

鹤鸣观小流域综合治理减水减沙效益研究

王学勤

(科技部中国农村技术开发中心, 北京市 2143 信箱 2 分箱, 北京 100045)

韦 红

(福建农业大学土地与环境学系, 福州 350002)

何丙辉 李英伦

(西南农业大学资源环境学院 重庆北碚 400716)

摘 要 本文应用鹤鸣观小流域试验观测资料, 研究了小流域综合治理的减水减沙效益。研究表明: 该流域降雨、产流、输沙主要集中于汛期(5月~10月份)。流域年降雨量和径流量序列无明显的下降趋势, 而输沙量序列逐年下降趋势明显, 水沙关系向良好方向发展。各项治理措施中, 坡面水利水保工程在减水减沙作用中占主导地位, 林草措施减水减沙效果显著, 但存在明显的时滞性。

关键词 小流域综合治理, 减水减沙效益, 坡面水保工程

中图分类号 S157.2

长江上游地区水土流失严重, 长治工程自 1989 年全面启动后, 各地普遍开展了以小流域为基本单元的综合治理, 使长江的入江泥沙大大减少, 证明小流域综合治理蓄水减沙效益明显。本文根据四川省升钟水土保持试验站鹤鸣观小流域综合治理试验观测资料, 对小流域综合治理减水减沙效益进行了初步分析和研究。

1 试验小流域概况及研究方法

1.1 试验小流域基本特征

鹤鸣观小流域地处大巴山南翼, 南部县境内升钟水库大坝右侧 350m 处, 属嘉陵江西河流域中游的一条小支流, 为一扇形小流域, 形状系数 0.878; 分水线完整, 集水面积 0.800km²。试验流域海拔高程 409~680m, 平均比降 18.98%。土壤主要为砂壤土和粘土, 系白垩纪下统城墙岩群砂泥岩母质上发育出的石灰性紫色土, 有机质含量低, 易分散悬浮, 抗蚀性抗冲性均差^[1]。根据升钟水库坝区气象观测资料(1970年~1995年), 多年平均降水量为 975.0mm, 最大年降水量 1467.6mm(1981年), 是最小年降水量 558.3mm(1979年)的 2.63 倍。降水年内分配不均, 汛期(5月~10月份)降水占全年降水的 73.5% 以上, 其中 6月~8月份三个月降水量最为集中, 降水量约占全年降水的 58%。大雨、暴雨集中在汛期, 是水土流失的高发期, 汛期径流量和输沙量分别占年径流量和输沙量的 90% 和 99% 以上, 故对试验流域的降水、径流、泥沙观测都以汛期为主。

1.2 试验小流域综合治理情况

根据 1985 年土地详查资料(表 1), 试验流域治理前共有农耕地 21 91hm², 其中坡耕地 18. 69hm², 占 70. 1%; 梯田(水田) 6. 55hm², 占 29. 9%。人口密度 408 人 km⁻², 人均耕地约 0. 067hm²。治理前小流域水土流失面积 0. 483km², 占流域总面积的 60. 4%, 侵蚀程度为中度。

从 1985 年起, 根据试验设计, 在取得两年未治理状态下流域降雨、径流和泥沙观测资料后, 对小流域进行了全面的水土流失综合治理, 共治理水土流失面积 0. 414km², 治理度 86%。试验流域内共坡改梯 8. 93hm²; 建成淤地坝 2 座, 至 1991 年基本淤平时, 共淤地 0. 56hm²; 修、扩建埝塘 6 口, 增加蓄水能力 5800m³; 修建灌溉渠、截流沟、排洪沟 32 条计 9. 71km, 配套修建蓄水池、沉沙凼 74 个, 形成了拦、蓄、引、灌、排有机结合的坡面工程防护体系。在改造原有天然次生疏林的基础上, 新增桉柏混交造林 12. 03hm², 种草、灌木 5. 83hm², 存活率在 85% 以上。流域林草(灌)地面积占宜林宜草地面积的 90. 1%; 加上田埂栽桑、庭院建园, 林草覆盖度由治理前的 16. 2% 提高到 58. 2%(1995 年)。同时在流域内大力推行水土保持耕作制度, 坚持挑沙面土等传统保土习俗, 改顺坡耕种为横坡垄作, 加上普遍的合理间、套作, 有效地增加了汛期流域坡面的地表保护, 流域水土流失逐渐得到了控制, 土地利用结构趋于充分、合理, 生态环境逐渐改善(参见表 1、表 2)。

表 1 试验流域土地利用结构对比

Table 1 Comparison of composition of land use in the watershed studied

地类 Land type	治理前(1985 年) Preconservation(1985)		治理后(1995 年) Post conservation (1995)		对比增加 Increasing value	
	面积 Area(hm ²)	比例 Ratio(%)	面积 Area(hm ²)	比例 Ratio(%)	面积 Area(hm ²)	比例 Ratio(%)
	非生产用地	7. 11	8. 9	4. 93	6. 2	- 2. 18
梯田(地)	6. 55	8. 2	15. 48	19. 4	8. 93	11. 2
坡耕地	15. 36	19. 2	8. 60	10. 8	- 6. 76	- 8. 4
疏林地	9. 68	12. 1	3. 07	3. 8	- 6. 61	- 8. 3
成林	11. 80	14. 7	30. 47	38. 1	18. 67	23. 3
草灌地	7. 11	8. 9	12. 95	16. 2	5. 83	7. 3
荒地	22. 39	28. 0	4. 51	5. 6	- 17. 88	- 22. 4
总计	80. 00	100	80. 00	100	0	0

表 2 试验流域水利水保工程统计

Table 2 Statistics of water conservancy practices and conservation engineering in the watershed studied

埝塘 Pond		淤地坝 Silt arrester		沟渠 Irrigation canals		池凼 Pool	
口 Number	容积 Capacity(m ³)	座 Number	面积 Area(hm ²)	条 Number	长度 Length(km)	个 Number	容积 Capacity(m ³)
6	5800	2	0. 56	32	9. 71	74	700

1.3 降雨量和降雨强度的测定

降雨量是时段累积降雨量和次累积降雨量的总称。试验流域内根据不同的方位和海拔高程布设了五个雨量观测点, 采用人工、自记仪器同步观测、校准。汛期(5~ 10 月份)按四段制(02 时、08 时、14 时、20 时), 非汛期按两段制(08 时、20 时)观测流域内各观测点的时段累积降雨量, 以当日 08 时至次日 08 时

为日界,记录各测点当日的降水量;小流域平均降雨量由各观测点平均求得。由自记仪器记录的降雨过程线分析可得次降雨量和雨强变化过程。对于汛期产流降雨,若间隔时间较短的两几场降雨形成连续洪水,则将几场降雨量累加合并作为次产流降雨量,降雨量除以实际降雨历时即为次降雨平均雨强。

1.4 径流量的测定

试验流域出口控制断面处建有梯形量水槽、巴歇尔量水堰、三角堰三种测流设施,分别用于观测年内可能出现的高、中、低三种水位流量。根据自记仪器记录的水位变化 $H-t$ 曲线,通过 $H-Q$ (水位-流量) 关系换算为 $Q-t$ 过程线,逐时逐段可求得时段、日径流量。

1.5 输沙量的测定

输沙量是指流域出口控制断面观测到的悬移质泥沙数量,根据不同的洪水水位情况,在水深 40% 处用直口平底式采样器取样,梯形槽每次取 5 组,巴歇尔堰每次取 3 组,用烘干称重法测得取样的平均含沙量,作为这一洪水水位流量下的断面平均含沙量。然后根据 $Q-t$ 洪水过程线逐段计算出各时段断面输沙量。次洪水过程各时段洪水输沙量累加得次洪水输沙量;汛期各次实测洪水过程输沙量累加作为年(汛期)输沙量,除上洪水径流量即为本年洪水径流平均含沙量。

1.6 蒸发量的测定

试验流域内设有一处降雨、蒸发观测场,采用 E_{601} 型蒸发器观测时段和日蒸发量,汛期采用两段制(08时、20时),非汛期采用一段制(08时)观测记录 E_{601} 蒸发器的实际蒸发量和相应时段内累积降雨量。蒸发量的计算公式为:

$$E_1 = E_2 + P - E_3$$

式中: E_1 为日或时段蒸发量, mm; E_2 为本次观测时读数, mm; E_3 为上次观测后加水读数, mm; P 为相应时段内累积降雨量, mm。

1.7 径流小区的设置

升钟水保试验站从 1988 年起开展了荒坡不同利用方式影响水土流失的研究,对传统顺坡耕种、自然坡面、人工造林、人工点种草灌、坡改梯等不同坡面利用方式进行了小区对比研究。径流小区设置在试验流域内海拔高程为 485m 一带,坡向北南向,坡度为 21~25°,土层厚度为 15~25cm,土壤为偏中性的砂壤土。每个径流小区面积(水平)在 200~220m² 之间。

2 结果与讨论

2.1 小流域水沙变化趋势

小流域产流和输沙是一种十分复杂的自然现象,降雨分配状况的变化,流域下垫面状况的改变,以及人类活动等因素都对流域产流和输沙产生或正或负的影响,流域水沙变化总是既表现出某种规律性和趋势性,同时又表现出一定的相依性和纯随机性^[2]。表 3 中列出试验流域试验期间各年实测的降雨、径流、输沙量资料,可以看到,由于降雨状况的变化,以及综合治理活动对试验流域下垫面状况的影响,流域产流和输沙都表现出不稳定的波动。试验期内丰水年、枯水年各占 4 年,平水年 3 年,平均年降雨量为 890.0mm,汛期降雨量占年降雨量的比例从 75.3% 至 93.3%,平均为 85.3%。1987 年降雨最多,产流量也最大,其年降雨量为降水量最小的 1986 年的 1.86 倍,年径流量则为 1986 年的 5.52 倍。1985 年输沙量最大,其输沙模数为 2199.0t km²,是输沙最少的 1994 年的 194.6 倍,变幅远大于降雨和径流变幅。表明流域综合治理措施有效地抑制了坡面侵蚀产沙和输沙过程。

表 3 试验流域 1985~1995 年实测降水、径流、输沙资料

Table 3 Measurements of precipitation, runoff and sediment transportation in the watershed between 1985 and 1995

年度 Year	年降水	汛期降水	比例	年径流	汛期径流	比例	输沙模数	洪水含沙量
	Annual precipitation P (mm)	Precipitation during flood time $P_{汛}$ (mm)	$P_{汛}/P$ Ratio (%)	Annual runoff R (mm)	Runoff during flood time $R_{汛}$ (mm)	$R_{汛}/R$ Ratio (%)	Modulus of sediment transportation S ($t\ km^{-2}$)	Sediment content of flood ($kg\ m^{-3}$)
1985	1039.6	929.5	89.4	364.1	349.5	96.0	2199.0	9.826
1986	623.7	495.0	79.4	69.3	66.0	95.2	265.9	9.029
1987	1162.8	1064.8	91.6	382.3	376.4	98.5	1403.5	4.867
1988	937.4	874.8	93.3	243.7	232.3	95.3	380.4	2.549
1989	1016.7	803.8	79.1	274.3	259.3	94.5	538.6	3.595
1990	757.9	591.3	78.0	138.9	132.6	95.5	52.3	0.539
1991	859.6	751.2	87.4	203.0	199.1	98.1	595.7	4.376
1992	875.4	751.3	85.8	175.9	171.4	97.4	69.6	0.899
1993	1027.5	865.3	84.2	346.3	334.0	96.4	426.9	1.912
1994	720.9	543.1	75.3	85.3	77.7	91.1	11.3	0.463
1995	768.6	676.9	88.1	110.3	103.4	93.7	16.1	0.400
平均	890.0	758.8	85.3	217.6	209.2	96.1	541.8	

将十一年实测资料系列作为时间序列研究,采用 Kendall 秩次相关分析法检验序列的趋势性^[2],结果表明降雨、径流序列均无明显逐年下降趋势,而输沙序列逐年下降趋势显著(见表 4)。这表明小流域降雨产流的变化主要受降雨的影响,而侵蚀输沙明显逐年减小,反映了综合治理致使水沙关系向良好的方向发展。

表 4 水文泥沙序列秩次检验

Table 4 Variation in hydrological sediment

参数 Parameter	年降水 Annual precipitation	汛期降水 Precipitation during flood time	年径流 Annual runoff	汛期径流 Runoff during runoff	输沙 Sediment transportation	备注 Remarks
T	0.236	0.309	0.309	0.309	0.491	采用 Kendall 秩次相关检验法检验下降趋势, $= 0.05, U_{\frac{1}{2}}$
U	1.01	1.32	1.32	1.32	2.10	
判定	不显著	不显著	不显著	不显著	显著	$= 1.96$

注: T 指采用 t 检验法的统计量; U 指采用 Kendall 检验法的统计量。

2.2 综合治理小区试验结果分析

小流域综合治理是通过工程措施、生物措施和耕作措施的合理配置,改变流域微地貌、微地形,从而改变径流产沙的边界条件,提高土壤抗蚀抗冲能力,达到降低土壤侵蚀量的目的。因此,可以根据小区各项治理措施减水减沙作用的观测资料,按各项措施作用分项计算,并考虑流域产沙在坡面、沟道运行中的冲淤变化问题,分析计算综合治理减水减沙量。同时还可了解实施各项措施的土地上土壤侵蚀减轻的程度,分析各治理措施作用的大小。

2 2 1 梯地减水减沙 紫色土的侵蚀以坡耕地侵蚀最为严重^[1]。坡改梯工程这种基本的水土保持坡面工程措施,对改变地形、减洪减沙、改良土壤、增加产量、改善生态环境等都有着很大的作用。试验流域综合治理中,共修建水平梯地 8.93hm²,占流域总面积的 11.2%,占坡耕地面积的 58.2%。根据径流小区研究资料分析,相对于原传统顺坡耕种的坡耕地,梯地可减少汛期坡面地表径流的 8.9%~19.6%,减少坡面侵蚀产沙 71.1%~86.6%,多年平均减少地表径流 11.4%,减少产沙 75.1%,且减水减沙效益比较稳定(表 5)。该区域小区实验表明梯地减水效益远低于减沙效益,是因为流域坡面土层浅薄,土壤持水容量小,壤中流沿坡面汇流过程中转化为地面径流的比例大,这与北方黄土区不同。北方黄土区土层深厚,梯地拦蓄降水并大量消耗于下渗而不产流,减水效益常高达 58%~100%。与传统坡耕地相比,梯地表现出稳定的较强的减沙能力,主要在于坡改梯工程改变了坡面微地形,降低地表径流流速,从而径流挟沙能力大大减小所致。

表 5 梯地减水减沙效益

Table 5 Benefits in reducing water and sediment of bench terrace fields

年度 Year	汛期径流模数 Modulus of runoff during flood time (10 ⁴ m ³ km ⁻²)		侵蚀产沙模数 Modulus of sediment yields from erosion (t km ⁻²)		效益 Benefits(%)	
	梯地 Terrace	坡耕地 Sloping cultivated land	梯地 Terrace	坡耕地 Sloping cultivated land	减水 Reducing water	减沙 Reducing sediment
	1983	28.58	31.38	1281.1	4431.4	8.9
1984	18.13	20.68	820.5	3115.1	12.3	73.7
1985	18.88	20.81	993.7	3718.6	9.3	73.3
1986	3.94	4.51	167.2	1251.5	12.6	86.6
1987	20.12	22.93	1115.9	4059.7	12.3	72.5
1988	11.64	13.04	475.4	2483.3	10.7	80.9
1989	13.83	15.94	643.9	2629.1	13.2	75.5
1990	5.67	7.05	220.9	1237.6	19.6	82.2
平均	15.10	17.04	714.8	2865.8	11.4	75.1

2 2 2 淤地坝减水减沙 试验流域内于 1987 年初建成小型淤地坝 2 座,到 1991 年基本淤平,共淤成坝地 0.56hm²。以土层平均厚 45cm 计算,5 年之间(1987 年~1991 年)共拦截泥沙 3528t,平均每年拦泥约 706t,拦沙作用是相当可观的。淤地坝拦淤的泥沙为多年淤积量,难以分离出各年的淤积量,因此只能以年平均计算。淤地坝的拦泥量中,计算减沙效益指的是悬移质输沙量,因为流域测控断面所测的输沙量是悬移质输沙量,未包括推移质。由于沟道搬运输移中推移质可能破碎分散转化为悬移质,经过对试验流域沟道的情况进行调查和分析,结合紫色土地区泥沙输移比和 J. W. Roehl 等人对流域面积与泥沙输移比大小关系的研究,确定淤地坝拦淤沙量以 1.0.3 的输移比考虑,即在相应时期内每年减少出口断面输沙量约为 212t。由于所建的淤地坝并不作为蓄水设施使用,且容积小,蓄水减洪作用不明显;且淤地坝淤平后减水减沙作用相当于水平梯地,因此其减水量以同面积的水平梯地减水量计算。对于淤平后的淤地坝,其减沙减蚀作用也以梯地计算。

2.2.3 蓄用水工程减水减沙 小型蓄用水工程的作用在于将坡地径流及地表潜流拦蓄起来,减小水土流失危害,灌溉农田。试验流域综合治理中通过修、扩建埝塘、池函,共增加流域蓄水能力 $6\,500\text{m}^3$ 。蓄用水工程减水作用显然与降雨条件有关。若降雨集中,间歇所需灌溉量少,蓄水工程的可蓄水容积小,难以发挥减水作用。而久旱无雨之后较大降雨的情况下,蓄用水工程库容充分腾空,减水作用就比较可观。试验流域内各个蓄用水工程布置比较合理,灌溉方便;常年坚持挑沙面土,使泥沙淤积量较小,因而能起到较好的减水减沙作用,对于拦蓄地表径流、提高抗御旱灾能力是十分有效的。根据对流域蓄用水工程利用状况的典型调查,蓄用水工程年汛期的复蓄次数为 1.5 次,即每个汛期平均减少地表径流量约 $9\,700\text{m}^3$ 。对于减少悬移质输沙作用,可以当年汛期洪水径流平均含沙量计,经计算可得试验期内(指综合治理后)平均每年汛期减少输沙约 88t。

2.2.4 林草工程减水减沙 植被一方面可以拦截部分降雨能量,使土壤表面免于雨滴击溅,对防止溅蚀具有重要意义^[3]。植被对地表的保护作用,主要取决于植被覆盖率,一般随着覆盖率的增加,侵蚀作用迅速降低。当植被覆盖率超过 60% 后,地表将基本无土壤侵蚀发生^[4]。人工造林地林下植被和地表枯枝落叶层状况对于减轻侵蚀的作用影响也是很大的。

径流小区试验资料表明,人工林地在前 4 年减水减沙效益是较小的,汛期平均减水 23.5%,减沙 14.5%。从第 5 年起,减水减沙效益发生飞跃,减水幅度在 60% 以上,减沙幅度在 90% 以上。四年后,地表植被得到了恢复,林木覆盖率也有所提高,小区最大覆盖率可达 60%,而大量枯枝落叶对地表的覆盖,因而减水减沙作用突出^[5]。随着林木的进一步郁闭,减水减沙作用更进一步增加,到第 8 年,最大覆盖率达 85%,地表径流减少达 97.9%,坡面产沙量仅有 $0.6\text{ km}^{-2}\text{ a}^{-1}$,完全可以忽略不计(见表 6)。

表 6 林草措施减水减沙效益

Table 6 Benefits in reducing water and sediment of planting forests and grass

年份 Year	径流模数 Modulus of runoff ($10^4\text{m}^3\text{ km}^{-2}$)			输沙模数 Modulus of sediment transportation(t km^{-2})			减水 Water reducing(%)		减沙 Sediment reducing(%)	
	林地 Forest land	草地 Grass land	自然坡面 Natural sloping land	林地 Forest land	草地 Grass land	自然坡面 Natural sloping land	林地 Forest land	草地 Grass land	林地 Forest land	草地 Grass land
1983	27.38	33.02	37.71	2856.2	976.5	3349.6	27.4	12.4	14.7	70.8
1984	17.68	19.76	24.36	1967.8	631.5	2024.7	27.4	18.9	2.8	68.8
1985	17.81	18.61	21.66	2156.2	947.9	2205.1	17.8	14.1	2.2	57.0
1986	4.51	4.03	5.73	409.4	287.2	663.1	21.3	29.7	38.3	56.7
1987	9.24	18.46	26.91	270.0	850.8	3147.4	65.7	31.4	91.4	73.0
1988	5.62	12.36	14.44	173.0	440.5	2058.1	61.1	14.4	91.6	78.6
1989	5.70	10.91	19.02	110.3	273.3	1969.7	70.0	42.6	94.4	85.9
1990	0.21	0.53	9.80	0.6	0.9	894.0	97.9	94.6	99.9	99.7

草灌小区观测结果表明,草灌等低地植物能迅速形成郁闭,切实保护地表,减轻雨滴的击溅破坏作用,增加地表糙率,减缓径流流速,提高土壤抗冲能力,减水减沙作用十分明

显。草地在当年汛期即表现出较好的减沙作用,前四年平均减沙幅度为 63.3%,远远大于工程造林地同期的减沙效益。由于草灌地无工程措施配合,故其减水作用不及工程造林地,前4年平均减水 18.8%。以后由于点种的灌木(黄荆、马桑)逐渐建群,汛期地表覆盖率达 80%~90%,减水减沙作用逐渐增大,后四年平均减水 45.8%,减沙 84.3%。在最后一降水量比较少少的情况下,减水减沙效益均接近于工程造林地(见表 6)。草灌地由于根系扎根浅,增加地面下渗能力小于林地,减水作用小于林地;但草灌地能迅速覆盖地表,减沙作用十分迅速有效。对于川北低山深丘区可耕地资源十分有限这种情况,充分利用宜草荒坡种植草灌,既能控制坡面土壤侵蚀,又能发展畜牧业生产,提高群众收入,是一项值得大力推广的水土保持治理措施。

2.2.5 耕作措施减水减沙 水土保持耕作法通过增加表土的覆盖、作物覆被和田间管理,起到增加地表粗糙率,减低坡面径流流速,增加入渗时间,从而起到一定的减少雨滴溅蚀、径流冲刷的作用。根据研究,水土保持耕作措施一般在 8~9 坡度以下的缓坡耕地上实施才能起到明显的减水减沙作用^[5]。而试验流域坡耕地坡度一般在 20 以上,土层薄,侵蚀发展快,单纯的水土保持耕作措施所起作用十分有限,必须与坡面工程措施和生物措施紧密结合才能起到较好的减水减沙作用,其减水减沙效益已计入相应的工程措施之中。单独的耕作措施效益很小,不予考虑。

3 结 论

1. 从小流域历年水沙变化趋势来看,径流量与降雨量之间关系密切,而输沙量变幅较大。从实测资料的时间序列分析,降雨、径流序列均无明显逐年下降趋势,而输沙序列逐年下降趋势明显,表明小流域综合治理后水沙关系向良好的方向发展。

2. 小区坡面工程措施中,梯地平均减少地表径流 11.4%,减少产沙 75.1%,减水减沙效益明显;淤地坝拦淤沙量为 30%,每年减沙出口断面输沙量约 212 吨;蓄水工程每年汛期可复蓄 1.5 次,平均减少地表径流 9700m³。

3. 小区人工林地前四年减水减沙效益较小,后四年减水减沙效益显著,平均减水 60% 以上,减沙 90% 以上;草灌地减水作用小于林地,前四年减沙作用大于林地,后期减沙作用小于林地。在降雨量较少时,林地与草灌地减水减沙效益接近。

参 考 文 献

1. 中国科学院成都分院土壤研究室. 中国紫色土. 北京: 科学出版社, 1991. 70~ 74
2. 丁晶, 邓育仁. 随机水文学. 成都: 成都科技大学出版社, 1998. 101~ 103
3. 席有. 水土保持原理与规划. 呼和浩特: 内蒙古大学出版社, 1992. 32~ 35
4. 刘志, 江志善. 降雨因素和坡度对片蚀影响的研究. 水土保持通报, 1994, (6): 23~ 26
5. 刘兆普等译. 北京: 复合农业与土壤保持. 安东尼 杨编著. 北京: 中国农业科技出版社, 1996. 65~ 83

BENEFITS OF COMPREHENSIVE CONTROL IN REDUCTION OF WATER AND SEDIMENT IN HEMINGGUAN WATERSHED

Wang Xue-qin

(*China Rural Technology Development Center, P. O. Box 2143, Branch 2, Beijing 100045*)

Wei Hong

(*Department of Land and Environmental Science, Fujian Agricultural University, Fuzhou 350002*)

He Bing-hui Li Ying-lun

(*College of Resources and Environment, Southwest Agricultural University, Beibei, Chongqing 400716*)

Summary

On the basis of the data of the firsthand observations in the Hemingguan Watershed, a study was made on benefits of comprehensive control in reduction of water and sediment. Results show that rainfall, runoff and sediment are concentrated in the high-water season (May to October), the sequence of annual rainfall and runoff has little declining tendency while the sequence of annual sediment transportation declines evidently, which indicates the turning-better tendency of water and sediment in the watershed after comprehensive control. Among the conservation measures taken, water conservancy practices and conservation engineering play a leading role in reducing water and sediment. The benefit of afforestation and grass-planting is remarkable but noticeable in hysteresis.

Key words Small watershed comprehensive control, Benefits in reduction of water and sediment, Water conservancy practices.