

泉家沟流域水土保持综合治理与 减沙效益分析

张振中 梁文菊 张 铭 张文孝

提 要

本文对泉家沟流域在1980—1988年综合治理期间实践的各项措施及其减沙效益进行了阐述与分析。该流域以每人平均建立2.5亩基本农田为出发点,调整农林牧用地结构,将生物措施与工程措施有机地结合起来,9年间取得了明显的效益。与1979年相比较,农林牧副总产值提高4.99倍,粮食总产增长68.9%,单位面积产量提高1.3倍,农耕地退耕49.9%,林草覆盖率提高2.6倍,径流含沙量减少64.5%,土壤侵蚀模数与1979年同类地区相比降低了92.4%。

泉家沟实验区,1980年起进行水土保持综合治理,经历了从单一农业经营过渡到农林牧副综合经营发展的道路。9年来,实验区在水土保持、农林牧业生产及经济效益、生态效益等方面,均取得了成效。

一、社经自然概况

泉家沟实验区隶属米脂县桥河岔乡的一个自然村。全村共177户,667人。人口密度159人/km²。农林牧业生产用地总面积4763亩,每人平均占有可耕地2.6亩。1988年农林牧副业总产值49.64万元,每人平均占有744元;粮食总产42.14万kg,每人平均占有632kg。

泉家沟是一条汇水面积为5.19km²的小流域,属无定河水系的二级支沟。主沟道长4.13km,平均宽1.26km,流域形态系数0.31,沟道走向NW59°,比降3%。流域内有大小支毛沟18条,最大的汇水面积0.63km²,最小的仅为0.03km²。沟壑密度4.66km/km²。境内有大小山峁38个,海拔高程最高点1147.5m,最低937.0m,相对高差210.5m。

流域内梁峁起伏,沟壑纵横,地形破碎,沟头侵蚀切割严重。峁沿线以上面积占总面积的47.0%,峁沿线以下面积占总面积的53.0%,具有典型的黄土高原峁状丘陵区地形地貌特征。流域内土壤主体为黄绵土,经测定,砂粒(>0.05mm)占23—30%,粗粉粒(0.05—0.01mm)占48—56%,细粉粒(0.01—0.001mm)占10—13%,粘粒(<0.001mm)占7—14%,为粉质壤土。地面坡度组成小于25°的面积占总面积的40.6%,大于25°以上的面积占总面积的59.4%(表1)。流域坡度陡峻,土质疏松,结构不良,是影响径流和土壤侵蚀量的主要因子。

本区多年平均降水422mm,年平均气温8.4℃,年平均蒸发量1557mm,干燥度3.74,全年降水分布极不均匀,年最高降水量达704.8mm,最低降水量186.1mm,7-9

表1 泉家沟实验区坡度分级组成

坡度分级	I	II	III	IV	V	VI	VII
分级范围(度)	0—5	5—10	10—20	20—25	25—35	35—45	>45
分级面积(亩)	203.0	104.0	1202.5	1045.0	1630.5	1247.0	878.0
占总面积%	3.2	1.6	19.1	16.7	25.8	19.7	13.9
25° 划分界	<25°占40.6%，>25°占59.4%。						

三个月平均降水量为291.1mm，占全年总降水量的64.5%。汛期降雨多为大雨、暴雨。在正常年际降水情况下，一次性暴雨强度可达2.7mm/分。高强度集中降雨是造成水土流失的主要因子之一。每年初次降雨，大都造成高浓度泥沙浊流。1980年6月14日在泉家沟测定的初始洪水样品，初峰最高含沙量达810.0kg/m³。涨峰和落峰径流样品平均含沙量为688.7kg/m³，一次性暴雨造成的土壤侵蚀量一般为全年总量的20—50%，最高可达50%以上。

本区多年平均径流深53.6mm，多年平均径流系数0.127。侵蚀状态主要为片蚀、面蚀、线蚀、细沟侵蚀、溯源侵蚀及重力侵蚀6种类型。梁峁坡面侵蚀以片蚀和沟蚀为主，大于45°的陡坡、破碎沟头、沟壑及其大于35°的黄绵土区，则多以溯源侵蚀和重力位移侵蚀为主。实验区的降雨、气候及其土壤侵蚀状态，在整个黄土高原峁状丘陵沟壑区具有代表性。

二、综合治理措施

(一) 调整农林牧用地比例。1980年起，泉家沟实验区在对土地资源评价和进行分类的基础上，对农林牧土地利用作了调整：

1. 农业用地。以减少土壤侵蚀，提高土地生产力为目的，将农业用地集中在坝地、梯田上进行科学管理。大幅度增施有机肥和无机肥，使粮食产量不断提高。在保证每人平均占有粮不减少的前提下，压缩农耕坡地进行退耕种草。目前，实验区每人平均农田面积稳定在2.5亩。

2. 林业用地。1988年8月，我们利用中国科学院、水利部西北水土保持研究所1987年航摄的1/10000彩红外航片进行判读、解译，并对试区典型乔灌林地进行样方抽查，主要造林地段马槐沟、主沟南坡和庙沟的乔木林、灌木林和乔灌混交林的郁闭度均达到85%以上。流域内主要植被为柠条、苜蓿、刺槐和杨树等，林草植被总覆盖率由1979年的18.1%提高到1988年的47.1%（表2）。

3. 牧业用地。根据实验区实际情况，牧草种植大多为远地、陡坡地和劣地。根据1988年8月对6个样方典型草地的调查结果，平均坡度都在27°以上。由于近年畜牧业的迅速发展，饲草的供需矛盾更加突出。部分农民已将草地安排在土壤肥力较好的沟条地及梯田上。这既贯彻了综合治理规划原则，又达到了水土保持的目的和减少土壤侵蚀

表 2

实验区 1975—1988 年植被覆盖度变化

年 度	乔 木 林 (亩)			灌木林和草地(亩)				林草总覆盖率(%)
	槐、杨	榆、果、柳	占林地%	柠 条	苜 蓿	其 它	占林地%	
1979	156	146	26.6	609	235	3	73.4	18.1
1983	533	185	26.8	776	1168	18	73.2	42.5
1985	552	264	28.3	780	1235	6	71.2	45.0
1988	552	364	30.8	780	1270	6	69.2	47.1

的效果。生态效益和经济效益得到协调发展。

泉家沟试区的土地利用与改良,是本着表 3 的原则进行的,表 4 是实验区农林牧用地调整变化情况。

表 3

卵状丘陵地区不同坡度土地利用原则

分 级	级组范围	地形类型	土 地 利 用 原 则
I	0°—8°	平 塌 地	永续利用型集约农耕地。
II	8°—15°	坡 地	整修宽台梯田、台阶地(田面宽>8m)农耕地利用。
III	15°—25°	坡 地	修水平梯田(田面宽>4m)部分农耕地利用。
IV	25°—35°	坡 地	修隔坡梯田,适于粮草间作利用,配置多年生牧草。
V	35°—45°	陡 坡 地	修反坡,整修鱼鳞坑,等高营造水土保持林,等高种草。
VI	45°—60°	沟 地	部分修反坡或等高营造水土保持林、草,不宜修鱼鳞坑。
VII	>60°	崖 地	农林难以利用,可作牧畜利用,根据地形穴播或等高种草,极易发生重力侵蚀区。需密植灌木。

表 4

实验区农林牧土地利用调整变化

(面积单位:亩)

年度	农业用地		林业用地		牧业用地		生产用地		非生产用地		农:林:牧
	面积	占%	面积	占%	面积	占%	面积	占%	面积	占%	
1979	3514	75.5	902	19.4	238	5.1	4654	73.8	1656	26.2	14.8:3.8:1
1980	2946	63.2	1222	26.3	491	10.5	4654	73.8	1656	26.2	6.0:2.5:1
1983	2001	42.5	1496	32.3	1186	25.2	4683	74.7	1627	25.3	1.7:1.3:1
1985	1846	39.4	1596	34.1	1241	26.5	4683	74.2	1627	25.8	1.5:1.3:1
1988	1745	37.0	1698	36.0	1276	27.0	4719	74.8	1591	25.2	1.4:1.3:1

注:农、林、牧用地占%比是指占生产用地比例,生产用地与非生产用地占%比是指占总土地面积比例。

(二) 不同立地类型工程措施与生物措施的结合。实验区1979年林草面积虽占生产用地面积的24.5%，而占总土地面积仅18.1%。按这个地区的土地分类与利用原则，20°以上的坡地皆应以林草覆盖为主，据此则林草地应占总土地面积60%以上。但当时情况：一是林草地面积比例小；二是生物量低；三是水土保持效益差。只有136亩果园还有些收入，但也因管理不善，产值较低。为改变这一状况，改善林草营建中不合理现象，使工程治理与生物治理有机地结合，我们主要采取如下措施：

1. 对陡坡和沟沿线以上原栽植的刺槐和杨树逐渐更替，合理调整密度。凡在不适合乔木生长的地段都进行带状伐除，在伐开带内重新栽植灌木林；对沟沿线下栽植的刺槐林，适当减少密度。间伐强度为50%以上。同时沿等高线修筑蓄水沟埂，以拦截径流，并禁止刺槐、杨树上山。阴坡栽植的乔木用材林地，修筑了水平沟、反坡梯田和鱼鳞坑等工程措施，使乔灌木林有机地组合起来。

2. 对灌木林平茬、补植，并挖掘蓄水沟。柠条灌木林几乎占实验区林地面积的一半，但覆盖度很低。对此，我们采取了适时平茬的方法，复壮根系和树势；在达不到密度的林地内，进行等高挖掘蓄水沟新种或补种，然后封沟轮牧。此外，1987年在主沟背坡35°以上坡地，修筑了30亩反坡梯田和鱼鳞坑，栽植针叶林；1988年春季，又在油松地株间混交沙棘，成活率均可达70%以上。由于采取了工程措施与生物措施相结合的办法，使该流域内严重的产沙区改造成为滞沙区。

3. 选择优良草种，改革种草方法，提高牧草经济生态效益。多年经验表明，本区以种植多年生豆科牧草，特别是苜蓿为最好；其次是沙打旺、草木樨等。为了提高单位面积产草量，发挥种草的经济效益，我们改以往窝播稀植为等高带状密植，同时增施磷肥，后期行间松翻除草。采取这些措施后，不仅产草量成倍提高，保土蓄水效果亦显著改善。1982年在实验区引进新疆大叶苜蓿品种，测定亩产草量为1354 kg，较当地苜蓿产草量提高26.7%，截止1988年底，牧草面积比1979年增长5.4倍。牧草地拦蓄径流、泥沙效益在80%以上。

4. 适地适树，合理布局。在梁峁谷坡地，土质、水分和肥力都差，土壤侵蚀严重，我们选择了旱生灌木柠条、沙棘、柽柳；在沟道水分条件好的地块选择了杨树、柳树、臭椿和白蜡等用材树种。总体布局实行块(片)状混交，即在同一梁峁谷坡上，亦根据不同的地形选种，如在陡崖圪塔种柠条，在低洼圪塔栽乔木等。这样，从小地形单元看是纯林，但从整个梁峁谷坡范围看则是不同树种的块状混交林。实验区自1980年到1988年9年中，因地制宜地选择生物学特性与该立地条件相适应的造林树种，并辅以相应的工程措施(表5)，提高了天然降水利用率，促进了林木生长，经济效益和水土保持效益都显著提高。

1980年以来，泉家沟实验区在原治理基础上，累计新修基本农田447亩，改造利用非生产用地65亩，营造乔灌木林地614亩，人工草地1038亩；总治理面积2279亩，占总土地面积的36.1%；年平均治理面积253.2亩，年治理进度率8.82%。1988年治理面积比1979年前总治理面积增长了114%。截止1988年底，泉家沟流域累计水土保持总治理面积4276亩，治理面积占总面积的67.8%(表6)。

表5 实验区不同坡度工程措施与乔灌草的配置

荒 山 坡 度	占总面积比例 (%)	工程措施	乔 灌 草 种 选 择		
			乔 木	灌 木	牧 草
≤20°	23.9	水平梯田	苹果、梨树 桃树、杏树		黄花菜 芦 笋
20°—25°	16.7	水平梯田 反坡梯田	杜梨、苹果 油松、侧柏 河北杨	沙棘、柠条 怪柳	紫花苜蓿
25°—35°	25.8	反坡梯田 水平沟 鱼鳞坑	刺槐、山杏 山桃、油松 河北杨、白榆	柠条、沙棘 紫穗槐、乌 柳、胡枝子	紫花苜蓿 新疆大叶 苜蓿
35°—45° ≥45°	33.6	水平沟 鱼鳞坑	山杏、杜梨 山桃	柠条、沙棘 乌柳、紫穗 槐	新疆大叶 苜蓿、沙 打旺、草 木樨
沟道四旁			杨树、柳树 臭椿、白榆 白蜡、桑树	怪柳、果用 桑	黄花菜 芦 笋

表6 实验区1979—1988年逐年水土保持措施面积进展表 (单位:亩)

措 施	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	增加
梯田	751	751	751	751	175	869	869	918	1,013	1,068	317
坝地	107	107	107	165	165	165	165	169	225	237	130
果园	136	136	136	136	136	136	216	244	314	316	180
乔木林	166	286	495	582	582	582	600	600	600	600	434
灌木林	600	801	762	776	776	789	780	780	780	780	180
草地	238	491	685	736	1186	1241	1241	1333	1276	1276	1038
合计	1998	2572	2936	3146	3620	3782	3871	4044	4208	4276	2279
占总%	31.7	40.8	46.5	49.9	57.4	59.9	61.3	64.1	66.7	67.8	

三、综合治理减沙效益分析

实验区于1981年建立径流观测站,控制流域面积 5.19km^2 (泉家沟村土地面积 4.2km^2)。采用宽顶堰测流,按照五十年一遇最大日暴雨标准设计,最大过堰流量 $40\text{m}^3/\text{s}$ 。

根据本区降雨规律,监测径流的季节为5月中旬到9月中旬的四个月时间。实验区从建站以来至1988年,共产生降雨径流18次,实测及有资料记载共15次(表7)。

从表7实测数据可以看出,1982—1988年6年(1986年因故未测)径流总量为 11.73万m^3 ,总侵蚀量为 4.16万t ,径流平均含沙量为 $330.8\text{kg}/\text{m}^3$ 。每 m^3 按 1.25t 重计,推算总输沙量为 3.33万m^3 。6年平均总侵蚀量为 6932.6t ,平均侵蚀模数为 $1335.6\text{t}/$

表 7 泉家沟小流域1982—1988年径流量、泥沙含量、土壤侵蚀测定表

年度	雨 量		水土流失总量		单位面积流失量		平均含沙量 (kg/m ³)	侵蚀深度 (mm)	侵蚀状态	
	汛期	产流次	径流量 (m ³)	侵蚀量 (t)	径流量 (m ³ /km ²)	侵蚀量 (t/km ²)			分 级	程 度
1982	404.7	4	24225.4	11031.3	4667.7	2125.5	455.36	1.70	Ⅱ	轻度
1983	369.9	1	8708.8	5276.7	1678.0	1016.7	605.90	0.81	I	微度
1985	517.4	3	24741.8	10467.2	4767.2	2016.8	423.06	1.61	Ⅱ	轻度
1987	447.6	1	20495.8	5250.2	3949.1	1011.6	256.16	0.81	I	微度
1988	452.9	6	39157.5	9569.9	7544.8	1843.9	244.40	1.47	Ⅱ	轻度
合计	2192.5		117329.5	41595.3	22606.8	8014.5	—	6.40		
6 年均值	365.4		19554.9	6932.6	3767.8	1335.6	330.8	1.07	I	轻度

注：1.1984年未产流，1986年因故未测；
2.1987年产流2次，因垮坝一次侵蚀未计。

(km²·y)。

由于土地利用结构的调整，农田基本建设的发展和林草郁闭度和覆盖率的提高，径流泥沙含量、土壤侵蚀量近年来有明显下降的趋势。

根据表7实测资料可以看出，1988年平均含沙量比1980年（含沙量688.7kg/m³）减少64.5%。1988年由于产流降水量的增加，径流总量比1982年增加38.1%，而土壤侵蚀量则减少46.3%。流域产沙量及土壤侵蚀量的变化是评价治理效果的一个重要指标。从对1982年开始的径流监测数据分析中可以看出，实验区综合治理对于该小流域减少侵蚀模数和单位体积径流含沙量所产生的效果。

1982—1988年泉家沟小流域实测的平均土壤侵蚀模数为1335.6t/(km²·y)，而实验区所在的米脂县1120km²的水土流失面积多年平均侵蚀模数为17616t/(km²·y)。二者相比，实验区的土壤侵蚀模数比米脂县减少92.4%。因近年汛期降雨量分布比较均匀，上述点面土壤侵蚀量的宏观差异可以说明，实验区综合治理已产生明显的水土保持效益。

运用当地小流域产流产沙经验公式计算水土保持效益，因理论降雨参数与实际降雨的强度和能量的差异较大，计算结果误差亦大。根据数种计算方法的对照、比较，我们采用了逐年水土保持面积的不同滞流拦沙效益与当年实测的数据，进行反求滞流拦沙效益，看来这个方法比较接近实际情况。

计算公式如下：

$$W_s, W_T = V + V(P_1\% \times S_1\% + P_2 \times S_2\% + \dots + P_n \times S_n\%) \\ = V + V(1 + P_1S_1 + P_2S_2 + \dots + P_nS_n)$$

式中：W_s, W_T——总蓄水量，拦沙量 (m³)；

P——不同地类各年水土保持面积百分比；

S——不同地类蓄水、拦沙效益指标。

根据上式计算结果如表8。

表 8 不同土地类型与利用方式减水减沙效益

地 类	蓄水效益(%)	滞沙效益(%)
梯 田	90.0	94.0
坝 地	100.0	100.0
乔木林	75.5	80.5
灌木林	84.0	89.0
草 地	66.0	82.0

根据计算结果, 泉家沟小流域五年共拦蓄径流 9.3万m^3 , 拦截泥沙 2.89万m^3 (表9)。按照年度水土保持面积变化及相应蓄水拦沙效益, 五年平均蓄水效益为55.8%, 拦沙效益为53.6%。

表 9 泉家沟小流域1982—1988年实测与水土保持法计算值表

年 度	实测数据		水土保持法计算值		蓄水拦沙量	
	径流量	泥沙量	径流量	泥沙量	径流量	泥沙量
1982	24225.4	8825.0	43726.9	16503.6	19501.5	7678.6
1983	8702.8	4221.3	15538.2	7868.3	6629.4	3647.0
1985	24741.8	8373.8	44169.1	15618.0	19427.3	7244.2
1987	20455.8	4200.2	36932.8	7893.4	16437.0	3693.2
1988	39157.5	7655.9	69974.5	14256.8	30817.0	6600.9
合计	117329.3	33276.3	210341.5	62140.1	93012.2	28863.3

由于实验区将水土保持措施和综合治理总体规划有机地结合起来, 不仅使水土流失得到有效控制, 而且使农林牧副业生产结构体系得到良好调节。从1979年到1988年, 全区各业总产值从9.95万元上升至49.64万元。其中农业由5.34万元上升至8.42万元, 林业由0.7万元上升至10.26万元, 牧业由0.85万元上升到11.78万元, 副业由3.06万元上升到19.17万元; 每人平均产值由169元上升到744元, 每人平均纯收入由127元上升到521元。农林牧副各业产值占总产值由1979年的53.7%、7%、8.5%与30.8%调整至1988年的17%、20.7%、23.7%与38.6%。产业结构趋向合理协调。农业剩余劳动力开始转移到农产品加工、副业生产及劳务输出中, 工副业经济收入大幅度提高, 仅劳务输出收入就由1979年的0.3万元上升到1988年的9.13万元。

四、结 语

泉家沟实验区从1980—1988年9年来在原治理基础上进行综合治理, 在经济效益、生态效益和社会效益三方面都取得明显成效。与1979年相比较, 1988年农林牧副总产值提高4.99倍; 农耕地退耕49.9%, 林草覆盖率提高2.6倍, 径流含沙量减少64.5%, 土壤侵蚀模数与1979年前同类地区相比降低92.4%。实践证明, 要改变黄土高原丘陵沟

壑区水土流失、生态恶化与贫穷落后的面貌，必须走综合治理的路子。同时要遵循自然规律，因地制宜，将综合治理措施与农民的前当前实际利益紧密结合起来。泉家沟所走过的路子正体现了这一特点。

(作者工作单位：陕西省黄土高原治理研究所)

Comprehensive Control of Soil Conservation and Its Benefit of Silt Detention in the Quanjiagou Valley

Zhang Zhenzhong Liang Wenju Zhang Ming Zhang Wenxiao

Abstract

The measures of the practice for comprehensive controlling in the Quanjiagou Valley and its benefit of silt detention during the period 1980-1988 are expounded and analysed in this paper. Taking an average of 2.5 mu basic farmland constructed for each person as starting point, in this valley by regulating the structure of the land used for farming, forest and pasture and combining the biological measures with the engineering measures organically, some significant results have been achieved during these 9 years. As compared with 1979, the farmland withdrawn by 49.9%, but the total output value, total grain yield and per unit area yield increased by 499%, 68.9% and 130%, respectively; the covering ratio of tree and grass increased by 260%; the silt content of surface runoff reduced by 64.5% and the soil erosion modulus reduced by 92.4% as compared with the similar area.