

# 黄土高原的水土流失及其治理

陈永宗

(中国科学院地理研究所)

水土流失是黄土高原农业生产的主要灾害，是黄河下游河患的根源。制止水土流失是治黄的核心，是发展当地农、林、牧生产的根本措施。本文拟通过对黄土高原水土流失的现状及其原因分析，探讨治理水土流失的途径。

## 一、水土流失的现状

黄土高原的水土流失由来已久，早在更新世黄土堆积过程中就有侵蚀发生，当时速度较慢，参与人类活动影响以后侵蚀加快，尤其是秦汉以来日益加剧，越到近期越严重。目前，黄土高原水土流失面积约43万平方公里，其中严重流失面积27万平方公里，最严重流失面积11万平方公里左右。黄河三门峡（陕县）站年平均输沙量16亿吨左右，年最大输沙量39.1亿吨（1933年）；大部分地区的侵蚀模数都在4000吨/公里<sup>2</sup>以上，窟野河神木至温家川区间达到35700吨/公里<sup>2</sup>（表1），黄河三门峡站平均含沙量37.6公斤/米<sup>3</sup>，最大含沙量666.0公斤/米<sup>3</sup>（1971年7月27日），皇甫川曾出现1570公斤/米<sup>3</sup>的高含沙

表1 黄土高原典型地区侵蚀模数

河名	站名	控制面积 (公里 <sup>2</sup> )	输沙量 (万吨)	区间侵蚀模数 (吨/公里 <sup>2</sup> )
皇甫川	沙圪堵 皇甫	1351	2715.0	16730.0
		3199	5806.0	
孤山川	高石崖	1269	2497.0	19680.0
岚漪河	岚岚 裴家川	476	62.9	7980.0
		2157	1105.0	
窟野河	神木 温家川	7298	6847.0	35700.0
		8645	11661.0	
秃尾河	高家堡 高家川	2095	1198.0	15350.0
		3253	2975.0	
佳芦河	申家湾	1121	2627.0	23430.0
无定河	赵石窑 川口	15325	3837.0	10790.0
		30217	19900.0	
延河	延安 甘谷驿	3208	3954.0	5877.0
		5891	5534.0	

水流，皇甫川和无定河（川口）最大含沙量多在1000公斤/米<sup>3</sup>以上，泾河、北洛河、祖厉河、朱家川、窟野河、延河等也曾出现大于1200公斤/米<sup>3</sup>的最大含沙量记录。由此可见，黄土高原的水土流失是十分严重的。

最近三十年来，黄土高原的水土流失量（或产沙量）是减少了还是增加了，或者基本上保持不变？说明这个问题有很重要的实践意义。

流域产沙量一般由河道断面输沙量计算，二者的关系用输移比表示。国外和我国其它一些地区的输移比约为1:2或1:3，即流域产生2—3吨泥沙，河道输送一吨泥沙，坡地产沙量中有 $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$ 淤积在坡麓或河道中。黄土高原的坡地陡峻，坡麓基本上不发生淤积。黄土高原的河道狭窄，河床比降较大，现有沟道和河道是充分排沙的孔道，水文测验资料和野外调查表明，其输移比接近1:1<sup>(1)</sup>。因此，如果流域内没有拦沙措施，黄河龙门站、汾河河津站、渭华县站和洛河庄头站的输沙量总和大致可代表黄土高原产沙总量；如果流域内有拦沙措施，产沙量应是四站输沙量加上流域内拦沙量的总和。

表2列出龙门、华县、河津、庄头四站不同时间系列的径流量和输沙量，它表明不同系列的输沙量都在16亿吨左右，所以有人认为近三十年来黄土高原的产沙量基本上没有变化。但是，三十年前黄土高原基本上没有拦沙措施，河道输沙量与流域产沙量大体一致；三十年来，尤其是1958年以来黄土高原开展了大规模水土保持工作，兴建了大量水利工程，拦蓄了大量泥沙，上述四站的输沙总量就不能反映流域产沙的实际情况。为了推求黄土高原三十年来的实际产沙量，必须求出水土保持及水利工程的拦沙效果。目前要求得这两方面措施的拦沙效果尚有困难，暂以水库淤积量和土坝拦泥量进行概略计算。

截止1978年底，黄土高原已有坝淤地251.42万亩。据调查，淤成一亩坝地需泥2000—4000米<sup>3</sup>，若以每亩坝地需泥2000米<sup>3</sup>计算，黄土高原仅淤地坝一项就拦泥50.248亿米<sup>3</sup>，合67.9亿吨。1958年以前坝淤地较少，这些坝地能够保存到1978年的数量也不多，近年来水力充填筑坝技术推广，淤地坝数量增加的速度很快，1958—1978年的坝地增长率一年比一年大，也就是坝地的拦泥量一年比一年多，如果平均计算，1959—1978年的年平均坝地拦泥量为3.4亿吨。

据陕西、山西、甘肃、宁夏四省修建在黄土高原的大小水库统计，其多年平均淤积量为2.5亿吨（其中陕西0.8亿米<sup>3</sup>，宁夏0.2亿米<sup>3</sup>，山西0.52亿米<sup>3</sup>，甘肃0.34亿米<sup>3</sup>）；陕西关中地区的泾、洛、渭三大灌区引洪灌溉多年平均减少泥沙0.4亿吨。这些灌渠已有很长使用历史，近几十年灌溉面积增加，减少量比以前增加，增加部分取0.13亿吨。

以上三项合计，黄土高原每年共拦沙6.03亿吨，加上龙门、华县、河津、庄头四站1959—1978年平均输沙量16.236亿吨，则1958年以来黄土高原的实际产沙量应是22.3亿吨，而不是16亿吨。

这个数值明显偏小，但它已经说明1958年以来黄土高原的水土流失量比以前增加了35.8%。

## 二、水土流失进一步加剧的原因

截至1978年底，黄土高原已治理水土流失面积占流失总面积的17%，为什么水土流

表 2

黄河中游干、支流水文特征值统计表

河名	站名	控制面积 (公里 <sup>2</sup> )	统计年代	输沙量 (亿吨/年)	念沙量 (公斤/米 <sup>2</sup> )	径流量 (亿米 <sup>3</sup> /年)	降水量(毫米)*	
							年	6—10月
黄河	龙门	497561	1934—1978	10.888	32.74	333.61	532.1	376.5
			1934—1949	11.117	30.44	369.3	516.5	319.6
			1934—1958	11.054	31.82	351.2	541.2	378.8
			1959—1978	10.659	34.08	311.6	523.4	372.1
			1950—1978	10.720	34.16	313.9	528.8	319.5
渭河	华县	106498	1935—1978	4.270	47.74	85.85	520.6	396.8
			1935—1949	4.348	44.53	96.82	515.4	377.5
			1935—1958	4.262	44.83	93.54	540.6	392.4
			1959—1978	4.292	51.90	76.63	507.3	403.9
			1950—1978	4.235	49.6	78.8	536.3	410.3
洛河	庄头	25154	1934—1975	0.934	118.6	8.416	515.7	374.4
			1934—1949	0.846	91.25	8.66	516.4	402.6
			1934—1958	0.923	113.60	8.28	528.1	390.0
			1959—1975	0.970	128.8	8.58	495.8	333.8
			1950—1975	0.967	106.9	7.64	518.4	345.5
汾河	河津	38728	1934—1978	0.493	24.98	15.513	489.8	352.7
			1934—1949	0.487	28.09	14.888		
			1934—1958	0.549	29.90	16.066	526.6	378.7
			1959—1978	0.513	17.80	14.82	466.1	332.7
			1950—1978	0.422	23.10	15.49	475.8	359.5
龙门+河津+庄头+华县			1934—1978	16.59		443.39		
			1934—1949	16.83		486.63		
			1934—1958	16.787		469.09		
			1959—1978	16.236		411.63		
			1950—1978	16.344		415.83		

\* 降水量统计到1975年

失面积减少了17%，水土流失量却增加了35.8%？

从产生水土流失的自然因素来看，最近三十年的年平均降水量与以前相比基本上变化不大，汛期降水量也没有明显变化（见表2），由于流域内用水量增加，年平均径流量反而减少50亿米<sup>3</sup>左右，所以产沙量增加不是降水径流变化引起。黄土高原大部分地区的表层土壤早已蚀光，现在的侵蚀主要是在厚层黄土层中进行，因黄土质地均匀，结构疏松，其抗蚀力基本上相近，所以水土流失显著加剧，不可能是地面组成物质变化的结果。由于三十年来沟头前进，谷坡扩展，沟床下切，以及新生的切沟、冲沟和洞穴侵蚀发展，侵蚀量将因此增加，但其数量不至于如此巨大，而且地面形态变化在一定程度上受人类活动影响，因而水土流失加剧的原因也不能完全归于地貌因素。近三十年来黄土高原自然条件变化最大的是天然植被减少，例如宁夏固原地区所属的六盘山林区，森林覆盖率较前十年减少了20%；陕甘交界的子午岭林区已遭严重破坏，其森林外缘界线平均每年后退一公里，目前已破坏到了分水岭地区①。据西峰水土保持站分析，发源于子午岭的合水川流域，因森林破坏后每年每公里<sup>2</sup>增加了1900吨泥沙。所以，天然植被遭到更严重破坏，是水土流失进一步加剧的主要原因。

天然植被进一步被破坏，是这个地区三十年来继续走着“越垦越穷，越穷越垦”老路，滥垦、滥伐，土地利用更不合理的必然结果。目前这个地区陡坡耕垦，倒山种地的现象仍然十分严重，开荒面积不断扩大。据不完全统计，1960—1962年陕、甘、宁、晋四省新垦荒地1000万亩以上，1977—1979年延安地区开荒150万亩，甘肃环县解放后开荒330万亩，华池县五家河生产队三十年开荒1060亩。马连河流域新开荒地有44%在20度以上的坡地上②。土地利用方式不同，其水土流失量差别很大（表3）。表3说明，几种土地利用方式中以农地水土流失量最大，一般比林地、牧地和天然荒坡大1—3倍。可见农地面积越大，水土流失就越严重。

目前黄土高原的森林覆盖率为5%，较解放初增加了不少人造林地。但是这些人造林地的保持水土能力比天然林地低得多，例如绥德1958—1964年营造的2—7年生幼林地的平均侵蚀量为3025吨/公里<sup>2</sup>，延安1959—1965年人工林地的侵蚀量为1111吨/公里<sup>2</sup>，而陕北黄龙山天然林区的寺沟流域（林地占67.7%，灌丛和草地占28.7%）1959—1965年

表3 不同土地利用方式的水土流失量比较表

地 点	年 代	人 造 林 地		人 工 牧 草 地	
		径流量 (m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> )	泥沙量 (T/km <sup>2</sup> )	径流量 (m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> )	泥沙量 (T/km <sup>2</sup> )
靖边于家洼	1959	29131.0	1317.0	35140.0	1051.0
天水梁家坪	1954—1957	17297.0	773.4	18010.3	1414.3
绥德小石沟	1959	12526.5	2153.0	27251.5	3083.5
靖边杨家湾	1961	2173.0	283.0	360.0	0
绥德埝塄沟	1961	16960.0	6409.0	56470.0	17150.0

地 点	年 代	天然荒坡		农 地		注
		径流量 ( $m^3/km^2$ )	泥沙量 ( $T/km^2$ )	径流量 ( $m^3/km^2$ )	泥沙量 ( $T/km^2$ )	
靖边子家洼	1959	42740.0	894.7	37487.5	2615.3	一年生幼林
天水梁家坪	1954—1957			10792.8	2280.5	
绥德小石沟	1959	31815.0	5620.0	54740.0	8741.0	5-7年生洋槐
靖边杨家湾	1961	6106.0	459.0	6229.0	2308.0	林草间作
绥德埝圪沟	1961	46260.0	26910.0	43520.0	22950.0	护坡林

的平均侵蚀量为414吨/公里<sup>2</sup>，比绥德人工林地小七倍，比延安小2.7倍。大部分地区的人造林地都无草被和枯枝落叶，实际上是有树无林，有林无草，根本不能充分保持水土。

除上述原因外，近年来大搞土地平整，兴修水利，工矿交通建设等松动表土，暴露地面，乱堆废土，也对增加产沙量有很大影响。山西省中阳县陈家湾水库控制流域面积331公里<sup>2</sup>，流域内森林茂密，水土流失轻微，1960—1970年共淤泥沙130万米<sup>3</sup>，年平均11.8万米<sup>3</sup>，1977年一月实测淤积量为175万米<sup>3</sup>，同年夏季暴雨冲毁上游新垦荒地和河滩造地工程，1977年11月测得淤积量为280万米<sup>3</sup>，一年增加了105万米<sup>3</sup>，为1960—1970年平均淤积量的9倍。山西蔚汾河流域（面积1478公里<sup>2</sup>）1956—1975年平均输沙模数1.35万吨/公里<sup>2</sup>，其中1956—1965年为1.14万吨/公里<sup>2</sup>，1966—1975年为1.55万吨/公里<sup>2</sup>，后十年的降水量与前十年相当，而输沙量增加了36%，其中有4.8%是由于后十年修公路和挖渠道弃土847万米<sup>3</sup>被洪水冲走造成的③。

近三十年来黄土高原的人口增加了约一倍，在现有生产水平下，每增加一口人需要增加8—12亩耕地才能维持生活，这固然是导致开荒破坏植被的重要原因，但最根本的原因是黄土高原的土地利用方式违反了这个地区的自然规律，土地经营管理十分落后。过去几千年在这个地区实行以农为主的生产方针，不断扩大耕地面积，排挤和压缩林牧面积，滥垦、滥伐、滥牧，加上反动统治阶级的横征暴敛，小农经济生产对土地资源的放肆掠夺，终于使黄土高原水土流失达到十分严重的地步；近三十年来的生产布局又重蹈复辙，并因进一步扩大耕地面积，破坏植被，忽视林草建设，水土流失更加严重便成为必然的结果。

### 三、水土流失的治理

最远三十年来黄土高原的产沙量增加了六亿吨左右，龙、华、河、庄四站的输沙量仍保持在16亿吨左右，仅从这个数值比较，黄土高原的水土保持工作和水利工程发挥了

①据西北水保所资料

②据西峰水保站资料

③据山西水保所资料

不小的拦沙作用。但黄土高原水土流失更严重了，人民生活还十分贫困，黄河下游的困难局面没有缓和，一方面说明治理黄土高原水土流失的艰巨性、长期性和复杂性，另一方面也说明如何治理效果更好这个问题要认真探讨。关于后一个问题，我们提出以下几点意见。

### 1. 改变生产方针 调整生产布局

安排生产首先必须符合当地自然条件的特点，即按自然规律办事，否则将会招致自然界的惩罚。

黄土高原的土资源十分丰富，而且质地均匀，结构疏松，天然肥力较高，适合多种作物生长，但它的抗蚀力极弱，加上本区地形破碎，沟谷密度多在4.0公里/公里<sup>2</sup>以上，地面坡度多在15度以上，暴雨频繁，极易发生严重水土流失，很不适宜大面积农耕。而且，黄土高原的降水量300—700毫米，年际变化大，季节分配不均，早年与丰水年的降水量一般差1—3倍，最大差值达9.7倍（黄陵），年降水量的70%以上集中在汛期，天然降水对农作物的保证率很低。除小面积的河谷平原外，广大地区的耕地多分布在梁峁斜坡上，地下水资源贫乏，发展灌溉的条件很差。水分不足是黄土高原发展粮食生产的最大限制因素。因此，决不能在这个地区大力发展粮食生产。相反，这个地区却很适合林草生长，不仅南部半湿润地区林草生长很好，北部半干旱地区也有不少林草丰盛的典型。可是，长期来却在这个地区片面追求粮食产品，忽视林业和牧业，这就违背了本区的自然规律。要治理好黄土高原，首先要改变生产方针，大力退耕还林还牧，实行以牧林为主、农林牧综合发展的方针。只有这样才能充分发挥自然的生产潜力，逐步改善生态环境，扭转当前的被动局面，变恶性循环为良性循环。

为了实现以牧林为主、农林牧综合发展的生产方针，首先要作好规划，规划中要贯彻因地制宜原则。黄土高原地域辽阔，北部和西北部气候干燥，人口稀少，梁峁丘陵面积较大；南部地区气候较湿，人口稠密，原地和河谷平原面积较广。前者牧地比例应较大，后者农地面积宜较多。整个黄土高原的生产布局不能千篇一律，重犯一刀切的错误。

在一个小流域内调整农林牧用地时，也要首先作好规划。地面坡度大小是确定农林牧用地的重要标准之一。据坡地径流测验资料分析，坡度与侵蚀量成指数关系。绥德、子洲等地在0—15°坡地内，侵蚀量与坡度的1.5次方成正比；15—28°范围内，侵蚀量与坡度的2.9次方成正比。所以15度是一个重要界线。过去规定黄土高原农地的坡度不能超过25度，我们认为太大，应改为15度，超过15度的坡地不能再作农地，超过3度应修成水平梯田。考虑到黄土高原各地自然和社会经济条件复杂，这个农地上限坡度可适当调整。黄土的天然休止角为33—35°，松散黄土达到35°后将自然泻溜，所以超过35°的土地不宜作为牧地。0—35°范围内农、林、牧用地如何分配，应根据具体情况确定。陕北米脂高西沟摸索出了“三三制”的农林牧用地经验，只宜在与高西沟条件相似的地区推广，与高西沟条件不同的地区，不可生搬硬套。

### 2. 合理配置水土保持措施

治理水土流失的措施目前有生物措施和工程措施，生物措施是治本的措施，工程措施可以最快地发挥效力，但不易持久。过去的治理工作中工程措施多，忽视了生物措

施，形成治理措施单一化，结果未能收到预期的效果。大家知道，暴雨径流是产生黄土高原水土流失的基本动力，林草有减少雨滴对地面直接打击、坦化洪峰过程，削减洪量，延长行洪历时，降低侵蚀力的作用；植物根系和枯枝落叶能保护地面，改良土壤结构，提高土壤的抗冲力。林草有改善生态环境的重大作用。所以必须把造林种草放在首位，相应地发展林业和畜牧业生产。根据植被演替的规律造林种草应实行“草灌先行”的原则，有的地区是“草灌安家”<sup>④</sup>。从制止水土流失角度来看，本区的林业应以水土保持林为主，河源地区建立水源涵养林，经济林和用材林只可适当发展。

需要特别指出，提倡生物措施为主并不是忽视工程措施。坡度是影响侵蚀强弱的重要因素，坡地修梯田，沟底打坝减缓了地面坡度，抬高了侵蚀基准，侵蚀强度因此减弱。观测资料证明，水平梯田可达到80%以上的拦泥蓄水效果。造林时采用鱼鳞坑、水平沟、水平阶等方式整地，树木的成活率可大大提高。生物措施前期的拦泥保土作用不大，要相当时间后才能发挥威力，工程措施前期作用巨大，日久效果降低，二者在时间上可以衔接。工程若无生物保护，易被冲毁或淤塞；生物若无工程辅助，成活率降低。要作到二者紧密结合，工程促生物，生物保工程。

黄土高原沟道流域是水土流失的基本单元，水土流失是从分水岭到谷底逐步发生的。在这个单元内，水土流失过程具有明显的垂直分带特征，即分水岭地带以面蚀为主，侵蚀强度较弱；分水岭以下的坡地上发生细沟、浅沟和切沟侵蚀，侵蚀强度增大；谷缘线附近发生水力侵蚀和重力侵蚀，侵蚀作用十分活跃；谷坡是水力侵蚀、重力侵蚀和洞穴侵蚀最活跃的场所；谷底在洪水冲刷影响下，沟头前进，沟床下切，沟坡扩展。小流域侵蚀作用的垂直分带是黄土高原现代侵蚀发展的基本规律，布置水土保持措施，规划土地利用都必须遵循这一规律，也就是要由上至下层层设防，分段拦蓄，不能只在沟口打坝。陕西绥德辛店沟，陇东南小河口，根据这一规律配置水土保持措施，已取得很好效果。南小河口流域的原面积占流域（十八亩台以上）面积65.84%，来水来沙量分别占流域总量的67.4%和12.3%，根据该流域内的董庄沟资料分析，原面水流入沟较原面水不入沟增加冲刷量1.26—1.4倍<sup>(7)</sup>；山西离石羊道沟流域沟间地面积和沟壑面积约各占一半，但沟谷的产水产沙量分别占流域总量的65.9%和78.7%，沟间地水土流失被控制以后，沟谷内不再受上坡来水影响，其产水产沙量可分别减少58.9%和77.7%<sup>(6)</sup>。由此可见，由上至下层层设防分段拦蓄十分重要，同时也说明沟坡兼治，治坡为主的治理方针是正确的。

### 3. 建好基本农田 促进过渡

如何由单一粮食生产过渡为以牧林为主，农林牧综合发展，是当前综合治理黄土高原急需解决的关键问题。有人把基本农田建设比喻为过河的桥或船，有人主张首先绿化荒山荒坡，把大力造林种草作为起步。我们认为基本农田在这个转变中有重大作用。所谓建立基本农田也就是建立群众的吃饭基地。如果群众的吃粮问题不妥善解决，或者是吃粮靠外地调入解决，都会直接影响群众造林种草的积极性。虽然目前黄土高原真正缺粮的县不到三分之一，一部分县尚有余粮，但这些粮食大部分是在广种薄收的情况下获

<sup>④</sup>1980年黄土高原综合治理会议文件

得的。如果没有产粮基地，大力退耕还林还牧就难以行通，也不易巩固，很可能仍然出现造林不见林，种草不见草的情况。解决粮食问题除政策上给予保证外，具体措施也必须行之有效。建立基本农田是行之有效的措施之一。黄土高原提倡建立基本农田已有十几年历史，效果并不理想，其原因不是建立基本农田的方向有问题，而是黄土高原的生产方针以及基本农田的含义不清。现在的基本农田大多数只能算作被平整了的土地，并未构成完整的基本农田生态体系。

基本农田建设必须包括农地分布地区的林草建设，要使农作物和周围非农地的林草构成一个完整的生态环境，也就是常说的以林护农，以牧促农的道理。无林无草的农地是十分脆弱的农地，经不起水旱灾害袭击，达不到稳产高产的目的。榆林麟坑大队如果没有强大的防护林体系，不可能成为沙地中的红花；山西右玉县没有大面积植树造林，农业生产条件不会大变；陕西吴堡县在坡地上修了大量梯田，但因水肥不足，产量始终提不高。因此，我们主张在坡地修梯田，沟底打坝淤地的同时大抓造林种草，尤其是首先在退耕的土地上造林种草。然后集中劳力集中时间分期分批绿化荒山荒坡。我们反对东坡农地西坡草的作法，这样把农地与林草在布局上分家的作法是不正确的。

为了发展林草，各地每人的基本农田数量应有限制，作好建成一亩基本农田退耕一定数量坡地的规划，以便逐步把有限的劳力和水肥集中使用，留出一部分力量去绿化荒山荒坡。

#### 四、尾 语

黄土高原严重的水土流失是在自然侵蚀基础上长期人类不合理利用土地的结果。影响水土流失的自然因素中有的属于促进因素，有的属于抑制因素，人类如何保护和促进抑制因素的发展壮大，利用自然和保护自然，发挥自然的最大生产潜力，以满足物质生活的需要，是治理水土流失的关键。三十年来水土流失进一步加剧，正是人类进一步削弱了自然界中抑制因素的结果，这也是黄土高原水土流失的基本规律。因此，改变生产方针，调正生产布局，合理配置水土保持措施是综合治理黄土高原的正确途径。

#### 主要参考文献

1. 龚时扬, 熊贵枢 黄河泥沙来源和地区分布 人民黄河 1979年1期
2. 罗来兴 朱震达 编制黄土高原水土流失与水土保持图的说明与体会  
中国地理学会1965年地貌学术讨论会文集, 科学出版社 1965年
3. 王化云 人民治黄三十年 人民黄河 1980年2期
4. 陈水宗 黄河中游黄土丘陵地区坡地侵蚀发育  
中国科学院地理研究所编辑 地理集刊(10)地质科学出版社 1976年12月
5. 甘枝茂 黄土地貌垂直变化与水土保持措施布设 人民黄河 1980年3期
6. 曾伯庆 晋西黄土丘陵沟壑区水土流失规律及治理效益 人民黄河 1980年2期
7. 黄河水利委员会西峰水土保持试验站 南小河流域综合治理增产减沙效益  
黄河泥沙研究报告选编 第一集上册 1978年
8. 龚时扬 蒋德琪 黄河中游黄土丘陵沟壑区沟道流域的水土流失及治理 1973年
9. 陈席珍等 有关西北黄土高原建设方针几个问题的梁讨 人民黄河1979年2期