

杏子河流域的土壤侵蚀方式及其分布规律

唐克丽 席道勤 孙清芳 郑世清 刘炳武

(中国科学院西北水土保持研究所)

黄河的泥沙问题一直是我国人民的心腹大患。黄河大堤和黄淮海平原的安全，正面临着愈益严重的威胁。为了尽快减少入黄泥沙和下游河床粗沙的淤积，国家已确定把粗沙多沙来源区列为治理重点。这是一项十分紧迫而艰巨的任务，在近期内一定要见效，否则，后果将是严重的，不堪设想的。

在明确了治理方针和战略部署的前提下，关键问题是要拟定一个正确的治理方案，即从何治理，如何治理，采取什么措施等等。由于泥沙是治黄中最直接、最突出的问题，人们注意的中心多集中在输沙量、产沙量、产沙区等方面；在治理上，多偏重于工程措施。30多年来，在黄河中游大小河流与沟道中修建的坝库工程，年平均可拦蓄5—6亿吨泥沙，但黄河的实际总输沙量仍未减少。为什么呢？我们认为，在研究泥沙问题的同时，必须把土壤侵蚀规律的研究提到重要议事日程，其中包括人为破坏影响下的加速侵蚀；对产沙区应进一步查明产沙的方式、产沙的部位和产沙的物质来源。重点调查研究土壤侵蚀的方式和过程、影响因素、发生的地形部位和强度，以及它们与产沙量的关系。这些问题的研究解决，对切实提高生产治理的效益，尽快减少入黄泥沙，具有重要的实际意义。

杏子河流域属水土流失严重区，为多沙粗沙兼细沙产区，在黄土高原具有一定的代表性。我们拟通过流域的全面调查，研究剖析产沙量与土壤侵蚀方式及其分布规律的关系，探讨加快流域治理的有效途径。

一、杏子河流域的基本概况

杏子河流域是延河流域水土流失最严重的一个地区。延河流域面积5,891平方公里，年输沙量5,990万吨，土壤侵蚀模数1.02万吨/平方公里·年。杏子河流域为延河流域面积的25.23%，年输沙量则占37.58%，为2,251万吨，土壤侵蚀模数达1.52万吨/平方公里·年。

1972年在杏子河的中游建成了库容为2.03亿立方米的王窑水库，坝高55米。这原是一座防洪、灌溉、发电、养鱼等综合利用的大型水利工程。运用以来，至1981年，坝前淤积高度已达32.6米。历年来沙量总计6,420万立方米，占总库容的31.7%，占有效库容的43%。平均每年损失库容640万立方米，严重影响水库寿命和下游的安全。

流域内耕作粗放，广种薄收，滥垦、滥伐、滥牧极为严重，是近代水土流失加剧的重要原因。区内土地瘠薄，产量低下，生态环境恶化，旱、涝、洪、雹等自然灾害频繁，人民生活贫困。直到1981年，随着农村经济政策的改革，生产有了较大的变化。但全流域多数生产队每人平均口粮尚不足500斤，每人平均现金收入只有30—40元。杏子河流域面临两个严重问题，即水土流失亟待治理，生态环境和经济系统亟待改善。

参加这项工作的还有张平昌、玉文龙两同志。

二、杏子河流域的土壤侵蚀方式及其影响因素

所谓土壤侵蚀方式是指在降雨、径流、风力、重力等不同侵蚀营力作用下，土壤遭受侵蚀破坏后，土体的分离、分散、迁移、搬运的方式和过程。在杏子河流域，除上游河源地区遭受风蚀影响外，降雨、径流为主要侵蚀营力，表现为水蚀的各种类型，兼不同程度的重力侵蚀和洞穴侵蚀。侵蚀类型与侵蚀方式在含义上基本相同，但前者着重说明侵蚀的现状或结果；后者主要研究在各种因素影响下，不同侵蚀类型发生、发展的动态规律及其对产沙量的影响。

在杏子河流域内可见到水蚀和重力侵蚀的各种类型。就侵蚀的发展趋势及其在产沙上的作用，沟蚀和重力侵蚀为主要的侵蚀方式。沟蚀包括坡耕地上的细沟侵蚀和浅沟侵蚀，是该地区产沙的重要方式，也是导致沟谷侵蚀发展的起因。

在谷坡开垦陡坡耕地，是增加沟谷来沙量的重要因素，但侵蚀方式仍以细沟侵蚀和浅沟侵蚀为主。因此，对产沙区进一步查明侵蚀方式，以及发生的地形部位很重要，为拟定具体的治理方案提供依据。杏子河流域的土壤侵蚀方式及其侵蚀强度，受该地区降雨、地形、地面组成物质及土地利用情况的影响，其特点为：

1、降雨因素。主要表现为集中降雨和大强度暴雨侵蚀力的影响。杏子河流域多年平均降水量为531毫米，全年最大降雨量达957.8毫米，最小雨量238.4毫米。年降雨分配极不均匀，7—9三个月多为暴雨集中季节，可占全年降雨量的60%，输沙量占年来沙量的93.4%。

据王窑水库降水量与来沙量的实测资料，侵蚀量与降雨强度呈正相关，与降雨量相关性不明显。1977年7月6—7日，延安地区遭受特大暴雨和水灾，本流域全属暴雨中心。位于杏子河下游的王庄，为特大暴雨中心，9小时点雨量达320毫米，24小时降水总量400毫米。王窑水库拦蓄水量2,614万立方米。仅这次洪水，来沙量达1,762万立方米，占全年输沙量的74%，坝前淤积高度增加4.45米。这一年的降水量为623.9毫米，较1976年的632.4毫米还少了近9毫米，来沙量却达2,384万立方米，较1976年的518万立方米增加了4倍。土壤侵蚀模数达4.94万吨/平方公里·年。这次暴雨侵蚀在流域内造成22座小水库、273座淤地坝被冲毁，约占坝库总数的50%以上。

暴雨侵蚀在坡耕地上，主要表现为细沟侵蚀与浅沟侵蚀。雨滴打击侵蚀对产沙量基本上没有直接的影响，但却是坡面片蚀和沟蚀发生发展的重要根源。据我们1982年的实地调查，一般小雨到中雨情况下，即使连续降雨100毫米以上，坡面上不发生或极少发生细沟侵蚀。当雨强每分钟为0.5—1.0毫米情况下，降雨量仅10毫米左右时，坡面上即发生明显的细沟侵蚀。这是由于黄土的本身特性和雨滴侵蚀作用的结果。因此，必须重视对雨滴打击这一特殊侵蚀方式的研究和防治。

2、地形因素。山高、沟深、坡陡、地面破碎，为本流域地形的主要特点。杏子河流域为典型的黄土高原丘陵沟壑区，沟谷纵横，梁峁起伏。海拔高程1,013—1,795米，西北高，东南低。相对高差100—300米，多在200米以上；愈向上游，高差愈大。沟道密度5—6公里/平方公里，个别小于5公里，也有高达7公里的。流域内长2公里以上的沟道245条，其中流入杏子河的一级支沟88条，二级支沟157条。经逐条量测，流域内一二级支沟的沟谷占各自流域面积的50—60%，最大72.9%，最小仅占36.4%，平均占55.4%。沟谷地显然大于沟间地，沟谷本身已成为重要的产沙基地。我们把沟谷面积占流域面积的百分数，称之为地面割裂度。由于在沟谷内不合理的开垦和放牧，切沟侵蚀很活跃，正继续蚕食着坡面。

全流域沟间地坡度的平均值为 $24^{\circ}59'$ ，由量算统计典型小流域的坡度图得出，全流域大于 25°

的陡坡地占67—76%。在沟间地范围内，小于12°的缓坡仅占5—10%，大于25°的陡坡地一般都在50%左右。沟谷地中>25°的陡坡地占82—96%，其中绝大部分为>35°的陡崖、陡壁。全流域<12°的坡地平均为5.57%，合12.4万亩，如果修成水平梯田，平均每人2.4亩。

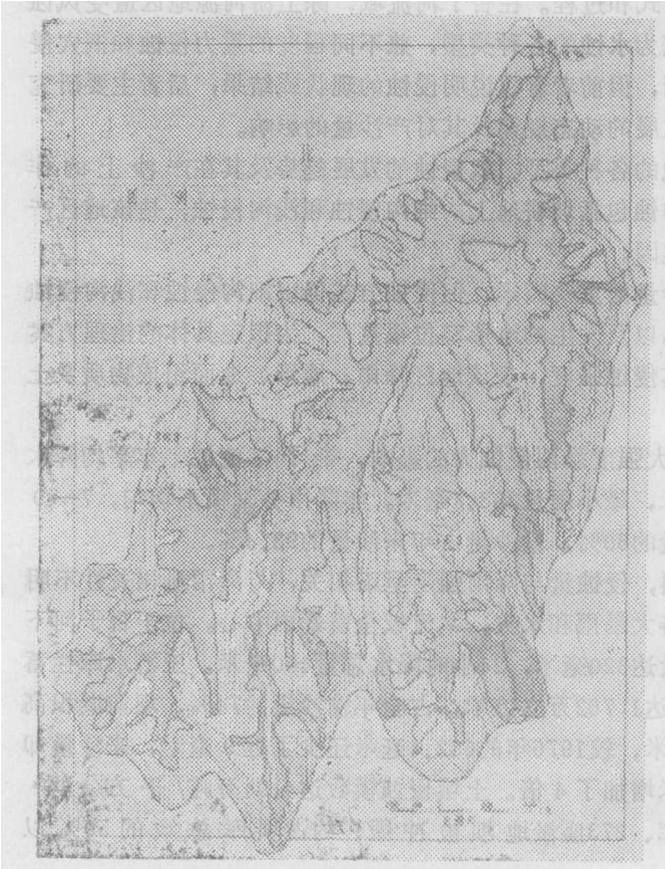


图1 签杆梁沟坡度分级图

图1为签杆梁沟的坡度分级图。流域内<12°的坡地比例极小，在5%以下。在沟头部分，自分水岭开始即见有>25°的陡坡。绝大部分陡坡地都分布在斜坡的中下部，及邻近谷缘线地带。沟谷地中，除极少量塌地为缓坡外，>35°的陡坡占80%以上。新开荒地多在这些陡坡部位，是沟谷地的重要产沙部位。

3、地面物质组成的影响因素。深厚的黄土沉积物与松软的基岩剥蚀物，是形成多种土壤侵蚀方式的内在因素，也是构成杏子河泥沙的主要物质来源。

杏子河流域属鄂尔多斯地台北盆地的一部分。在原有基岩地层古地貌基础上，覆盖了厚层土状堆积物，经新构造运动和现代侵蚀作用，逐步形成了现在的丘陵起伏的地形。区内见有侏罗纪青灰色砂岩、白垩纪紫色砂岩和沙页岩、第三纪三趾马红土和第四纪黄土沉积物。这些不同组成物质的特性、分布的地形部位和厚度，直接影响土壤侵蚀的方式和强度。

第四纪黄土沉积物为构成现代地貌的主要物质，常见厚度100—150米。梁峁顶部

及坡面多覆盖马兰黄土（新黄土），厚度一般在10米以下，最厚不超过30米。其侵蚀方式，缓坡地以雨滴侵蚀和片蚀为主，陡坡地为细沟、浅沟侵蚀。马兰黄土上发生的切沟侵蚀，横截面成山形，在沟头前进中，常伴随崩塌等重力侵蚀，形成跌水、跌穴，产沙量比较大。

马兰黄土的下部为中更新世黄土（老黄土），多出露在谷缘线以下，也有见于梁峁顶部，厚度多在100米以上，个别超过150米。老黄土结构致密，抗冲性强，直立性较好，侵蚀方式以悬沟侵蚀为主，沟道比降较大，横截面呈“V”形。在坡耕地上的老黄土，以细沟、浅沟侵蚀为主。

第三纪三趾马红土为夹有密集钙质结核层的红色粘土，一般出露在沟谷底部，常见厚度10—50米，自中游以上厚度增大，常伴随泻溜、滑坡等重力侵蚀；下游地区极为罕见。在上游的李雄塌沟，三趾马红土出露厚度达80米，滑坡侵蚀极为活跃，尤以浅层滑坡分布广，发生频繁，为产沙量最多的土壤侵蚀方式。

流域内的基岩地层，在下游主要为侏罗纪的砂岩和泥页岩，常见厚度30—80米。岩性较致密，但垂直节理较为发育，常发生岩石崩落，淹没农田或堵塞沟道。白垩纪的紫色砂岩和砂页岩在中游地区广泛出露，厚度50—100米，岩性松软，易遭受风化剥蚀，在降雨径流侵蚀力作用下，被切割成侵蚀沟，成为杏子河粗颗粒泥沙的重要来源区。

杏子河中上游以产粗沙为主，下游以产细沙为主，故属多沙粗沙兼细沙产沙区。砂页岩风化物的颗粒组成，则以1—0.1毫米的粒级占多数。牛圈子测站位于王窑水库以上的中游地区，泥沙主要来自靖边县和志丹县。1—0.1毫米的粗颗粒含量达10%，其物质来源显然是白垩纪紫色砂页岩。马兰黄土中0—0.1毫米的粗颗粒含量，一般<5%。

据我们测定，泥沙中的有机质含量为0.48%，接近坡耕地的含量（0.65%），说明泥沙来自坡耕地的比例很大。

4、植被与土地利用因素。流域内不合理的开垦和植被的破坏，是导致现代水土流失加剧的主要原因。

表1 杏子河及主要一级支流各类土地占各自流域面积的百分数

流域范围	流域名称	主沟(河)道长度(公里)	流域面积(平方公里)	沟谷面积(%)	基本农田面积(%)	有效植被覆盖率(%)	沟谷内<25°坡地面积(%)	水土流失面积(%)
上游	杏子河	106.02	1486.10	55.4	3.4	3.0	1.4	93.3
	王克浪沟	25.19	129.25	56.9	2.7	1.2	1.4	96.1
中游	牛寨子沟	18.31	61.54	57.9	2.2	1.7	0.8	96.1
	阳砭沟	14.17	44.24	58.1	1.0	0.3	1.1	98.7
	玉皇沟	16.64	73.64	50.1	2.5	2.1	0.7	95.4
	岔路川	20.17	137.19	51.3	1.9	1.2	0.5	96.9
下游	长尾河	32.88	247.65	50.6	1.2	3.4	0.5	95.4
	碾盘沟	10.99	34.28	60.0	3.5	3.1	4.0	93.4
	谢屯沟	19.95	74.83	57.9	3.6	7.4	3.2	89.0
	灰堆沟	20.37	76.45	53.1	2.5	3.6	1.7	93.9
	周屯沟	10.54	33.84	59.6	5.8	4.8	7.2	89.4

有效植被覆盖率是指覆盖度大于60%，能有效控制水土流失的密丛乔灌林地的面积占流域面积的百分数

表1列举了杏子河及其主要一级支流土地利用的概况。流域内能有效控制水土流失的植被面积仅占3.0%，梯田、坝地、川地共占3.4%，每人平均1.46亩；再加上0.35%的水面，全流域约7%的面积属无侵蚀地区。其余的土地均遭受不同程度的侵蚀，占流域面积的93%。沟谷内<25°的坡地面积一般仅占1%左右，下游一些沟道为3—7%。据典型小流域的调查和量算，坡耕地约占沟间地总面积的90%，其中约有一半为陡坡耕地，沟谷地内开垦为农地的面积占10—50%，平均约25%。照此统计推算，流域内耕地面积应为120万亩，每人平均23亩。流域内各级坡度的分配情况，<25°的坡地占23—32%，每人平均10—14亩。因此现有耕地中有60余万亩为>25°的坡地，其中相当一部分集中在谷坡。陡坡耕地的增加都是毁林毁草开荒的结果，也是重要的产沙源地。

杏子河流域原为林草丰茂的地区，至今在下游周屯沟还保留少许百年以上的侧柏林。林下表层土有机质的含量为3.30%。在上游的大界，海拔为1,650—1,700米处，尚保存较为完整的黑垆土剖面，腐殖质厚达1米，有机质含量为1.41—2.37%。现大部分地区，黑垆土流失殆尽，黄土母质裸露地表，有机质含量均低于1%。大量的植被破坏主要发生在近30—60年期间。经对照判读1958和1975年两期航片，坡面上的林地残存无几，近20年来，毁林开荒多集中在沟谷陡坡。流域内的张要子沟，有效植被覆盖率曾高达30.53%，1975年减至8.76%；崖窑沟内则由12.9%减至

0.61%，减少了95%。原有的植被多分布在 $>35^\circ$ 的陡峻谷坡，群众称之为沟圪地。经破坏后，已大部分开垦为农地，土壤侵蚀模数达3—6万吨/平方公里·年。陡坡开垦又多集中在各沟道的上游，或沟头部分，进一步加剧了沟头前进与沟谷扩展。上述的毁林开荒，在杏子河流域内平均占沟谷地的25%，几乎占全部陡坡耕地的一半，合205平方公里。按年土壤侵蚀模数3.5万吨/平方公里推算，总侵蚀量达720余万吨，约占河流总输沙量的32%。这个数据具体说明了人为破坏作用对土壤侵蚀的影响及后果。该研究结果，对剖析30多年来黄土高原治理与破坏的关系，黄河泥沙未减少的原因，均有重要参考意义；对今后从何治理和如何治理的问题也得到一些启示。

这部分泥沙虽然来自沟谷，但产自开垦的谷坡，侵蚀方式仍与一般坡耕地相同，以细沟侵蚀与浅沟侵蚀为主。因而在治理上，不能单纯采取以拦为主的工程措施，应以种草种树护坡为主。如果对此类被乱开垦的陡峻谷坡，作为首批退耕还林还牧的对象，则在短期内可取得减少泥沙30%的显著效益。

三、不同土壤侵蚀方式的分布规律

土壤侵蚀的发生发展过程中，由于降雨、地形、地面组成物质、植被及土地利用等因素的影响，不同侵蚀方式在垂直分布上和地理分布上，呈现一定的规律性。

1、沟道小流域不同侵蚀方式垂直分布的特征。黄土高原丘陵沟壑区的地貌特征，主要由沟间地与沟谷地两个地貌单元组成。侵蚀方式和分布规律，有其各自的特征。通常把切沟侵蚀划入沟间地范围。我们则以浅沟为界，把切沟列入沟谷地。浅沟的末尾或切沟的沟头及其边缘线即为谷缘线。

在杏子河流域的沟间地部分，地面组成物质比较单一，以马兰黄土为主。在利用上，坡耕地占

90%左右，为产沙的主要块地。这里讨论的分布规律，都是指坡耕地而言。在同样降雨条件下，土壤侵蚀的方式和分布，主要受地形因素的影响。随着坡度、坡长的增加，侵蚀速率加快，强度增大，侵蚀方式随之发生演变，侵蚀量也增多。自分水岭或梁、峁顶部，顺坡向下至谷缘线，侵蚀方式由雨滴侵蚀→片蚀→细沟侵蚀→浅沟侵蚀，呈垂直带状分布。愈接近斜坡下部，沟蚀发展愈剧烈，并向切沟过渡（如图2与图3）。产沙量主要来自细沟与浅沟侵蚀，约占总输沙量的25—30%。

所谓溅蚀和雨滴侵蚀问题，指雨水降落地面后，被打击分散的土粒，以击溅形式搬运的侵蚀方式，称之溅蚀。在黄土高原地区，溅蚀对沟道、河流的输沙不产生直接作用。雨滴侵蚀的主要作用，在于雨滴打击对土壤结构的破坏，造成土体的分离、分散，从而为片蚀与细沟侵蚀的形成和发展创造了条件。所以作为侵蚀方式来

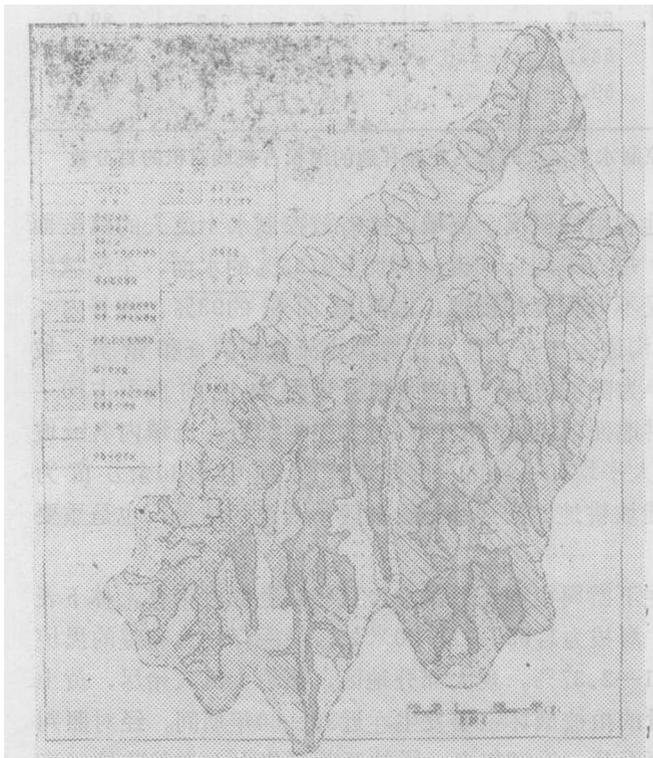


图2 岔杆梁沟土壤侵蚀类型图

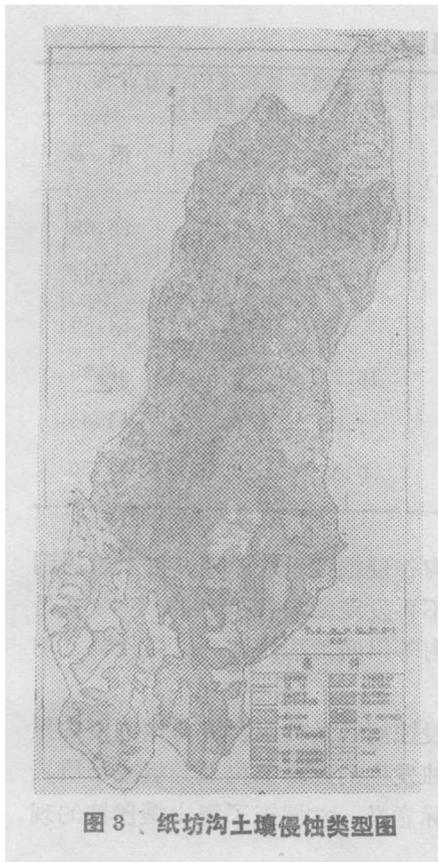


图3 纸坊沟土壤侵蚀类型图

说，雨滴侵蚀的含义较溅蚀更确切。

在沟间地各个地形部位，以及细沟侵蚀和浅沟侵蚀的发生区，都伴随雨滴侵蚀和片蚀，这两种侵蚀对产沙量直接作用不明显。因此在编土壤类型图时，当有几种侵蚀方式同时并存时，着重反映起主导作用的侵蚀方式。

经剖析沟道小流域的土壤侵蚀类型图说明：无明显侵蚀区占沟间地面积的1.68—13.85%；发生浅沟侵蚀的地带，面积最广，占72.2—90.28%；产沙方式以细沟侵蚀为主的地带为10%以下；仅出现雨滴侵蚀和片蚀的地带所占面积不到1%。这些不同侵蚀方式分布的特点与坡度的变化有直接相关性。见图1、图2，流域内 $<12^\circ$ 的坡地在5%以下，因此，以雨滴侵蚀、片蚀以及细沟侵蚀方式产沙的面积甚小；在 $>12^\circ$ 的坡地，即见有浅沟侵蚀发生，愈接近斜坡下部，陡坡比例增大，浅沟密度愈大，侵蚀也愈强烈。

坡形对浅沟侵蚀的发生发展影响比较大。凹形坡与凸凹形斜坡，常使分散性径流汇集成股流，动能与冲刷力加大，促使浅沟的发育和扩展。在直形坡上，浅沟侵蚀较为少见。据我们对坡耕地土壤侵蚀量的专门调查研究（《水土保持通报》1983年第5期），浅沟侵蚀量常占坡面总侵蚀量的一半以上。在坡面上同时发生细沟侵蚀与浅沟侵蚀的情况下，在产沙量方面，有时浅沟侵蚀超过细沟侵蚀。浅沟是由细沟侵蚀

发展演变而成的。浅沟的发展，又促使切沟沟头前进，不断蚕食坡面，导致沟谷面积不断扩大。因此，应特别重视防治坡面上的浅沟侵蚀。坡面上各种侵蚀方式的发生演变及其分布规律说明，首先应避免或削弱雨滴的侵蚀动能，同时应分散或削弱径流的冲刷力，其关键问题，在于如何增加地面覆盖或改变地形。在坡耕地上，除修建水平梯田外，实施草田轮作、带状间作、水平沟种植、垄作区田、人工覆盖等措施，都能起到上述作用。

谷缘线以下的侵蚀方式，主要决定于坡面径流汇集量的大小，不同地层的组合及其出露厚度，以及陡坡开垦指数。出现的侵蚀方式较为多样、复杂，有切沟侵蚀、悬沟侵蚀以及滑坡、崩塌、泻溜等重力侵蚀和洞穴侵蚀。在谷坡上，由于不合理的开垦和放牧，则以细沟侵蚀、浅沟侵蚀和鳞片状侵蚀为主。沟道密度与地面割裂度（沟谷面积占流域面积的%）是反映在一定时期内地面被切割的现状。由于开垦及治理的程度不等，沟谷侵蚀也可能得到控制，也可能继续发展。

从图2、图3与表2可以看出，签杆梁沟位于杏子河上游，侵蚀沟的发育正处于活跃阶段。沟谷内多处见有红土出露，加之开垦比较严重，绝大部分的沟谷地为强度—剧烈的切沟侵蚀和强度重力侵蚀，浅层滑坡发生频繁，以致沟谷面积还在不断扩展。纸坊沟位于杏子河下游，沟谷面积与沟道密度均大于签杆梁沟，但陡坡开垦指数低，植树种草的治理面积也较大，稳定与半稳定的沟谷已占沟谷面积的36.98%。杨渠与米台沟的地面割裂度与沟道密度基本相同，但侵蚀强度与发展趋势很不相同。杨渠治理程度较高，有将近40%的沟谷趋于稳定与半稳定；米台沟流域内，开垦指数高，有将近90%的沟谷仍处于活跃状态。城子沟的沟道密度最大，接近7公里/平方公里，地面割裂度也比较大，为54.7%，但将近50%的沟谷，侵蚀已得到初步控制。寺沟流域的沟

表2 沟道小流域沟谷侵蚀的现状与发展趋势

流域名称	主沟道长度 (km)	流域面积 (km ²)	沟谷面积 (km ²)	地面割裂度 (%)	沟道密度 (km/km ²)	不同侵蚀程度的沟谷占沟谷面积的%		
						稳定	半稳定	活跃
笠杆梁沟	4.07	4.790	2.304	48.1	5.13	1.52	11.80	86.68
纸坊沟	6.95	8.290	4.583	55.3	5.63	5.28	31.70	63.02
寺沟	2.57	1.581	0.686	43.3	6.59	0	15.45	84.55
城子沟	5.39	5.240	2.867	54.7	6.91	16.74	33.31	49.95
杨渠	5.80	9.258	5.189	56.0	5.50	1.98	36.37	61.65
米台沟	4.60	4.905	2.768	56.4	5.61	0.35	10.15	89.50

道密度较大，但地面裂度仅占43.3%，加之陡坡开垦很严重，沟谷侵蚀处于活跃期。以上所提到的稳定沟谷，是指植被覆盖度>60%，土壤侵蚀已得到控制并不再发展的沟谷；半稳定沟谷是指已实行自然封育，或人工造林种草，或已修建鱼鳞坑、水平沟等田间工程措施，土壤侵蚀已初步控制的沟谷。

综上所述，无论是在沟间地或沟谷地，被开垦的陡坡耕地，侵蚀问题最突出。坡耕地的侵蚀量可占总输沙量的50%以上。调查研究土壤侵蚀的方式、土壤侵蚀发生的地形部位及其组成物质，为进一步查明产沙的根源和拟定治理方案，具有重要的生产实际意义。在调查了解土壤侵蚀的现状时，综合分析其发展趋势也是非常必要的。

2、土壤侵蚀分区和土壤侵蚀方式的地理分布规律。以上论及的土壤侵蚀方式的特点，在杏子河流域的地理分布上，也呈现一定的规律性。

根据以上各个因素的综合分析研究，以及典型沟道小流域的重点调查，我们以反映土壤侵蚀方式和强度为基础，进行土壤侵蚀分区。土壤侵蚀方式主要归纳为坡面侵蚀、沟谷侵蚀、重力侵蚀和风蚀等。坡面侵蚀是指发生在坡面上的雨滴侵蚀、片蚀、细沟侵蚀、浅沟侵蚀；沟谷侵蚀是指切沟、悬沟和冲沟侵蚀；重力侵蚀和风力侵蚀是指以重力和风力为营力的侵蚀。

杏子河流域的土壤侵蚀分区和上、中、下游的划分基本一致。王窑水库建于流域的中下部，按地质、地貌、气候的特点，库区以下划为下游范围，并定为一个侵蚀分区；库区以上的河源区，在植被类型、侵蚀方式上都与其它区域有较大差别，既是上游范围，也是独立的侵蚀分区（图4）；其余地区属于中游范围，再划为两个侵蚀分区。全流域划分四个侵蚀分区和五个亚区：

I—河源区。该区即杏子河上游范围，面积计242.85平方公里，占流域面积的16.34%。侵蚀方式为强度的坡面侵蚀和沟谷侵蚀，重力侵蚀活跃，兼轻度风蚀。本区为流域内土壤侵蚀最严重、产沙量最大的地区。

本区的生物气候条件与土壤侵蚀方式，和中、下游地区比较，有较明显的差别。年平均降雨量及气温略低于中、下游，植被类型为灌丛草原，坡面上不宜造林，陡坡地宜于种植草灌，发展畜牧业。新黄土厚度多小于10米。老黄土厚度最大，可达150米以上。有时坡面上的组成物质以老黄土为主，出露地表，形成了坡度陡峻、浅沟侵蚀发展强烈的地段。三趾马红土露头达30—80米，在与黄土地层组合的情况下，重力侵蚀活跃。区内老滑坡常见，浅层滑坡发育强烈。沟头前进与

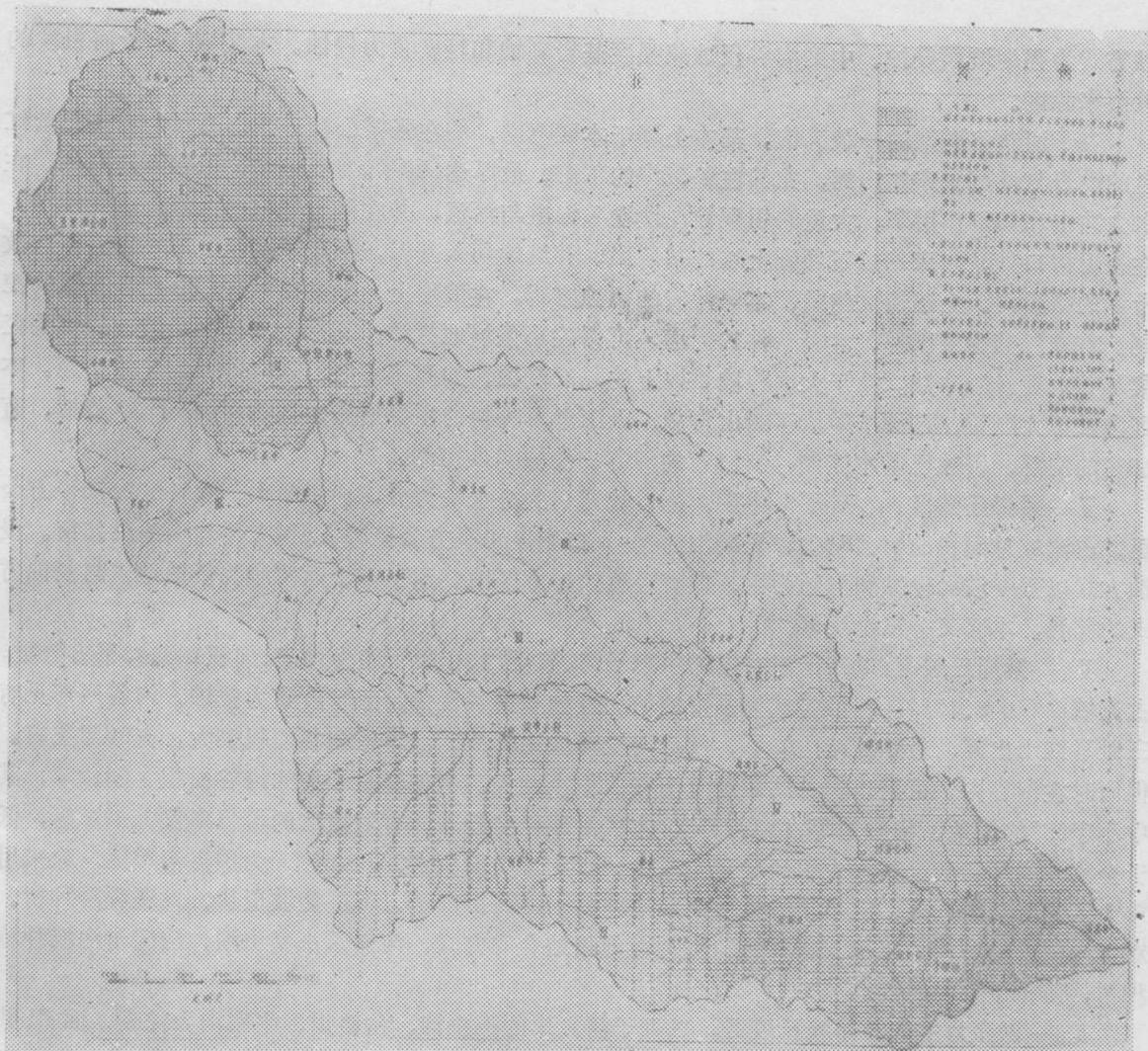


图4 杏子河流域土壤侵蚀分区图

沟谷下切进展速度大。沟谷两岸扩展多以崩塌和浅层滑坡的侵蚀方式,产沙量大,成为杏子河泥沙的重要来源区。多数沟谷开阔,地面割裂度以55—60%占多数。沟谷内可利用的塌地比较多,宜作农地。

本区地广人稀,耕作粗放,陡坡开垦极为严重。以五里湾公社为例,每平方公里28人,每人平均土地53亩。每人平均耕地20亩以上,仍在继续毁林毁草开荒,现已开垦到沟谷大于35°的陡崖。最大侵蚀模数可达6万吨/平方公里·年以上。据调查,区内大量植被破坏在近30年内,至今在梁岭顶部仍可见到残存的黑垆土。但大部分地区的有效植被覆盖率已不到1%。

在治理方案上,对沟谷侵蚀与重力侵蚀活跃的地区,可以修建小型坝、库的工程措施为主,拦蓄泥沙,抬高侵蚀基准面,扩大基本农田。另一方面立即制止开垦陡坡,首先退耕谷坡上开垦的农地,并配合种草种树,防止沟头前进与沟床下切。对于大面积的坡耕地除修建水平梯田外,应突出推行耕作措施,保持水土,提高单位面积产量,促使陡坡退耕还林还牧。本区宜以发展畜牧业为主,以牧促农,发展水土保持林和薪炭林,改善生态环境和提高经济效益。

I—狭谷梁岭丘陵区。属杏子河中游范围,面积83.42平方公里,占流域面积的5.61%。侵

蚀方式为强度坡面侵蚀、中度沟谷侵蚀兼强度基岩剥蚀和轻度重力侵蚀。本区是杏子河粗沙的重要来源区。

杏子河狭谷两岸的一级支沟，基本上属于本区范围，约在张渠公社一带。厚层的白垩纪紫红色的砂岩与砂页岩广泛出露，尤其在各支沟的下游，最厚达100米。岩性松软，风化剥蚀强烈，在水力冲击和切割作用下，大量的粗颗粒泥沙输入沟道与河流，并在基岩剥蚀面上发展成侵蚀沟。在接近沟口处，沟床均已下切到上述的基岩面，并继续切入基岩，形成了宽仅1米左右、深达数十米的槽形沟。上述情况构成了本区特有的侵蚀方式。在治理上，应突出对这部分粗沙来源的控制。首先严禁开垦破坏，在有条件的沟道，可修建小型坝地拦沙；其次控制和削弱坡面径流的汇集及其对基岩的冲蚀。至于大面积坡耕地上的强度侵蚀，如同第I区，采取同样的防治措施。本区沟蚀不太严重，是由于采取了封山育林、人工种草种树的积极措施。例如在城子沟流域，有16%的沟谷，侵蚀已基本控制；有33%的沟谷，侵蚀初步控制。

Ⅱ—梁峁丘陵区。在杏子河中游，南以长尾河的分水岭为界，面积最大，总计502.76平方公里，占流域总面积的34.13%。以杨渠沟为例，人口密度每平方公里37人，每人平均土地40.5亩。侵蚀方式以强度坡面侵蚀和沟蚀为主，兼有轻度的重力侵蚀。鉴于杏子河两岸的侵蚀地貌与侵蚀方式的差异，本区又分三个亚区：

Ⅱ₁—梁峁丘陵区。以杏子河右岸的牛寨子沟、阳砭沟、李咀子沟为代表。面积125.83平方公里，占流域面积的8.47%。侵蚀方式为强度的坡面侵蚀和沟谷侵蚀，兼轻度重力侵蚀。沟谷底部见有三趾马红土出露，最厚处可达50米，浅层滑坡侵蚀比较活跃。本区沟谷面积较大，占60%左右。但同时也在沟谷内，可用以耕种的塌地及沟谷面积也较大。例如李咀子沟的沟谷面积为63.2%，其中小于25°的塌地、沟谷地等占12.92%。本区治理程度最差，有效植被的覆盖率仅1—2%，低于全流域的平均数；基本农田的数量也最少，水土流失面积占96—98%，为重点治理区。除采用第I区的防治措施外，应重视对塌地的改造利用，提高亩产量，促进陡坡退耕，发展种草种树。对重力侵蚀的防治，采用工程措施与生物措施相结合的方式，沟道筑小型土坝，沟床与沟坡种草种树，防护下切与扩展。

Ⅱ₂—以峁为主的梁峁状丘陵区。以杏子河左岸的玉皇沟、岔路川、牛家沟为代表，面积共285.56平方公里，占流域面积的19.22%。侵蚀方式以强度的坡面侵蚀和沟谷侵蚀为主。区内三趾马红土极为少见，老黄土出露厚度较大，悬沟侵蚀强烈。本区地形起伏大，可见到呈台阶式三级梁状丘陵，阳坡与阴坡区分明显。在利用和防治上，应注意掌握地形特点。一般低级丘陵和阴坡坡度缓，新黄土覆盖厚，宜作为农地；高一级的丘陵和阴坡坡度陡，新黄土覆盖薄，老黄土厚度大，有时出露地表，宜作为牧地和林地。本区治理程度差，尤其是有效植被覆盖率低于3%。在坡面和沟谷的治理上，除采用上述的各项措施外，应加强草田轮作及草灌先行的生物措施。

Ⅱ₃—以梁为主的梁峁状丘陵区。以杏子河右岸的杨渠、米台沟等一级支沟为代表，沟道多为南北走向，面积共95.87平方公里，占流域面积的6.45%。侵蚀方式为强度坡面侵蚀和中度沟谷侵蚀。区内尚留存破碎残塬，如杨台塬，残留厚为50厘米左右的黑垆土。本区坡面上的浅沟侵蚀较为强烈。沟谷部分的有效植被覆盖率低于3%，但在治理上已有一定的进展，部分沟谷已趋半稳定。本区的治理重点是坡耕地，以及沟谷地内开垦的陡坡。

Ⅳ—宽谷梁峁状丘陵区。即杏子河下游范围，全区面积652.58平方公里，占流域面积的43.91%。以纸坊沟为例，每平方公里48人，每人平均土地31亩。河谷两岸开阔，自黄崖根至王窑水库坝前，具有灌溉条件的一级阶地（川地）有2.14万亩。一级支沟与二级支沟的沟谷也较开阔，多老滑坡和塌地，并有较宽平的侵蚀阶地。侵蚀方式仍以强度坡面侵蚀为主，沟谷侵蚀程度

因植被覆盖度大小而异，故又分为两个亚区：

Ⅳ₁—**梁峁状丘陵区**。以杏子河下游的左岸地区以及长尾河、谢屯沟、灰堆沟和下游地区为代表。全区面积385.62平方公里，占流域面积的25.95%。本区的植被覆盖度虽较上述Ⅳ₁亚区差，但塌地与川地较多，宜农地面积大，生产潜力也大。侵蚀方式以强度坡面侵蚀和中度—强度的沟谷侵蚀为主。治理上同第Ⅲ区，应注意塌地与川地的合理利用，充分发挥灌溉的有利条件，提高亩产量，加快林牧业发展。本区的交通条件较中、上游好，可发展经济林木和果树，以及相应的加工业和综合经营等。

Ⅳ₂—**以梁为主的梁峁丘陵区**。以杏子河右岸的一级支沟长尾河、谢屯沟、灰堆沟、周屯沟的中、上游地区为代表，纸坊沟为典型沟道小流域。全区面积为266.96平方公里，占流域面积的17.96%。区内主要特点为植被覆盖度好，尤其在沟谷部分，尚保存较大面积的天然次生林，有效植被覆盖率多为5%以上，其中纸坊沟达7.7%，娘娘庙沟、柳家畔沟等均在10%以上。地面割裂度为55—60%，但沟蚀发展已不太严重，大部分趋于稳定与半稳定状态，水土流失基本控制。主要侵蚀方式以中度—强度坡面侵蚀，轻度沟谷侵蚀。坡耕地上的细沟侵蚀和浅沟侵蚀是主要产沙方式，为本区治理的重点。本区为全流域土壤侵蚀最轻微地区，应着重保护现有的林地，严禁开垦陡坡，积极恢复原有植被。

四、结 论

1、杏子河流域属多沙粗沙和细沙产沙区，沟蚀与重力侵蚀为产沙的主要方式。坡耕地上细沟侵蚀与浅沟侵蚀的产沙量，约占总输沙量的50%以上。坡耕地应为防治土壤侵蚀的重点。

2、流域的上游地区，除强度坡面侵蚀外，沟蚀与重力侵蚀均很活跃，为全流域产沙量最大的地区，应重视沟谷治理与拦沙的工程措施。

3、杏子河泥沙中的粗颗粒，除来自砂黄土外，亦来自厚层白垩纪紫色砂岩的切割碎屑物和剥蚀物。

4、全沟域的沟道密度平均为5—6公里/平方公里，地面割裂度为55.4%。沟谷的开垦或治理，对沟谷侵蚀的发展或控制有直接影响。

5、据调查和对照航片，近20年来毁林开荒多集中在沟谷陡坡，占原有林地面积的40—95%。全流域内，因开垦沟谷陡坡而增加的侵蚀量，约占总输沙量的30%。据此，对分析黄河泥沙未减少的原因，有重要参考意义。

6、来自沟谷的泥沙，其产沙方式不仅是沟谷侵蚀。在谷坡开垦的陡坡耕地，产沙方式以细沟与浅沟侵蚀为主。在治理上，就不能限于拦沙的工程措施，应以恢复植被的生物措施为主。

7、暴雨侵蚀为本区的特点。雨滴侵蚀不是产沙的直接方式，却是影响产沙的关键性外营力。防治措施需考虑削弱降雨径流侵蚀力的问题，应采用增加地面覆盖和改变地形的生物、耕作、工程三结合的综合治理措施。