

# 杏子河流域坡耕地的 水土流失及其防治

唐克丽 郑世清 席道勤 孙清芳 刘炳武

(中国科学院西北水土保持研究所)

坡耕地的水土流失不仅是造成河流、水库淤积的一个重要原因，更严重的是每年丧失大量肥沃表土，导致土壤退化和农业减产。其危害已成为全世界共同关注的问题。据联合国环境规划署估计，由于土壤侵蚀，全世界每年丧失可耕地500—700万公顷，到本世纪末还可能上升到1,000万公顷。防治水土流失，保护每一寸土地，已是刻不容缓的任务，也是世界性国土整治的共同目标。

美国、苏联等一些国家对坡耕地的水土流失问题很重视，有关保持水土的耕作措施，诸如等高耕种、草田轮作、地面覆盖、免耕法等，都进行了大量的试验研究和推广应用。美国提出的通用土壤流失方程式，主要应用于坡耕地土壤流失量的预报。

我国黄土高原的水土流失和黄河下游河床的淤积问题，长期以来严重影响国民经济建设的顺利进行。多年来，黄河水利委员会、清华大学及有关其他大专院校和科研部门，通过径流小区和水文站对各个流域的观测试验，就黄河泥沙的来源问题进行了专门性的研究和报导。资料说明，黄河下游河道的淤积主要由大于0.05毫米的粗颗粒泥沙组成；黄河泥沙主要来自黄土丘陵沟壑区与高原沟壑区的沟谷部分。这些论证对确定治理方针和治理部署起着重要的作用。因而历年来的水土保持工作，针对沟谷治理，发挥工程效益，拦泥蓄洪，减少入黄的泥沙问题，采取了一系列的措施。1982年的全国水土保持工作会议，确定了粗沙来源区的皇甫川、无定河、三川河流域作为治理重点，就减少下游河道淤积来说，有其特殊重要的、紧迫的意义。除此之外，黄河每年排泄入海达13亿吨的细颗粒泥沙，虽然对下游河道的淤积不构成威胁，但主要来自耕地较肥沃的表土层，其损失与后果是严重的，至今还没有引起人们与有关部门足够的重视。

解放30多年来，曾进行了大规模的水土保持工作，为什么黄河的泥沙仍未明显的减少呢？除特大暴雨、政策等因素外，我们认为，对大面积坡耕地的水土流失未进行积极的、有效的制止，是其重要原因之一。在贯彻沟坡兼治的方针上，往往以泥不出沟为满足，对就地拦蓄重视不够；在治坡方针上，往往强调了基本农田的建设，忽视了大面积坡耕地的水土流失的治理。有的认为基本农田不建成，粮食问题就不可能解决，也就不可能退耕。以致有些地区毁林开荒、陡坡耕种有所发展，大大加剧了水土流失。

为全面贯彻黄土高原的治理方针，既减少入黄泥沙，又有利于促进农、林、牧生产的综合发展，我们认为，不仅要查明泥沙来源问题，同时也应分析研究产沙的根源与产

沙的方式问题，其中坡耕地的水土流失则是研究的中心与关键。对此，当前还缺乏全面系统的调查和观测试验，坡耕地的侵蚀量也没有确切的统计，是今后亟待加强研究的问题。现仅以我们在杏子河流域的调查资料，进行初步的分析和讨论。

## 一、杏子河流域坡耕地的分布情况和土壤侵蚀类型

杏子河是陕北延河的第一大支流，发源于靖边县的大路沟，自西北向东南，流经靖边、志丹、安塞三县，由黄崖根处入延河。流域面积1,486.1平方公里，全长106.02公里。境内地面切割破碎，属梁峁状黄土丘陵沟壑区。沟道密度为5—6公里/平方公里，沟谷面积大于沟间地，为55.41%。全流域水土流失面积为93.28%，其中坡耕地面积占50%以上。

流域内的坡耕地由两大部分所组成，即沟间地部分的坡耕地和沟谷部分所开垦的陡坡耕地。根据全流域考察和沟道小流域的重点调查，95%以上的农耕地分布在坡地。在沟间地部分，除少量的水平梯田和林地外，坡耕地约占90%左右。沟谷部分的陡坡耕地约占沟谷面积的20—30%，有些地区开垦严重的达50%。

坡耕地的水土流失与其分布的地形部位、坡度、坡形、土地利用以及耕作状况密切相关。我们在野外考察的基础上，结合航片判读，编制了典型沟道小流域的坡度图、土地利用图和土壤侵蚀类型图，并通过分布面积的统计分析，研究讨论该地区坡耕地的水土流失规律。

表1 沟道小流域各级坡度所占比例

流域名称	流域面积 (平方公里)	沟间地占 流域面积 (%)	沟间地各级坡度所占面积(%)					沟谷地内 >25°的 %	
			0—5°	5°—12°	12°—25°	25°—35°	>35°		
寺沟	1,581	50.67	1.31	3.58	39.89	37.76	16.54	54.30	91.75
大庄河	8,321	19.07	0.59	4.77	40.07	43.61	10.97	54.58	83.18
纸坊沟	8,286	44.69	1.19	6.56	43.04	38.35	10.86	49.21	82.65
城子沟	5,249	15.99	0	5.94	41.60	36.58	15.88	52.46	96.71
登杆梁	4,790	51.89	0.57	8.10	39.83	36.67	14.82	51.49	93.80

由表1看出，0—5°的缓坡地极少，仅为1%左右；5—12°的坡地占3.58—8.10%；以上两级坡度的总和不超过10%。12—25°及25—35°的坡地面积最大，各占40%左右，大部分坡耕地集中在这两级坡度范围内。沟间地大于25°的坡地一般超过50%，其中大于35°的陡坡地占10—16%。沟谷地部分，除极少量的坝地、塌地、沟台地外，80%以上均为大于25°的陡坡、陡崖，其中多数超过35°。从坡度分布的情况来看，该地区坡耕地的土壤侵蚀，不仅现状危害大，而且潜在危险性也很大。

关于杏子河流域的土壤侵蚀类型和侵蚀现状问题，除上游河源部分的重力侵蚀比较活跃外，大部分地区以沟蚀为主，伴随有片蚀、重力侵蚀、洞穴侵蚀等。在沟间地部

分，除少数的水平梯田及林灌草地为无侵蚀区和鳞片状侵蚀外，绝大部分坡耕地为细沟侵蚀和浅沟侵蚀。自分水岭向下到沟缘线作为农耕地的梁脊坡面，侵蚀的发生和发展具有一定的垂直分布规律。表2为沟道小流域沟间地不同侵蚀类型的分布状况。在梁脊顶部的邻近分水岭地带，坡度小于 $5^\circ$ 的情况下，为溅蚀、片蚀的弱侵蚀区，面积甚小，不到1%。由此顺坡向下，坡度有增大趋势，径流线增长，主要为细沟侵蚀区，所占面积在10%以下。这两个侵蚀区多见于梁脊坡的上部。梁脊坡的中下部为细沟、浅沟侵蚀区，也是坡耕地的主要侵蚀类型，占沟间地面积的70—90%。根据浅沟分布的密度及侵蚀程度，该区又可划分为以细沟侵蚀为主的轻度—强度的细沟侵蚀和浅沟侵蚀区，以及浅沟侵蚀为主的极强—剧烈的浅沟侵蚀和细沟侵蚀区。后者主要分布在斜坡下部临近沟缘地带，浅沟密度较大，间距为10—15米，浅沟切割也较深，接近切沟侵蚀，往往成为由沟间地发展为沟谷地的过渡地带。

表2 沟道小流域沟间地不同侵蚀类型分布面积(%)

流域名称	基本无侵蚀区		稀疏乔灌 草地鳞片 状侵蚀区	溅蚀片蚀 弱侵蚀区	细沟 侵蚀区	细沟、浅沟侵蚀区			浅沟、细沟 侵蚀区		总细沟 浅沟 侵蚀区
	水平梯田	密丛乔 灌林地				轻度	中度	强度	极强	剧烈	
寺沟	1.34	0.34	—	—	8.04	22.57	23.02	25.70	18.99		90.82
大庄河	4.49	3.91	7.01	—	6.10	13.76	25.39	25.45	12.24	1.64	78.48
签杆梁	6.93	5.35	5.55	0.56	7.84	11.89	18.34	19.88	10.87	12.79	73.77

上述资料说明，坡耕地的土壤侵蚀规律，一般由溅蚀、片蚀继而发展为细沟、浅沟侵蚀。随着坡度的增大，径流线的增长及其冲刷动能的增强，侵蚀程度也增强。在坡度不大的凹形坡，或位于陡坡陡崖以下的较缓坡地，群众称为山湾地的地块，由于径流的汇集与径流的动能的骤变，侵蚀程度甚至较上部陡坡地更为强烈，浅沟分布密度也大。对于这些地块的利用，必须注意分散径流和防止浅沟侵蚀的进一步发展。

从坡耕地土壤侵蚀现状及其发生演变过程可以看出，坡面的细沟、浅沟侵蚀为切沟侵蚀的起因。坡面径流通过浅沟的汇集，一方面促使浅沟继续加深与扩展，另一方面促使切沟的沟头继续前进，不断蚕食坡面。结果沟谷面积不断扩大，坡面随之减缩。在这种情况下，由浅沟发展为切沟的侵蚀，其产沙方式虽以沟蚀为主，然而输入沟道与河流的泥沙主要还是来自坡面。下面我们引述野外调查和量测的细沟、浅沟侵蚀量，进一步说明坡耕地的水土流失规律和侵蚀量的问题。

## 二、杏子河流域坡耕地的侵蚀量问题

关于坡面侵蚀量的问题，一般通过径流小区的观测进行分析和推算，仅包含片蚀与细沟侵蚀量，不包含分布面积较广的浅沟侵蚀量。因设置径流小区就没有把浅沟考虑在内。照此测算的结果，数值偏低。我们这次是以雨后坡面上形成的细沟及浅沟扩展的体积，进行量测和推算的。其结果，浅沟的侵蚀量为坡耕地总侵蚀量的50—85%。因此对

于坡耕地上的浅沟侵蚀，必须认真对待。不过这种量测方法，对与细沟和浅沟的侵蚀同时发生的片蚀量无法掌握。据有关资料，片蚀量仅为总侵蚀量的10—15%。因此，用量测细沟与浅沟体积的方法，所反映坡耕地的侵蚀量，一般情况下较之测算片蚀与细沟侵蚀的径流小区法，更接近实际。

细沟与浅沟侵蚀的量测方法。在典型地块上，选取有一定代表性的样方（1×3或1×5米），按上、中、下段量取每条细沟的宽、深及长度，取其平均值，以容重1.1为基数，换算成每平方公里流失土壤的吨数。浅沟侵蚀量则以当年降雨后所冲刷切割的新的横断面与纵断面，用上述同样的方法量测体积，再以浅沟分布的密度，换算成每平方公里的浅沟侵蚀量。

降雨是发生细沟与浅沟侵蚀的外营力。据有关资料及我们的野外调查，细沟侵蚀与浅沟侵蚀的发生、发展与降雨量相关性不密切，与降雨强度，特别是暴雨的发生有直接关系。表3中列举了我们在1982年量测细沟期间的降雨特征。由于观测区的条件所限，资

表3 杏子河流域1982年7—9月的降雨量及各段最大降雨量

站名	地点	七月	八月	九月	三个月 总量 (毫米)	各段最大降雨量(毫米)					
						10分	30分	1×60分	2×60分	6×60分	12×60分
招安寨	招安公社	143.2	85.2	93.2	321.6	10.3	16.3	18.2	21.1	27.6	40.0
杏河	志丹杏河公社	130.4	129.8	57.6	317.8	11.0	15.7	18.8	29.7	31.2	43.5
李家寨	志丹张寨公社	145.7	129.5	57.1	323.3	—	—	—	17.7	13.8	57.8
野鸡岔	靖边红柳沟公社	140.4	65.8	60.8	267.0	19.3	25.6	25.9	25.9	41.0	41.8

料不够完善。总的看来，该年降雨量与降雨特征，属常年降雨情况，无特大暴雨。所测算的侵蚀量，基本上代表了常年的水平。这里着重讨论在同样降雨情况下，不同地形部位、不同利用情况等因素对土壤流失量的影响。

细沟侵蚀量与浅沟侵蚀量的测算，主要在坡耕地及沟缘线以下的陡坡耕地上（通常称为沟抓地）进行。表4的1982年测量资料说明，坡形、集水面积和利用情况等对土壤流失量的影响都比较明显。凸凹形坡与凹形坡上的土壤流失量均高于直形坡，增长量26—111%。前两种斜坡上侵蚀量的增多在于浅沟侵蚀量，直形坡上一般尚无形成浅沟侵蚀，故侵蚀量显然较低。在其他条件相同情况下，凸凹形地块（R—2）的侵蚀量较直形坡地块（R—1）的侵蚀量增加了一倍，其中浅沟侵蚀量为总侵蚀量的86.76%。

沟抓地的侵蚀量一般大于坡耕地的侵蚀量；原因在于一方面坡度陡，多在35°以上，另一方面集水面积大，在量测地块的上部常有陡坎、陡崖形成跌水，径流冲刷力加大。沟抓地上每平方公里的侵蚀量多超过3万吨，也有达5万吨以上的。

无论是坡耕地或沟抓地，由于耕作粗放，不同作物对侵蚀量多少的影响不明显，但新开荒地的土壤流失量则有骤增的趋势。例如5号坡耕地系当年雨季前开垦的荒地，播前雨季时即遭受严重的土壤侵蚀，每平方公里的侵蚀量达5.51万吨。在沟抓地上的新开荒地，侵蚀量达6.64万多吨。这些数据极为惊人，相当于每年蚀去表土层5—6厘米。据一

表4 不同地形部位与不同利用情况下坡耕地的细沟和浅沟的侵蚀量

量测日期	编号	地点	土地类型	利用情况	坡度	坡形	浅沟侵蚀量 (t/km <sup>2</sup> )	细沟浅沟总侵蚀量 (t/km <sup>2</sup> )	地块距集水来源距离 (米)
8.20	R-1	五里湾公社	坡耕地	休闲	20—30°	直形		9,398	就地
8.20	R-2	"	"	"	25—30°	凸凹形	16,991	19,854	就地
8.20	R-21	"	"	"	25—30°	直形		27,230	44
8.21	R-4	"	"	黄豆	35—40°	凸凹形	36,305	46,917	30
8.21	R-5	"	"	新开荒地	35—40°	直形		55,100	40
8.21	R-3	"	沟圪地	荞麦	30—37°	凹形	15,400	36,380	70
8.31	R-10	张渠公社	坡耕地	"	25—30°	直形		29,028	
8.31	R-11	"	"	"	25—35°	凸凹形	18,341	36,682	
8.27	R-13	"	沟圪地	新开荒地	35—40°	凹形		66,415	41
8.27	R-14	"	"	荞麦	25—30°	微凸凹		36,928	140
8.29	R-15	"	"	糜子地	30—35°	凹形		24,360	58
9.4	R-17	杏河公社	"	荞麦	35—40°	微凹		57,190	>100
9.4	R-18	"	"	谷子	28—35°	凹形	37,341	55,197	>100
10.10	R-21	招安公社	坡耕地	亚麻	25—40°	微凸凹	10,468	16,932	就地
10.31	R-22	"	"	荞麦	25—33°	微凹		32,743	40
10.31	R-23	"	"	休闲	25—35°	直形		20,473	就地

些分析测定资料计算，荒地有机质的含量为0.5—1%，约合全氮含量0.05—0.1%。以每年蚀去5厘米表土层计算，相当于每平方公里流失27.55—55.1吨氮素，合每亩流失18.37—36.73公斤尿素。以每斤尿素最低产粮5斤计算，一年内每亩损失粮食183.7—367.3斤。

综上所述，坡耕地与沟圪地的土壤流失量相当大，不仅对河流、水库的淤积造成威胁，而且导致土壤恶化以及对农、林、牧生产的影响更为严重。在以上量测资料的基础上，可以基本确定，大于25°坡耕地的侵蚀模数平均为2万吨，沟缘线以下的陡坡耕地，即沟圪地达3.5万吨。再根据大于25°陡坡耕地的分布面积及沟谷地的开垦指数(0.25)，从而推算出杏子河流域陡坡耕地的年平均侵蚀量为1,383.17万吨，占杏子河流域总输沙量2,251万吨的61.44%。如果把片蚀和缓坡耕地的侵蚀量再统计在内，坡耕地的总侵蚀量可达70%左右。这些数据是不是估算过高了？与泥沙主要来自沟谷的论证是否有矛盾呢？我们认为，这些推算的结果与前面所提到的关于产沙方式以沟蚀为主，而泥沙则来自坡面为主的分析，基本符合。

所以，无论从减少入黄泥沙，或从黄土高原治理的要求来说，防治坡耕地的水土流失应提到重要议事日程。坡耕地的流失面积和流失量是惊人的，但只要掌握其发生发展规律，减弱以至制止是可能的。关键在于必须从削弱暴雨和径流动能，改变坡形等措施入手。延安地区在坡耕地上推广的水平沟种植法，起到了这方面的作用，有效地保持了水土，提高了产量。杏河公社已在2.77万亩的坡耕地上推行水平沟种植，平均亩产达143斤，并有效地促进了退耕还林还牧。

### 三、小 结

1、调查区的坡耕地占全部农地的90%，其中50%多分布在大于25°的陡坡，为坡耕地水土流失的重要原因。

2、坡耕地的主要侵蚀类型有溅蚀、片蚀、细沟侵蚀、浅沟侵蚀，自梁峁顶部到沟缘线呈垂直的带状分布。细沟侵蚀与浅沟侵蚀为坡耕地土壤流失的主要方式，也是切沟侵蚀的潜在危险。

3、浅沟侵蚀是坡耕地侵蚀的一种特殊形式，在浅沟分布密度较大地区，浅沟侵蚀量占总侵蚀量的50—80%。浅沟侵蚀又是导致切沟前进和沟谷面积不断扩展的直接根源，对浅沟的治理应予以特别的重视。

4、应分别查明泥沙来源，产沙方式与产沙根源，这是制订切实有效的治理方针和确定治理部署的重要依据。以沟头前进、沟床下切而导致沟谷两岸崩塌为主要方式的切沟侵蚀，其产沙根源和产沙方式与坡面直接有关。治坡将有效地减弱沟蚀。

5、沟间地与沟谷地部分的全部坡耕地，其流失量占流域总流失量的60—70%。新开荒地与沟抓地，由于土质疏松，抗冲性差，再加上径流的汇集，侵蚀量最大。因此，严禁陡坡开荒为当务之急，这对减少入黄泥沙，将取得显著性效益。

6、实践证明，修建水平梯田与推行水土保持耕作法相结合，是防治坡耕地水土流失的有效措施。在提高单位面积产量的基础上，逐步退耕还林还牧。为切实贯彻沟坡兼治的方针，在原有工程措施与生物措施的基础上，应结合采用耕作措施，包括草田轮作或带状间作等措施，因地制宜地推行工程、生物、耕作措施三结合的水土保持方针。

7、为了防止土壤恶化，保护和促进农、林、牧生产的综合发展，把治黄与黄土高原的治理统一起来。除确定粗沙来源区进行重点治理外，对主要产自坡耕地的细沙来源区的治理，应提到重要议事日程，作为国土整治的重大项目。

8、建议对坡耕地的水土流失进行一次全面的调查研究和统计分析，开展定位观测和预测预报，为加快黄土高原的治理步伐和提高治理效益提供科学依据。

(参加调查工作的还有张平仓、王文龙、王占礼、刘安平和孔晓玲等同志)