

黄河水土保持生态建设蓄用水分析

黄河上中游管理局 李敏 张丽

(此文在第四届海峡两岸多沙河川整治与管理研讨会交流)

1. 背景

黄河流域年降水总量 3700 亿立方米，黄河年径流量 580 亿立方米。近年来，由于干旱少雨和流域用水量增加，使黄河干流水量锐减，甚至出现断流，由此，人们也对黄河水土保持生态建设蓄用水量，特别是生态建设对干流水量的影响特别关注。本文对此进行了分析。

1949 年以来，黄河流域的水土保持取得了前所未有的巨大成就，治理了 41.1% 的水土流失面积，获得了明显的减沙效益、经济效益、社会效益和生态效益。在 1950—1997 年的 48 年内，黄河流域 8 省（区）共完成梯田、坝地、其他基本农田和造林、种草等五项主要水土保持措施 2.71 亿亩，折合 18.08 万 km^2 ，占 8 省（区）水土流失面积 44 万 km^2 的 41.1%。按 48 年平均，年均进度 0.86%。上述治理面积中，有梯田（包括塬面条田、坎地）4617.17 万亩，坝地 537.8 万亩，其他基本农田 3381.33 万亩，造林 15094.46 万亩，种草 3491.67 万亩。

2. 水土保持生态建设蓄用水量

2.1. 水土保持生态建设蓄用水机理

水土保持综合治理首先改变了下垫面的状况，延缓地表径流的产生和减少地表径流的数量，将“超渗产流”转变为“蓄满产流”，加大降水的入渗速率和入渗数量，同时改变地表径流的物理性状，减低对土壤的侵蚀力和侵蚀量，进而含蓄大量水分。

其次水土保持综合治理增加了植物（作物）覆盖，植被冠层拦截降水，加上地面的枯落物层，进一步含蓄降水量。

第三，水土保持综合治理增加了植物（作物）种群数量，提高对水资源，特别是降水资源的利用，将“无效蒸发”转变为“有效蒸腾”，提高了水资源的利用率。

2.2. 水土保持生态建设蓄用水量分析

2.2.1. 径流小区的水土保持生态蓄用水

多年、多点的观测资料证明，水土保持单项措施在径流小区这一微尺度上具有及其显著的含蓄降水作用（表1）。在5%的洪水频率下，梯田的拦蓄量6~12.6万m³/km²，减洪率59~88%；人工林地的拦蓄量2.9~5.1万m³/km²，减洪率16%~52%；人工草地的拦蓄量1.05~3.4万m³/km²，减洪率12%~27%。作为沟道控制性工程的治沟骨干工程，一般设计标准20~50年，校核标准200~500年，对该标准的洪水可全拦全蓄。

表1 黄河中游代表小区不同洪量频率下含蓄指标（单位：万m³/km²）

洪量 频率 %	延安大砭沟小区						离石王家沟小区					
	梯田		人工造林		人工种草		梯田		人工造林		人工种草	
	绝对	相对%	绝对	相对%	绝对	相对%	绝对	相对%	绝对	相对%	绝对	相对%
5	12.6	88.0	5.10	52.0	3.40	27.0	6.0	59.0	2.90	16.0	1.05	12.0
10	9.10	89.0	5.40	62.5	2.59	28.0	4.10	60.0	2.40	20.0	1.01	14.5
20	6.20	92.0	4.43	72.5	1.90	30.5	2.40	62.5	1.65	27.5	1.00	18.0
30	4.70	95.1	3.55	80.0	1.60	33.0	1.65	70.0	1.37	43.0	0.90	20.0
40	3.65	98.7	2.80	87.5	1.25	38.0	1.25	76.0	1.15	61.0	0.70	22.5
50	2.75	100	2.10	94.5	1.05	45.0	0.95	90.0	0.95	75.0	0.50	28.0
60	1.90	100	1.50	100	0.82	53.0	0.75	99.0	0.81	83.0	0.30	31.5
70	1.20	100	0.90	100	0.61	63.0	0.50	100	0.60	96.0	0.20	42.0
80	0.60	100	0.40	100	0.38	80.0	0.20	100	0.38	100	0.10	60.0
90	0.10	100	0.05	100	0.03	100.0	0.05	100	0.05	100	0.02	100

2.2.2. 中、小流域的水土保持生态蓄用水

对观测资料的分析证明，在中小流域的尺度上，水土保持综合治理也具有十分显著的含蓄降水与拦蓄利用径流作用。

内蒙古自治区清水河县单台子乡大树沟面积18km²，造林1133hm²（行间种牧草），1984年夏，3小时连续降雨56毫米，沟内未发生洪水，沟坝地小麦获丰收。内蒙古准格尔旗的西黑岱沟，流域面积32km²，1982年开展流域综合治理，到92年治理面积已占流域面积的67.9%，干支沟兴建治沟骨干工程和淤地坝15座，总库容854.8万m³在1989年“7.21”暴雨洪水全部被拦在坝系内。

陕西省绥德县的韭园沟，流域面积70.7km²，多年平均降雨500mm，到1990年，流域治理程度达70.6%，修建各种坝库333座，其中小水库16座，可蓄水187万m³，为47.7hm²亩小片水地、296.7hm²坝地提供了必要的可利用水量。

为对比蓄水效益，统计了无定河的岔巴沟流域5次洪水资料，挑选治理前后（以1970年为界）降雨量、降雨历时、降雨分布、前期影响雨量基本相同或相近的两次洪水进行对比分析（表2），可以看出，岔巴沟流域综合治理蓄水效益是比较显著的，5次洪水对比，蓄水效益42%。

吕二沟位于甘肃省天水市近郊，是渭河中游的支沟，流域面积12km²，上游属土石山区，下游属丘陵沟壑区，据1954—1961年资料，其年平均径流模数为70100m³/km²，年平均侵蚀

模数为 7940t/km², 1953 年开始治理, 到 1979 年已修水平梯田、造林、人工种草、果园等面积共 8200 亩, 占总面积的 45%。从近似的前后两次降雨看水土保持综合治理对洪峰流量和洪水总量具有明显的削减作用, 生态蓄水用水效益明显, 如表 3。

表 2 岔巴沟相似洪水对比分析表 (降雨面积均为 187km²)

对比年份	降雨量/时间 (mm/h)	前期影响雨量 (mm)	洪峰流量 (m ³ /s)	洪水径流量 (万 m ³)	削减洪峰流量		蓄 水		
					数量 (m ³ /s)	比例 (%)	数量 (万 m ³)	比例 (%)	
1970	66.6/6.3	6.1	640	323	331	51.7	148	45.8	
1989	66.6/4.6	6.4	309	175					
1966	54.2/2.1	21.4	1520	529	1309	86.1	297	56.1	
1978	62.4/2.3	24.1	211	232					
1963	48.0/2.6	2.3	585	189	434	74.2	76.0	40.2	
1983	39.0/3.5	3.8	151	113					
1969	54.2/1.7	3.4	818	246	245	30.0	27.0	11.0	
1991	29.5/0.8	4.1	573	219					
1970	39.0/3.5	10.3	270	119	138	51.1	42.3	35.5	
1992	39.6/3.8	12.1	132	76.7					
合计或平均	前	242/16.2	43.5	766.6	1406	491.4	64.1	590.3	42.0
	后	237.1/15	50.5	275.2	815.7				

表 3 吕二沟两次近似降雨洪峰、洪量变化对比

时间	降雨量 (mm)	雨 强 (mm/h)	洪峰流量 (m ³ /s)	洪 量 (万 m ³)
1955. 7. 13	46	2.4	14.0	11.0
1979. 7. 14	45	5.5	9.1	6.3
7.14 比 7.13 减少%			34%	59%

2.2.3. 不同水土保持生态措施蓄用水

不同水土保持生态建设的措施蓄用水的性质和数量不同。

据天水水保站对渭河流域坡面治理措施蓄用水效益的分析, 该流域坡面治理措施 1970~1989 年共拦蓄径流 63.8 亿 m³, 平均每年拦蓄径流 3.19 亿 m³, 三种坡面措施在 1970~1989 年拦蓄的情况是: 水平梯田 36.7 亿 m³, 人工林 19.06 亿 m³, 人工草地 8.02 亿 m³, 分别占三项措施总量的 58%、30%、12%。

从下图可以直观地看出不同措施在 5 个时段数量的变化。总体上, 由于不同措施的蓄用水性质和措施数量的不同, 在同一时段蓄用水量不同。同一措施随时段的变化而有较大幅

度的变化，60年代以前，水土保持生态建设速度较慢，措施的总面积较小，蓄用水量也较小；70年代国家重视农业，重视农业基础设施建设和水土保持工作，措施数量明显增加，蓄用水量显著增加；89年代以后国家对水土保持生态建设的投资大幅度增加，同时重视措施的质量，使水土保持生态建设的蓄用水量达到了较高的水平。

2.3. 生态蓄用水量

2.3.1. 据人民治黄五十年水土保持效益分析，到1995年，流域修建了400多万座水窖、涝池、塘坝、谷坊等小型拦蓄工程，累计蓄水量322.71亿 m^3 。按60%的利用率解决人畜饮水计算，增加可利用水量193.63亿 m^3 ，可解决1000多万农业人口和1500多万头牲畜的饮水困难。从图2看出，50年代各项水土保持措施平均每年拦蓄13亿 m^3 ，60年代平均每年拦蓄5亿 m^3 ，70年代14亿 m^3 ，80年代近31亿 m^3 ，90年代前期近54亿 m^3 。各项水土保持措施拦蓄的这些水量成为发展当地农业的“救命水”。

2.3.2. 水利部黄河水沙变化研究基金会由顾文书在分片报告和专家报告的基础上，综合各片计算成果，以三门峡水库入库四站（龙、华、河、状）为对象，各年代情况如下表。

表4 三门峡水库入库四站水量变化表

年 代	50	60	70	80
实测平均年径流量（亿 m^3 ）	429	457	359	368
水利水保减水量（亿 m^3 ）	97	136	156	190
还原后天然年径流量（亿 m^3 ）	526	593	515	558

表中减水量包括水利灌溉工程，为此必须减去这部分，以得出黄河中游水土保持的蓄用水量。

陈先德主编的《黄河水文》一书列出三门峡以上灌溉用水量如下表。

表5 各年代平均灌溉耗水量表（单位：亿 m^3 ）

地 区	50年代	60年代	70年代	80年代
兰州以上	9.0	14.0	15.5	17.6
兰州至河口镇	68.8	84.4	82.3	97.2
河口镇至龙门	1.7	1.7	3.1	4.9
龙门至三门峡	17.8	26.9	39.2	34.9
合计	97.3	127	140.1	154.6

综合表4和表5，得出水土保持蓄用的黄河河川径流量如下表。

表6 水土保持蓄用的黄河河川径流量（单位：亿 m^3 ）

年 代	50	60	70	80
水利水保减水量	97	136	156	190
灌溉耗水量	97.3	127	140.1	154.6
水保蓄用水量	0.3	9.0	16.1	35.6

表6的数据反映了三个情况：一是水土保持要蓄用一部分黄河的河川径流量，二是蓄用的这部分河川径流量随治理面积的扩大有增加的趋势，三是虽然水保要蓄用河川径流并不增加，但总量较小，到80年代也仅占黄河多年平均径流量的6%。

3. 生态建设用水的效益

黄河中上游绝大部分属于干旱、半干旱地区，降雨量偏小，变率大，水土流失严重，干旱频繁，旱情严重。干旱是造成本地区粮食产量低而不稳的根本原因，是制约本地区农村经济发展的主要因素。

黄河流域（包括闭流区）年天然降水量平均为 466 毫米，降水总量达到 3700 亿 m³。实际形成黄河径流不到 16%，大量宝贵的天然降水通过蒸发又返回大气，无用消耗。

蓄住天上水，进而用好天上水，对黄河水资源的可持续开发利用具有十分重要的意义。水土保持综合治理拦蓄了大量的天然降雨。这些水量拦蓄在黄河流域的千沟万壑，为千家万户发展农业生产，提供了不可缺少的条件。水土保持综合治理使过去的“拦水减灾”转变为“蓄水兴利”。

开展水土保持综合治理，就地拦蓄降雨，通过生长的农作物和林木使天然降水有效利用，使天然降水做功，创造出农林牧产量、产品后，再通过植物蒸腾，部分返回大气。以沙棘为例，据中科院西北水土保持研究所在半干旱黄土丘陵沟壑区的陕西省吴旗县、安塞县、宁夏固原县对沙棘水分生理生态特性长达 9 年（1981~1989 年）的实测研究，结论是：沙棘林蒸腾耗水量是荒山（稀疏植被）的 5.1 倍，也就是说，沙棘林地生产性耗水是荒坡植被生产性耗水的 5.1 倍。沙棘对水份的利用效率为 1.21~1.53g / m²·mm，是荒山植被的 3.1~6.4 倍。沙棘对水份的利用效率高，对有限的降水能较充分地利用，较大限度地发挥其生产潜力。

表 7 黄河中游第二期试点小流域粮食生产变化统计分析表

项 目	粮 田 面 积			粮食单产 (kg/hm ²)			粮 食 产 量			试点期间增 粮		
	总面积 (hm ²)	基本农田		总面积 平均	坡耕地 平均	基本 农田 平均	总产量 (10 ⁴ kg)	基本农田		人均 产粮 (kg)	总 量 (10 ⁴ kg)	人 均 (kg)
		面积 (hm ²)	占总 面积 的比 (%)					产量 (10 ⁴ kg)	占总 量 比例 (%)			
试点 前	71908	23984	33.4	1275.0	832.5	2160	9166	5180	56.5	311.2	0	0
试点 未	63209	37798	59.8	2097.0	880.5	2914.5	13252	11013	83.1	428.8	15287	494.6
增长 比 (%)	-12.1	57.6		64.5	5.8	34.9	44.6	112.6		37.8		

据甘肃省定西水土保持站分析，坡耕地农作物耗水系数平均为 2.59，水平梯田只有 1.76，水平梯田比坡耕地农作物水分利用率高 47.2%，增产 20% 以上；沟坝地的农作物用水效率和增产效果较之更为显著。根据黄河中游第二期试点 24 条小流域的拦蓄和粮食资料计算分析，现有水保措施平均每年拦蓄径流 2981.8 万 m³。这批试点流域在粮田面积减少 12.1% 的情况下，粮食总产量增加 44.6%（见表 7），主要原因是水土保持综合治理变坡耕地为水平梯田，增强了抗旱能力，使基本农田发挥了高产稳产作用。

据统计，截止 1995 年底，黄河中上游水土保持综合治理，修造基本农田 517 万 hm²，营造水保林 0.08 亿 hm²，种草 200 万 hm²，兴建了 800 多座治沟骨干工程和 400 余万座小型蓄水保土工程。这些水土保持工程在提高水资源利用率、增加粮食和林产品产量，发展老少边贫地区的经济中发挥了重要作用。据分析，1950—1995 年，黄河中游地区上述水土保持措

施累计增产粮食 593 亿 kg，累计增加木材蓄积量 6200 多万 m³，生产果品 251 亿 kg，产薪柴 580 亿 kg，产饲料 452 亿 kg，秸秆 712 亿 kg。按各类产品各时期的综合价计算，全流域累计生产效益 717 亿元，按 1995 年价格计算，累计实现效益 1489 亿元。

以上利用不同的方法分析计算了黄河水土保持生态建设蓄用水的数量和其产生的效益。总体上影响到黄河干流的水土保持生态蓄用水量在 80 年代不到 40 亿立方米。这些水量对黄河治理与开发的意义在于：黄河“水沙异源”，来水主要在兰州以上，来沙主要在河龙区间。黄河中游地区的水土保持主要集中在河龙区间。按表 6 的结果计算，黄河中游地区达到 70% 的基本治理程度，减少黄河干流的水量也不到 80 亿 m³，占黄河年径流总量 580 亿 m³ 的 14%。所以在黄河中游拦蓄一部分径流对于治理黄河泥沙具有重大意义，同时因其数量较少，不足以作为黄河断流的因素考虑。再进一步考虑，**如果黄河中游，特别是河龙区间的水土保持，加上水利工程能够将这一区间的产水全部蓄用，就意味着拦截了黄河的绝大部分泥沙，从而使黄河泥沙问题得到根本的解决。**