0	12. 8	10. 2	67. 42	9. 52

表 5 二站降雨、径流、输沙特性比较

	站名	面积/ km ²	面雨量/ mm	径流量/ 亿 m ³	径流量 系数	输沙量/ 万 t	输沙模数 / (t · km ⁻² · a ⁻¹)	系列年限
治理前	平洛站	741	594. 1	1. 8	0. 409	109. 3	1475	1966 ~ 1989
	碧溪站	1970	1290. 6	16. 7	0. 657	138. 7	704	1960 ~ 1989
治理后	平洛站	741	594. 9	1. 7	0. 386	40. 5	547	1990 ~ 1996
	碧溪站	1970	980. 6	11. 6	0. 600	61	310	1990 ~ 1996

3. 3. 3 减水减沙效益分析 表 4 比较结果表明, 多年平均情况, 治理前计算径流与实测径流相差 0. 03% 以内, 年输沙量相差在 2. 92%, 说明降雨径流和降雨输沙模型可靠。治理后计算与实测均值的差值认为是水保措施的减水减沙效益。治理后 7 年累积减少径流量 9. 1 亿 m³, 年平均减少径流 1. 3 亿 m³, 减幅 10. 2%; 7 年累积减少输沙量 44. 94 万 t, 年平均减少输沙量 6. 42 万 t, 减幅 9. 52%。模拟数学模型计算的减水减沙效益和治理前后相近降雨量实测水产产沙比较分析出的减水减沙效益基本一致。大通江流域属湿润气候区, 水保减水效果不明显, 但水保减沙效益显著。

4 典型流域减水减沙效益比较

重点分析的二个典型流域, 分别代表了嘉陵江流域二个不同的地质、地貌、气候条件类型。平洛河代表了上游干旱少雨的土石山区类型, 大通江流域代表了川东大巴山暴雨区类型。二个典型流域内近期没有修建具有明显蓄水拦沙的控制性水利工程, 分析的减水减沙效益可以看作主要是由于水土保持作用影响后的减水减沙成果。因此典型流域分析的减水减沙效益成果具有一定的代表性。平洛河平洛站、大通江大通站水沙特性和减水减沙效益比较如表 5 和表 6。

表 6 二站减水减水效益比较

站名	减水效益		减沙效益	
	减水/ 亿 m ³	减水率/ %	减沙/ 万 t	减沙率/ %
平洛站	0. 09	5 左右	68. 8 ~ 132. 4	62. 9 ~ 76. 6
碧溪站	1. 35	10. 5 以下	6. 42 ~ 31. 5	9. 5 ~ 34

比较表明, 平洛河通过两种方法分析, 减水效益在 5% 左右, 减沙效益在 62. 9% ~ 76. 6% 之间。平洛

河为土石山区, 流域内治理措施则主要以生物措施为主, 其固沙作用较为明显, 减水作用则相对较小。

大通江流域地处川东大巴山暴雨区, 汇流汇沙具有南方湿润地区河流特性。流域内雨量丰沛, 植被易再生和成活, 土壤结构也优于平洛河流域。从治理前后的输沙模数看, 该流域为一般水土流失区, 因此水保治理后减水减沙效益相对不明显, 减水效益在 10. 5% 以下, 减沙效益在 9. 5% ~ 34% 之间。

5 结 语

大通江和平洛河分别代表嘉陵江流域两种不同气候类型的土石山区, 大通江流域位于大巴山暴雨区, 降水丰沛, 多年平均降水量 1 200 mm 以上; 平洛河流域降水较少, 多年平均降水量不足 600 mm。两流域内人类活动影响均较显著, 水土流失严重。

自“长治工程”实施以来, 通过分析, 流域内减沙作用较为显著。近 10 余年来, 两流域内均没有兴建具有明显调节作用的水利工程, 可以认为分析结果基本能反映水土保持的减水减沙效果。

两流域分析成果对比看, 平洛河流域减沙作用远较大通江明显, 主要原因在于, 一方面, 平洛河流域治理前水土流失程度比大通江流域严重的多, 治理前, 两流域控制站面积比为 2. 66 倍, 而输沙量比仅为 1. 35 倍, 分析结果符合水土流失越严重, 治理效果越明显的一般规律; 另一方面, 大通江流域位于大巴山暴雨区, 暴雨频繁, 为流域产沙提供了外营力条件。因此认为分析结果还是比较合理的。

总的说来, 水土保持措施的实施, 对嘉陵江流域土石山区的涵水固土、减少水土流失起到了较大的积极作用, 相信随着水土保持工作的不断深入, 嘉陵江流域终将形成一个新的、良性的水沙循环。