

# 黄土地区大型流域宏观治理方案的探讨

徐国礼 鲁翠瑚

(中国科学院西北水土保持研究所)  
(水利部)

## 提 要

本文通过杏子河流域纵向沟道比降的量算,分别得出上中下游比降依次递减的规律,及横向(一级支流)沟道比降与沟道长度呈指数函数关系。从河源至沟口随海拔高程的递减,人口密度、降雨量、温度呈递增趋势和土壤侵蚀强度呈递减趋势的规律。以这四个因素为依据,提出杏子河流域纵向垂直带宏观治理方案,把杏子河流域分为三个治理带,即飞播草灌带、林草灌带和农田基建带。

## 一、序 言

水土流失是自然因素(土壤、植被、地形、气候等)和人为活动作用的结果。人口密度是决定人为活动强烈与否的重要因素。因此,对水土流失进行综合性治理时,应特别注重从社会经济条件(主要是人口密度)与自然因素,社会生产与科学技术的结合上,探讨新的有效途径,把水土流失治理工作建立在科学的基础上,避免盲目性及人力、财力和物力的浪费。

杏子河流域系延河上游最大的一级支流。它发源于陕北黄土高原最高的白于山(海拔1,600—1,800米)南麓,位于东经 $108^{\circ}41'$ — $108^{\circ}21'$ ,北纬 $36^{\circ}42'$ — $37^{\circ}12'$ 之间。流域走向为西北—东南向。北边线与长城沿线风沙草原带接壤,南边线与黄土高原森林草原带相邻,全流域横跨整个水蚀风蚀草原带<sup>[1]</sup>。

杏子河流域总面积1,488平方公里,主河道长106公里。沟口与河源垂直高差780米。流域包括5个乡的全部及11个乡的部分或小部分,117个行政村,649个自然村,约5.17万人。全流域平均人口密度每平方公里35人,约40%的人口集中在主河道的两侧。

流域内土壤侵蚀严重,沟谷纵横,地面切割剧烈。全流域100平方公里以上的一级支流有3条,长尾河流域的面积最大,为246.8平方公里。主沟道长2公里以上的一级支流88条,主沟长50米以上的沟道8万条。全流域平均沟道切割密度每平方公里7.39<sup>[2]</sup>公里,平均沟道切割裂度63%<sup>[3]</sup>,沟道总面积950平方公里。沟道平均纵向比降7%,横向比降27%。

1972年,在该流域中游建成一座库容为2.03亿立方米、坝高55米的王窑水库。运行9年,库内泥沙淤积量已达6,420万立方米,占总库容的31%。水库没有达到预期的防洪、灌溉、发电、养鱼多种功能的目的。如不尽快治理,上中游大量泥沙进入水库,不仅使水库寿命缩短,更重要的是威胁下游的安全。

建国以来，我国水土保持工作在沟道小流域治理中已取得丰富的经验和有价值的科学数据。不同类型区的沟道小流域综合治理的方法和措施各不相同。就整个黄土高原来讲，水土保持综合治理比较好的沟道小流域不少于100条，其面积一般不超过100平方公里。目前正在治理的大理河（无定河上游）面积亦小于300平方公里。杏子河系大型流域（大于1,000平方公里），它与中小型流域的自然因素和社会条件差异较大，因此利用中小型流域的治理模式来治理大型流域，是难以达到科学治理的目的的。

1982年，中国科学院西北水土保持研究所，北京地理研究所及陕西省有关地县单位，组织科技人员对杏子河流域进行了多学科的综合考察，取得了大量有价值的资料，为该流域治理提供了科学的依据。但是，如何依据自然因素和社会经济条件制定流域总体治理原则？如何编制总体规划图及采用什么治理措施？……一系列问题亟待解决。从沟口至河源，温度、降水量、人口密度和土壤侵蚀强度四个因素与垂直高程保持相应的变化关系。我们量算了沟道比降，即纵向比降和22条一级支流横向比降之后，以上中下游各河段（流水线）交点之高程为控制点，并参照上述四大因素，提出了杏子河流域三级系列的综合治理方案：杏子河流域纵横向垂直带宏观治理方案；沟道小流域（一级支流）横断面立体配置中观治理方案；土地利用最佳配置微观治理方案。三级系列方案依次简称为宏观控制战略方案，中观配置原则方案和微观技术方案。这三个方案组成杏子河流域综合治理总体规划方案。这三个方案紧密相连，互相依存，各尽其能。本文重点论证第一方案，即杏子河流域纵横向垂直带宏观治理方案，对后两级方案不作详述。

## 二、沟道比降量算

采用1:1万航测地形图作为量算沟道比降的底图。杏子河流域沟道比降，分纵横向两个系列：

纵向沟道比降以主河道上中下游，横向河道比降按较大的一级支流上中下游分别量算。

1、纵向沟道比降量算。从沟口至河源总高差780米，主河道长106公里，总比降7%。上中下游分段量算得出：上游24%，中游4%，下游5%。上游比降为总比降的3—4倍，为中游比降的6倍。

2、横向沟道比降量算。在该流域内选择面积较大的（3平方公里以上）具有代表性的一级支流22条，按上中下游分别量算其比降，得出上游51%，中游15%和下游11%。由上而下呈递减的趋势（表1）。从表1后两行可以发现，比降随着沟道长度增大而减小。两者变化的关系是指数函数的关系（图1）。

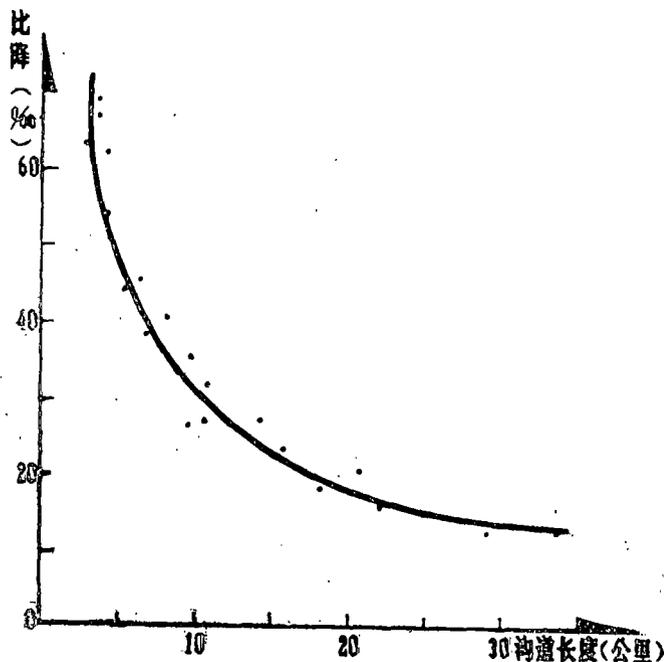


图1 杏子河流域一级支流比降分布图

若以L——表示沟道长度；I——表示沟道比降，则其关系式为

表1

杏子河流域纵横向沟道比降量算表

编号	沟道名称	上游			中游			下游			小流域比降		
		高差 (米)	平距 (米)	比降 (%)									
1	何家沟	165	1,420	0.116	20	900	0.022	20	940	0.021	205	3,260	0.063
2	樊家沟	195	1,620	0.120	25	720	0.034	30	1,110	0.027	250	3,450	0.072
3	花里沟	202	1,510	0.134	25	1,040	0.024	25	1,060	0.024	252	3,610	0.069
4	侯家沟	150	1,450	0.103	60	1,070	0.054	30	1,100	0.027	240	3,620	0.067
5	宋家沟	185	1,650	0.112	25	900	0.027	25	1,280	0.019	235	3,830	0.061
6	城子沟	110	1,550	0.071	80	1,600	0.050	50	1,300	0.038	240	4,450	0.054
7	沙咀子沟	125	1,050	0.119	59	2,100	0.026	45	2,000	0.023	225	5,150	0.044
8	纸坊沟	180	2,350	0.077	70	2,220	0.031	25	1,500	0.017	275	6,070	0.045
9	李咀子沟	160	1,800	0.088	80	3,000	0.027	20	2,350	0.015	260	6,150	0.042
10	方塌沟	180	1,950	0.092	40	2,500	0.016	35	2,300	0.015	255	6,750	0.038
11	排楼沟	200	2,780	0.072	85	3,500	0.024	40	1,900	0.021	325	8,180	0.040
12	周屯沟	164	3,550	0.046	61	4,050	0.015	25	2,000	0.013	250	9,600	0.026
13	李塌沟	275	3,400	0.081	55	3,500	0.010	20	3,000	0.007	350	9,900	0.035
14	杨咀沟	210	3,900	0.053	80	3,200	0.025	20	3,000	0.008	315	10,100	0.031
15	庄科沟	190	3,700	0.051	60	4,000	0.015	25	2,600	0.008	270	10,300	0.026
16	杨砭沟	265	4,500	0.058	65	5,390	0.012	60	4,600	0.013	390	14,490	0.027
17	牛咀子沟	270	5,350	0.050	53	5,520	0.010	32	4,750	0.007	355	15,620	0.023
18	谢屯沟	230	7,750	0.030	74	6,500	0.011	20	4,000	0.007	330	18,250	0.018
19	王克狼沟	250	7,750	0.032	98	7,300	0.013	62	5,750	0.011	410	20,800	0.020
20	康岔沟	204	8,000	0.026	60	6,800	0.009	61	7,100	0.009	325	21,900	0.015
21	岔路川沟	267	12,250	0.022	46	9,250	0.005	32	7,650	0.004	345	29,150	0.012
22	长尾河	265	10,500	0.025	65	10,000	0.007	80	13,100	0.006	410	33,600	0.012
	加权平均	4593.7	90,380	0.051	1320.3	85,460	0.015	799.7	73,390	0.011			

$$L = aI^b.$$

计算结果： $a = 7.886 \times 10^5$ ， $b = -1.285$ ， $r = 0.984$ ，则  $L = 7.886 \times 10^5 I^{-1.285}$ 。

### 三、纵横向垂直带治理图编制

(一) 编图依据。编图依据主要有以下几点：

1、沟道比降。在同一地质条件下，沟道比降越大，沟道溯源侵蚀越活跃，沟底越不稳定，常引起沟壁崩塌、滑坡等重力侵蚀。因此，沟道比降的大小是反映现代侵蚀强度的一项重要数量指标。

2、人口密度纵横向垂直分布。从河源至沟口,分水岭至主河道,具有沟道比降随海拔高程递增,人口密度递减的纵横向分布规律。纵向分布:上游平均人口密度每平方公里22人,中游每平方公里32人,下游每平方公里44人。横向分布与纵向分布雷同。自然村庄结构,在不同的地形部位差异较大,主河道和一级支流的上游与下游相比:上游一座自然村庄少则几户,多则25户以上,平均12—13户;下游一座自然村庄最少13—14户,最多50户以上,平均26—27户。每户人口数,上游平均每户5.2人,下游则为4.9人。根据自然村分布特征计算人口密度。

3、温度纵向垂直分布。杏子河流域地势由西北向东南倾斜,河口与河源的高差780米,随着高程的逐渐降低,气温相应地增高。上游大路沟最冷,年平均温度7.2℃;下游茶坊一带较暖,年平均温度8.8℃。上下游平均气温相差1.6℃(如图2虚线所示)。多年平均积温和无霜期,亦具有由上而下递减的规律(如表2)。

4、降水量纵向垂直分布。该流域降水量垂直分布特征是,年降水量随着纬度的增加而递减,其递减规律与流域走向一致(如图2实践所示),亦与垂直高程递增规律一致。整个流域年

表2 杏子河上中下游多年平均积温及无霜期表

地 点	≥10℃ (积温)		无霜期 (天)	
	多年平均	80%保证率	平均	80%保证率
大路沟	2,647.2	2,526.8	136	150
杏 河	2,971.1	2,850.7	141	157
茶 坊	3,113.9	2,993.5	147	169

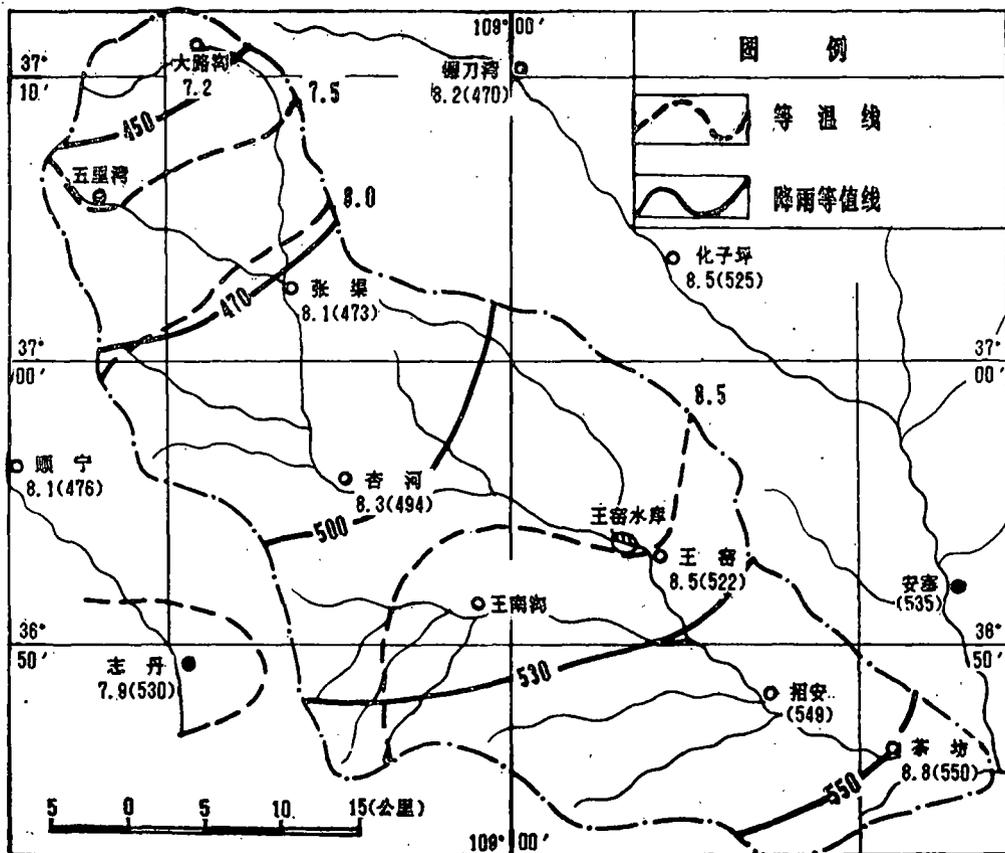


图2 杏子河流域降水量和温度纵向垂直分布图

降水量在450—550毫米，汛期雨量330—400毫米，作物生长期雨量300—380毫米。

(二) 编图方法。编图方法主要有：

1、底图选择。杏子河流域纵向垂直带治理图为宏观战略方案图，比例尺不宜过大，选择1：5万的航测地形图作为基本底图，可以满足编绘内容（水系、等高线、居民点、治理界线、水库等）的要求。

2、垂直分界线确定。本文根据调查测量结果，以人口密度、沟道比降、温度和降雨量四个因子的垂直分布为依据，发现在主河道及一级支流的上中下游，以上四个因子都有明显的差异。因此，以主河道和各一级支流上中下游相邻两河段（流水线）平面交点之高程为三维控制点（表3），分别连接各交点，作为垂直带界线（图3）。这两条曲线，把杏子河流域分成由上而下三个立体层次的治理带，依土地利用方向和水土流失为重点。三带依次为飞播草灌带，林农草灌带和农田基建带（图3）。治理带界线与行政区界线不一致，人口按居民点位置所在的治理带累计，同时亦按不同地形部位居民点的结构及每户人口平均数，分别计算各治理带人口密度。根据各治理带人口密度，沟道裂度和非生产用地三项指标，计算每人平均农林牧用地配置方案，结果见表4。

表3 杏子河流域垂直治理带高程控制表

地名	治理带高程控制点（米）		地名	治理带高程控制点（米）	
	飞播带下线	农建带上线		飞播带下线	农建带上线
李塌沟		1,190	牛寨子沟	1,310	1,230(主河)
杨咀子沟		1,190	杨砭沟	1,300	1,250
庄科沟	1,210	1,160	李咀子沟	1,200	1,220
岔路川沟	1,213	1,167	长尾河	1,235	1,160
玉皇沟		1,170	康岔沟		1,190
张渠（主河床）	1,250		谢屯沟		1,170

表4 每人平均农林牧（草灌）用地比例表 单位：公顷

治理带名称	每人平均占地	沟谷地		沟间地		非生产地		每人平均农林草（灌）用地							
		可利用	非生产	可利用	非生产	合计	%	农地	%	林地	%	草灌地	%	合计	%
飞播草灌带	4.2	2.2	0.3	1.5	0.1	0.5	11	0.6	15	0.8	20	2.3	54	3.7	89
林农草灌带	2.9	1.6	0.3	1.0	0.1	0.4	13	0.5	18	1.1	36	0.9	32	2.5	87
农田基建带	2.0	1.1	0.3	0.6		0.3	14	0.3	16	0.7	36	0.7	32	1.7	86

#### 四 垂直治理带分析

(一) 飞播草灌带。本治理带系杏子河流域三个垂直带中最上一层，它下部的控制线为，右岸从长尾河（寺儿台）、李咀子沟、杨砭沟、牛寨子沟的上游至张渠主河道；左岸从庄科沟、岔路川沟的上游至张渠所连成的曲线（图3）。该曲线海拔高程最低点1,210米，最高点1,310米，



空间变化幅度100米(表3)。本带上线为分水岭,分水岭与下线垂直间距:最大450米,最小250米,平均300米左右。总面积545平方公里,1.3万余人,人口密度每平方公里24人。每人平均农业用地按0.6公顷计,占总面积的15%;非生产用地(河流、道路、村庄等)按11%计,则用于飞播造林种草的地约占74%(表4)。农用地要采取以工程措施为主的水土保持措施,拟新修梯田,每人平均0.1公顷,可产粮200公斤;辅以草粮水平带状间轮作,每人平均0.5公顷,产粮300公斤,逐步建立稳产的基本农田。杏子河流域在历史上曾经是山青水秀,林草茂密,人烟稀少,野兽出没的地方。长期以来,由于无定河上游不断地移民于此,使人口逐渐增加,植被逐渐遭到破坏。特别是本世纪以来,人口迅速增长,加快了对植被的摧毁。滥垦、滥伐、广种薄收的粗放耕作,造成大面积的光山秃岭,导致该区严重的水土流失。目前,本治理带的人口密度为历史上最大时期,因此,改变落后的传统耕作方法,建立基本农田是十分迫切的任务,亦是确保草灌带生存的先决条件。

(二) **农田基建带(工程措施带)**。本带位于杏子河流域中下游,系三个垂直带中最低一层。上线控制位置是,右岸以周屯沟头分水岭为界,沿分水线向下至杏子河口,向上经周屯沟,康岔沟(上中游河段交点)、长尾河、李咀子沟、杨砭沟、牛寨子沟(中下游河段交点)至主河床杏河电站;左岸以方塌沟头分水岭为界,沿分水线向下至杏子河口,向上经李塌沟、杨咀子沟、庄科沟(上中游河段交点)、岔路川沟、玉皇沟(中下游河段交点)至杏子河电站所连成的闭合曲线(图3)。曲线在流域内(流域界线除外)控制点高程:最低1,160米,最高1,250米,高程变化幅度90米。本带最低控制线为杏子河流域中下游主河沟底线。上下界线的垂直间差350—400米,为方塌沟和周屯沟的最大值。分别向上下游逐渐递减。总面积402平方公里,2万余人,人口密度每平方公里51人。在治理带内,主河道开阔,人口多集中在主河道两侧,降水量和温度为全流域最高,宜于农作物生长。根据该带这一特点,应重点建设基本农田,以平整川台地、沟台地及新修梯田为主,草粮水平带状间轮作为辅。农用地有三类:整修和平整川台地867公顷(王窑水库以下600公顷,老侯市以上267公顷),沟台地800公顷(总计1,667公顷),每人平均约0.08公顷,产粮240公斤;改修和新修梯田0.1公顷,产粮150公斤;草粮水平带状间轮作及其它水土保持措施耕作法,每人平均0.1公顷,产粮100公斤。本带沟间地占总面积32%(沟道切割裂度占68%), $0^{\circ}$ — $25^{\circ}$ 的坡度占52%(表5),按人口密度计算,每人平均占有0.3公顷(实际农用地0.2公顷多)。因此,本带农业利用沟间地可限制在 $25^{\circ}$ 之内。农林(经济林、薪炭林)草(优质牧草)等用地按二三级系列方案布设。

表5 杏子河流域沟间地坡度统计表

沟道名称	各级坡度占沟间地面积(%)			
	$0^{\circ}$ — $5^{\circ}$	$5^{\circ}$ — $12^{\circ}$	$12^{\circ}$ — $25^{\circ}$	总 计
箭杆梁沟	0.57	8.10	39.83	48.50
城子沟	0	5.94	41.60	47.54
李咀子沟	0.01	12.97	53.18	66.16
寺沟	1.34	4.47	39.89	45.70
大庄河沟	0.59	4.77	40.07	45.43
纸坊沟	1.19	6.56	43.04	50.79
平均	0.62	7.11	42.93	50.69

(三) 林农草灌带(过渡带)。杏子河流域治理带界线与行政区界线不一致。因此,林农草灌带要解决各治理带与行政区界线不一所产生的用地矛盾。本带位于三垂直治理带的中间层,自然条件比下游不足,比上游优越。总面积487平方公里,1.6万余人,人口密度每平方公里34人。基本农田建设主要利用沟间地(沟台地很少),改造和新修梯田,达到每人平均0.1公顷多,产粮200公斤;草粮水平带状间轮作及草粮水平带间作,每人平均0.4公顷,产粮300公斤。沟间地约占36%(沟道切割裂度64%), $0^{\circ}$ — $25^{\circ}$ 坡地按56%计,则每人平均占有0.5公顷多。农业利用沟间地亦可限制在 $25^{\circ}$ 的坡地以内。本带重点突出林(经济林)和牧草(表3)。

(四) 水库林场。王窑水库位于杏子河流域中游,坝址在岔路川沟口以下,回水线在牛家沟口以上,全长18公里。水库林场由坝址至玉皇沟口,主河道至两侧分水岭,面积53平方公里,909人,人口密度每平方公里17人。农用地与林农草灌带相同,本文从略。治理方法主要是飞播造林,建立水库林场。

#### 参考文献

- [1] 朱显谟主编:《陕西省土地资源及合理利用》,陕西科学技术出版社,1981年10月。
- [2] 鲁翠瑚等:“杏子河流域沟道切割密度量算及分布规律”,《水土保持通报》,1983年第4期。
- [3] 徐国礼等:“杏子河流域沟道切割裂度量算及纵横向分布规律”,《水土保持学报》,1988年第2期。
- [4] 中国科学院西北水土保持研究所主编:《黄土高原杏子河流域自然资源与水土保持》,陕西科学技术出版社,1986年5月。

## A Discussion on Macroscopic Pattern for Controlling Large Watershed in Loess Hilly Gullied Region

*Xu Guoli Lu Cuihu*

*(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation  
under Academia Sinica and Ministry of Water Conservancy)*

### ABSTRACT

The longitudinal and transverse valley gradient in Xingzhihe watershed was measured, it decreases progressively from upper to lower reaches. There is a component function relation between transverse valley gradient (first order branches) and valley length. In this watershed the population density, precipitation and temperature increase by degrees but soil erosion intensity decreases with decreasing of altitude. According to four factors above, the authors have suggested macroscopic control pattern through longitudinal, transverse and vertical zones in whole Xingzhihe watershed, so the Xingzhihe watershed is divided into three zones: Aerial sowing herbs and shrubs zone; mixed zone of forest, shrubbery, pasture and agriculture; agriculture zone with basic farmlands.